Argumentation socioscientifique : rôle des connaissances scientifiques et techniques?

Elie Rached

▶ **To cite this version:**

Elie Rached. Argumentation socioscientifique : rôle des connaissances scientifiques et techniques?. Education. École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, 2015. Français. NNT : 2015DENS0028 . tel-01324425

HAL Id: tel-01324425
https://theses.hal.science/tel-01324425

Submitted on 1 Jun 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ENSC-(*IL/SG n°2015-548*)

THESE DE DOCTORAT
DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

Présentée par

Monsieur Élie RACHED

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

Domaine :
SCIENCES DE L'EDUCATION/LANGUES

Sujet de la thèse:

Argumentation Socioscientifique : Rôle des Connaissances Scientifiques et Techniques?

Thèse présentée et soutenue à Cachan le 03 Juillet 2015 devant le jury composé de :

Jean-Louis MARTINAND	PROFESSEUR EMERITE	Président
Maria-Pilar JIMENEZ-ALEIXANDRE	PROFESSEURE	Rapporteuse
Patrice VENTURINI	PROFESSEUR	Rapporteur
Virginie ALBE	PROFESSEURE	Directrice de thèse

Sciences Techniques Éducation Formation- Institut Français de l'Éducation (IFE) (ENS LYON)
ENS CACHAN
61, avenue du Président Wilson, 94235 CACHAN CEDEX (France)

Avant propos

Sept ans de thèse, déjà!!!

Et me voilà, la thèse est bouclée après plusieurs postes d'enseignement et de recherche occupés et sept laboratoires de recherche en éducation des sciences fréquentés sur trois continents!

Une fin qui s'affiche devant moi. Une fin n'est au final qu'un autre début dans la carrière d'un chercheur...

Qu'est ce qui m'a amené là?

C'est une des questions d'une série qu'un thésard ne cesse pas de se poser tout au long de la préparation de sa thèse. Une préparation qui ne manque pas de moments de doutes, d'hésitations, de désespoir, de joie, de succès et des revanches à toutes ces difficultés qui se mettent sur le chemin.

Il y a plusieurs années, ayant fini ma maîtrise en sciences physiques, avec une mention, à la faculté des sciences à l'Université Libanaise, je me suis lancé, comme souvent le cas des jeunes diplômés, dans l'enseignement des sciences au collège, au lycée et dans une institution d'enseignement technique du supérieur. Cependant, confronté à la réalité de la classe et des contraintes liées au métier d'enseignement des sciences, en particulier des sciences physiques, j'ai rapidement réalisé qu'enseigner est bien plus qu'un "Art"! Enseigner nécessite bien, au-delà d'une formation scientifique « classique », d'autres compétences et connaissances qui manquent souvent aux enseignants lancés dans les péripéties de ce métier. C'est ainsi, que ma passion pour l'enseignement et la recherche en éducation des sciences a commencé et c'est loin d'être fini.

A qui je dédie ma thèse ?

C'est bien à ma famille Rached que je dois cela ! A mon père Naïm, ma mère Rose et à mes trois sœurs Rima, Rania et Roula. Ils étaient toujours là, à mes côtés, malgré les milliers de kilomètres qui nous séparent, dans les moments difficiles et de réussites, depuis mes débuts et jusqu'à ce jour. Je vous dois ma réussite. Je vous embrasse très fort.

Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de plusieurs personnes qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à sa réalisation. Je vous remercie infiniment et toutes mes excuses pour celles et ceux dont le nom ne figure pas pour une raison ou une autre ...

Je remercie au début Mme Virginie Albe, ma directrice de thèse qui m'a amené au champ des recherches en éducation des sciences sur les Questions Socioscientifiques, sur quoi porte principalement cette thèse de doctorat. Sept ans passés ensemble dans le cadre de cette thèse m'ont marqué incontestablement.

Je remercie chaleureusement les membres du jury de ma thèse, M. Jean-Louis Martinand, Mme Maria-Pilar Jiménez-Aleixandre et M. Patrice Venturini, notamment, pour le temps

qu'ils ont consacré lors de la lecture de mon manuscrit ainsi que pour leurs remarques et apports scientifiques à l'évaluation de ma thèse.
De même je remercie, M. Joël Lebeaume et M. Eric Bruillard, les directeurs successifs du laboratoire Sciences, Techniques, Éducation, Formation (STEF), à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, où ma thèse a été réalisée ainsi que les deux directrices successives de l'Ecole Doctorale Sciences Pratiques (EDSP) à l'ENS de Cachan, Mme Sylvie Pommier et Mme Isabelle Leray.
Également, je remercie tous les membres du STEF, qu'ils soient chercheurs, doctorants ou étudiants en master. Je cite, en particulier, Mme Pascale Hannoun-Kummer, pour son aide pour l'analyse des données et les discussions qui ont aidé à la construction de cette thèse. Je remercie également, Mme Corinne Fortin, pour son aide pour trouver des élèves volontaires pour tester le questionnaire de recherche. Je remercie spécialement Mme Sylvie Zucha la gestionnaire et la secrétaire du STEF pour tout son aide durant ces années et en particulier pour m'aider à organiser la soutenance de la thèse. Je salue mes collègues doctorants qui sont devenus, en majorité, docteur(e), Stanislas Dorey, Catherine Barrué, Abdallah Niane, Mahdi Miled, Bénédicte Hingant…
Je remercie aussi les élèves qui ont participé à cette recherche en France et au Liban et les institutions respectives où ils apprennent et qu'on ne peut pas citer pour des raisons d'anonymat.
Je remercie également : le CERP et tous les membres de la communauté des Jésuites, notamment, Fady et Alexis, Dr. Aikaterini Bougiatioti pour son aide et soutien notamment, concernant le côté scientifique de la question climatique et Joseph Khoury et Dany Aouad pour leurs amitiés mais aussi leurs aides.
Je salue aussi les amis et les collègues de l'ENS de Cachan, en France et au Liban, notamment, Sergey, César, Pascale, Toufic, Toufic, Roni, Elie,… et une pensée spéciale à Maria Skvortsova, tu étais là à mes côtés dans la dernière ligne droite de cette thèse.

L'aventure n'est qu'à son début …

Elie RACHED

Cette thèse a bénéficié d'une bourse doctorale d'excellence de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), Bureau du Moyen-Orient (BMO), pour les deux années consécutives 2009-2010 et 2010-2011, suite à une évaluation par la commission scientifique de l'agence.

La thèse a bénéficié aussi d'une bourse de la région Île-de-France pour la mobilité des chercheurs.

Table des matières

Introduction....19
Chapitre 1: Des points de repère....25
Chapitre 1 : Partie I....29
1.1 . Qu'est-ce qu'une question socioscientifique ? (émergence du courant des QSS en éducation des sciences)....32
1.2 . Quelles sont les finalités d'introduction des controverses socioscientifiques dans l'enseignement des sciences ?....35
1.3 . Quels sont les différents objets de recherche sur les QSS en éducation des sciences ?....35
Chapitre 1: partie II....37
1.4 . Elaboration de notre revue de littérature sur les recherches en QSS....40
1.4.1. Pour orienter notre revue de littérature....40
1.4.2. Recueil des articles de notre revue de littérature sur les QSS....43
1.4.3. Synthèse des articles de notre revue de littérature....49
1.4.3.1. L'argumentation et/ou le raisonnement informel....49
1.4.3.2. Les connaissances conceptuelles (soient scientifiques et techniques) lors de l'étude d'une QSS....53
1.4.3.3. L'influence de la compréhension conceptuelle sur la qualité d'argumentation et/ou du raisonnement informel....56
1.5 . L'argumentation et l'argument en éducation aux sciences....60
1.5.1. Qu'est ce qu'un argument?....60
1.5.2. L'argument et l'argumentation, dans différents champs et pour l'éducation aux sciences....61
1.5.3. L'argumentation et les QSS....65
1.5.4. Qu'est-ce qui reflète une argumentation convaincante?....67
1.5.5. Comment les élèves argumentent?....68
1.5.6. Des cadres d'analyse de l'argument et de l'argumentation....69
1.5.6.1. Cadre analytique de Toulmin (1958) (un domaine général)....70
1.5.6.2. Cadre analytique d'Osborne, Erduran et Simon (2004) (un domaine général)....73
1.5.6.3. Cadre analytique relatif au développement conceptuel des connaissances mobilisées (Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon, 2008)....76
1.5.6.4. Cadre analytique relatif aux modes de raisonnement (Wu et Tsaï, 2007 : 1170-1171)....78
1.5.6.5. Cadre d'analyse de la validité des connaissances mobilisées (Zohar et Nemet, 2002)....79
1.6 . Un choix énergétique (le choix d'un système de chauffage pour une habitation) dans le contexte d'un changement climatique, est-ce une controverse socioscientifique ?

.....80
1.7 . Objet de recherche de la thèse et organisation de la séquence d'enseignement-apprentissage.....81
Chapitre 2 : Cadre théorique.....85
2.1. Un cadre théorique pour la conduite des recherches en éducation aux sciences.....88
2.1.1. Le Design-Based Research.....88
2.1.2. Les Design Experiments.....89
2.1.3. Les éléments communs aux « Design Experiments ».....91
2.1.4. Conduire une analyse rétrospective.....92
2.1.5. En résumé (en diagramme).....93
2.2. Un modèle analytique et propositionnel d'une écologie des controverses socioscientifiques.....95
2.2.1.Le contexte du modèle.....95
2.2.2.Les éléments du modèle 97
2.3. Notre cadre de référence.....101
2.3.1. Notre cadre général de référence.....101
2.3.2. Des éléments théoriques et empiriques à intégrer dans notre recherche (cadre intermédiaire) :.....102
2.3.2.1.Une Analyse socio-épistémologique et socio-technique (dimension épistémologique).....103
2.3.2.2.Conception des éléments d'un environnement écologique (dimension de l'activité du groupe en classe, dimension de communication et ressources).....104
2.4. Vers une élaboration de nos questions de recherche.....111
Chapitre 3 : Étude socio-épistémologique et socio-technique de la question des débats sur le climat et l'énergie.....115
3.1. Ancrage théorique.....118
3.2. États des lieux des connaissances actuelles sur la question climatique.....119
3.2.1. L'état des lieux des connaissances scientifiques sur la question climatique en référence à des livres universitaires.....120
3.2.1.1. Le(s) changement(s) Climatique(s) : la part des gaz à effet de serre ?…121
3.2.1.2. Des éléments intervenant dans le climat et les incertitudes qui y sont liées 124
3.2.2. L'état des lieux des connaissances scientifiques sur la question Climatique d'autres groupes (d'experts).....129
3.2.1.1. Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), le quatrième rapport d'évaluation (2007).....129
3.2.1.1.1 Qui est-ce groupe (sa genèse) ?.....130
3.2.1.1.2 Le quatrième rapport du GIEC (2007).....132
3.2.1.1.3 Les étendues des débats sur la question climatique.....139
3.2.1.1.4 L'évolution de l'expertise et la reconfiguration du GIEC.....142
3.2.1.2. Autres groupes.....144
3.2.1.2.1. Global Warming Petition project 144
3.2.1.2.2. Académie Nationale des Sciences (NAS) des États-Unis.....146

3.2.1.2.3. Académie des sciences en France....150
3.2.1.2.4. Des groupes de scientifiques français....152
3.2.1.2.5. D'autres positions....153
3.2.1.3. Les modèles climatiques....153
3.2.1.3.1. Modèle mathématique global, modèle intégré et scénarios : entre croissance économique et énergie....155
3.2.1.3.2. Ce que nous retenons....156
3.3. La question énergétique dans le régime climatique : des enjeux au niveau global (à l'international), au niveau national (la France) et au niveau local....158
3.3.1. La question énergétique dans la question climatique : des enjeux planétaires aux enjeux nationaux....158
3.3.2. La question énergétique-climatique et les débats publics en France : du national au local....162
3.3.2.1. Le Grenelle Environnement....162
3.3.2.2. Des débats autour du Grenelle Environnement....165
3.3.3. Des acteurs, enjeux et débats sur la question énergétique en France : des liens avec la question climatique ?....168
3.3.3.1. Situation énergétique de la France et politique énergétique de l'état français....168
3.3.3.2. Des agences internationales dans la question énergétique française....171
3.3.3.3. Des fournisseurs nationaux d'énergie électrique 172
3.3.3.4. Différentes associations environnementales et de défense des consommateurs....173
3.3.3.5. Des groupes énergétiques internationaux : des géants pétrolier et gazier 175
3.4. Quelle est la pertinence de la question du choix d'un système de chauffage dans le cadre des débats sur le climat à faire discuter en classe ?....176
3.5. Vers le choix de la question à faire débattre aux élèves en classe, dans le cadre de débats sur le climat-énergie....179
Chapitre 4 : Revue de littérature des conceptions des élèves en relation avec la QSS et étude du curriculum prescrit....181
4.1. Revue de littérature en éducation aux sciences sur les conceptions des élèves en relation avec des concepts sur la question climat-énergie....184
4.2.1. Revue de littérature sur les conceptions des élèves sur le climat et le changement climatique....184
4.2.2. Conceptions des élèves à propos du « concept » énergie....187
4.2.3. Conceptions des élèves sur les énergies fossiles et la combustion....188
4.2.4. Ce que nous retenons pour notre recherche....189
4.2. Étude du curriculum prescrit....191
4.3.1. Des visées du curriculum prescrit français, le cas des Sciences Physiques et Chimiques et des Sciences de la Vie et de la Terre en Première S (mais aussi de la géographie en seconde)....193
4.3.2. Analyse des contenus, des compétences et des activités dans le curriculum prescrit français en relation avec la question climatique et l'énergie....196

4.3.3. Ce que nous retenons pour notre thèse....198
Chapitre 5: Méthodologie de recherche....201
Chapitre 5, partie I : Élaboration de la séquence d'enseignement-apprentissage et des outils correspondants....205
5.1. Elaboration du questionnaire de recherche....207
5.2. Structure générale de l'intervention : organisation de la séquence et des éléments de l'environnement d'enseignement-apprentissage....209
5.3.1. Population étudiée....209
5.3.2. Organisation de la séquence....210
5.3.3. Les données recueillies....211
5.3.4. Les éléments constituant l'environnement d'apprentissage-enseignement....211
5.3. Élaboration des documents d'accompagnement....223
5.4.1. Les documents d'informations scientifiques....223
5.4.2. La position de trois groupes de scientifiques sur la question climatique....223
5.4.3. Fiche de synthèse de la position sur le climat d'un groupe de scientifiques…224
5.4.4. Dossier systèmes de chauffage....224
5.4.5. Guide des critères de choix d'un chauffage....225
5.4.6. Fiche de synthèse du choix d'un système de chauffage....226
Chapitre 5, Partie II : Cadres d'analyse des données recueillies....228
5.4. Cadres d'analyse des données orales....233
5.5.1. La transcription des enregistrements et tours de parole....233
5.5.2. Organisation des tableaux d'analyse....233
5.5.3. Les activités....235
5.5.4. Questions débattues....236
5.5.5. Cadres analytiques relatifs à la structure de l'argument....238
5.5.5.1.Cadre analytique de Toulmin (1958) (domaine général)....238
5.5.5.2. Cadre analytique d'Osborne, Erduran et Simon (2004) (du domaine général)....239
5.5.6. Cadres analytiques relatifs au contenu de l'argument....244
5.5.6.1.Cadre analytique relatif au développement conceptuel des connaissances mobilisées (Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon, 2008)....244
5.5.6.2.Cadre analytique relatif aux thèmes des connaissances mobilisées....246
5.5.6.3.Cadre analytique de la source des contenus mobilisés....251
5.5.5.4.Cadre d'analyse de la validité des connaissances mobilisées (Zohar et Nemet, 2002)....253
5.5. Cadres d'analyse des données écrites....255
5.6.1. Systèmes choisis....255
5.6.2. Cadre(s) d'analyse de la structure de l'argument....255
5.6.3. Cadre(s) d'analyse du contenu de l'argument....256
5.6. Le type de discours encouragé, l'établissement de normes de participation....259

Chapitre 6 : Analyses des Données et Résultats.....260
Chapitre 6, Partie I: Analyse de la question 12 du questionnaire de recherche, lors du choix d'un système de chauffage, des élèves du lycée LF.....264
6.1. Premier niveau d'analyse.....266
6.1.1. Systèmes choisis.....266
6.1.1.1. Systèmes choisis au pré-test.....267
6.1.1.2. Systèmes choisis au post-test.....267
6.1.1.3. Comparaison pre-test/post-test.....268
6.1.2. Analyse de la structure de l'argument.....270
6.1.2.1. Exemples d'analyse 270
6.1.2.2. Niveaux d'argumentation.....270
6.1.2.3. Nombre de bases.....272
6.1.2.4. Analyse de la qualification.....273
6.1.2.5. Comparaison des nombres de bases et des qualifications.....274
6.1.3. Analyse du contenu de l'argument.....276
6.1.3.1. Les contenus et les domaines d'abstraction.....276
6.1.3.2. Les thèmes mobilisés.....284
6.1.3.3. Sources des (sous)contenus.....289
6.1.3.4. Validité des contenus.....292
6.2. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument.....298
6.2.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des qualifications et des domaines d'abstraction.....298
6.2.1.1. Analyses des qualifications et des domaines d'abstractions.....299
6.2.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des qualifications et des thèmes.....301
6.2.2.1. Croisement des analyses de la qualification et des thèmes mobilisés.....302
6.2.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés.....303
6.2.4. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des qualifications et des sources des contenus.....306
6.2.5. Croisement des analyses de la structure de l'argument, des qualifications et de la validité des contenus.....308
Chapitre 6, partie II: Analyse des discussions en groupes, groupe 4, le choix d'un système au bois parmi cinq proposés, des élèves du lycée LF.....317
6.3. Premier niveau d'analyse.....319
6.3.1. Questions débattues.....319
6.3.2. Analyse de la structure de l'argument : les niveaux d'argumentation et le nombre de bases.....322
6.3.3. Analyse du contenu de l'argument.....325
6.3.3.1. Les contenus et les domaines d'abstraction.....325

6.3.3.2. Les thèmes mobilisés....328
6.4. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument....331
6.4.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des contenus et les domaines d'abstraction....331
6.4.1.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des contenus mobilisés....331
6.4.1.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction....333
6.4.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des thèmes....334
6.4.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés....335
6.4.4. Croisement des analyses de la structure de l'argument et des sources des contenus....337
6.4.4.1. Sources des (sous)contenus....337
6.4.4.2. Croisement entre la structure de l'argument et les sources des contenus 338
6.4.5. Analyses de la structure d'argument et de la validité des contenus....341
Chapitre 6, partie II: Analyse des discussions en groupes, groupe 6, le choix d'un système au bois parmi cinq proposés....347
6.5. Premier niveau d'analyse....349
6.5.1. Questions débattues....349
6.5.2. Analyse de la structure de l'argument : les niveaux d'argumentation et le nombre de bases....352
6.5.3. Analyse du contenu de l'argument....357
6.5.3.1. Les contenus et les domaines d'abstraction....357
6.5.3.2. Les thèmes....360
6.6. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument....363
6.6.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des contenus et des domaines d'abstraction....363
6.6.1.1.Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des contenus mobilisés....363
6.6.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés 366
6.6.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés....367
6.7. Troisième niveau d'analyse....369
6.7.1. Analyse de la structure de l'argument et des sources des contenus....369
6.7.1.1. Sources des (sous)contenus....369
6.7.1.2. Croisement entre la structure de l'argument et les sources des contenus 370
6.7.2. Analyses de la structure d'argument et de la validité des contenus....373
Chapitre 6, partie III: Analyse de la présentation des groupes et du débat final de toute la

classe....377
6.8. Premier niveau d'analyse....379
6.8.1. Systèmes choisis et questions débattues....379
6.8.2. Analyse de la structure de l'argument....383
6.8.2.1.Lors des présentations des groupes....383
6.8.2.2. Niveaux d'Argumentation et nombre de bases lors du débat final de toute la classe....387
Exemples d'analyse de la qualité d'argumentation, des niveaux d'argumentation 387
6.8.2.3.Comparaison des résultats de la présentation des groupes et du débat final de toute la classe....390
6.8.3. Analyse du(es) contenu(s) de l'argument....391
6.8.3.1.Analyse des contenus mobilisés....391
6.8.3.2. Analyse des domaines d'abstraction....395
6.8.3.3. Analyse des thèmes mobilisés....397
6.9. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument....403
6.9.1.Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction....403
6.9.2.Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés 407
6.9.3.Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés....412
6.9.4. Analyse de la structure de l'argument et des sources des contenus....416
6.9.5. Analyses de la structure d'argument et de la validité des contenus....424
Chapitre 7 : Synthèse, discussions des résultats et conclusions....429
Chapitre 7, Partie I: Synthèse des résultats....433
7.1. Quelles réponses les résultats de nos analyses fournissent-ils à notre question de recherche ?....435
7.1.1. Engagement des élèves dans l'argumentation....435
7.1.2. Structure de l'argument....435
7.1.2.1. Mobilisation de réfutations....436
7.1.2.2. Mobilisations de qualifications et d'arguments élaborés....436
7.1.3. Contenu de l'argument....437
7.1.3.1. Contenus mobilisés....437
7.1.3.2. Domaines d'abstraction....438
7.1.3.3. Thèmes....439
7.1.3.4. Sources....439
7.1.3.5. Sources des contenus et leurs thèmes....440
7.1.3.6. Validité des contenus et leurs thèmes....441
7.1.4. Lien éventuel entre la structure de l'argument et le contenu de l'argument....442

7.1.4.1. La structure et le domaine d'abstraction....442
7.1.4.2. La structure de l'argument et les thèmes de contenus....442
7.1.4.3. La structure de l'argument et la validité des contenus....443
7.1.4.4. Structure des arguments et leurs sources....443
Chapitre 7, Partie II: Discussions et conclusions....445
7.2. L'objet de recherche....447
7.3. Cadre de référence de notre recherche....449
7.4. Méthodologie de recherche....450
7.4.1. Analyse socio-épistémologique et socio-technique....450
7.4.2. L'élaboration des éléments de l'environnement d'apprentissage-enseignement 451
7.4.2.1. Dimension de l'activité du groupe classe 452
7.4.2.2. Dimension de communication....453
7.4.2.3. Prise en charge de la QSS à intégrer à un curriculum traditionnel....454
7.4.3. Cadres analytiques des données recueillies....455
7.5. Comparaison des résultats de nos analyses des données à la revue de littérature. .456
7.5.1.Structure de l'argument....456
7.5.1.1.Engagement dans l'argumentation et mobilisation de déclarations soutenues par des bases....456
7.5.1.2.Argumentation de qualité....458
7.5.2.Contenu de l'argument....462
7.5.2.1. Thèmes et sources des contenus....462
7.5.2.2. Validité des contenus....463
7.5.2.3. Domaines d'abstraction....463
7.5.3.Lien entre la structure et le contenu de l'argument....464
7.6. Apports de la thèse....467
7.7. Une analyse rétrospective....468
7.7.1. Du point de vue des choix méthodologiques....468
7.7.1.1. La séance d'enseignement-apprentissage de connaissances conceptuelles scientifiques de base....468
7.7.1.2. Le type de discours encouragé....469
7.7.1.3. Questionnaire de recherche (pré-test/ post-test)....469
7.7.2. Du point de vue du cadre théorique....469
7.8. Conclusions....471
7.8.1. Les limites de notre thèse....472
7.8.2. Autres pistes de recherche 473
Bibliographie....475
Résumé de la thèse....485
Annexe....489

Introduction

De nos jours, nous notons des avancées significatives dans les domaines de la médecine et de l'ingénierie moléculaire. Nous constatons aussi des préoccupations au niveau des questions environnementales. Ce constat fait que les questions sociales en interrelation avec les sciences et les technologies, sont plus souvent citées dans les médias (Kolstø, 2001, 2006) et engendrent des débats locaux (Kolstø, 2001). Le citoyen est donc amené à prendre des décisions face à ces questions. Ces questions-dilemmes (à titre d'exemple: les énergies alternatives, les centrales nucléaires, le(s) changement(s) climatique(s)) sont aussi des objets de préoccupation nationale (ex : Grenelle pour l'environnement, 2007, 2010 ; Transition Énergétique, 2013) et internationale (ex : Copenhague, 2009; Cancun 2010; Lima, 2014). Elles se manifestent actuellement en société et resteront présentes à l'avenir (Sadler, 2009), et ceci indépendamment de la disposition de la société à les traiter (Sadler 2004).

En éducation des sciences, de nombreux chercheurs plaident pour que les sciences scolaires reflètent davantage la société dans laquelle elles se trouvent, en opposition à des disciplines académiques isolées de la société et non pertinentes pour les élèves (Sadler, 2004).

Un courant a émergé ces dernières années en éducation des sciences, notamment, dans le monde anglo-saxon invitant à l'introduction en classe de questions sociales en interrelation avec les sciences. Ces questions-dilemmes sont appelées « Questions Socioscientifiques » (QSS) (en anglais « Socioscientific Issues » (SSI)), étant donnés les rôles cruciaux des facteurs sociaux et scientifiques : « *Because of the central roles of both social and scientific factors in these dilemmas, they have been termed socioscientific issues.* » (Sadler (2004 : 513)**.** Le courant QSS, vise en particulier, à donner les moyens voire des pouvoirs (en anglais « Empowering ») aux apprenants afin qu'ils puissent traiter ces questions qui façonnent leur monde actuel et détermineront leur avenir (Driver et al., 2000; Kolstø, 2001; dans Sadler 2004:514).

Cependant, pour qu'on puisse, en éducation des sciences, prendre une décision de qualité (Kolstø, 2001) ou raisonnée (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002 ; Driver, Newton et Osborne, 2000) sur une QSS, deux éléments, parmi d'autres, semblent fondamentaux. Il s'agit, d'une part, de l'habilité à argumenter ses décisions (Driver et al. 2000) et d'autre part, de la mobilisation des connaissances scientifiques conceptuelles sur la question (Kolstø, 2001; Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002; Sadler, 2004).

Ma thèse s'inscrit dans ce champ des QSS et traite en particulier de l'argumentation socioscientifique et de la mobilisation des connaissances (conceptuelles scientifiques et

techniques) mais aussi des liens éventuels entre les deux lors du choix énergétique, par des lycéens français, d'un système de chauffage pour une habitation, dans le cadre des débats sur le(s) changement(s) climatique(s).

Ma thèse est organisée, de la façon suivante :

Le premier chapitre, divisé en deux parties, inclut:
Une première partie qui vise à définir ce qu'on comprend par les QSS, les objets et les finalités de ce courant en éducation des sciences ;
Dans la deuxième partie de ce chapitre nous élaborons, d'un côté, une revue de littérature en éducation des sciences (tirée de trois journaux internationaux anglophones majeurs), sur les recherches qui ont pour objets l'argumentation, le raisonnement informel et/ou la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) dans le cadre de QSS. D'un autre côté, nous synthétiserons différents travaux de recherches d'auteurs majeurs en argumentation, dans le but d'étudier la place qu'occupe l'argumentation, en éducation des sciences et plus spécifiquement, vis-à-vis du courant des QSS. Ensuite, nous nous baserons sur notre revue de littérature sur les QSS, pour identifier les recherches qui traitent spécifiquement des questions en relation avec des choix énergétiques et la question climatique.
Nous conclurons ce chapitre en élaborant l'objet de recherche de notre thèse.

Le deuxième chapitre explicite notre ancrage théorique de conduite de recherche en éducation des sciences, établi conjointement sur le Modèle d'une écologie des controverses socioscientifiques (Albe, 2007, 2009a, 2009b) et sur le « Design experiments » (Cobb, Confrey, Di Sessa, Lehrer, & Schauble, 2003) dans le cadre du « Design-based research ». Ces théorisations « humbles » sont étroitement liées à des situations d'enseignement-apprentissage spécifiques et constituent des outils pour la conception de telles situations.
Nous conclurons ces deux chapitres par une élaboration de nos questions de recherche.

Le troisième chapitre est dédié à une étude socio-épistémologique de la question climatique et une étude socio-technique de la question énergétique (en particulier, le choix des systèmes de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat) à la lumière des questions climatiques.

Le quatrième chapitre consiste en une étude du curriculum prescrit des élèves, ainsi qu'une analyse des conceptions des élèves en relation avec la QSS en question.

Le cinquième chapitre comprend deux parties. Une première partie vise une élaboration de la séquence d'apprentissage-enseignement d'une QSS dédiée à l'argumentation et à la mobilisation des connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques). Cette séquence est réalisée avec des lycéens en cursus scolaire normal et intégrée à un curriculum traditionnel.
Nous conclurons la partie II du chapitre 5 par le choix et l'élaboration des cadres pour l'analyse des données recueillies.

Le sixième chapitre, comporte une analyse des données recueillies durant notre intervention en classe, notamment : lors du pré-test et du post-test (argumentation écrite individuelle), lors de la présentation des groupes, lors des discussions de groupes et lors du débat final de toute la classe (argumentation orale). Nous opterons pour différents cadres d'analyses d'ordre général et spécifique, d'une façon synergique, en visant en particulier le produit de

l'argumentation, à travers l'étude de la structure et du contenu de l'argument.

Le septième chapitre intègre deux parties :
une première partie inclut une synthèse des résultats obtenus dans le chapitre six.
Une deuxième partie, comprend, entre autres, une discussion des résultats obtenus dans notre thèse par rapport à la littérature à la lumière de nos questions de recherche, de la méthodologie et du cadre théorique. Nous conclurons ce chapitre par une analyse rétrospective de nos cadres méthodologiques et théoriques, à la lumière des résultats empiriques obtenus.

Chapitre 1: Des points de repère

Ce chapitre est divisé en deux parties. Nous indiquons en première partie ce qu'on comprend par une question socioscientifique (QSS), l'émergence du courant des questions socioscientifiques (QSS) en éducation des sciences, les objets de recherche et les finalités revendiquées par ce courant.

En deuxième partie nous élaborons une revue de littérature sur les recherches en éducation des sciences dans le champ des QSS, sur l'argumentation, le raisonnement informel et les connaissances conceptuelles scientifiques et techniques.

Nous complétons notre revue par l'étude des recherches dans le champ des QSS qui traitent de questions liées à l'énergie et/ou au climat.

En outre, nous élaborons une synthèse à partir d'un recueil d'articles d'auteurs anglophones majeurs en éducation des sciences qui invitent à l'inclusion de l'argumentation en classe.

Nous concluons ce chapitre en explicitant l'objet de recherche de notre thèse.

Chapitre 1 : Partie I

Nous visons dans cette première partie du chapitre 1, à préciser ce qu'on comprend par Questions Socioscientifiques, qui n'est que le champ de recherche en éducation aux sciences dans lequel s'inscrit cette thèse de doctorat. Nous indiquons en particulier, les finalités revendiquées par ce champ de recherche et ses objets de recherche.

1.1 . Qu'est-ce qu'une question socioscientifique ? (émergence du courant des QSS en éducation des sciences)

Dans sa revue de littérature sur les Questions (« Issues ») SocioScientifiques en éducation aux sciences basée principalement sur des publications tirées de revues anglo-saxonnes, et publiée dans le journal « Journal of Research in Science Teaching » Sadler (2004 : 513) indique qu'une question socioscientifique (QSS) (ou en anglais « Socioscientific Issue » (SSI)) est une question qui englobe des dilemmes sociaux avec des liens conceptuels ou technologiques avec la science : « *Socioscientific issues encompass social dilemmas with conceptual or technological links to science. (p.513)* ». Parmi ces questions, Sadler (2004) mentionne : le clonage, les cellules souches, les projets de génome, le réchauffement climatique et les carburants alternatifs.

Les QSS en particulier, sont complexes, ouvertes, il s'agit de dilemmes sans réponses définitives. En réponse à des QSS, des arguments valides mais aussi opposés peuvent être construits avec des perspectives multiples (Sadler, 2004 : 514). Les QSS sont les mieux placées pour l'application d'un raisonnement informel[1] (D. Kuhn, 1993 dans Sadler 2004 : 514).

Suivant Sadler (2004 : 514), précédant les tentatives de l'inclusion par les chercheurs en éducation des sciences de QSS en cours des sciences, un autre courant a émergé dans les années 80 appelé Sciences-Technologies_Société (STS). Le courant STS visait à éduquer les élèves sur l'interrelation entre les trois domaines : Sciences, Technologies et Société (Yager, 1996, dans Sadler 2004 : 514).
Cependant, les approches prises par les questions STS soulevées lors des cours de sciences, étaient diverses, isolées et ne figuraient en définitive que comme des textes auxiliaires dans les livres de sciences (Sadler 2004). En revanche, les objectifs du courant QSS se centrent plus spécifiquement sur le fait de **donner le pouvoir aux apprenants pour qu'ils prennent en main les questions scientifiques qui façonnent leur monde actuel et qui détermineront leur monde futur** (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Kolstø, 2001 ; dans Sadler 2004 : 514). Certains chercheurs en éducation aux sciences incitent ainsi à l'inclusion des QSS aux cours des sciences, citant **leurs rôles centraux dans le développement d'un citoyen responsable capable d'appliquer des connaissances scientifiques et des modes de pensée (ou dispositions, en anglais « habits of mind »)** (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Kolstø, 2001; Zeidler, 1984; dans Sadler 2004 : 514).

Entre Questions socioscientifiques (QSS) et controverses socioscientifiques (CSS)

D'autres chercheurs en éducation des sciences, attribuent, entre autres, à ces questions socioscientifiques une nature controversée, indissociable de ces questions, ils les appellent notamment les « Controverses Socioscientifiques » (CSS) (en anglais « Controversial Socioscientific Issues » (SSI)) (Kolstø, 2001: 292 ; Albe, 2009a : 45).

Dans son article visant l'élaboration d'un cadre général pour l'examen de la dimension scientifique des QSS, (Kolstø, 2001) indique que les CSS incluent souvent des disputes entre

1 Le raisonnement informel est le terme utilisé pour décrire la façon avec laquelle des individus résolvent et négocient des QSS (Sadler et Zeidler, 2005).

différents acteurs, à propos des évaluations divergentes vis-à-vis de la validité et de la fiabilité des déclarations en relation avec les sciences concernées par ces questions : « *Controversial socioscientific issues often include disagreements related to various actors' diverging evaluations of the validity or trustworthiness of the science-related claims involved. » (p. 292)* Des exemples typiques de ces déclarations d'attribution de connaissances concernent : *" whether some specific human practice involves a risk to health or to the environment. (p.292)".*

Les sciences diffusées dans les médias et impliquées dans les QSS d'actualité sont souvent des résultats provisoires des limites de la science : *« The science reported in the media and the science involved in topical socioscientific issues are often tentative results from frontier science. »* (Kolstø, 2001 : 294).

Il parat que ces CSS sont souvent citées dans les médias et quelques-unes de ces questions sont des objets de conflits locaux : *« This is based on the observation that these are the typical issues reported in the media, and some of them are also instances of local disputes."* (Kolstø, 2001: 292).

De sa part, Albe (2009a : 45) indique que les CSS sont des questions dites socialement vives[2], qui font débat entre scientifiques et experts et également débat public, mobilisant et divisant des groupes sociaux particuliers (scientifiques, experts, associations, médias, entreprises…).

Pour l'enseignement scientifique français, l'émergence de telles recherches peut être reliée, suivant Albe (2009a), à un contexte social marqué par de profondes mutations des rapports entre technosciences et société et au contexte éducatif de l'intégration récente dans les programmes de préoccupations sociales liées aux développements technoscientifiques[3].

---

2 Pour Simmoneaux et Legardez (2010): Les QSV sont des questions vives en société, par leurs connaissances de référence et par leurs connaissances enseignées. **Les QSV sont souvent des « questions brûlantes » parce qu'elles ne sont pas soutenues ou stabilisées à présent, d'un point de vue scientifique.** Elles peuvent rester vives pour de longues périodes et changent d'intensité avec le temps et à différents niveaux de la société ; ces questions sont décrites comme étant des questions potentiellement vives. **Les QSV peuvent être des questions socio-sociologiques** comme la mondialisation, immigration... **ou socio-scientifiques comme les OGM, le clonage et les téléphones portables**. Ces questions ont des implications avec l'un ou plusieurs des domaines suivants : biologie, sociologie, politique, économique ou environnement. Les QSV sont sujet à controverses et elles sont marquées par des doutes envers les connaissances (savoirs) scientifiques et les implications sociales. Les QSV sont objet à controverses entre des spécialistes des domaines de disciplines ou entre les experts des domaines professionnels.

3 Albe (2009b : 31) discute dans son livre « Enseigner des Controverses » le caractère indissociable des sciences et des technologies dans les recherches contemporaines (Hottois, 2005 : 8 dans Albe 2009b). Une évolution marquante porte sur le resserrement des liens entre activité scientifique et activité technique. Le terme « techno(-)science » est utilisé pour exprimer le caractère indissociable des sciences et des technologies dans les recherches contemporaines (Hottois, 2005, p. 8). La science, devenue technoscience, se caractérise par une grande variété de pratiques et de nouvelles capacités d'action sur le monde phénoménales. En outre, Martinand (2003 : 125) dans un article qui vise à éclairer la place des activités scolaires qui n'ont pas leur but en elles-mêmes : « *Elles [les activités scolaires] renvoient à des activités professionnelles, domestiques, sociales hors de l'école. Par l'école, on recherche à développer chez les élèves des savoirs, des habitudes, des capacités qui leurs permettront de participer à ces activités. La problématique de la référence cherche à élucider les relations entre les activités scolaires et les pratiques sociales, et à éclairer les décisions de la construction de curriculum qui dépendent directement des choix sur ces relations et sur les domaines de référence.*". Martinand (2003:126) questionne aussi les rapports entre sciences et techniques, notamment : "*En réalité lesquelles sont les applications des autres? Et dans le réseau de solidarités qui s'établit finalement entre elles, quel est le rôle et comment penser le savoir des techniques non scientifiques ?" (P. 126)*.

Martinand (2010 : 3) va même jusqu'à distinguer entre les controverses socioscientifiques et les controverses sociotechniques intégrées au curriculum Français en 200*9 : « Sciences en classe, sciences en société. Le*

Marqués par des changements sociaux, économiques, politiques, idéologiques et culturels majeurs à l'oeuvre, nous assistons suivant Albe, à la fin du compromis historique apparu à la fin du XIX[e] siècle et dont l'apogée se situe dans les trente glorieuses (Pestre, 2003, p. 80; dans Albe, 2009a:46): "Depuis la fin des années 1970 un nouveau mode de production des savoirs scientifiques s'est mis en place et de nouveaux rapports entre science, expertise, industrie, État et société se développent"(p.46). Pour Pestre (2003, dans Albe, 2009: 46) ce qui distingue radicalement le régime de production des savoirs de ces trente dernières années par rapport aux périodes précédentes est la mondialisation et la marchandisation des sciences. Ce mouvement de production privée de biens techno-scientifiques s'est trouvé facilité par la nature de la technoscience elle-même, des transformations politiques et sociales majeures et des législations nouvelles encadrant la recherche et l'innovation.

"*Pendant la période des Trente Glorieuses, le développement des connaissances scientifiques était considéré comme source d'avancée technologique, elle-même source de développements industriels. Par conséquent, se développait la richesse nationale via une politique de plein-emploi et des rentrées financières pour l'État et donc finalement le progrès social via des politiques publiques redistributrices. Aujourd'hui, ce pacte social est rompu. La confiance ou la foi dans le progrès ont été profondément remises en cause. Si au cours des Trente Glorieuses, le rapport à l'expertise peut être vu comme un rapport d'adhésion et de délégation, particulièrement caractéristique dans le cas du nucléaire, depuis une trentaine d'années se développe un rapport différent au progrès et à l'expertise.*" (Albe 2009 p. 49)

"*Ainsi, dans une première perspective, des questions qui étaient auparavant qualifiées de « techniques » et déléguées aux seuls experts sont désormais perçues comme enjeux de société et de mobilisations politiques. Dans la seconde perspective, apparaît la nécessité de fonder une éthique de la civilisation technoscientifique.*
Il n'y a pas de champ scientifique pouvant dire seul ce qu'est la nature des problèmes à résoudre. Face à des problèmes très complexes, l'expertise scientifique est limitée, les questions ne sont pas d'abord techniques, et science et expertise ne peuvent constituer ce que Pestre (2003) nomme « le point nodal » autour duquel concevoir et organiser l'analyse. Cela ne signifie pas qu'elles n'ont pas d'intérêt mais au contraire qu'elles jouent un rôle important qu'il convient de penser." (Albe, 2009)

Ainsi, Albe (2009a:55) retient au sujet de la problématique de scolarisation de questions scientifiques socialement vives que les sciences fonctionnent différemment depuis une trentaine d'années. "*Les sciences, ou plutôt devrions nous dire plus judicieusement les technosciences, peuvent être caractérisées par une grande diversité de paradigmes et de pratiques et le pragmatisme gouverne leurs modes d'élaboration. Les modélisations et la simulation numérique jouent un rôle considérable dans les pratiques scientifiques actuelles. Enseigner de telles « technosciences en train de se faire » conduit à brouiller la référence savante majeure dans l'enseignement scientifique qui correspond essentiellement à une science du XIXe siècle. Cela soulève la question des conditions de viabilité des nouveaux objets que constituent des questions scientifiques socialement vives. Quelle peut-être leur « niche écologique » ? Comment un enseignement de la « science en train de se faire » peut-il*

---

mouvement Sciences et technologies en société affecte aussi les contenus de l'enseignement des sciences, par exemple avec l'enseignement de questions sociotechniques et socio-scientifiques vives. L'enseignement des sciences commence à participer du mouvement de révision de la place de la science, de la recherche, de la formation scientifique dans la société. » ;

De notre côté, nous considérons à ce stade, que les controverses socioscientifiques peuvent aussi être porteuses en même temps de questions sociotechniques ou vise versa.

s'articuler à un enseignement de savoirs établis ? Par ailleurs, au pluralisme des paradigmes scientifiques peut correspondre un pluralisme des pratiques sociales." (Albe, 2009).

1.2 . Quelles sont les finalités d'introduction des controverses socioscientifiques dans l'enseignement des sciences ?

La classification des finalités affichées des recherches en éducation des sciences dans le champ des QSS recueillies par notre revue de littérature (c.f. Chapitre 1, deuxième partie § 1.4.2. recueil des articles de notre revue de littérature) indique globalement une finalité citoyenne.

Pour les recherches visant l'élaboration de cadres théoriques pour l'intégration de QSS, de QSV ou des CSS en classe (Kolstø, 2000 ; Sadler, 2009 ; Levinson, 2006 ; Albe, 2007, 2009a, 2009b ; Simonneaux et Legardez, 2010 ; Zeidler, Sadler, Simmons et Howes, 2005), une finalité commune semble être visée par ces cadres, une finalité citoyenne ou différemment dit un engagement actif vers la société qui les entoure. Cette finalité semble ainsi retrouver la plupart des finalités revendiquées par les recherches empiriques sur les QSS en éducation des sciences.

Certaines études empiriques n'évoquent pas explicitement leurs finalités d'introduction des QSS en éducation des sciences, où la QSS n'est qu'un contexte pour d'autres objets de recherche et leurs finalités correspondantes (Erduran, Simon et Osborne, 2004). Cependant, d'autres études indiquent des finalités multiples, notamment en relation avec une perspective sociale de promouvoir les prises de décisions individuelles et/ou sociétales sur des QSS (Osborne et al. 2004 : 996 ; Wu et Tsai, 2007 : 1166 ; Kolstø, 2006 : 1689-1690 ; Chang et Chiu, 2008 : 1-2 ; Sadler et Zeidler, 2005 : 72), l'engagement du public dans des débats scientifiques (Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon, 2008), dans une vision citoyenne (Wu et Tsai, 2007 : 1166 ; Klosterman et Sadler, 2009 : 2) ou une contribution au débat public (Dawson et Venville, 2009 : 1421); quelques fois les chercheurs évoquent l'introduction des QSS en classe dans un but d'une alphabétisation scientifique (en anglais « scientific literacy ») (Wu et Tsai, 2007 : 1166 ; Dawson et Venville, 2009 : 1421 ; Lewis et Leach, 2006 : 1267 ; Sadler et Zeidler, 2005 : 72) ou d'investigation (en anglais « enquiry ») (Osborne et al. 2004) et finalement, pour promouvoir une pensée scientifique et des habitudes de pensée (Chang et Chiu, 2008 : 1-2).

1.3 . Quels sont les différents objets de recherche sur les QSS en éducation des sciences ?

Albe (2007 : 107) dans son mémoire de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des

Recherches (HDR), indique que l'introduction des CSS dans l'enseignement, semble s'**intercaler entre deux positions extrêmes : Une finalité émancipatrice « Empower »** qui consiste à donner pouvoir aux élèves pour participer à la configuration de la société ; **Une finalité d'apprentissage conceptuel** où il s'agit de concevoir les questions socioscientifiques comme un moyen de favoriser l'apprentissage de savoirs scientifiques.

Chapitre 1: partie II

Nous visons dans cette deuxième partie du chapitre 1, à élaborer, d'un côté, notre revue de littérature sur les recherches en éducation des sciences qui ont pour objet(s) l'argumentation, le raisonnement informel et/ou la mobilisation de connaissances (e.g. conceptuelles Scientifiques et techniques) dans le cadre de QSS. Nous élaborons notre revue à partir de trois journaux internationaux anglophones en éducation des sciences.

D'un autre côté, nous synthétisons différents travaux de recherches d'auteurs majeurs en argumentation dans le but d'étudier la place qu'occupe l'argumentation, en éducation des sciences et plus spécifiquement dans le courant des QSS. Ensuite, nous nous basons sur notre revue de littérature sur les QSS pour identifier les recherches qui traitent spécifiquement des questions sur des choix énergétiques et sur la question climatique.

Nous concluons ce chapitre, en explicitant l'objet de recherche de notre thèse.

1.4 . Elaboration de notre revue de littérature sur les recherches en QSS

Pour élaborer notre revue de littérature, nous avons pris comme point de départ une revue de littérature sur les QSS, publiée par T. D. Sadler en 2004, l'un des auteurs majeurs dans le champ des QSS. Cette revue va nous servir d'aiguillage pour l'élaboration de notre propre revue de littérature.
Nous réalisons notre revue de littérature, en suivant les démarches de Sadler (2004) et cela en se basant sur trois journaux, internationaux majeurs en éducation aux sciences, suivants : *International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching et Science Education.*

Nous recherchons les sites officiels des journaux ci-dessus et nous insérons dans le moteur de recherche des trois journaux, les mots clés (en anglais) suivants : « Argumentation », « Informal Reasoning » (Raisonnement Informel) et « Conceptuel Knowledge » (Connaissances Conceptuelles). Les raisons qui ont guidé le choix de ces mots clés sont indiquées dans le paragraphe suivant.

1.4.1. Pour orienter notre revue de littérature

Sadler (2004)[4] aborde l'étude des QSS, par le raisonnement informel comme étant au cœur même de la résolution et de la négociation des CSS et en indiquant l'interrelation entre le raisonnement informel et l'argumentation *(« Research from a variety of disciplines supports the notion that studying argumentation serves as an effective means of accessing an individual's informal reasoning* (D. Kuhn, 1991; Means et Voss, 1996; Zohar et Nemet, 2002 ; dans Sadler 2004 : 516) ; et où l'argumentation[5] comme domaine d'étude concerne la façon avec laquelle des individus font et justifient leurs déclarations et conclusions (Driver et al., 2000; Zohar et Nemet, 2002 ; dans Sadler 2004 : 514).

Sadler résume sa revue de littérature, par le fait que la plupart des études empiriques en éducation aux sciences, dans le cadre des QSS, traitent quatre thèmes principaux (dont nous détaillons les résultats dans le paragraphe suivant) : (a) l'argumentation socioscientifique, (b) la relation entre la conceptualisation de la nature des sciences et la décision sur des CSS, (c) l'évaluation des informations se rapportant à des CSS, et d) l'influence de la compréhension conceptuelle sur le raisonnement informel.

4 Sadler (2004) s'éloigne d'une vision positiviste des sciences qui distingue l'entreprise scientifique d'autres entreprises par la façon de connaître le monde (Curd et Cover 1988, dans Sadler 2004 : 514), notamment à travers le raisonnement formel : « *The formal processes of deduction or induction lead thinkers to necessary conclusions*… (p. 514) ». En outre, Sadler (2004), se base sur T. S. Kuhn (1962) qui défie la vision d'un raisonnement formel de la science *(« T.S. Kuhn disputed the purported rationality of scientific theory change and the perpetual accretion of scientific knowledge* ») et propose un nouveau modèle relatif à la progression et au changement scientifique (« *He described episodes of theory change as tumultuous periods during which scientists judge competing theories using a variety of criteria including social influences.* »). Il indique, notamment, que ce n'est pas seulement le raisonnement informel qui peut véhiculer la progression de la science, mais que cela aussi peut être réalisé à travers le raisonnement informel (« *Although the results of science may be presented in the language of formal reasoning and logic, the results themselves originate through informal reasoning* (Tweney, 1991 dans Sadler 2004: 514) *»).*

5 En outre, dans un autre article Sadler et Zeidler (2005 : 73) indiquent que l'argumentation est une expression du raisonnement informel.

Les résultats des recherches empiriques relatives à l'argumentation (Sadler, 2004: 522-523) indiquent, en particulier, une tendance des élèves à **faire des déclarations sans justifications adéquates et sans une mobilisation de contre-arguments et/ou de réfutations.** La plupart des apprenants ne prennent en compte que leurs propres positions sans tenir compte des autres positions.

D'autre part, l'auteur indique que **toutes les recherches visant à améliorer l'argumentation des élèves ne fonctionnent pas nécessairement. Certaines études intégrant, entre autres, un apprentissage conceptuel et à l'argumentation réussissent à améliorer certaines habilités argumentatives des apprenants** (à comparer avec d'autres groupes n'ayant pas eu un apprentissage à l'argumentation dans un cadre de CSS en génétique). Il s'agit notamment, de la mobilisation de déclarations avec des justifications lors des post-tests écrits (en comparaison aux pré-tests) sur des thématiques similaires à des questions déjà étudiées en classes ; mais aussi en réponses à des questions nouvelles. Les études indiquent aussi une amélioration de la mobilisation de déclarations (conclusions) explicites (en opposition à des conclusions implicites), des justifications plus complexes et une diminution des déclarations sans justifications lors des discussions en classes. Outre une amélioration de l'habilité argumentative, les connaissances conceptuelles scientifiques en génétique des élèves (constatées lors de questionnaires à choix multiples administrés avant et après l'intervention) s'améliorent de même.

Ainsi, Sadler (2004 : 523) indique différents critères à tenir en compte dans une intervention pour améliorer l'argumentation :

« *The most **fruitful interventions** would be those which encourage personal connections between students and the issues discussed, **explicitly address the value of justifying claims, and expose the importance of attending to contradictory opinions**.* »

Sadler indique, suivant les résultats des recherches relatives à la nature des sciences dans le cadre de QSS, que **les élèves ont tendance à exclure les connaissances scientifiques de leurs connaissances personnelles mobilisées** lors des discussions sur des CSS. La seule **présentation de QSS aux élèves ne les mène pas nécessairement à faire des liens personnels avec les contenus scientifiques**.

Sadler (2004, p. 526) conclut ainsi que **davantage d'études explorant ce champ, seront d'une grande utilité** : *« A research program designed to explore if and how meaningful personal connections that encourage students to integrate knowledge can be advanced using socioscientific contexts would be helpful."*

La synthèse des résultats de recherches relatives à l'évaluation des informations dans le cadre de QSS indique que **les élèves n'arrivent pas toujours à** s'engager dans une évaluation et réflexion compréhensives nécessaires pour **évaluer l'utilité des informations reliées à des questions complexes.** Même si les élèves comprennent le besoin et l'intérêt de faire cette réflexion et évaluation, ils **semblent peu équipés pour le réaliser**. Sadler propose ainsi : « *These findings draw attention to the need for the development of curricula aimed at helping students build robust understandings of the nature of scientific evidence and data, including an understanding of what constitutes data, and strategies for critically evaluating the content and sources of scientific information commonly made available to the*

public(p.528) »

Selon Sadler (2004), la synthèse des résultats des recherches relatives aux liens entre la compréhension conceptuelle et le raisonnement informel indique

« *All studies reviewed in this section support the notion that conceptual understanding of the material that underlies socioscientific issues is important for informal reasoning regarding those issues. The findings of Tytler et al. (2001) and Fleming (1986b) suggested that a lack of understanding impeded informal reasoning, and Hogan (2002) and Zeidler and Schafer (1984) produced evidence to support a positive relationship between conceptual understanding and informal reasoning. » (Sadler, 2004: 531).* Or, **cette relation entre la compréhension conceptuelle et le raisonnement informel, a besoin davantage de recherche**s sur la question :*"These studies reveal an important trend, but additional research that can more robustly describe the relationship between conceptual understanding and informal reasoning is needed.*" (Sadler, 2004: 531).

Ce que nous retenons pour notre thèse

Nous tenons compte des conclusions de Sadler (2004), en particulier, celles relatives à:

- Des difficultés des élèves à mobiliser des arguments de qualité (notamment des justifications adéquates, des contre-arguments et/ou de réfutations).

- Le peu de mobilisation de connaissances conceptuelles (soient scientifiques et techniques) notamment, lors de prises de positions finales sur une QSS.

Nous constatons également que toutes les interventions visant à encourager la mobilisation des arguments de qualité et de connaissances conceptuelles ne fonctionnent pas nécessairement. D'où le besoin de davantage d'études qui explorent les liens éventuels entre le raisonnement informel (*ibid.* l'argumentation étant une expression du raisonnement informel d'après Sadler et Zeidler 2005 : 73) et la compréhension conceptuelle dans le cadre d'étude d'une QSS.

1.4.2. Recueil des articles de notre revue de littérature sur les QSS

Nous visons dans ce paragraphe à explorer la littérature des études empiriques en éducation aux sciences dans le champ des QSS ayant explicitement pour objet d'étude (ou ayant abordé indirectement dans leurs résultats) l'argumentation (et/ou le raisonnement informel), la mobilisation des connaissances conceptuelles et/ou le(s) lien(s) éventuel(s) entre elles.
Pour cela, nous avons suivi la démarche de Sadler (2004) en réalisant notre revue de littérature sur l'état des lieux des recherches empiriques, principalement anglophones, qui s'inscrivent dans le champ des QSS à partir des trois journaux internationaux majeurs en éducation aux sciences : *International journal of science Education, Journal of Research in Science Teaching et Science Education.*

Pour réaliser notre recueil d'articles de recherche et établir par la suite nos questions de recherche nous avons essayé de mettre à jour la revue de Sadler (2004) et nous nous sommes limités au début, à une première période allant de l'année 2004 à l'année 2009. Ultérieurement et pour comparer nos résultats de recherche à ceux de la littérature et pour la discussion des résultats, nous avons complété notre revue de littérature jusqu'en septembre 2013. A noter que ces dernières recherches n'ont pas été utilisé pour élaborer nos questions de recherches.

Certaines des études empiriques intègrent dans leurs recherches l'argumentation sans tenir compte du raisonnement informel et vice-versa. Ainsi nous avons intégré en effectuant notre recherche sur les sites internets des trois journaux cités précédemment, en écrivant dans leurs moteurs de recherches respectifs les deux groupes de mots clés suivants : « Argumentation Socioscientific » et « Informal Reasoning Socioscientific». Ensuite, nous avons exploré les résumés des articles affichés pour identifier et regrouper les études qui abordent dans leurs recherches sur des QSS, d'une façon principale ou secondaire, l'un des objets suivants :

a) l'argumentation et/ou le raisonnement informel des apprenants.

b) les connaissances conceptuelles des apprenants.

c) et/ou l'influence des connaissances conceptuelles (soient scientifiques et techniques) des apprenants sur le raisonnement informel et/ou l'argumentation.

Si le résumé ne nous permet pas de trancher sur l'objet de l'article une lecture de l'article est entamée pour le faire.

Nous avons donc retenu treize articles pour la période 2004-2009 : sept résultats pour l'International Journal of Science Education, deux résultats pour le Journal of Research in Science Teaching et quatre résultats pour le Science Education.

Pour la période 2010-2013 nous avons obtenus neuf articles répartis de la façon suivante : deux pour l'International Journal of Science Education, quatre résultats pour le Journal of Research in Science Teaching et trois résultats pour le Science Education (voir le tableau suivant).

Ainsi, nous avons retenu vingt deux articles au total. Ces articles couvrent des recherches réalisées dans plusieurs pays, souvent dans le monde anglophone ; avec des populations comprenant des élèves du primaire (11 ans), des collégiens (12-15 ans) lycéens (15-18 ans), des étudiants universitaires (18-22 ans), des jeunes ou apprentis enseignants (22-25 ans), des enseignants en exercice et des chercheurs. Ces articles couvrent des questions énergétiques (installation d'une centrale nucléaire, émissions des voitures), en ingénierie génétique (biotechnologie, clonage, ...), sur le réchauffement climatique, des zoo et centres de loisirs, des problèmes environnementaux (l'explosion du nombre des écureuils non locaux) et des lignes de hautes tensions susceptibles de causer des leucémies.

Nous synthétisons dans les paragraphes suivants les articles de recherche retrouvés.

Auteurs et année	Pays	Population		QSS	Méthode
		Âge / Niveau scolaire	Nombre		
Osborne, Erduran et Simon (2004)	R.U.	12- 13 ans ; grade 8	Non mentionné	QSS (Zoo, centre de loisirs) Sc (phases de la lune, pression artérielle)	Discussions en groupes (filmées et enregistrées) au début et à la fin de l'intervention de 9 leçons intégrant un enseignement de connaissances scientifiques et à l'argumentation
Erduran, Simon et Osborne (2004)	R.U.	Enseignants de sciences au collège Elèves de 12-14 ans ; grade 8)	12 enseignants de sciences 12 classes of year 8 (ages 12–14) students	QSS (Zoo, centre de loisirs) Sc (phases de la lune, pression artérielle)	Étude quantitative des discussions entre enseignants et élèves en classe entière (début/fin d'année) Étude de l'argumentation dialogique des élèves en groupes
Wu et Tsaï (2007)	Taïwan	Grade 10) de 15-17 ans	70 élèves	installation d'une centrale nucléaire	Enseignement de connaissances scientifiques. Un petit test écrit individuel avant distribution de documents sur la CSS et un test écrit individuel long (50mn) après. argumentation orientée en incitant à contre-argumenter et réfuter
Kolstø (2006)	Norvège	sans indications de leurs âges par l'auteur		réseaux électriques à hautes tensions et le risque de leucémie chez les enfants	Une introduction sur la CSS, discussions en groupes sur la question, un questionnaire simple et finalement un entretien avec un échantillon d'élèves.
Lewis et Leach (2006)	R.U.	élèves de 14-16 ans	200	technologie génétique	Enseignement scientifique en groupes. film de 10 mn pour présenter la séquence et les idées scientifiques pertinentes sur la CSS. Alternance entre un travail seul et en groupe pour répondre à un questionnaire sur les connaissances scientifiques en génétique. Un chercheur intervient en groupe pour consolider les connaissances et élucider certaines questions scientifiques restantes. Écoute d'enregistrement, débats en groupe et prise de position sur une CSS par écrit tout en étant encouragés au début par le chercheur Un chercheur les rejoint à la fin du débat et les encourage à articuler leurs raisonnements et le justifier. Toutes les séquences sont filmées et transcrites.
Dawson et Venville (2009)	Australie	10 élèves de 12-13	30	La biotechnologie génétique	Entretiens semi-directifs dans des groupes de deux ou trois élèves à la fin de l'année. Enseignement de connaissances

		ans (grade 8), 14 élèves de 14-15 ans (grade 10) et 6 élèves de 16-17 ans (grade 12)			scientifiques en génétique aux élèves, du grade 10 et 12.
Klosterman et Sadler (2009)	E.U .	Grade 9 à 12	108	Réchauffement climatique	La séquence dure trois semaines, quinze heures de cours sur les contenus scientifiques et la controverses entourant la question du réchauffement climatique. La séquence inclut des prises de positions personnelles sur la question vis-à-vis des discussions dans les nouvelles, des exercices vis-à-vis des questions sociopolitiques et des exercices explorant les connaissances conceptuelles basiques soutenant la question du réchauffement climatique. des tests standardisés avant et après l'intervention sur des contenus scientifiques, les contenus relatifs à la controverse socioscientifique du réchauffement climatique sont mesurés à l'aide d'un questionnaire qui s'aligne avec le curriculum.
Sadler et Zeidler (2005)	E.U.	étudiants universitaires en cursus scientifique et non scientifique	269 dont 30 étudiants interviewés	ingénierie génétique	269 étudiants universitaires en cursus scientifique et non scientifique soumis à un QCM en génétique. 30 étudiants sélectionnés, soumis à un entretien semi directif sur des CSS.
Sadler et Fowler (2006)	E.U.	universitaires en cursus scientifique et non-scientifique élèves intégrant des cours scientifi	soixante dix huit apprenants	Ingénierie génétique	Les apprenants sont engagés dans des entretiens, filmés et transcrits, semi-structurés sur des CSS vis-à-vis du génie génétique, durant lesquels les élèves sont défiés à articuler et défendre des positions, des positions opposées et des réfutations vis-à-vis de trois scénarios relatifs à des applications du génie génétique.

		ques scolaires			
Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon (2008)	R.U.	12-13 ans (grade 8)	Six classes	Questions scientifiques : les phases de la lune et la pression artérielle CSS : Zoo et centre de loisirs	Discussions en groupes (filmées et enregistrées) au début et à la fin de l'intervention de 9 leçons (Groupe expérimental, enseignement à l'argumentation et scientifique/ Groupe témoin, pas d'enseignement à l'argumentation)
Chang et Chiu (2008)	Taïwan	étudiants universitaires dans un cursus scientifique et dans un cursus non scientifique	60	génie génétique	Questionaire écrit à domicile sur des QSS ensuite, des débats (filmés) sont organisés avec un échantillon de deux groupes, de quatre étudiants chacun, composés par des élèves ayant des positions opposées sur la question; un des deux groupes comprend les étudiants en sciences et un groupe d'étudiants dans un cursus non scientifique.
Venville et Dawson (2010)	Australie	Grade 10 (14-15 ans) deux classes expé + deux classes expé	92	génétiques	Suite à une séquence de 10 semaines sur la reproduction et la génétique, les élèves de deux classes expérimentales reçoivent une séance d'enseignement à l'argumentation (50 mn) + 2 séances en classe entière sur l'argumentation SS. Les séances étaient enregistrées et transcrites et un échantillon du groupe expérimental est interviewé. Les chercheurs prennent aussi des notes. Une autre collecte des données de l'argumentation sur un questionnaire (pré-test et post-test) incluant un QCM en génétique (18 questions) + une question sur une QSS en génétique
Nicolaidou, Kyza, Terzian, Hadjichambis, Kafouris (2011)	Chypre	Grade 11, 12 lycéens	Deux classes (une classe expé + une classe témoin)	Génétique, biotechnologie	Pré-test et un post-test constitués de deux questionnaires A et B : questionnaire A (QCM sur les connaissances conceptuelles + questions ouvertes sur les connaissances en biotechnologie) et questionnaire B (deux questions sur l'évaluation respective d'une source de données et puis comparer deux sources de données) Une séquence de 12 séances 90 min (3 leçons consistent en un travail expérimental + 8 leçons de travail en groupes de 3 élèves dans un environnement informatique en ligne "STOCHASMOS" + 1 séance ou l'on s'engage à évaluer la crédibilité des preuves
Abi El Mona, Abd El Khalick	USA	10 Etudiants	30	Réchauffement climatique	Phase 1: La population lors d'un entretien semi-structuré (40 mn) prend position en évaluant deux positions opposées en

(2011)		universitaires, 10 enseignants de sciences et 10 scientifiques			argumentant sur une QSS. Ensuite les élèves sont invités à indiquer ce qu'ils pensent être une argumentation de qualité. Phase 2: elaboration d'un nouveau diagramme inductif par les chercheurs pour l'analyse de l'argumentation phase 3: les membres des trois groupes lors d'un deuxième entretien semi-structuré (60 minutes) évaluent les mérites de trois arguments (30 arguments au total) provenant des trois groupes de l'échantillon choisis par hasard, si l'argument est complet, partiellement complet, et réussi ou pas, en justifiant.
Khishfe (2012)	Lebanon	grade 11 students (16 years old)	219	Des aliments génétiquement modifiés et la fluorization de l'eau	Un questionnaire de questions ouvertes constitué de deux scénarios qui portent des questions socioscientifiques. Cinq participants étaient également interviewés. Des entretiens semi-structurés individuels suivent la présentation des scénarios.
Nielsen (2012)	Danemark	students (age 16–19)	40	Un traitement génétique aux humains	Huit groupes (de 4 à 5 élèves) de discussions sur des questions socioscientifiques la séquence est présentée dans le contexte du niveau moyen en biology
Evagorou et Osborne (2013)	UK	12- to 13-year-old	28 students	Problème environnemental : tuer les écurueils envahissant l'habitat des ecurueils aborigènes	examining two different pairs from a class of 12- to 13-year-old students The two pairs were videotaped for a duration of four, 50-minute lessons and the transcripts were analyzed in order to identify characteristics of students' interactions during argumentation. Lessons 1–3 the students worked in their pairs trying to complete the task presented to themLesson 4 was the whole classroom discussion during which the teacher coordinated the presentation of the dyads' arguments.
Garcia-Mila, Gilabert, Erduran et Felton (2013)	Spain	junior high school students (12- 13 years old)	Sixty-five	Sources énergétiques et changement climatique	Des binômes sont formés par des membres ayant des points de vue différents et distribués (par hasard) à une des deux situations suivantes : 31 binômes discutent dans le but de persuader leur partenaire et 34 binômes sont invités à atteindre un consensus. La séquence englobe huit sessions de durée chacune de 50 minutes sur les sources des carburants et leurs rôles dans le changement climatique, dans le but d'être sûr que les participants à travers les différentes conditions aillent un accès égal aux connaissances relatives aux contenus.
Rudsberg, O¨ Hman, O¨	Sweeden	Swedish upper		Des problèmes environnementa	Les données recueillies sont vidéos de leçons dans un lycée (upper-secondary) en

stman (2013)		secondary school		ux: par exemple, améliorer la technologie (soient les émissions des voitures)	Suède. La leçon inclut des discussions d'une QSS en relation avec les possibilités de résoudre des problèmes environnementaux et où les élèves sont invités à discuter et évaluer différents discours faits par l'enseignant.

Tableau 1: recueil des articles de notre revue de littérature sur les recherches en éducation des sciences s'intéressant à la question de l'argumentation, raisonnement informel et/ou connaissances conceptuelles dans le champ des QSS.

1.4.3. Synthèse des articles de notre revue de littérature

Nous synthétisons, dans les paragraphes qui suivent, les résultats obtenus sur les recherches empiriques dans le champ des QSS en identifiant : les objets (déclarés) des recherches (les questions de recherche), la population étudiée, la méthodologie de recherche adoptée (notamment, l'organisation des séquences et si elles incluent un apprentissage à l'argumentation et/ou de connaissances conceptuelles, la méthode de recueil de données, la nature des données recueillies et les cadres analytiques utilisés) et les résultats retrouvés.

Nous nous limitons dans les paragraphes suivants, aux articles allant de 2004 à 2009 qui nous ont servi pour établir nos objets, nos questions et notre méthodologie de recherche (c.f. pour une description détaillée des articles voir Annexe chapitre 1, § 1.1 ; 1.2 ; et 1.3. Note de lecture). Nous utilisons les articles allant de 2010 à 2013 (que nous citons dans le tableau de synthèse), ultérieurement (c.f. Chapitre 7, Synthèse, Discussions des résultats et Conclusions, §7.5. Comparaison des résultats de nos analyses de données à la littérature), pour une discussion des résultats obtenus dans notre recherche et une comparaison avec les résultats obtenus dans la littérature.

1.4.3.1. L'argumentation et/ou le raisonnement informel

Nous regroupons la revue de littérature sur les recherches qui visent l'étude de l'argumentation et/ou le raisonnement informel en deux catégories : les recherches qui visent et intègrent explicitement un apprentissage ou une formation des apprenants à l'argumentation et les recherches qui n'intègrent pas un enseignement à l'argumentation ou au raisonnement informel.

Du point de vue de l'objet de recherche

Toutes les recherches visant l'étude de l'argumentation et/ou le raisonnement informel dans le cadre de QSS utilisent une approche dialogique de l'argumentation, dans le sens où différentes perspectives sont à examiner (Driver et al. 2000: 291) par un élève seul lors d'un entretien (Dawson et Venville, 2009) ou en réponse à un questionnaire écrit (Wu et Tsaï, 2007), ou par plusieurs élèves lors de discussions en groupes (Osborne et al. 2004) ou en classe entière (Erduran et al. 2004).

En outre, les études divergent dans leurs objets de recherches, entre autres, celles qui visent le produit ou le processus de l'argumentation. Osborne et al. (2004) et Erduran et al. (2004) s'intéressent davantage au processus de l'argumentation qu'à son produit, visé par Wu et Tsaï (2007) et Dawson et Venville (2009).
Les quatre études citées sont réalisées avec des élèves en cursus scolaire, mais d'âges différents. Les élèves ont de 12 ans à 17 ans dans l'étude de Dawson et Venville (2009), de 12-13 ans dans les études d'Osborne et al. (2004) et Erduran et al. (2004) et de 15-16 ans dans les études de Wu et Tsaï (2007).
Ces recherches sur l'argumentation traitent majoritairement des QSS en lien avec la biotechnologie (d'Osborne et al. 2004 ; Erduran et al. 2004 ; Dawson et Venville, 2009), sauf pour une seule étude (Wu et Tsaï, 2007) liée à l'énergie (le cas de l'installation d'une centrale nucléaire) et qui, à la différence des autres études, est une question vive à Taïwan, où les élèves ont suivi un enseignement sur la QSS.

Du point de vue méthodologique

Des différences méthodologiques sont remarquées aussi dans les recherches.

Les élèves des quatre études ont reçu un enseignement de connaissances scientifiques conceptuelles. Explicitement dans deux études (Dawson et Venville, 2009 ; Wu et Tsaï, 2007) cet enseignement vise certaines connaissances conceptuelles scientifiques en relation avec la QSS en question.

Cependant, les recherches d'Osborne et al. (2004) et Erduran et al. (2004), différemment de celles de Dawson et Venville (2009) et de Wu et Tsaï (2007), intègrent explicitement un enseignement à l'argumentation à leurs élèves, en plus de l'enseignement de certaines connaissances scientifiques conceptuelles. Cette séquence est composée de neuf leçons mais qui s'étalent sur toute une année scolaire, avec une formation à l'argumentation des enseignants sélectionnés en fonction de leurs aptitudes et résultats à faciliter l'argumentation dans leurs cours.

Les recherches divergent aussi sur la nature des données recueillies. Les résultats de Wu et Tsaï (2007) sont principalement recueillies à partit d'un questionnaire écrit, ceux de Dawson et Venville (2009) en réponse à un entretien semi-directif en groupe tandis, que ceux d'Osborne et al. (2004) et Erduran et al. (2004) sont recueillies à partir d'argumentation en petits groupes de discussion composés exclusivement d'élèves et/ou d'élèves de toute la calsse avec leur enseignant(e).

En outre, les recherches divergent sur ce qui est traité dans le contexte de leurs cadres analytiques respectifs à l'argumentation. Là où toutes les recherches tiennent compte dans leurs analyses de la qualité d'argumentation, de la mobilisation de déclarations et de la mobilisation de preuves pour justifier les déclarations, certaines études distinguent dans leurs analyses de l'argumentation, entre une mobilisation de contre-arguments (Wu et Tsai, 2007 ; Osborne et al. 2004 ; Erduran et al. 2004) et une mobilisation de qualifications (Dawson et Venville, 2009). Certains de ces cadres utilisés vont aussi jusqu'à considérer la mobilisation de réfutation(s) comme un signe d'une argumentation de qualité (Wu et Tsai, 2007 ; Osborne et al. 2004 ; Erduran et al. 2004).
Nous pensons que ces différences respectives dans les cadres analytiques auront aussi un grand rôle dans les résultats affichés des recherches sur la qualité de l'argumentation mobilisée (Sampson et Clark, 2008).

Du point de vue des résultats

Les recherches indiquent des résultats divergents concernant l'étude de l'argumentation et/ou du raisonnement informel.

L'étude de Dawson et Venville (2009) n'indique pas une mobilisation de réfutations par les élèves de 12 -17 ans lors de leurs réponses à des entretiens en groupes. Alors que 80 % des élèves de cette même étude, mobilisent des arguments avec des justifications. Dawson et Venville (2009) ne visaient pas dans leurs recherches à étudier explicitement la mobilisation de la réfutation et n'orientent pas leurs élèves à le faire, mais accordent plus d'importance à la mobilisation de qualifications. Pour l**es auteurs Dawson et Venville (2009), les élèves interrogés lors d'un entretien n'ont pas l'opportunité de mobiliser de réfutations.**

En revanche, les résultats de Wu et Tsaï (2007) mentionnent une mobilisation d'argumentation de qualité par des élèves de 15 -17 ans en réponse à un questionnaire écrit, notamment, la mobilisation de réfutations par 40% des apprenants et des déclarations avec des preuves pour 70% des apprenants.

Une argumentation de qualité est aussi remarquée dans l'étude d'Osborne et al. (2004) et d'Erduran et al. (2004) lors de séquences qui s'étendent sur neuf leçons tout au long d'une année scolaire et intégrant aussi un enseignement à l'argumentation. Les élèves de 12-13 ans mobilisent plus de 40% d'arguments intégrant des réfutations lors des discussions en groupes et ceci même avant les interventions.

Les deux recherches de Dawson et Venville (2009) et de Wu et Tsaï (2007), intègrent dans leurs séquences un enseignement aux élèves de connaissances scientifiques sur la question. Par contre, la recherche de Wu et Tsaï (2007) comprend aussi un enseignement relatif à la QSS, la construction d'une centrale nucléaire, **une question vive à Taiwan**, qui est différente de la QSS en biotechnologie de Dawson et Venville. Les résultats des élèves de Wu et Tsaï (2007) sont exceptionnellement élevés et contredisent les conclusions de Sadler (2004) qui évoquent des difficultés des élèves à mobiliser des réfutations en dehors de discussions de groupes. Ces difficultés sont aussi remarquées par Sadler et Fowler (2006) lors d'entretiens . **En revanche, les résultats de Wu et Tsaï (2007) semblent justifier une autre conclusion de Sadler (2004), indiquant que les recherches sont plus fructueuses, à propos de la mobilisation de l'argumentation lorsqu'elles aident les apprenants à faire une connexion personnelle avec la question évoquée.**

En outre, Osborne et al. (2004) ne trouvent pas une différence statistique significative entre le début et la fin de la séquence pour un groupe expérimental ayant eu un enseignement à l'argumentation. Ces élèves marquent presque les mêmes résultats, qu'un autre groupe témoin n'ayant pas eu un enseignement à l'argumentation. Pour ce qui est de l'étude d'Erduran et al. (2004) les résultats des élèves, indiquant une amélioration de l'argumentation entre le début et la fin de l'intervention, doivent être confirmés statistiquement.

Par contre, nous pensons que les résultats élevés de la qualité d'argumentation, où plus de 40% de l'ensemble des arguments sont des réfutations, retrouvés par les élèves des deux études Erduran et al. (2004) et Osborne et al. (2004) sont en partie dûs au cadre analytique élaboré par les auteurs pour l'analyse de l'argumentation. Nos conclusions retrouvent ainsi celles de Sampson et Clark (2008) qui indiquent que des cadres analytiques différents engendrent des résultats différents.

Ainsi, nous adoptons la position d'Erduran et al. (2004) et Osborne et al. (2004) qui indiquent le besoin de davantage d'études sur l'argumentation pour établir

comment l'environnement d'enseignement, notamment créé par l'enseignant(e), favorise l'argumentation. Cet environnement encourage des apprenants à argumenter, notamment, à justifier leurs déclarations et à mobiliser de contre-arguments.

Il **nous semble que les résultats de ces recherches nous laissent supposer qu'une argumentation, lors d'une intervention avec des élèves dans un cadre scolaire, dépend principalement, de l'organisation de la séquence d'enseignement et de la compétence de l'enseignant(e). Il s'agit surtout à encourager les apprenants à pratiquer une argumentation de qualité plutôt que de se baser sur d'autres éléments, notamment la durée de la séquence et l'enseignement direct à l'argumentation**.

Nous pensons que les résultats d'Osborne et al. (2004) et d'Erduran et al. (2004) se croisent avec les conclusions de Sadler (2004: 523) qui indique : *« If teachers expect their students to engage in sophisticated argumentation, students need ample opportunities to practice justifying claims, attending to counterpositions, and dissecting argumentation to increase their awareness of that which constitutes well-reasoned* arguments. ».

Ce que nous retenons pour notre thèse

Compte tenu de ce qui précède, nous envisageons l'étude de l'impact de séquences bien planifiées et de courtes durées (quelques heures) sur la qualité de l'argumentation des élèves, de manière à ce que dans ces séquences on offre l'opportunité aux apprenants à pratiquer l'argumentation, notamment, en les encourageant à justifier leurs déclarations, à tenir compte des positions opposées, à mobiliser de contre-arguments, à disséquer et à analyser l'argumentation. En outre, nous envisageons que notre QSS soit bien pertinente pour les élèves et qu'elle soit en lien direct avec des questions de leur vie courante, ce qui leur permet d'avoir une connexion personnelle avec la question.
Afin d'identifier un certain mode d'argumentation possible en fonction de la nature de l'argumentation, nous envisageons aussi l'étude de l'argumentation mobilisée en réponses à :
- des questionnaires écrits.
- des discussions de groupes.
- des présentations orales.

En outre, nous pensons que la diversification des cadres analytiques analysant la qualité d'argumentation sera primordiale pour mieux la cerner.

1.4.3.2. Les connaissances conceptuelles (soient scientifiques et techniques) lors de l'étude d'une QSS

Dans ce paragraphe nous synthétisons les résultats des recherches relatifs à la mobilisation de connaissances conceptuelles (scientifiques et techniques) d'un contenu donné dans le cadre de l'étude d'une QSS.

Pour les trois études concernées, les connaissances conceptuelles (scientifiques) font partie de leurs objets de recherches (Kolstø, 2006 ; Lewis et Leach, 2006 ; Klosterman et Sadler, 2009). Klosterman et Sadler (2009) s'intéressent à l'impact d'un curriculum basé sur l'étude de QSS sur le développement des connaissances conceptuelles scientifiques dans le contexte des cours de sciences en milieu scolaire traditionnel. De son côté Kolstø (2006) vise à identifier quel(s) argument(s) (ou raisons), scientifiques ou autres informations (y compris les valeurs, la sympathie et/ou l'empathie), sont cruciaux lors du raisonnement des élèves sur la construction de réseaux électriques à haute tension et la possibilité de l'augmentation du risque de leucémie chez les enfants. De leur part, Lewis et Leach (2006) visent à présenter des preuves pour deux hypothèses : la première indique qu'une certaine compréhension appropriée des sciences est essentielle pour l'engagement dans une discussion raisonnée sur une QSS. La deuxième indique que la base des connaissances scientifiques nécessaires pour cet engagement est relativement modeste et peut être réalisée à travers des interventions d'enseignement brèves mais bien construites.

Les trois études visent des élèves en cursus scolaires de grade 9 à grade 12 dans l'étude de Klosterman et Sadler (2009), de 14-16 ans dans l'étude de Lewis et Leach (2006), et sans indication de l'âge des élèves ou de leurs niveaux scolaires dans le cas de l'étude de Kolstø (2006).

Dans deux de ces études les élèves reçoivent, dans le cadre de la recherche, un enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques en relation avec les connaissances scientifiques en rapport avec la QSS en question (Lewis et Leach, 2006 ; Klosterman et Sadler, 2009).

Les recherches abordent des QSS différentes. Lewis et Leach (2006) s'intéressent à des questions en génie génétique, Klosterman et Sadler (2009) visent la question du réchauffement climatique, tandis que Kolstø (2006) s'intéresse à la question du lien entre l'installation des lignes de haute tension et le risque de leucémie chez des enfants habitant tout autour de ces lignes.

En outre, les trois recherches divergent par leurs méthodologies de recherche. Là où Kolstø (2006) se limite à des discussions en groupes des élèves sur une QSS, Klosterman et Sadler (2009) et Lewis et Leach (2006) élaborent des séquences d'enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques et sur la QSS en plus des discussions et de prises de décisions sur une QSS. En outre, La séquence de Klosterman et Sadler (2009) dure plusieurs semaines (trois semaines ; quinze heures de cours) et est réalisée par une seule personne et donc est plus adaptée au cadre scolaire traditionnel, tandis que la séquence de Lewis et Leach (2006) est bien plus courte (moins de deux heures), réalisée avec des petis groupes. Cette séquence est réadaptée et réutilisée, dans la deuxième phase de la recherche, avec une classe

entière mais en présence de plusieurs intervenants (cinq) dans la même classe ce qui, d'après nous, limite la possibilité de réaliser cette séquence dans un contexte scolaire traditionnel.

Le recueil de données de l'étude de Lewis et Leach (2006) intègre en plus des questionnaires écrits, des discussions des élèves seuls en groupes ou avec un des intervenants, de même le recueil de données de l'étude de Kolstø (2006) est diversifié et inclut aussi des discussions en groupes d'élèves et les réponses des élèves sur un questionnaire écrit et lors d'un entretien semi-directif administré suite à la séquence. En outre, le recueil de données de Klosterman et Sadler (2009) est diversifié mais se limite pour cet article à l'analyse des données recueillies à l'aide de deux questionnaires écrits, l'un standardisé et l'autre plus en lien avec le curriculum des élèves, et qui sont administrés avant et après la séquence d'enseignement.

La recherche de Kolstø (2006), lors des entretiens sur des CSS, confirme, d'après nous, les conclusions de Sadler (2004) sur la **difficulté des élèves à mobiliser de connaissances scientifiques conceptuelles (scolaires). En outre,** l'étude de Kolstø (2006) permet de distinguer entre les connaissances conceptuelles (scolaires) et **les informations scientifiques retrouvées dans les documents relatifs à la QSS** distribuée aux élèves. Pour ces derniers, **les élèves semblent avoir moins de difficultés à les mobiliser**. Or, Kolstø (2006) interprète ces résultats par le fait que les élèves en partie ne le font pas (mobiliser les connaissances conceptuelles scolaires), soit parce qu'ils n'ont pas les compétences de le faire, soit **ils ne voient pas l'intérêt de le faire**, même si ces connaissances scientifiques sont considérées cruciales par les auteurs pour comprendre la situation. Cependant, le chercheur n'intègre pas explicitement dans la séquence un enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques en relation avec la QSS.

De leur côté, Lewis et Leach (2006) visent directement l'impact des connaissances scientifiques pour s'engager dans l'étude d'une QSS et fournissent à leurs élèves un enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques basiques en une courte durée de temps (toute la séquence dure deux heures). Les résultats de Lewis et Leach (2006) indiquent que **la familiarité avec la question posée et les connaissances scientifiques basiques sur la question sont cruciales pour** comprendre les questions clés et **s'engager dans une argumentation sur une QSS**. **Ces connaissances basiques peuvent être acquises en une courte durée de temps**. **Les résultats indiquent qu'effectivement les élèves consolident les connaissances scientifiques existantes et que peu d'élèves apprennent de nouvelles connaissances.** Les auteurs indiquent aussi qu'**entre le début et la fin de la séquence, les élèves mobilisent davantage d'arguments avec des justifications à leurs déclarations lors des discussions des groupes, mais, peu de connaissances scientifiques durant leurs discussions ou pour justifier leurs déclarations.** Lewis et Leach (2006) établient **un lien important entre le fait d'appréhender les QSS suivant différents critères (le risque, les bénéfices, l'efficacité, l'équilibre**, …) et ne pas juste se focaliser à un critère plus qu'un autre **et la qualité d'argumentation mobilisée (mobilisation de justifications et de contre-arguments)**.

Klosterman et Sadler (2009) de leur part indiquent qu'un curriculum intégrant entre autres **l'étude de controverses socioscientifiques, des discussions en groupes et des connaissances scientifiques à propos de la QSS** sur le réchauffement climatique et s'étalant sur trois semaines, mène **les élèves à améliorer leurs connaissances sur la QSS et leurs connaissances scientifiques. Les conclusions des auteurs proviennent des résultats des élèves en réponse à un questionnaire** standardisé et à un autre aligné avec le curriculum**.**

Kolstø (2006) et Lewis et Leach (2006) indiquent dans les résultats de leurs études que **les apprenants mobilisent peu de connaissances scientifiques lors de leurs prises de décisions finales sur une QSS**.

Nous pensons que ces résultats retrouvent la conclusion de Sadler (2004), disant que **présenter une QSS ne mène pas automatiquement les élèves à faire le lien entre leurs connaissances personnelles et les connaissances scientifiques**. Si certains de ces problèmes semblent être résolus par Lewis et Leach (2006) (en fournissant aux élèves un certain enseignement conceptuel de connaissances scientifiques qui va leur permettre de mieux s'engager dans une argumentation et de mieux justifier leurs positions), **les auteurs n'aboutissent pas en sorte à davantage de mobilisation de la part des élèves de connaissances scientifiques lors de leurs discussions en groupes ou lors de leur argumentation finale**.

Ce que nous retenons

Ainsi, en tenant compte de ce qui précède, nous visons dans notre recherche à encourager la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques) lors de prises de décisions des élèves sur des QSS et cela à travers, entre autres :

- L'intégration dans notre recherche d'un apprentissage de courte durée de connaissances conceptuelles scientifiques basiques sur la QSS.

- Inviter les élèves à mobiliser leurs connaissances conceptuelles scientifiques pour justifier leurs déclarations

- Appréhender plusieurs critères (soient techniques, économiques, environnementaux, pratique et du confort, efficacité énergétique...) lors de leur argumentation

- Proposer une QSS en classe tirée de la vie courante des élèves et qui peut leur être familière**.**

A la fin de la séquence, les auteurs Kolstø (2006), Sadler et Klosterman (2009) et Lewis et Leach (2006) semblent s'accorder sur la persistance de beaucoup de fausses conceptions sur la question. Ceci empêche les élèves, suivant Kolstø (2006) et Lewis et Leach (2006), de prendre une décision raisonnée.

En outre, les résultats de Lewis et Leach (2006) autour d'un discours exploratoire qui encourage davantage une argumentation de qualité, semblent aussi se croiser en partie avec les conclusions de Sadler (2004 : 523) : *« If teachers expect their students to engage in sophisticated argumentation, students need ample opportunities to practice justifying claims, attending to counterpositions, and dissecting argumentation to increase their awareness of that which constitutes well-reasoned arguments.».*

1.4.3.3. L'influence de la compréhension conceptuelle sur la qualité d'argumentation et/ou du raisonnement informel

Les différentes études indiquées ci-dessous s'intéressent, entre autres, sur l'étude de l'argumentation et/ou du raisonnement informel des apprenants et le lien avec leurs connaissances conceptuelles. Or, les populations visées par les études, et la façon avec laquelle les recherches abordent les liens éventuels entre les connaissances conceptuelles et le raisonnement informel et/ou l'argumentation diffèrent d'une étude à une autre.

L'étude de Chang et Chiu (2007) vise, entre autres, à étudier si un lien existe entre la compréhension conceptuelle (e.g. scientifique) et la qualité d'argumentation des étudiants universitaires. Le niveau de la compréhension conceptuelle (scientifique) est basé sur le fait qu'un étudiant est en cursus scientifique ou non. Outre le critère du cursus scientifique, l'étude de Sadler et Zeidler (2005) ayant aussi le même objectif, se base sur un test de questions à choix multiples des connaissances conceptuelles scientifiques (en génétique) en lien avec la QSS à étudier. Leur but est de différencier le niveau de compréhension conceptuelle des étudiants universitaires.

De leur part, Sadler et Fowler (2006) dans leur étude, visent à vérifier si cette tendance trouvée et indiquée ci-dessus chez Sadler et Zeidler (2005) pourrait bien s'étendre à des élèves dans un cursus scolaire. Il tente de vérifier un modèle plus détaillé sur le lien entre la compréhension conceptuelle et le raisonnement informel basé sur l'étude de Sadler et Donnelly (2006) et qui dans leur modèle n'intègrent pas explicitement l'étude de la réfutation pour l'analyse de l'argumentation.

De leurs côtés, Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon (2008), s'intéressent dans leurs études aussi au lien éventuel entre l'argumentation et les connaissances conceptuelles des élèves de 12-13 ans, en cursus scolaire normal, lors de leurs études de questions scientifiques (soient les phases de la lune et la pression artérielle) et socioscientifiques (soient un Zoo et un centre de loisirs).

Cependant, à la différence des autres recherches, Von Aufschnaiter et al. (2008), s'intéressent en particulier, au lien entre le développement conceptuel et les processus d'argumentation lors de discussions des élèves en classe et pas seulement à travers l'étude de pré-tests /post-tests de connaissances conceptuelles. En outre, Sadler et Zeidler (2005) et Sadler et Fowler (2006) à la différence des études de Von Aufschnaiter et al. (2008) visent en particulier par leurs recherches l'étude de la question du transfert, ou comment les connaissances conceptuelles scolaires ou universitaires sont utilisées par les apprenants dans un contexte différent, celui des QSS.

Pour l'analyse de la qualité d'argumentation, les deux études Chang et Chiu (2007) et Sadler et Zeidler (2005) attribuent des points à la mobilisation de justifications à l'argument et de contre-arguments. Cependant, Sadler et Zeidler (2005) attribuent des points à une certaine cohérence dans la réponse et la mobilisation de réfutations, tandis, que Chang et Chiu (2007) attribuent, des points à l'évaluation de l'argument et la mobilisation de qualifications, parmi d'autres critères de l'analyse du raisonnement informel. Sadler et Fowler (2006) reprennent les classifications de Sadler et Zeidler (2005), notamment visant l'étude de la nature de la

justification mobilisée, mais par contre ne tiennent pas compte en particulier dans leurs analyses de la mobilisation de réfutations.

En outre, au-delà de la validité des connaissances conceptuelles, les auteurs Von Aufschnaiter et al. (2008) visent à étudier le lien entre la qualité d'argumentation (la qualité d'argumentation est identifiée à travers la présence ou non de réfutations) basée sur le cadre analytique d'Osborne et al.(2004), et les connaissances conceptuelles en fonction des niveaux et des domaines d'abstraction des contenus (scientifiques ou non) des arguments mobilisés lors des discussions des élèves en groupes.

Les deux études de Sadler et Zeidler (2005) et Chang et Chiu (2007) retrouvent des résultats avec une tendance similaire, où les étudiants universitaires en cursus scientifique dépassent globalement les autres étudiants dans la qualité de l'argumentation mobilisée lors de l'étude de CSS (en relation avec l'hérédité). Les deux études se font avec des apprenants de pays différents. L'étude de Chang et Chiu (2007) vise davantage l'argumentation écrite des élèves mais l'étude de Sadler et Zeidler (2005) vise davantage l'argumentation mobilisée lors des entretiens semi-directifs.
Sadler et Fowler (2006) trouvent de leur côté que la relation, entre la compréhension conceptuelle (non technique) des contenus soutenant une CSS et la qualité d'argumentation, n'est pas linéaire, mais sous forme d'escalier. Ces résultats confirment bien, suivant les auteurs, les résultats de Sadler et Donnelly (2006 : 1481) qui indiquent qu'**en plus d'avoir des connaissances conceptuelles scientifiques de qualité, atteindre une argumentation de qualité nécessite aussi une familiarité avec ces questions. Ceci se fait à travers des connaissances conceptuelles contextuelles peu rencontrées chez des apprenants en cursus scolaire, mais bien plus communes à des étudiants en cursus scientifique**. Afin de développer et vérifier leur modèle Sadler et Donnelly (2006) **procèdent aussi à une analyse qualitative des connaissances scientifiques mobilisées aussi lors de l'entretien avec les élèves. Ceci s'ajoute à l'analyse quantitative des connaissances scientifiques des élèves lors d'un QCM sur les connaissances en génétique avant l'entretien sur une CSS en technologie génétique.** Or, Sadler et Zeidler (2005) et Sadler et Fowler (2006) se limitent aux résultats des élèves lors d'un QCM administré aux élèves ultérieurement et indépendamment du moment du recueil et de l'analyse de l'argumentation. En outre, à la différence de Sadler et Fowler (2006) qui tiennent compte de la nature de la justification, Sadler et Zeidler (2005) et Sadler et Donelly (2006) prennent en considération la cohérence de l'argument pour l'étude de sa qualité. Sadler et Zeidler (2005) et Sadler et Fowler (2006), à la différence de Sadler et Donelly (2006), ne tiennent pas compte ouvertement dans leurs analyses de la mobilisation de la réfutation.

De leurs côtés,Von Aufschnaiter et al. (2008) indiquent que les élèves n'arrivent pas à s'engager dans des discussions avec des arguments qui ne leur sont pas familiers, voire même avec des contenus qu'ils ne comprennent pas et/ou avec des contenus de niveaux d'abstraction supérieurs aux niveaux d'abstraction de leurs connaissances déjà développées antérieurement. Von Aufschnaiter et al. (2008) trouvent que la mobilisation d'une argumentation de qualité peut être réalisée avec des domaines ou des niveaux d'abstraction faibles ou moyens et pas nécessairement élevés. Ils indiquent que la cohérence des contenus des arguments est le paramètre déterminant, dans le sens qu'ils sont détaillés et bien articulés l'un avec l'autre, sans qu'ils ne se contredisent. Or Von Aufschnaiter et al. (2008) n'indiquent pas explicitement la place de la validité des contenus cohérents de ces arguments mais, évoquent cependant, une bonne compréhension de la part des élèves de ces contenus.

Si les résultats de Sadler et Zeidler (2005), Sadler et Fowler (2006) et de Chang et Chiu (2007) semblent correspondre aux conclusions de Sadler (2004) (sur la relation négative et positive) entre le raisonnement informel et la compréhension conceptuelle des apprenants, Sadler et Fowler (2006), en se basant sur le modèle de Donnelly et Sadler (2006), disent que cette relation n'est pas linéaire. Ils ajoutent qu'une argumentation de qualité nécessite bien plus qu'une juste compréhension des connaissances conceptuelles élevées, qui est quelque fois atteinte par les élèves en cursus scolaire. En outre, les trois études de Sadler et Zeidler (2005), Sadler et Fowler (2006) et de Chang et Chiu (2007), utilisent un recueil de données avant et/ou après l'intervention mais jamais au cours de l'étude. Ceci n'est pas le cas de Sadler et Donnelly (2006) qui font une analyse qualitative des connaissances conceptuelles mobilisées lors des discussions en groupes des élèves en plus de l'analyse de la qualité de l'argumentation.

Les résultats de Von Aufschnaiter et al. (2008) semblent indiquer qu'une argumentation de qualité peut être atteinte même avec des élèves de 12-13 ans. Ces élèves possèdent des connaissances (y compris scientifiques) qu'ils comprennent, et qui leur sont familières et cohérentes, mais avec des contenus concrets. Les résultats ci-dessus semblent être différents de ceux de Sadler et Donnelly (2006) et de ceux de Sadler et Fowler (2006), qui attribuent la qualité d'argumentation exclusivement à des étudiants universitaires (et non atteinte par des élèves en cursus scolaire ou des étudiants universitaires en cursus non-scientifique, qui peuvent avoir des connaissances conceptuelles scientifiques de très bonne qualité) ayant, en plus des connaissances scientifiques de très bonne qualité, une expérience et une familiarité avec les contextes proposés qui leurs permettent de faire le transfert de leurs connaissances à d'autres contextes.

Si les auteurs semblent être en accord avec l'idée selon laquelle pour la mobilisation d'un argument de qualité par les apprenants, la familiarité et l'expérience envers les contenus, ainsi que la question de la cohérence semblent être incontournables (c'est la cohérence d'un argument pour Sadler et Fowler (2006) tandis que c'est la cohérence du contenu qui est visée par Von Aufschnaiter (2008)). Une divergence reste bien présente entre les chercheurs sur la question de la mobilisation d'une argumentation de qualité, mobilisée exclusivement par des étudiants universitaires en cursus scientifique pour Sadler et Fowler (2006) à la différence des élèves de 12-13 ans de Von Aufschnaiter et al. (2008).

Nous pensons qu'en partie ces différences peuvent être expliquées par le fait que, les deux études interprètent la qualité d'argumentation d'une façon différente. Une argumentation de qualité supérieure est basée principalement sur la mobilisation de réfutation(s) par Von Aufschnaiter et al. (2008), tandis, que la réfutation n'est pas directement prise en compte dans le modèle de Sadler et Fowler (2006), qui attribuent des points plutôt à la mobilisation et à la nature des justifications et de leurs preuves associées (élaborées ou pas) en plus de la mobilisation de contre-positions (ou des contre-preuves). En outre, les deux études traitent de contenus différents et dans une situation d'enseignement différente. Ceci dit, là où Von Aufschnaiter et al. (2008) prennent en compte des contenus conceptuels scientifiques et d'autres connaissances pour l'étude du contenu de l'argument, Sadler et Fowler (2006) se limitent aux contenus conceptuels scientifiques relatifs à la QSS.

Ce que nous retenons

Ainsi, nous allons, en accord avec les conclusions de Sadler (2004), effectuer une étude sur le lien éventuel entre les connaissances (conceptuelles Scientifiques et techniques) et l'argumentation de qualité. De plus, nous tennons compte des synthèses concernant les études précédentes, en essayant notamment d'apporter d'autres éléments à ces débats, notamment, en étudiant si la mobilisation d'une argumentation de qualité est possible avec des élèves du lycée et quelles seront les caractéristiques des connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), notamment celles qui soutiennnet cette argumentation de qualité.

Nous utiliserons pour cela différents cadres analytiques d'une façon synergique, pour l'analyse des données recueillies : lors de réponses écrites individuelles, de discussions en petits groupes, de la présentation de groupes et lors d'un débat de toute la classe.

En particulier, en visant le produit de l'argument (et non le processus de l'argumentation) nous centrerons nos analyses sur la structure et le contenu de l'argument en utilisant différents cadres analytiques d'une façon synergique notamment: pour l'analyse de la structure de l'argument (la mobilisation de qualification, de réfutation et/ou le nombre de bases (cadre de Toulmin (1958) et cadre d'Osborne et al. (2004) ajustés) et le contenu de l'argument (les domaines d'abstraction (Von Aufschnaiter et al. 2008), les sources des contenus mobilisés (issus des documents distribués, du curriculum ou d'autres sources; cadre développé pour cette recherche), les thèmes (scientifiques, techniques, économiques, pratiques/confort, environnementaux, esthétiques ou divers thèmes) mobilisés (Wu et Tsai, 2008, modifié) et la validité des contenus (Zohar et Nemet 2002, modifié).

1.5 . L'argumentation et l'argument en éducation aux sciences

Nous visons dans ce paragraphe expliciter ce qu'on comprend par argumentation, la place de l'argumentation et de l'argument en éducation aux sciences, les finalités revendiquées par certains chercheurs en éducation aux sciences pour l'introduction de l'argumentation en classe et l'interrelation éventuelle entre l'étude d'une QSS et le champ de l'argumentation.

L'argumentation semble pendre des formes différentes dans les recherches en éducation aux sciences. L'argumentation est quelques fois prise comme un contexte, un objet, un moyen ou une finalité.

Nous avons remarqué que les recherches en éducation aux sciences attribuent ainsi à l'étude de l'argumentation, des visées différentes notamment : la compréhension conceptuelle des apprenants et l'acquisition des connaissances scientifiques, le développement de la capacité d'investigation et la compréhension de l'épistémologie ; ces trois derniers étant essentiels pour pouvoir adresser les controverses socioscientifiques contemporaines et pour le développement d'une culture scientifique ; *pour* la mobilisation de pensées élevées (en anglais « high order thinking ») et le développement des habitudes intellectuelles (en anglais « habits of mind ») ; *pour* l'appropriation des pratiques des communautés (« Community of practices ») y compris celles relatives au discours scientifique ; *pour* accéder au raisonnement informel et/ou *pour* une éducation citoyenne.

En outre, la littérature semble s'accorder sur le fait que les élèves ont des difficultés à s'engager dans une argumentation, notamment à mobiliser une argumentation de qualité, et que les recherches en éducation doivent entre autres accorder de la place à des recherches qui abordent ce champ.

Nous détaillons dans les paragraphes suivants les points évoqués ci-dessus. En particulier, ce qu'on comprend par argument et argumentation, l'émergence de l'étude de l'argument dans différents champs de recherche, en particulier en éducations aux sciences, le lien entre l'étude de l'argument et le champ des QSS, les critères d'une argumentation convaincante et ce que dit la littérature sur comment les apprenants argumentent. Nous concluons cette partie en explicitant différents cadres analytiques tirés de la littérature en éducation aux sciences et dédiés à l'analyse de l'argumentation et de l'argument.

1.5.1. Qu'est ce qu'un argument?

Driver, Newton et Osborne (2000 : 290), dans leur revue de littérature sur la place de l'argumentation en éducation aux sciences, discutent de l'importance de l'inclusion de l'argument et des activités discursives en éducation aux sciences. Ces auteurs indiquent que le champ d'argument a commencé lorsqu'une distinction est faite entre l'étude de la logique (comme étant la production d'une déduction correcte en partant de certaines hypothèses), et

l'étude du comment des personnes, dans des situations spécifiques, raisonnent effectivement en partant d'hypothèses pour aboutir à des conclusions. Différemment de la logique, vue comme une discipline académique qui représente des règles décontextualisées pour relier des hypothèses aux conclusions, argumenter est une pratique humaine située dans un cadre social spécifique.

Dans cette perspective située, **l'argument peut avoir lieu en tant qu'une activité individuelle,** à travers la pensée ou l'écriture, **ou en tant qu'une activité sociale dans un groupe** – un acte social négocié dans une communauté spécifique.

Cette activité individuelle est définie, dans l'*Oxford English Dictionary,* par "*advancing a reason for or against a proposition or course of action.*" (dans Driver et al. 2000 p. 291). Cette interprétation de l'argument est décrite comme « rhétorique » par Kuhn (1992 dans Driver et al. 2000 p. 291) ou didactique par Boulter et Gilbert (1995 dans Driver el al. 2000 p. 291). L'argument est ainsi utilisé pour persuader (d'autres) de la force du cas exprimé.

En outre, l'activité sociale est définie comme étant une interprétation « dialogique » ou « à multiple voix» de l'argument, et où différentes perspectives sont examinées et le but est d'atteindre un accord sur des déclarations ou des actions acceptables. Ces arguments peuvent être exprimés par un seul individu ou par un groupe social. Construire un argument implique la prise en compte de positions alternatives. En outre, même les arguments construits individuellement doivent faire la compétition : « *Even arguments constructed by an individual are put together by thinking of cases that the arguments have to contest" (Driver et al. 2000:291).*

Entre argumentation et argument

Il nous semble aussi pertinent à ce niveau de notre étude d'indiquer que dans la littérature sur l'argumentation on distingue entre l'argumentation et l'argument. L'argument est considéré comme le contenu ou la substance, tandis que l'argumentation se réfère au processus d'argumenter (Osborne et al. 2004 : 998) ; sans pour autant que cette distinction soit absolue (Sampson et Clark, 2008 : 448).

1.5.2. L'argument et l'argumentation, dans différents champs et pour l'éducation aux sciences

Nous exposons dans ce paragraphe, les positions émanant de différentes recherches en éducation aux sciences par rapport à l'inclusion de l'argumentation en classe, et notamment, en explicitant leurs cadres de références et les finalités revendiquées.

Ces recherches font référence à des champs multiples, y compris ceux hors du champ de l'éducation aux sciences.

Si l'argumentation semble prendre une place majeure en éducation aux sciences, les recherches sur l'argumentation découlent, entre autres, de deux champs, « Science Studies » et

« Sociocultural Perspectives » (Jiménez-Aleixandre et Erduran, 2007 : 4). Le premier champ mentionne l'importance du discours dans la construction des connaissances scientifiques et le second dévoile le rôle de l'interaction sociale dans l'apprentissage et les processus de la pensée, et indiquent que les processus d'une pensée de qualité (« Higher Thinking ») proviennent d'activité sociale, en particulier, de la médiation par le langage.

(Driver, Newton et Osborne, 2000 : 287) se basent sur **une vision par rapport à la nature de l'entreprise scientifique qui considère l'argument** et les pratiques argumentatives (e.g. la construction d'arguments et leur évaluation critique (Osborne, Erduran et Simon , 2004 : 995)) **comme étant au cœur même des activités scientifiques** (discursives). Un élément central dans cette perspective est une reconnaissance que le langage n'est pas un supplément à la science mais en revanche, un élément essentiel et constituant (Norris & Phillips, 2003; Osborne, 2002 dans Osborne, Erduran et Simon 2004 : 995).

En outre, les pédagogies qui encouragent le recours à l'argument sont au cœur même d'une éducation efficace dans le cadre des sciences (Newton, Driver et Osborne, 1999 : 553). Une participation active des apprenants (à travers les discussions) est centrale pour assurer un environnement d'apprentissage-enseignement propice (Newton, Driver et Osborne, 1999 : 553-554).

L'argumentation semble être, entre autres, un instrument pour générer des connaissances à propos du monde naturel (Kitcher, 1988 dans Jiménez-Aleixandre et Erduran, 2007 : 4), et ayant un rôle central pour élaborer des explications, des modèles et des théories (Siegel, 1995 dans Jiménez-Aleixandre et Erduran, 2007 : 4).

Ainsi, en s'éloignant d'une vision de la logique (en tant qu'une discipline, définie par des règles générales et décontextualisées où l'on étudie, entre autres, comment des personnes atteignent des inférences correctes de certaines hypothèses déjà données)**, le champ de l'argument s'oriente vers une étude du comment des personnes (dans des situations sociales spécifiques) raisonnent en partant de certaines hypothèses pour arriver à des conclusions** (Driver et al. 2000 : 290). Argumenter est une pratique humaine située.

L'argumentation et la philosophie des sciences

Pour Erduran, Simon et Osborne (2004 : 916) les perspectives contemporaines en philosophie des sciences (e.g., Giere, 1991; Kitcher, 1988 ; dans Erduran et al. (2004 : 916)), insistent sur le point que la science n'est pas l'accumulation simple de faits. En revanche, les sciences impliquent une construction de théories qui assurent des explications sur la manière dont le monde pourrait être. Ainsi, en proposant des explications provisoires sur les causes des événements en cours, les théories sont souvent ouvertes aux défis et à la réfutation (e.g., Popper, 1959 dans Erduran et al. 2004 : 91)). **Les sciences progressent à travers les disputes, les conflits et l'argumentation** plutôt qu'à travers un accord général (e.g, Kuhn, 1962; Latour & Woolgar, 1986 dans Erduran et al. 2004 : 916). Donc, **les arguments** concernant l'appropriation d'une conception expérimentale, l'interprétation des déclarations

de connaissances, et la validation des connaissances **sont au cœur même des sciences et sont centraux pour le discours quotidien des scientifiques**. Les scientifiques s'engagent dans l'argumentation et c'est à travers ce processus d'argumentation observé dans la communauté scientifique, que le contrôle de la qualité est maintenu en science (Kuhn, 1962 dans Erduran et al. 2004 : 916).

Ainsi, **vue l'importance du discours dans l'acquisition des connaissances scientifiques et le développement des habitudes intellectuelles (en anglais « habits of mind »),** Erduran, Simon et Osborne (2004) invitent à ce **que l'argumentation soit une forme de discours qui doit être appropriée par les enfants et apprise explicitement à travers un enseignement convenable de tâches structurées et de la modélisation**.

En outre, Giere (1991, dans Driver et al. 2000 : 296) représente à travers le diagramme simplifié ci-dessous, comment l'interaction entre le raisonnement, la théorie, et l'argument contribuent à l'établissement et au développement d'une connaissance scientifique, dans des processus complexes de va-et-vient, notamment, entre théories, modèles, données, observations et expérimentations :

« Giere (1991) presented a useful, although simplified, model to represent the ways in which reasoning and argument come into the processes of establishing scientific knowledge claims... As the arrows on the diagram show, establishing a knowledge claim in science involves more complex processes than making generalizations from observations of the world through induction. There is the process of establishing what counts as data, through conducting and checking observations and experiments. Then deductions are made from the conjectured theory through reasoning and calculation. The extent to which the data agree or disagree with the prediction then needs to be examined—a process that is rarely straightforward. Rather than a single theory or conjecture to be checked, it is often the case in science that there are two (or more) competing theories. Then the key activity of scientists is evaluating which of these alternatives does, or does not fit with available evidence, and hence, which presents the most convincing explanation for particular phenomena in the world. (p.296-297) ».

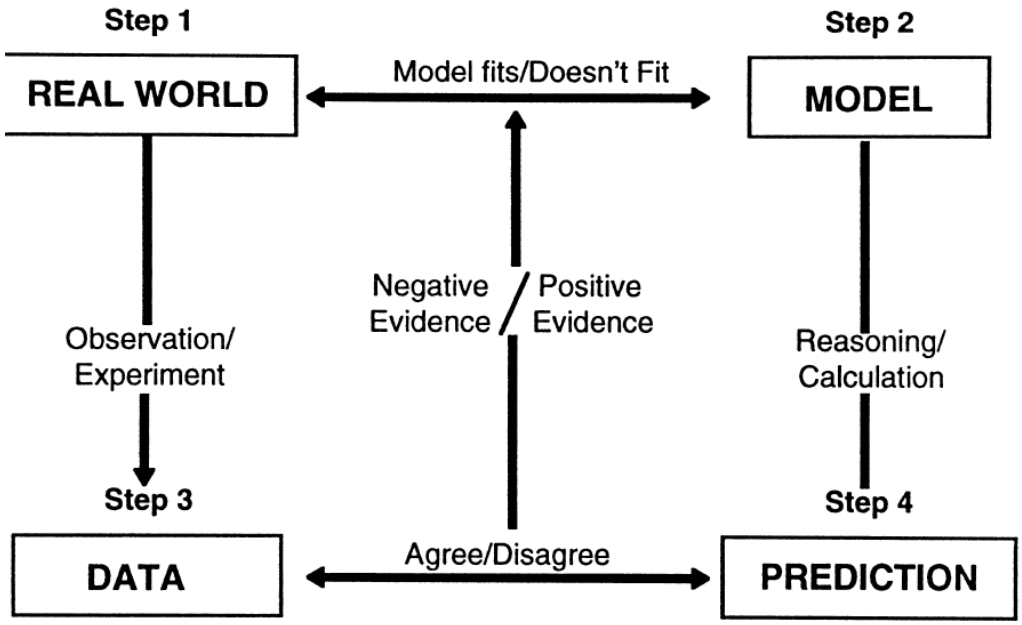


Illustration 1: l'interaction entre le raisonnement, la théorie et l'argument lors du développement des idées scientifiques (Giere,1991, dans Driver et al. 2000 : 296)

Ainsi à partir, entre autres, de la vision précédente sur l'établissement et le développement des connaissances scientifiques, Driver et al. (2000) prennent aussi distance d'une vision positiviste de la science (où il y a des « réponses vraies » et où les données mènent d'une façon non discutable, à accepter les solutions), largement répandue dans les cours des sciences scolaires. Ils **invitent à une vision discursive des sciences en cours de réalisation** (historiquement ou actuellement), où les déclarations scientifiques et les théories sont ouvertes aux défis et le progrès est fait à travers des disputes, des conflits et des changements de paradigmes (Driver et al. 2000 : 288). **Dans cette vision, les auteurs considèrent l'argument comme un des composants des sciences et au cœur de l'activité des scientifiques, où le travail des scientifiques inclut aussi des arguments dans le domaine public à travers les journaux, les conférences et les médias à une plus grande échelle.**

L'argumentation et la rationalité

Siegel (1995 dans Driver et al. 2000 : 292)) indique de sa part le lien fort entre l'argumentation et la rationalité par : "*Argumentation—whatever else it may be—is aimed at the rational resolution of questions, issues and disputes*."

Or, Un débat est toujours en cours suivant Driver et al. (2000 : 292) dans ce champ sur, notamment, la place de la persuasion dans l'argumentation rationnel.

Russell (1983 dans Jiménez-Aleixandre et Erduran 2007 : 11) de son côté indique, **en référence à l'autorité de la rationalité, que si l'enseignement des sciences vise à apporter**

une certaine indépendance intellectuelle aux élèves, une attention doit être portée sur le besoin de la preuve et de l'argument.

L'argumentation et la cognition

D'une perspective cognitive, Erduran et al. (2004) **indiquent** que l'argument implique l'exercice public du raisonnement (Billig, 1987; Kuhn, 1992 dans Erduran et al. (2004: 917)), **où les leçons intégrant l'argumentation nécessitent des élèves d'extérioriser leurs pensées**. Lors d'un argument de qualité supérieure, l'interaction entre les dimensions personnelles et sociales **fait promouvoir la réflexion, l'appropriation et le développement des connaissances, croyances et valeurs.**

En outre **suivant une perspective socioculturelle de la cognition, l'argumentation est un outil critique pour l'enseignement des sciences,** vu qu'elle permet aux apprenants l'appropriation des pratiques des communautés (« Community of practices ») y compris le discours scientifique (Kelly et Chen, 1999 dans Erduran et al. 2004).

1.5.3. L'argumentation et les QSS

Outre l'importance accordée par les études en éducation aux sciences à l'inclusion de l'argumentation en classe, plusieurs de ces recherches pointent un lien fondamental entre l'argumentation et les questions socioscientifiques.

Sadler (2004) dans sa revue de littérature sur les QSS en éducation aux sciences publiée en 2004, fait son entrée pour l'étude des QSS, par le raisonnement informel, comme étant au cœur même de la résolution et de la négociation des QSS.

Sadler (2004) s'éloigne d'une vision positiviste des sciences qui distingue l'entreprise scientifique d'autres entreprises (Curd et Cover 1988, dans Sadler 2004 : 514), notamment, à travers le raisonnement formel *(« ... characterized (*le raisonnement formel*) by rules of logic and mathematics… » P. 514)* où « *The formal processes of deduction or induction lead thinkers to necessary conclusions*… (p. 514) ».

Sadler (2004 :514) se base sur T. S. Kuhn (1962) pour faire face à certaines visions rationnelles relatives à la science *« T.S. Kuhn disputed the purported rationality of scientific theory change and the perpetual accretion of scientific knowledge* ») et propose une nouvelle vision relative à l'évolution et aux changements des connaissances et théories scientifiques qui intègre notamment des influences sociales (« *He (T.S. Kuhn) described episodes of theory change as tumultuous periods during which scientists judge competing theories using a variety of criteria including social influences.* »).

Dans cette vision, le raisonnement formel n'est pas le seul moyen pour réaliser le progrès qui peut aussi découler du raisonnement informel. *« Although the results of science may be presented in the language of formal reasoning and logic, the results themselves originate through informal reasoning (Tweney, 1991; dans Sadler 2004 : 514) ».* Ainsi Sadler compare le raisonnement informel au raisonnement formel et semble indiquer que les investigations

scientifiques s'approchent davantage d'un raisonnement informel: *« Unlike scientific investigations, the premises of formal reasoning are fixed and unchanging, and conclusions are necessary derivatives. In informal reasoning, on the other hand, premises can change as additional information becomes available, and conclusions are not self-evident (Perkins, Farady, & Bushey, 1991 ; dans Sadler 2004 ; p. 514).*

Sadler qualifie le raisonnement informel par l'élaboration et l'évaluation de positions en réponses à des questions complexes qui manquent d'une solution définitive ou unique. Il indique que : *« Thinkers are engaged in informal reasoning as they ponder causes and consequences, pros and cons, and positions and alternatives (Means & Voss, 1996; Zohar & Nemet, 2002; dans Sadler 2004 : 514).*"

Or qu'en est-il de l'argumentation ? Sadler (2004) met l'accent aussi sur l'interrelation entre le raisonnement informel et l'argumentation. Où l'argumentation, comme domaine d'étude, concerne la façon avec laquelle des individus font et justifient leurs déclarations et conclusions (Driver et al., 2000; Zohar & Nemet, 2002 ; dans Sadler 2004 : 514) et que l'étude de l'argumentation est un moyen efficace pour accéder au raisonnement informel *« Research from a variety of disciplines supports the notion that studying argumentation serves as an effective means of accessing an individual's informal reasoning* (D. Kuhn, 1991; Means & Voss, 1996; Zohar & Nemet, 2002 ; dans Sadler 2004 : 516) *».*

En outre, pour Sadler et Zeidler (2005 : 73) l'argumentation est notamment une expression du raisonnement informel.

En soulignant que les QSS sont d'une nature complexe, des questions ouvertes, et des dilemmes contentieux sans réponses définitives, Sadler (2004 : 514) indique qu'elles sont des éléments idéaux pour l'application du raisonnement informel et donc (*ibid.*) de l'argumentation.

Driver et al. (2000) de leurs parts, indiquent que l'argument est une caractéristique essentielle pour la résolution des controverses scientifiques (Fuller, 1997; Taylor, 1996 dans Driver et al. 2000 : 302). Driver et al. (2000) mentionnent qu'une littérature émergente, principalement en Amérique du Nord, s'intéresse au processus de discussions et de l'argumentation en cours des sciences. Driver et al. (2000 : 302) mettent l'accent dans cette littérature en éducation aux sciences, sur le rôle de l'argument qui est de traiter les trois finalités suivantes:

a) Le développement de la compréhension conceptuelle des apprenants,

b) Le développement de capacités d'investigation

c) La compréhension de l'épistémologie des sciences

d) Ces trois aspects étant centraux pour adresser les questions socioscientifiques contemporaines et le développement d'une alphabétisation (en anglais « literacy ») scientifique.

Outre l'apprentissage de concepts scientifiques, Driver et al. (2000) mettent l'accent notamment, sur l'importance de donner l'opportunité aux élèves désirant apprendre les sciences, d'avoir quelques aperçus en épistémologie, sur les pratiques et les méthodes scientifiques, ainsi que, sur les pratiques argumentatives des scientifiques (et cela pour une compréhension des sciences par le grand public). Faute de ces éléments indiqués ci-dessus, les élèves auront des difficultés à s'engager avec les déclarations d'une science en train-de-se-

faire et d'examiner d'une façon critique les questions socioscientifiques, auxquelles ils sont confrontés tous les jours.

En outre, Tiberghien (2007: forward, ix) dans la préface du livre « Argumentation in Science Education » dirigé par Erduran et Jiménez-Aleixandre (2007), indique que l'argumentation concerne les études sur la communication, le discours, l'apprentissage particulièrement celui de la pensée à des niveaux élevées (« Higher Order Thinking ») et l'épistémologie en tant qu'un composant de la nature des sciences. **Elle indique que l'argumentation concerne, notamment, des études sur l'éducation citoyenne et plus spécifiquement celles en rapport avec des questions socioscientifiques.**

1.5.4. Qu'est-ce qui reflète une argumentation convaincante?

Si les recherches en éducation aux sciences indiquent l'intérêt d'intégrer l'argumentation en classe pour des raisons et des finalités multiples, une question se pose en conséquence: qu'est-ce qu'une argumentation convaincante (ibid. de qualité)?

Sampson et Clark (2008: 469) dans leurs revues de littérature sur différents cadres analytiques utilisés, par des chercheurs en éducation aux sciences, pour évaluer et caractériser la nature ou la qualité des arguments scientifiques (mais aussi lors des leçons sur des QSS), indiquent que la qualité d'un argument dépend en partie du cadre d'analyse utilisé.

Sampson et Clark (2008), se focalisent, dans cette revue de littérature, sur l'argument en tant que structures (en anglais « artifacts ») créées par un élève ou un groupe d'élèves lorsqu'ils sont invités à articuler et à justifier des déclarations ou des explications, davantage que sur les processus de construction de ces structures.

En synthétisant les cadres analytiques en trois catégories principales, ceux qui traitent la structure de l'argument, la nature de la justification et le contenu de l'argument, les auteurs indiquent que cette différence dans la qualité d'un argument, découle à la fois de l'importance accordée dans le cadre analytique sur la structure, le contenu ou la nature de la justification de l'argument, mais aussi, de la façon avec laquelle ces cadres définissent la structure, le contenu et la justification.

En particulier, pour (Sampson et Clark 2008: 469), dans le cadre d'une argumentation scientifique, pour que des arguments soient considérés convaincants et persuasifs, ils doivent être consistants avec les critères épistémologiques utilisés par la communauté scientifique la plus large, sur ce qui est considéré comme connaissance scientifique valide et justifiée.

A titre d'exemples :

a) Le besoin d'avancer un soutien basé sur des preuves ou des raisons pour les connaissances annoncées et proposer des tests pour ces déclarations (Hogan et Maglienti, 2001 dans Sampson et Clark 2008: 469).

b) Le besoin de cohérence entre les cadres théoriques et les observations des phénomènes (Passmore et Stewart, 2002 dans Sampson et Clark 2008: 469).

c) L'importance d'établir la crédibilité de la preuve (Driver et al., 2000).

d) La valeur de l'économie (Sandoval & Reiser, 2004 dans Sampson et Clark 2008: 469).

e) L'importance de baser les arguments sur un raisonnement qui est logiquement valide (Zeidler, 1997 dans Sampson et Clark 2008: 469).

1.5.5. Comment les élèves argumentent?

La littérature des recherches en éducation des sciences, indique que **les élèves semblent avoir des difficultés d'apprendre comment s'engager dans une argumentation scientifique** et comment proposer et justifier une explication à travers l'argument (Sampson et Clark 2008 p. 449). G**énéralement les apprenants ont des difficultés à présenter des arguments « pour ou contre » ou à présenter des points de vue différents sur une question** (Driver et al. 2000 p. 303). En particulier, dans le cadre d'une argumentation sur des QSS, les élèves semblent avoir des difficultés à mobiliser des arguments de qualité (notamment, de mobiliser des justifications adéquates, des contre-arguments et/ou de réfutations) (Sadler, 2004: 522-523).

La littérature indique certaines difficultés des élèves à argumenter dont nous citons (Zeidler, 1997 dans Driver et al. 2000 p. 303-304) :

a) d*es problèmes de validité* : les élèves ont tendance à affirmer une déclaration s'ils considèrent que les hypothèses sont vraies en dépit des justifications qui contredisent leurs convictions.

b) *une conception naïve de la structure de l'argument* : les élèves ont une tendance à être axés sur une affirmation et de sélectionner les preuves, sans prêter attention aux données disqualifiant cette affirmation.

c) *les effets des croyances centrales dans l'argumentation* : les arguments qui sont consistants avec les convictions des élèves sont plus convaincants que ceux qui contredisent leurs croyances, cette faiblesse par conséquent compromet l'habilité des élèves à évaluer les critiques et les preuves opposées.

d) *un échantillonnage inadéquat de preuves* : les élèves ne sont pas sûrs de ce qui constitue des preuves convaincantes et ont tendance à passer directement à des conclusions avant d'avoir suffisamment de données. Leur manque d'une compréhension fonctionnelle des informations probables et dans le domaine de la statistique est aussi une autre barrière.

e) *Altérer la représentation de l'argument et de la preuve* : les élèves ne tiennent pas compte seulement des preuves qui leur sont présentées, mais font des affirmations supplémentaires à propos du contexte du problème. Ils introduisent même des inférences qui dépassent les limites de la preuve présentée, ce qui conduit à un biais dans leurs conclusions.

Ainsi, vu les difficultés des élèves à s'engager dans une argumentation convenable, différentes recherches en éducation des sciences indiquent le besoin que les élèves apprennent à mieux argumenter, notamment **apprendre mieux les types de déclarations que les scientifiques utilisent, la manière dont les scientifiques les présentent**, les types de preuves on a besoin pour justifier une idée et la façon dont une preuve peut être collectée et

interprétée en fonction des normes de la communauté (Kelly & Chen, 1999; Osborne, 2002; Sandoval & Reiser, 2004 dans Sampson et Clark 2008, p. 449).

1.5.6. Des cadres d'analyse de l'argument et de l'argumentation

Le terme « argument » est utilisé en littérature pour décrire les structures que les élèves créent pour exprimer ou justifier des déclarations ou explications (Sampson et Clark, 2008 : 448). En particulier, pour Osborne et al. (2004 : 998), un argument est : « ... *a referent to the claim, data, warrants, and backings that form the substance or content of an argument* ».
En revanche, le terme « argumentation » est utilisé pour décrire le processus complexe pour générer ces structures (Sampson et Clark, 2008 : 448). En particulier, pour Osborne et al. (2004 : 998) l'argumentation est : « ... *we see [argumentation] as a referent to the process of arguing* ». Ces distinctions ne sont pas pour autant considérées comme absolues (Sampson et Clark, 2008 : 448).

Sampson et Clark (2008 : 447) réalisent une revue de littérature sur les cadres analytiques utilisés par les chercheurs en éducation aux sciences pour étudier la nature et la qualité des arguments mobilisés par les apprenants[6].

Pour réaliser un examen des différents cadres analytiques, Sampson et Clark (2008) utilisent en particulier un cadre théorique commun cernant, entre autres, l'importance qu'accordent ces cadres à la « structure », la « justification » et le « contenu » d'un argument. Les auteurs (p. 449) définissent : la structure ou les composants de l'argument par la complexité d'un argument ; le contenu d'un argument est l'adéquation et la précision des différents composants d'un argument lorsqu'ils sont évalués d'une perspective scientifique ; et la nature de la justification de l'argument par la manière suivant laquelle les déclarations et les idées sont soutenues à travers un argument.

Sampson et Clark (2008 : 449) classifient les différents cadres analytiques étudiés en deux catégories : les cadres généraux et les cadres analytiques spécifiques. Les cadres analytiques généraux (« *domain-general »)* sont des cadres qui analysent la qualité des arguments que cela soit dans le domaine des sciences ou hors du domaine des sciences. Tandis que les cadres spécifiques (« *domain-specific »)* sont des cadres spécifiques à un domaine ou sous-domaines scientifiques.

On indique dans cette revue de littérature que les chercheurs qui désirent étudier la qualité d'argumentation devraient tenir compte du fait qu'une qualité d'argumentation dépend bien du cadre analytique utilisé. Le cadre analytique utilisé entraîne des différences sur la

6 Cette revue souligne les visées, les aboutissements et les contraintes liés à l'utilisation de ces différentes méthodes d'analyse. Cette revue est davantage sur les cadres analytiques qui visent l'étude du produit de l'argument, ou autrement dit, des constructions que les apprenants créent pour articuler et pour justifier des déclarations, explications ou points de vue (Bell, 2004; Lawson, 2002; Sandoval et Millwood, 2005; Zohar et Nemet, 2002 ; dans (Sampson et Clark, 2008 : 448). Les auteurs ne visent pas les cadres analytiques qui étudient le processus de l'argumentation ou autrement dit, les processus à travers lesquels des groupes d'apprenants s'engagent les uns avec les autres en proposant, critiquant et évaluant des idées (Abell, Anderson et Chezem, 2000; Clark et Sampson, 2006; Kuhn et Reiser, 2006; Kuhn et Udell, 2003; Osborne, Erduran, et Simon, 2004; Veerman, 2003; dans Sampson et Clark, 2008 : 448). Les auteurs indiquent en particulier les perspectives théoriques sous-jacentes de ces cadres et les buts pédagogiques ou de recherches qui mobilisent ces cadres ainsi que les contraintes relatives à chacun de ces éléments.

perception d'un argument et la façon avec laquelle l'argument est considéré d'une qualité inférieure ou d'une qualité supérieure. Cette différence suivant Sampson et Clark (2008 : 469) est, entre autres, la conséquence de la visée et de l'importance qu'accordent ces cadres relativement à la structure, au contenu et à la justification de l'argument, ainsi que de la façon avec laquelle ces différents cadres théoriques définissent la structure, le contenu et la justification d'un argument.
Sampson et Clark (2008) invitent donc les chercheurs désirant étudier l'argumentation, à utiliser des perspectives plus globales que des perspectives atomisées (ou en morceaux) lors de l'analyse d'un argument. Les chercheurs indiquent aussi, le besoin de davantage d'études qui examinent différents aspects d'un argument d'une façon synergique, notamment, les aspects de la structure, du contenu, l'épistémologie et les aspects sociaux d'un argument.

En outre, notre revue de littérature des recherches sur l'argumentation nous permet de faire aussi les constats suivants, notamment, à propos des cadres analytiques destinés à l'étude de l'argument et de l'argumentation, et nous résumons dans les paragraphes suivants certains points majeurs pour nous :
- La limite concernant l'efficacité de certains cadres analytiques, comme celui de Toulmin (1958) (Driver et al. 2000 : 294 ; Sampson et Clark, 2008 : 451 ; Osborne et al. 2004 : 1006), notamment, vis-à-vis de sa fiabilité à distinguer entre les différentes catégories du cadre et à étudier l'argumentation lors de discussions en groupe.
- La limite du cadre d'Osborne et al. (2004) à analyser l'argumentation lors des discussions en groupes (Sadler et Fowler, 2006 : 988), marquée par la mobilisation peu fréquente de contre-positions et de réfutations par les élèves et les étudiants (Sadler et Fowler, 2006 : 993).
- L'attention accordée dans la littérature à distinguer entre l'analyse d'une argumentation mobilisée lors des discussions en groupes et d'une argumentation individuelle (Kuhn et Udell, 2003 : 1245) et entre l'argumentation orale et l'argumentation écrite (Zohar et Nemet, 2002 : 45 et 54).

Ainsi, dans les paragraphes suivants, nous explicitons différents cadres analytiques pour l'analyse de l'argument et/ou de l'argumentation en éducation des sciences, en indiquant leur ancrage théorique, des exemples des résultats d'analyse ainsi que leurs limites respectives.

1.5.6.1. Cadre analytique de Toulmin (1958) (un domaine général)

Le cadre analytique de Toulmin (1958), a servi à différents chercheurs en éducation aux sciences (Jiménez-Aleixandre, Bugallo-Rodriguez et Duschl (2000) ; Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz 2002 ; Zohar et Nemet, 2002 ; Simonneaux, 2003 ; Osborne et al. 2004 ; Dawson et Venville, 2009 ; Topcu, Sadler et Yilmaz-Tuzun 2010) pour l'étude de l'argumentation dans un cadre de questions scientifiques et/ou socioscientifiques. Le cadre analytique de Toulmin relève du « domaine général » de l'argumentation, des domaines de sciences et hors domaines des sciences (Sampson et Clark, 2008 : 449).

Toulmin (1958 : 87- 118) dans son livre « *The Uses of Arguments* », cherchant à établir les éléments structurels « invariants » d'un argument communs à différents domaines (mathématiques, physiques, juridiques, philosophiques) élabore un cadre d'analyse de l'argumentation. Le cadre analytique de Toulmin était l'un des premiers à s'intéresser aux

éléments rhétoriques d'une argumentation et leurs fonctions au lieu de chercher la « vérité » d'un argument. Toulmin (1958) se base pour sa catégorisation sur la logique en philosophie et sur un modèle de jurisprudence.

Toulmin (1958) s'intéresse au raisonnement et à l'argumentation. Il s'intéresse à déterminer les éléments « things », les formes « forms » et les biens fondés « merits », des arguments qui sont invariants et indépendants des domaines et ceux qui dépendent du domaine d'application de l'argument (Toulmin, 1958 : 14-15).

Toulmin (1958) définit un argument comme étant une affirmation qui peut être justifiée (par des données, des justifications et des soutiens), si cette affirmation est remise en cause (p. 11, 90). Une « Affirmation » (ou « déclaration », Claim) est une conclusion dont on cherche à établir les mérites.

Les éléments d'un argument, suivant Toulmin (1958), comprennent au minimum une déclaration (claim), suivie quelque fois de données (data), de justifications (warrants) et de soutiens (backing), et peuvent comporter aussi des « qualifications » et des réfutations (rebuttals) (voir exemple ci dessous).
Une « Affirmation » (ou « déclaration », (Claim) est une conclusion dont on cherche à établir les biens-fondés.
Les « Données » (Data) sont les faits sur lesquels une déclaration se base.
Une « Justification » (Warrant) est une allégation hypothétique ou générale qui joue le rôle de pont entre les données et la déclaration. Des mots comme puisque (since), comme, car, vu que, …, peuvent précéder une justification.
Les assurances et les thèses qui peuvent soutenir une justification sont appelées des « Soutiens » (Backing). Des mots, comme : en se basant sur le fait que (on the account of the fact that), d'après, … , peuvent indiquer le début d'un soutien.
Quelques fois les justifications ne nous permettent pas d'accepter la déclaration d'une façon incontestable, ainsi les « Qualifications » (Qualifiers) servent de référence (ou critère) pour indiquer à quel point les données confirment notre déclaration. Des mots, comme apparemment (« presumably »), (vraisemblablement, peut-être …), peuvent être l'indice d'une qualification.
La condition qui nous permet de mettre de côté et de contester l'autorité générale d'une justification est appelé « Réfutation » (Rebuttal). Des mots comme : à moins que (unless), sauf si, hormis, mais ... peuvent être des indicateurs de réfutations.

Exemple de l'analyse de la qualité d'argumentation suivant le cadre de Toulmin (1958) :

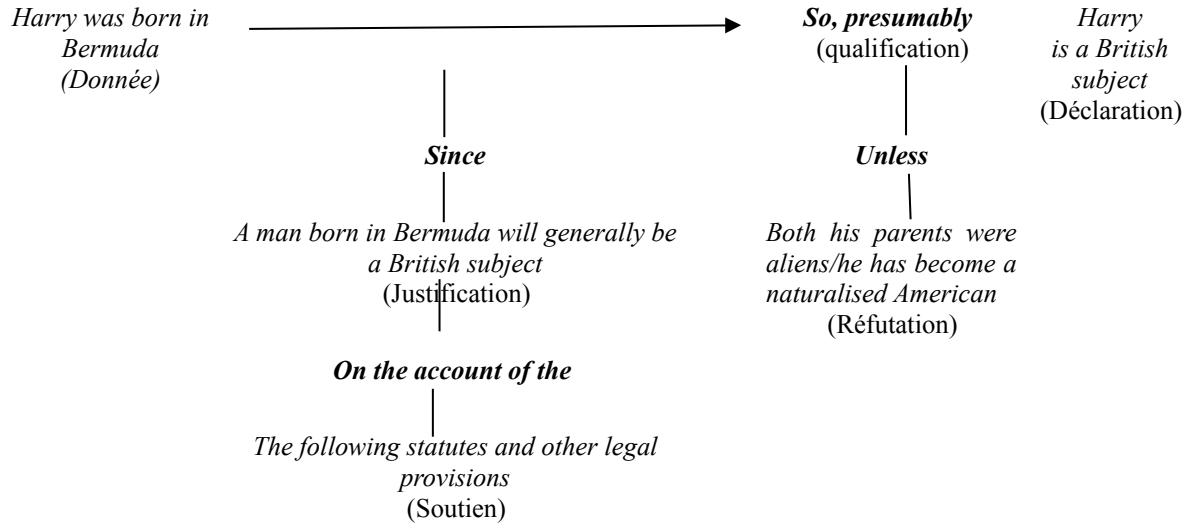


Tableau 2: les éléments d'un argument suivant Toulmin (1958, p. 97)

Toulmin (1958) distingue deux types d'arguments : substantiels et analytiques. Les arguments substantiels sont ceux dont les soutiens ou les justifications ne contiennent pas explicitement ou implicitement des informations sur la conclusion. Ce sont des arguments qui conduisent à des conclusions probables ou possibles, donc qui peuvent toujours être contestées.
Les arguments analytiques sont ceux dont les soutiens ou les justifications contiennent ou véhiculent des informations sur la conclusion. Ce sont des arguments qui conduisent à des conclusions nécessaires, donc ne laissent pas une marge pour être défiés ou questionnés pour davantage de justifications ou de soutiens.

Limites du cadre analytique de Toulmin (1958)

Malgré l'utilisation répandue du cadre analytique de Toulmin (1958) pour l'analyse de l'argumentation, plusieurs chercheurs indiquent des limites relatives à ce cadre.

Driver, Newton et Osborne (2000 : 294), dans leur revue de littérature sur l'argument en sciences et sur l'intérêt d'inclure « l'argument » dans l'éducation aux sciences, indiquent des limites du cadre analytique de Toulmin (1958), notamment en tant que cadre focalisant sur des éléments décontextualisés des arguments et ne tenant pas compte des aspects d'interaction dans un discours ou des aspects linguistiques et contextuels de l'élaboration de l'argument.
Ils citent, entre autres, les limites suivantes : le cadre d'analyse est fait pour une argumentation décontextualisée donc qui ne tient pas compte, entre autres, des implicites qui sont difficilement identifiables, des différents contextes de l'argumentation qui peuvent donner un autre sens à l'argumentation et qui peut être influencée par des interactions sociales entre différents interlocuteurs. Le cadre ne tient pas compte non plus du fait qu'il y a d'autres éléments (graphiques, gestuels, intonation de la voix, ...) non identifiés par ce cadre et qui font partie de l'argumentation ou l'influence. Certains éléments d'un argument peuvent s'étaler sur plusieurs passages et font référence à différentes parties d'une conversation. Les auteurs indiquent que l'analyse des arguments nécessite certaines interprétations du texte.
Le cadre analytique de Toulmin met l'accent sur la structure de l'argument et ne tient pas

compte de leur véracité.

De même, Sampson et Clark (2008 : 452) indiquent que le cadre analytique de Toulmin (1958) s'intéresse en particulier, à la structure de l'argument et prête moins d'importance à la justification et au contenu d'un argument. Suivant le cadre de Toulmin, un argument peut être qualifié d'un argument fort et de qualité même si son contenu est considéré imprécis d'un point de vue scientifique. Le cadre de Toulmin évalue, suivant les auteurs, seulement la présence ou l'absence des données, des soutiens et des justifications, indépendamment de la cohérence, la précision, la pertinence et de la structure logique des justifications présentées.

En outre, Sampson et Clark (2008 : 452) indiquent des limites du cadre analytique de Toulmin (1958) relatives à sa fiabilité dans la distinction entre certains éléments d'un argument qui peuvent être classés en différentes catégories notamment, soit comme une déclaration, un soutien, une qualification ou même une réfutation.

Ils indiquent la limite du cadre pour ce qui est de l'analyse des arguments dans un discours, notamment, que certains éléments de l'argument d'un élève (par exemple, une déclaration) lors des discussions en groupes, peut être intégrée, par un autre élève, comme un soutien pour son propre argument.

Sampson et Clark (2008) indiquent aussi que les perspectives personnelles d'un chercheur, utilisant ce cadre analytique, sur ce qui est considéré comme soutien, déclaration ou donnée, influencent énormément le codage des arguments et donc les résultats.

Aussi pour Osborne, Erduran et Simon (2004), des difficultés méthodologiques relatives à l'utilisation du Cadre de Toulmin (1958) pour différencier les « données », des «justificateurs » et des « soutiens » sont constatées.

1.5.6.2. Cadre analytique d'Osborne, Erduran et Simon (2004) (un domaine général)

Osborne , Erduran et Simon (2004 : 995), considèrent que la construction d'argument et son évaluation critique est le cœur de l'activité discursive en sciences.

Dans leur étude de la progression de l'argumentation des élèves en cours de sciences lors de débats sur des questions scientifiques et socioscientifiques, les auteurs se basent, en partie, sur le modèle de Toulmin (1958) pour élaborer leur propre cadre analytique. En particulier, les chercheurs visent à étudier d'un côté à quel point les élèves utilisent les déclarations, les données, les justifications, les soutiens et les qualifications. Ils visent à étudier d'un autre côté, à quel point les élèves s'engagent dans des déclarations, des élaborations, des renforcements et des oppositions des arguments élaborés par les uns et les autres (p. 999).

Les auteurs s'intéressent, en plus des structures argumentatives épistémiques, aux structures sociales en classe qui peuvent encourager l'argumentation, en particulier l'interaction élève-élève.

Les buts de cette recherche sont d'explorer les stratégies pédagogiques qui soutiennent et échafaudent « l'argumentation » et de développer des cadres pour analyser la qualité d'argumentation utilisant ces stratégies pédagogiques.

Les auteurs ne visent pas à étudier le contenu d'un argument mais « l'argumentation » en tant que « processus ».

Osborne et al. (2004 : 999) se basent entre autres, sur le cadre de Toulmin pour évaluer

la nature du discours et sa qualité et se focaliser sur les opérations épistémiques et argumentatives adoptées par les élèves (soient le fonctionnement de leurs raisonnements et leurs stratégies) davantage que sur le contenu de l'argument.

Osborne *et al.* (2004) s'intéressent dans leurs études aux déclarations substantives (ou essentielles) d'un discours.
Pour déterminer les déclarations essentielles, des déclarations moins importantes (ou secondaires), d'inévitables interprétations des discours des élèves sont nécessaires suivant les auteurs, étant donné que les discours ont, éventuellement, des sens explicites mais aussi implicites. Alors pour y arriver, les auteurs proposent, entre autres, une méthode qui consiste à réécouter les enregistrements pour essayer de déterminer la force des discours évoqués.

En outre, étant donnée, la difficulté méthodologique à distinguer les composants de l'argument, en particulier, différencier les « données », des « justificateurs » et des « soutiens », Osborne *et al.* (2004) proposent de les regrouper en un ensemble qu'ils appellent « bases ». Ils considèrent qu'un argument est de qualité s'il contient une réfutation. Ils regroupent ainsi les arguments en deux catégories. La première est constituée par des arguments sans réfutation et contenant juste une « déclaration » (niveau 1) ou une « déclaration » avec des «bases » (niveau 2). La deuxième catégorie d'arguments contient en plus des « déclarations » et des « bases », des « réfutations » (niveau 3, 4 et 5) (voir tableau suivant).

Analytical framework used in for assessing the quality of argumentation

Level 1:	Level 1 argumentation consists of arguments that are a simple claim versus a counterclaim or a claim versus claim.
Level 2:	Level 2 argumentation has arguments consisting of claims with either data, warrants, or backings, but do not contain any rebuttals.
Level 3:	Level 3 argumentation has arguments with a series of claims or counterclaims with either data, warrants, or backings with the occasional weak rebuttal.
Level 4:	Level 4 argumentation shows arguments with a claim with a clearly identifiable rebuttal. Such an argument may have several claims and counterclaims as well, but this is not necessary.
Level 5:	Level 5 argumentation displays an extended argument with more than one rebuttal.

Illustration 2: cadre analytique pour l'analyse de la qualité de l'argument (Osborne et al. 2004 : 1008)

Exemple d'analyse de l'argumentation suivant Osborne *et al.* (2004: 1010) (voir schéma ci-dessous) :

"S2: but I mean that's nature, one has to …"
Une déclaration implicite que les Zoos sont bénéfiques + une donnée "*some animals wouldn't be able to breed in the wild*" + une justification (Warrant) "*they may not have enough food*" qui commence par "because".
Une autre déclaration, qui soutient la première déclaration implicite, est "the animals need a safe place to live" avec une donnée "they will be at risk from predators". Cette deuxième déclaration est réfutée faiblement par S2: "but I mean that's nature, one has to ..." qui est considérée faible parce qu'elle ne fait pas une connexion auto-évidente avec la donnée originale qui soutient la déclaration.

Donc en résumé ça sera : Déclaration (+ donnée + justification) + Justification

(+donnée) **contre** une réfutation faible (+donnée).
Ce qui peut se traduire par une argumentation du niveau 2 (déclaration + Bases) contre une argumentation du niveau 3 (réfutation faible + base).

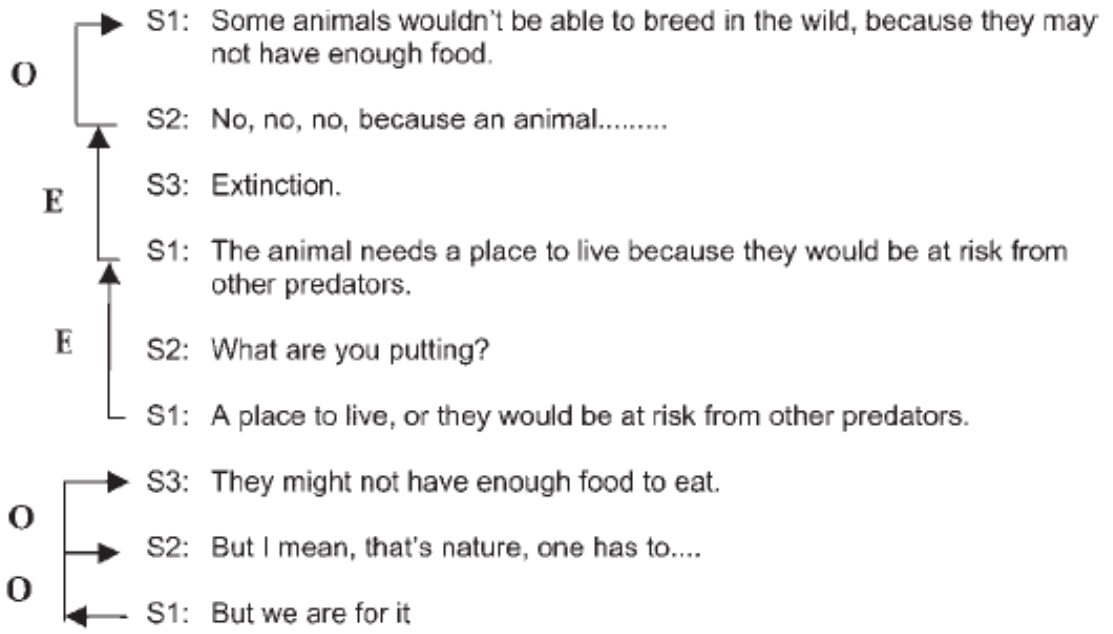


Illustration 3: analyse de la stratégie d'argumentation des élèves suivant Osborne et al. (2004: 1010)

Les limites du cadre analytique d'Osborne et al. (2004)

Si le cadre d'Osborne *et al.* (2004) résout certains problèmes rencontrés par le cadre de Toulmin (1958) notamment, la différentiation entre donnée, justification ou soutien, d'autres difficultés ont été rencontrées lors de notre application de ce cadre.

a) En particulier, celles évoquées par Sampson et Clark (2008 : 452) par rapport au cadre de Toulmin (1958), notamment la difficulté de distinguer si certains éléments d'un argument relèvent d'une qualification, une réfutation faible, ou même d'une déclaration.
Pour essayer de répondre à ces difficultés rencontrées durant l'analyse de nos données, on a opté, lorsqu'il s'avère difficile de classer un argument en réfutation ou en qualification, pour la classification correspondante au niveau d'argumentation le plus bas.

b) Sadler et Fowler (2006 : 993) indiquent que la mobilisation de réfutations et de contre-arguments n'est pas stable et pas évidente d'être rencontrée chez les étudiants et les élèves.

Sadler et Fowler (2006 : 988) évoquent aussi la limite de l'efficacité du cadre d'Erduran, Simon et Osborne (2004), qu'Osborne et al. (2004) reprennent dans leur propre étude sur l'argumentation, pour l'analyse de l'argumentation hors des discussions en groupes.

1.5.6.3. Cadre analytique relatif au développement conceptuel des connaissances mobilisées (Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon, 2008)

Von Aufschnaiter *et al.* (2008), dans leur recherche, étudient comment l'habilité de s'engager dans l'argumentation dépend de la compréhension scientifique, et cela lors de leçons en classe intégrant un apprentissage à l'argumentation et des débats sur des questions scientifiques et socioscientifiques. Ils visent aussi à explorer l'interrelation détaillée entre l'argumentation et l'apprentissage de connaissances scientifiques en classe.

Pour répondre à leurs questions de recherche Von Aufschnaiter *et al.* (2008) utilisent différents cadres analytiques. Il s'agit en premier lieu de celui d'Osborne et al. (2004) pour l'étude de l'argumentation et qui est détaillé dans le paragraphe précédent. En second lieu, il s'agit d'un autre cadre analytique, pour comprendre la nature du processus du développement conceptuel des connaissances scientifiques, et pas seulement leurs produits (habituellement visés par d'autres chercheurs). Le deuxième cadre, a été développé par les chercheurs dans des recherches ultérieures visant, entre autres, l'étude de l'apprentissage des élèves en électrostatique et en électrodynamique.

Lors de l'étude du développement conceptuel et au lieu de documenter les descriptions d'un contenu spécifique d'une connaissance que les élèves peuvent mobiliser, le travail des chercheurs consiste à identifier et théoriser les modèles dans lesquels ces processus apparaissent. Les auteurs trouvent notamment trois domaines qui peuvent être utilisés pour décrire et théoriser le développement (cognitif) des connaissances des élèves : les contenus, les niveaux (et domaines) d'abstraction et le temps (voir exemple d'analyse ci-dessous).
Suivant ce cadre et indépendamment de l'âge et de l'expérience des apprenants, l'apprentissage des élèves peut être caractérisé par une habilité croissante à :
a) Intégrer des éléments d'un contenu et garder une concentration thématique appropriée,
b) Tenir compte des règles et des lois générales au lieu de se centrer sur des objets et des phénomènes singuliers
c) Résoudre au plus vite les tâches ou les problèmes

Le cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) permet, à travers l'analyse des contenus des arguments mobilisés par les élèves et de leurs niveaux et domaines d'abstraction correspondants, de suivre le développement cognitif des connaissances des élèves et cela indépendamment de la validité des connaissances mobilisées.

Les contenus

Suivant Von Aufschnaiter *et al.* (2008) étudier les contenus mobilisés par les élèves revient à étudier l'habilité des élèves à intégrer des aspects séparés d'une connaissance (par exemple : il y a une très grande différence entre la capacité d'un (très jeune élève) à répéter le mot “force” et sa capacité à utiliser cette expression convenablement dans une phrase (“*I needed lots of force when I hit the ball*”). Outre l'intégration de leur connaissances, les élèves doivent pouvoir différencier certains aspects importants pour une situation de ceux qui ne le sont pas (par exemple : distinguer des variables qui sont pertinentes pour le concept force (soit l’accélération d'une balle) des aspects qui ne le sont pas (soit la couleur de la balle).
De la même façon les auteurs indiquent aussi que les élèves doivent pouvoir discerner ces aspects qui sont importants dans le but de décrire et conceptualiser (plus tard) un phénomène

spécifique. Même si aucun élément du contenu n'est connu ou intégré d'une façon complète (correcte) de point de vue de la physique (scientifique).

Les domaines et les niveaux d'abstraction

Le cadre théorique mentionné distingue entre une compréhension qui vise des objets singuliers et des phénomènes ("concrets") et une compréhension qui vise les principes qui gouvernent un domaine (un ensemble d'objets et de phénomènes considérés comme "abstraits").
Ce modèle distingue quatre domaines d'abstraction, dont chacun contient deux ou trois niveaux:

Domaine I : (niveaux : Objets, aspects et opérations) : les apprenants traitent mentalement des situations concrètes et des objets ; ils considèrent un seul phénomène, décrivent des observations et des expériences, et lient des expressions physiques à des objets/phénomènes, mais pas à des concepts physiques ou théoriques.
Domaine II : (niveaux : propriétés et événements) : les élèves développent une compréhension générale des phénomènes et des objets (établir une compréhension conceptuelle). Les élèves combinent des propriétés générales différentes en une loi-basique de compréhension. La relation entre les propriétés est considérée statique; les élèves n'arrivent pas à établir mentalement une variation fonctionnelle mais peuvent relier des valeurs (ex: petit x/petit y contre grand x/grand y).
Domaine III : (niveaux : programmes et principes) : les élèves établissent une relation fonctionnelle où au moins une variable est considérée comme variable dynamique. Typiquement ce sont les lois physiques (ex: davantage x/davantage y).
Domaine IV : (niveau des connections, réseaux et systèmes) : une compréhension plus large des relations dynamiques entre différentes connections de deux ou plusieurs variables est développée. Ce niveau est rarement observé parmi les apprenants.

Transcript	Content	Level of Abstraction [and Explanation]
S1: The blood doesn't come sweating out of your face.	blood does not sweat out of the face	Operations [reference to a particular object: the partner student's face]
S2: Yes, but the blood has to surface.	blood has to surface	Operations or Properties [either reference the same situation as above or to the general aspect that blood has to surface]
S1: But there's a layer of fat.	there is a layer of fat	Operations or Properties [again, either for a particular person or as a property of faces in general]
S2: Everyone has blood in their face.	blood is always in the face	Properties [all humans have blood in their face]
S1: Anyway that's not the point	—	—
S2: INDISTINCT REMARK	—	—
S1: What do you want?	—	Aspects [search for the feature on which to focus]
S2: I don't know.	—	Operations [verbal activity without higher reference]
S1: Which one? Number three?	which statement	Operations [search for the statement]
S2: No, not number three, number one.	which statement	Operations [labeling of a specific statement]
S3: Yeah.	—	Operations [labeling of a specific statement]
S1: So are we gonna swap these two then?	swap statements	Operations [activity related to the particular statements]
S2: What we are saying is... before the water comes through as steam, which is heat, and water which is sweat. So basically I am right.	water comes through the face as heat and sweat	Events [combination of the general properties steam and heat which exceeds a particular situation]
S1: You don't know... but also Stephanie these could be right. Our answers could be right, because all of us are not saying the same thing. And she said what most of the people said.	— — different answers decide which statement	— Operations [idea not reformulated, therefore concrete] Operations or Properties [concrete contrast or more general description] Operations [concrete decision]

Illustration 4: analyse du développement conceptuel, le contenu, les niveaux et les domaines d'abstraction suivant Von Aufschnaiter et al. (2008: 112).

1.5.6.4. Cadre analytique relatif aux modes de raisonnement (Wu et Tsaï, 2007 : 1170-1171)

Wu et Tsaï (2007 : 1170-1171), visent à évaluer les perspectives sur lesquelles les apprenants se basent pour mobiliser leurs arguments et élaborent un cadre analytique en synthétisant deux cadres analytiques, ceux de Patronis et *al.* (1999) et ceux de Yang et Anderson (2003). Dans leurs cadres Wu et Tsaï (2007) classifient les arguments en modes de raisonnement sociaux, économiques, environnementaux et scientifiques / technologiques.

Exemples des modes de raisonnement suivant Wu et Tsai (2007 : 1171):
a) des perspectives sociales "*I agree with the building of nuclear power plant because it benefits most of the people in Taiwan*" and "*I disagree with the building of nuclear power plant because no one wants to live near a nuclear power plant*".
b) des perspectives écologiques "*The building of nuclear power plant in Taiwan may threaten the survival of coral; therefore, I disagree with it"*
c) des perspectives économiques "*The shortage of electric power in Taiwan is a serious*

problem, and may have significant influence the economic development in Taiwan; therefore, I agree with the building of nuclear power plant"
d) des perspectives techniques/scientifiques "*The science and technology today can not guarantee the safety of nuclear power plant; hence, I disagree with the building of nuclear power plant*".

1.5.6.5. Cadre d'analyse de la validité des connaissances mobilisées (Zohar et Nemet, 2002)

Zohar et Nemet (2002 : 49) dans leurs recherches sur l'apprentissage des habilités argumentatives, et tout en intégrant un enseignement des modes de raisonnement « généraux » à des séances, visent à enseigner des concepts « spécifiques » en génétique à des élèves de 13-14 ans, et développent, entre autres, un cadre analytique pour l'étude de la fréquence des modes d'utilisation des connaissances scientifiques en biologie (l'hérédité). Les auteurs classifient les connaissances scientifiques, mobilisées par les élèves lors de la construction de leurs arguments en réponse à une controverse socioscientifique, en quatre catégories :
1- La réponse des élèves ne contient aucune mobilisation de connaissances scientifiques en biologie « *I think they should abort the fetus so that he will not suffer* ».
2- La réponse des élèves contient une mobilisation fausse de connaissances scientifiques en biologie « *I think they should abort the fetus because it is clear that both parents are Aa, so he must be sick and there is no use in bringing him into the world* »
3- La réponse des élèves ne contient pas une mobilisation de connaissances scientifiques spécifiques à la biologie « *We can't tell because we would first need to conduct some tests* »).
4- La réponse des élèves contient une mobilisation correcte de connaissances spécifiques à la biologie.
Par exemple, une réponse complète (a) fera référence à la fibrose kystique comme étant un trait autosomal récessif et (b) estimera la probabilité que le foetus soit sain (soit, « *Only if both parents are carriers Aa [is] there a 25% chance for the birth of an affected baby. But it may be that Joseph and Rebecca are not carriers, or that only one of them is a carrier and the other one not, and in these cases there is no problem. So first they should be tested to trend out if they are carriers and only if both parents are found to be carriers [should] they test the fetus* ».
Par contre, étant donné que les chercheurs ne demandent pas explicitement aux élèves de fournir une réponse complète, le fait d'inclure une seule des deux parties de la réponse est considéré par les auteurs comme une réponse correcte.

1.6 . Un choix énergétique (le choix d'un système de chauffage pour une habitation) dans le contexte d'un changement climatique, est-ce une controverse socioscientifique ?

Nous visons dans ce paragraphe à établir ce que dit la littérature, en éducation aux sciences, dans le champ des QSS sur la question d(es) changement(s) climatique(s) et de l'énergie (notamment, le choix d'un système de chauffage en fonction de sa source d'énergie) et notamment, si ces deux questions peuvent être considérées comme des QSS.

Remarque : Nous n'effectuons pas dans ce paragraphe une analyse socio-épistémologique de la question du choix énergétique d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le changement climatique qui sera faite ultérieurement, dans le chapitre 3, étude socio-épistémologique et socio-technique sur la question des débats sur le climat et l'énergie.

La question du changement climatique (le réchauffement climatique), est une question souvent citée dans les recherches en éducation aux sciences comme étant une QSS (Sadler, 2004 ; Sadler, Chambers et Zeidler, 2004; Klosterman et Sadler, 2009; Jakobsson, Mäkitalo et Säljö, 2009 ; Topcu, Sadler et Yilmaz-Tuzun, 2010). La question du changement climatique est controversée sur plusieurs points, notamment :
- La possibilité que des raisons humaines (notamment les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine humaine) soient derrière le réchauffement du climat.
- des conséquences (soient économiques, environnementales, sanitaires, sécuritaires, ...) des politiques invitant à la réduction des GES (Sadler et Klosterman, 2009; Topcu et al. 2010), un débat entre scientifique et politiciens.
- la véracité même d'une hypothèse scientifique considérant qu'un réchauffement climatique est en cours (Topcu et al. 2010).

En outre, la question énergétique soulève aussi de sa part des éléments considérés par certains auteurs en éducation des sciences, comme controversés socialement et scientifiquement.

D'après l'étude de Wu et Tsaï (2007) un débat est en cours à Taïwan sur la question du manque d'approvisionnement énergétique (en anglais « Energy Shortage ») et autour des propositions de bâtir un quatrième réacteur nucléaire pour répondre à ces besoins énergétiques. Cette question est traitée comme une QSS.

Uskola, Gurutze, Maguregi et Jiménez-Aleixandre (2011), de leur part, reprennent le même objet d'étude de Jiménez-Aleixandre, Eirexas and Agraso (2006) où des élèves décident que du choix d'un système de chauffage en basant leurs décisions sur des critères économiques et écologiques. La question nécessite suivant les chercheurs de tenir compte, entre autres, des caractéristiques des différentes sources énergétiques des systèmes de chauffage, des problèmes environnementaux, de leurs utilisations, de leurs coûts économiques et de leurs émissions de gaz et de particules. En plus d'être une question environnementale, la question du choix d'un système de chauffage est considérée par les auteurs comme une QSS.

Garcia-Mila, Gilabert, Erduran et Felton (2013) dans une étude plus récente, intègrent dans leur recherche l'étude de la question du changement climatique et la question énergétique. En particulier, les élèves discutent de l'utilisation ou non d'une source énergétique biologique, le biodiesel, comme une source énergétique alternative aux énergies d'origine fossile émettant des grandes quantité de CO_2, l'élément majeur des débats sur le(s)

changement(s) climatique(s).

Ce qui est retenu pour notre thèse

De notre part, nous nous intéressons à la question du choix d'un système de chauffage ayant différentes caractéristiques techniques, économiques, environnementales, de confort, esthétiques... et fonctionnant avec différentes sources énergétiques (fossiles, bois, solaire ou électrique (d'origine nucléaire ou autre)). Nous situons ce choix de système de chauffage dans le cadre des débats sur le(s) changement(s) climatique(s) et en particulier l'impact (possible) des émissions de gaz carbonique d'origine humaine de certains de ces systèmes de chauffage sur le climat.

1.7 . Objet de recherche de la thèse et organisation de la séquence d'enseignement-apprentissage

Nous avons opté pour notre thèse à mettre en place une séquence d'enseignement d'apprentissage sur une QSS en classe, visant l'étude de l'argumentation socioscientifique et la mobilisation de connaissances (e.g. conceptuelles scientifiques et techniques) lors du choix énergétique d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat par des lycéens français en cursus scolaire général et poursuivant un curriculum traditionnel.

En cohérence avec une étude socioépistémologique, spécifique du modèle de conception de séances d'enseignement (Albe, 2007, 2009a, 2009b) (c.f. Chapitre 2, Cadre Théorique, § 2.3. Notre cadre de référence), nous avons réalisé une synthèse de l'état des connaissances actuelles sur la question climatique, des étendues des débats sur le climat, la place qu'occupe de la question énergétique dans le régime climatique, et la question du chauffage et les caractéristiques relatives au choix de systèmes de chauffage (c.f. Chapitre 3, Etude socio-épistémologique et sociotechnique de la question des débats sur le climat et l'énergie).

En plus, afin d'élaborer notre questionnaire de recherche, nos séances et nos documents, nous avons mené entre autres, une étude de la littérature sur les conceptions des élèves sur les questions du climat, de l'effet de serre, de l'énergie, de la combustion et nous avons complété notre travail par une étude du curriculum prescrit français en cours (c.f. Chapitre 4).

Nous avons mené notre étude avec des lycéens de première scientifique (voir chapitre 5, méthodologie de recherche, partie I, Elaboration de la séquence d'enseignement-apprentissage, §5.3.1. Population étudiée). Après avoir reçu un enseignement restreint de connaissances scientifiques sur le climat et la météo, les éléments intervenant dans le climat et le changement climatique, l'effet de serre et sur les notions de puissance et de rendement énergétique, les élèves sont invités à débattre et à prendre des décisions sur le choix d'un système de chauffage, une question locale, dans le cadre de débats sur une CSS, le(s) changement(s) climatique(s), une question globale au niveau de la planète. L'échantillon d'étude comporte 32 élèves de 15 à 16 ans, en première scientifique, la première année du cycle terminal. On présente dans cette thèse le résultat de 31 élèves, présents à toutes les séances.

Notre séquence comporte les sept séances suivantes, de durée totale de 6h30, étalées sur 3 jours et réalisées pendant une semaine, vers la fin de l'année scolaire alors que les élèves ont fini une grande partie de leur programme scolaire annuel.
La séance 1 (50 mn) consiste à soumettre les élèves à un questionnaire de recherche écrit (pré-test).
La séance 2 (55 mn) comporte un enseignement de connaissances scientifiques sur la météo, le climat, l'effet de serre, le rendement et la puissance.
Les séances 3 et 4 (40 mn) comportent une étude de la position d'un groupe de scientifiques, parmi trois positions proposées à l'ensemble de la classe, sur la question du(des) changement(s) climatique(s). Cette étude est effectuée par les élèves répartis en équipes de 3 à 4 élèves. Un exposé par équipe est présenté à l'ensemble de la classe.
Les séances 5 et 6 comportent une étude, par équipes de 4 à 5 élèves, du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés. Cette étude est suivie d'un exposé du choix réalisé par chaque équipe, ainsi que des débats avec l'ensemble de la classe. Les élèves disposent pour cela d'un document écrit décrivant ces systèmes.
Finalement, la séance 7 consiste à faire passer aux élèves le questionnaire de recherche (post-test) et à la fin de la séance les élèves donnent oralement leurs opinions sur le déroulement et le contenu des séances précédentes.

Jour J	**Séance 1** : Présentation de la séquence (toute la classe) + Pré-test (questionnaire de recherche écrit et individuel) **Séance 2 :** Enseignement de durée courte de connaissances scientifiques (C. Sc) de base (toute la classe) **Séance 3 :** Etude par les élèves d'un article scientifique, parmi trois articles, sur le(s) changement(s) climatiques (en équipes)
Jour J + 2	**Séance 4 :** Préparation de l'exposé d'une partie d'un article scientifique (en équipes) + Exposés des élèves et questions (toute la classe) **Séance 5 :** Etude et choix d'un système de chauffage parmi cinq chauffages proposés (en équipes) **Séance 6 :** Préparation de l'exposé (en équipes) + Exposé des choix des élèves et débats + réorientation du Débat sur le choix du système de chauffage en fonction des débats sur le climat (toute la classe)
Jour J +3	**Séance 7 :** Post-test (questionnaire de recherche) + Avis des élèves sur la séquence (toute la classe)

Illustration 5: Organisation de la séquence d'enseignement-apprentissage

Le recueil de données comporte:
- Les réponses écrites individuelles des élèves au questionnaire de la séance 1 (pré-test) et au questionnaire de la séance 7 (post-test),
- les réponses écrites en groupes des fiches de synthèse des discussions réalisées en équipes de 3 à 5 élèves (séances 3/4 et 5/6).
- L'enregistrement audio des débats en équipes (séances 3/4 et 5/6), en classe entière et des exposés (séance 4 et 6).
- Les résultats scolaires des élèves en sciences physiques et les notes prises par le chercheur.

Le questionnaire de recherche (pré-test / post-test) comprend douze questions : dix questions sur les connaissances scientifiques des élèves sur la météo, le climat, l'effet de

serre, le rendement, la puissance, la conversion et le transfert énergétique, la combustion, le principe de fonctionnement d'une centrale électrique, une question concernant les débats sur le(s) changement(s) climatique(s) et une question sur le choix d'un système de chauffage.

Chapitre 2 : Cadre théorique

Dans ce chapitre nous exposons notre cadre théorique général de conduite de recherche en éducation aux sciences, pour l'introduction des QSS en classe en justifiant notre choix. Ce cadre théorique se base conjointement sur le « Design Experiment » dans le cadre du « Design-Based Research » et le modèle d'une Écologie des Controverses Socioscientifiques.

2.1. Un cadre théorique pour la conduite des recherches en éducation aux sciences

Nous explicitons, dans ce paragraphe, nos cadres de référénce de conduite de recherche le « Design Experiment » de Cobb, Confrey, di Sessa, Lehrer et Schauble (2003). Ainsi, nous exposons au début les objectifs et l'étendue du cadre général des recherches suivant la méthodologie du « Design Based Research » et plus spécifiquement celui du « Design Experiments ». Ensuite, nous délimitons suivant Cobb et al. (2003) les cinq caractéristiques communes aux « Design Experiments » qui les différencient d'autres méthodologies.

Pourquoi le choix du Design-Based Research ?

En suivant les démarches d'Albe (2007, 2009a, 2009b) et son modèle ***d'une écologie des controverses socioscientifiques*** Albe (2007, 2009a, 2009b) nous avons opté pour le Design-Based Reasearch, ou plus spécifiquement pour l'Expérimental Design comme cadre d'une conduite de recherche. Cette approche découle du fait que l'étude et la compréhension des modalités d'existence de controverses socioscientifiques en classe amènent à "orienter nos recherches sur une finalité théorique pour explorer l'environnement épistémologique et le système de contraintes qui pèsent sur les actes didactiques" (Albe 2009a: 63).

En cohérence avec notre positionnement épistémologique, nous estimons que le caractère contingent des analyses n'a pas l'ambition d'établir des lois générales. Il s'agit d'analyser les processus singuliers de construction de controverses socioscientifiques dans le champ scolaire (le choix énergétique d'un système de chauffage pour une habitation, dans le cadre de débats sur le climat, par des élèves du cycle secondaire en cursus scolaire normal). « *La viabilité didactique de controverses socioscientifiques n'est selon nous saisissable qu'à partir de théorisations humbles »* (Cobb, Confrey, Di Sessa, Lehrer, & Schauble, 2003 dans Albe, 2009 : 64) au sens où d'une part, ces théorisations sont étroitement liées à des situations d'enseignement-apprentissage spécifiques, et qu'elles constituent, d'autre part, des outils pour la conception de telles situations.

2.1.1. Le Design-Based Research

Suivant le collectif « The Design-Based Research Collective » (2003), les méthodes, basées sur un Design (Design-based), allient les recherches empiriques éducatives et la conception d'une conduite-théorique d'un environnement d'enseignement, à travers une méthodologie qui vise, entre autres, à comprendre comment, quand et pourquoi des innovations éducatives fonctionnent en pratique.

L'innovation des recherches, utilisant des méthodes de recherches « Design- based », réside dans l'incorporation des déclarations théoriques spécifiques concernant l'enseignement-apprentissage, et dans le fait qu'elles nous aide à comprendre les relations entre les théories éducatives, la conception des outils et la mise en pratique de cet enseignement-apprentissage.

La conception est centrale pour encourager l'enseignement-apprentissage et pour créer des connaissances utiles, des théories avancées sur l'apprentissage et l'enseignement dans des situations complexes (The Design-Based Research Collective, 2003).

Suivant les chercheurs du collectif The Design-Based Research Collective (2003), il n'y a pas une seule méthode de Design-Based Research, mais l'utilisation de plusieurs méthodes qui lient les processus d'élaboration des lois (ou des théories) aux résultats afin de pouvoir générer des connaissances directement utilisables lors d'un exercice éducatif. L'une des caractéristiques du Design est la prise en compte du contexte de l'enseignement-apprentissage. Il ne s'agit pas juste pour le Design de produire une meilleure compréhension d'une intervention, mais de mener, éventuellement, à une amélioration théorique de l'enseignement et de l'apprentissage.

2.1.2. Les Design Experiments

Les « Design Experiments », basés sur le Design (Design-based), sont un cadre de recherche ayant à la fois un penchant pragmatique, (élaborer une forme particulière d'ingénierie didactique), et un théorique, qui comprend le développement de théories spécifiques en étudiant systématiquement ces formes d'enseignement et les moyens de les soutenir (Cobb et al. 2003).

Les « Design Experiments », suivant Cobb et al. (2003), **invitent à générer des formes particulières d'enseignement-apprentissage et à étudier systématiquement ces formes d'enseignement-apprentissage dans le contexte désigné pour les soutenir. Ce contexte est sujet à des tests et des révisions sous formes d'itérations successives.**

Les « Design Experiments » sont conçus pour développer des théories et non pas pour ajuster expérimentalement ce qui marche. **Ces théories sont appelées « humbles » ou modestes dans le sens que ces théories visent des processus d'enseignement d'un domaine spécifique** *« Design experiments are conducted to develop theories, not merely to empirically tune "what works." These theories are relativel humble in that they target domain-specific learning processes. (p.9) »*.

Le point fort des « Design Experiments » est la compréhension de l'écologie d'enseignement (un système complexe d'interactions contenant plusieurs éléments de types et de niveaux différents) et, **à travers la conception de ces éléments, d'anticiper comment ces éléments fonctionnent ensemble pour soutenir l'enseignement-apprentissage**.

Les « Design Experiments » constituent un moyen pour traiter la complexité des cadres éducatifs. **Les éléments d'un environnement écologique incluent les tâches ou les problèmes que les élèves doivent résoudre, le type de discours proposé, l'établissement de normes de participation, les outils et les matériels à assurer et les moyens pratiques par lesquels les enseignants des classes orchestrent les relations entre ces éléments.**

L'utilisation du mot « écologie » (ou environnement) vise à souligner que **les contextes des « Design Experiments » sont conceptualisés en tant que systèmes en interactions ayant une influence sur l'enseignement, plutôt qu'une liste ou d'une collection d'activités ou d'éléments séparés. Au-delà de créer des conceptions efficaces qui quelques fois sont affectées par « un perfectionnement de la pensée », une théorie des « Design Experiments » explique pourquoi les conceptions fonctionnent et proposent en même**

temps une façon par laquelle elles peuvent être adaptées à des circonstances nouvelles.

Les « Design Experiments » sont en même temps théoriques et pragmatiques afin d'orienter l'étude des fonctions des conceptions (Designs) et de l'écologie d'enseignement qui en résulte.

L'un des éléments importants du Design Experiment est le travail collaboratif entre les membres de l'équipe qui mènent la recherche, y compris d'un côté l'enseignant, qui est un membre entier de cette équipe et d'un autre le chercheur principal qui est pleinement engagé dans cette étude. La taille de l'équipe peut varier, par exemple, elle peut être formée juste par un seul chercheur qui exécute les sessions d'enseignement et un assistant qui enregistre la séquence. Le déterminant principal d'un Research Design est que **toute l'équipe participe et possède l'expertise pour accomplir les différentes étapes de la recherche allant du développement initial du design, passant par la réalisation de l'expérience et aboutissant à conduire une analyse rétrospective systématique** : « *The crucial determinantin any type of design experiment is that the team collectively has the expertise to accomplish the functions associated with developing an initial design, conducting the experiment, and carrying out a systematic retrospective analysis.* (p.12) ».

L'une des caractéristiques de la méthodologie des Design Experiments est d'approfondir la compréhension du phénomène qu'on examine alors que l'expérience est en progression. Ceci se fait, notamment, à travers une construction personnelle-consciente et une documentation du design et de sa logique. En plus, **il est d'une grande importance de bien communiquer ce que l'équipe a appris afin de le soumettre à une critique publique.** Cela suppose l'engagement de générer les données qui soutiennent les analyses systématiques du phénomène sous investigation : « *In addition to self-consciously building and documenting the design and its rationale, the team members, like all researchers, have a responsibility for communicating what they learn in ways that are open to public scrutiny. This implies a commitment to generate data that support the systematic analysis of the phenomenon under investigation. (p.12)* ». **L'équipe se base sur une variété de sources de données** qui pourrait se rapporter au phénomène au sens large, encadrant tout design experiment singulier « *The team draws on a variety of data sources that may bear on the broader phenomena framing any particular design experiment. (p.12) »*

Les questions logistiques et de mesures, l'importance de travailler avec les données d'une façon systématique, et le besoin d'être explicite sur les critères pour arriver aux conclusions sont donc, au cœur même des « Design Experiments ».

Les « Design Experiments » intègrent une analyse rétrospective des étendues longitudinales des données et des cadres générés durant une expérience.

Préparer un "Design Experiment" :

Quand quelqu'un réalise des Design Experiments, une question essentielle doit être posée pour clarifier la visée théorique : quel est le but de l'étude ?

La plupart des « Design Experiments » sont conceptualisés en tant que processus de soutien de l'enseignement des élèves dans un domaine particulier.

Outre la clarification de l'objectif théorique de l'expérience, le groupe de recherche doit définir les idées disciplinaires spécifiques et les formes de raisonnement qui forment les objectifs souhaités ou le but de l'enseignement des élèves. Cela implique de tracer et de

synthétiser les recherches en littérature pour identifier l'organisation centrale des idées du domaine. Durant le processus de spécification des objectifs d'enseignement, le groupe de recherche doit proposer les conceptions alternatives les plus fréquentes du domaine étudié et ne pas se limiter aux objectifs discrets du curriculum.

Dans le même processus de préparation d'un « Design Experiment » en classe, le groupe de chercheurs spécifie ses suppositions à propos des points de départ intellectuels et sociaux nécessaires pour les formes d'enseignement visionnées. Pour réaliser le calendrier d'instruction, le groupe identifie les capacités et les pratiques courantes et d'autres ressources susceptibles d'être bâties.

Quand les conjectures de départ, les éléments de la trajectoire et les résultats attendus sont spécifiés, le défi sera de formuler une conception qui peut incorporer des conjectures évaluables sur l'évolution du raisonnement des élèves et les moyens pour soutenir ces évolutions.

Généralement, les moyens de soutien de l'enseignement des «élèves» sont conçus en accord avec une connaissance de la complexité de l'enseignement et de l'apprentissage. Cela clarifie la vision des moyens de soutien et engage le groupe de recherche à générer de multiples formes de données pour documenter d'une façon adéquate l'écologie d'enseignement.

2.1.3. Les éléments communs aux « Design Experiments »

Cinq caractéristiques communes qualifient les « Design Experiments » :

Première caractéristique: **Développer des classes de théories traitant à la fois des processus d'enseignement-apprentissage et des moyens pour le soutenir.** Le processus d'enseignement englobe tout ce qui est relatif à la connaissance, à l'évolution des pratiques sociales relatives à l'enseignement et voire même des constructions, comme l'identité et l'intérêt. Les moyens de soutenir l'enseignement-apprentissage comprennent aussi les éléments accessibles mais aussi les contraintes de structures matérielles, des pratiques d'enseignement-apprentissage, des soutiens politiques et d'autres formes de médiations possibles, l'ensemble étant des normes d'un domaine spécifique.

En pratique le « Design Experiment » est mené dans un nombre limité de situations mais dans une vision théorique qui ne vise pas juste à investiguer les processus de soutien des nouvelles formes d'enseignement dans des situations spécifiques, mais d'encadrer des aspects bien sélectionnés de l'enseignement, en vue et afin de trouver les moyens de soutenir cet enseignement en tant que paradigme d'une classe de phénomènes plus large.

La deuxième caractéristique est la nature interventionniste de la méthodologie. Les études basées sur des Design « Design Studies » sont des moyens pour tester des innovations. Le but est d'investiguer les possibilités d'amélioration éducatives en introduisant de nouvelles formes d'enseignement dans le but de les étudier. Le Design se développe, durant la préparation d'une expérience, en se basant sur des recherches précédentes, et en essayant d'intégrer les résultats empiriques et théoriques de ces recherches. Le processus de génération et de conception (engineering) de formes d'enseignement-apprentissage, assure au groupe de recherche une mesure de contrôle, lorsqu'il est comparé à une investigation naturelle. Cela permet au chercheur d'être plus réceptif envers les éléments

majeurs qui contribuent à l'émergence de certaines formes d'enseignement-apprentissage et leurs interrelations.

Il est important de distinguer, dans la spécificité d'une conception, entre les éléments qui sont le but de l'investigation et ceux qui sont moins importants, accidentels voire même des conditions de soutiens.

Troisième caractéristique du "Design Experiments": des conditions pour développer des théories. Les Design Experiments ont **deux facettes prospective et réflexive.** Pour la facette prospective, **les conceptions sont implémentées avec une conjecture vis-à-vis du processus d'enseignement et des moyens pour les soutenir** dans le but d'exposer les détails du processus à un examen. Un autre objectif est **d'encourager l'émergence d'autres chemins potentiels** pour l'enseignement-apprentissage et leurs développements à travers la capitalisation sur des éventualités qui apparaissent quand la conception se déploie.

Concernant la facette réflexive, les Design Experiments sont des tests à conduites hypothétiques à différents niveaux d'analyses. **La conception initiale est une conjecture sur les moyens de soutenir une certaine forme d'enseignement à tester. Durant la réalisation de l'étude de la conception, d'autres conjectures sont encadrées et testées.**

La quatrième caractéristique, le « Iterative design »: en générant des conjectures et refusant d'autres, de nouvelles conjectures se développent et sont sujettes à de nouveaux tests.

Le résultat est un processus de conception itérative guidant vers des cycles de révisions et d'inventions**.** Les résultats sont un cadre exploratoire qui classifie les attentes qui deviennent le centre d'investigation durant le cycle de recherche suivant.

La cinquième caractéristique, les racines pragmatiques : Les théories développées durant le processus d'expérience **sont « humbles »,** modestes pas juste dans le sens qu'**elles concernent des domaines spécifiques de processus d'enseignement, mais de même parce qu'elles sont explicables par l'activité de conception**. **La théorie doit permettre de générer un travail effectif**. Au lieu des grandes théories difficiles à projeter dans des situations particulières, les **« Design Experiments » tentent de souligner une théorie intermédiaire** située entre le fait de tenir compte d'un système spécifique (ex : une école, une classe particulière …) et avoir une ouverture plus générale qui n'oriente pas la conception vers une éventualité particulière.

2.1.4. Conduire une analyse rétrospective

Un accomplissement éducatif est caractérisé par une éventualité durant laquelle des événements précédents s'ouvrent, rendent accessibles, mais de même contraignent les événements qui suivent. Prendre en compte ce processus nécessite une explication historique ou rétrospective, qui assure la fiabilité de description des processus durant lesquels, des séries d'événements, dont chacun est local et contingent, peuvent être vues comme une partie d'un modèle ou d'un cadre émergent, potentiellement reproductible.

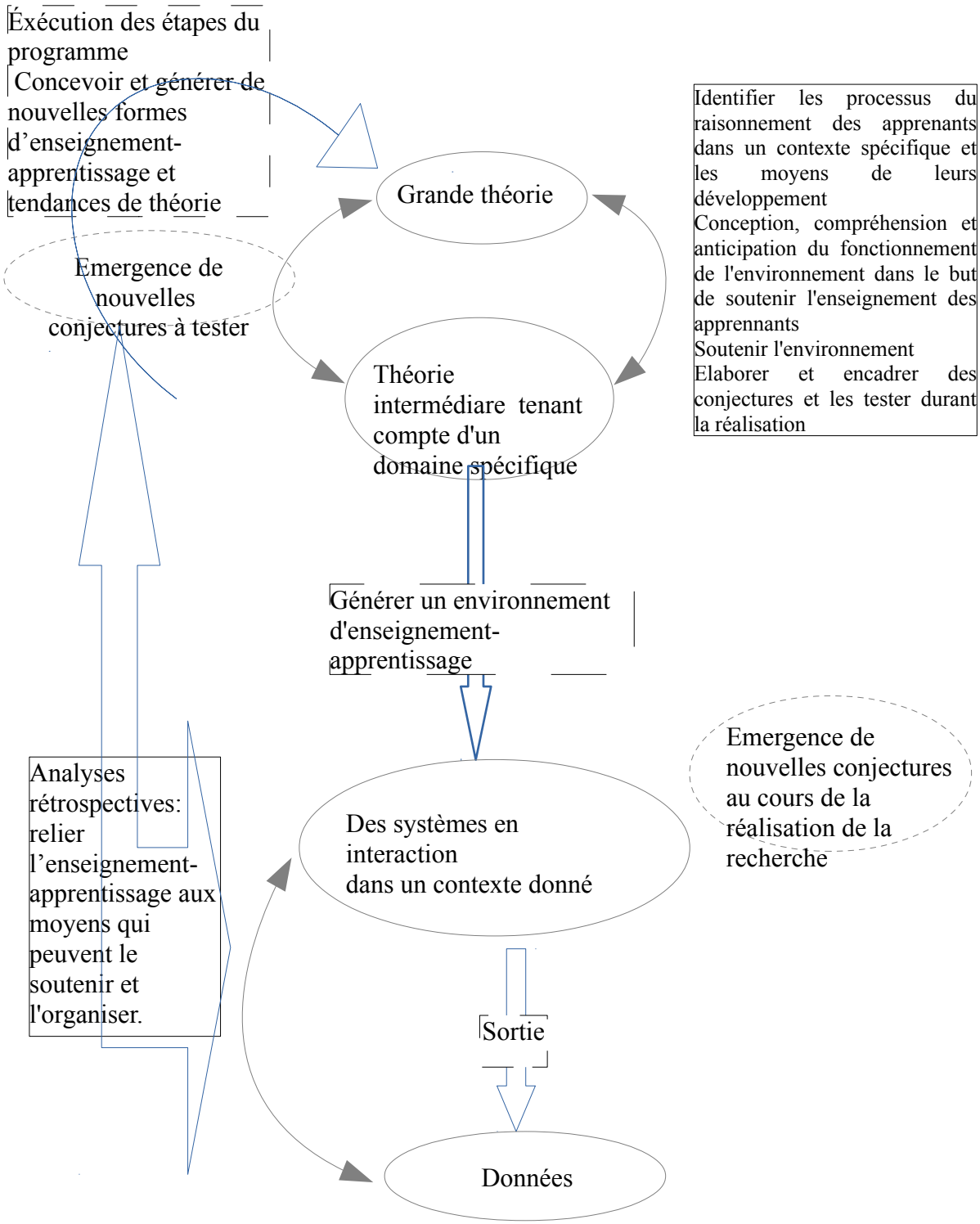
Le défi central, en conduisant une analyse rétrospective, est de travailler systématiquement à travers des données extensives et longitudinales générées au cours d'un « Design Experiments » pour que les déclarations résultantes soient fiables. Il est important d'être

explicite à propos des critères et des types de preuves utilisées pour aboutir à des conclusions spécifiques pour que d'autres chercheurs puissent comprendre, diriger et critiquer l'analyse.

En résumé, l'analyse rétrospective se résume par des situations d'enseignement-apprentissage qui permettent de relier l'enseignement-apprentissage aux moyens qui peuvent le soutenir et l'organiser.

2.1.5. En résumé (en diagramme)

Les "Design Experiments" sont des opérations ou des organisations (« enterprises ») extensives, itératives, interventionnistes (innovatrices et basées sur la conception ou le design (« design-based »)) et orientées théoriquement, afin que ces théories puissent faire un vrai travail en pratique, dans un contexte éducatif. De même, les « Design Experiments » partagent plusieurs caractéristiques avec d'autres façons de diriger les sciences au service de l'éducation.



Dessin 1: Elaboration d'un schéma représentatif de la conduite de recherche en éducation des sciences suivant l'Experimental Design-Based Research

2.2. Un modèle analytique et propositionnel d'une écologie des controverses socioscientifiques

Dans ce paragraphe nous explicitons le modèle d'une écologie des controverses socioscientifiques sur lequel nous nous sommes basés en plus du design expérimental pour la conduite de notre recherche (Albe, 2007, 2009a, 2009b).

2.2.1. Le contexte du modèle

En commençant par une étude socio-historique du contexte social et scientifique de l'émergence des questions socialement vives (QSV) (ou controverses socioscientifiques (CSS)), Albe (2007, 2009a/b) nous propose un modèle éducatif de proposition et d'analyse visant une scolarisation, de et par, ces questions socialement vives dans un cadre scolaire traditionnel.

Albe constate ces dernières trentaines d'années des multiples mutations sociales et (techno)scientifiques, notamment :

Dans le contexte d'une science, devenue une technoscience, une émergence d'une grande diversité de paradigmes et de pratiques scientifiques, qualifiée par Albe de pragmatisme gouvernant leurs modes d'élaboration : Où la modélisation et les simulations numériques jouent un grand rôle dans les pratiques scientifiques actuelles et où la pratique de marchandisation et de mondialisation de la science est devenue ancrée dans la technoscience dans un mouvement de production privée du bien scientifique. Cette technoscience ayant une très grande influence sur la société est aussi marquée par des mutations majeures dans les rapports entre technosciences et sociétés.

Concernant le social, une modification et un « pluralisme » des pratiques sociales sont aussi remarqués par Albe. Elle constate une mise en question par les citoyens de la notoriété scientifique et/ou politique et même une certaine méfiance à l'égard des « expertises », considérées durant la trente glorieuse comme une forme de délégation et d'adhésion citoyenne au pouvoir politique/scientifique. Face aux crises sanitaires et environnementales technoscientifiques, Albe évoque d'une part, une re-politisation des technosciences, une revendication citoyenne pour se réapproprier les choix technoscientifiques qualifiés auparavant comme des questions techniques et une émergence d'outils de rationalisation politique comme les principes de prévention, de précaution et de prudence. Elle évoque d'autre part, une nécessité de fonder une éthique de la civilisation technoscientfique. L'auteure indique que ces modifications sont accompagnées par une critique de la modernité technocratique dans le champ de la réflexion sociologique et philosophique.

Ainsi, on aperçoit d'un côté, dans ces mutations sociales, une émergence d'une « nouvelle société civile » et d'une nouvelle forme de gouvernance, par exemple, les conférences de consensus au Danemark et les conférences de citoyens en France. Et d'un autre côté on aperçoit une fragmentation et une dissolution de la société, marquées par un individualisme fort qui met en question et même rompt avec les structures « traditionnelles » telles la nation, la classe sociale, la famille nucléaire, le genre, la religion et la moralité conventionnelle.

Face à ces mutations indiquées ci-dessus, enseigner de telles questions

technoscientifiques « en train de se faire » conduit suivant Albe, à brouiller la référence savante majeure dans l'enseignement des sciences qui correspond essentiellement à une science du XIX siècle et cela soulève, suivant Albe, « *la question des conditions de viabilité des nouveaux objets que constituent des questions socialement vives », « que peut être leur « niche écologique » ? « comment un enseignement de la science en train de se faire peut-il s'articuler à un enseignement de savoirs établis* » ?

En outre, les différentes finalités éducatives des recherches sur les CSS, suivant Albe (2007), s'inscrivent dans des débats sur une éducation aux sciences plus citoyenne et une démocratisation des technosciences pour tous : « Il s'agit de permettre aux citoyens de comprendre et de participer aux débats de nos sociétés modernes sur des problèmes socioscientifiques et technoscientifiques toujours plus complexes ». Le contexte éducatif de l'émergence des recherches sur des questions socialement vives peut être appréhendé sous plusieurs angles : la promotion d'un enseignement des sciences qui contribue à une éducation à la citoyenneté et à la responsabilité, le développement de l'éducation à (la santé, la sexualité, l'environnement et le développement durable) et le développement d'enseignement inter/pluridisciplinaire.

Ainsi, l'introduction des QSS dans l'enseignement, suivant Albe (2007 : 107) s'intercale entre deux positions extrêmes :

Une finalité émancipatoire « Empower » qui consiste à donner le pouvoir aux élèves pour participer à la configuration de la société.

Une finalité d'apprentissage conceptuel où il s'agit de concevoir les questions socio-scientifiques comme un moyen de favoriser l'apprentissage de savoirs scientifiques.

Donc Albe se retrouve entre deux positions extrêmes pour l'intégration des CSS en classe : une approche militante faisant appel à une refondation de l'institution scolaire à travers l'enseignement des CSS dans une visée d'une éducation aux sciences et à la citoyenneté et une autre approche, des tenants de la transposition didactique, mettant à distance l'école, des questions qui traitent des savoirs sociaux et pratique sociale. Elle s'interroge ainsi, sur la viabilité didactique de références autres que les savoirs « savants » dans un enseignement scolaire marqué par une forte disciplinarité. Albe cherche la façon avec laquelle ces questions s'intègrent dans les programmes avec des anciens éléments non modifiés.

Pour répondre, entre autres, à ces questions il s'agit d'élaborer, suivant Albe (2009), « *une « écologie » des questions scientifiques socialement vives, dans le cas d'une science « en train de se faire » « porteuses d'ignorances, de questions, d'incertitudes, de savoirs controversés et non stabilisés et de « savoirs naturels » divers socialement légitimes et localement validés, en s'éloignant ainsi d'une transposition de savoirs savants au sens de Chevallard (1991)* ». Albe indique qu'il s'agit de savoirs et de pratiques qui sont objets de controverses et en émergence dans différents groupes, réunissant différents protagonistes des controverses (scientifiques, journalistes, industriels, citoyens, …) où des connaissances et des arguments sont portés par des acteurs différents. Cela s'éloigne de ce que proposent traditionnellement les programmes et les manuels scolaires aux enseignants comme texte du « savoir à enseigner » qui s'appuie la plupart du temps sur des savoirs ou pratiques de références incontestés établis dans des communautés savantes et expertes ou professionnelles.

L'entrée proposée par Albe (2009) est le fonctionnement social et épistémologique

des savoirs en s'éloignant de la théorie de la transposition didactique (Chevallard, 1991) d'un savoir savant.

Son cadre théorique se base « *sur la cognition située, en cohérence avec le modèle constructiviste de la connaissance, dont les connaissances scientifiques* (Albe, 2009 : 61) ». Ses hypothèses d'apprentissage se situent dans une perspective socio-constructiviste qui met l'accent sur le rôle des interactions sociales et de la médiation par le langage. Pour des besoins analytiques, Albe emprunte de même des éléments à la didactique, à la sociologie des sciences et à la psychologie sociale.

Pour étudier et comprendre les modalités d'existence de controverses socioscientifiques en classe et explorer l'environnement épistémologique et le système de contraintes qui pèse sur l'acte didactique, Albe nous propose une modélisation relativement ouverte et souple qui remplit une double fonction analytique et propositionnelle sur la scolarisation de controverses socioscientifiques. **En s'éloignant d'établir des lois générales, l'auteur indique qu'il s'agit d'analyser les processus singuliers de construction des controverses socioscientifiques dans un champ scolaire.** Ainsi, Albe se base sur des théorisations « humbles » de Cobb et al. (2003) dans le cadre de la méthodologie de recherches sur la conception de situations d'enseignement et d'apprentissage (design-based research), elle indique que ces théorisations sont étroitement liées à des situations d'enseignement-apprentissage spécifiques et constituent des outils pour la conception de telles situations. **Ainsi selon cette méthodologie, la construction de séances s'appuie sur des éléments théoriques et conduit à la mise en œuvre dans des contextes authentiques des situations conçues, et à leur analyse. Cette analyse permet par la suite par un processus itératif, de confrontations répétées des constructions théoriques aux pratiques de la classe, à une re-conception de séances et contribue à une meilleure compréhension des éléments théoriques initiaux.** Ces différentes confrontations permettent de cerner les éléments robustes du modèle qui résistent à la confrontation de la classe et au débat scientifique et cela en conformément à une conception des sciences comme un ajustement entre théories, interprétation, analyse des données, instruments, et connaissances d'autres équipes de recherches.

2.2.2. Les éléments du modèle

Ainsi pour étudier les dispositions à l'engagement dans l'étude de controverses socioscientifiques et les caractériser, Albe utilise trois dimensions : épistémologique, de communication et une dimension de l'activité du groupe classe (voir schéma ci-dessous). Albe vise par le mot disposition à décrire et interpréter des pratiques d'enseignement et d'apprentissage et leur degré de confrontation aux controverses.

La dimension épistémologique porte sur une confrontation aux savoirs et pratiques de référence en jeu dans les controverses. Tout en sachant qu'il y a une diversité possible des références y compris des groupes sociaux différents (scientifiques, experts, associations, …) qui élaborent des savoirs de référence et des pratiques sociales. On est loin d'une réponse unique au problème posé et où la science n'est pas en mesure de dire le vrai. On est en « rupture » avec des pratiques d'enseignement des sciences où l'enseignant est en mesure de donner la réponse institutionnelle vraie et en face de programmes de sciences traditionnellement se focalisant sur les savoirs scientifiques ou conceptuels et en difficulté pour aborder en classe des registres différents et de problématiser des questions scientifiques socialement vives. **La dimension épistémologique des dispositions à la controverse vise à permettre d'étudier comment est prise en compte en classe la diversité des savoirs et**

pratiques de référence à propos de controverses socioscientifiques (Albe, 2009a: 65).

Dans cette dimension une analyse critique socio-épistémologique[7] des controverses est requise (qui peut servir de référence pour identifier les différents savoirs en jeu à propos de telles controverses et peut constituer un préliminaire à la construction de situations d'enseignements) pour explorer le contexte socio-politique des différentes positions débattues, pour inspecter les fondements et usages des arguments produits et pour se confronter au monde de la recherche scientifique et technique.

La dimension de communication porte sur la confrontation d'idées et des paroles des élèves entre elles. Albe vise un dialogue à travers des différences comme le propose Levinson (2006) et à la notion de discours exploratoire de Mercer (1997). Des vertus de communication sont nécessaires suivant Albe, qui englobent un ensemble d'aptitudes affectives et intellectuelles pour promouvoir des communications ouvertes, poussées et non déformées. Il s'agit de se mettre d'accord sur des procédures de discussions mais aussi de favoriser la communication saine et en tenant compte des différents points de vue.

La dimension de l'activité du groupe : Il s'agit suivant Albe de se focaliser sur la confrontation des idées entre enseignant et élèves et sur l'organisation des activités en cohérence avec la double visée du modèle d'analyse et de conception de situation d'enseignement. Identifier la posture de l'enseignant est un élément majeur suivant Albe pour cerner les dispositions à la controverse.

7 Pour Albe (2009b:134) étant donné que ces controverses nous confrontent à des savoirs en émergence, en construction dans des groupes sociaux très divers, élaborer des séances sur des CSS actuelles nécessite aussi de procéder à leurs analyses épistémologiques et sociales. Dans cette orientation une analyse des controverses ne peut se limiter à la seule cartographie des savoirs scientifiques actuellement en débat sans identifier les pratiques de recherches et les communautés savantes qui les développent.
Pour Albe (2009b: 129) il s'agit, entre autres, d'identifier les références à propos de telles controverses, considérées comme savoirs experts en construction dans des institutions diverses (chercheurs de différentes disciplines et laboratoires, associations citoyennes, experts mandatés pour aider à la décision politique).
En outre, (Albe, 2009b: 130) procéder à une analyse sociale visant une analyse des savoirs et pratiques des références à propos de controverses socioscientifiques, cela consiste entre autres à identifier les arguments des acteurs et ce qui les fondent. Il s'agit par exemple de cerner les modes de productions des connaissances sur ces controverses : les données en jeu, les hypothèses discutées et les théories mobilisées. Les domaines de recherche des scientifiques et les champs d'expertise des experts sont également identifiés ainsi que les institutions dans lesquelles ils travaillent et lorsque c'est possible les financements des recherches menées ou expertises produites**.**
Albe invite à considérer toutes les formes de ces controverses (publications scientifiques, presse généraliste, et spécialisée, sites internet, rapports d'experts ou commissions d'enquête, articles de vulgarisation, conférence de presse, débats publics ou pétitions...).
Albe indique aussi que partir de questions très spécialisées peut permettre d'identifier peu à peu leurs interactions avec les groupes concernés ou le grand public éventuellement. Un travail sur son histoire pour retracer l'émergence d'une question socioscientifique peut aussi servir de point de départ. L'analyse peut être effectuée aussi à partir d'articles de la presse quotidienne pour identifier des positions opposées et ensuite explorer la littérature spécialisée qui sous-tend les discours.

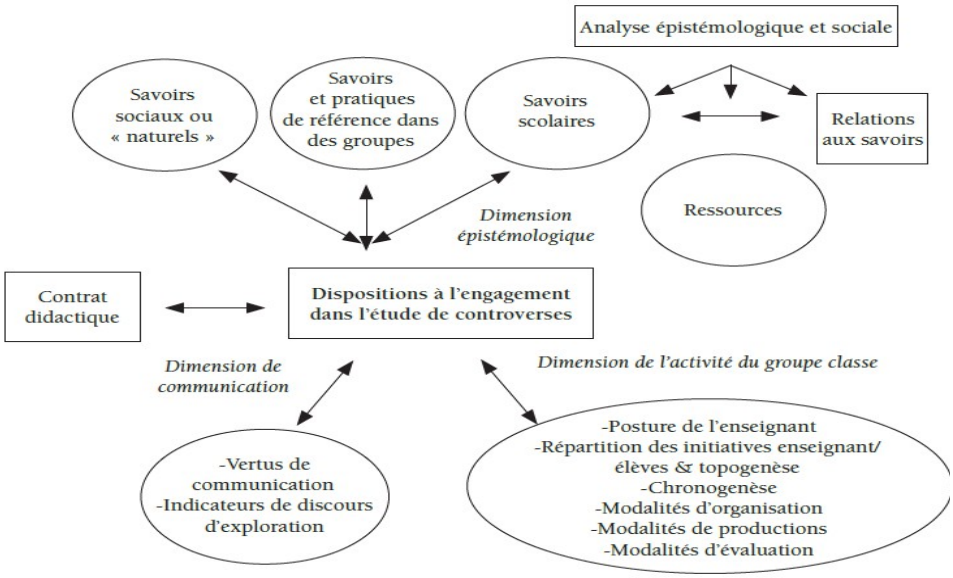


Illustration 6: Modèle pour une écologie des controverses socioscientifiques (Albe, 2009a: 65)

De même Albe (2009b) indique, en s'inspirant de Sensevy (2007), trois autres éléments importants pour analyser les phénomènes didactiques : la Chronogenèse (la genèse du temps, le comment quand?, identifier la nature et les raisons du passage, à un certain moment, d'un contenu épistémique à un autre ; la progression temporelle des savoirs); la Topogenèse (la genèse des lieux, comment qui?, qui a introduit telle ou telle manière de faire, ou chercher à décrire le partage des responsabilités dans les transactions didactiques, les façons dont les savoirs sont répartis entre enseignants et élèves); et la Mésogenèse (la genèse du milieu, le comment quoi?: il s'agit de documenter l'ensemble des ressources et contraintes qui orientent les transactions didactiques lors de l'étude de controverses socioscientifiques) et cela en jetant un regard sur les types de connaissances en jeu dans les interactions en classe. Albe nous invite à s'interroger sur le contenu épistémique précis de l'étude de controverses socioscientifiques, et de prendre en compte les relations sociales.

Ce modèle met en avance l'importance de mettre en relation les différents facteurs en jeu dans cet enseignement pour parvenir à expliquer ces pratiques d'enseignement.

Ainsi, l'auteur se réfère à ce qu'on appelle les variables d'action[8] (Bru (1991) pour déterminer

8 D'après Bru (2002) :

"*Ces variables sont réparties en trois catégories : variables directement en rapport avec le savoir à enseigner (variables didactiques) ; variables relatives aux processus relationnels et de gestion de la classe (variables de processus pédagogiques) et variables d'organisation pédagogique (temps, espace, groupement des élèves, matériel...)" dans (Bru, 2002 : 72).*

En outre, Bru (2002: 69) indique : *"Notre choix théorique n'en reste pas à une option qui se contenterait d'observer des comportements, de les catégoriser et d'en spécifier les stimuli déclencheurs (béhaviorisme) ; il ne se réduit pas non plus à une explication en termes d'effets de situation ici et maintenant (situationnisme). C'est la raison pour laquelle, pour intégrer les dimensions historiques et temporelles, nous préférons parler de pratique en contextes (pratique contextualisée et « contextualisatrice ») et non de pratique située".* Bru (2002: 69)"

les modalités d'organisation des séances :

a) Le regroupement d'élèves (taille de groupes, compositions, rôle, …)

b) Modalités d'utilisation des ressources (matériels, documents, Internet, entretiens avec des experts, des chercheurs des journalistes, des associations …)

c) Le type de discours encouragé

d) Lieux d'études (centre de documentation, laboratoire, musée …)

e) Modalités de production demandées aux élèves (rapports écrits, posters, exposés oraux, cartes, simulation d'un débat …)

Et finalement, déterminer comment l'ensemble des éléments cités ci-dessus entrent dans le contrat didactique défini par « l'ensemble de comportements spécifiques du maître attendus de l'élève et l'ensemble de comportements de l'élève qui sont attendus du maître » de Brousseau (1980). Les formes prises par le contrat didactique peuvent contraindre les dispositions à la controverse et par là limiter l'étude de telle question.

De même Albe mentionne plusieurs autres défis et interrogations sur l'enseignement des controverses socioscientifiques telle que:

- Expliciter les fondements épistémologiques des recherches et des discours pour les chercheurs en QSV.

- Faire face à un possible endoctrinement dans une dichotomie science/idéologie.

- Avoir une vision socialisée de la science.

En outre, Albe s'interroge sur : Quelle éducation à la citoyenneté il faut enseigner? Questionner l'alliance actuelle entre éducation scientifique et éducation à la citoyenneté? Quelle identité donner aux disciplines et leurs relations aux savoirs.

2.3. Notre cadre de référence

Nous présentons, dans ce paragraphe le cadre de référence de notre étude en relation avec le cadre de conduite de recherche, l'Expérimental Design, et le modèle d'une écologie de la controverse, en évoquant ces différents éléments. Nous présenterons ainsi, les éléments de notre cadre général de référence, notre cadre intermédiaire qui nous permettront par la suite d'élaborer notre cadre spécifique, soit la méthodologie de recherche.

En particulier, ayant une double visée propositionnelle et analytique, l'objectif de notre recherche (c.f. Chapitre 2, §2.4. Vers une élaboration de nos questions de recherche) est la mise en place de séquences d'enseignement-apprentissage sur des QSS en classe dans le cadre d'un curriculum traditionnel sur le choix énergétique, d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s), en encourageant l'argumentation et la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles Scientifiques et techniques) dans le but d'étudier l'interrelation entre les deux.

2.3.1. Notre cadre général de référence

Ainsi, nous nous inscrivons à la fois dans une vision d'une science socialement construite[9] (Driver et al. 2000), d'une vision socio-constructiviste[10] de l'enseignement-

9 D'après Driver et al. (2000: 295-296):

"Science is a social practice and scientific knowledge the product of a community. (p.296) "

"...it is important to make a distinction between the *natural world,* on one hand, a world that exists and that impinges on our thoughts and actions, and, on the other hand, our *knowledge of that world.* Whereas we assume that the natural world exists and has consistent properties, we do not have direct access to that world, and hence, our knowledge of it is constructed. Knowledge, therefore, is a human construction. (However, it is important to distinguish between ideas that have stood the test of time and form a central body of secure knowledge, and knowledge that is being produced by developing fields— science-in-the-making—where there is still dispute and controversy). (p.295)"

10 D'après Y. Lenoir, P. Maubant, A. Hasni, J. Lebrun, A. Zaid, E. Habboub et A.-C. McConnell (2007: 8-9) :

"*Le socioconstructivisme situe la communauté avant l'individu, considère la rationalité individuelle comme le produit de la sphère sociale et pose les processus coopératif et dialogique comme centraux dans le processus éducatif... pour les constructivistes, le processus de construction du monde est psychologique; il s'opère "dans la tête".*

...ainsi que le postule les constructivisme social: «ce que nous tenons pour être la connaissance du monde naît des relations, […] elle ne fait pas partie intégrante de l'esprit individuel, mais de traditions communes et interprétatives» (Gergen, 2001, p. 220).

... les capacités rationnelles et autonomes de la pensée individuelle, dont font partie le constructivisme radical, le constructivisme psychologique et le cognitivisme.

D'une part, il faut bien distinguer, ainsi que le fait Spivey (1997) dans son analyse des différents courants constructivistes, entre une centration sur des individus au sein d'un groupe et une centration sur le groupe social lui-même. Il s'agit là de deux points de vue bien distincts qui conduisent à appréhender différemment les processus d'apprentissage. D'autre part, Spivey remarque que «les personnes qui font converger leur attention sur les individus sont conduits à voir le savoir comme mental, localisé dans la pensée (ou le cerveau) des individus, même s'ils prennent en compte certains facteurs sociaux. […] Ils considèrent également que le sens est une production mentale. À leur consternation, les constructivistes qui sont socialement orientés, particulièrement ceux qui se centrent sur les larges communautés, semblent considérer le sens et le savoir comme une production en dehors d'eux-mêmes, dans les textes ou dans les pratiques

apprentissage en particulier, des sciences et d'un enseignement-apprentissage situé[11] (Albe, 2007, 2009a,b ; Sadler, 2009), lié à un contexte et un environnement spécifique. En plus, nous adhérons à la notion de multiplicité des références, savantes et sociales à considérer lors de la conception d'intervention visant à introduire les questions socioscientifiques en classe ; une étude de ces références pourrait être faite à travers une étude socio-épistémologique de la question à adresser (Albe, 2007 ; 2009 a; b).

2.3.2. Des éléments théoriques et empiriques à intégrer dans notre recherche (cadre intermédiaire) :

Le Design Experiment de Cobb et al. (2003) présente à la fois un penchant théorique et pragmatique. Un penchant pragmatique qui consiste à élaborer une forme particulière d'enseignement-apprentissage liée à un contexte et un environnement spécifique et un autre penchant théorique afin de développer des théories spécifiques en étudiant systématiquement ces formes d'enseignement et les moyens de les soutenir, notamment, en élaborant **une théorie intermédiaire. Cette dernière est** située entre, le fait de tenir compte d'un système spécifique (ex : une école, une classe particulière …) et avoir une ouverture plus générale qui n'oriente pas la conception vers une éventualité particulière.

Le point fort du « Design Experiments » est d'une part, de comprendre l'écologie d'enseignement (un système complexe d'interactions contenant plusieurs éléments de types et de niveaux différents). Et d'autre part, de concevoir ces éléments et d'anticiper comment ils fonctionnent ensemble pour soutenir l'enseignement-apprentissage. Les éléments d'un environnement écologique incluent les tâches ou les problèmes que les élèves sont invités à résoudre, le type de discours encouragé, l'établissement de normes de participation, les outils et les matériels à assurer et les moyens pratiques par lesquels les enseignants des classes arrivent à orchestrer les relations entre ces éléments.

Le Design se développe, durant la préparation d'une expérience, en se basant sur des recherches précédentes, et en essayant d'intégrer les résultats empiriques et théoriques de ces recherches. Le processus de génération et de conception (engineering) de formes d'enseignement-apprentissage, assure au groupe de recherche une mesure de contrôle.

Finalement, dans la spécificité d'une conception, il est important de distinguer les éléments qui sont le but de l'investigation de ceux qui sont moins importants, accidentels ou comme des conditions de soutien.

Quels sont alors les éléments du cadre intermédiaire, et par la suite spécifique, que

discursives des groupes» (Ibid., p. 25). C'est ce qui conduit Spivey (Ibid.) à conclure que pour les constructivistes, «le débat social-cognitiviste est sans issue; en fait, la seule issue réelle se trouve dans la façon d'ajuster la lentille: se centrer sur l'individu, sur le petit groupe, ou sur la communauté plus abstraite considérée en tant que sujet collectif»

11 **Remarque :** Sadler (2009) comme Albe (2007, 2009) part aussi d'un cadre général de référence qui est la cognition située, (ou « Situated Learning », comme cadre théorique pour la conceptualisation de nouvelles façons à aborder l'éducation aux sciences, notamment l'enseignement des CSS et qui indique que l'enseignement situé se distingue notamment par son lien à un environnement spécifique**. En plus, Albe opte aussi pour une vision socio-constructiviste de l'enseignement.**

nous utilisons pour concevoir notre séquence d'introduction d'une QSS en classe relative à un contexte donné, en tenant compte de l'environnement ou l'écologie de l'enseignement apprentissage, en concevant (certains de) ces éléments et en prévoyant comment ces éléments interagissent ensemble dans une sorte d'ingénierie didactique ?

2.3.2.1. Une Analyse socio-épistémologique et socio-technique (dimension épistémologique)

Ainsi, dans la spécificité des QSS nous procédons à une analyse socio-épistémologique et socio-technique des savoirs et pratiques de références en relation avec la QSS en question, notamment nous réalisons : en corrélation avec Albe (2009b : 134) une analyse (socio)épistémologique, une analyse des savoirs scientifiques en débat, une identification des pratiques de recherche et des communautés savantes qui les développent ainsi que des discours portés sur ces discours par des experts, des citoyens regroupés en associations ou des journalistes. De plus, nous essayons d'identifier certains des arguments produits, les acteurs impliqués, les intérêts en jeu. Cette analyse consiste aussi à considérer toutes les formes de littérature qui mettent en jeu ces controverses (allant de la presse scientifique vers la presse généraliste et spécialisée, sites internets, rapports d'experts ou de commissions d'enquête, articles de vulgarisation, conférence de presses, débats publics...) (Albe 2009 b : 130). Nous partons de questions très spécialisées pour permettre d'identifier les interactions avec les groupes concernées mais aussi pour tracer l'historique de la question.

En outre, en tenant compte du fait que les sciences devenues des technosciences (Albe, 2009b : 31) et vu que la question d'un choix énergétique d'un système de chauffage pour un habitat relève aussi d'éléments socio-techniques, nous optons à l'étude socio-technique de la question énergétique du choix d'un système de chauffage en plus de l'étude socio-épistémologique de la question climatique et notamment, la place de la question énergétique dans la QSS climatique.

Cette analyse permet aussi dans une visée didactique de constituer un préalable à la mise au point de situations d'enseignement sur une QSS (Albe, 2009b : 130).

Cette analyse permet aussi, dans un autre temps, d'identifier et de confronter les représentations des savoirs (ou relations aux savoirs) des élèves et/ou autres acteurs de l'école dans le cadre de la QSS en question.

Comme Albe (2009b : 129) notre approche semble être en rupture avec la notion de la transposition didactique, notamment, par le fait de ne pas se limiter au savoir savant de référence et en tenant compte des communautés et des groupes sociaux producteurs de « savoirs » mais non reconnus socialement ainsi.

Un élément de base pour nous est la pratique de référence[12] de Martinand (2003:125) dans la compréhension des mécanismes de la constitution des savoirs enseignés ; nous essayons de tenir compte de la diversité des sources de références possibles pour fonder les savoirs scolaires (Albe, 2009b : 129).

En particulier, il s'agit pour Martinand (2003:127) :

12 D'après Martinand (2003: 125-127): « *L'idée de pratique de référence est née du besoin d'expliciter la signification de choix dans la conception, l'essai et l'évaluation de projets d'enseignement. Elle vise d'abord à éclairer l'action, et pas directement à comprendre les mécanismes éventuels de constitution des savoirs enseignés. (p.125)*"

« - de prendre en compte non seulement les savoirs en jeu, mais les objets, les instruments, les problèmes et les tâches, les contextes et les rôles sociaux. D'où le terme de pratique, renforcé, sans doute avec redondance, en pratique sociales ; et précisé en pratique socio-technique ;
- de penser et analyser les écarts entre activités scolaires et pratiques socio-techniques prises pour référence ;
- de faire apparaître les choix de pratiques de référence, leur sens politique et en tout cas social (question de la référence) ;
- de comprendre les conditions de cohérence pour les activités scolaires, entre tâches, instruments, savoirs et rôles ;
- de penser les tendances permanentes de l'école à l'auto-référence et les conditions pour s'y opposer;
- d'aborder le problème de certaines difficultés d'apprentissage et échecs scolaires en posant la question des rapports entre activités scolaires/ pratiques de référence/ pratiques familières aux élèves (et en leur sein, certaines postures et conceptions communes, représentations et raisonnements spontanés). »

En outre, l'étude de la position des apprenants vis-à-vis de la controverse sur le climat ainsi que sur le choix d'un système de chauffage et l'étude de la relation aux savoirs des apprenants sur la question du changement climatique ne sont pas l'objet principal de notre recherche. Ayant pour objectif l'analyse de l'argumentation des élèves, notamment l'interrelation entre l'argumentation et la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques), nous optons plutôt pour l'analyse des différents savoirs de référence auxquels font appel les apprenants pour prendre une décision sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat, notamment, de quelles sources proviennent les contenus des arguments qu'ils mobilisent (du curriculum prescrit (Martinand, 2011) (les savoirs scolaires), des documents élaborés par nous et distribués en classe ou d'autres sources).

2.3.2.2. Conception des éléments d'un environnement écologique (dimension de l'activité du groupe en classe, dimension de communication et ressources)

Les éléments d'un environnement écologique incluent les tâches ou les problèmes que les élèves sont invités à résoudre, le type de discours encouragé, l'établissement de normes de participation, les outils et le matériel à assurer et les moyens pratiques par lesquels les enseignants des classes arrivent à orchestrer les relations entre ces éléments.

Nous avons opté en premier lieu, sur le Design Experiments, comme cadre de conduite théorique dans le but d'élaborer un cadre de référence intermédiaire, et qui s'inscrit dans une tentative d'une modélisation souple et « humble », en plus, entre autres, au modèle analytique et propositionnel de Albe (2007, 2009a,b) dédié à l'intégration de l'enseignement de CSS en classe. Nous intégrons aussi au modèle de Albe des éléments provenant d'autres recherches et

modèles et cela en corrélation avec le Design Experiments, en apportant certaines modifications à des éléments du modèle proposés par Albe, notamment, en éliminant ce que nous jugeons secondaire ou non pertinent pour notre travail de recherche.

- *Les tâches ou les problèmes que les élèves sont invités à résoudre* (dimension de l'activité du groupe classe)

Nous préciserons dans la partie méthodologie l'organisation exacte de la séquence et les tâches que les élèves doivent réaliser en fonction de l'objectif d'une prise de décision sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat. Dans ce paragraphe nous évoquons les éléments qui orientent ces choix.

Nous visons, par la question du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat, à pousser les élèves à débattre, sur une question authentique (et pas nécessairement vraie), qui soit pertinente pour eux, qu'elle les motive et leur offre la possibilité de discuter en la classe des questions du monde réel (à l'extérieur de la classe), et la possibilité pour eux d'avoir une certaine influence sur ce monde (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 1172- 1173) :

« Authentic problems do not need to be 'true', but the issue chosen is a real problem and it adds motivation and interest for the students, offering them the possibility of discussing it in the classroom and trying to influence, to some extent, the real world outside the classroom.
In terms of authenticity, the classroom tasks were designed according to the culture of the science practitioners and not according to a stereotyped school culture (Brown et al. 1989). For Roth and Roychoudhury (1993) authentic contexts mean laboratory experiences providing students with open-ended problems of personal relevance; for Duschl and Gitomer (1996) authentic problems, besides having relevance for students, should demand the use of criteria for evidence and justification similar to those the scientists would use. (Dans Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002, P.1172)"

Ces questions authentiques, tout en étant des questions pertinentes pour les élèves, leur permettent de faire une connexion personnelle avec la question à débattre, et pourront ainsi jouer un grand rôle à la favorisation de l'argumentation (Sadler, 2004 : 523).

Des éléments à considérer pour l'élaboration des éléments de l'environnement de l'apprentissage-enseignement, l'organisation de l'intervention (la dimension de l'activité du groupe classe ; les ressources)

Remarque : L'organisation exacte de la séquence, le matériel utilisé et les ressources, les tâches exactes des élèves, la répartition du temps entre enseignant et élèves, les lieux d'études, ... les cadres analytiques de nos données seront explicités dans la partie méthodologie de recherche.

D'après notre revue de littérature, il y a des difficultés pour les élèves à s'engager dans une argumentation s'ils manquent d'éléments clés sur la question. Ces éléments clés dépendent, entre autres, d'une base de connaissances scientifiques conceptuelles sur la question et qui peut être acquise durant une courte durée de temps (Lewis et Leach, 2006).

Nous visons ainsi, dans le but de faciliter l'argumentation, à repérer les éléments clés de la QSS en question et à fournir certaines connaissances conceptuelles de bases à propos de ces éléments clés. Nous nous basons pour cela, sur :

- notre étude socio-épistémologique, qui nous permet d'identifier les éléments clés de la question du changement climatique et du choix d'un système de chauffage et d'établir certaines connaissances de base en relation avec la QSS en question qui doit être traitée lors de notre intervention.
- Une analyse préalable[13] cognitive (Artigue, 1996 : 254) des conceptions et des obstacles éventuels de la population à laquelle s'adresse l'intervention. Cette étape consiste à : étudier des articles dans la littérature de l'éducation aux sciences,concernant les conceptions des élèves autour de la question climatique, de l'énergie, de la combustion et d'autres éléments scientifiques majeurs en relation avec la QSS en question et nous essayons d'adresser certaines de ces conceptions dans notre intervention, entre autres, à travers un enseignement de connaissances conceptuelles ; le niveau scolaire et l'âge des élèves doivent être considérés également.

  En outre, l'objectif premier de notre recherche n'est pas l'étude des conceptions des élèves ou le changement conceptuel, mais, plutôt de fournir une base de connaissances (soient Conceptuelles scientifiques et techniques) dans le but de permettre aux élèves de s'engager dans l'argumentation (Lewis et Leach, 2006). Ainsi, nous utilisons la revue de littérature pour établir la liste des conceptions des élèves et donc des concepts que les élèves trouvent des difficultés à appréhender. Nous nous intéressons par la suite à traiter ces conceptions éventuelles, en se focalisant dans notre intervention davantage sur l'enseignement de concepts, que sur leurs fausses conceptions (Von Aufschnaiter et Rogge, 2010).
- Une analyse préalable du curriculum prescrit (Martinand, 2003), notamment, les contenus, compétences et activités en relation avec la QSS en question. Nous nous interrogeons aussi comment le curriculum présente la QSS sur le climat-énergie en question et quelles contraintes éventuelles il présente; et comment se servir de cette analyse pour l'élaboration de notre séquence et des documents correspondants.

Après avoir réalisé une analyse du savoir scolaire, spécifiquement le curriculum prescrit relatif à la QSS en question, nous croisons les résultats obtenus aux différents savoirs de référence multiples repérés lors de l'étude socio-épistémologique et socio-technique et nous visons à intégrer certains de ces éléments dans notre intervention et tenterons une prise en charge de ces savoirs et pratiques de référence aux références multiples.

Nous présenterons aux élèves des positions scientifiques divergentes sur la question du

13 Pour Artigue (1996: 254): " *Cette faible importance accordée au cognitif n'est pas typique des analyses préalables d'ingénieries. Très souvent, au contraire, un des points d'appui essentiels de la conception réside dans l'analyse préalable fine des conceptions des élèves, des difficultés et erreurs tenaces, et l'ingénierie est conçue pour provoquer, de façon contrôlée, l'évolution des conceptions."*
Notons que l'étude et l'analyse préalable des conceptions et du curriculum est inspirée de la méthodologie de recherche-action dans le cadre de l'ingénierie didactique (Artigue, 1996). Cependant, cette ingénierie didactique évolue dans le cadre de la transposition didactique du savoir (Chevallard, 1982) en référence à un savoir "savant" établi et non controversé produit dans des communautés scientifiques savantes reconnues socialement comme détenant à elles seules la production et la validation du savoir.

changement climatique qui reflètent, notamment, une vision, controversée, incertaine et hésitante du savoir (scientifique et technique) de différents groupes de référence. En outre, nous offrons aux élèves la possibilité de découvrir la nature controversée de la question climatique en relation avec la question énergétique, notamment, le choix d'un système de chauffage pour un habitat. Nous présentons aussi aux élèves différents systèmes de chauffage en y intégrant des éléments techniques, scientifiques et sociaux relatifs à ces systèmes, en particulier, des éléments en relation avec la question du climat. Nous nous baserons sur notre étude socio-épistémologique et socio-technique pour synthétiser et récupérer des éléments relatifs à la controverse à faire découvrir aux élèves.

Par contre, nous n'orientons pas les élèves ni vers une position spécifique vis-à-vis de la question climatique, ni vers un choix particulier d'un système de chauffage, ni vers une relation ouverte entre la question du choix d'un système de chauffage et le débat sur le climat.

En outre, ayant pour objectif de favoriser et encourager l'argumentation, notamment sa qualité, nous avons choisi d'engager les élèves dans des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage, qui seront suivies d'une présentation du choix et d'un débat entre tous les élèves de la classe sur les différents choix présentés. Nous n'avons pas opté, dans nos séances, pour un jeu de rôle, parce qu'un débat (classique) semble encourager davantage une argumentation complexe et élaborée, diversifiée, riche et basée sur des données valides. Quant à lui, le jeu de rôle, semble favoriser plutôt une argumentation rhétorique, superficielle et basée davantage sur des données non valides. On a abouti à ces conclusions dans le cas de l'étude comparative de deux situations de débats sur une question socialement vive : une transgenèse animale (Simonneaux, 2003 : 200).

Ainsi, et toujours dans le but d'encourager l'argumentation nous avons opté pour :

- l'élaboration d'une séquence très bien planifiée, s'étendant sur quelques heures et incluant, entre autres, un apprentissage de connaissances conceptuelles basiques nécessaires pour comprendre les questions clés, lors de l'étude de la QSS en question (Lewis et Leach, 2006).

- pour donner aux élèves des exemples d'arguments de qualité (soient, la justification par des preuves et des données valides ; les limites vis-à-vis de chaque position et choix ; et l'accès à des positions opposées sur une même question ou choix), en les orientant à justifier leurs arguments, notamment par des preuves scientifiques et techniques (Osborne et al. 2004).

- les encourager à tenir compte des avis des autres (soit en leur proposant des positions différentes, et même opposées, sur une même question ou/et en les invitant, par des questions, à penser aux reproches que pourrait leur formuler un autre élève ayant fait un choix opposé et comment répondre à ces reproches, si possible à travers une réfutation) (Osborne et al. 2004 ; Sadler 2004 : 523).

- soumettre les arguments et les preuves élaborés à la critique, notamment, des autres élèves (Osborne et al. 2004) en les engageant, notamment, dans une argumentation dialogique en groupes (Osborne et al. 2004 ; Sadler 2004 ; Kuhn et al. 1997 et Lao and Kuhn, 2002, dans Kuhn et Udell, 2003, p.1246) ; attaquer et abaisser une position opposée en montrant sa faiblesse étant considérée comme une qualité argumentative (Walton, 1989 dans Kuhn et Udell, 2003, p.1246).

De même, vues les difficultés des élèves à s'engager dans une argumentation convenable, différentes recherches en éducation des sciences indiquent le besoin que les élèves apprennent à mieux argumenter, notamment mieux apprendre à propos des arguments

scientifiques (Osborne et al. 2004). En particulier, apprendre les types de déclarations que les scientifiques utilisent, comment les scientifiques les présentent, de quels types de preuves on a besoin pour justifier une idée au lieu d'une autre et comment une preuve peut être collectée et interprétée en fonction des normes de la communauté (Kelly & Chen, 1999; Osborne, 2002; Sandoval & Reiser, 2004 dans Sampson et Clark 2008 p. 449).

Nous optons alors à offrir l'opportunité aux élèves à examiner des arguments scientifiques, notamment, à travers l'examen d'articles scientifiques.

En outre, les résultats d'Osborne et al. (2004) et Erduran et al. (2004) indiquent des résultats comparables de point de vue de l'amélioration de la qualité de l'argumentation entre des élèves de 12-13 ans ayant eu un enseignement à l'argumentation tout au long d'une année scolaire à comparer à un groupe témoin n'ayant pas eu un enseignement à l'argumentation. Ce groupe témoin a eu juste deux séances relatives à l'argumentation au début et à la fin de l'année. Osborne et al. (2004) questionnent si leurs résultats peuvent être attribués entre autres, à l'environnement d'apprentissage-enseignement, à l'enseignant(e) et à sa capacité de structurer et de faciliter l'argumentation. Alors, nous avons réalisé notre séquence de courte durée en mettant l'accent à bien structurer l'environnement d'apprentissage-enseignement, notamment, en faisant attention de donner l'opportunité aux élèves d'argumenter.

En outre, la conception de notre recherche est basée sur la conception d'une séquence s'étendant sur quelques heures (Lewis et Leach, 2006), centrée sur une question précise, le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat, et ne se réduisant pas à une approche disciplinaire, mais intercalant davantage une approche pluridisciplinaire.

Notre séquence se distingue ainsi des courants visant davantage l'étude de séquences ayant une thématique disciplinaire précise, comme le « Teching-Learning Sequences (Méheut et Psillos, 2004). Cependant, nous optons pour la mise en place et l'étude d'une séquence à une échelle micro ou moyenne[14] (Kariotoglou et Tselfes 2000 dans Méheut et Psillos, 2004 : 516). Nous nous nous éloignons aussi d'autres courants visant l'étude de séquences à une échelle macro, de longues durées, qui s'étendent sur plusieurs semaines ou tout au long d'une année scolaire, à travers l'étude de tout un curriculum.

Une autre raison pour laquelle nous choisissons une séquence de courte durée est dans le but de faciliter la réalisation de notre intervention dans un milieu scolaire. Pour cela nous optons pour une séquence ne dépassant pas les sept heures et dans une classe qui n'a pas d'examens officiels au niveau national.

<u>Le type de discours encouragé, l'établissement de normes de participation (en corrélation avec Albe, 2007, 2009 ; dimension de communication)</u>

14 Le courant des séquences d'enseignement-apprentissage (en anglais « Teaching-Learning séquence ») (Kariotoglou et Tselfes 2000 dans Méheut et Psillos, 2004 : 516) a pour objectif l'investigation de l'enseignement et de l'apprentissage à un niveau micro (e.g. une séance spécifique) ou à un niveau moyen (e.g. Une séquence sur une seule thématique) au lieu d'une investigation de l'enseignement et de l'apprentissage à un niveau macro, relatif à tout un curriculum (e.g. sur une ou plusieurs années). Une caractéristique distinctive de cette forme d'activités investigatrices et de produits est leur dualité, qui implique à la fois la recherche et un but de développement, visant à relier de près l'apprentissage et l'enseignement d'une thématique particulière (Méheut et Psillos, 2004 : 516).

En corrélation avec Cobb et al (2003) et Albe (2007, 2009a, 2009b) nous envisageons en référence à Lewis et Leach (2006) et à Mercer (1996) à encourager un discours exploratoire[15] durant la séquence. Ce type de discours, à la différence d'autres discours, semble avoir un impact positif sur la résolution de problèmes intellectuels et l'amélioration de la compréhension (Mercer, 1996 : 363). Ces vertus de communications retrouvent en partie celles de Levinson (2006).

Nous nous inspirons dans nos séquences des travaux de Blatchford et al. (2003), pour l'organisation, le choix et la composition des groupes. Ainsi nous précisons : comment les élèves doivent s'assoir lors des discussions des groupes pour faciliter la discussion, le nombre des élèves par groupe pour qu'ils arrivent à travailler seuls et sans pour autant être trop nombreux pour que l'enseignant puisse suivre leur travail et pouvoir donner la parole à tout le monde mais assez nombreux pour créer une opposition et une richesse d'information ; le genre des élèves dans un même groupe ; le niveau académique des élèves participants au sein du même groupe ; le changement de la composition des groupes ...

L*e contrat didactique*

Nous tenons compte à établir un contrat didactique[16] entre les élèves et l'auteur chercheur (ce qu'attend les élèves de l'enseignant et ce qu'attend l'enseignant des élèves). Différemment du contrat didactique habituel entre l'enseignant(e) et les élèves[17], nous partageons avec les élèves l'idée que la séquence a comme visée d'améliorer l'enseignement des sciences scolaires dans le cadre d'une recherche internationale[18]. Cela a eu comme impact, selon l'enseignante, d'encourager les élèves et de les motiver à participer à la séquence et de s'engager à ce défi.

Ce que nous avons essayé d'élaborer avec les élèves consiste à : essayer d'accéder aux classes en collaboration avec les enseignant(e)s de sciences physiques avec l'accord et le soutien de l'enseignant(e) et de l'administration, mais sans demander nécessairement la présence ou la participation de l'enseignant(e) au travail de recherche si elle ne le souhaite pas.

Finalement, les séances étaient réalisées sans la présence de l'enseignante des sciences

15 D'après Mercer (1996: 369):
"***Exploratory talk*** occurs when partners engage critically but constructively with each other's ideas... Statements and suggestions are offered for joint consideration. These may be challenged and counterchallenged, but challenges are justified and alternative hypotheses are offered. Compared with the other two types, in exploratory talk ***knowledge is made more publicly accountable and reasoning is more visible in the talk.*** Progress then emerges from the eventual joint agreement reached. (p. 369)"

16 « *Concrètement, les systèmes didactiques sont des formations qui apparaissent chaque année vers le mois de septembre : autour d'un savoir (désigné ordinairement par le programme), un contrat didactique se noue qui le prend pour enjeu d'un projet partagé d'enseignement et d'apprentissage, et qui rassemble enseignant et élèves en un même lieu*." Chevallard (1982 : 8).

17 Cependant, il semble que l'enseignante des sciences physiques via laquelle nous étions introduits aux élèves, avait aussi indiqué aux élèves que leur travail sera noté, ce qui n'a pas été vraiment le cas.

18 Nous avons recueilli les données dans un autre pays le Liban (Rached, Hannoun, Khater-Saouma et Albe, 2012), mais nous ne présentons pas les résultats du Liban. Dans la thèse nous présentons les données recueillies en France.

physiques et chimiques. Nous étions seulement présenté aux élèves par l'enseignante et avons obtenu son aide pour le choix des groupes des élèves.

La posture de l'enseignant (dimension de l'activité du groupe classe)

Concernant la posture de l'enseignant, nous tenons à réduire au maximum les interventions de l'enseignant en tant que détenteur unique du savoir et donner plus la place aux élèves pour participer à l'intervention dans le sens que leur discour a une valeur d'une grande importance en corrélation avec Levinson (2006).

L'échantillon d'étude (dimension de l'activité du groupe classe)

Vu la nature de notre intervention théorique innovante nous avons opté pour une étude de cas et suivant une forme d'ingénierie didactique, à une validation interne de notre intervention, au lieu d'une validation externe, fondée sur une confrontation entre analyse à priori et à posteriori (Artigue, 1996) : « *Ce paradigme n'est pas celui de l'ingénierie didactique qui se situe, à l'opposé, dans le registre des études de cas et dont la validation est essentiellement interne, fondée sur la confrontation entre analyse a priori et analyse a posteriori.(p. 247)* ».

Le recueil et l'analyse des données

Nous prenons soin de procéder à un recueil et une analyse intensive de données pour avoir les résultats les plus fiables et cela en corrélation avec le Design Experiments et Sampson et Clark (2008).

2.4. Vers une élaboration de nos questions de recherche

Compte tenu de la revue de littérature de Sadler (2004), de nos conclusions vis-à-vis des résultats des recherches dans notre revue de littérature et en en prenant en considération les parties indiquées précédemment, nous adoptons les positions suivantes :

- Nous nous inscrivons dans le courant des QSS en éducation aux sciences dans une vision des sciences en interrelation avec la société qui les entoure. Ce courant a, entre autres, une intention de rendre les cours de sciences en classe reflétant davantage la société dans laquelle elles existent, en opposition à une vision d'une discipline académique isolée et non pertinente (Sadler, 2004).

  En outre, nous partons d'une vision des sciences où l'activité discursive est au cœur même de la science et de l'activité des scientifiques (Driver et al. 2000 ; Erduran et al. 2004 ; Jiménez-Aleixandre et Erduran 2007) et nous nous inscrivons aussi pour l'inclusion de l'argument[19] en classe (Driver et al. 2000 ; Osborne et al. 2004 ; Jiménez-Aleixandre et Erduran, 2007) notamment, pour adresser les QSS (Driver et al. 2000 ; Sadler, 2004 ; Tiberghien, 2007, dir. Jiménez-Aleixandre et Erduran, 2007). L'argument étant un des éléments centraux pour traiter les questions socioscientifiques contemporaines (Driver et al. 2000 : 302).

  De même, nous optons, entre autres, pour une éducation aux sciences qui accorde une place importante à l'éducation *à propos* des sciences en plus de l'éducation *par les* sciences (Driver et al. 2000).

- Nous tenons compte de résultats, de recherches en éducation des sciences, sur la façon avec laquelle les apprenants argumentent. Ces résultats indiquent que : généralement, les apprenants ont des difficultés à présenter des arguments « pour ou contre » une position donnée ou de présenter des points de vue différents sur une question (Driver et al. 2000 p. 303) ; les élèves semblent avoir aussi des difficultés à apprendre comment s'engager dans une argumentation scientifique productive, de proposer et de justifier une explication à l'aide d'un argument (Sampson et Clark 2008 p. 449) ; en particulier, dans le cadre d'une argumentation sur des QSS, les élèves semblent avoir aussi des difficultés à mobiliser des arguments de qualité (soient une tendance des élèves à **faire des déclarations sans justifications adéquates et sans la mobilisation de contre-arguments et/ou de réfutations),** la plupart des apprenants ont du mal à exprimer ou défendre des positions opposées (Sadler, 2004: 522-523).

  Cependant, différents auteurs en éducation des sciences soulignent, entre autres, l'importance des connaissances conceptuelles (soient Scientifiques) pertinentes sur les QSS en question, faute de quoi, les apprenants auront bien des difficultés à prendre des décisions raisonnées (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002 ; Kolstø, 2006 ; Lewis et Leach, 2006). Les chercheurs indiquent aussi le besoin de connaître la question clé en plus des connaissances conceptuelles scientifiques basiques, faute de

19 Le raisonnement informel est le terme utilisé pour décrire la façon avec laquelle des individus résolvent et négocient les QSS (Sadler et Zeidler, 2005 : 72) et où l'argumentation est considérée comme une expression du raisonnement informel (Sadler et Zeidler, 2005).

quoi les apprenants auront bien des difficultés à s'engager dans une argumentation (Lewis et Leach, 2006).

Or, si des chercheurs en éducation aux sciences soulignent l'importance des connaissances conceptuelles (e.g. Scientifiques et techniques) dans la prise de décisions sur des QSS, d'autres chercheurs pointent aussi des difficultés des élèves à mobiliser de connaissances conceptuelles (Sadler, 2004) lors de l'étude d'une QSS.

– En outre, des débats sont toujours en cours sur :

D'un côté, la nature du lien entre les connaissances conceptuelles (scientifiques et techniques) et l'argumentation des élèves lors d'une QSS (Sadler et Donnelly, 2006 ; Sadler 2004). Et d'un autre côté, comment l'environnement d'apprentissage-enseignement favorise-t-il l'argumentation (Erduran et al. 2004 ; Osborne et al. 2004) ?

En particulier pour ce dernier, un débat est en cours sur la question de l'évolution de l'argumentation (notamment la mobilisation de bases et/ou de réfutations), malgré une intervention impliquant entre autres un enseignement à l'argumentation et des connaissances scientifiques, est un processus long nécessitant une durée bien plus longue qu'une année scolaire (Osborne et al. 2004). Ou si une intervention d'une durée relativement courte, de plusieurs leçons (12), intégrant un enseignement à l'argumentation et de connaissances scientifiques permet une meilleure mobilisation d'une argumentation de qualité (Zohar et Nemet, 2002). Ou si un meilleur engagement à l'argumentation et une meilleure argumentation (une meilleure mobilisation de justifications) peuvent être réalisés à travers, une séquence très bien planifiée et s'étendant sur quelques heures et incluant, entre autres, un apprentissage de connaissances conceptuelles basiques nécessaires pour comprendre les questions clés, lors de l'étude de QSS (Lewis et Leach, 2006). Et si l'argumentation dépend de l'environnement d'apprentissage-enseignement, notamment de la capacité individuelle de l'enseignant(e) à structurer et à faciliter l'argumentation en classe (Osborne et al. 2004).

Souvent les recherches abordent l'étude de l'argumentation et/ou de la mobilisation de connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques) de natures et dans des situations différentes notamment : individuelle ou en groupe , écrite ou orale , en cours d'une intervention ou en pré-tests et ou post-tests ou par des entretiens mais, rarement pour l'ensemble, et cela d'après les conclusions de notre revue de littérature.

– Or, l'attribution d'une argumentation de qualité ou non, dépend, entre autres, des cadres analytiques utilisés pour l'étude de l'argumentation, notamment : si l'accent est mis davantage sur des cadres du domaine général ou des cadres du domaine spécifique mais aussi, de l'importance accordée dans ces cadres, à la structure, à la nature des justifications et aux contenus de l'argument et/ou à la façon avec laquelle on définit ces trois éléments (Sampson et Clark, 2008).

Ainsi, nous visons dans notre étude les objets de recherche suivants :

a) Mettre en place une séquence d'enseignement-apprentissage de courte durée (six heures) sur une QSS en classe, pour des élèves du secondaire (français), sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation, parmi plusieurs chauffages ayant des sources

énergétiques différentes, dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s) ;

b) Concevoir un environnement d'apprentissage-enseignement d'une séquence, qui s'intègre avec un curriculum traditionnel et qui permet d'encourager les élèves à s'engager dans une argumentation sur une QSS, à mobiliser des arguments de qualité, mais aussi à mobiliser des connaissances (conceptuelles Scientifiques et techniques) en relation avec la QSS en question.

En particulier, nous cherchons à répondre aux questions de recherche suivantes :

a) Quelle relation éventuelle existe-t-il entre les contenus de l'argument, en particulier la mobilisation de connaissances (conceptuelles Scientifiques et techniques), et la structure de l'argument mobilisé par les élèves lors de prises de position sur le choix énergétique d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat ?

b) Et qu'en est-il de cette relation éventuelle lors d'une argumentation de nature différente (écrite individuelle, pré-test et post-test, orale lors de discussions de groupes, lors de la présentation de groupes et durant le débat de toute la classe) ?

Remarque :

Nous optons, en particulier, dans notre thèse pour étudier l'argument en tant que produit ou substance de l'argumentation et non pas le processus d'argumenter (Osborne et al. 2004: 998). Cela se fait dans le cadre d'une argumentation dialogique ou multi-voix, lors de laquelle différentes perspectives sont examinées et où le but est d'atteindre un accord sur des déclarations ou sur des actions acceptables (Driver et al. 2000 : 291-292). Ces arguments dialogiques peuvent être rencontrés avec un seul individu ou à travers un groupe social, où la construction d'un argument implique la prise en compte de positions alternatives vis-à-vis de la question à examiner (Driver et al. 2000).
En outre, nous cherchons à étudier en particulier la structure (ou la complexité) et le contenu de l'argument et d'une façon secondaire la nature de la justification de l'argument (Sampson et Clark, 2008 : 449).

Par contre, nous ne cherchons pas à étudier dans notre thèse les processus de prises de décisions sur une QSS ni les interactions sociales en groupes lors de prises de décisions. Nous ne visons pas non plus, à étudier du raisonnement moral ou le mode de raisonnement (intuitif, rationnel ou émotif).

Chapitre 3 : Étude socio-épistémologique et socio-technique de la question des débats sur le climat et l'énergie

Ce chapitre comprend une étude socio-épistémologique du régime climatique, notamment, la place de l'énergie dans ce régime.
Cette première étude sera complétée par une autre sur la place qu'occupe, éventuellement, la question du chauffage pour une habitation dans le régime climatique-énergétique, ainsi qu'une étude socio-technique de la question du choix d'un système de chauffage pour une habitation.

Nous élaborons dans cette partie, en corrélation avec notre cadre théorique (voir chapitre 2, cadre théorique, 2.3.2.1. Une analyse socio-épistémologique et socio-technique), une étude socio-épistémologique de la question climatique et la place de la question énergétique (notamment, le chauffage) dans ces débats sur le climat ainsi qu'une étude socio-technique de la question du choix d'un système de chauffage pour une habitation. Nous visons, entre autres par cela étudier, les éléments scientifiques/techniques et sociaux (e.g. économiques, politiques, environnementaux...) relatifs à ces questions. Pour cela nous explicitons la méthodologie adoptée pour réaliser cette étude et les résultats obtenus.

3.1. Ancrage théorique

Pour réaliser notre étude socio-épistémologique et socio-technique de la question des débats sur le(s) changement(s) climatique(s) et identifier leur(s) interrelations éventuelles avec la question de l'énergie, notamment, la question du choix d'un système de chauffage, nous nous sommes basés, surtout, sur Albe (2007 ; 2009a,b) afin d' établir la méthodologie à adopter pour cette analyse (voir chapitre 2, cadre théorique, §2.3.2.1. Une analyse socio-épistémologique et socio-technique).

Pour identifier les différentes références aux savoirs savants et sociaux à propos de telles QSS, nous envisageons :
D'établir l'état des lieux des savoirs scientifiques autour du climat et de(s) changement(s) climatiques qui se développent dans le cadre des institutions diverses, notamment dans des communautés scientifiques universitaires ; ensuite, nous élargissons notre approche en visant des liens avec d'autres groupes de références scientifiques. Nous visons aussi à identifier certaines pratiques sociales de référence des communautés qui développent ces savoirs.
Ensuite, nous élargissons notre analyse pour identifier les acteurs et les éléments sociaux qui sont en jeu et des débats lancés dans la société sur la QSS , les changement(s) climatique(s), notamment, à la lumière de la question de l'énergie et plus spécifiquement la question du chauffage.

En outre, l'étude socio-épistémologique nous permettra entre autres, de se situer et d'établir un contexte authentique[20] à notre situation d'enseignement en relation avec la QSS (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002 : 1172-1173).

20 Nous comprenons par un contexte authentique dans le sens qu'il fournisse aux élèves un problème ouvert qui a une pertinence personnelle pour eux (Daprès Roth et Roychoudhury, 1993 dans Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002: 1172-1173) ; en outre, les problèmes authentiques doivent demander l'utilisation de critères, pour les preuves et les justifications, similaires à celles qu'utilisent les scientifiques (Dushl et Gitomer, 1996, dans Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002). En particulier, ces questions authentiques : « *Authentic problems do not need to be 'true', but the issue chosen is a real problem and it adds motivation and interest for the students, offering them the possibility of discussing it in the classroom and trying to influence, to some extent, the real world outside the classroom*. » (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002 : 1172-1173).

3.2. États des lieux des connaissances actuelles sur la question climatique

Nous entamons notre étude de l'état des connaissances actuelles sur le climat par l'exploration de trois livres universitaires majeurs de climatologie, destinés notamment, à enseigner les physiciens, chimistes et même ingénieurs voulant faire carrière dans la physique et la chimie de l'atmosphère. Ce choix est basé sur le fait que les sciences de l'atmosphère englobent aussi le champ émergent des dynamiques climatiques (Wallace et Hobbs, 2006 : 2-3)[21] et prend en compte la différence de positions des auteurs de ces livres autour des débats actuels sur le(s) changement(s) climatique(s) et notamment, la question clé par rapport aux des gaz à effet de serre anthropiques (voir paragraphe suivant).
Il s'agit d'identifier par la suite les scientifiques ou groupes de scientifiques s'intéressant à la question du(es) changement(s) climatique(s) et impliqués dans les débats qui s'y rapportent.

Ainsi, et pour élaborer une synthèse des connaissances scientifiques actuelles sur la question climatique nous partons des questions suivantes: *Qu'est ce que le climat? Quelles différences existe-il entre l'étude du Climat et de la Météo? Et quels sont les éléments qui interviennent dans le climat et dans le(s) changement(s) climatique(s), notamment, le rôle des Gaz à Effet de Serre (GES) ?* Quelles sont l*es incertitudes et les limites des connaissances scientifiques actuelles sur la question ?*
Nous nous focalisons par la suite sur le rôle des GES dans la question du climat et des incertitudes et des limites des connaissances scientifiques actuelles sur cette question. Nous indiquons dans l'annexe de la thèse (c.f. Annexe Chapitre 3) les éléments relatifs aux deux premières questions.

---

21 *Les sciences de l'atmosphère*: sont relativement récentes. Elles concernent la structure et l'évolution de l'atmosphère planétaire et une variété de phénomènes qui y sont liées. Les sciences de l'atmosphère peuvent être considérées une des sciences de la Terre ou de la géoscience. Elles représentent (entre autre une fusion particulière d'éléments de la physique, chimie et des dynamiques des fluides (Wallace, Hobbs, 2006: 1)).
A titre d'exemple, pour la chimie de l'atmosphère elle s'intéresse à l'étude des composants chimiques de l'atmosphère. D'après ce champ d'étude, les constituants chimiques de l'atmosphère ne vont pas jusqu'au bout de leurs cycles de vie indépendamment des cycles des différentes espèces qui sont liés ensemble d'une façon complexe. Ainsi, une perturbation d'un des composants peut mener à des changements significatifs et non linéaires, d'autres composants et à des réactions qui peuvent amplifier ou limiter la perturbation d'origine (Seinfeld et Pandis, 2006 : x).
En outre, d'après Wallace et Hobbs (2006 : 2-3) les sciences de l'atmosphère englobent aussi le champ émergent des dynamiques climatiques. Récemment (depuis une génération) les changements climatiques étaient considérés, par la plupart des scientifiques de l'atmosphère, comme se manifestant à des échelles tellement longues que, pour différents buts, le climat présent pourrait être décrit en termes d'éléments statistiques standards, par exemple la température moyenne-climatique (ou normale) de janvier. En effet, la climatologie et le changement climatique étaient considérés comme deux champs séparés, la première une branche des sciences de l'atmosphère et la dernière étant largement des compétences des disciplines comme la Géologie, la Paléo-botanique, et la Géochimie. Parmi les facteurs qui ont contribué de l'émergence d'une vision plus dynamique du climat sont :

– Une documentation indiquant une tendance cohérente de variations (climatiques) d'une année à une autre à des échelles larges de la planète qui apparaissent en associations avec « El-Niño ».

– Des preuves indirectes (proxies) basées sur des sources variées (en particulier, les cœurs de sédiments océaniques et les carottes de glaciers) indiquant des changements climatiques cohérents, larges et espacés qui sont apparus à des échelles de temps d'un siècle ou même inférieur.

– L'augmentation de la température moyenne-globale de la surface (de la Terre) durant le 20ème siècle et des projections d'une augmentation plus grande durant le 21é siècle dû à des activités humaines.

Notons que nous ne prétendons pas faire une revue bibliographique « complète » sur la question du climat ou des changements climatiques, mais nous visons plutôt à cerner des éléments scientifiques majeurs sur la question du climat. Notre objectif est de comprendre la question climatique, quelques éléments scientifiques en jeu et les limites des connaissances actuelles sur la question climatique soulevées dans les différentes communautés scientifiques. Cette étude nous permettra par la suite, d'établir différents savoirs de référence, notamment sociaux, en relation avec ces débats sur le(s) changement(s) climatique(s). Le résumé nous permettra d'élaborer les éléments scientifiques dans notre séquence d'enseignements sur la QSS traitée dans notre recherche.

3.2.1. L'état des lieux des connaissances scientifiques sur la question climatique en référence à des livres universitaires

Nous retenons en premier lieu trois références majeures utilisées aux États Unis et dans d'autres pays du monde dans l'enseignement universitaire et relatives à différents champs des sciences de l'atmosphère : « *Atmospheric science : an introductory survey* / John M.Wallace, Peter V. Hobbs.[22]—2nd ed. © 2006, Elsevier." ; "*Atmospheric chemistry and physics : from air pollution to climate change* / John H. Seinfeld[23], Spyros N. Pandis[24].- 2nd ed. © 2006, John Wiley & Sons" ; et "*Chemistry of the upper and the Lower atmosphere, Theory, Experiments and Applications*/ Barbara J. Finlayson-Pitts, Jane N. Pitts, Jr.[25] © 2000, Academic Press".

Les trois livres cités ci-dessus affichent des positions distinguées et même divergentes vis-à-vis de la question socio-scientifique climatique.

Pitts et Pitts (2000) indiquent qu'il y a bien eu une augmentation, au cours du siècle dernier, des émissions de gaz anthropiques, surtout du CO_2, essentiellement à cause de la combustion des fossiles dans l'atmosphère menant à un changement significatif dans sa concentration atmosphérique (p. 762). Toutefois les auteurs critiquent les conclusions rapides concernant l'impact de ces changements sur le climat. Elles indiquent que certains fondements scientifiques peuvent supposer que ces changements chimiques dans l'atmosphère auront un impact sur le climat. Mais ils restent très sceptiques là-dessus. Ils indiquent que l'interaction entre tous les facteurs concernés d'une part et leurs impacts quantitatifs finaux d'autre part, ne sont pas, actuellement très bien compris et qu'ils nécessitent davantage de recherches. On lit: « *Thus, there is a sound scientific basis for anticipating that chemical changes in the atmosphere will impact climate. However, the interplay between all of the contributing factors and hence the ultimate quantitative impacts are, at present, not well understood and the subject of intense research activity.* (Pitts et Pitts, 2000, p.4)».
En particulier, les variabilités naturelles compliquent la mesure des influences anthropiques sur le climat, surtout, lorsque des effets des émissions dues aux activités humaines peuvent se manifester dans un siècle ou plus pour certains gaz.

Seinfeld et Pandis (2006) et Wallace et Hobbs (2006) qui ont publié leurs livres six

22 University of Washington
23 *California Institute of Technology*
24 *University of Patras and Carnegie Mellon University*
25 *Department of Chemistry, School of Physical Sciences, University of California, Irvine, California.*

ans après celui de Pitts et Pitts (2000) et un an avant la parution des conclusions du quatrième rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC, 2007) (dont on expliquera le rôle par la suite), ont des positions différentes sur la question.

Wallace et Hobbs (2006 : 2-3), semblent rejoindre la position de Pitts et Pitts (2000), et considèrent que la question (scientifique) du réchauffement dû à l'effet de serre, attribué à l'accumulation du dioxyde de carbone et d'autres traces de gaz dans l'atmosphère libéré par l'activité humaine, demeure non résolue et pose de nouveaux défis pour la chimie de l'atmosphère et pour le domaine de la Géochimie. On lit « *There is also mounting evidence of the influence of human activity on the composition of the global atmosphere...The ozone destruction was found to be caused by the breakdown of chlorofluorocarbons (CFCs), a family of synthetic gases that was becoming increasingly widely used for refrigeration and various industrial purposes... Knowledge gained from atmospheric chemistry research has been instrumental in the design of policies to control and ultimately reverse the spread of acid rain and the ozone hole.* ***The unresolved scientific issues surrounding greenhouse warming caused by the buildup of carbon dioxide and other trace gases released into the atmosphere by human activities pose a new challenge for atmospheric chemistry and for the broader field of geochemistry.*** *(p.2)*».

En revanche, Seinfeld et Pandis (2006 : 5), se distinguent des deux autres auteurs et indiquent que les preuves sont indiscutables et que les émissions de traces de gaz dans l'atmosphère, les gaz à effet de serre, ont la capacité de conduire à une augmentation de la température de la Terre de plusieurs degrés Celsius. On lit : «*Until recently, climate was assumed to change on a timescale much much longer than our lifetimes and those of our children.* ***Evidence is indisputable, however,*** *that the release of trace gases to the atmosphere, the "greenhouse gases" has the potential to lead to an increase of the Earth's temperature by several degrees Celsius.(p.5)* ». Les auteurs indiquent aussi que la température moyenne de la Terre a augmenté de 0.6°C durant le siècle passé. Ils avancent certaines estimations: avant la révolution industrielle le fait de doubler la quantité de CO_2 d'un mélange de 280 ppm par volume aurait pu mener à une augmentation de 1.5-4.5°C. Suivant les auteurs aussi, un réchauffement de 2°C mènera, au climat le plus chaud jamais enregistré sur Terre depuis 6000 ans ; et une augmentation de 4,5°C pourrait faire revenir la planète Terre à des températures qui remonteraient à l'époque Mésozoïque- soit l'époque des dinosaures.

Remarque : nous indiquons en annexe de cette thèse (voir Annexe, Chapitre 3) quelques notions scientifiques fondamentales pour la compréhension des sciences du climat.

3.2.1.1. Le(s) changement(s) Climatique(s) : la part des gaz à effet de serre ?

Au cours des dernières décennies, on a dans certains domaines, reconnu davantage l'impact sur l'environnement (qu'il soit avéré ou potentiel) des activités humaines, non seulement à des échelles locales et régionales, mais aussi à des échelles globales.

Cela est particulièrement vrai dans le cas des changements de la composition et de la chimie de l'atmosphère provoquées par certaines activités humaines. La diminution de la couche

d'ozone stratosphérique par les chlorofluorocarbones est un exemple aux preuves irréfutables (Pitts et Pitts, 2000: 12 et 762-829).

Un autre exemple dans un domaine à échelle globale, est l'impact potentiel des traces de gaz et des particules d'aérosols sur le climat.

Depuis plus d'un siècle le scientifique Joseph Fourier a reconnu que les gaz atmosphériques jouent un rôle central dans la détermination du climat de la Terre. Il indique dès 1827 que la chaleur est piégée dans l'atmosphère. En 1861, John Tyndall montre que le O_2, N_2 et H_2 n'absorbent pas les radiations infrarouges mais que le CO_2 et NO_2 (ainsi que d'autres composants organiques) le font. Ainsi, Arrhenius (1896) prend en considération l'influence du changement du CO_2 dans l'atmosphère, sur la température de la Terre à cause de l'absorption des radiations infrarouges. Il estime, par exemple, que la température peut s'élever de 8-9°C en augmentant le CO_2 atmosphérique (présent en 1896) de 2,5-3 fois (Pitts et Pitts, 2000: 762).

Les radiations solaires rentrantes déterminent (entre autres) la température de la surface de la Terre. Les scientifiques, en prenant en compte l'effet de serre au niveau global en tant qu'équilibre énergétique entre Terre et atmosphère, et en estimant que le flux des radiations solaires à l'extérieur de l'atmosphère en tant que corps noir est de 6000°K, représenteraient ainsi la moyenne globale de la radiation et de l'équilibre énergétique par unité de surface de la surface de la Terre (voir figure ci dessous).

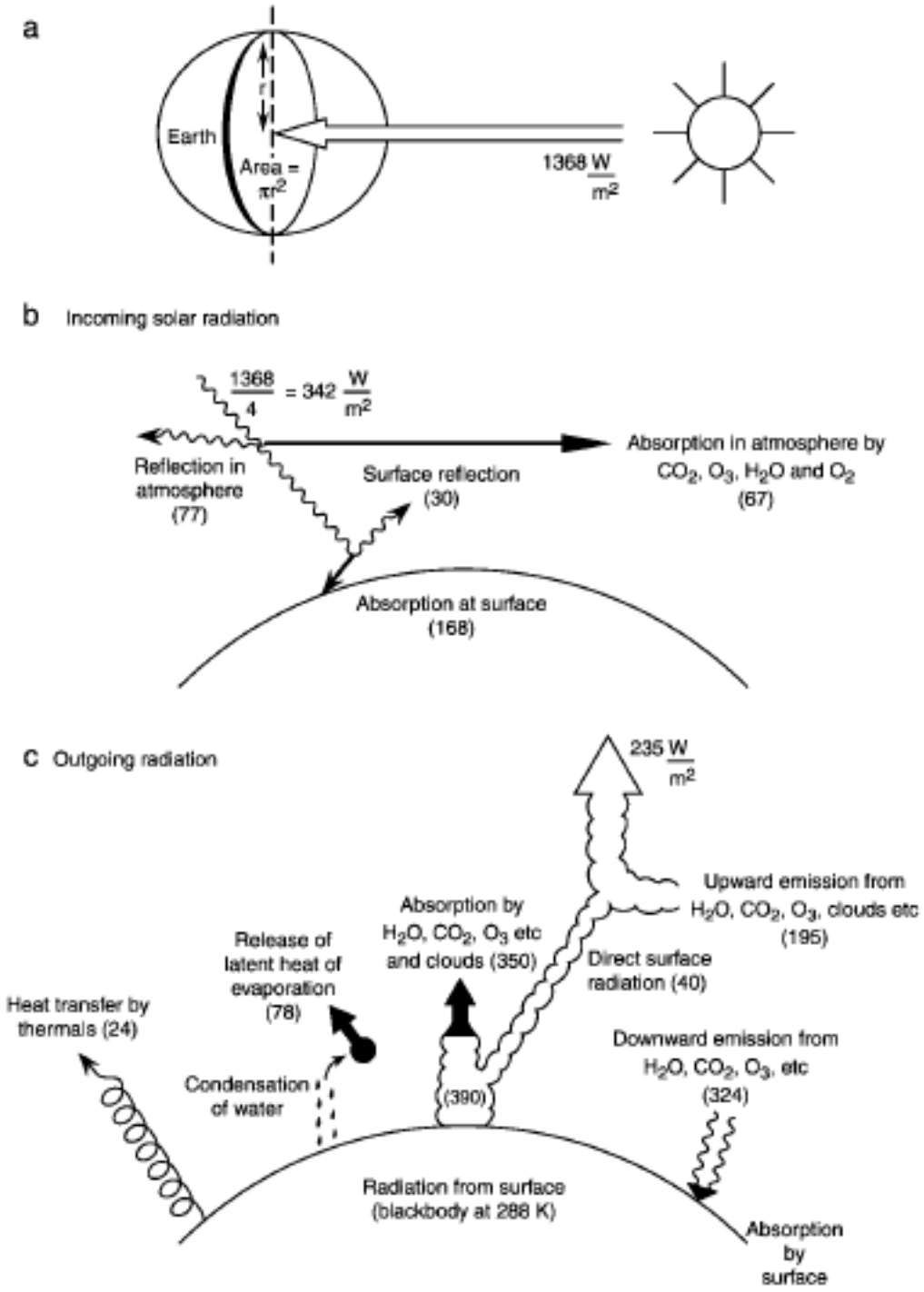


Illustration 7: la moyenne globale de la radiation et de l'équilibre énergétique par unité de surface de la surface de la Terre. Les nombres entre parenthèses sont l'énergie en unités de W. m^{-2} (tirès de Pitts et Pitts 2000: 764).

On estime ainsi la température moyenne approximative à la surface de la Terre, grâce à la présence de l'atmosphère (entre autres, la présence des gaz comme le CO_2,

H_2O, O_3 et O_2), à 15°C ; en l'absence de cette atmosphère la température serait de l'ordre de –19°C.

Or, les interrelations entre la composition chimique de l'atmosphère et le climat sont très complexes. Si les émissions de CO_2 ont augmenté dramatiquement au cours du siècle passé, principalement dues à la combustion des fossiles avec la révolution industrielle, et amenant à des augmentations considérables des concentrations atmosphériques du CO_2, mais aussi en altérant l'équilibre radiatif en piégeant davantage les radiations infra-rouges terrestres qui mènent à un niveau plus grand d'énergie convertie en énergie thermique dans la troposphère ; en parallèle, les concentrations d'autres gaz à effet de serre (comme le O_3, N_2O et CH_4 dont leurs sources majeurs sont d'origine biologique) ont aussi considérablement augmenté. **Dans une vision simple on pourrait supposer que ces augmentations mèneront à des augmentations de la température de surface, notamment suivant l'accord général dans le GIEC (1996) une augmentation de 0,3-0,6 °C a été enregistrée ce siècle dernier.**

Or, les interrelations entre tous les facteurs et une ultime quantification des impacts ne sont pas, à présent, très bien comprises et sont le sujet de recherches intensives. Les variabilités naturelles, en particulier, compliquent la mesure des influences anthropiques sur le climat, surtout, lorsque les effets des émissions dues aux activités humaines peuvent se manifester dans un siècle ou plus, pour certains gaz.

3.2.1.2. Des éléments intervenant dans le climat et les incertitudes qui y sont liées

Pour Pitts et Pitts (2000), l'augmentation -à titre d'exemple- de la température de la surface tout au long du siècle passé, n'était pas continue. Elle s'est manifestée d'abord par une augmentation entre 1910 à 1940 et puis dès 1975 et jusqu'à présent, les dernières années étant parmi les plus chaudes depuis ~1860, l'année du début de la documentation intensive des mesures.

Une des manifestations des émissions anthropiques prévue est l'augmentation de la température de l'air et de la surface des océans. Il y a eu plusieurs analyses de ces températures dont il existe des registres significatifs, basées sur des mesures instrumentales faites sur un nombre donné de régions et qui datent depuis 1860. D'autres données, plus limitées, proviennent d'altitudes plus élevées dans la troposphère et la stratosphère. D**urant les années 1861 et 1890, une augmentation de la température de la surface de ~0,3-0,6°C est remarquée avec une incertitude de 0.15°C. Or, cette augmentation n'était pas continue.** En revanche, l'augmentation durant les dernières 40 années est à peu près 0.2°C-0.3°C. Les changements des températures varient géographiquement et avec les saisons. En outre, bien que les températures de la surface soient clairement en train d'augmenter, certaines mesures des satellites suggèrent que l'air dans la troposphère est en train de se refroidir en altitude, et cela n'était pas prévu. Ces résultats sont controversés. **Il y a des variétés d'émissions anthropiques qui sont supposées entraîner un réchauffement (e.g. Les GES) ou un refroidissement (e.g. Augmentation des concentrations des particules d'aérosol). Pour quantifier ces contributions sur les changements des températures du sol, il est nécessaire d'abord de comprendre et préciser les changements dûs à des processus naturels, comme les variabilités solaires. Or, réaliser ceci d'une façon précise et fiable reste une tâche très complexe et difficile (Pitts et Pitts, 2000).**

Les températures et d'autres mesures indirectes du changement climatique dans le passé ~ 10^5 années :

L'un des moyens pour élucider les contributions des variabilités naturelles sur les tendances des températures récentes est d'examiner les marqueurs de températures à des échelles bien plus longues, bien avant l'époque industrielle. L'un des moyens utilisés est l'étude des carottes de glace. **Il y a un certain accord sur les registres climatiques et les compositions atmosphériques dans les glaces au cours des derniers 110 000 ans. Au delà de ces dates, il y a incertitude sur la datation de ces carottes**.

Ces méthodes consistent à analyser l'air attrapé lors des formations de ces glaciers afin de déterminer la composition de l'atmosphère de l'époque. En parallèle, la composition de la carotte pouvait être utilisée pour inférer la température de l'atmosphère de l'époque, à l'aide de la composition isotopique en particulier du rapport du $^{18}O/^{16}O$ et D/H. Notons une différence d'âge entre la glace formée et l'air emprisonné dans les carottes de glaces et qui peut aller de 220-700 ans, jusqu'à plusieurs milliers d'années, et cela est dû à certaines porosités des carottes. En outre, une autre incertitude pourrait provenir de la formation du CO2 à cause de carbonate au sein même des bulles emprisonnées. **En résumé, les registres des carottes de glaciers et autres registres de longues durées ont montré qu'il y a eu des changements dramatiques dans le passé, certains dont la durée était aussi longue ou même plus courte que celle de la vie humaine. Séparer ces variabilités naturelles des perturbations anthropiques reste un défi majeur, surtout lorsque il est possible que les émissions anthropiques agissent de sorte à précipiter ou pousser le système climatique à une transition rapide d'un état à un autre.**

D'autres effets sont prévus en parallèle avec l'augmentation de la température comme des changements dans les précipitations ou une augmentation du niveau de la mer estimée déjà à ~10-25 cm durant les dernières 40 années.

Si des estimations à l'aide des modèles et des scénarios proposés supposent une augmentation de la température d'ici 100 ans dû à l'activité humaine, notamment l'augmentation des GES, d'autres éléments doivent être pris en compte, notamment les aérosols et les réactions des systèmes climatiques pour élucider une quantification de ces changements qui reste un défi pour le 21^{e} siècle.

L'effet net de gaz à effet de serre, comme le CO_2, sur la température dépend de l'altitude et de la température (voir figure ci dessous). Ainsi, le CO_2 dans la troposphère mène à un réchauffement, tandis que dans la stratosphère il mène à un refroidissement. Cela peut aussi avoir un effet potentiel sur les processus de circulations atmosphériques.

Le méthane, de son côté, est émis par des processus naturels et d'origines humaines. Si les sources majeures semblent être connues, il y a certaines incertitudes sur les magnitudes absolues de leurs contributions ainsi que les facteurs qui les influencent (Pitts et Pitts, 2000, p. 777).

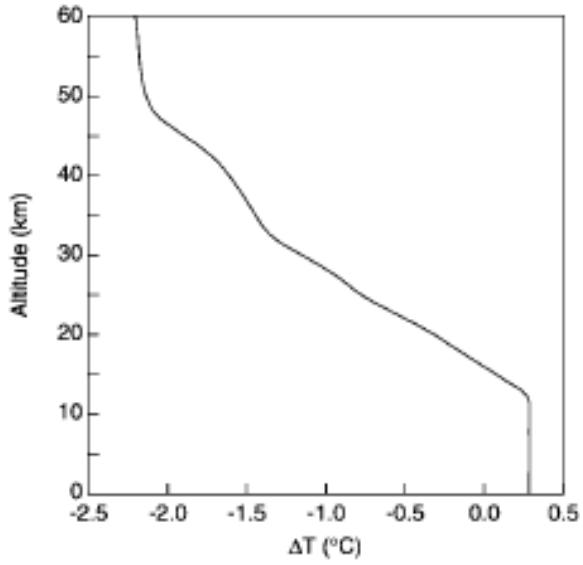


Illustration 8: un modèle-calcul représentant les changements de la température atmosphérique en fonction de l'altitude et de l'augmentation de la concentration en CO_2 de 315 ppm en 1960 à 370 ppm projetée en 2000 (aucune rétroaction du système climatique à cette augmentation est prise en compte) adaptée de Rind et Lacis (1993) dans Pitts et Pitts 2000: 769)

En outre, des preuves géochimiques indiquent que l'oxygène atmosphérique est passée par une augmentation drastique approximativement il y a 2300 millions d'années (Kasting, 2001 dans Seinfeld et Pandis, 2006 : 1). **Or, ce qui a déclenché l'augmentation est toujours un sujet de débats.** Même si on estime qu'une bactérie était derrière cette augmentation, en revanche, on ne sait pas pourquoi cette bactérie l'a faite à ce moment, surtout qu'elle existait déjà en nature 400 millions d'années avant le début de la production de l'oxygène.

D'après Pitts et Pitts (2000: 12 et 762-829) :

Etant donné que les variations du flux solaire ont joué un rôle important dans le climat par le passé, les comprendre et les quantifier permettront de comprendre les impacts anthropiques potentiels sur le climat. Or, les températures observées lors des dernières trois décennies sont plus élevées que prévues à cause de la variation solaire et ont été interprétées par beaucoup de chercheurs dans le domaine comme les premiers signes des perturbations anthropiques du climat.

Les océans et l'atmosphère sont bien liés, or il n'est pas clair comment les changements dans les uns impactent des changements sur l'autre.

Il y a des variétés d'émissions anthropiques supposées mener à un réchauffement (e.g.

les GES) ou un refroidissement (e.g. Augmentation des concentrations des particules d'aérosol). Pour **quantifier ces émissions anthropiques contribuant aux changements des températures du sol, il est nécessaire d'abord, comme nous avons indiqué précédemment, de comprendre et préciser les changements dus à des processus naturels, comme les variabilités solaires.**

L'un des moyens pour déterminer les contributions des variabilités naturelles et leur influence sur les changements des températures récemment est d'examiner les marqueurs de température à des échelles bien plus longues, autrement dit bien avant l'époque industrielle. Un des moyens est l'étude des carottes de glace. Il y a un certain accord sur les registres climatiques et compositions atmosphériques dans les glaces pour **au moins 110 000 ans. Au delà de ces dates il y a des incertitudes sur la datation de ces carottes. Les registres des carottes des glacières et autres registres de longues durées ont montré qu'il y a eu des changements dramatiques dans le passé, certains durant ou même plus courts qu'une durée de la vie humaine. Séparer cette sorte des variabilités naturelles des perturbations anthropiques reste un défi majeur,** surtout lorsqu'il est possible que les émissions anthropiques pourraient agir pour précipiter ou pousser le système climatique dans une transition rapide d'un état à un autre.

Remarque : la majorité de ce qu'on connaît à propos des causes des variations climatiques d'une année à une autre est basée sur des expériences numériques avec des modèles numériques (Wallace et Hobbs, 2006 : 425).

***Les aérosols* : les effets des particules des aérosols sont encore plus complexes que d'autres. Leurs impacts peuvent altérer les propriétés radiatives de la Terre, à la fois à travers des effets directs comme le dispersement ou la diffraction, et, à une échelle plus faible, absorption des radiations solaires ainsi qu'à travers les effets indirects en altérant les propriétés des nuages. Alors que le forçage radiatif est un moyen pratique pour examiner le potentiel des perturbations des variations anthropiques sur le climat, il ne peut pas être utilisé d'une façon additive pour prévoir les impacts ultimes.**

L'évaporation et les nuages : (*Des réactions à un changement climatique*) : Un réchauffement peut être associé à une augmentation d'évaporation de l'eau des océans et donc une amplification de l'effet de serre et du réchauffement. Or, cette hypothèse reste controversée. En outre, des recherches sont toujours à entreprendre pour déterminer s'il y a augmentation de la formation de nuages et si leurs origines est anthropique et si ces nuages auront un forçage positif ou négatif entre autres dû à des excès d'absorption de la lumière.

La Cryosphère : Une autre réaction du réchauffement climatique est la fonte des glaciers et de la neige qui sont des surfaces très réfléchissantes.Leur fonte fera donc apparaître des surfaces plus obscures et donc plus absorbantes de radiations amenant ainsi à une réaction et un forçage « positif ».

Les variations liées au soleil : le soleil est un élément important du climat. Le soleil assure l'équilibre énergétique de la Terre, alors toute variation même minime peut entraîner une altération significative du climat de la Terre.
L'un des paramètres supposé faire varier le flux des radiations solaires entrant (la distribution géographique des radiations solaires) est la variation du mouvement orbital de la Terre par

rapport au soleil qui semble avoir varié (< 1%) et laissé des impacts sur le climat. Connu sous le nom de mécanisme de Milankovitch, cette variation semble avoir les périodicités respectives suivantes : 20000, 40000, 100000 et 400000 ans.

Un autre élément est le rayonnement solaire, souvent constant de 1368 $W.m^{-2}$. Or, une variation naturelle appelée les points clairs et obscurs du soleil, qui apparaît approximativement tout les 11 ans (ou reliée à un autre phénomène appelé Hale cycle, qui apparaît chaque 22 ans), a une amplitude de variations des radiations de ~ 0,1% .

Les variations du flux solaire ont joué un rôle important au niveau du climat dans le passé et les comprendre et les quantifier permettra de comprendre les impacts anthropiques potentiels sur le climat. Or, les températures observées au cours des dernières trois décennies sont plus importantes que prévu par rapport à la variation solaire et ont été interprétées par beaucoup de chercheurs dans le domaine comme les premiers signes des perturbations anthropiques du climat.

Les éruptions volcaniques

Il a été constaté que les éruptions volcaniques modifient le climat de la Terre à travers l'injection d'une grande quantité de SO_2 dans la stratosphère. L'oxydation en sulfate des particules qui font la diffraction des radiations solaires incidentes, amène à un refroidissement de la surface de la Terre. Ces particules absorbent aussi les radiations terrestres infra-rouges de longueur d'onde assez longues et réchauffant ainsi la stratosphère.
En résumé, une éruption volcanique a un effet radiatif net négatif amenant à un refroidissement.

Les océans

Les océans ont un effet énorme sur le climat à travers différents mécanismes. Globalement, les océans absorbent la chaleur et les GES, comme le CO_2, qui mènent à ces changements et provoquant un décalage temporaire à ces perturbations atmosphériques. Autres phénomènes comme El-Niño (les cyclones), ont aussi un impact considérable sur le climat. En outre, les systèmes de la circulation des océans ont un impact, bien documenté, sur le climat.

3.2.2. L'état des lieux des connaissances scientifiques sur la question Climatique d'autres groupes (d'experts)

Le changement climatique jadis sujet scientifique complexe est devenu un thème politique aux enjeux internationaux comme nationaux, économiques, sociaux et diplomatiques mettant en compétition des intérêts économiques, des conceptions du droit et de l'équité et faisant diverger les choix politiques.

La question du réchauffement climatique ou de(s) changement(s) climatique(s), suscite aussi des débats sur la façon avec laquelle les savoirs sont produits. Ceci nous mène à nous intéresser aux régimes de production des savoirs scientifiques (sciences de la nature et/ou sciences économiques et sociales) dans leurs interactions avec la politique en suivant les recherches de Dahan-Dalmedico[26] (2007 : 7-18, *112-137*). L'utilisation d'un nombre d'outils comme les modèles et les scénarios, en sont un exemple.

« *Le mot régime, dans le sens des « sciences studies » et non par les sciences politiques, est utilisé par de nombreux auteurs pour caractériser les modes de productions du savoir scientifique contemporain, quand il se déploie pour résoudre des problèmes en liens organiques avec des pratiques industrielles, des choix économiques, des régulations politiques et juridiques, des débats éthiques et sociaux* » *(*Dahan-Dalmedico, 2007 : 114*)*.

Pointant le rôle d'expert que joue le GIEC et d'autres institutions dans la question climatique, nous exposerons dans les paragraphes qui suivent, la montée du GIEC et le rôle qu'il joue en tant qu'expert, les rapports qu'il produit, les débats politiques que génère le rôle attribué à ce groupe d'expert, et la place qu'occupent les modèles climatiques et des scénarios dans l'établissement du climat actuel et des prévisions climatiques futures.

Nous complétons notre travail par une étude d'autres groupes d'experts scientifiques majeurs qui ce sont ou s'intéressent à la question climatique, en indiquant, entre autres, leurs positions par rapport à la question climatique et/ou par rapport au GIEC.

3.2.1.1. Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), le quatrième rapport d'évaluation[27] (2007)

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) ou le Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) est un groupe incontournable et souvent cité, entre autres, dans les références scientifiques sur la question climatique et aussi, dans les citations contenues dans les livres universitaires ci-dessus vis-à-vis de la question climatique. Nous présentons dans ce paragraphe ce groupe d'experts, sa genèse, le rôle et les fonctions qu'il s'est attribué ainsi qu'un exemple du contenu des rapports qu'il a réalisé et et du mode de leur production et nous nous attarderons sur le quatrième rapport produit en 2007.

26 *Les modèles du futur. Changement climatique et scénarios économiques: enjeux scientifiques et politiques.* Amy Dahan-Dalmedico (dir.), 2007, édit. La Découverte.

27 GIEC, 2007 : *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, …, 103 pages.

3.2.1.1.1 *Qui est-ce groupe (sa genèse)* [28] *?*

La question de réchauffement climatique commence au début des années 1980. Lors de la première conférence mondiale sur le climat organisée à Genève en 1979 par l'OMM pour prévoir et prévenir les conséquences possibles humaines qui peuvent être nuisibles au bien-être humain *(Albe, 2007 ; site du GIEC 2007).*

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été établi en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), qui l'ont chargé d'évaluer les informations scientifiques relatives au changement climatique, de mesurer les conséquences environnementales et socio-économiques de ce changement et de formuler des stratégies de parade réalistes. Depuis lors, le GIEC a publié plusieurs évaluations de fond dans le but d'aider les gouvernements à élaborer et à mettre en place des politiques pertinentes en la matière et qui ont en particulier permis lors des Conférences des Parties (COP) à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), adoptée en 1992, et à son Protocole de Kyoto, adopté en 1997, de disposer d'avis sur la question.

Depuis sa création, le GIEC a fait paraître une série de rapports d'évaluation en 1990, 1995, 2001 et le rapport de 2007 (et un dernier rapport en 2013), de rapports spéciaux, de documents techniques et de rapports méthodologiques.

Le GIEC a pour mandat d'évaluer les informations scientifiques, techniques et socio-économiques afin de donner aux décideurs une perception nette de l'état actuel des connaissances scientifiques sur le changement climatique.
Le GIEC n'a pas vocation à effectuer des recherches, à exploiter des modèles ou à prendre des mesures du climat ou des phénomènes météorologiques. Son rôle consiste à évaluer la documentation scientifique, technique et socio-économique qui permet de comprendre les changements climatiques, leurs répercussions et les risques futurs, ainsi que les solutions envisageables en matière d'adaptation et d'atténuation. Les équipes d'auteurs évaluent de « façon critique » les informations à incorporer au rapport, quelle qu'en soit la source.

Dans les premiers rapports du GIEC la question scientifique à travers le groupe I est la question très en pointe et le premier rapport de 1990 qui établissait la différence entre le changement climatique d'origine anthropique de la variabilité climatique naturelle qui ont entraîné par l'assemblée générale des nations unies la convocation d'une conférence à Rio de Janeiro en juin 1992 (Dahan-Dalmedico, 2007).

D'autres réunions sont aussi organisées à la fin de chaque année dans le cadre des conférences des Paries (COP). Dans le cadre de ces réunions, autres que le GIEC, des pays ou coalitions de pays, des ONG, des institutions de recherches, des représentants de l'industrie, des agences énergétiques comme l'Agence internationale de l'énergie participent. Depuis 1992, la Conférence des Parties (CdP ou COP) s'est tenue à plusieurs reprises.

Une Convention-Cadre sur les Modifications Climatiques des Nations Unies (sigle en

28 "*Fiche d'information sur le GIEC: Sur quels documents le GIEC se fonde-t-il?*" tirè du site officiel du GIEC : https://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/factsheets/FS_ipcc_assess_fr.pdf ; consulté pour la dernière fois le 11/05/2014

anglais, FCCC)[29] a été adoptée et signée par 162 pays en 1992 au Sommet de la Planète Terre de Rio. Avec 26 articles, composés d'objectifs, principes, engagements et recommandations, la FCCC est un modèle pour les actions de précaution contre la menace du changement climatique mondial. L'objectif final du FCCC est de: Réaliser la stabilisation des concentrations en gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêcherait une interférence dangereuse avec le système climatique ; Un tel niveau devrait être atteint dans une période de temps suffisante pour permettre aux écosystèmes de s'adapter naturellement au changement climatique, de s'assurer que la production de nourriture n'est pas menacée et de permettre au développement économique de continuer d'une façon durable.

Pour atteindre ces objectifs, les parties ou les pays adhérant à la Convention, ont été guidés par un certain nombre de principes, dont certains sont les suivants :

* le climat mondial devrait être protégé au profit des générations présentes et futures;

* les nations développées devraient prendre un rôle important dans le combat contre le changement du climat, en raison du fait que la plupart des émissions des gaz à effet de serre proviennent des nations développées;

* les besoins et les circonstances spéciales des pays en voie de développement, en particulier ceux vulnérables au changement du climat, devraient avoir une considération complète;

* une approche de précaution afin d'atténuer ou empêcher les effets du réchauffement de la planète devrait être adoptée, même lorsque la certitude scientifique est indisponible, pour s'assurer les plus grands avantages possibles globaux aux coûts les plus bas possibles;

En adoptant le FCCC, ses objectifs et principes, chaque partie était investie dans un certain nombre d'engagements, y compris l'enregistrement des émissions de gaz à effet de serre nationales, du développement des programmes de réduction d'émission des gaz à effet de serre, de la protection des puits de gaz à effet de serre tels que les forêts, l'éducation, la formation et le développement de la conscience publique au problème du réchauffement de la planète. A titre d'exemple, Le Royaume-Uni a signé la Convention-Cadre en 1992, l'a ratifiée en décembre 1993 et a publié son premier " UK Programme of Climate Change " en janvier 1994. Ce Programme est en train d'être passé en revue.

Au Sommet de la Planète Terre en 1992 il était convenu que les nations investies dans le FCCC se réuniraient régulièrement pour passer en revue le progrès fait pour réaliser des réductions dans les émissions des gaz à effet de serre. Au Sommet de la Planète Terre de Rio il était convenu que les émissions des gaz à effet de serre, en particulier le dioxyde de carbone, devraient être stabilisées aux niveaux 1990 d'ici l'année 2000. A la troisième Conférence des Parties (COP) à Kyoto, au Japon, en 1997, les nations participantes ont convenu une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 5% d'ici 2008-2012.

Dans le but de lutter contre le réchauffement climatique de la planète, l'accord de Kyoto (1997)[30], prévoit une réduction globale des émissions des GES par les pays riches souhaitant

29 D'après Albe 2007, p . 262 et le site du FCCC: www.ace.mmu.ac.uk/eae/french/Global_warming/Older/FCCC.html

30 Le protocole de Kyoto (1997) un résumé, la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC) :

adhérer au protocole, d'au moins 5% par rapport aux niveaux de 1990 dans la période d'engagement 2008 à 2012. Un accord, non obligatoire, a été conclu à Kyoto visant la réduction de l'émission des gaz à effet de serre anthropiques mais il n'a pas été signé par certains pays y compris des pays industriels émetteurs de ces gaz.

Les deux réunions mondiales à Rio 1992 et Kyoto 1997 (suivies plus tard par d'autres réunions, comme celles de Copenhague (2009), Cancun (2010), Doha (2012), Lima (2014)) sous la tutelle des Nations Unies regroupent différents pays, y compris des pays industriels, pétroliers et sous-développés pour discuter éventuellement des différentes mesures dans l'intention de lutter contre les changements climatiques et environnementaux, en particulier, la déforestation, la réduction de la couche d'ozone, et les émissions de gaz à effet de serre anthropiques soupçonnés d'être responsables du réchauffement climatique au niveau de la planète surtout au cours des 50 dernières années.

3.2.1.1.2 Le quatrième rapport du GIEC (2007)

Le quatrième Rapport de synthèse (RSY) a été adopté à Valence (Espagne) le 17 novembre 2007. Il constitue la dernière partie du quatrième Rapport d'évaluation, dont les trois volumes précédents sont parus successivement cette même année sous le titre *Bilan 2007 des changements climatiques*. On y trouve un résumé des conclusions exposées dans les rapports des trois Groupes de travail, où l'accent est mis sur les aspects qui intéressent particulièrement les décideurs: le rapport indique une position sur la question du changement (réchauffement) du climat actuel et la place des activités humaines sur ces éventuels changements ; décrit les incidences des changements éventuels (du réchauffement planétaire) déjà observables et anticipées ; présente les possibilités d'adaptation de nos sociétés soucieuses de réduire leur vulnérabilité ; et analyse les coûts des politiques et des technologies à mettre en œuvre pour limiter la portée des changements futurs.

Le quatrième Rapport d'évaluation est un ouvrage qui s'appuie sur les travaux d'une vaste communauté de chercheurs. Plus de 500 auteurs principaux et 2 000 examinateurs spécialistes de ces questions ont participé à la rédaction de ce document, qui a été soumis à l'examen minutieux des représentants d'une centaine de nations.

Le rapport de synthèse indique l'existence de deux types de révisions du rapport (p.94-99) :

un premier examen, concernant la version préliminaire du rapport de synthèse qui a été envoyée, pour examen officiel, à plus de 2 400 experts ainsi qu'aux 193 gouvernements membres du GIEC, qui ont formulé des observations au sujet de cette version préliminaire du RSY et dont les observations ont été prises en compte (suivant le GIEC) par l'Équipe de rédaction principale lors de la révision du projet de rapport.

Un deuxième examen par des éditeurs-réviseurs, consiste à s'assurer que toutes les observations importantes formulées par les experts et les gouvernements ont bien été prises en compte par l'Équipe de rédaction principale. Deux éditeurs-réviseurs ont été désignés pour chaque point de ce Rapport de synthèse. Ils confirment que toutes les observations ont été prises en considération, conformément aux procédures du GIEC.

Le GIEC a toujours associé à ses travaux un large éventail de spécialistes issus de pays

https://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/feeling_the_heat/items/3294.php

en développement et de pays à économie en transition ; (un fonds d'affectation spéciale permet d'octroyer l'aide financière nécessaire pour assurer leur présence aux réunions).
Une coopération de tous les représentants gouvernementaux est visée lors des réunions du GIEC dans le but de parvenir à un consensus.

Le quatrième rapport comprend un résumé à l'intention des décideurs suivi d'une synthèse des informations figurant dans les contributions des trois Groupes de travail au quatrième Rapport d'évaluation, à savoir le rapport du Groupe de travail I sur les bases scientifiques physiques, le rapport du Groupe de travail II sur les conséquences, l'adaptation et la vulnérabilité et le rapport du Groupe de travail III sur l'atténuation des changements climatiques. Le rapport s'inspire aussi d'autres publications du GIEC, en particulier les rapports spéciaux parus avant la rédaction du quatrième rapport.

Le rapport de synthèse:

Le Rapport de synthèse a été rédigé par une équipe spécialement constituée à cette fin, formée des auteurs des rapports des trois Groupes de travail, sous la conduite du président du GIEC. Le rapport de synthèse ne se limite pas aux questions scientifiques mais intègre aussi des éléments sociaux-économiques-politiques-environnementaux relatifs à la question.

Les points traités dans le rapport :

Point 1 – Changements climatiques observés et effets constatés sur les systèmes naturels et les sociétés humaines, selon les informations provenant des Groupes de travail I et II.
Point 2 – Causes naturelles et anthropiques de l'évolution du climat. On analyse les liens entre les émissions et la concentration des gaz à effet de serre, le forçage radiatif et les changements climatiques qui en résultent. On détermine également dans quelle mesure les changements climatiques observés et leurs effets sur les systèmes physiques et biologiques sont attribuables à des causes naturelles ou aux activités humaines.
Point 3 – Changements climatiques anticipés et incidences attendues, selon les rapports établis par les trois Groupes de travail.
Point 4 – Possibilités et mesures d'adaptation et d'atténuation, telles qu'elles sont recensées dans les rapports des Groupes de travail II et III. Dans cette partie, on analyse aussi les corrélations des changements climatiques et des mesures prises pour y faire face avec le développement durable.
Point 5 – Perspectives à long terme et aspects scientifiques, techniques et socioéconomiques de l'adaptation et de l'atténuation, conformément aux objectifs et aux dispositions de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).
Point 6 – Conclusions robustes et incertitudes clés.

L'état des connaissances actuelles vis-à-vis des changements climatiques et les projections futures, d'après le résumé à l'intention des décideurs du quatrième rapport du GIEC (2007)

Pour ce qui est de la question du changement climatique il est indiqué qu'un réchauffement actuel du système climatique de la planète est en cours, à des échelles

différentes en fonction des régions, des continents et des océans ; il est décelé notamment par des « observations » qui reflètent entre autres des augmentations des températures de la surface et des océans, un retrait de la couverture neigeuse et des glaciers, une élévation du niveau moyen de la mer, des variations des précipitations, des phénomènes météorologiques extrêmes et des altérations de différents systèmes écologiques biologiques ; ce réchauffement est sans précédent, depuis plusieurs centaines d'années :

« *Les changements* ***climatiques observés*** *et les effets constatés (p.2-3):*

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une ***hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige*** *et de la glace et une* ***élévation du niveau moyen de la mer****...*

Les observations effectuées sur tous les continents et dans la plupart des océans montrent qu'une multitude ***de systèmes naturels sont touchés*** *par les changements climatiques régionaux, en particulier par la hausse des températures...*

Les changements climatiques régionaux commencent à avoir d'autres effets sur le milieu naturel et l'environnement humain (degré de confiance moyen), bien que nombre de ces effets soient difficiles à cerner en raison de l'adaptation et des facteurs non climatiques...

Il est très probable que les températures moyennes dans l'hémisphère Nord ont été plus élevées pendant la seconde moitié du XXe siècle que durant n'importe quelle autre période de cinquante ans au cours des cinq derniers siècles, et ***il est probable qu'elles ont été les plus élevées depuis 1 300 ans au moins.****»*

Les causes principales de l'évolution du climat actuel sont attribuées principalement à des variations dans la composition chimique de l'atmosphère, notamment les émissions des GES d'origine anthropique, en particulier les combustibles fossiles, qui sont le moteur d'un forçage positif. Seuls les modèles climatiques tenant compte du forçage anthropique arrivent à simuler les configurations du réchauffement observées et leurs variations :

« Les causes de l'évolution du climat (p.5) :

Les variations de la concentration de gaz à effet de serre (GES) et d'aérosols dans l'atmosphère, de la couverture végétale et du rayonnement solaire modifient le bilan énergétique du système climatique...

Les émissions mondiales de GES imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque préindustrielle ; la hausse a été de 70 % entre 1970 et 2004 *(figure RiD.3)...*

En 2005, les concentrations atmosphériques de CO2 (379 ppm) et de CH4 (1 774 ppb) ont largement excédé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. La cause première de la hausse de la concentration de CO2 est l'utilisation de combustibles fossiles *; le changement d'affectation des terres y contribue aussi, mais dans une moindre mesure. Il est très probable que l'augmentation observée de la concentration de CH4 provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles ; cette progression s'est toutefois ralentie depuis le début des années 1990, ce qui concorde avec le fait que les émissions totales (anthropiques et d'origine naturelle) ont été quasi constantes durant cette période. Quant à la hausse de la concentration de N2O, elle est essentiellement due à l'agriculture. {2.2}...*

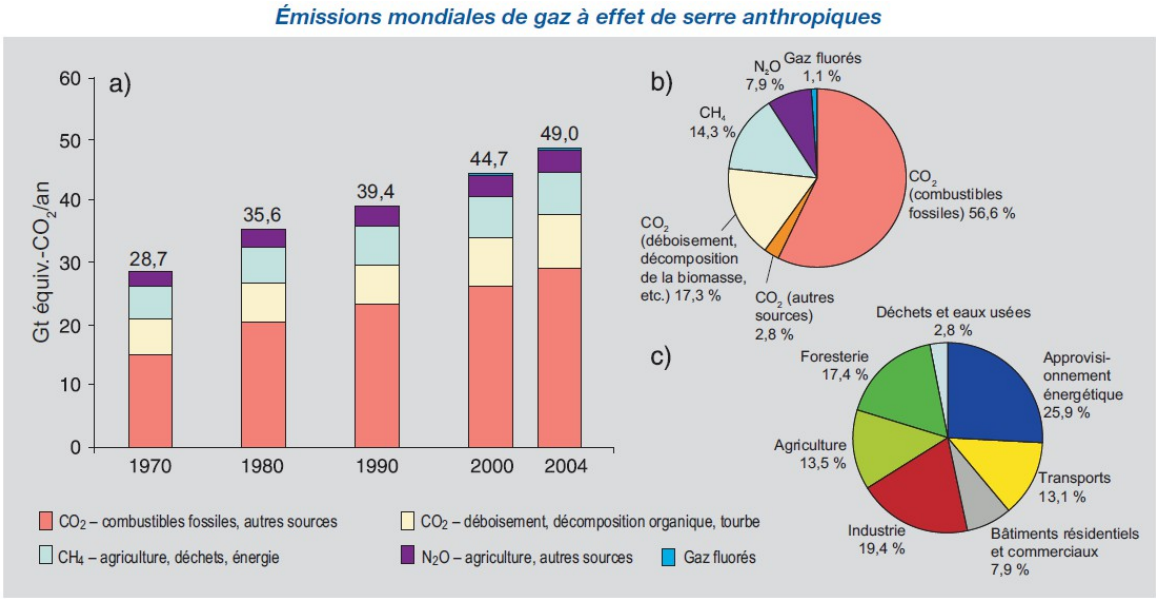


Illustration 9: Figure RiD.3. a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–20045. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO_2. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO_2.(La foresterie inclut le déboisement). {Figure 2.1} (d'après le GIEC 2007: 5)

Depuis 1750, sous l'effet des activités humaines, les concentrations atmosphériques de CO_2, de méthane (CH_4) et d'oxyde nitreux (N_2O) se sont fortement accrues ; elles sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs historiques déterminées par l'analyse de carottes de glace portant sur de nombreux millénaires.
***L'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du XXe siècle est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de GES anthropiques**. Il est probable que tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, ont généralement subi un réchauffement anthropique marqué depuis cinquante ans ...*

***À lui seul, le forçage total produit par l'activité volcanique et les fluctuations du rayonnement solaire depuis cinquante ans aurait probablement dû refroidir le climat. Seuls les modèles qui tiennent compte des forçages anthropiques parviennent à simuler les configurations du réchauffement observées et leurs variations.** Il reste difficile de simuler et d'imputer l'évolution des températures aux échelles sous-continentales...*
Grâce aux progrès accomplis depuis le troisième Rapport d'évaluation, il est possible de déceler l'incidence des activités humaines sur différents aspects du climat, outre la température moyenne."

En outre, le résumé à l'intention des décideurs du rapport indique, en reproduisant des simulations de différents scénarios d'émissions mondiales de GES, que ce réchauffement se poursuivra dans les décennies qui viendront, et probablement à un rythme plus rapide, vu les politiques mondiales actuelles d'atténuation des émissions des GES anthropiques, notamment le CO_2 provenant d'origine fossile. On indique aussi que le réchauffement continuera par effets rétroactifs, même si des mesures ont été prises. On indique aussi, certains des impacts de ces changements climatiques susceptibles de se produire, entre autres, l'augmentation de la température, les variations dans les précipitations, la diminution des surfaces enneigées, les

régimes du vent, l'augmentation des taux de la salinité des océans, des impacts sur la vie maritime et la biodiversité ainsi que des phénomènes climatiques extrêmes :

"Les changements climatiques projetés et les effets attendus (p.7):

Vu les politiques d'atténuation et les pratiques de développement durable déjà en place, les émissions mondiales de GES continueront d'augmenter au cours des prochaines décennies *(large concordance, degré élevé d'évidence)...*

Selon le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES, 2000), les émissions mondiales de GES (en équivalent-CO_2) augmenteront de 25 à 90 % entre 2000 et 2030 (figure RiD.5), ***les combustibles fossile****s gardant une place prépondérante parmi les sources d'énergie jusqu'en 2030 et au-delà. On obtient des fourchettes comparables avec les scénarios plus récents qui ne prévoient pas de mesures additionnelles de réduction des émissions...*

Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface

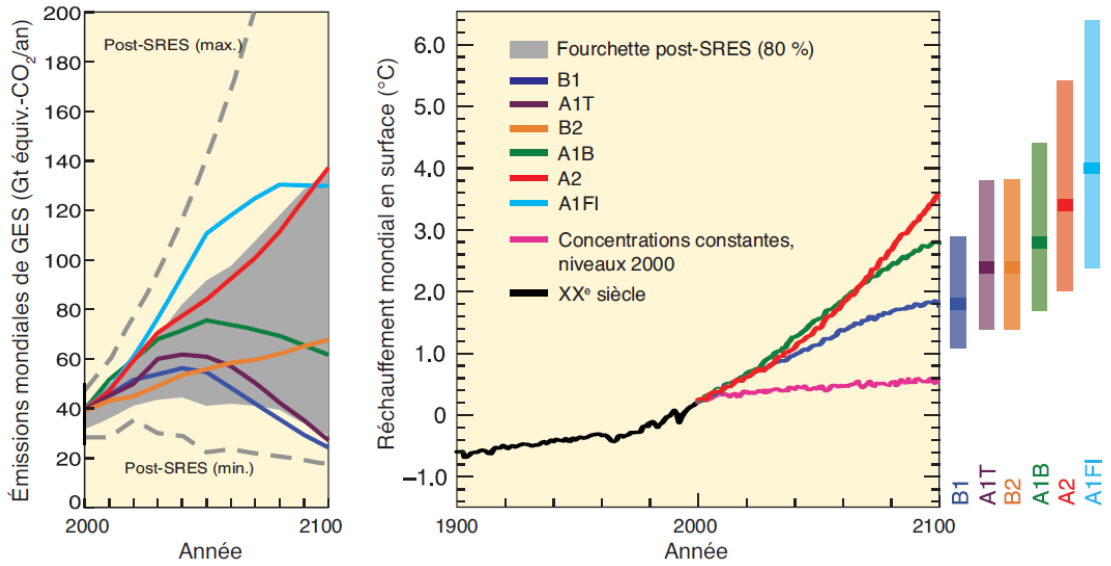


Illustration 10: Figure RiD.5. À gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO_2) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées) et intervalle au 80e percentile des scénarios publiés depuis le SRES (post-SRES, partie ombrée). Les lignes en pointillé délimitent laplage complète des scénarios post-SRES. Les GES sont le CO_2, le CH_4, le N_2O et les gaz fluorés. À droite : Les courbes en trait plein correspondent auxmoyennes mondiales multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XXe siècle.Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveauxde 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999. {Figures 3.1, 3.2} (D'après GIEC 2007: 7)

La poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXIe siècle. ***Il est très probable que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XXe siècle****...*

Un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions SRES. Même si les concentrations de l'ensemble des GES et des aérosols avaient été maintenues aux niveaux de 2000, ***l'élévation des températures se poursuivrait à raison de 0,1 °C environ par décennie****. Les projections à plus longue échéance divergent de plus en plus selon le scénario utilisé.*
Un degré de confiance plus élevé que dans le troisième Rapport d'évaluation est associé aux projections concernant les configurations du réchauffement et d'autres particularités de portée régionale, dont la ***modification des régimes du vent, des précipitations et de certains aspects des phénomènes extrêmes et des glaces de mer...***
Les études postérieures au TRE permettent de mieux comprendre la chronologie et l'étendue des incidences selon l'ampleur et le rythme des changements climatiques...
La fixation du carbone anthropique émis depuis 1750 a abaissé le pH des océans de 0,1 unité en moyenne. La hausse de la ***concentration atmosphérique de CO2 a accentué encore l'acidité du milieu marin****. Selon les projections fondées sur les scénarios SRES, le pH moyen des océans en surface devrait baisser de 0,14 à 0,35 unité au cours du XXIe siècle. Les effets sur la biosphère marine ne sont pas connus à ce jour, mais on pense que le phénomène aura* ***une incidence néfaste sur les testacés et crustacés marins (les coraux, par exemple) et sur les espèces qui en sont tributaires****...*
Le changement de fréquence et d'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes, *conjugué à l'****élévation du niveau de la mer****, devrait avoir surtout des* ***effets néfastes sur les systèmes naturels et humains*** *...*

Même si les concentrations de gaz à effet de serre étaient stabilisées, ***le réchauffement anthropique et l'élévation du niveau de la mer se poursuivraient pendant des siècles en raison des échelles de temps propres aux processus et aux rétroactions climatiques****. Le réchauffement anthropique pourrait avoir des conséquences brusques ou irréversibles selon l'ampleur et le rythme de l'évolution du climat. »*

Les possibilités d'adaptation et d'atténuation

Dans le résumé à l'intention des décideurs du rapport du GIEC, des questions socio-économiques et politiques s'ajoutent à l'état des connaissances scientifiques sur la question du climat. En particulier, le résumé à l'intention des décideurs indique les conséquences de ce réchauffement, les possibilités d'adaptation face au réchauffement de la planète ainsi qu'un appel à une politique d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre, dans le but de limiter ou diminuer les impacts du réchauffement climatique prévus suivant des modèles numériques. Le rapport encourage l'élaboration de politiques socio-économiques gouvernementales, notamment à travers une coopération internationale, dans le but d'atténuer les conséquences économiques du réchauffement climatique sur la société mais aussi sur les pertes économiques provoquées par ce changement climatique. Il s'agit entre autres, parmi les procédures potentielles à adopter, d'une politique de développement durable, de l'encouragement de la production de technologies adaptées et de l'évaluation et la gestion des risques.

« Les possibilités d'adaptation et d'atténuation (p. 14-18):

Les possibilités d'adaptation sont multiples, mais il est impératif d'intensifier l'action engagée si l'on veut réduire la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques. ***Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement... La capacité d'adaptation, intimement liée au développement socioéconomique, est inégalement répartie entre les sociétés et au sein de ces dernières...***
Selon les études ascendantes et descendantes réalisées à ce jour, ***il existerait un potentiel économique appréciable d'atténuation des émissions mondiales de GES pour les prochaines décennies,*** *qui pourrait neutraliser la hausse prévue de ces émissions ou les ramener sous les niveaux actuels (large concordance, degré élevé d'évidence)... Les résultats des deux types d'études concordent à l'échelle*

du globe, mais des écarts considérables existent entre les secteurs...
Les gouvernements peuvent mettre en œuvre un large éventail de politiques et d'instruments destinés à stimuler l'atténuation, mais les possibilités d'application dépendent des circonstances nationales et du secteur visé...

La coopération internationale peut contribuer de bien des manières à réduire les émissions mondiales de GES*. Parmi les résultats les plus remarquables de l'action menée au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto figurent l'élaboration d'une réponse mondiale face aux changements climatiques,* ***l'adoption d'une panoplie de politiques nationales et la création d'un marché international du carbone et de mécanismes institutionnels sur lesquels pourront s'appuyer les efforts futurs*** *(large concordance, degré élevé d'évidence). Les questions d'adaptation sont en outre mieux prises en compte dans le cadre de la CCNUCC, et l'on envisage de prendre d'autres initiatives internationales...*

Dans plusieurs secteurs, il est possible de créer des synergies sans nuire à d'autres dimensions du développement durable. ***De fait, les décisions concernant les politiques d'ordre macroéconomique et d'autres politiques non climatiques peuvent avoir une incidence notable sur les taux d'émission, la capacité d'adaptation et la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques****. »*

« Les perspectives à long terme (p. 19-22):

La détermination de ce qui constitue une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique » au sens de l'article 2 de la CCNUCC fait intervenir des jugements de valeur. Les connaissances scientifiques sont en mesure d'éclairer cette analyse, par exemple en précisant les critères à retenir pour apprécier le caractère critique d'une vulnérabilité...
Les cinq « motifs de préoccupation » exposés dans le troisième Rapport d'évaluation sont encore valables pour examiner les vulnérabilités critiques. Ils se seraient aggravés selon les analyses présentées ici. Un degré de confiance supérieur est attaché à de nombreux risques, dont certains seraient plus grands ou surviendraient à un niveau de réchauffement moindre que prévu. On saisit mieux aujourd'hui les liens qui unissent les incidences (à l'origine des « motifs de préoccupation ») à la vulnérabilité (y compris la capacité de s'adapter à ces incidences)...
Ni l'adaptation ni l'atténuation ne permettront, à elles seules, de prévenir totalement les effets des changements climatiques (degré de confiance élevé). Les deux démarches peuvent toutefois se compléter et réduire sensiblement les risques encourus. »
« Il est possible de diminuer, de différer ou d'éviter de nombreux effets grâce aux mesures d'atténuation. Les efforts et les investissements qui seront réalisés dans les vingt à trente prochaines années auront une incidence notable sur la possibilité de stabiliser les concentrations à un niveau relativement bas. Tout retard pris dans la réduction des émissions amenuiserait sensiblement cette possibilité et accentuerait les risques d'aggravation des effets »
« Tous les niveaux de stabilisation analysés pourraient être atteints en déployant un éventail de technologies qui sont déjà commercialisées ou qui devraient l'être d'ici quelques décennies, à condition toutefois que des mesures adaptées et efficaces stimulent la mise au point, l'acquisition, l'application et la diffusion de ces technologies et éliminent les obstacles connexes (large concordance, degré élevé d'évidence) »
« En règle générale, les coûts macroéconomiques de l'atténuation augmentent parallèlement à la rigueur des objectifs de stabilisation. Ils s'écartent considérablement de la moyenne pour certains pays et secteurs...
Faire face aux changements climatiques suppose ***un processus itératif de gestion des risques*** *qui prenne en considération les mesures d'atténuation comme les mesures d'adaptation et qui tienne compte des dommages et des avantages connexes,* ***de la durabilité, de l'équité et de l'attitude à l'égard des risques*** *»*

3.2.1.1.3 Les étendues des débats sur la question climatique

Des enjeux socio-politiques

L'organisation *« d'institutions (scientifiques) internationales est à cette époque* [dans les années cinquante] *l'un des moyens d'action de la politique américaine contre le communisme, une politique enracinée dans une conception des relations entre le politique et la science qui postule un lien étroit entre progrès scientifique et croissance économique* » (Dahan-Dalmedico, 2007 : 115). Si les États-Unis ont joué un rôle déterminant en mettant une pression sur le conseil exécutif de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) pour la création du GIEC, les points de vue américains étaient aussi variés que concurrents. Il y avait d'une part une administration républicaine qui ne pensait pas que le réchauffement climatique justifiait évidemment une action politique et d'autre part, des agences comme l'Agence américaine pour le protection de l'Environnement (EPA) qui soutenait l'idée d'une convention mais pas celle d'un mécanisme intergouvernemental (Dahan-Dalmedico, 2007). Avec la fin de la guerre froide, la question climatique connait un retour sur la scène internationale, surtout que des pays en développement ont profité de la mondialisation des marchés et de la délocalisation et d'un transfert de la richesse vers les pays émergents contribuant ainsi à la reprise du dialogue Nord-Sud.

Nous exposons, par la suite, différentes cartographies tirées du livre de Dahan-Dalmedico (2007) qui tentent de classer la(es) posture(s) des pays par rapport à la question climatique, tantôt en fonction de la richesse et des intérêts énergétiques et politiques du pays et tantôt en fonction du développement industriel du pays.

Cependant, nous considérons que ces classifications doivent être prises à titre indicatif et d'une façon critique. Ces classifications reflètent certes, certaines des positions affichées des pays, mais elles ne reflètent pas nécessairement les actions réelles entreprises par les pays et vice-versa. De même, les pays peuvent changer de postures et donc de classifications en fonction de l'évolution de la question et de ce qui en jeu et où englober, en même temps, plusieurs de ces classifications.

En outre, les catégories même adoptées dans ces classifications peuvent refléter déjà des postures ou des positions qui sont loin d'être neutres et qui peuvent être considérées comme controversées.

D'ailleurs, l'auteur même du chapitre du livre, nous laisse entendre que ces classifications doivent être prises d'une façon délicate et critique. On lit « *Croiser ou superposer les classifications, c'est garder à l'esprit la multiplicité des logiques et intérêts qui mobilisent chaque pays dans le domaine de la politique climatique. Par exemple, le Canada, soucieux de pratiquer une politique morale ne rompt pas avec les intérêts d'un pays plein. Contrairement aux États-Unis, il a signé le protocole de Kyoto. Pourtant sa mise en œuvre se heurte à des difficultés et à des inerties considérables que les ONG canadiennes ont vivement dénoncées lors des Conférence des Parties (CdP ou COP) numéro 11 de Montréal en décembre 2005 (Dahan-Dalmedico, 2007 : 121)* ».

Pour représenter les clivages apparus après une douzaine d'années de négociation sur la question climatique, une cartographie des pays est réalisée en 2004 (Pierre Radanne, 2004

dans Dahan-Dalmedico, 2007 : 119) fondée entre autres sur une classification en fonction de la richesse et des intérêts énergétiques ; Elle indique le regroupement des pays dans les catégories suivantes :

«

- *les pays pleins, dont la démographie présente une forte densité mais une faible croissance, et qui ont, pour la plupart, épuisé leurs ressources fossiles ; ce groupe comprend L'Europe au sens large sans la Russie, le Japon, la Nouvelle Zélande ; pour certains d'entre eux une rupture a déjà eu lieu en 1973, au moment du premier choc pétrolier qui a provoqué une réorientation des politiques et des investissements énergétiques (nucléaires et économies d'énergie) ;*
- *Les pays vides fortement industrialisés et à faible densité démographique : USA, Canada, Australie ; l'abondance de l'espace se traduit par des modes de consommation et d'urbanisme gaspilleurs d'énergie, mais ces pays disposent d'importantes ressources énergétiques, leurs croissance démographique, souvent liées à l'immigration, et leur dynamisme économique leur font rejeter toute idée d'entraves, mais avec la question climatique, ils sont confrontés pour la première fois à une limite*
- *les pays en transition industrielle plongés depuis 1990 dans le déclin comme la Russie gratifiée d'une simple stabilisation de leurs émissions à Kyoto tandis qu'ils sont en plein régression. Or, la Russie pourrait dans le future rejoindre les pays vides dont elle partage certaines caractéristiques tandis que ses-ex satellites de l'Est de l'Europe souffrent de leurs pauvreté en ressources énergétiques. »*

Un groupe de 77 + la Chine qui peut être divisé en sous groupes (Pierre Radanne, 2004 dans Dahan-Dalmedico, 2007 : 120):

«

- *L'OPEP et plus largement les pays producteurs de combustibles fossiles, notamment les pays exportateurs du charbon (Colombie, Indonésie, Australie, Afrique du Sud) qui craignent une diminution de leurs ressources financières – le débat énergétique ayant longtemps favorisé, pour des raisons politiques les pays producteurs de gaz naturel (Emirats Arabes Unis, Russie, Etats d'Asie centrale issus de l'URSS)*
- *les pays de l'OASIS, il s'agit des Etats-îles de l'océan indien et du pacifique, du Bangladesh et quelques pays menacés directement par les événements climatiques. Ces pays pauvres et fragiles ont peu de capacité d'adaptation mais leurs élites jouent un rôle très actif ce qui leur permet de peser d'avantage dans les négociations.*
- *les pays moins développés (plusieurs pays d'Afrique, le Népal...) ce sont les pays démunis qui ont peu de possibilité technologique et peu de poids dans les négociations...*
- *les pays émergents (notamment, la Chine, L'Inde, l'Afrique du Sud, le Brésil...) ces pays sortent de la spirale du sous-développement et commencent à maîtriser leurs démographie, ils manifestent leurs craintes que la négociation n'impose des limites à leurs émissions et donc à leur essor.* »

Or cette classification ne dit pas tout. Une autre classification de Robert Cooper (1999, dans Dahan-Dalmedico, 2007 : 121) classifie les États en trois catégories :

«

- *les « prémodernes » tels, par exemple, l'Afghanistan, le Liberia ou la Somalie, n'ont pas de politiques étrangères et rien à négocier ;*
- *les « modernes » comme l'Inde, la Chine ou le Brésil parties permanentes de ce grand moteur de modernisation qu'est l'Etat-nation, qui peut prétendre détenir le monopole de la violence légitime ; la défense de la souveraineté nationale y joue un rôle important ;*
- *les « post modernes » qui tels les vieux États occidentaux, ont rejeté l'usage de la force pour régler leurs différends. »*

Parmi les post-modernes S. Cohen (2003, dans Dahan-Dalmedico, 2007:121) distingue encore trois sous-catégories :

«

- *les unilatéralistes, tels que les USA, en particulier depuis le 11 septembre 2001 ;*
- *les partisans d'une diplomatie morale : des états qui comme le Canada, les pays scandinaves ou la Belgique, ont tendance à coopérer avec les instances multilatérales, les ONG internationales et font des valeurs universelles de la justice et des droits de l'homme l'un des principaux axes de leur diplomatie ;*
- *entre les deux groupes, on peut identifier les pays « pragmatiques », puissances moyennes et anciennes puissances coloniales (la France, la Grande Bretagne, ...) qui gardent un fort désir d'influencer la diplomatie et la géopolitique internationales ; leur discours de politique étrangère est volontiers moral, tout en manifestant parfois un tropisme unilatéraliste et souverainiste. »*

Un autre exemple sur les enjeux socio-politiques dans la question climatique

Lors du sommet mondial pour le Climat à Copenhague en 2009, différentes voix de divergence entre les pays se font entendre dans les médias. Certains des médias relaient, entre autres, des oppositions que nous pourrons classer par des divergences entre : des pays pauvres *vs* pays riches, pays industriels émergents *vs* pays industriels du vieux continent ; pays industriels grands émetteurs de GES *vs* pays peu émetteurs et touchés directement par le changement climatique ; des pays pro-américains *vs* pays hostiles à la politique américaine.

Bien sûr notre classification n'est pas sans intersections entre les différentes catégories.

Nous lisons :

« *L'accord final aboutit à « reconnaître » l'approche scientifique de limiter l'augmentation de la température planétaire à 2°C par rapport à l'ère préindustrielle. Le texte final ne comporte aucun engagement chiffré de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), se contentant de prôner la "coopération" pour atteindre un pic des émissions "aussi tôt que possible" » (Le Monde, 19.02.2009)*[31]. L'accord voulait allouer 30 milliards de dollars par an pour aider les pays pauvres à s'adapter au changement climatique et à activer le

31 Article du journal Le Monde : *Le bilan décevant du sommet de Copenhague*, Le Monde.fr | 19.12.2009

boisement (*The Guardian*, 19/02/2009)[32].

Toute tentative visant à réduire à 80% les émissions des GES d'ici 2030 et à fixer la hausse de température à 1.5°C (revendiquée par beaucoup de pays africains) n'a pas été retenue.

L'accord soutenu par la Chine, l'Inde, les États-Unis et le Brésil, vise une réduction de 4% des émissions des GES par rapport à l'année 1990.

Cet accord marquait une divergence entre différents pays et notamment entre la Chine et les Etats-Unis. « *Les tensions entre les deux pays ont été très vives, mais leurs intérêts contradictoires ont conduit à une alliance objective pour préserver leur souveraineté. Les deux pays échappent ainsi à tout objectif « contraignant »* » (*Le Monde*, 19/02/2009). La France, comme d'autres pays européens, était de même déçue par cet accord, géré par deux pays, les Etats-Unis et la Chine, et qui ne comprenait pas un engagement clair au sujet de la réduction de gaz à effet de Serre.

« La Chine s'est notamment opposée à la mise en place de mesures de vérification de l'application de l'accord. Certains pays, comme le Venezuela ou Cuba, ont annoncé leur intention de ne pas signer l'accord. D'autres pays, « sous-développés », [selon l'article du quotidien Le Monde] *se déclarent contre cet accord, qu'ils considèrent comme une tentative du monde riche d'échapper à ses responsabilités pour ce qui est du changement climatique. D'autres organisations et écologistes, notamment « Greenpeace » et « Children Care », estiment que cet accord est une grande déception. Nicolas Hulot, un présentateur et militant écologiste français, se dit "consterné". Le réseau international* l'*association environnementale « Les Amis de la Terre » se dit "écœurée de l'incapacité des pays riches à s'engager" ».*

3.2.1.1.4 L'évolution de l'expertise et la reconfiguration du GIEC

Depuis la création du GIEC, les différentes tensions politiques qui se sont manifestées entre différents acteurs de la question climatique ont abouti quelques fois à des modifications dans le type de fonctionnement du GIEC (Dahan-Dalmedico, 2007).

Entre 1991 et 1995 une vaste reconfiguration du régime climatique s'est clairement jouée, tantôt dû à l'insatisfaction des pays en développement tantôt par les pays industriels.
A titre d'exemple, nous citons le cas de tentative d'annulation du groupe III sous la pression des USA après le rapport de 1990 et sauvé par les autres membres du GIEC. En outre, lorsque le GIEC (1990) présente la question climatique comme un problème global, posant la question de la limite environnementale, beaucoup des pays du Sud le voit comme un problème de la surconsommation des pays du Nord.

Ces débats ont amené à changer la configuration du GIEC en trois groupes de travail, qui garde actuellement la même forme, recentrant le groupe du travail à l'évaluation des risques du changement climatique, intégrant une modalité rigoureuse du choix des experts, et un « reviewing » des résultats par des pairs.

En outre, et dans une tentative d'essayer de séparer les experts des influences politiques, la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)

32 Article du journal The Guardian: *Low targets, goals dropped: Copenhagen ends in failure. Deal thrashed out at talks condemned as climate change scepticism in action*, John Vidal, Allegra Stratton and Suzanne Goldenberg in Copenhagen, theguardian.com, Saturday 19 December 2009

crée un autre corps en 1992, le *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice* (SBSTA), qui est chargé entre autres de fournir des avis aux gouvernements, une tentative de ce régime d'une fabrication de purification de la science qui est sans cesse remise en chantier par la nature même de ce régime.

Malgré ces tentatives d'une séparation entre le scientifique (faits et connaissances) et le politique (décisions, valeurs et croyances) et l'amélioration de la qualité de l'expertise, d'autres mises en question de cette expertise visaient toujours le fonctionnement du GIEC.

Par exemple, le processus d'approbation ligne par ligne des résumés pour décideurs est bien un processus intensément politique, où s'exprime toute une gamme d'intérêts nationaux divergents où : les pays de l'AOSIS plaident pour l'introduction d'une rhétorique de risque ; les pays producteurs de pétrole plaident pour la mention répétée des incertitudes scientifiques et celle de gaz autres que le CO_2 ; les pays en développement veulent mentionner le poids des émissions passées ; les pays du Nord insistent sur les émissions futures.

Dans ce même esprit, des pays du Sud reprochent au GIEC de comptabiliser de la même manière les émissions de GES des rizières de l'Asie et les émissions de CO2 d'une voiture au Nord ; ou d'accuser les simulations numériques, par des scientifiques des pays du Sud, comme un langage du Nord qui est déconnecté de la vie des gens et de l'impact des politiques basées sur des prévisions par des modèles sur la vie rurale.

Le rôle *d'Expert :*

Le rôle d'expert qu'on attribue au GIEC nécessite une définition du terme. D'après Philippe Roqueplo (1997, dans Dalmedico-Dahan, 2007:124) deux définitions sont possibles :

« *1) comme adjectif, quand le scientifique expert est un scientifique compétent et familier d'un domaine qu'il a exploré ; 2) comme substantif, quand l'expert est appelé pour produire, aux noms de ses connaissances scientifiques, un avis fondé en vue d'une décision et d'une action politique. Il n'y a pas véritablement une activité d'expertise scientifique que dans le second cas. Or, dans l'énorme machine qu'est le GIEC, tous les scientifiques parties prenantes du processus ne se situent pas au même niveau d'activité d'expertise et la majorité des scientifiques qui passent en vue des résultats ou font la synthèse sont dans la première acception. En revanche, ceux qui doivent écrire le « résumé pour décideurs », le négocier mot par mot,sont clairement de la deuxième partie de l'acception de l'expertise.*
Or, un scientifique intervenant comme « expert » fonctionne toujours, consciemment ou inconsciemment, comme l'avocat d'une certaine cause, et cela est d'autant plus vrai qu'il considère comme cruciaux les enjeux de la décision à prendre. »

Si le modèle GIEC paraît à première vue comme reflétant le modèle linéaire entre science et société, où la connaissance précède l'application, le consensus scientifique précède la décision politique, il s'avère qu'il est toujours difficile de séparer le politique du scientifique.
Le GIEC a orienté, sans que ça soit sa mission ou qu'il ait les moyens, le champ de la recherche, notamment la recherche sur le changement climatique (Dalmedico-Dahan, 2007).

3.2.1.2. Autres groupes

Bien que le GIEC soit un groupe incontournable dans la question du climat, ce groupe et ses politiques envisagées, ont soulevé des réactions de différents chercheurs, institutions, associations, politiciens... pour soutenir les travaux et les résultats scientifiques et socio-économiques indiqués par ce groupe ou en revanche d'autres qui mettent en cause et même s'opposent aux résultats, aux méthodes d'élaboration, aux présentations des conclusions, à la méthode de gouvernance dans le GIEC et/ou aux objectifs mêmes du GIEC ou des politiques qui y sont liés.

Nous présentons dans cette partie un ensemble de ces groupes en question, tout en se focalisant principalement sur la question scientifique et dans un autre temps en établissant les éventuelles questions socio-économiques en relation avec le climat.

Le choix de ces groupes s'est fait, entre autres, sur la base de la présentation des acteurs de la question scientifique à travers des exemples qui reflètent la diversité et l'étendue des débats scientifiques et des sous-questions (par exemple socio-politique-économique) sous-jacentes qui y sont liées, notamment, la question énergétique.

Nous cherchons à cerner certains des éléments majeurs controversés et des acteurs qui se sont intéressés à la question du climat, y compris, les éléments scientifiques et/ou socio-économiques relatifs à la QSS en question.

3.2.1.2.1. Global Warming Petition project

Une pétition[33] est lancée en 1998 aux Etats-Unis, par un ensemble de scientifiques américains, en réaction à l'accord de Kyoto (1997), pour contourner, d'après le site de la pétition, le «faux consensus » prétendant qu'un réchauffement climatique est causé par une activité humaine. En outre, cette pétition indique qu'une mise en place d'une politique gouvernementale se basant sur l'hypothèse qu'un réchauffement climatique pourrait provoquer des dégâts pour la prospérité humaine et l'environnement naturel de la Terre, était inutile.
La pétition affirme avoir été signée par 31 486 américains ayant obtenu un diplôme universitaire en sciences (entre autres en relation avec les sciences du climat notamment, les sciences de l'atmosphère, ou de l'environnement, des climatologues, des informaticiens et des mathématiciens...), y compris 9 029 ayant obtenu un doctorat. La pétition attaque notamment le vice-président américain Al Gore l'accusant d'avoir signé l'accord de Kyoto (1992)[34] (Al Gore a obtenu, avec le groupe GIEC, le prix Nobel de la paix en 2007). **La pétition veut faire face à un accord, ratifié et non voté par les sénateurs américains, qui limiterait la production énergétique mondiale, se basant juste sur la crainte d'un réchauffement climatique causé par une activité humaine.**
La pétition nie tout lien avec les industriels et indique que leur financement se fait à travers des donations qui sont déduites des impôts.

De plus, la pétition met en avant un physicien très réputé aux États-Unis, Fredrick Seitz, ancien président de l'académie des sciences des États-Unis d'Amérique, et a reçu

33 Adresse Web, consultée dernièrement le 14/05/2014: http://www.petitionproject.org/index.php

34 Les Etats Unis d'Amérique signent le UNFCCC en 1998 en faveur de l'accord de Kyoto. Cependant, jusqu'à 2014 les USA ne ratifient pas l'accord et ne se force pour son application : http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php

plusieurs médailles et prix d'excellences scientifiques, et présente comme un partisan de cette pétition. Fredrick Seitz est un physicien reconnu surtout pour ses travaux en physique quantique et en physique des solides.

En outre, la pétition met en avant aussi un article qui s'intitule *« Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide »*, par ARTHUR B. ROBINSON, NOAH E. ROBINSON, ANDWILLIE SOON de l' Oregon Institute of Science and Medicine *et* qui sera par la suite, en 2007, publié dans *Journal of American Physicians and Surgeons* (2007), volume 12, pages 79-90. Dans cet article, on trouve une sorte de revue de littérature des recherches concernant le climat, il remet en cause l'hypothèse selon laquelle un réchauffement climatique était en cours et/ou était provoqué par l'activité humaine notamment les émissions des GES d'origine fossile.

La pétition indique que cet article a été revu par plusieurs scientifiques notamment par Fredrick Seitz ; et qu'il a était publié par ce journal non spécialisé, etant donné que les autres journaux ont fait un lobbying en refusant de publier l'article.

Sur le site de la pétition, dans la partie Questions Fréquentes (« Frequently Asked Questions ») et au niveau de la question 10, on retrouve parmi les éléments évoqués en référence à la question du climat, que la question énergétique est au centre du débat socioscientifique : « *Moreover, for more than 10 years t**hese proponents of world energy rationing** have consistently argued that, in view of this claimed scientific "consensus," no further discussion of the science involved in this issue is warranted before legislative action is taken **to heavily tax, regulate, and ration hydrocarbon energy.*** »

Cette pétition et l'article auquel elle fait référence, suscitent des retours et des critiques de la part dautres chercheurs ou institutions en visant notamment, à les discréditer.

A titre d'exemple, Steve Dutch un géologue de l'Université Green-Bay a Wisconsin aux États-Unis critique sur sa page personnelle de l'université[35], entre autres, les fondements et la crédibilité de Fredrick Seitz et de l'article de Robinson et al. (2007), qu'il appelle « A Global Warming Counterfeit », en indiquant et citant notamment les erreurs scientifiques contenues dans l'article. Il ajoute que les auteurs essaient de tromper le lecteur en utilisant le format adopté habituellement par l'académie des sciences américaines, afin de créer un amalgame.

Ce projet de pétition a suscité même des retours et éclaircissements dans les médias américains.

Dans le prestigieux journal New-yorkais, The New York Times, est publié le 22 avril 1998 un article intitulé « *Science Academy disputes Attack on Global Warming* »[36] où L'Académie Nationale des Sciences aux Etats-Unis nie toute implication avec le projet de pétition et le discours qu'elle fait circuler. L'académie marque sa distance aussi avec l'un de ces anciens présidents, Fredrick Seitz, signataire lui-même de la pétition. L'Académie à travers son président de l'époque Bruce Alberts, indique même que cet article (de Robinson et al. 2007) n'était pas publié (jusqu'alors), et mentionne que la pétition ne reflète pas les conclusions des rapports des experts de l'Académie.

Dans The New York Times, Dr. Robinson, interrogé par le journal, nie aussi tout lien avec l'Académie. Il indique que l'article en question n'est pas encore publié et qu'il le sera prochainement.

35 Adresse Web, consultée dernièrement le 14/05/2014: http://www.uwgb.edu/dutchs/PSEUDOSC/GlobWarm0.HTM

36 Adresse Web consultée dernière fois le 14/05/2014 : http://www.nytimes.com/1998/04/22/us/science-academy-disputes-attack-on-global-warming.html

Pour sa part, Fredrick Seitz aussi nie que l'Académie soit en relation avec cette pétition ou avec l'article et indique qu'il a demandé aux auteurs de l'article de le retirer de la pétition et de le publier dans un journal.

3.2.1.2.2. Académie Nationale des Sciences (NAS) des États-Unis

Nous avons remarqué que dans les débats soulevés par le groupe « Global Warming Petition Project » et le GIEC (2007), on fait appel (ou on s'oppose) à une prise de décision des gouvernements concernant la question climatique. Les agences scientifiques qui sont mandatées par leurs gouvernements pour jouer le rôle de conseiller pour les questions scientifiques et techniques se trouvent aussi concernées par la question climatique, le rôle que joue le GIEC et le tumulte créé par cette question. C'est en particulier, le cas de L'Académie Nationale des sciences des Etats-Unis, National Academy of Sciences (NAS), notamment, à travers le National Research Council, son pôle opérationnel.

L'Académie Nationale des Sciences des Etats-Unis est une organisation privée, à but non lucratif, distinguée par son excellence (500 membres de l'Académie ont obtenu le prix Nobel) créée par un mandat du Congrès américain et signé par le Président Lincoln en 1863. La NAS est mandatée à fournir à la nation américaine un conseil « indépendant » et « objectif » sur les questions en relation avec la science et la technologie[37].

L'Académie Nationale des Sciences à travers le National Research Council (NRC), la « Division on Earth and Life Studies » et suite à la demande de la Maison Blanche, organise un Comité des sciences sur le changement climatique « Committee on the Science of Climate Change » qui élabore un rapport[38] publié en 2001. Le but de ce comité est d'informer l'administration américaine sur la question du changement climatique et des politiques qui y sont liées ; en particulier, d'identifier les domaines des sciences des changements climatiques notamment les plus grandes certitudes et incertitudes au niveau de ces sciences et donner leurs avis si jamais il y auraient des différences essentielles entre les rapports de IPCC (ou le GIEC) et les résumés de l'IPCC :

« This study originated from a White House request to help inform the Administration's ongoing review of U.S. Climate change policy. In particular, the written request (Appendix A) asked for the National Academies' "assistance in identifying the areas in the science of climate change where there are the greatest certainties and uncertainties," and "views on whether there are any substantive differences between the IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] Reports and

37 National Academy of Sciences, Mission, site officiel consulté la dernière fois le 23/05/2014: http://www.nasonline.org/about-nas/mission/
« *The National Academy of Sciences (NAS) is a private, non-profit society of distinguished scholars. Established by an Act of Congress, signed by President Abraham Lincoln in 1863, the NAS is charged with providing independent, objective advice to the nation on matters related to science and technology. Scientists are elected by their peers to membership in the NAS for outstanding contributions to research. The NAS is committed to furthering science in America, and its members are active contributors to the international scientific community. Nearly 500 members of the NAS have won Nobel Prizes, and the Proceedings of the National Academy of Sciences, founded in 1914, is today one of the premier international journals publishing the results of original research.* »

38 Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions (Free Executive Summary). Committee on the Science of Climate Change, National Research Council, 49 pages (2001). downloaded from: http://www.nap.edu/catalog/10139.html

the IPCC summaries. (p. vii)"

En outre, le Comité vise à déterminer les tendances du réchauffement climatique durant les 100 dernières années, d'examiner ce qui est susceptible de survenir au 21e siècle et à quel point le réchauffement peut être attribué à des activités humaines :
« *The warming of the Earth has been the subject of intense debate and concern for many scientists, policy-makers, and citizens for at least the past decade. Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions, a new report by a committee of the National Research Council, characterizes the global warming trend over the last 100 years, and examines what may be in store for the 21st century and the extent to which warming may be attributable to human activity. (p.)*»

Parmi les conclusions scientifiques du rapport de 2001 :

Les GES sont en train de s'accumuler dans l'atmosphère de la Terre, comme résultat des activités humaines, causant l'augmentation des températures de la surface de l'air et de la sous-surface des océans. **Les températures sont en train d'augmenter. Les changements observés durant les dernières décennies, sont probablement dus aux activités humaines, mais on ne peut pas négliger d'autres parties significatives de ces changements qui ne sont que les reflets des variabilités naturelles.**

Ainsi les décisions politiques nationales prises maintenant et à long terme auront une influence sur le niveau des dégâts dont pourraient souffrir les populations vulnérables et les écosystèmes. **Parce qu'il y a des incertitudes considérables dans la compréhension de la manière suivant laquelle le système climatique varie naturellement et réagit aux émissions des GES et des aérosols, les estimations courantes de l'amplitude du réchauffement futur doivent être considérées comme provisoire et sujet à des ajustements dans le futur (vers le haut ou vers le bas).**
En particulier, réduire les incertitudes variées inhérentes dans les prédictions des modèles des changements climatiques globales nécessitera des avancées majeures dans la compréhension et la modélisation à la fois de (1) les facteurs qui déterminent les concentrations atmosphériques des GES et des aérosols et (2) ce qu'on appelle réactions (feedbacks) qui définissent la sensibilité du système climatique envers une augmentation de GES. De plus, il y a une pression montante d'un besoin d'un système global d'observations conçu pour superviser le climat.

Le comité est d'accord en général avec le GIEC, vis-à-vis de l'évaluation d'un changement climatique causé par des activités humaines présentées dans le groupe de travail I du rapport scientifique du GIEC. Le comité vise bien dans ce rapport à articuler d'une façon plus claire le niveau de confiance qui peut être attribué à ces évaluations et les remarques qui doivent y être attachées. Suivant le comité, cette articulation est très utile pour les décideurs politiques lorsqu'ils considèrent les variétés d'options d'atténuations et/ou d'adaptations. (p.1).

En outre, le rapport indique que la conclusion du GIEC sur le réchauffement observé durant les dernières cinquante années est probablement dû à une augmentation des concentrations des GES, reflètant d'une façon précise la pensée actuelle de la communauté scientifique sur cette question.
Le degré de confiance de l'évaluation du GIEC est plus élevé aujourd'hui qu'il y a 10 ou même 5 ans, mais des incertitudes demeurent toujours, à cause de :
(1) le niveau de la variabilité naturelle inhérente (inséparable du) au système climatique à

des échelles de temps de décennies ou des siècles ;
(2) la capacité contestable envers les modèles de pouvoir simuler d'une façon précise les variabilités naturelles à des échelles de temps longues ;
(3) le degré de confiance qui peut être placé dans les reconstitutions de la température moyenne de la surface au cours du millénaire passé et basé sur des preuves indirectes (proxies).
En dépit des incertitudes, il y a un accord général que le réchauffement observable est réel et a été considérable durant les vingt dernières années. Si ce réchauffement est bien cohérent avec les changements qui seront attendues en réponse à des activités humaines, ildépend des suppositions qu'on fait à propos de la durée historique des concentrations atmosphériques des différents agents de forçages, en particulier les aérosols. (p.3)

Si une estimation de la sensitivité climatique est utilisée, alors à peu près, 40% du réchauffement prédit est dû aux effets directs des GES et des aérosols. Les autres 60% sont causés par des rétroactions (feedbacks).

De même, le rapport de 2001 pointe aussi des remarques vis-à-vis de la gouvernance au sein des groupes et de la méthodologie de production des différents rapports réalisés par le GIEC.

Le comité trouve que le rapport du groupe du travail I est un résumé admirable sur les activités de recherches en sciences du climat, et que le rapport est résumé d'une façon adéquate dans le résumé technique. Ce résumé technique n'est pas orienté spécifiquement vers le politique.

Or, il considère que **le rapport à l'intention des décideurs reflète moins une volonté de communiquer les bases des incertitudes** et met plus le point sur des domaines importants d'intérêts associés aux changements climatique induits par les humains. Cette modification est le résultat du processus de résumer le travail des scientifiques avec les décideurs politiques dans un même document.
Par contre, les coordinateurs et les auteurs principaux de l'équipe scientifique des Etats – Unis dans le comité indiquent que (a) aucun changement n'est fait sans la convocation des auteurs principaux (même si ces auteurs représentent une petite partie des auteurs) (b) la majorité des changements qui apparaissent manquaient un impact réel. (p.4)

En outre, le rapport indique des besoins d'adresser un nombre de questions scientifiques fondamentales en relation avec l'accumulation des GES dans l'atmosphère et le comportement du système climatique, afin de pouvoir réaliser des avancées dans différents domaines de sciences et réduire les incertitudes des projections des climats futurs :

"Making progress in reducing the large uncertainties in projections of future climate will require addressing a number of fundamental scientific questions relating to the buildup of greenhouses gases in the atmosphere and the behavior of the climate system. Issues that need to be addressed include (a) the future usage of fossil fuels, (b) the future emissions of methane, (c) the fraction of the future fossil-fuel carbon that will remain in the atmosphere and provide radiative forcing versus exchange with the oceans or net exchange with the land biosphere, (d) the feedbacks in the climate system that determine both the magnitude of the change and the rate of energy uptake by the oceans, which together determine the magnitude and time history of the temperature increases for a given radiative forcing, (e) details of the regional and local climate change consequent to an overall level of global climate change, (f) the nature and causes of the natural variability of climate and its interactions with forced changes, and (g) the direct and indirect effects of the changing distributions of aerosols.
Maintaining a vigorous, ongoing program of basic research, funded and managed independently of

the climate assessment activity, will be crucial for narrowing these uncertainties.

In addition, the research enterprise dealing with environmental change and the interactions of human society with the environment must be enhanced. This includes support of (a) interdisciplinary research that couples physical, chemical, biological, and human systems, (b) an improved capability of integrating scientific knowledge, including its uncertainty, into effective decision support systems, and (c) an ability to conduct research at the regional or sectoral level that promotes analysis of the response of human and natural systems to multiple stresses.

An effective strategy for advancing the understanding of climate change also will require (1) a global observing system in support of long-term climate monitoring and prediction, (2) concentration on large-scale modeling through increased, dedicated supercomputing and human resources, and (3) efforts to ensure that climate research is supported and managed to ensure innovation, effectiveness, and efficiency. (p.5)"

Ultérieurement, en 2008, suite au fait que la question du changement climatique est devenue une question dominante dans la scène politique américaine, avec des débats sur les causes du changement climatique et par la suite sur les réponses à prendre face à ce changement climatique, des demandes sont faites par des groupes du secteur privé et par les décideurs politiques, notamment le gouvernement américain à tous les niveaux, pour avoir des stratégies informées pour répondre à ces questions : *« Climate change has become a dominant issue in U.S. policy arenas, with debates on the causes of climate change giving way to debates on the responses to climate change. The need for informed response strategies is voiced with increasing frequency by governments at all levels, as well as by groups in the private and nongovernmental sectors. With effective climate change mitigation policies still (New Directions in Climate Change Vulnerability, Impacts, and Adaptation Assessment: Summary of a Workshop, 2008, p.1) ».*
Suivant les auteurs, les effets du changement climatique toucheront tout les coins des économies et des sociétés au monde. Une adaptation est inévitable. Alors, la question qui reste à répondre suivant les écrivains du rapport, est jusqu'où les humains pourront anticiper et réduire des conséquences indésirables du changement climatique, ou plutôt remettre les réponses jusqu'après les impacts d'un changement climatique ont altéré les systèmes écologiques et économiques d'une façon assez importants que les opportunités d'adaptation deviennent limitées :

« The effects of climate change will touch every corner of the world's economies and societies; adaptation is inevitable. The remaining question is to what extent humans will anticipate and reduce undesired consequences of climate change, or postpone response until after climate change impacts have altered ecological and socioeconomic systems so significantly that opportunities for adaptation become limited. (p.1)"

Ainsi, le NRC, sous les auspices de l'académie des sciences américaine, à travers le comité des dimensions humaines du changement climatique, et suite au quatrième rapport du GIEC (2007), convoque des chercheurs américains, membres principaux du groupe de travail II (le groupe qui adresse les impacts, l'adaptation, et la vulnérabilité au changement climatique) du rapport du GIEC, des représentants des agences fédérales et d'autres individus intéressés par la question pour un atelier de travail (Workshop)[39], pour discuter des prochains pas dans le développement des besoins pressants dans le calendrier de la recherche sur la vulnérabilité, les impacts et les adaptations dans le cas d'un changement climatique. **Les présentations formelles des ateliers de travail ont été suivies par des discussions**

39 National Research Council. (2009). *New Directions in Climate Change Vulnerability, Impacts, and Adaptation Assessment: Summary of a Workshop.* Jennifer F. Brewer, Rapporteure, Subcommittee for a Workshop on New Directions in Vulnerability, Impacts, and Adaptation Assessment, Committee on the Human Dimensions of Global Change, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press. Downloaded from: http://www.nap.edu/catalog/12545.html

prolongées qui ont été résumées dans ce rapport, ainsi que des thèmes qui ont été exprimés par les participants aux ateliers. Les éléments du rapport ne peuvent pas être interprétés comme des déclarations consensuelles :

« In March 2008 a panel under the auspices of the NRC's Committee on the Human Dimensions of Global Change convened lead U.S. Authors of the IPCC Working Group II report, federal agency representatives, and other interested individuals to discuss next steps in the development of a needs-driven research agenda on climate change vulnerability, impacts, and adaptation. Formal workshop presentations were augmented by extended discussions, all of which are summarized in this report. Although this report identifies themes that were expressed by several of the workshop participants, it cannot be construed as a consensus statement. (p.2) ».

D'autres agences américaines :

D'autres agences scientifiques américaines majeures, qu'on cite brièvement, comme l'agence spatiale américaine ("National Aeronautics and Space Agency[40]" (NASA)) et l'administration nationale atmosphérique et océanique (The National Oceanic and Atmospheric Administration[41] (NOAA)), publient aussi des rapports et font leurs propres mesures sur la question des changements climatiques, en particulier concernant le sol américain.

3.2.1.2.3. Académie des sciences en France

L'académie des sciences, une des institutions scientifiques françaises, a pour vocation[42] depuis sa création, le développement des sciences et le conseil des autorités gouvernementales en ce domaine. Cette double vocation s'est renforcée au fil du temps, avec l'évolution des connaissances. Aujourd'hui, les académiciens exercent leurs missions, vis-à-vis de l'état et vis-à-vis des fondations, au sein de comités ou de groupes de travail mis en place par l'Académie.

Saisie, d'après le journal *Le Monde* et *Direct Matin*[43], par la ministre de l'enseignement supérieur et de la Recherche, Valérie Pécresse, qui demande à l'institution d'organiser "*une confrontation sereine de points de vue scientifiques, de manière à faire ressortir les points de consensus et les aspects toujours débattus*", l'académie publie en 2011 un rapport[44] sur les changements climatiques.

La demande du ministre vient suite à une sollicitation par un groupe de climatologue, une initiative "inédite", 600 climatologues, signent en mars 2010 une pétition dans laquelle ils protestent contre les attaques dont ils s'estimaient victimes depuis plusieurs semaines. Suivant le journal, les climatologues visaient entre autres, Claude Allègre, un scientifique et ancien ministre qui a publié un livre en 2010 *L'imposture Climatique* (Plon, 2010), dans lequel il attaque les climatologues, leurs travaux et leurs honnêtetés. L'article révèle aussi des tensions au sein même de l'académie et au sein de différents climatologues, indiquant des critiques

40 Site Web consulté la dernière fois le 16/05/2014: http://climate.nasa.gov

41 Site Web consulté la dernière fois le 16/05/2014: http://www.climate.gov/

42 Site Web consulté la dernière fois le 16/05/2014: http://www.academie-sciences.fr/academie/mission.htm

43 Journal, *Lemonde* pour *Direct Matin*, N° 756, Mercredi 20 octobre, 2010, "*Climat: l'Académie des sciences ménage le suspense*". http://fr.1001mags.com/parution/direct-matin/numero-756-20-oct-2010/page-12-13-texte-integral

44 Puget, Blanchet, Salencon et Carpentier (coordinateur: Chapron) (2011), "*Le Changement Climatique*", rapport de *synthèse des interventions et discussions prononcées lors du débat sur le climat le 20 septembre 2010 à l'Académie des sciences*, publié le 26 octobre 2010. http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rapport261010.pdf

envers la tenue même de la réunion à huit clos, et accusant que la plupart des académiciens ne sont des spécialistes du sujet.

Dans ce rapport[45], en particulier dans la partie conclusions, les académiciens indiquent une augmentation du réchauffement climatique de 1975 à 2003 et que cette augmentation du réchauffement est due principalement à l'augmentation des émissions du CO_2 dans l'atmosphère. En outre ils indiquent aussi les impacts de ce réchauffement sur le climat et les prévisions des modèles climatiques, malgré les incertitudes qui existent toujours, notamment, sur des connaissances de certains paramètre du système climatiques. Cependant, dans ce rapport on indique que les projections climatiques sur 30 à 50 ans restent peu affectées par ces incertitudes : « ***Des incertitudes importantes demeurent sur la modélisation des nuages, l'évolution des glaces marines et des calottes polaires, le couplage océan-atmosphère, l'évolution de la biosphère et la dynamique du cycle du carbone. Les projections de l'évolution climatique sur 30 à 50 ans sont peu affectées par les incertitudes sur la modélisation des processus à évolution lente. » (p.13)***.
Cependant, on indique aussi dans ce rapport que davantage de travail est nécessaire dans le champ à différentes échelles, notamment interdisciplinaires, pour répondre aux questions soulevées par cette problématique.

En revanche, un autre article[46], paru dans le monde du 28/10/2010 sous sa forme électronique et contenant les deux versions préliminaire et définitive du rapport de l'académie, indique que : « *La majorité des amendements apportés à cette version concernent l'influence possible du Soleil et traduisent les tensions qui traversent l'institution du Quai de Conti sur la question climatique.* » Ce même article indique que : « *Des climatologues critiquent*

45 Certaines des conclusions du rapport (Puget, Blanchet, Salencon et Carpentier (coordinateur: Chapron) (2011) p. 13):
« ***Plusieurs indicateurs indépendants montrent une augmentation du réchauffement climatique de 1975 à 2003. Cette augmentation est principalement due à l'augmentation de la concentration du CO2 dans l'atmosphère. L'augmentation de CO2 et, à un moindre degré, des autres gaz à effet de serre, est incontestablement due à l'activité humaine. Elle constitue une menace pour le climat et, de surcroît, pour les océans en raison du processus d'acidification qu'elle provoque.***
Cette augmentation entraîne des rétroactions du système climatique global, dont la complexité implique le recours aux modèles et aux tests permettant de les valider.
Les mécanismes pouvant jouer un rôle dans la transmission et l'amplification du forçage solaire et, en particulier, de l'activité solaire ne sont pas encore bien compris. L'activité solaire, qui a légèrement décru en moyenne depuis 1975, ne peut être dominante dans le réchauffement observé sur cette période.
Des incertitudes importantes demeurent sur la modélisation des nuages, l'évolution des glaces marines et des calottes polaires, le couplage océan-atmosphère, l'évolution de la biosphère et la dynamique du cycle du carbone. Les projections de l'évolution climatique sur 30 à 50 ans sont peu affectées par les incertitudes sur la modélisation des processus à évolution lente. *Ces projections sont particulièrement utiles pour répondre aux préoccupations sociétales actuelles, aggravées par l'accroissement prévisible des populations.*
L'évolution du climat ne peut être analysée que par de longues séries de données, à grande échelle, homogènes et continues. Les grands programmes d'observations internationaux, terrestres et spatiaux, doivent être maintenus et développés, et leurs résultats mis à la libre disposition de la communauté scientifique internationale. Le caractère interdisciplinaire des problèmes rencontrés impose d'impliquer davantage encore les diverses communautés scientifiques pour poursuivre les avancées déjà réalisées dans le domaine de la climatologie et pour ouvrir de nouvelles pistes aux recherches futures.

46 Foucart, Stéphane. 2010. « Un document de travail révèle les tensions au sein de l'Académie des sciences sur le climat ». *Le Monde.fr*, octobre 28, sect. Planète. http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/10/28/un-document-de-travail-revele-les-tensions-au-sein-de-l-academie-des-sciences-sur-le-climat_1432618_3244.html.

notamment l'irruption dans le rapport final d'une assertion vague et non chiffrée : "Si le cycle de onze ans de l'activité du Soleil tendait à diminuer d'intensité, comme cela a été le cas dans le passé, un ralentissement graduel du réchauffement global pourrait se produire." ».

3.2.1.2.4. Des groupes de scientifiques français

Un Géophysicien Français, Vincent Courtillot et ses collègues (Y. Gallet, J.-L. Le Mouël, F. Fluteau, A. Genevey (2007)), publient dans le journal scientifique Earth, and Planetary Science Letters, un article[47] qui a pour objets, le géomagnétisme, l'archéo-magnétisme, le paléomagnétisme et le changement climatique. Dans cet article les auteurs indiquent, entre autres, qu'il n'y a pas de facteurs de forçage, y compris les changements dans la concentration du CO_2 dans l'atmosphère, les changements dans les rayons cosmiques modulés par les activités solaires, le géomagnétisme ou autres facteurs possibles, qui peuvent être à présent négligés ou présentés comme l'unique facteur dominant du changement climatique des siècles passés :
« No forcing factor, be it changes in CO2 concentration in the atmosphere or changes in cosmic ray flux modulated by solar activity and geomagnetism, or possibly other factors, can at present be neglected or shown to be the overwhelming single driver of climate change in past centuries. (p.328)".

Cet article suscitera des critiques de la part de Bard et Delaygue (2008), des physiciens français, qui les publient aussi dans le même journal[48]. Les auteurs indiquent, entre autres, que Courtillot et al. (2007) utilisent des corrélations empiriques entre des registres géomagnétiques et des mesures indirectes (proxies) climatiques dans le but de proposer une connexion entre le champ magnétique de la Terre, l'activité solaire et le climat ; et que ces corrélations ne sont pas pertinentes. Ils pointent notamment que l'évolution du climat durant le siècle passé peut être expliquée par une combinaison de forçages naturels (volcans, soleil...) et anthropiques qui sont devenus considérables, durant la deuxième moitié du siècle passé :

"In summary, as specifically discussed in an abundant literature (Stott et al. (2000; Meehl et al. (2004) to list just two), the climate evolution over the last century can readily be explained by a combination of natural (Sun and volcanoes) and anthropogenic forcings that became significant during the second half of the century. Courtillot et al. (2007) invoked an additional forcing due to a hypothetical link between geomagnetism, cosmic rays and cloud cover. As discussed above, we find no convincing support for such a link in the data and analysis presented by the authors. Indeed, instrumental data on cosmic rays and heliomagnetic modulation do not show a long term trend that could contribute to the globalwarming observed over the last half-century. Thus, there is still no reason to invoke this speculative forcing. (p. 307)"

Par la suite, Courtillot et al (2008) en réponses aux critiques adressées de la part de Bard et Delaygue (2008) dans l'EPSL, publient aussi une réponse à ces critiques par un article[49] publié dans le même journal en 2008. Il concluent en disant que les commentaires

47 V. Courtillot, Y. Gallet, J.-L. Le Mouël, F. Fluteau, A. Genevey (2007). *Are there connections between the Earth's magnetic field and climate?*. Earth Planet. Sci. Lett., N°253, 328-339, 2007

48 Bard, E., Delaygue, G. (2007). *Comment on "Are there connections between the Earth's magnetic field and climate?" by V. Courtillot, Y. Gallet, J.-L. Le Mouël, F. Fluteau, A. Genevey EPSL 253,...,Earth. Planet. Sci. Lett. (2007).* Earth and Planetary Science Letters Volume 265, Issues 1–2, 15 January 2008, Pages 302–307.

49 V. Courtillot, Y. Gallet, J.L. Le Mouël, F. Fluteau, A. Genevey (2008). *Response to comment on "Are there connections between Earth's magnetic field and climate?, Earth Planet. Sci. Lett., 253, 328–339, 2007" by Bard, E., and Delaygue, M., Earth Planet. Sci. Lett., in press, 2007*. Earth and Planetary Science Letters 265 (2008) 308–311.

soulevés par l'article opposé ne font que confirmer leurs conclusions initiales :

« *These are precisely some of the pointswemake in concluding our paper and this is what led us to enter the dangerous realmof global warming: temperature rises fast in the early part of the 20th century, when CO_2 rises only slowly, dips when CO_2 accelerates, and rises again fast afterwards when CO_2 rises fastest. Our OMT curve shows the same trend until the mid-1980s and could qualitatively support a solar origin for the pre-1980 fluctuations, particularly the 1920– 1940 rise and following dip, contrary to what has often been said in recent years (a more detailed analysis of regional temperature curves is under review—Le Mouël et al., 2007. So we fail to see the point of a comment which basically reiterates our conclusions. (p. 310)*»

3.2.1.2.5. D'autres positions...

Parmi les débats rencontrés dans la presse et les médias anglophones sur la question climatique, nous citons brièvement, un débat qui tourne tout autour des positions soulevées par un physicien, Richard Lindzen Professeur de Météorologie au « Massachusetts Institute of Technology » (MIT), une grande institution scientifique académique américaine, connue pour son excellence et membre de l'académie des sciences américaines (NAS)[50].

Richard Lindzen est un géophysicien, ancien collaborateur du GIEC et auteur du chapitre VII du troisième rapport (d'après Albe, 2009 : 46), qui démissionne du groupe et avance plusieurs théories, entre autres, contestant la rétroaction positive de la vapeur d'eau et des nuages sur l'effet de serre (Dahan, 2007 : 125). Il a à travers ses écrits et déclarations scientifiques[51], sur les questions de sciences-société[52], et notamment ses déclarations dans la presse[53] et les médias (et leurs blogs), sur la question des sciences de climat en tant qu'un champ de la recherche des modèles climatiques associés à ces sciences, des climatologues et du GIEC, suscité une vague de réactions et de retours sur ses positions dans la presse et les médias et les blogues[54], mais aussi au sein même du GIEC (Dahan, 2007).

3.2.1.3. Les modèles climatiques

Partant du point de vue de la science du climat notamment, sur la façon avec laquelle les climatologues procèdent pour faire leurs conclusions, Dahan-Dalmedico (2007) dans l'introduction d'un livre sous sa direction, indique que les modèles numériques sont les outils privilégiés de la discipline, ils jouent un rôle fondamental tant dans la connaissance du climat

50 http://www.nasonline.org/member-directory/members/53225.html

51 Lindzen, R. S., and Y.-S. Choi (2009), *On the determination of climate feedbacks from ERBE data*, Geophys. Res. Lett., 36, L16705, doi:10.1029/ 2009GL039628.

52 Richard S. Lindzen (2008). *Climate Science: Is it currently designed to answer questions?, P*aper prepared for a meeting sponsored by Euresis (Associazone per la promozione e la diffusione della cultura e del lavoro scientifico) and the Templeton Foundation on *Creativity and Creative Inspiration in Mathematics, Science, and Engineering: Developing a Vision for the Future*. The meeting was held in San Marino from 29-31 August 2008. http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0809/0809.3762.pdf

53 Journal Blogs *Newsweek*, *The Truth About Global Warming,* By Fred Guterl Filed: 7/22/01| Updated: 3/13/10.
Journal Blogs *The Telegraph, Climate science is for second-raters says world's greatest atmospheric physicist*, By James Delingpole Environment Last updated: January 29th, 2014
CBS Boston, *MIT Professor Urging Climate Change Activists To 'Slow Down'*, *January 14, 2014 5:54 PM.*

54 Journal Blogs *Theguardian, The Weekly Standard's Lindzen puff piece exemplifies the conservative media's climate failures*, Posted by Dana Nuccitelli Monday 6 January 2014

présent et passé que dans les projections à long terme ou encore dans la sensibilité à l'effet anthropique. Or, ces modèles numériques sont devenus aussi des objets de controverses suivant Hélène Guillemot[55] (2007, dans Amy Dahan-Dalmedico (dir.), 2007, édit. La Découverte, p.93-111) et pas seulement sur leurs aspects scientifiques.

Les modèles climatiques ont fait leurs apparitions trente ans avant la question du changement climatique notamment dans le but de répondre aux besoins émergents de la modélisation de la circulation atmosphérique. On part d'une ambition de fonder la prévision du temps sur la théorie physique et les observations en calculant l'évolution d'une situation météorologique à partir des données d'observation de la situation antérieure grâce aux gouvernances de la dynamique de l'atmosphère. Or, la réalisation des calculs était une tâche difficile sans les ordinateurs.
Ainsi, l'introduction des calculateurs numériques permet de résoudre des problèmes de dynamique des fluides non linéaires et insolubles analytiquement.
De leur côté, les scientifiques à Princeton développent à côté des modèles de prévision, des modèles de circulation générale (Global Ciruclation Models (GCM)) dont l'objectif était de reproduire les propriétés moyennes des mouvements de l'atmosphère.

Le vrai passage des modèles de prévision du temps aux modèles numériques se fait dans les années 1970, lorsque les modèles météorologiques, jusque là régionaux et hémisphériques, deviennent sphériques et donc capables de reproduire la circulation de l'atmosphère de tout le globe ; et les GCM deviennent des modèles du climat en intégrant des représentations des surfaces qui leurs permettent de retrouver les températures et de faire des projections à long terme.
En cherchant à simuler les mouvements de l'atmosphère grâce aux lois de la physique ; l'atmosphère est représentée par les GCMs, par un maillage à trois dimensions et l'ordinateur calcule pour chaque maille et à chaque pas de temps les caractéristiques de l'état de l'atmosphère (température, pression, vent, humidité...) à partir de leur valeur au pas de temps précédant en résolvant les algorithmes constituant les modèles. Le modèle comprend deux parties distinctes: une partie dynamique décrivant les mouvements des masses d'air ; une partie physique qui décrit les échanges verticaux entre l'atmosphère et l'espace, et entre l'atmosphère et les surfaces océaniques et continentales. Les phénomènes (physiques, chimiques et biologiques ; e.g. la convection, la turbulence, les échanges radiatifs, l'évaporation...) qui se situent à une échelle bien inférieure à la taille de la maille, sont représentés par des paramètres par lesquels sont estimés statistiquement leurs effets climatiques.

S'ils reposent sur des fondements identiques, les modèles de prévision météorologique et les modèles de climat présentent cependant quelques différences : même si leurs noyaux dynamiques sont très semblables mais leurs paramétrisations physiques diffèrent, car les processus importants ne sont pas les mêmes à court et à long terme. Pour la prévision du temps, les conditions initiales (a caractère très chaotique) transmises par les réseaux d'instruments et les satellites, jouent un rôle essentiel. En revanche, dans les modèles de climat les conditions initiales n'interviennent pas, car on ne cherche pas à obtenir une véritable prévision mais seulement les caractéristiques statistiques du climat. D'autres facteurs qui sont négligés à très court terme, doivent alors être pris en compte : les transports de chaleur, la dynamique de la glace, l'évaporation par la végétation... En, outre les modèles du

55 *Les modèles du futur. Changement climatique et scénarios économiques: enjeux scientifiques et politiques.* Amy Dahan-Dalmedico (dir.), 2007, édit. La Découverte (p.93-111).

climat qui simulent des périodes plus longues que les modèles de prévision, tournent avec des résolutions de temps et des résolutions spatiales plus grandes.
Il existe des modèles plus conceptuels à titre d'exemple des modèles à zéro ou une dimension, incluant les échanges radiatifs et les convectifs mais sans la dynamique.

La construction d'un modèle repose à la fois sur sa construction, son élaboration et son utilisation. L'élaboration des modèles et leur validation sont souvent mêlées : modéliser un climat c'est à la fois développer un modèle en le validant à l'aide d'observations du climat réel (ou du climat ancien, par des données anciennes, des proxies) et chercher à comprendre le véritable climat à l'aide du modèle. D'autres éléments (e.g. les nuages) qui sont plus petits que l'échelle ou la maille prises (e.g. Quelques centaines de kilomètres) et qui ne peuvent pas être représentés par des lois physiques, doivent être introduits sous formes de paramètres, c'est la paramétrisation.

Même si actuellement on essaie d'élaborer des lois pour introduire en paramètres des phénomènes incompréhensibles, jusqu'à présent, cette paramétrisation empirique, visant à corriger le modèle au temps réel, risque aussi de perturber ces prévisions et de tomber sur des prévisions fantaisistes.

En outre, les modèles sont confrontés à des défis qu'ils ne sont pas préparés ni conçus pour les traiter, notamment les prévisions locales, à des échelles de régions plus petites que l'échelle du climat ou vis-à-vis des prévisions de phénomènes extrêmes à des échelles de temps très lointaines, des éléments que les modèles climatiques ne sont pas encore en mesure d'y répondre.

3.2.1.3.1. Modèle mathématique global, modèle intégré et scénarios : entre croissance économique et énergie

Outre les modèles pour établir les prévisions climatiques, les modèles numériques sont utilisés aussi par les économistes pour aider à définir les actions à entreprendre face au phénomène climatique, une question inédite aux sciences économiques.

Des débats historiques dans les années 1972 sur des visions économiques de la société font émergence. Notamment les débats tout autour de la vision économique du *Club de Rome* (promouvant la croissance zéro) et des modèles qui dérivent de cette vision économique, notamment sur l'idée de la viabilité de notre société de croissance et l'épuisement des ressources de la planète. Ces visions économiques se concourent avec le choix d'une méthodologie propre de modélisation, à construire une image du futur et à énoncer certaines prescriptions des choix présents à faire pour nos sociétés dans la perspective du future.

Depuis les années 1970, la construction des représentations du futur énergétique se fonde sur des modèles économétriques très simples de prévision de croissance des consommations par extrapolation du passé sur des grands agrégats. La croissance énergétique est ainsi strictement liée à la croissance économique ; la prolongation des tendances à 20 ou trente ans laisse croire à une convergence vers le mode de vie américain. La technologie nucléaire est souvent là pour répondre à la raréfaction des ressources de combustibles.
Des représentations utopiques concurrentes émergent simultanément, révélant un optimisme similaire mais opposé pour des solutions technologiques alternatives mobilisant les énergies renouvelables à grandes échelles et témoignant d'une efficacité énergétique jamais atteinte.

C'est notamment de cette confrontation entre les économistes et cette réflexion récurrente et controversée envers les limites de la croissance que va naître l'approche

exploratoire du futur énergétique de moyen-long terme par scénario pour balayer le champ des futurs possibles en ouvrant les boîtes noires des dynamiques macroéconomiques et des comportements agrégés. L'examen de plusieurs cas historiques de constructions de scénarios permet de déceler l'articulation possible entre modèles et scénarios, notamment dans le cas du Special Report on Emissions Scenarios (SRES) publié par le GIEC en 2000. On met ainsi le double caractère des scénarios : quantification rattachée à la tradition des modèles intégrés et forme qualitative d'image ou de récit.

Derrière ces modèles numériques économiques dites modélisation intégrée du changement climatique, deux modèles semblent se présenter : Les modèles de croissance « optimale » et les modèles d'analyse d'activités. Les premiers sont à la base d'approches dites « top-down » (approche globale et souvent agrégée de l'économie), les seconds sont au cœur des approches « bottom-up » (approche par les technologies).

Or comment cette méthodologie d'expertise basée entre autres sur le SRES fonctionne-t-elle ?

D'après Dahan (2007 : 128), les socio-économistes élaborent une série d'images de l'avenir agrégeant démographie, modes de développement économique, choix sociaux et technologique. Ces images peuvent être des clichés statiques de moments futurs (2050, 2070, 2100 …), ou tenir compte des évolutions possibles de modes de développement, d'où le terme plus dynamiques de scénarios. Toutes ces images sont retraduites entre autre à l'aide de la variable de concentration carbonique. La méthodologie du GIEC pour évaluer le changement climatique à venir consiste à définir des images du futur, traduites en des scénarios économiques, qui produiront (souvent à l'aide de modèles intégrés) des scénarios d'émission de CO_2. Ces émissions seront alors transformées (à l'aide de modèles de cycle de carbone) en scénarios de concentrations atmosphériques de CO_2. Enfin, ce sont ces scénarios de concentrations qui serviront de « forçage » d'entrée aux modèles de climat, lesquels produiront après des mois de calcul sur ordinateur des simulations climatiques. Le GIEC a défini quatre classes de scénarios économiques : A_1, B_1, A_2, B_2 (avec près de quarante variantes), qui se distinguent à la fois par leur soutenabilité (productivisme versus développement durable) et par leur ouverture (marché global versus développement national ou régional protectionniste).

L'origine du scénario se situe dans les travaux issus de la dynamique des systèmes du Club de Rome et de Forester, reprise après dans les années 1980-1990 dans les modèles dits d'évaluation intégrée qui couplaient des modèles physiques très simplifiés avec des modèles économiques pour constituer des instruments de simulation aux services des décideurs et des négociateurs.

Remarque : D**eux types d'incertitudes dans les prévisions ou les projections climatiques (jusqu'à 2001) résident toujours : des incertitudes provenant de la pluralité des modèles et des insuffisances de la connaissance des mécanismes climatiques, et celles qui sont issues des différents scénarios ou trajectoires de la concentration de CO_2 intervenant en inputs dans le modèle (**Hélène Guillemot, dans Dahan-Dalmedico, 2007, p.93-111)**).**

3.2.1.3.2. Ce que nous retenons

La question climatique est une question à la fois à caractère global (planétaire) et local (national et régional) ; où se mêlent sciences, politique, économie,... ; où l'expertise que fait le GIEC joue un rôle majeur dans le guidage politique mais aussi scientifique de la question.

Une vison qui s'éloigne bien d'une utopie positiviste sur la façon avec laquelle le savoir est produit.
Dans cette question, le régime climatique semble être pris, entre autres, dans un jeu d'alliance entre différents pays et/ou institutions à des échelles différentes, qui font avancer la question ou reculer les débats sur la question.
Cela mène, suivant Dalmedico-Dahan (2007), à reposer la question de la place des débats et de l'opinion publique dans ces questions scientifiques porteuses d'enjeux sociaux-économiques-politiques. Ce qui semble bien corréler, d'après nous, avec la revendication du champ de recherche en didactique des sciences invitant à enseigner les QSS aux élèves en classe dans une finalité émancipatrice.

En outre, un des éléments dans ce régime climatique qui nous a interpellé en particulier est les enjeux énergétiques en interrelation avec la question climatique :
L'énergie et plus particulièrement la consommation énergétique, semble être pour les économistes un élément de référence de la croissance économique ; du point de vue des scientifiques, la consommation énergétique, à travers la combustion des énergies fossiles émetteur de GES atmosphérique anthropique (e.g. le dioxyde de carbone), est pointée lors des débats climatiques et soupçonnée d'être le moteur du réchauffement climatique et des rétroactions climatiques ;
En outre, les prévisions climatiques du réchauffement climatique futur, se basent, entre autres, sur des scénarios (de modélisation numérique) des futures émissions potentielles de GES anthropiques provenant principalement des énergies d'origine fossile, qui sont fonctions, entre autres des prévisions des consommations énergétiques et donc d'activités économiques et des évolutions technologiques.

Partant de ces constats, nous nous sommes intéressés à étudier, dans les paragraphes suivants, la question énergétique dans son interrelation avec le régime climatique à différentes échelles, en partant des enjeux au niveau planétaire et en s'orientant de plus en plus vers un niveau national, d'un pays comme la France, jusqu'à arriver au niveau local. Nous visons plus spécifiquement la place qu'occupe en particulier la question du chauffage pour une habitation, la QSS à aborder dans notre séquence d'enseignement, dans ces débats énergétique-climatique. Cela va nous permettre d'un côté à délimiter les éléments et l'authenticité de la QSS à intégrer en classe, et d'un autre côté, la prise en charge de la QSS à intégrer en classe avec un curriculum traditionnel, notamment, le choix des éléments de la QSS à débattre en classe et l'élaboration des documents d'accompagnement.

3.3. La question énergétique dans le régime climatique : des enjeux au niveau global (à l'international), au niveau national (la France) et au niveau local

Nous avons évoqué précédemment (§ 3.2.1.1.3. et § 3.2.1.1.4.) l'étendue des débats à l'échelle internationale sur la question climatique-énergétique. Dans ce paragraphe nous précisons comment des enjeux planétaires s'intercalent et s'invitent dans des enjeux nationaux (la France) et même locaux.
Nous indiquons au début la position de différents acteurs nationaux en France qui ont pris des positions et ont tenté d'agir, au niveau national en interaction avec l'international, sur la question climatique globale. Nous citons à titre d'exemple, le gouvernement français, les législateurs en France, les industriels et les chefs d'entreprises françaises.
Nous visons, en second lieu, l'étude des enjeux énergétiques-climatiques, au niveau national, en France et afin de voir comment ces enjeux s'intercalent à d'autres enjeux existants (environnementaux, économiques, sociaux ...) au niveau national. Pour cela nous commençons par l'analyse des enjeux, des débats et de la position de différents acteurs participant à un débat national organisé en France, « Le Grenelle Environnement », sur la question climatique-énergétique-environnementale. Nous nous focalisons surtout sur la question énergétique-climatique.
Nous complétons la question climatique-énergétique à l'échelle nationale et même locale, par l'exploration de la position de différents acteurs majeurs (gouvernement et institutions de l'état, agences internationales, industriels et associations environnementales et de la défense du consommateur...) sur la question énergétique au niveau de la France.
Finalement, nous essayons de délimiter la question du chauffage pour une habitation, dans la pluralité des enjeux en relation avec la question climatique-énergétique en identifiant, notamment, la place qu'occupe cette question dans ces débats.

3.3.1. La question énergétique dans la question climatique : des enjeux planétaires aux enjeux nationaux

Nous montrons dans les paragraphes suivants, comment la question climatique-énergétique globale traitée précédemment au niveau international est aussi l'objet de débats au niveau national dans un pays en France et qui s'ajoutent aux préoccupations énergétiques déjà existantes.

Nous avons déjà établi dans la partie précédente les enjeux climatiques-énergétiques-économiques-environnementaux et dont les émissions du CO_2 anthropique, provenant principalement des énergies fossiles, sont une partie intégrante.
Le résumé à l'intention de décideurs du quatrième rapport du GIEC (2007), indique la part de la consommation énergétique des bâtiments résidentiels et commerciaux dans les émissions du CO_2 anthropique, d'origine fossile, et qui s'élèvent à 7.9% de l'ensemble de ces émissions. La consommation énergétique liée au chauffage semble faire partie de ces émissions. En outre, dans le panoplie des mesures à envisager et proposées par le GIEC (2007), pour atténuer ou même stabiliser les émissions des GES, on envisage le déploiement et la

commercialisation d'un éventail de technologies permettant entre autres une meilleure efficacité énergétique.

De son côté, le gouvernement français a ratifié la convention du changement climatique en 1994 et a signé l'accord de Kyoto en 1998 et ensuite l'a ratifié en 2004[56], et adhère ainsi à la position du GIEC vis-à-vis de la question climatique et s'engage à réduire ses émissions de GES et l'accomplit.
La France vise, comme ces partenaires européens, à réduire d'ici 2020, de 20 % et jusqu'à 30 % de ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990, à accroître de 20 % la part des énergies renouvelables dans sa consommation énergétique totale et à accroître l'efficacité énergétique afin d'économiser 20 % de sa consommation énergétique[57].

En revanche, les engagements du gouvernement français sur la scène internationale envers la question climatique suscitent des retours de différents acteurs, notamment nationaux, qui évoquent des enjeux économiques et énergétiques en relation avec la question climatique.

L'accord de Kyoto (1997)[58], a pour but de lutter contre le réchauffement climatique de la planète et prévoyant une réduction globale des émissions des GES par les pays riches souhaitant adhérer au protocole d'au moins 5% par rapport aux niveaux de 1990 dans la période d'engagements 2008 à 2012. A l'occasion de la réunion des gouvernements de plusieurs pays à Copenhague en 2009, afin de négocier une prolongation de cet accord la confédération des grandes entreprises Françaises (MEDEF) avec leurs homologues Allemands (BDI) lancent une lettre ouverte[59] au président de la république française et à la chancelière allemande Angela Merkel.
Dans cette lettre, **le MEDEF et le BDI soulignent et invitent les dirigeants politiques à prendre différentes mesures, face à la question climatique et aux questions liées à la réduction des émissions de CO_2, notamment envers les autres pays industriels et les pays en développement.**
Les entrepreneurs indiquent notamment, que **les entreprises françaises et allemandes font face à des concurrents mondiaux non confrontés à la taxe carbone** (imposée aux entreprises européennes émettrices de CO_2) et qui continuent à produire en consommant des énergies hautement émettrices.
Entre autres, **les patrons des grandes entreprises mettent en garde, la France et ses partenaires européens au cas où ils signeraient une prolongation de l'accord de Kyoto seul sans les autres partenaires, cette politique pourrait** créer une concurrence non équitable surtout dans une situation de crise économique actuelle et pour certains secteurs

56 Site des Nations Unies, Framework Conventions on Climate Change (FCCC): htttp://maindb.unfccc.int/public/country.pl?country=FR

57 Rapport d'information N°108, Le Sénat, France, session ordinaire 2009-2010, Enregistré à la Présidence du Sénat le 19 novembre 2009. L*a commission des affaires européennes sur la* deuxième analyse stratégique *de la* politique énergétique *(E 4140), Par Mme Bernadette BOURZAI,* Sénatrice. http://www.senat.fr/rap/r09-108/r09-108_mono.html

58 Le protocole de Kyoto (1997) un résumé, dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC) pour : https://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/feeling_the_heat/items/3294.php

59 Journal *La Tribune*, Paru le, 12/11/2009, *Le Medef et le BDI veulent un Copenhague équitable*, Laurence Parisot, Présidente du Medef et Hans-Peter Keitel, président du BDI. : http://www.latribune.fr/opinions/20091112trib000442680/le-medef-et-le-bdi-veulent-un-copenhague-equitable.html

fragiles. Cette concurence **fragilise la compétitivité des entreprises françaises et pourrait ainsi créer des "fuites de carbone"** (où des entreprises se délocaliseraient vers des pays où elles ne sont pas taxées pour leurs émissions de carbone).

En outre, le rapport de la commission des affaires européennes du Sénat français, sur la deuxième analyse stratégique de la politique énergétique (Rapport d'information N°108, Le Sénat, France, session ordinaire 2009-2010, Enregistré à la Présidence du Sénat le 19 novembre 2009), critique les engagements de l'Union européenne, dont la France fait partie intégrante, vis-à-vis de la politique énergétique adoptée face à la question climatique et visant à réduire l'élévation de la température du climat par rapport à l'époque préindustrielle à 2°C. Adoptée par le Conseil européen du 8 et 9 mars 2007, **cette politique constitue, suivant les sénateurs, un tournant puisqu'elle promeut « *une politique intégrée en matière de climat et d'énergie* »,** notamment à travers les trois engagements importants, dénommés « initiative 20-20-20 » et stipulant d'ici 2020 :

"*– à réduire de 20 % ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990, et même de 30 % « pour autant que d'autres pays développés s'engagent à atteindre des réductions d'émissions comparables et que les pays en développement plus avancés sur le plan économique apportent une contribution adaptée à leurs responsabilités et à leurs capacités respectives » ;*
– à accroître de 20 % la part des énergies renouvelables dans sa consommation énergétique totale ;
– à accroître l'efficacité énergétique afin d'économiser 20 % de sa consommation énergétique.(p.6)"

Or, pour les sénateurs les **trois objectifs de la politique énergétique pour l'Europe**, fixés par le Conseil européen un an plus tôt et qui seront poursuivis : "*accroître la sécurité de l'approvisionnement ; assurer la compétitivité des économies européennes et la disponibilité d'une énergie abordable ; promouvoir la viabilité environnementale et lutter contre le changement climatique (p. 5-6)*." **sont contradictoires.**

Suivant les sénateurs, **la croissance économique nécessite l'augmentation de la production d'énergie, alors que la lutte contre le réchauffement climatique exige de réduire les émissions de gaz à effet de serre, largement dues à l'utilisation d'énergies fossiles**, non renouvelables et polluantes.

Dans l'un des rapports précédents[60], le Sénat avait déjà lancé des débats en 2002 sur les enjeux énergétiques dans le cadre des législations européennes et des enjeux environnementaux. Dans ces débats, le Sénat réaffirme les axes de la politique de la France et aussi de l'Europe vis-à-vis de l'énergie :

"*– assurer aux particuliers et aux entreprises une fourniture énergétique diversifiée et peu sensible aux aléas économiques et stratégiques ;*
– maintenir cette fourniture à un coût raisonnable pour toutes les catégories de clients ;
– *respecter l'environnement et le protocole de Kyoto sur les émissions de gaz à effet de serre. (p.5- 6)*".

Les sénateurs invitent dans ce rapport, notamment, à une politique énergétique, indispensable à une croissance économique, favorable à l'emploi dans les services et dans l'industrie et le besoin d'une stratégie fondée sur un consensus national.

En outre, le rapport questionne aussi les défis et les enjeux soumis à la France, notamment, une politique énergétique qui a accordé une grande place à l'énergie nucléaire et la question de

60 Le Sénat, SESSION ORDINAIRE DE 2002-2003, Rapport d'information N°79, fait au nom de la commission des Affaires économiques et du Plan et du groupe d'étude de l'Energie sur les *Actes du Colloque «Énergie : quelle politique française pour la prochaine législature ?* » organisé par le Sénat le 26 juin 2002, rédigé par les sénateurs MM. Gérard LARCHER et Henri REVOL http://www.senat.fr/rap/r02-079/r02-0791.pdf

l'ouverture et la libéralisation du marché énergétique (notamment les grands fournisseurs et distributeurs d'électricité (EDF), et les distributeurs du gaz (GDF) détenus par un monopole de l'état français), à la concurrence européenne.

Un autre exemple de l'impact de la question énergétique-climatique, est les changements octroyés par le gouvernement français à la mission de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), une agence créée en 1990 sous forme d'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) en fusionnant trois autres établissements publics. L'ADEME voit intégrer dans sa mission la question climatique notamment, à travers le contrat avec l'état de 2009-2012, qui fixe sa feuille de route en tant qu'opérateur du "Grenelle Environnement" (un débat national sur la question climatique, énergétique et environnementale, qu'on évoquera dans le paragraphe suivant), des fonctions qui seront évaluées ultérieurement aussi par le Sénat[61].

En outre, les collectivités locales françaises, comme différentes collectivités locales européennes et internationales, confrontées à la question climatique (énergétique), voulant aussi faire entendre leurs voix dans la question, revendiquent de faire partie des décisions et des évaluations des politiques climatiques, notamment celles liées aux émissions des GES[62].
Réunis lors du sommet mondial des maires, une semaine avant la conférence de Cancun (2010) sur le climat, tenue au Mexique dans le cadre des COP internationales des luttes contre le réchauffement climatique, les maires adoptent un pacte dans la capitale mexicaine Mexico, dans lequel : *«... les collectivités locales comptent revendiquer à Cancun un accès direct aux financements internationaux destinés à freiner le changement climatique. Les collectivités européennes demandent aussi qu'une partie des recettes générées par la mise aux enchères, à partir de 2013, des quotas d'émissions de CO_2 dans l'Union soit affectée à leurs plans climat. »*

Le pacte de Mexico engage les collectivités locales à rendre leurs économies d'émissions de gaz à effet de serre *"mesurables, reportables et vérifiables"*, selon les critères des Nations Unies. Ces progrès seraient enregistrés dans un *"registre climatique des villes carbone"* installé à Bonn (en Allemagne).

Ainsi, la question climatique semble aussi impliquer des changements à adopter par le législateur et les gouvernements français les obligeant à intégrer la question climatique même dans leur politique interne nationale économique, énergétique et/ou environnementale. Cette question climatique-énergétique mobilise d'autres acteurs comme les industriels qui demandent une réorientation de cette politique-énergétique-économique-environnementale, mais aussi, les collectivités locales, qui au niveau de leurs communautés se sentent concernées par ces questions et leurs impacts éventuels.
Ces changements à envisager poussent aussi le gouvernement à essayer de concerter le citoyen dans sa politique énergétique-climatique-environnementale à travers notamment un débat public « Grenelle Environnement ».

---

61 RAPPORT D´INFORMATION, N°24, 12 octobre 2010, la commission des finances sur l'enquête de la Cour des comptes *relative à l'*Agence *de l'*environnement *et de la* maîtrise *de l'*énergie *(*ADEME*), rédigé* Par Mme Fabienne KELLER, Sénateur. http://www.senat.fr/rap/r10-024/r10-024_mono.html

62 Journal Le Monde. *« Climat : les collectivités locales veulent avoir accès aux fonds internationaux ». Article publié le* 11.11.2010 à 17h27 • Mis à jour le 11.11.2010 à 17h27

3.3.2. La question énergétique-climatique et les débats publics en France : du national au local

Outre l'Etat français (à travers ses différentes institutions, agences, gouvernement, président de la république, parlement, sénat, cours des compte et ADEME), d'autres acteurs de la question énergétique (les associations environnementales, les producteurs et fournisseurs des énergies et les associations de consommateurs), s'invitent aussi aux débats énergétiques-climatiques, notamment à travers un débat public, le Grenelle Environnement, que nous détaillerons dans les paragraphes suivants.

3.3.2.1. *Le Grenelle Environnement*

Suite aux élections présidentielles et sous l'initiative du président de la république de l'époque, Nicolas Sarkozy, le gouvernement français partant du constat que la France traverse une crise climatique et écologique de grande ampleur, lance en 2007 "Le Grenelle Environnement"[63]. Ce débat public réunit l'État et les représentants de la société civile (composée de représentants des syndicat de salariés, des employeurs, des collectivités territoriales, des associations, des services de l'État et de personnes morales associées) afin de définir une feuille de route en faveur de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables.

Pour faire suite au discours du Président de la République du 25 octobre 2007 et aux conclusions des tables rondes du Grenelle de l'environnement du 24, 25 et 26 octobre 2007, trente-trois chantiers opérationnels ont été lancés en décembre, parmis lesquels de nombreux comités opérationnels, des groupes d'étude ou groupes ad hoc et des missions parlementaires.

Le 3 août 2009 était promulguée la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement[64]. Cette loi a été évaluée en 2008 suivant les trois piliers du développement durable : économique, environnemental et social.

La loi portant sur l'engagement national pour l'environnement, dite "Grenelle 2", a été promulguée le 12 juillet 2010. Ce texte doit permettre de "décliner de manière concrète les orientations du "Grenelle 1" (loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement) qui a déterminé les objectifs du Gouvernement dans le domaine environnemental.

Tenu entre le 17 juillet 2007 et le 24 septembre 2007, le Grenelle Environnement réunit plusieurs groupes de travail sur des thématiques différentes :

Groupe 1 : « Lutter contre les changements climatiques et maîtriser l'énergie »
Groupe 2 : « Préserver la biodiversité et les ressources naturelles »
Groupe 3 : « Instaurer un environnement respectueux de la santé »
Groupe 4 : « Vers des modes de production et de consommation durables »
Groupe 5 : « Construire une démocratie écologique : Institutions et gouvernance »
Groupe 6 : « Modes de développement écologique favorables à l'emploi et à la

63 Le Grenelle Environnement, débat national (2007-2012) : http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-genese-du-Grenelle-de-l.html

64 Le site Vie Publique: http://www.vie-publique.fr/actualite/dossier/environnement-grenelle/environnement-trois-ans-apres-vers-derniere-etape-du-grenelle.html

compétitivité »

Les débats du groupe 1 du Grenelle de l'environnement, se sont composés de représentants des syndicats de salariés, des employeurs, des collectivités territoriales, des associations, des services de l'Etat et de personnes morales associées. Ces débats se sont tenus au cours de cinq réunions plénières et en ateliers thématiques (énergie, bâtiment et urbanisme, transport et déplacements), entre le 17 juillet 2007 et le 24 septembre 2007. Les propositions du groupe sont présentées en programmes thématiques : mobiliser les territoires et clarifier les compétences ; moderniser le bâtiment et la ville ; ramener les émissions du transport à leur niveau de 1990 en 15 ans ; accélérer les programmes de maîtrise de la demande d'énergie ; réduire et "décarboner" la production d'énergie, renforcer la part des énergies renouvelables ; faire apparaître les coûts environnementaux de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre pour mieux guider les choix ; gouvernance, formation, sensibilisation et participation de la société civile ; profiter de la présidence française de l'Union Européenne pour impulser ou accélérer quelques grands programmes européens.

Si la crise de la biodiversité est moins connue que celle du climat, le Groupe 2 considère que les dégâts n'en sont pas moins graves, ni davantage réversibles. Ce dernier a adopté un référentiel de 119 mesures en faveur de la biodiversité et des ressources naturelles. Le rapport propose une synthèse, organisée en 4 axes et 15 programmes. Le groupe rappelle que la France et l'Union Européenne se sont engagées pour stopper la perte de biodiversité d'ici 2010, et que la France s'est dotée d'une stratégie nationale pour la biodiversité en 2005.

Le groupe n°3 issu du « Grenelle de l'environnement » et intitulé « Instaurer un environnement respectueux de la santé » aborde, dans ce rapport, les thèmes suivants : réduction des substances toxiques (substances chimiques cancérigènes, pesticides...) ; réglementation européenne sur les substances chimiques « Reach » ; air intérieur, qualité de l'air, déchets ; réduire les pollutions industrielles, agricoles, et urbaines ; qualité de l'alimentation ; OGM.

Le groupe n°4 visant à « adopter des modes de production et de consommation durables » aborde, dans ce rapport, les thèmes suivants : adopter des modes de production et de consommation durables (agriculture, agroalimentaire, pêche, forêt, distribution et usages durables des territoires) ; développer une agriculture, qui par ses modes de production (nouveaux produits, filières biologiques, filières de qualité, politique de label, certification des exploitations, etc.), et ses modes de commercialisation est respectueuse de l'environnement.

L'objet du groupe 5 était d'examiner les réformes à entreprendre pour inventer une « démocratie écologique ». Après avoir rappelé le contexte général dans lequel le groupe a travaillé, quatre grands objectifs structurants sont mis en exergue, qui concernent : la reconnaissance des acteurs de l'environnement au sein de la société civile ; la prise en compte de l'environnement et du développement durable dans la réforme institutionnelle ; le développement et l'organisation de la participation citoyenne à la décision publique, grâce notamment à l'accès à l'information et l'expertise ; la prise en compte de l'environnement et du développement durable dans la gouvernance des entreprises et le dialogue social. Les propositions sous-jacentes sont regroupées ensuite par grands programmes d'actions.

Dégager les voies de nouveaux modes de développement écologique favorables à

l'emploi et la compétitivité, tel était le mandat du groupe de travail n°6. Celui-ci s'interroge sur la façon d'intégrer environnement, développement économique et progrès social, estimant que cette intégration passe par une réorientation profonde des modes de production et de consommation, du fait de l'ampleur et de la gravité des déséquilibres écologiques actuels.

Des conclusions et des synthèses, vis-à-vis de la question énergétique-climatique

En se focalisant sur la question climatique-énergétique objet de notre recherche, nous indiquons dans les paragraphes suivants les conclusions présentées par le Groupe 1- Lutter contre les changements climatiques et la maîtrise de l'énergie[65].

Nous avons constaté cinq axes majeurs dans les conclusions du rapport : A) Vers une société sobre en énergie et en ressources ; B) **Ramener les émissions des transports à leur niveau de 1990 d'ici 2020 ;** C) Vers des villes et plus largement des territoires durables ; D) Introduire des signaux économiques plus clairs pour tous les acteurs ; E) Décarboner et réduire la production d'énergie.

Nous synthétisons les différentes conclusions dans les paragraphes suivants :

A) Vers une société sobre en énergie et en ressources, entre autres, à travers:

Une rénovation énergétique des bâtiments existants et les futures constructions, pour réduire les consommations d'énergie et avoir, dans 5 ans, au moins un tiers des bâtiments neufs à basse consommation ou à énergie positive; **en assurant notamment des outils bancaires et financiers adaptés** pour mieux prendre en compte les économies réalisées sur la consommation d'énergie et accompagner les ménages et les entreprises, notamment des prêts bonifiés et fonds de garantie ;

Etendre l'étiquetage énergétique qui existe aujourd'hui pour les automobiles et certains appareils électroménagers, à tous les appareils de grande consommation (téléviseurs, ordinateurs…) et interdire à la vente les appareils les plus consommateurs d'électricité, notamment les lampes à incandescence, à l'horizon 2010. Imposer dès à présent des régimes de veille peu consommateurs d'énergie.

B) **Ramener les émissions des transports à leur niveau de 1990 d'ici 2020**:

Déclarer d'intérêt général pour la société, au niveau législatif, la promotion et l'utilisation des modes fluvial, ferroviaires et de cabotage maritime pour le transport de fret; Rationaliser l'usage de l'automobile et **amener les émissions moyennes de CO_2 des véhicules automobiles en circulation de 176 g CO_2/km à 130 g CO_2/km en 2020 en combinant réglementation et incitation** : réglementation à 120 g CO2/km en moyenne sur les véhicules neufs en 2012 (au lieu de 130 g dans les discussions actuelles), réduction de vitesse immédiate de 10 km/h sur les routes et autoroutes, éco- pastille annuelle avec un système de bonus-malus;

C) Vers des villes et plus largement des territoires durables

Rendre obligatoires les plans climat- énergie territoriaux dans les communautés d'agglomérations et les communautés urbaines, avec un volet consacré à l'adaptation au

65 Le site: La Documentation Française, La librairie du Citoyen, consulté la dernière fois le 03/06/2014: http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/074000593-grenelle-de-l-environnement-groupe-1-lutter-contre-les-changements-climatiques-et

changement climatique et en **reprenant l'objectif de – 20 % d'émissions de gaz à effet de serre** en 2020. **Elargir les compétences des communauté urbaines et des communautés d'agglomération** en matière d'urbanisme et les transports avec une gestion participative.
Un plan volontariste de développement des transports collectifs et un plan de développement des déplacements « doux » (vélo, marche) avec un « code de la rue ».
Un plan volontariste d'éco-quartiers.

Introduire dans la loi de nouvelles dispositions :
- introduisant l'adaptation au changement climatique et la maîtrise de l'énergie dans les objectifs de l'aménagement du territoire.
- permettant de lutter concrètement contre l'étalement urbain.
- et orientant progressivement la fiscalité locale et les incitations financières et fiscales dans le domaine du logement et de l'urbanisme vers un urbanisme plus durable.

D) Introduire des signaux économiques plus clairs pour tous les acteurs.

Passer de 9 % à 20 % la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en 2020 et viser, si possible, 25 %. Cela suppose un plan concerté pour **mobiliser les filières les plus matures (bois combustible, hydraulique, éolien, solaire thermique), et des efforts pour développer les filières prometteuses (solaire photovoltaïque**, géothermie à moyenne profondeur, biocarburants de 2e génération).
Cela implique l'adaptation du cadre réglementaire et fiscal, amplifier les efforts de recherche et de développement pour préparer l'avenir énergétique, en priorité sur : l'industrie solaire, le stockage de l'électricité, les réseaux intelligents et les biocarburants de deuxième génération. Expérimenter le captage et stockage industriel du dioxyde de carbone.

E) Décarboner et réduire la production d'énergie

Passer de 9 % à 20 % la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en 2020 et viser, si possible, 25 %. Faire des DOM une vitrine de l'excellence climatique, notamment en visant une part de 50 % d'énergies renouvelables en 2020 et en prenant des mesures adaptées destinées à réduire la consommation d'énergie.
Amplifier les efforts de recherche et de développement pour préparer l'avenir énergétique, en priorité sur : l'industrie solaire, le stockage de l'électricité, les réseaux intelligents et les biocarburants de deuxième génération. **Expérimenter le captage et stockage industriel du dioxyde de carbone.**

3.3.2.2. *Des débats autour du Grenelle Environnement*

Le Grenelle de l'environnement ne se déroule pas sans débats au sein même des groupes des discussions. Des débats qui s'étendent à certains acteurs à l'extérieur des groupes participant au Grenelle Environnement. Ces débats s'attardent, entre autres, sur des questions politique-énergétique-économique-environnementale face à la question climatique ; mais aussi la méthode de gouvernance au sein du « Grenelle Environnement ».

En ce qui concerne le groupe 1, **les négociations au sein même des groupes des discussion, indiquent des oppositions entre les membres du groupe** de travail **1** – Lutter

contre les changements climatiques et maîtriser l'énergie- et font que **certaines mesures**[66] **dans le rapport de synthèse font l'objet de réserves ou d'opposition de la part de membres du groupe,** même, si toutes les mesures ont reçu l'accord de la majorité des membres du groupe (p.6). Cependant, **ces réserves ne sont pas reprises dans le rapport public.**
En outre, dans la synthèse du groupe 1 sont aussi explicitement mentionnées des tensions vis-à-vis de la question du parc nucléaire français *"Par ailleurs, le groupe émet un constat de désaccord sur l'avenir du parc nucléaire. (p.5)".* **Certains contributeurs y proposent l'arrêt de l'EPR et l'arrêt de la recherche sur le réacteur de 4ème génération, en vue de réduire le parc nucléaire. Mais d'autres proposent de s'appuyer sur l'énergie électronucléaire pour maintenir un portefeuille énergétique faiblement émetteur de dioxyde de carbone**, en menant à bien les programmes de l'EPR et du réacteur de 4e génération.

D'autres réactions se font aussi entendre par les associations de défense du locataire. Dans un article apparu dans le journal *Le Figaro*[67] publié le 17/07/2009, les associations critiquent le dispositif, adopté par la loi Boutin sur le logement, qui prévoit que le bailleur, privé ou social, puisse faire supporter au locataire une partie des travaux d'économie d'énergie. **Une politique de calcul des coûts de modernisation et d'efficacité énergétique dans les bâtiments (y compris le chauffage) qui ajoutera des charges supplémentaires sur le locataire,** suivant les associations. Les associations **dénoncent surtout le fait que toutes les associations des locataires se sont prononcées contre cette mesure lors de la commission nationale de concertation** :

"Selon les projets de décret et d'arrêté, le bailleur pourra faire figurer sur la quittance de loyer un forfait supplémentaire de 20 euros par mois ou un montant qui ne pourra excéder la moitié des économies de charges réalisées suite à ces travaux. Cependant, ***le calcul de la contribution décidé par le gouvernement mécontente les associations de défense des locataires. «Toutes les associations de locataires se sont pourtant prononcées contre les décisions présentées lors de la réunion du 1er juillet de la Commission nationale de concertation****», a déclaré Laure Bourgoin, chargée de mission à la CLCV. "*

D**'autres associations de défense du consommateur**[68] **s'interrogent sur les législations visant à taxer les émissions de carbone des consommateurs.** La Confédération Nationale du Logement (CNL), forte de ses 85 000 adhérents et 727 représentants élus dans les Conseils d'administrations des organismes HLM et SEM, trouve cette taxe sur les énergies fossiles socialement injuste et **qui consiste, selon eux, "à ponctionner les ménages pour aider les entreprises"**, dans un contexte de crise économique:

"Appelée Contribution Climat Energie, cette taxe, qui pourrait entrer en vigueur le 1er janvier 2010, serait apposée sur les énergies fossiles. ***Ce sont donc des millions de ménages consommant du fioul pour se chauffer et possédant une automobile qui sont visés****."*

---

66 Grenelle Environnement (2007) – synthèse du Groupe 1 : « *Lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie* », Présidents: JOUZEL Jean – Climatologue, STERN Nicholas – Economiste, FRANCE. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables; FRANCE. Secrétariat d'Etat à l'écologie, http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/074000593-grenelle-de-l-environnement-groupe-1-lutter-contre-les-changements-climatiques-et

67 Article du journal *Lefigaro, "Les locataires paieront les travaux d'économie d'énergie",* publié le 17/07/2009 : http://www.lefigaro.fr/immobilier/2009/07/17/05002-20090717ARTFIG00388-les-locataires-paieront-les-travaux-d-economie-d-energie-.php

68 Association: Confédération Nationale du Logement (CNL), Communiqué de presse, "*La taxe carbone : un mauvais coup dur de plus pour les consommateurs,* Montreuil", le 23 Juillet 2009.

L'association dénonce la politique de l'Etat et l'invite à ne pas appliquer cette loi, mais plutôt à investir dans les transports en commun, notamment dans les régions défavorisées.

D'autres associations environnementales, soit le collectif Réseau Action Climat[69], regroupant plusieurs associations environnementales, notamment, (Agir pour l'Environnement, Amis de la Terre, Comité de Liaison Énergies Renouvelables, Greenpeace France, HELIO International, Réseau Action Climat-France, Réseau Sortir du Nucléaire et WWF), signent **en novembre 2010,** une lettre ouverte, adressée à la ministre de l'écologie Nathalie Kosciusko-Morizet **en réaction à son annonce du lancement d'une table ronde nationale pour l'efficacité énergétique**.

Ils indiquent, après analyse et dressage du bilan climat-énergie suite au Grenelle, leur mécontentement face aux résultats :

"Le moins que l'on puisse dire c'est que le « New deal » écologique promis par le Président de la République n'a pas eu lieu », constate Olivier Louchard, Directeur du RAC-France. « Au contraire, ce que certains redoutaient déjà en 2007 est arrivé : les petites avancées que le gouvernement affiche ne doivent pas masquer l'absence criante de mesures de rupture, structurantes et réellement efficaces (p. 2)».

Ils critiquent, entre autres, l'abandon de la taxe carbone au lendemain des élections régionales, les investissements routiers relancés au mépris de tout bon sens et la relance de la construction de deux EPR (centrales nucléaires). Ils indiquent aussi qu'aucun financement pérenne des transports urbains et ferroviaires n'a été mis en place et que le vélo reste ignoré par l'Etat.

N**éanmoins, les associations indiquent quelques avancées sur les politiques territoriales et sur l'urbanisme.**

69 Association, Réseau Action Climat, France, Grenelle de l'Environnement : le bilan climat énergie, *lettre ouverte* à Nathalie Kosciusko-Morizet, ministre de l'écologie - *Paris, le 1er juin 2011*: http://www.rac-f.org/Grenelle-de-l-environnement-Le,1833

3.3.3. Des acteurs, enjeux et débats sur la question énergétique en France : des liens avec la question climatique ?

Les enjeux énergétiques en France sont variés et occupent déjà une place importante dans les débats nationaux en France, bien au-delà de la question climatique. La question énergétique, intercalée souvent à d'autres enjeux sociaux-économiques-politiques et/ou environnementaux, met différents acteurs en action pour défendre des intérêts multiples et quelques fois contradictoires, à différentes échelles individuelles, locales, nationales et/ou internationales. Nous exposons dans les paragraphes suivants des acteurs majeurs dans la question énergétique, en exposant ce qui est en jeu, la(es) position(s) qu'ils défendent et les arguments qu'ils fournissent, notamment, vis-à-vis de la question climatique.

3.3.3.1. Situation énergétique de la France et politique énergétique de l'état français

La stratégie énergétique nationale de la France a connu différents bouleversements. Comme le souligne Jacques Percebois, Professeur à l'Université Montpellier I, Directeur du CREDEN (Centre de Recherche en Économie et Droit de l'Énergie) mais aussi membre du Comité des Experts de Connaissance des Énergies, sur le site Connaissances Des Energies[70], un site dédié à l'énergie réunissant un groupe d'industriels Français dans différents domaines technologiques:

*"Rappelons-nous les débats de 1946 avec les nationalisations et les efforts pour relancer l'industrie du charbon et construire un parc hydraulique important ; rappelons-nous aussi les débats de 1960 sur la régression du charbon et la nécessité de donner la priorité au pétrole importé bon marché ; ou encore le débat de 1974 sur l'accélération du programme électronucléaire suite au premier choc pétrolier ; on pourrait aussi citer les débats des années 1990 sur l'ouverture à la concurrence et la dé-intégration des industries du gaz et de l'électricité en Europe. Le débat actuel [*Débat National sur la Transition Énergétique (2013)*] se déroule dans un contexte de faible croissance économique où les paradoxes ne manquent pas."*

Un rapport[71] du commissariat général au développement durable, *Repères Chiffres Clés de l'énergie, v*is-à-vis de la situation énergétique de la France, publié en octobre 2010, indique que l'industrie énergétique en France représente 25 % des investissements de l'industrie, 192 000 emplois (en équivalent temps plein), soit 0,8 % de la population active et 1,8 % de la valeur ajoutée. En outre, le rapport indique qu'**au cours de la période 1973-2009, la structure de la consommation énergétique a fortement évolué**. La part du charbon est passée de 15 % à 4 %, celle du pétrole de 68 % à 32 %, alors que **la part du gaz était multipliée par 2 (7 % à 15 %), et celle de l'électricité par 10 (4 % à 43 %)**.
En 2009, la production primaire de l'ensemble des énergies renouvelables s'élève à 20 Mtep, soit 15,3 % de la production nationale énergétique. L'hydraulique en représente 25 %, **le bois-énergie 46 %**, les agrocarburants 11 % et les déchets urbains renouvelables 6 %. Autres

70 Site: Connaissances Des énergies, "*Que penser du débat sur la transition énergétique ?",* publié le 13 Juillet 2013, consulté dernièrement le 15/06/2014, Par Jacques Percebois : www.connaissancedesenergies.org/une-page-pour-decider/que-penser-du-debat-sur-la-transition-energetique-0

71 Commisariat Général du Dévelopement Durable, "*Repères, Chiffres clés de l'énergie"*, Service de l'observatoire et des statistiques, Octobre 2010: **www.statistiques.developpement-dur able.gouv.fr**

filières totalisent les 12 % restant. Elle progresse de 0,4 Mtep en 2009 à la faveur notamment de l'éolien, des pompes à chaleur et des biocarburants.

Antérieurement, un rapport[72] du Sénat qui, ayant voulu engager une réflexion sur l'avenir de la politique énergétique française et y contribuer, enquête en 1998 sur **la politique énergétique du gouvernement** français, **suite à la décision d'arrêt d'une des centrales nucléaires françaises. Ce rapport critique, notamment, les politiques énergétiques établies sans aucune concertation avec les représentants du peuple**:

"*...le Sénat a voulu engager une réflexion sur l'avenir de la politique énergétique française et y contribuer.*

Cette démarche était certes liée à l'annonce par le Gouvernement de son intention, puis de sa décision d'arrêter le surgénérateur Superphénix, prise sans aucune concertation avec la représentation nationale. Elle procédait de la volonté de la Haute Assemblée d'en étudier les conséquences économiques, sociales et financières.

Mais, bien au-delà, le Sénat a manifesté le souhait d'examiner ***tous les aspects de la politique énergétique de notre pays****, afin de mener une réflexion prospective sur l'avenir d'un secteur vital pour notre économie et de déterminer la nature et la réalité des solutions susceptibles d'être mises en place et de constituer les composantes de la fourniture d'énergie dont la France a besoin.(p. Avant propos)"*

En outre, le législateur français établit, en 2005, **une loi[73] traçant la politique énergétique de l'Etat français et intègre, notamment, en plus des axes énergétiques principaux (un service public énergétique, une indépendance énergétique stratégique de la nation, une sécurité d'approvisionnement et une compétitivité économique), une intégration de l'impact sanitaire et environnemental (la pollution de l'air, des eaux et du sol) de ces politiques énergétiques, en particulier, la question d'effet de serre** :

"Article 2

Pour atteindre les objectifs définis à l'article 1er, l'Etat veille à :

- maîtriser la demande d'énergie ;

- diversifier les sources d'approvisionnement énergétique ;

- développer la recherche dans le domaine de l'énergie ;

- assurer des moyens de transport et de stockage de l'énergie adaptés aux besoins*.*

En outre, ***l'Etat favorise la réduction de l'impact sanitaire et environnemental de la consommation énergétique et limite, à l'occasion de la production ou de la consommation de l'énergie, les pollutions*** *sur les milieux liées à l'extraction et à l'utilisation des combustibles ainsi que les rejets liquides ou gazeux,* ***en particulier les émissions de gaz à effet de serre,*** *de poussières* ***ou d'aérosols****. A cette fin, l'Etat renforce progressivement la surveillance de la qualité de l'air en milieu urbain ainsi que, parallèlement à l'évolution des technologies, les normes s'appliquant aux rejets de polluants et aux conditions de transport des combustibles fossiles."*

Dans cette loi, l'Etat promouvait la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie, mais aussi la cohérence de l'action de l'Etat avec celle des collectivités

72 Rapport de commission d'enquête du sénat (20 mai 1998), *Energie - La politique énergétique de la France : passion ou raison ?* (tome 1), REVOL Henri, RAPPORT 439 (97-98), 1ère partie - COMMISSION D'ENQUETE. **http://www.senat.fr/rap/l97-4392/l97-4392_mono.html**

73 Loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique. NOR: ECOX0400059L

territoriales et de l'Union européenne.

Ultérieurement, la Cour des Comptes dans un autre rapport[74] en 2011, sur la politique énergétique des gouvernements français depuis la loi du 31 décembre 1992 sur la réforme du régime pétrolier (la date de la libération du marché pétrolier en France) formule, entre autres, des **critiques face à l'inadéquation des politiques menées et la non réalisation des objectifs annoncés, en particulier, le maintien d'un raffinage compétitif**.

Récemment, dans un article[75] paru dans le journal *Le Monde* publié en mai 2014, la Cour des Comptes lance une alerte, que le coût de production de l'électricité nucléaire s'envole. Entre 2010 et 2013, la facture a connu une forte hausse, passant de 49,6 euros par mégawattheure (MWh) à 59,8 euros/MWh. C'est une augmentation de 20,6 % en euros courants (+16 % en euros constants, c'est-à-dire en tenant compte de l'inflation). Selon la Cour des Comptes, la raison principale de ce renchérissement réside dans le choix d'EDF de prolonger la durée d'exploitation des réacteurs au-delà de quarante ans. Pour juger de cette évolution, la Cour a repris la méthode qu'elle avait utilisée dans son rapport de janvier 2012 pour calculer le *« coût courant économique »* (CCE), qui permet de définir un coût global moyen sur toute la durée d'exploitation du parc nucléaire.

Le gouvernement français, en 2013, suite à l'initiative du nouveau président de la république, François Hollande, a lancé **un débat national sur la transition énergétique[76] croisée avec les enjeux environnementaux, techniques et économiques**: " *Le Président de la République a fixé le cap pour notre pays : faire de la France la nation de l'excellence environnementale. Il a indiqué clairement la voie à suivre pour* ***engager la France dans la transition énergétique, fondée sur la sobriété et l'efficacité, ainsi que sur le développement des énergies renouvelables, et plus globalement dans la transition écologique****, en les inscrivant dans les cadres communautaires et internationaux.*".

En résumé , n**ous constatons de notre part, que la question énergétique préoccupe l'état français au niveau de ses différentes institutions. L'état vise à travers ses politiques, à réagir face aux enjeux que soulève la question énergétique, intercalée souvent avec des enjeux économiques (coût et sécurité d'approvisionnement) et environnementaux et dont la question climatique occupe de plus en plus une place considérable. Ainsi, le gouvernement français se trouve confronté à des obligations internationales et européennes visant les réglementations législatives françaises mais aussi à des besoins locaux et des revendications citoyennes et des collectivités locales pour participer aux décisions de l'état.**

74 Cours des comptes, Paris le 25 octobre, 2011, rapport N° 62097, objet: référé sur l'action de l'état dans le domaine pétrolier. http://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ccomptes.fr%2Fcontent%2Fdownload%2F2175%2F21843%2Ffile%2FRefere_action_Etat_domaine_petrolier.pdf&ei=81sgVb_MDtPbaI-3geAL&usg=AFQjCNGIkayht2bPPaqH7KX9KikPFAgAAQ&bvm=bv.89947451,d.d2s

75 Le journal Lemonde, « *Facture du nucléaire : l'alerte de la Cour des comptes* », article publié sur le site LEMONDE.FR, le 27.05.2014 à 10h13 • Mis à jour le 27.05.2014 à 17h10

76 Transition énergétique, Débat national (2013) : http://www.transition-energetique.gouv.fr/

3.3.3.2. Des agences internationales dans la question énergétique française

L'Agence Internationale de l'Energie (AIE)[77], publie annuellement une évaluation des politiques énergétiques de ses membres, notamment la France. Cette agence a était créée (avec une abstention de la part de la France) par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) (principalement des pays industriels hors de la sphère soviétique de l'époque), dont la France est membre, pour garantir la sécurité énergétique de ses états membres, suite au premier choc pétrolier de 1973/4 provoquant un rationnement de l'approvisionnement énergétique et la flambée des prix.

Dans son rapport[78] de 2009, l'agence indique qu'en 2004, **le Gouvernement français a** promulgué différentes lois et mis en place un ensemble de politiques et mesures **visant à réduire la consommation d'énergie, renforçant ainsi la sécurité énergétique tout en luttant contre le changement climatique.** Suivant le rapport, la politique énergétique de la France ne cesse de s'adapter aux défis en matière d'énergie et de climat mondial, à la concurrence, introduite par l'UE, dans les secteurs de l'électricité et du gaz naturel et à la régionalisation croissante du secteur de l'énergie en Europe. La sécurité énergétique reste une priorité majeure et la France continue à faire face aux obligations de stockage d'urgence établies par l'AIE.

Ce rapport pointe aussi qu'en 2008, l'énergie nucléaire représentait près de 80% de la production d'électricité du pays et plus de 40 % de l'approvisionnement total en énergie primaire. En outre, la France importe quasiment tout ce dont elle a besoin en matière de pétrole, gaz et charbon mais ses importations en combustible fossile sont très diversifiées.

En outre, vis-à-vis de la politique de la France face à la question climatique ce rapport indique que **la France est l'une des économies industrialisées ayant le taux le plus faible d'émissions de CO_2 grâce au rôle majeur du nucléaire.** Alors qu'en 2005, le niveau des émissions de gaz à effet de serre était déjà relativement faible, il continue à décliner depuis. En 2007, la France a réduit l'ensemble de ses émissions de gaz à effet de serre, atteignant ainsi un niveau inférieur au niveau annoncé dans le protocole de Kyoto.

Le rapport indique aussi les défis pour la France en matière d'augmentation des émissions du CO_2 entre 1990 et 2008 dans les secteurs du bâtiment et du transport, malgré qu'elle reste globalement plus basse que d'autres pays en raison du rôle clé de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité. Le rapport pointe aussi des défis prochains à la France en matière de prix bas de l'électricité, de besoins de financement nécessaires pour la maintenance de sa production et de la distribution énergétique électrique basée principalement sur le nucléaire :

*"Malgré le succès de ses politiques, la France fait face à un certain nombre de défis. Ses objectifs visant à lutter contre le changement climatique sont très ambitieux.... **Bien qu'en France, les émissions de gaz à effet de serre soient inférieures à la moyenne des pays membres de l'AIE en raison du rôle clé de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité, elles ont subi une augmentation entre 1990 et 2008 dans les secteurs du transport et du bâtiment.** La France doit impérativement mettre en place de façon efficace les politiques et mesures annoncées afin de tenir ses engagements à l'échelle nationale et internationale. Dans le secteur de l'électricité, la coexistence des tarifs régulés et des prix du marché peut ralentir la mobilisation de l'investissement nécessaire à l'entretien et au maintien des centrales nucléaires. Le pays doit également promouvoir la flexibilité des réseaux électriques jusqu'à trouver un équilibre structurel entre la production de base et la*

77 International Energy Agency: http://www.iea.org/aboutus/

78 Agence Internationale de l'énergie, *Politiques Energétiques des Pays Membres*, France, Analyse 2009, résumé. http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2009/weo2009_es_french.pdf

demande croissante en pointe (Résumé)*".*

L'Agence internationale de l'énergie (AIE), lors du rapport[79] de 2009, mentionne que **le gouvernement français doit trouver le bon équilibre entre la régulation des prix et les prix du marché dans le secteur de production de l'électricité, un compromis susceptible de ralentir l'investissement dans de nouvelles capacités et de devenir un frein à la libéralisation du marché;** et que les points de connexion interrégionaux sont actuellement saturés et le système de transport de l'électricité nationale a récemment prouvé sa fragilité, ce qui risquerait de ralentir le développement d'un marché européen intégré et l'expansion de la concurrence.

3.3.3.3. Des fournisseurs nationaux d'énergie électrique

Le contexte énergétique français dépend aussi du contexte énergétique mondial. Dans un article du journal[80] *Le Monde* publié en 2007, selon les chercheurs d'EDF (Electricité De France) on indique que la production d'énergie, notamment pétrolière, pourrait décliner avant 2040.
L'étude tente aussi d'évaluer l'augmentation de la production mondiale des autres sources d'énergie, indispensable pour compenser le déclin éventuel du pétrole. L'hydraulique serait multiplié par deux, les autres énergies renouvelables par vingt-cinq, le nucléaire et le charbon par cinq. Malgré ce développement colossal, pour les chercheurs d'EDF *"c'est avant 2040 que la demande énergétique mondiale ne peut plus être satisfaite avec les technologies aujourd'hui opérationnelles"*.

Électricité De France (EDF), le fournisseur électrique national français, veut promulguer sa politique énergétique, notamment sur leur site internet[81], en indiquant que dans le cadre de leur lutte contre le changement climatique et p**our renforcer le caractère très faiblement émetteur de leur parc de production, ils visent simultanément à réduire les émissions de CO_2 de leurs centrales thermiques à flamme, à accroître la disponibilité du parc nucléaire, et à participer au développement des énergies renouvelables. Ils annoncent même un programme doublé d'une autre ambition : amener les clients à consommer de façon plus sobre et plus efficace en émettant eux-mêmes moins de CO_2.**

Ainsi, nous constatons qu'EDF semble justifier sa politique énergétique, en particulier les financements des centrales nucléaires, entre autres, par la lutte contre le réchauffement climatique, en pointant la faible émission de CO_2 de l'ensemble du parc énergétique grâce au nucléaire :
"Les *émissions de CO_2 sont de **40,8 g/kWhproduit** dues à la production d'électricité et de chaleur par EDF en 2009. En comparaison, la moyenne du secteur énergétique en Europe en 2008 était de 350 g/KWh * (source : PriceWaterhouseCooper, novembre 2009).*"

"***Le parc nucléaire permet de produire une électricité sans CO_2.** Accroître sa disponibilité,*

79 International Energy Agency, *Politiques énergétiques des pays membres de l'AIE, France analyse 2009.*
80 Le journal *Lemonde, "La production d'énergie pourrait décliner avant 2040, selon* les chercheurs d'EDF*",* publié sur le site: LEMONDE.FR le 22.10.07 à 17h43. Consulté en ligne: http://www.lemonde.fr/planete/article/2007/10/22/la-production-d-energie-pourrait-decliner-avant-2040-selon-les-chercheurs-d-edf_969917_3244.html
81 Site de l'électricité de france (EDF), *Lutte Contre le Réchauffement Climatique,* consulté le 30/10/2010 http://fr.edf.com/presentation/developpement-durable/lutte-contre-le-changement-climatique-48627.html

affectée notamment par des aléas techniques récurrents, conduit à réduire le contenu en CO_2 du kWh produit. Pour y parvenir, EDF a plus que doublé ses investissements depuis 2005 *et engage un* programme de rénovation lourde *. A plus long terme, EDF prépare le renouvellement de son parc par la construction d'un réacteur EPR de nouvelle génération à* Flamanville *et prépare un projet de construction d'un deuxième EPR à* Penly *pour assurer la satisfaction des besoins en électricité dans toutes les hypothèses d'évolution de ceux-ci.*"

En outre, EDF explique le besoin des centrales thermiques par le fait que: les centrales thermiques à flamme constituent en France la clé de voûte de l'équilibre du système électrique : avec une très bonne réactivité, elles répondent aux pointes de consommation en complément des centrales hydroélectriques. Si le parc thermique d'EDF place l'entreprise au 2e rang des émetteurs français de CO_2, il n'assure toutefois en 2009 que 4,5% de sa production.

En outre, EDF affiche aussi une politique d'énergie renouvelable à travers, l'hydraulique, l'éolien, le photovoltaïque et la biomasse :

« *EDF est le Premier producteur hydroélectrique européen, EDF exploite en France un parc de* 20,4 GW*. EDF va renforcer ses capacités hydrauliques, en contribuant à hauteur de 2 milliards de kWh au développement du potentiel hydraulique français, grâce à de nouveaux aménagements et à l'augmentation des capacités des installations existantes.*
Pour l'éolien et le photovoltaïque, EDF met en service, en 2009, 90 MW éoliens et en a 110 autres en construction, et qui a engagé ou réalisé 53 MW photovoltaïques. Enfin, EDF propose aux particuliers, entreprises et collectivités des équipements de production décentralisée d'électricité, d'eau chaude et de chauffage, appuyés sur le solaire et la biomasse. »

3.3.3.4. Différentes associations environnementales et de défense des consommateurs

De leur côté **des associations environnementales, comme GreenPeace[82], critique la politique des gouvernements français du tout nucléaire** (le « plan Messmer »), avec un parc nucléaire vieillissant de 58 réacteurs, et la construction en route de nouvelles centrales nucléaires (des réacteurs dits de troisième génération, de type EPR) qui font de la France le pays le plus nucléarisé au monde. I**l pointent notamment le manque d'investissement dans des alternatives énergétiques notamment renouvelables et les dangers que soulèvent les centrales à travers des accidents réguliers dans les centrales, des rejets nucléaires permanents par les centrales dans l'air et dans l'eau et les menaces polluantes que représentent les centrales et leurs déchets nucléaires**, leurs traitements et stockages sur les populations locales, au niveau national et international. *"Ces incidents ou accidents, souvent sous-évalués, parfois évités de justesse, nous confortent dans notre rejet de l'industrie nucléaire. Ni le circuit de production de l'énergie nucléaire, ni l'organisation de la sécurité des installations ne nous semblent rassurants.".*

En outre, cette association, dans un autre rapport[83] publié en 2009 sur la consommation électrique et le climat, notamment dans le contexte français, critique les

82 Site de Greenpeace, *Brève Histoire du Nucléaire,* consulté la dernière fois le 23/05/2014 : http://www.greenpeace.org/france/fr/campagnes/nucleaire/fiches-thematiques/breve-histoire-du-nucleaire/

83 Site de Greenpeace, "*Electricité: le gaspillage menace le climat*". © Greenpeace France, février 2009. Site consulté la dernière fois le 26/06/2014: http://www.greenpeace.org/france/PageFiles/266537/electricite-le-gaspillage-me.pdf

fausses idées promulguées par ceux qui soutiennent l'énergie nucléaire sur les basses émissions de CO_2 des centrales nucléaires et indique, notamment dans le cas du chauffage électrique, que le CO_2 du chauffage électrique (produit notamment lors des heures de pointes de consommation par des centrales utilisant des énergies fossiles) dépasse déjà ceux du gaz et finira même par dépasser le fioul en 2030 :
« *Un calcul complémentaire évalue les émissions de CO_2 que toute nouvelle installation de chauffage électrique va produire : il s'agit donc de calculer le contenu marginal en CO_2 du kWh électrique lié au chauffage électrique. Une telle donnée permet de voir l'implication du développement du chauffage électrique sur les émissions futures. Dans ce cadre, l'étude d'ICE révèle que* ***les contenus marginaux du chauffage électrique évoluent de 530 à 940 g de CO_2/kWh sur la période 2005 à 2030, soit des niveaux d'émissions bien pire que le gaz ou même le fioul (environ 310 g de CO_2/kWh)***. *(p.14-15)* ».
Le rapport indique, notamment, que la consommation énergétique pour le chauffage électrique est la conséquence la politique française.

Des associations, comme la CLCV[84], dans le cadre de l'Association Nationale de Défense des Consommateurs et Usagers, se plaignent d'une augmentation du prix du carburant et des énergies qui mènent à une augmentation des prix à la consommation. Ils demandent entre autres, un plafonnement des prix à travers une diminution des taxes sur les carburants, le développement de transports collectifs publics, l'instauration d'une contribution spécifique touchant les résultats des groupes pétroliers et une plus forte transparence sur la façon d'indexer des prix du carburant. Ils dénoncent entre autres l'augmentation du prix du gaz (e.g. Utilisé pour le chauffage, l'eau sanitaire et la cuisine ...), indexé sur le prix du pétrole[85] dont les réserves sont de plus en plus rares, tandis que les estimations des réserves mondiales de gaz ne cessent de croître.

Récemment, dans un article[86] paru dans le journal *Lemonde* publié en mai 2014, la Cour des Comptes sonne une alerte, que le coût de production de l'électricité nucléaire s'envole. Pour juger de cette évolution, la Cour a repris la méthode qu'elle avait utilisée dans son rapport de janvier 2012 pour calculer le *« coût courant économique »* (CCE), qui permet de définir un coût global moyen sur toute la durée d'exploitation du parc nucléaire.

Mais les écologistes contestent, dans ce même article, cette méthode qui ne permet pas d'apprécier le coût réel. Le CCE ne prend pas en compte l'historique du parc et la manière dont il a été amorti et financé, notamment par les consommateurs. Selon eux, toutes les composantes des charges d'exploitation ont augmenté.

84 Association nationale de défense des consommateurs et usagers (CLCV), *Prix des carburants et pouvoir d'achat*, vendredi, 10 décembre 2010 19:31 Dernière modification le jeudi, 28 juin 2012 17:40. http://www.clcv.org/communiques-de-presse-archives/prix-des-carburants-et-pouvoir-d-achat-09-12-2010.html

85 Association nationale de défense des consommateurs et usagers (CLCV). "*La CLCV mobilise les consommateurs pour demander des comptes à GDF-SUEZ*" publié le 30.06.2010, sur le site de l'association: http://www.clcv.org/communiques-de-presse-archives/la-clcv-mobilise-les-consommateurs-pour-demander-des-comptes-a-gdf-suez-30-06-2010.html

86 Le journal Le Monde, « *Facture du nucléaire : l'alerte de la Cour des comptes* », article publié sur le site LEMONDE.FR, le 27.05.2014 à 10h13 • Mis à jour le 27.05.2014 à 17h10

3.3.3.5. Des groupes énergétiques internationaux : des géants pétrolier et gazier

De leur côté les producteurs énergétiques, notamment TOTAL, le géant pétrolier Français, lors d'un entretien[87] avec son ancien PDG Christophe de Margerie dans le journal *Le Monde* en 2013, affiche une position à double posture sur la question énergétique-climatique.

L'ancien PDG de Total, soutient le lancement d'un débat national sur la politique énergétique française en soutenant le terme "transition énergétique" qui a été retenu et non celui "de décarbonisation" de l'économie.

D'un côté, il annonce que le réchauffement climatique est sérieux, et d'un autre côté il temporise l'impact de la France à elle seule dans un contexte mondial, à faire la différence à travers une politique climatique : « *Qui plus est, un débat franco-français sans vision mondiale n'aurait aucun sens. La France, c'est moins de 1 % de la population mondiale, 2 % des énergies primaires consommées et 1,2 % des émissions de gaz à effet de serre.* ». Cependant, il mentionne aussi, que les technologies actuelles, dans un contexte d'augmentation de la demande énergétique, ne peuvent pas répondre aux demandes d'une réduction d'émissions de GES, tant espérée : « *Nous avons établi de nouvelles prévisions sur le mix énergétique mondial à l'horizon 2035 (les dernières s'arrêtaient à 2030), en prenant comme hypothèse une hausse de la demande mondiale de 1,6 % par an entre 2010 et 2020 et de 0,7 % entre 2020 et 2035, le chiffre le plus bas jamais utilisé dans nos calculs. Sachant que les énergies fossiles représentent aujourd'hui 81 % de la consommation mondiale d'énergie, cette part devrait passer à 74 % en 2035. Nous avions prévu 76 % en 2030 – donc 2 % de moins – mais avec une hausse de la consommation, cela fait un chiffre plutôt stable en valeur. » « L'Allemagne importe du charbon américain pour compenser la fermeture de ses centrales nucléaires. Les États-Unis sont passés du charbon au gaz, mais continuent d'en produire et l'exportent. Il semble difficile, même avec des politiques publiques volontaristes de bouleverser cette tendance.* ***Dans notre industrie , 2010-2035, c'est une période très courte. La possibilité de réaliser des "ruptures" technologiques et de les transformer en réalité industrielle prend beaucoup de temps.*** »

En outre, de notre part, nous constatons que même si une politique climatique cherchant à réduire les émissions de CO_2 à travers la consommation des énergies fossiles touche directement le secteur énergétique, l'Ex-PDG de Total, semble tirer profit de la question climatique. D'un côté, il défend sa politique d'investissement dans l'exploitation du gaz naturel, souvent privilégié par les états au dépend d'autres énergies fossiles dans les politiques climatiques, par son coût et impact environnemental faible, mais aussi défend son investissement dans le gaz de schiste, dont l'impact environnemental semble être plus controversé. D'un autre côté, il investit dans les énergies renouvelables notamment solaire, plus appréciées par les défendeurs écologistes.

87 Le journal *Lemonde,* « *Christophe de Margerie : "Le changement climatique, c'est sérieux"* », article publié sur le site LEMONDE.FR, le 11.01.2013 à 11h36.

3.4. Quelle est la pertinence de la question du choix d'un système de chauffage dans le cadre des débats sur le climat à faire discuter en classe ?

Nous avons indiqué, dans les paragraphes précédents ce qui est en jeu dans la question climatique-énergétique, les différents acteurs et leurs intérêts respectifs, vis à vis de la question climat-énergie, dans le régime climatique, au niveau international, mais aussi au niveau national (en France), notamment, à travers le Grenelle de l'Environnement, en particulier, la place de la question de la consommation résidentielle énergétique (et dont la question du chauffage est une partie intégrante) dans ces débats.

Plus spécifiquement, nous visons dans ce paragraphe à établir la pertinence de la question du choix d'un système de chauffage à faire discuter en classe, en particulier, vis-à-vis de notre objet de recherche, notamment :

En quoi ce choix est une question authentique dans le sens qu'elle soit une question réelle (et pas nécessairement vraie) et offrant aux élèves la possibilité de discuter en classe des questions du monde réel, mais aussi l'influencer, (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002) ? En quoi cette question permettra une connexion personnelle avec les élèves et donc susceptible d'encourager l'argumentation (Sadler, 2004) ? Quelles opportunités sont offertes aux élèves pour faire le lien entre la question globale, le changement climatique, et les actions locales quotidiennes … ? Qu'est ce qui fait que cette question du choix du chauffage relève d'une question controversée socialement et scientifiquement/techniquement ? Qu'est ce qui est en jeu lors du choix du système de chauffage ?

Partant d'un premier constat du ministère[88] de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, publié le 26 février 2009, où l'on indique que **le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie en France** parmi l'ensemble des secteurs économiques. Il consomme 68 millions de tonne équivalent pétrole **soit 42,5% de l'énergie finale. Il génère 123 millions de tonnes de CO_2, soit 23% des émissions nationales. Ces émissions ont augmenté d'environ 15% depuis 1990.**

En outre, on indique dans le même rapport que la facture annuelle de chauffage représente environ 900 euros en moyenne par ménage avec de grandes disparités qui tendent à augmenter avec la hausse des prix. Les dépenses annuelles peuvent varier de 250 euros pour une maison de basse consommation, à 1800 euros pour une maison mal isolée.

Remarque : Le document ministériel indique que le secteur du bâtiment consomme l'équivalent de 42% de l'énergie finale consommée en France. Cependant, le rapport n'indique pas explicitement si cela correspond à la consommation énergétique du bâtiment après construction (suivant les réglementations[89] officielles pour la construction de bâtiments neufs,

88 Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie; dans la séction Ville Durable, Aménagement et Construction Durable, le *Plan Bâtiment du Grenelle Environnement;* le site officiel du ministère, publié le 26 février 2009 (mise à jour le 4 juillet 2012). http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-Plan-Batiment-du-Grenelle.html

89 Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, "Chapitre I : La réglementation thermique 2012 (25 octobre 2010 (mis à jour le 6 août 2013)), Exigences réglementaires pour la construction des bâtiments neufs (15 novembre 2011)" - section Ville durable, aménagement et construction, site officiel consulté la dernière fois le 23/06/2014 : « *Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la RT 2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50 kWh$_{EP}$/(m².an) en moyenne, tout en suscitant :*

- une évolution technologique et industrielle significative pour toutes les filières du bâti et des

établies après « Grenelle de l'environnement », incluant les énergies consommées par le chauffage) ou inclut aussi la consommation énergétique (et les émissions de CO_2), nécessaire pour construire ce bâtiment, y compris à titre d'exemple, la consommation énergétique et les émissions de CO_2 par des industries liées à la production des matériaux nécessaires à la construction et notamment, le ciment (un élément essentiel à la construction et un grand consommateur de CO_2).

En outre, le gouvernement français met en place, dès 2009, dans le cadre du Grenelle Environnement, des prêts allant jusqu'à l'année 2020, destinés aux bailleurs sociaux ayant l'intention de faire des travaux de rénovations et d'isolation thermiques, dans le but de rénover les logements sociaux énergivores, de montant entre 9000 et 12000 euros[90]. Avec 61% des bâtiments en France en 2009 bâtis avec la réglementation thermique d'avant 1975, d'autres projets d'aides sont aussi disponibles et couvrent d'autres particuliers désirant, entre autres, en plus de la rénovation thermique des bâtiments, la rénovation des systèmes de chauffage, à condition de réduire leurs consommations énergétiques[91].

Or, suivant un rapport[92] de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Économiques (INSEE) relatif **aux distributions des modes de chauffages des résidences principales en 2010 en France, il y a approximativement 45% de chauffage individuel en France** de l'ensemble des systèmes (presque également en métropole et en province). L'ensemble des sources énergétiques utilisées pour le chauffage se répartissent en moyenne approximativement (entre métropole et province) de la façon suivante : **Fioul (mazout) 15%, Chauffage Urbain 3,5 %, Gaz 37% (sous différentes formes), Électricité 31, 5 % et autre 11, 5 %.**

Un autre rapport[93], de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) publié en 2010 sur les dépenses d'énergie des ménages depuis 20 ans en France, indique, entre autres, que **l'énergie est un poste important de consommation des ménages puisqu'il représente en moyenne 8,4 % de leurs dépenses en 2006 : 4,8 % pour leur résidence** et 3,6 % pour leur moyen de transport individuel. En 2006, **chaque ménage débourse ainsi en moyenne 2 300 euros par an pour payer l'énergie de son logement et le carburant**.

La part de ces dépenses reste en moyenne stable dans le budget. En 20 ans, la part budgétaire consacrée à l'énergie a baissé de 3 points, passant de 11,6 % en 1985 à 8,4 % en 2006. L'année 1985 était toutefois un point haut, marqué par un pic de dépenses lié au second

équipements,

- un très bon niveau de qualité énergétique du bâti, indépendamment du choix de système énergétique,

*- **un équilibre technique et économique entre les énergies utilisées pour le chauffage** et la production d'eau chaude sanitaire.* » http://www.developpement-durable.gouv.fr/Chapitre-I-La-reglementation.html

90 *Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie; site officiel du ministère. L'éco-prêt Logement Social;* section Ville Durable, Aménagement et Construction Durable. Publié le 5 juillet 2012 (mis à jour 26 novembre 2013. http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-eco-pret-logement-social,28944.html

91 Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie; dans la séction Ville Durable, Aménagement et Construction Durable, *Pour une meilleur performance énergétique des bâtiments.* Publié 9 novembre 2007. http://www.developpement-durable.gouv.fr/Pour-une-meilleure-performance,1888.html

92 Institut National de la Statistique et des Etudes Economique (INSEE), *Résidences principales selon le mode de chauffage en 2010,* Insee, RP2010 exploitation principale. http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=99&ref_id=DTDC11R

93 Institut National de la Statistique et des Etudes Economique (INSEE). *Les dépenses d'énergie des ménages depuis 20 ans : Une part en moyenne stable dans le budget, des inégalités accrues.* Sébastien Merceron, Maël Theulière. Division Conditions de vie des ménages. Rapport N° 1315 - OCTOBRE 2010.

choc pétrolier de mai 1979. Le contre-choc pétrolier de 1986 a permis une forte contraction des prix des combustibles importés et une baisse moyenne d'un quart de la part de l'énergie dans les dépenses des ménages entre 1985 et 1989.

En revanche, **les inégalités d'effort énergétique se sont accrues depuis 25 ans** entre ménages modestes et ménages riches, entre ville et campagne, entre types d'habitat et entre ménages âgés et ménages jeunes. **Les 20 % des ménages les plus pauvres consacrent 9,6 % de leur budget à l'énergie, contre seulement 7,0 % pour les 20 % des ménages les plus aisés.**

Pour les associations[94] de consommateurs, la CLCV, la question énergétique (e.g. le chauffage) pèse toujours sur le consommateur en créant des inégalités sociales, et évoquent ainsi la question de la précarité énergétique.

Ainsi, il nous semble inviter les élèves à débattre sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat intègre des éléments principaux de la question climat-énergie, en particulier vis-à-vis : scientifiques les émissions de GES (e.g. le dioxyde de carbone anthropiques) et leurs potentiels impacts sur le climat, ainsi que d'autres enjeux, notamment, techniques (l'efficacité énergétique), économiques (e.g. le coût, la consommation énergétique,), sociaux (e.g. précarité énergétique), environnementaux (e.g. impacts environnementaux des systèmes de chauffage), à l'échelle internationale, nationale (au niveau de la France) et locale (au niveau individuel), et correspond bien à une question authentique et familière, touchant tous les foyers en France (dont 45% des foyers utilisent un chauffage individuel).
Cette question nous semble aussi susceptible de permettre l'établissement d'une connexion personnelle entre le choix d'un système de chauffage et les élèves et, éventuellement, leur permettant de faire le lien avec la question climatique-énergétique à travers la question du choix d'un système de chauffage et les émissions de CO_2 par des systèmes de chauffage utilisant des sources d'énergies fossiles, mais aussi en revanche l'impact du choix de systèmes de chauffage utilisant d'autres sources énergétiques, notamment, la question de l'énergie nucléaire qui domine le parc des centrales électriques françaises dans le cas du choix d'un système de chauffage électrique, sans oublier la part des énergies renouvelables dans le chauffage, notamment solaire et au bois.

Ainsi, nous avons opté pour la question du choix d'un système de chauffage, à des sources énergétiques les plus répandues pour une habitation, et cela dans le cadre de débat sur le climat à faire débattre aux élèves en classe. Nous indiquons dans le partie suivante, des éléments majeurs sur la question énergétique que nous retenons, afin que dans la partie II du chapitre 5, méthodologie de recherche, nous indiquons comment nous prenons en charge l'intégration de cette QSS en classe avec des élèves en cursus scolaire normal et suivant un curriculum traditionnel.

94 Association nationale de défense des consommateurs et usagers (CLCV). "*Précarité énergétique : de la nécessité d'avoir une approche globale pour l'ensemble des services essentiels*" publié sur le site de l'associoation le 12.01.2010: http://www.clcv.org/communiques-de-presse/precarite-energetique-de-la-necessite-d-avoir-une-approche-globale-pour-l-ensemble-des-services-essentiels-12-01-2010.html

3.5. *Vers l*e choix de la question à faire débattre aux élèves en classe, dans le cadre de débats sur le climat-énergie

L'idée centrale génératrice de notre intervention en classe est la prise de décision sur le choix énergétique d'un système de chauffage pour une habitation par des lycéens dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatiques. Nous visons à offrir ainsi aux élèves une question authentique (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002) et leur donner la possibilité de réaliser d'un côté, l'étendue de la question du choix énergétique d'un système de chauffage pour une habitation qui est en interrelation avec une question internationale et nationale, les débats sur la question climatique-énergétique, une question controversée socialement et scientifiquement. D'un autre côté, nous visons à ce que les élèves réalisent aussi la multiplicité des savoirs et des pratiques de références. En outre, nous visons par la suite à encourager l'argumentation socioscientifique et la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) des apprenants dans le but d'étudier l'interrelation éventuelle entre les deux.

Or, d'après les paragraphes précédents (e.g. Chapitre 3, §. 3.5.), nous avons pu établir différentes questions clés en relation avec les débats sur la question climatique-énergétique, dont nous citons les suivantes :
Est-ce qu'un réchauffement climatique est en cours et quel(les) est(ont) éventuellement l(es)'amplitude(s) et la répartition géographique de ce réchauffement ? Qu'en est-il des prévisions futures de ce réchauffement éventuel ? Quelles sont les causes de ce réchauffement : Est-ce qu'en plus des éléments naturels, d'autres éléments anthropiques interviennent dans cet éventuel réchauffement, notamment, les émissions des GES anthropiques (soit le CO_2 provenant de la combustion des énergies fossiles) ? Quel sera l'impact (social, environnemental, économique, politique, sanitaire, sécuritaire ...) de ce réchauffement éventuel et si des mesures éventuelles sont à envisager, notamment à travers des choix énergétiques ? Quel sera le coût éventuel de ces mesures ?

Ainsi, nous visons dans notre séquence à traiter certaines de ces questions clés vis-à-vis de la question climatique-énergétique au niveau de la planète combinée à des questions plus locales et même individuelles vis-à-vis du choix d'un système de chauffage pour une habitation.

En outre, vu la diversité des systèmes et/ou des sources énergétiques utilisés par le consommateur, proposés par les promoteurs ou encouragés par l'Etat et dans le but de donner de l'authenticité et de la pertinence à la question à débattre par les élèves en classe, nous avons opté pour proposer des systèmes de chauffage individuels. Ces systèmes représentent en 2010, d'après le rapport d'INSEE sur les systèmes de chauffage en France cité précédemment, 45% du parc énergétique et fonctionnent avec des sources énergétiques fossiles multiples (e.g. le Gaz (du réseau de ville ou bonbonne) et le Fioul (mazout) et l'électricité qui sont les plus répandus dans le parc de chauffage en France.

Or, la politique du gouvernement français vise à, suivant les conclusions du Grenelle Environnement (2007), groupe 1 - Lutter contre le réchauffement climatique- la conclusion D « Introduire des signaux économiques plus clairs pour tous les acteurs » qui vise, entre autres, à faire passer de 9 % à 20 % la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en 2020 en visant les énergies renouvelables les plus prometteuses, notamment, le bois combustible et le solaire photovoltaïque et thermique. De même, suivant le rapport du commissariat de l'énergie, indiqué précédemment, publié en 2010, le bois reste en 2009,

l'énergie primaire renouvelable la plus fréquemment utilisée en France avec 46 % de l'ensemble des énergies renouvelables produites.

Ainsi, nous avons opté finalement pour des systèmes de chauffage fonctionnant sur les cinq sources énergétiques suivantes : électricité, fioul (mazout), gaz, en plus des énergies renouvelables bois et solaire. Nous allons, dans les paragraphes suivants (voir, chapitre 5, Partie II § 5.4.4. Dossier systèmes de chauffages), décider sur les types de systèmes de chauffage à choisir par les élèves, le principe de fonctionnement technique, les énergies qu'ils utilisent et, éventuellement, les éléments sociaux-économiques-pratiques-esthétiques-environnementaux, notamment, ceux en relation éventuelle avec la question d(es) changement(s) climatiques (e.g. Émissions de GES) susceptibles d'y être liés et cela dans le but de les intégrer dans notre intervention.

Or, en corrélation avec notre cadre théorique et dans le but d'aider les élèves à s'engager dans l'argumentation, nous visons, notamment, à fournir une base de connaissances scientifiques conceptuelles sur la question qui permettront aux élèves d'établir les éléments clés sur la QSS à débattre (Lewis et Leach, 2006).

Nous allons établir dans les paragraphes suivants, en se servant de la littérature en éducation des sciences, les conceptions des élèves sur les connaissances conceptuelles scientifiques de base en relation avec la QSS en question (Lewis et Leach, 2006).
Nous allons aussi étudier, par la suite, et analyser le curriculum prescrit des élèves, en visant entre autres comment sont présentées les questions climatique-énergétiques et les éventuels éléments du programme (le curriculum prescrit) qui peuvent nous servir comme des points d'appui pour l'élaboration de notre séquence et des documents d'accompagnement, pour le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s).

Chapitre 4 : Revue de littérature des conceptions des élèves en relation avec la QSS et étude du curriculum prescrit

Ce chapitre comprend les éléments suivants :

- Une revue de littérature des conceptions des élèves sur des connaissances scientifiques en relation avec la QSS en question ;

- Une étude des visées, des contenus, des compétences et des activités du curriculum (prescrit) des élèves et qui sont en relation avec la question climatique et énergétique (soient choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat).

4.1. Revue de littérature en éducation aux sciences sur les conceptions des élèves en relation avec des concepts sur la question climat-énergie

Nous cherchons à identifier en cohérence avec notre cadre théorique (voir, Chapitre 2, Cadre théorique, §2.3. Notre cadre de Référence), les conceptions et les obstacles, éventuels, au niveau de la population à qui s'adresse l'intervention en relation avec la QSS. Pour cela, nous analysons des articles dans la littérature de l'éducation aux sciences, sur les conceptions des élèves sur la question climatique, l'effet de serre, l'énergie, les énergies fossiles et la combustion (émissions du CO_2).

4.2.1. Revue de littérature sur les conceptions des élèves sur le climat et le changement climatique

Nous avons réalisé une revue de littérature des recherches sur les conceptions des élèves sur le climat dans le journal *Journal of Geoscience Education* de 2004 à 2010 dans le but d'identifier les conceptions des élèves sur le(s) changement(s) climatique(s).

Nous partons d'une revue de littérature[95] publiée dans le « *Journal of Geoscience Education »* (Cheek, 2010), des recherches publiées en anglais sur les conceptions dans le cadre de l'enseignement des sciences de la Terre[96], notamment, le changement climatique de 1989 à 2009, recouvrant 79 articles empiriques tirés de journaux qui adoptent une évaluation de leurs articles par des pairs (en anglais « peer-reviewed »).

Cette revue indique des thèmes récurrents dans les résultats des recherches sur les conceptions des élèves, et communs aux différents domaines des Géosciences, notamment, le changement climatique, dont nous relevons : des problèmes au niveau des termes, de l'échelle (temporelle et spatiale), le rôle de l'expérience antérieure, et une application incorrecte des connaissances (expériences) quotidiennes à des phénomènes en géosciences.

En particulier, dans le cas des conceptions rencontrées par les élèves lors de l'étude des processus du(es) changement(s) climatique(s) (l'effet de serre, le réchauffement climatique et la diminution de la couche d'ozone stratosphérique), la revue de littérature indique que les apprenants ont une tendance à trop généraliser en supposant que l'un des phénomènes, cités ci-dessus, provoque l'autre ou que tous ont la même cause sous-jacente.

A titre d'exemple, l'un des sens commun rencontré est que la destruction de la couche d'ozone est responsable de l'effet de serre ; et que la Terre est en train de se réchauffer, du haut, par les radiations solaires rentrantes au lieu des radiations de longueur d'onde longues arrivant, du bas, de la Terre. Des interprétations possibles de ces raisonnements viennent du fait que pour

95 Cheek(2010). *A summary and Analysis of Twenty-seven Years of Geoscience.* Journal of Geoscience Education, v. 58, n.3, May, 2010, p. 122-134.

96 Les différents domaines traités par ces études sont répartis par les chercheurs en : les matériaux de la Terre et leurs structures (les rochers, les minéraux, l'eau du sol...), les processus de la Terre (eau et cycles de carbone, météo et érosion), les structures de la Terre (plaques tectoniques, cycle des rochers, tremblement de la terre et volcans), le temps géologique, les processus du(es) changement(s) climatique(s) (l'effet de serre, le réchauffement climatique et la diminution de la couche d'ozone stratosphérique) et la géoscience en général.

le premier sens commun, le trou d'ozone et le réchauffement climatique sont souvent enseignés ensembles. Alors que pour le deuxième sens commun, il est attribué à l'impact de l'expérience personnelle quotidienne des apprenants qui font une relation entre l'effet de serre et la sensation de chaleur durant une journée ensoleillée chaude d'été.
En outre, d'autres apprenants pensent que le traitement des déchets solides contribue aussi au réchauffement climatique. La plupart des apprenants ont en même temps des idées scientifiques et non scientifiques juxtaposées. De même, les apprenants estiment que les processus responsables du réchauffement climatique ou à la vitesse avec laquelle une réduction des émissions de CO_2 peut être accomplie sont bien plus courtes que du vrai. En revanche, là où l'on vise à améliorer les conceptions des élèves sur les phénomènes du réchauffement climatique et l'effet de serre, les auteurs indiquent une avancée partielle dans les conceptions mobilisées par les élèves de 10-11 ans après l'intervention, mais en revanche, la persistance de certains amalgames dont la confusion des élèves entre une serre et l'effet de serre.

Autres recherches sur l'effet de serre et/ou le réchauffement climatique

De même, nous avons aussi exploité d'autres publications dans le même journal, visant entre autres, l'étude des conceptions des élèves sur le changement climatique et/ou l'effet de serre (une des questions clés des débats sur le changement(s) climatique(s)). Ces articles, allant de l'année 2004 à 2008, incluent des recueils de données empiriques que nous synthétisons dans les paragraphes suivants (pour plus de détails, voir aussi Annexe Chapitre 4, § 4.1. Note de lecture : Revue de littérature des conceptions des élèves) :

Les élèves attribuent :
- L'augmentation de la température globale à une augmentation de l'incidence solaire à travers le trou d'ozone (Gautier, Deutsch et Rebich, 2006 ; Schweizer et Kelly, 2005 ; Lee, Lester, Ma, Lambert, Jean-Baptiste, 2007)
- L'effet de serre à la capture par les gaz à effet de serre (ou les nuages) de l'énergie solaire reflétée, ou en revanche, que ce sont les gaz à effet de serre qui sont attrapés (Gautier, Deutsch et Rebich, 2006)
- Les gaz à effet de serre à la destruction de la couche d'ozone et ce qui fait que le soleil réchauffe la Terre (Schuster, Filippeli et Thomas, 2008 ; Lee, Lester, Ma, Lambert, Jean-Baptiste, 2007)
- L'utilisation des radiations de longueurs d'onde longues (Gautier, Deutsch et Rebich, 2006) des difficultés des élèves de voir la Terre comme un corps noir (Gautier, Deutsch et Rebich, 2006)
-En outre, beaucoup d'élèves ne connaissent pas l'effet de serre naturel qui est produit par les gaz atmosphériques naturels et qui tiennent, habitable, la température de la Terre (Gautier, Deutsch et Rebich, 2006 ; Rule et Meyer, 2009 ; Lee, Lester, Ma, Lambert, Jean-Baptiste, 2007 ;) et que la question du réchauffement climatique est reliée à l'augmentation de l'effet de serre (Gautier, Deutsch et Rebich, 2006 ; Rule et Meyer (2009)).
- les élèves gardent l'idée que le changement climatique est causé par la diminution du taux d'oxygène (Schuster, Filippeli et Thomas, 2008);
- à la fonte de la glace et à la libération du CO2 attrapé depuis des millénaires dans ces glaciers le changement du climat (Schuster, Filippeli et Thomas, 2008);
- la diminution ou la destruction de l'atmosphère à la déforestation qui conduit au réchauffement (Schuster, Filippeli et Thomas, 2008) ;

- L'effet de serre à des gaz spécifiques plus que d'autres (Lee, Lester, Ma, Lambert, Jean-Baptiste 2007) ;
- Et finalement, une tendance de faire référence à des conséquences naturelles de l'effet de serre, comme l'augmentation du niveau de la mer et l'augmentation de la température de la surface de la Terre (Lee, Lester, Ma, Lambert, Jean-Baptiste 2007).

En outre, deux autres articles trouvés dans les journaux « Science Education »[97] et l'International Journal of Science Education[98], indiquent aussi des conceptions comme :
Les élèves ne connaissent pratiquement presque aucun GES autre que le CO_2 (Jakobsson, Anders, Åsa Mäkitalo, et Roger Säljö, 2009 ; Punter, Ochando-Pardo et Garcia, 2011) ; peu d'élèves comprennent que les gaz à effet de serre existent depuis l'existence de l'atmosphère et et n'arrivent pas à distinguer entre l'effet de serre naturel et l'anthropique (principalement issu de la combustion des énergies fossiles) (Jakobson et al. 2009), des confusions avec d'autres problèmes environnementaux, comme la destruction de la couche d'ozone (Jakobson et al. 2009 ; Punter et al. 2011), d'autres pensent que c'est le CO_2 qui détruit la couche d'ozone et provoque ainsi le réchauffement climatique (Jakobson et al. 2009) ; d'autres estiment que la réduction du réchauffement climatique peut être réalisée à travers l'utilisation de carburant sans plomb ou la réduction du nombre de bombes atomiques et que la chaleur produite par les voitures provoque l'effet de serre (Jakobson et al. 2009). Les résultats montrent, entre autres, que les élèves relient l'utilisation inconvenante des voitures et les émissions des industries au problème (Punter et al. 2011). **En revanche, une corrélation entre l'énergie utilisée par les ménages (les foyers) et la question climatique n'est pas observée et** les conséquences socio-économiques du changement climatique sont moins perçues **(**Punter et al. 2011**).**

Cependant, Jakobson, Makitalo et Salio (2009) indiquent de leurs parts dans un article publié dans le journal « Science Education », des conceptions retrouvées dans la littérature dont, entre autres :
- peu d'élèves savent que le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre et l'effet du CO_2 sur le réchauffement climatique ;
- peu d'élèves comprennent que les gaz à effet de serre existent depuis l'existence de l'atmosphère, n'arrivent pas à distinguer entre l'effet de serre naturel de l'anthropique (principalement de la combustion des énergies fossiles) et semblent relier l'effet de serre seulement à des problèmes environnementaux ;
- d'autres élèves pensent que ce sont les fréons, qui détruisent la couche d'ozone et provoquent le réchauffement climatique et d'autres pensent que c'est le CO2 qui détruit la couche d'ozone et provoque ainsi le réchauffement climatique.
- En outre, certains élèves de 14-15 ans pensent que la chaleur produite par les voitures provoque l'effet de serre ; tandis que d'autres estiment que la réduction du réchauffement climatique peut être réalisée à travers l'utilisation de carburant sans plomb ou la réduction du nombre de bombes atomiques.

Les chercheurs indiquent notamment que ces résultats de conceptions retrouvés dans la littérature peuvent être en partie attribués au contexte de la recherche et à l'outil de recueil de données notamment des questionnaires écrits.

97 Jakobsson, Anders, Åsa Mäkitalo, et Roger Säljö (2009). *Conceptions of Knowledge in Research on Students' Understanding of the Greenhouse Effect: Methodological Positions and Their Consequences for Representations of Knowing. Sci Ed* **93:**978 – 995, 2009.

98 Punter, Ochando-Pardo et Garcia (2011). *Spanish Secondary School Students' Notions on the Causes and Consequences of Climate Change.* International Journal of Science Education *Vol. 33, No. 3, 1 February 2011, pp. 447–464.*

4.2.2. Conceptions des élèves à propos du « concept » énergie

L'énergie occupe une place importante dans la question climatique du point de vue du concept scientifique (notion conceptuelle scientifique intégrante pour les sciences du climat, le forçage radiatif, le changement climatique et le système de la Terre) et dans le régime climatique (soient la place de la consommation énergétique, notamment, des énergies fossiles et leurs émissions dans le régime climatique) et aussi lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation (soient l'efficacité énergétique du système et la nature de la source énergétique utilisée). Nous ajoutons à cela, la difficulté des élèves (voir paragraphe précédent) à faire le lien entre les consommations énergétiques du foyer (ibid. le chauffage) et la question climatique (les émissions, notamment de CO_2 par combustion, de ces systèmes de chauffage).

Ainsi, nous inspectons la littérature en éducation aux sciences afin d'identifier certaines conceptions des élèves sur le concept de l'énergie[99] et les lois et les principes qui y sont liés (e.g. la conservation, le transfert et la conversion de l'énergie).

Les recherches indiquent plusieurs conceptions des élèves concernant l'énergie et des principes qui y sont liés, dont on cite les suivants:
souvent les élèves estiment que l'énergie est en relation avec les humains (Lee et Liu, 2010 ; Trumper, 1997[100]), qu'elle est reliée à une activité (Lee et Liu, 2010 ; Trumper, 1997), comme un ingrédient, produit, fonction ou substance fluidique (Lee et Liu, 2010)) et qu'elle peut se déplacer à travers les machines et les fils conducteurs et qu'elle est capable de changer d'apparence à des points donnés du circuit, ce que Duit appelle une conception quasi-matérielle (Duit, 1987, dans Trumper, 1997);
Les élèves considèrent la chaleur comme une quantité de substance (Lee et Liu, 2010), ils associent différentes sensations à différentes températures (Lee et Liu, 2010).
Les élèves ne font la différence entre les concepts de chaleur et de température (Lee et Liu, 2010) et les personnes ont une tendance à confondre l'énergie avec d'autres termes en sciences physiques, notamment, le concept force (Viennot, 1997 ; Watts et Gilbert, 1983 ; Duit, 1984 ; dans Trumper, 1997) ; et ont des difficultés à comprendre l'équilibre de chaleur et la chaleur latente (Lee et Liu, 2010).
La compréhension des élèves de la conservation d'énergie n'est pas transférable d'un domaine à un autre (Lee et Liu, 2010).

---

99 Mclldowie, 1995, dans Lee et Liu (2010 : 667) : « *Within a system, energy sources, carriers, and receivers can be identified, and energy flow from one part of the system to another can be observed through a series of changes (Schmid, 1982). The description of energy flow is frequently used in many biological and technological applications (Ametller & Pinto, 2002; Lin & Hu, 2003). For example, energy flows from sources such as the sun and moves through a number of carriers to eventual receivers, such as through producers to consumers in food chains. Changes that occur in parts of a system can be described as energy transformation processes. In thermodynamics, all changes are described in terms of energy transfer (Kaper & Goedhart, 2002). While energy transformation processes are inferred, the amount of energy transferred from one system to another can be measured through work (Elise, 1988). As the internal energy of a system cannot be completely changed into work, the concept of entropy (i.e., wasted heat) is needed.i.e., .when multiplied by temperature, a measure of the amount of energy no longer capable of conversion into useful work. (Chaisson, 2001, p. 17).* »

100 Trumper (1997). *A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers.* INT. J. SCI. EDUC., 1997, VOL. 19, NO. 1, 31-46.

Trumper (1997) indique en citant une étude qu'il a conduite en 1990 que les élèves avant un enseignement des sciences physiques ont souvent une vision « anthropocentrique » (l'énergie est associée aux êtres humains) et de « causalité » (l'énergie est la responsable de ce qui se passe) de l'énergie et comme « produit » (l'énergie est le produit de certains processus). Trumper (1997) indique qu'après avoir reçu un enseignement, les élèves gardent généralement ces conceptions.

4.2.3. Conceptions des élèves sur les énergies fossiles et la combustion

Le dioxyde de carbone émis lors de la combustion des énergies fossiles est l'un des éléments débattus dans le régime climatique et susceptible d'être abordé lors du choix d'un système de chauffage, notamment à travers les émissions de GES des systèmes. Ainsi, nous nous sommes intéressés à inspecter les conceptions des élèves sur les énergies fossiles et sur la notion de la combustion.

Dans un article[101] visant à étudier les conceptions des élèves à propos des énergies fossiles, suite à l'étude de déclarations des élèves américains interviewés et ayant différents niveaux scolaires, Rule (2005) indique que les élèves du primaire (elementary, Grade 1-6) ont différentes idées à propos des énergies fossiles. Les auteurs classifient ces « idées » selon les catégories suivantes :
La configuration ou la distribution des réservoirs de pétrole (le pétrole remplit les grottes vides, pas de puits de pétrole dans les régions froides ou dans les déserts, ou en dessous des forêts ou en dessous de l'océan, et les puits de pétrole sont distribués d'une façon égale sur la Terre), la production et le stockage de l'essence (l'essence est stockée dans la pompe rectangulaire de la station d'essence) ; l'origine du pétrole (le pétrole était présent depuis le début (de la Terre)) ; l'importance du pétrole dans la société (le pétrole ne cause pas beaucoup de problèmes dans notre société) ; les estimations et la récupération du pétrole (les énergies fossiles peuvent se former dans une durée courte) ; le but du forage d'un puits est de pomper le pétrole suivant une ligne directe ; et la nature du charbon et du gaz naturel (le gaz naturel c'est comme l'essence, le charbon provient du pétrole ou de l'asphalte).

En outre, pour ce qui est des conceptions des élèves sur la combustion (en relation avec la combustion des énergies fossiles et les énergies dégagées), Watson, Prieto, Dillon (1997)[102] élaborent une revue de littérature des conceptions des élèves retrouvées dans d'autres recherches, sur la question de la combustion et dont on cite les différentes conceptions suivantes :
La "disparition", dans le sens que le pétrole est usé dans les voitures et disparaît (Andersson & Renstrom, 1983) et "le déplacement", pour expliquer la disparition (l'évaporation) de l'eau sur le sol en disant que l'eau a pénétré le sol, et qu'elle se trouve désormais dans un autre endroit;
La "modification" une façon avec laquelle les élèves expliquent l'alcool en flamme et le bouillonnement de l'eau par une modification de l'alcool liquide en alcool en vapeur et l'eau

101 Rule (2005). *Elementary Students' Ideas Concerning Fossil Fuel Energy.* Journal of Geoscience Education, v. 53, n. 3, May, 2005, p. 309-318.
102 Watson, Prieto, Dillon (1997). *Consistency of Students' Explanations about Combustion. Sci Ed* 81: 425–444, 1997.

liquide en buée (Méheut et al. 1985);
La "transmutation" dans laquelle une matière se transmute en énergie, de l'énergie en substance, ou une substance en une nouvelle substance, à titre d'exemple, la limaille de fer se transmute en carbone durant la combustion ;
les « interactions chimiques » sont appliquées correctement à des exemple comme la brûlure du pétrole mais d'une façon incorrecte à des changements physiques (Osborne and Cosgrove, 1983), certains élèves pensent que les bulles de la vapeur d'eau sont des gaz d'oxygène et d'hydrogène.

On indique dans l'article, suivant la revue de littérature, que les chercheurs ont réussi à catégoriser les réponses des élèves notamment, les élèves (de 11-12 ans) qui souvent ne réussissent pas à réaliser que la matière interagit et considèrent que durant la transmutation chaque substance se transmute séparément (Méheut et al. 1985).
Même à l'âge de 16 ans, les trois quart des apprenants pensent toujours que l'air n'a pas de masse ou une masse négative (Stavy, 1990). Ainsi, les élèves semblent être convaincus que la matière continue à exister, lors des changements chimiques, mais ne conserve pas nécessairement sa masse.
D'autres chercheurs indiquent que les élèves utilisent un raisonnement linéaire causal et ne prennent pas en considération toutes les variables pertinentes dans un problème et les relations qui les relient (Driver, Guesne, et Tiberghien, 1985; Pozo, Puy Perez, Sanz, et Limon 1992).
Les explications des élèves se focalisent sur les caractéristiques directement observables d'une situation, et en revanche, ce qui n'est pas observé est négligé (Driver, Guesne et Tiberghien, 1985). Les élèves ont tendance à interpréter un phénomène avec des propriétés ou des qualités absolues des objets au lieu de considérer l'interaction entre des éléments d'un système, qui pourra être expliqué par une limite des élèves à se concentrer. Les explications des élèves dépendent souvent du contexte, des façons différentes d'explications sont souvent utilisées lors d'exemples différents d'un même phénomène.

4.2.4. Ce que nous retenons pour notre recherche

Aborder la question des débats sur le(s) changement(s) climatique(s) en plus du choix d'un système de chauffage pour une habitation consiste aussi à aborder différents phénomènes et concepts dans un but de fournir des connaissances de bases conceptuelles (Lewis et Leach, 2006) afin d'aider les élèves à identifier les questions clés relatives à la QSS en question et de pouvoir s'engager dans l'argumentation. Pour cela identifier les conceptions des élèves et les obstacles vis-à-vis des concepts et phénomènes en question, n'est qu'un moyen pour orienter les bases de connaissances conceptuelles à fournir aux élèves. Ainsi, nous utilisons la revue de littérature pour établir la liste des conceptions des élèves et donc des concepts qui leur sont difficiles à appréhender. Nous nous focalisons par la suite, lors de notre séquence, à prendre en compte ces conceptions éventuelles, en se focalisant dans notre intervention davantage sur l'enseignement de concepts aux élèves, que sur leurs fausses conceptions (Von Aufschnaiter et Rogge, 2010).

Nous abordons, entre autres, dans notre séquence des notions fondamentales relatives à :
- La définition d'un climat et de sa variation ; la différence entre les sciences du climat et la météo surtout du point de vue de l'échelle du temps et de l'espace ; les éléments intervenant

dans le climat et dans les changement(s) climatiqu(es), notamment naturels ; notamment, le phénomène de l'effet de serre (en particulier son rôle dans le cas du changement climatique naturel comme anthropique) et la différenciation entre des radiations infrarouges, de longueurs d'onde longues, et des radiations ultraviolettes, de longueurs d'onde courtes, interagissant dans ce phénomène.
En outre, il sera préférable de ne pas parler d'autres phénomènes comme la destruction de la couche d'ozone pour ne pas favoriser la confusion entre le phénomène de l'effet de serre et la destruction de la couche d'ozone ;
- Nous visons aussi à citer différents gaz à effet de serre en plus du CO_2, en indiquant que le CO_2 peut être libéré par des processus naturels comme anthropiques (la combustion des énergies fossiles), surtout que notre revue de littérature autour des conceptions des élèves sur le changement climatique et l'effet de serre indique que les élèves n'en tiennent pas compte souvent.
- Aussi, il serait intéressant de donner l'opportunité aux élèves de faire le lien entre les consommations énergétiques du foyer (soit le chauffage) et la question climatique, que nous abordons dans nos documents notamment, en évoquant la question des émissions éventuelles de GES, le dioxyde de carbone , des systèmes de chauffage. Il sera aussi pertinent d'aborder la question de la combustion qui mène à l'émission de GES, le dioxyde de carbone, notamment en abordant la question de la combustion et/ou la réaction chimique.
- Nous abordons les notions de rendement et la puissance d'un système, afin de viser l'efficacité énergétique d'un système de chauffage. En plus, nous essayerons de viser des concepts et principes comme la notion d'énergie renouvelable, la conversion et le transfert énergétique et la convection énergétique.

4.2. Étude du curriculum prescrit

Notre étude du curriculum-prescrit français vise plusieurs éléments relatifs à notre objet d'étude.

a) En premier lieu, nous visons à examiner comment le curriculum-prescrit français prend en charge la question climatique-énergétique dans l'enseignement. Se limite-il à l'aspect scientifique de la question ou intègre-t-il aussi des éléments sociaux ? Présente-t-il la nature controversée de la question (du point de vue scientifique, technique et social) ? Mentionne-t-il, la multiplicité des savoirs et des pratiques de référence ?

En particulier, nous visons à repérer les contenus, activités et/ou compétences indiqués dans le curriculum prescrit des élèves (Martinand[103], 2011 ; Martinand[104], 2005) qui peuvent être en relation avec la QSS en question, le choix énergétique, d'un système de chauffage pour une habitation, dans le cadre des débats sur le climat.

Pour réaliser notre analyse, nous avons cherché dans le curriculum prescrit des élèves des mots clés relatifs à la question climatique-énergétique. Pour établir ces mots clés, nous avons pris en compte, entre autres, les questions clés et connaissances en relation avec la QSS en question repérées précédemment lors de l'analyse socio-épistémologique et socio-technique de la question climat-énergie (c.f. Chapitre 3, étude socio-épistémologique et socio-technique sur la question des débats sur le climat et l'énergie, § 3.5, §3.6) et plus précisément, les connaissances de base retenues pour notre recherche suite à la revue de littérature sur les conceptions des élèves sur la QSS (c.f. Chapitre 4, revue de littérature des conceptions des élèves en relation avec la QSS et étude du curriculum prescrit ; § 4.2.4. ce que nous retenons pour notre thèse).
Ainsi, les mots clés retenus sont les suivants :
« climat », « météo », « effet de serre », « lumière », « longueur d'onde », « combustion », « équation chimique », « carbone », « cycle de carbone », « dioxyde de carbone (CO_2) », « hydrocarbure », « chauffage » « énergie » « fossile », l'énergie « renouvelable », « conversion », « transfert », « conservation », « puissance », « rendement », .
Nous avons par la suite lu les paragraphes trouvés pour établir si ces mots et paragraphes repérés sont en relation à la QSS en question.

Nous regroupons les analyses trouvées dans les groupes suivants :
La climatologie, la météorologie, les éléments intervenant dans le climat, les controverses socio-scientifiques sur les changements climatiques, l'effet de serre, les gaz à effet de serre, la combustion, l'énergie et l'énergie renouvelable, la conversion de l'énergie, la puissance et l'énergie, le rendement, le transfert de l'énergie, le cycle de carbone.

Remarque : les résultats détaillés de ces analyses sont placés, par manque d'espace, dans un tableau en Annexe à cette thèse (voir Annexe, Chapitre 4, § 4.2. Étude du curriculum prescrit).

103 Jean-Louis Martinand (2011). "*Contenus et curriculums : point de vue didactique"*. Intervention au symposium initial PREA 2K30. Version revue, mai 2011.
104 Jean-Louis martinand (2005). "*Elaboration des programmes de l'enseignement scolaire*", Seconde partie : Principales questions en suspens. Colloque franco-américain, INRP Lyon, 2005 (texte non publié).

Nous avons ainsi étudié le curriculum prescrit de l'enseignement général[105] les disciplines scientifiques respectives (soient physique, chimie, mathématiques et SVT) et d'autres disciplines (soient Histoire-géographie, éducation civique), des niveaux scolaires allant de la sixième (11-12 ans) jusqu'à la classe de Première Scientifique (16-17ans) (le cycle terminale) et le niveau de la classe où s'effectue notre intervention.
Vu la nature, notamment, disciplinaire, interdisciplinaire et pluridisciplinaire que peut prendre la question climatique-énergétique, l'étude du curriculum prescrit, doit couvrir en plus des disciplines scientifiques (sciences physiques et chimiques et sciences de la vie et de la Terre), des disciplines scolaires comme l'éducation civique, la géographie et les sciences économiques, ainsi que des approches interdisciplinaires (e.g. thèmes de convergence au collège).

b) Nous visons aussi l'étude des visées du curriculum prescrit des élèves de Première Scientifique en repérant, en particulier, celles qui pourraient être un point d'appui pour l'intégration de la QSS en question en classe.

c) Finalement, les résultats des analyses du curriculum, vont nous servir, dans un second temps, pour d'un côté, la conception de l'environnement d'apprentissage-enseignement de notre intervention, notamment, l'élaboration des contenus des documents à distribuer aux élèves, et d'un autre côté, pour l'analyse des données recueillies afin de repérer si les élèves font appel à des contenus (conceptuel scientifiques et techniques) provenant du curriculum prescrit lors de leur argumentation sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat.

105 Le système éducatif en France est organisé, principalement, de la façon suivante :

- L'école maternelle peut accueillir les enfants avant l'instruction obligatoire qui débute à 6 ans. Il s'agit d'une originalité du système français. Elle est le plus souvent organisée en petite, moyenne et grande section, en fonction de l'âge des enfants. Les locaux des écoles appartiennent aux communes qui ont la charge de leur entretien.
- L'école élémentaire accueille les enfants scolarisés de 6 à 11 ans. Elle est mixte et gratuite si elle est publique. Elle comporte cinq niveaux : le CP, le CE1, le CE2, le CM1 et le CM2. Les locaux des écoles appartiennent aux communes qui ont la charge de leur entretien.
- Le collège est l'établissement de niveau secondaire qui, à l'issue de l'école élémentaire, accueille tous les enfants scolarisés. Ils y suivent quatre années de scolarité : la sixième, la cinquième, la quatrième et la troisième. Les collèges publics sont des établissements publics locaux d'enseignement (EPLE).
- Le lycée: À l'issue du collège, les élèves peuvent poursuivre leur scolarité dans un lycée d'enseignement général et technologique ou dans un lycée professionnel. La scolarité y a lieu en trois ans : la seconde, la première et la terminale. Les lycées publics ont un statut d'établissements publics locaux d'enseignement (EPLE).

Le baccalauréat (un examen national public) sanctionne des connaissances et des compétences de fin d'études secondaires et constitue **le premier grade de l'enseignement supérieur**. A ce titre, il permet la poursuite d'études supérieures.

Remarque : les matières enseignées dans le curriculum français sont toutes obligatoires à tous les élèves, presque jusqu'à le secondaire.

4.3.1. Des visées du curriculum prescrit français, le cas des Sciences Physiques et Chimiques et des Sciences de la Vie et de la Terre en Première S (mais aussi de la géographie en seconde)

Nous visons dans ce paragraphe, l'analyse des visées affichées par les disciplines scolaires (de la classe de la seconde générale et de la première scientifique) notamment, des visées qui peuvent être reliées aux visées du courant des QSS, à titre d'exemple, la finalité commune du courant QSS (l'éducation citoyenne), et en particulier, aux visées de notre recherche, l'intégration d'une QSS en classe sur une prise de décision sur une question climatique-énergétique ainsi que l'étude de l'argumentation.

Le curriculum prescrit de la classe de première S vise entre autre, à travers l'enseignement des sciences physiques et chimiques (préambule du cycle terminal)[106], à former les élèves afin de pouvoir continuer les études post-baccalauréat, en plus de développer des vocations pour les sciences « *développer leur [des élèves] vocation pour la science et de les préparer à des études scientifiques post-baccalauréat.(Préambule du cycle Terminal, première S, enseignement des sciences physiques et chimiques p. 1)* ». Le curriculum intègre aussi une visée citoyenne et un développement d'une culture scientifique, en particulier, vis à vis des prises de décisions et choix sur des questions sociales en interrelation avec les sciences et les technologies « … *la construction d'une culture scientifique et citoyenne indispensable à une époque où l'activité scientifique et le développement technologique imprègnent notre vie quotidienne et les choix de société (Préambule du cycle Terminale, enseignement des sciences physiques et chimiques, p. 1) » ;*
Mais aussi avoir un citoyen éclairé et critique à propos de questions sanitaires *« Les citoyens doivent acquérir une culture scientifique de façon à procéder à des choix raisonnés en matière de santé. L'objectif de ce thème est de montrer et d'expliquer le rôle des sciences physiques et chimiques dans les domaines du diagnostic médical et des médicaments. (Préambule du cycle Terminale, enseignement des sciences physiques et chimiques, p. 4) »*
Il est aussi clair que dans le cas de l'enseignement de l'histoire-géographie en seconde générale, la discipline vise une éducation citoyenne, qualifiée « d'éclairée et de responsable » ; on lit :« *Privilégiant le questionnement, l'exercice de l'esprit critique et l'apprentissage de l'argumentation qui conduisent à des choix raisonnés, la démarche géographique participe à la construction d'une citoyenneté éclairée et responsable qui constitue une des priorités du lycée*. (préambule Histoire-géographie, seconde, p.6/8) ». On aborde même dans les programmes scolaires l'évolution historique de la notion de la citoyenneté comme contenu *« Thème 2 - L'invention de la citoyenneté dans le monde antique (p.4) »*

En outre, on vise la restructuration de la discipline scolaire pour le développement de compétences et d'appétences pour la science « *la discipline au service des compétences et des appétences de science* (Préambule *du cycle Terminal*, *première S, enseignement des sciences physiques et chimiques* P.1)», pour y arriver, on a recours, entre autres, à initier les élèves à la démarche scientifique, à la démarche d'investigation, où même à la méthode expérimentale, à l'épistémologie et à l'histoire des sciences.
A titre d'exemple, initier l'élève à la démarche scientifique, consiste à permettre aux élèves d'acquérir des compétences multiples dont l'observation, la modélisation et la mise en œuvre

106 Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010 « *Programme d'enseignement spécifique de physique-chimie en classe de première de la série scientifique* ». NOR : MENE1019556A arrêté du 21-7-2010 - J.O. du 28-8-2010 MEN - DGESCO A1-4

d'un raisonnement et l'exercice d'un esprit critique. On lit : « … *c'est lui [l'élève] permettre d'acquérir des compétences autour des trois grandes étapes que sont l'observation, la modélisation et l'action qui le rendent capable de mettre en oeuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux et exercer son esprit critique. Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser les hypothèses pertinentes. ... tout* ***en recherchant l'adhésion et l'intérêt des élèves par des entrées et des questionnements contextualisés et modernes***. (Préambule *du cycle Terminal*, *première S, enseignement des sciences physiques et chimiques,* P.1)» ;

Le curriculum prescrit des élèves ne veut pas se limiter à une vision disciplinaire isolée des Sciences physiques mais opte à relier la discipline à d'autres disciplines et même va jusqu'à promulguer une approche interdisciplinaire de l'enseignement, qui ne se limite pas aux disciplines scientifiques, et cela afin de répondre aux défis de la société en promulguant des approches scientifiques et culturelles globales : « *De même que l'étude efficiente et contextualisée du réel nécessite les apports croisés des différents domaines concernés de la connaissance,* ***les grands défis auxquels nos sociétés sont confrontées exigent une approche scientifique et culturelle globale***. *Il convient donc de rechercher les liens entre les sciences physiques et chimiques et les autres disciplines…* ***Aucune discipline ne saurait être exclue a priori de la coopération interdisciplinaire avec la physique et la chimie***.(Préambule *du cycle Terminale*, *première S, enseignement des sciences physiques et chimiques* P.2) ».

En outre, le curriculum des SVT en première S[107], associe l'enseignement disciplinaire scolaire à la vie à l'extérieur de l'établissement scolaire : « *Enjeux planétaires contemporains : Il s'agit de montrer comment la discipline participe à l'appréhension rigoureuse de grands problèmes auxquels l'humanité d'aujourd'hui se trouve confrontée.*». Or, si en plus on vise la promotion d'une culture scientifique commune, cette culture ne peut se fonder, suivant le curriculum, que sur une vision des connaissances (e.g. Scientifiques) valides : « *aider à la construction d'une culture scientifique commune fondée sur des connaissances considérées comme valides...* »**.**

En outre, dans le curriculum prescrit, de la géographie [108], classe de seconde, la question énergétique, ou plutôt les enjeux énergétiques, occupent une place considérable dans le programme et sont reliés entre autres, à des questions sociales-économiques et à d'autres comme la question climatique, les émissions de Gaz à Effet de Serre, (à travers la consommation d'énergies fossiles) et les risques de pollution (risques environnementaux) : « *comment poursuivre un tel mouvement [de développement économique] en s'appuyant sur des ressources limitées, alors que, par ailleurs, la consommation d'énergies fossiles est responsable de l'émission de gaz à effet de serre dangereux pour l'équilibre du climat, ainsi que de rejets et de risques de pollution majeurs ? »* (seconde, géographie, programme)).

107 Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010 Programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre en classe de première de la série scientifique NOR : MENE1019701A arrêté du 21-7-2010 - J.O. Du 28-8-2010 MEN - DGESCO A1-4

108 **Ministère de l'Éducation nationale (DGESCO - IGEN) Ressources pour la seconde générale et technologique -** Bulletin officiel spécial n°4 du 29 avril 2010, Géographie : Thème 2 - Question au choix : L'enjeu énergétique. http://media.education.gouv.fr/file/special_4/72/5/histoire_geographie_143725.pdf

L'Argumentation dans le curriculum prescrit français

En physique-chimie (PC), le curriculum prescrit indique clairement une compétence à acquérir par les élèves au lycée, qui est l'argumentation en relation avec la capacité de raisonner, démontrer et travailler en équipe : « ***Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser*** *les hypothèses pertinentes. Il* ***lui faut également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe***... (Préambule *de la seconde et du cycle Terminale*, SPC, P.1) ». Cette compétence est aussi reliée, notamment, à des questions environnementales, intégrée à des questions scientifiques conceptuelles, les transformations chimiques de la combustion d'un hydrocarbure « *Écrire une équation de combustion. Argumenter sur l'impact environnemental des transformations mises en jeu. Déterminer l'ordre de grandeur de la masse de CO2 produit lors du déplacement d'un véhicule. (****Convertir l'énergie et économiser les ressources, sciences physiques et chimiques,*** *programme de Première S, P. 5/6)*

Cependant, l'argumentation dans le curriculum des SVT est souvent citée comme un moyen d'aborder, non seulement les connaissances scientifiques (lois, théories, concepts...) mais aussi, la nature du savoir et des connaissances scientifiques : « *La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant. Il s'agit de montrer - dans le cadre des domaines propres aux sciences de la vie et de la Terre* - ***que la science construit, à partir de méthodes d'argumentation rigoureuses fondées sur l'observation du monde, une explication cohérente de son état, de son fonctionnement et de son histoire***. *Au-delà de la perspective culturelle, cette ligne de réflexion prépare aux métiers les plus proches des sciences fondamentales (recherche, enseignement).* » (Préambule du programme de SVT, première S P. 2/5, et de la seconde p.1)**.** En outre, en première scientifique, programme de SVT, l'argumentation sert à aborder et à débattre de questions d'éthique liées à certaines pratiques médicales *« Argumenter débattre sur des problèmes éthiques posés par certaines pratiques médicales. (programme SVT, première S, p.9) »*

En outre, l'argumentation dans les programmes d'histoire-géographie de la classe de première S est soit une compétence à acquérir soit un moyen de communication écrite ou orale : *« - rédiger un texte ou présenter à l'oral un exposé construit et argumenté en utilisant le vocabulaire historique et géographique spécifique" "- développer un discours oral ou écrit construit et argumenté, à le confronter à d'autres points de vue" (programme Histoire-géographie, première S, p. 2/6).*

En SVT, dans la préambule de la classe de Seconde, l'argumentation est associée à l'explication de la nature des sciences : « I*l s'agit de montrer – dans le cadre des domaines propres aux sciences de la vie et de la Terre – que la science construit, à partir de méthodes d'argumentation rigoureuses fondées sur l'observation du monde, une explication cohérente de son état, de son fonctionnement et de son histoire.(p.1)* », l'argumentation est aussi associée à la démarche d'investigation : « *Pour que la démarche d'investigation soit un réel outil de formation, une vision qualitative plutôt que quantitative est préférable : mieux vaut argumenter bien et lentement qu'argumenter mal et trop vite.(p.3)*", ou conjointement à la démarche d'investigation et à la démarche historique: "*Il conviendra de veiller à ce que cette approche ne conduise pas à la simple évocation d'une succession événementielle et à ne pas caricaturer cette histoire au point de donner une fausse idée de la démonstration scientifique : si certains arguments ont une importance historique majeure, il est rare qu'un seul d'entre eux suffise à entraîner une évolution décisive des connaissances scientifiques...(p.*

3-4)". En outre, l'argumentation est utilisée comme un moyen didactique pour les enseignants pour l'apprentissage des sciences : *"En revanche, dans chaque thème, le professeur est libre, tout en abordant la globalité des contenus, de choisir l'ordre des apprentissages et de déterminer les aspects sur lesquels il choisit de proposer une argumentation plus approfondie, en s'appuyant sur les méthodes, notamment manipulatoires et expérimentales, qu'il choisit de mettre en oeuvre.(p.6)".* Dans le programme de la classe de la seconde l'argumentation est un moyen pour produire le savoir scientifique *: "Établir, à l'aide d'arguments expérimentaux, les grands* éléments de bilan de la photosynthèse.(p.10)" "*Construire une argumentation (de nature manipulatoire et/ou documentaire) pour montrer l'inégale répartition de la quantité d'énergie solaire reçue selon la latitude, et ses conséquences. (p.11)*" "*Recenser, extraire et exploiter des documents historiques relatifs à des travaux expérimentaux pour construire et/ou argumenter la boucle de régulation nerveuse évoqué*e. (p.13)".
De même, dans la préambule de l'histoire-géographie de la classe de seconde, l'argumentation est un moyen pour acquérir une terminologie adéquate : « - *rédiger un texte ou présenter à l'oral un exposé construit et argumenté en utilisant le vocabulaire historique et géographique spécifique. (p.2) » dans le cadre* de la démarche géographique associée au développement durable et pour *une éducation citoyenne éclairée et responsable « Privilégiant le questionnement, l'exercice de l'esprit critique et l'apprentissage de l'argumentation qui conduisent à des choix raisonnés, la démarche géographique participe à la construction d'une citoyenneté éclairée et responsable qui constitue une des priorités du lycée.(p.6) »* et comme un moyen de communication dans les programmes même de la classe de seconde *« - développer un discours oral ou écrit construit et argumenté, le confronter à d'autres points de vue (p.2)*» ;

4.3.2. Analyse des contenus, des compétences et des activités dans le curriculum prescrit français en relation avec la question climatique et l'énergie

Nous avons réalisé une analyse préalable des contenus, des compétences et/ou des activités du curriculum prescrit des élèves (les programmes) en relation avec la QSS en question. Faute de place et vues les dimensions du tableau des résultats, nous indiquons dans l'Annexe de la thèse (Annexe Chapitre 3, §4.2. Étude du curriculum prescrit), notre résultat de l'analyse du curriculum prescrit des élèves. Nous mentionnons par la suite, certains des éléments majeurs retrouvés.

Le curriculum prescrit inclut des contenus, des compétences et/ou des activités sur la climatologie qui font partie de disciplines spécifiques et/ou plusieurs disciplines (pluridisciplinaire). On observe entre autres : d'un côté, l'étude du climat en tant que phénomène, à titre d'exemple, la compréhension des tracés graphiques et données statistiques correspondantes à la climatologie (Collège, thème convergence[109], Physique-Chimie et Sciences de la Vie et de la Terre), la distribution géographique des paléoclimats et de certains

109 Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008, Ministère de l'Éducation Nationale, « *programme du collège, programmes de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre* ».

fossiles (SVT, première S [110]) et son lien avec d'autres phénomènes, à titre d'exemple, le lien entre les climats et la biodiversité (Seconde, SVT ; Troisième, thème convergence, PC et SVT).
On observe d'un autre côté, l'étude du climat en tant que moyen pour traiter d'autres questions sociales (démographiques), la localisation et l'étude des zones climatiques géographiques et la répartition des hommes sur la Terre, y compris, en fonction du climat (Troisième, Géographie).

En outre, en classe de seconde on évoque des capacités à acquérir éventuellement par les élèves qui sont en relation avec les émissions anthropiques de CO_2 d'origine fossile et les enjeux planétaires. Il s'agit, notamment de : « *Manipuler, modéliser, extraire et exploiter des informations pour repérer dans une archive géologique simple les indices d'une variation d'origine humaine de la teneur en dioxyde de carbone atmosphérique. Représenter un cycle du carbone simplifié mais quantifié pour comprendre en quoi l'utilisation des combustibles fossiles constitue un enjeu planétaire. (programme, Seconde, SVT (P.10))* ». On évite, pour autant, d'évoquer directement, l'éventuel lien et impact des émissions du CO2 sur le climat et les débats qui en découlent « ***Les conséquences climatiques de la variation du dioxyde de carbone atmosphérique ne seront qu'évoquées en seconde et seront étudiées ultérieurement. (p.10)"***

De même, le curriculum prescrit inclut aussi des compétences visées en relation avec le concept de l'énergie qui est tantôt étudié en tant que concept scientifique *« e.g. Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les conversions d'énergie en termes de conservation, de dégradation (programme, Première S, PC, p. 5) »* tantôt comme un moyen pour aborder d'autres compétences, notamment, en relation avec des questions sociales *« Recueillir et exploiter des informations pour identifier des problématiques : - d'utilisation des ressources énergétiques ; - du stockage et du transport de l'énergie. (programme, Première S, PC, p.5) ».*

Cependant, en classe de cinquième, en géographie, on est loin d'une vision controversée de la question climatique, mais au contraire le curriculum prescrit s'inscrit dans une vision d'une science bien établie de la question du(es) changement(s) climatique(s). On indique, notamment, une interrelation (certaine) entre d'un côté, les émissions des GES anthropiques à l'échelle globale (planétaire) mais aussi à l'échelle locale (d'agglomérations), les questions énergétiques et d'un autre côté, le réchauffement climatique. Le curriculum prescrit relie même ces derniers à des politiques engagées dans le but de traiter cet impact, notamment, vis-à-vis des choix énergétiques conséquents : *« A toutes les échelles, du global (réchauffement climatique) au local (pollution de l'air urbain) les activités humaines et économiques ont un impact sur l'atmosphère. Des politiques sont mises en œuvre à tous les niveaux d'échelle pour réguler cet impact.* ***L'étude est mise en perspective à l'échelle mondiale à l'aide de la carte des pays émetteurs de gaz à effet de serre. La question de l'évolution du climat mondial est replacée dans une perspective historique****.* ***Expliquer*** *les évolutions de la qualité de l'air à l'échelle d'une agglomération* ***Localiser et situer les principaux pays émetteurs de gaz à effet de serre et établir une relation avec le niveau de développement et les choix énergétiques (programme, H-G, cinquième, p.11)****».*

110 Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010, ministère de l'éducation nationale, programme de première S, programmes de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre.

Il en est de même en classe de troisième (SVT), où on invite à une prise de conscience et pratique individuelle pour réduire les émissions à gaz à effet de serre *: « Les impacts des différentes sources d'énergie (énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) et énergies renouvelables notamment solaire, éolienne, hydraulique) sur l'émission des gaz à effet de serre... repérer les facteurs d'origine humaine agissant sur l'effet de serre et en déduire les pratiques individuelles permettant de le limiter collectivement. ».* Cependant, le lien entre, d'un côté, les sources d'énergies, leurs émissions de gaz à effet de serre et l'effet de Serre et d'un autre côté, les changements climatiques n'est pas mentionné explicitement.

4.3.3. Ce que nous retenons pour notre thèse

Les questions sociales en interrelation avec les sciences et technologies occupent une place considérable dans le curriculum français prescrit (2008-2010). Abordées avec une approche disciplinaire ou pluridisciplinaire, ces questions (par exemple, la question climatique-énergétique) sont traitées, notamment : en disciplines scientifiques (Première Scientifique en sciences physiques et chimiques et sciences de la vie et de la Terre), dans d'autres disciplines (géographie, seconde générale) mais aussi par des thématiques interdisciplinaires (thème de convergence au collège ; Sociétés et développement durable, seconde générale, histoire-géographie).
Ces questions sont associées dans le curriculum français prescrit à une éducation citoyenne et pour acquérir une culture scientifique. Une éducation qui invite à relier l'enseignement des sciences à des questions sociales hors de l'école (Sciences Physiques et Chimiques, Première S).

Dans le curriculum prescrit, l'argumentation est souvent citée, entre autres, en sciences physiques et chimiques et en sciences de la vie de la Terre. Premièrement, en sciences de la vie de la Terre, comme l'un des moyens pour aborder ces questions sociales en relation avec les sciences, et pour s'approprier une pensée scientifique. Deuxièmement, en sciences de la vie de la Terre, pour aborder la façon avec laquelle la science se construit et où l'argumentation est considérée soit comme une compétence à apprendre ou soit un moyen pour atteindre d'autres objectifs pédagogiques (par exemple, la démarche d'investigation).

Cependant, le curriculum français prescrit se limite à présenter un aspect socialement controversé des questions sociales en interrelation avec les sciences et les technologies mais semble moins, mettre l'accent sur la nature controversée du savoir scientifique et technique en relation avec la QSS en question (par exemple, la question climatique-énergétique, en Histoire-Géographie, seconde) et évoque explicitement, en sciences de la vie et de la Terre en première S, une culture scientifique relative à des connaissances scientifiques valides.

Parmi les contenus repérés dans le curriculum prescrit des élèves nous avons repéré une grande liste de contenus qui est en relation avec notre QSS et qui peut servir comme connaissances de base pour les élèves afin de leur permettre de comprendre les questions clés de la QSS en question et donc de s'engager dans une argumentation. **Il serait d'un grand intérêt pour une autre étude de repérer sur quels contenus les élèves s'appuient le plus souvent pour l'étude de la QSS.**

Les contenus repérés dans le curriculum prescrit des élèves français en relation avec notre

QSS, sont les suivants :
La définition du climat et de la météo et les paramètres mutuels qui les définissent et les distinguent, l'étude de documents climatiques et météorologiques, la réalisation d'un recueil de données sur le terrain sur des données climatiques et météorologiques, l'étude de phénomènes météorologiques et climatiques, le lien entre la géologie, le climat et la distribution de la faune et la flore (y compris des humains à la surface de la Terre), le cycle de l'eau et du carbone. Il s'agit aussi d'aborder la question de l'influence de l'homme (à travers des activités économiques ou autres) sur la nature et l'environnement (notamment, les émissions de GES et leurs traces dans la nature), l'effet de serre, les ondes lumineuses courtes et longues, l'interaction lumière-matière : émission et absorption, liens entre la question de la consommation énergétique et sa place dans l'économie, la description du système solaire et du mouvement des planètes, énergie fossile, combustion, le CO_2 et la combustion et la photosynthèse, l'énergie renouvelable, la réaction nucléaire, l'énergie (fossile, solaire, hydraulique, électrique), la puissance, le rendement, le transfert et la conversion d'énergie.

Chapitre 5: Méthodologie de recherche

Ce chapitre comprend deux parties:

- La première partie intègre une description de la population étudiée, de l'organisation de la séquence d'enseignement-apprentissage, des documents d'accompagnement de la séquence et des outils de recueils de données, de la nature des données recueillies ; ainsi qu'un tableau récapitulatif de la manière avec laquelle la séquence est organisée en fonction entre autres de la question et objet de recherche, de la méthodologie adoptée et des éléments du cadre théorique de référence.

- La deuxième partie intègre les cadres d'analyse des données recueillies.

Chapitre 5, partie I : Élaboration de la séquence d'enseignement-apprentissage et des outils correspondants

5.1. Elaboration du questionnaire de recherche

Ayant pour objet de recherche l'étude de l'argumentation et de la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débat sur le(s) changement(s) climatique(s), nous visons, entre autres l'étude de l'argumentation (écrite) individuelle des apprenants ainsi que leurs connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques), notamment, avant notre intervention et suite à notre intervention relative à notre QSS.

Ainsi et suivant notre cadre théorique de référence, nous procédons à un recueil intensif de données (Cobb et al. 2003 ; Sampson et Clarck, 2008), pour cela nous avons élaboré, entre autres, un questionnaire de recherche de douze questions (voir paragraphe ci-dessous), dont leur analyse, peut, entre autres, nous permettre de répondre à notre question de recherche vis-à-vis de l'étude de l'argumentation et de la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) des élèves lors du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur la question climatique, en particulier, la mobilisation et l'interrelation entre la structure et le contenu (e.g. Conceptuel scientifique et technique) de l'argument.
Le choix et l'élaboration des questions du questionnaire de recherche s'appuient, entre autres, sur les résultats de l'étude socio-épistémologique et socio-technique de la QSS en question, les questions clés et les connaissances de bases relatives repérées précédemment, l'étude des conceptions et du curriculum prescrit des élèves intercalés à l'objet de notre recherche, l'étude de l'argumentation et de la mobilisation de connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques) et l'interrelation éventuelles entre les deux lors du choix (énergétique) d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s).

Le questionnaire (voir Annexe chapitre 5, partie II, §5.1. Questionnaire de recherche, §5.2. Document d'informations scientifiques) regroupe ainsi une série de questions qui vise en premier lieu, à identifier les connaissances conceptuelles scientifiques sur le climat en tant que domaine d'étude en sciences, notamment, l'étude de l'état de l'atmosphère, sur la climatologie, et sur la différence entre le champ d'étude de la météorologie et la climatologie (Question 1) ; les éléments qui déterminent le climat (les éléments intervenant dans le climat, question 2), en particulier, l'effet de serre et les gaz à effet de serre (question 4) ; la conceptualisation de la combustion et l'écriture et l'équilibre de l'équation chimique, interprétant la combustion, une réaction chimique qui libère entre autres, le dioxyde de carbone (un gaz à effet de serre, un des objets de débats sur la question climatique) et de l'énergie (question 8).
Le questionnaire regroupe aussi des questions qui visent à identifier les connaissances conceptuelles scientifiques et techniques sur l'énergie, notamment sur : les sources énergétiques et si elles sont renouvelables ou non (question 5), la différentiation entre les concepts de conversion énergétique (question 6) et de transfert énergétique (question 9), ainsi que l'identification de systèmes qui permettent la conversion d'énergie (question 7). Mais aussi l'identification de la notion du rendement (question 10), de la puissance énergétique (question 11) et de leurs unités correspondantes.

En outre, nos questions visent à repérer les connaissances des élèves sur les débats en

cours sur la question climatique (question 3), notamment, les connaissances des élèves sur les enjeux sociaux-économiques-politiques-énergétiques tout autour de la question climatique, sur sa nature controversée socialement et scientifiquement et sur l'interrelation entre les deux. Ces questions et notamment vis-à-vis des débats sur le climat, peuvent fournir aussi des informations sur les visions épistémologiques des élèves.

Le questionnaire comprend aussi une question qui identifie la prise de choix d'un système de chauffage pour un habitat où les élèves sont invités à justifier les raisons de leurs choix, notamment, en utilisant leurs connaissances scientifiques et techniques (question 12) ; une question vise à identifier entre autres, la qualité d'argumentation des élèves sur une situation qui relève d'un côté, d'un choix énergétique, mais qui peut être perçue dans le cadre de débats sur le climat ; une question sociale en interrelation avec les sciences et techniques où se mêlent valeurs, économie, environnement, efficacité énergétique, technicité et sciences.

Le questionnaire de recherche (pré-test/post-test) à été testé avec un échantillon d'élèves (huit élèves) en première S et en seconde dans un lycée de la région parisienne. Les huit élèves étaient des bénévoles. Le but de ce test est d'établir des difficultés éventuelles dans la compréhension des questions et si le questionnaire pourrait bien recueillir les données souhaitées.

Remarque : Notre objet principal de la recherche est l'étude de l'argumentation des élèves et de la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), et le lien éventuel entre les deux, lors du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat. Ainsi, nous présentons dans notre thèse les résultats obtenus pour la question suivante N°12, du questionnaire de recherche. Elle est la seule à proposer directement une argumentation sur la prise de décision lors du choix d'un système de chauffage :

Question *12:* « *Vous venez d'emménager dans une nouvelle habitation qui ne possède pas de chauffage. Vous décidez d'en installer un. Quel type de chauffage choisissez-vous ? Donner 5 raisons de ce choix. Expliquer vos raisons en utilisant vos connaissances scientifiques.* »

5.2. Structure générale de l'intervention : organisation de la séquence et des éléments de l'environnement d'enseignement-apprentissage [111]

Nous visons dans ce paragraphe à indiquer l'organisation détaillée de notre séquence d'intervention, conçue à la lumière de notre cadre théorique et méthodologique au service de nos questions de recherche.

Nous explicitons les éléments de l'environnement d'apprentissage-enseignement ainsi qu'une analyse à priori[112] sur la façon avec laquelle ces éléments interagissent ensemble pour répondre aux objectifs de la séquence.

A partir de notre visée propositionnelle et analytique pour notre recherche, nous cherchons en particulier à :

- Mettre en place une séquence d'enseignement sur une QSS en classe, pour des lycéens (en France), sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation, parmi plusieurs chauffages ayant des sources énergétiques différentes, dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s). Concevoir un environnement d'apprentissage-enseignement d'une séquence, qui s'intègre avec un curriculum traditionnel et qui permet d'encourager les élèves, au lycée en cursus scolaire général, à s'engager dans une argumentation sur une QSS, à mobiliser des arguments de qualité, mais aussi des connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) en relation avec la QSS en question.
- Étudier la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) et l'argumentation des élèves et la relation éventuelle qui existe entre les connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques) et l'argumentation des élèves, lors de prises de position sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat.

5.3.1. Population étudiée

La population étudiée comporte 31 élèves présents tout au long de la séquence, en cursus général, de première S dans un lycée privé parisien qui est selon les enseignants du lycée connu pour le niveau scolaire et social élevé de ses élèves. Les élèves ont déjà reçu un enseignement de sciences (physique-chimie, science de la vie et de la Terre et mathématiques) pendant plusieurs années et suivent actuellement un parcours scolaire qui consacre davantage d'heures d'enseignement de sciences et de mathématiques par rapport aux autres filières de Première. Cette classe permet aux élèves de continuer leurs parcours scolaire pour accéder à la Terminale, qui n'est autre que la dernière année d'enseignement scolaire en France, et de suivre, s'ils le désirent, ultérieurement un enseignement scientifique universitaire. Souvent, pour accéder à cette classe, le lycée exige un niveau minimum en sciences et en maths.

---

111 **Remarque:** La conception et l'élaboration de la séquence d'enseignement-apprentissage, les questionnaire de recherche, l'analyse du curriculum et les documents d'accompagnementnécessitent des allers et de retours et des ajustements, entre les différents éléments de l'environnement d'apprentissage-enseignement mais aussi en tenant compte du cadre théorique.

112 D'après Artigue (1996: 258) : "L'objectif de l'analyse *a priori* est donc de déterminer en quoi les choix effectués permettent de contrôler les comportements des élèves et leur sens."

5.3.2. Organisation de la séquence

L'intervention comporte les neuf séances suivantes, de durée totale de 6h 35 mn, étalées sur 3 jours et réalisées pendant une semaine et introduite vers la fin de l'année scolaire (dernière semaine du mois d'avril), alors, que les élèves ont presque fini leur programme scolaire annuel (voir la figure suivante et le tableau suivant):

Jour J	**Séance 1** : Présentation de la séquence (toute la classe) + Pré-test (questionnaire de recherche écrit et individuel) **Séance 2 :** Enseignement de durée courte de connaissances scientifiques (C. Sc) de base (toute la classe) **Séance 3 :** Etude par les élèves d'un article scientifique, parmi trois articles, sur le(s) changement(s) climatiques (en équipes)
Jour J + 2	**Séance 4 :** Préparation de l'exposé d'une partie d'un article scientifique (en équipes) + Exposés des élèves et questions (toute la classe) **Séance 5 :** Etude et choix d'un système de chauffage parmi cinq chauffages proposés (en équipes) **Séance 6 :** Préparation de l'exposé (en équipes) + Exposé des choix des élèves et débats + réorientation du Débat sur le choix du système de chauffage en fonction des débats sur le climat (toute la classe)
Jour J +3	**Séance 7 :** Post-test (questionnaire de recherche) **+** Avis des élèves sur la séquence (toute la classe)

Illustration 11: Organisation de la séquence d'enseignement-apprentissage.

- La séance 1 (50 mn) consiste à présenter la séquence et à soumettre les élèves à un questionnaire de recherche écrit (pré-test) (voir Annexe) ;
- La séance 2 (55 mn) comporte un travail des élèves en binôme et un enseignement de connaissances scientifiques sur la météo, le climat, l'effet de serre, le rendement et la puissance abordées aussi dans le questionnaire de recherche en pré-test. Les élèves reçoivent à la fin de la séance un document contenant les réponses attendues sur le questionnaire de recherche, sur les dix questions, relatives aux connaissances conceptuelles scientifiques et techniques en relation avec la QSS. En revanche, nous ne fournissons pas de réponses sur les deux questions relatives aux débats actuels sur le climat et le choix d'un système de chauffage pour une habitation.
- Les séances 3 et 4 consistent à étudier en équipes de 3 et 4 élèves, la position d'un groupe de scientifiques, parmi trois positions proposées à l'ensemble de la classe, sur la question du (des) changement(s) climatique(s). Ceci sera suivi d'un exposé, de trois minutes, par équipe à l'ensemble de la classe, synthétisant ce qu'ils ont compris. Les élèves disposent pour cela d'un document, que nous avons synthétisé et résumant une partie du contenu des articles et/ou documents des différents (groupes) scientifiques en question (voir annexe) et d'une fiche de synthèse à remplir (voir annexe).

- Les séances 5 et 6 comportent une étude en équipes de 4 à 5 élèves du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés et un exposé (de trois minutes par équipe) des choix décidés par équipe et des débats avec l'ensemble de la classe. Les élèves disposent pour cela d'un document écrit décrivant ces systèmes, d'une fiche de synthèse et d'une fiche pour guider leur choix (Voir annexe).
- Finalement, la séance 7 consiste à faire passer aux élèves le questionnaire de recherche (post-test). A la fin de la séance les élèves donnent oralement leur opinion sur le déroulement et le contenu des séances.

5.3.3. Les données recueillies

Le recueil de données comporte les réponses écrites individuelles des élèves au questionnaire de la séance 1 (pré-test), au questionnaire de la séance 7 (post-test) ; les fiches de synthèse rédigées par les élèves suite aux discussions en équipes (séances 3 et 5) ; l'enregistrement audio des débats en équipes (séances 3[113] et 5), par toute la classe et des exposés (séance 4 et 5) ; les résultats scolaires des élèves en sciences physiques ; les photos des tableaux, où sont mentionnés les résumés des exposés des élèves de leurs choix de systèmes de chauffage (séance 6) ; et les notes prises par le chercheur.

Le questionnaire de recherche comprend douze questions (voir paragraphe précédent, élaboration du questionnaire de recherche et annexe) : dix questions portent sur les connaissances scientifiques et techniques des élèves sur la météo, le climat, l'effet de serre, le rendement, la puissance, la conversion et le transfert énergétique, la combustion et le principe de fonctionnement d'une centrale électrique ; une question concernant les débats sur le(s) changement(s) climatique(s) ; et une question sur le choix d'un système de chauffage.

Remarque : Pour notre thèse, et **comme dans le cas de l'analyse des données recueillies par le questionnaire de recherche, la question 12 du pré-test et du post-test,** notre objet principal de recherche est l'étude de l'argumentation des élèves et la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), et le lien éventuel entre les deux, lors de la mobilisation de l'argument sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat. Ainsi **notre analyse des données se limite : aux discussions en équipes (deux des six équipes) pour le choix d'un système de chauffage (séance 5), aux exposés des élèves de leurs choix de chauffage respectifs et aux débats de toute la classe sur ces choix exposés (séance 6).**

5.3.4. Les éléments constituant l'environnement d'apprentissage-enseignement

Dans les paragraphes et le tableau suivant, nous synthétisons l'organisation de notre séquence et les éléments relatifs à l'environnement d'apprentissage-enseignement élaborés dont nous explicitons le lien, dans le tableau même, avec notre méthodologie et en corrélation avec notre cadre théorique.
Nous indiquons ainsi, l'organisation de la séquence, le matériel à utiliser, les ressources, les lieux d'études, la gestion du temps entre élèves et enseignant-chercheur, les tâches demandées,

113 Les enregistrements des discussions en équipe de la scéance 3 n'est pas réalisé par manque de matériel sonnore à cause d'un changement par l'enseignante, à la dernière minute, du programme prévu

les modalités des production demandées, les regroupement d'élèves, la posture de l'enseignant, les vertus de communication, les différents savoirs et pratiques de référence indiquées et comment ces éléments s'organisent sous les différentes dimensions du modèle (épistémologique, de l'activité groupe classe et de communication) et comment coordonner l'ensemble en corrélation avec notre cadre théorique de référence et pour répondre à notre question de recherche.

La conception de l'environnement d'apprentissage-enseignement[114] intègre, entre autres, les éléments suivants:

La dimension de l'activité du groupe classe

Cette dimension consiste à préciser :

a) La posture de l'enseignant-chercheur, qui n'est pas le seul détenteur du savoir et qui évite d'orienter les élèves vers une seule décision « correcte » du choix d'un système de chauffage ;

b) Les modalités d'organisation de la séquence sont, entre autres :

les modalités de production (deux présentations à préparer, l'une, visant un résumé de la position d'un groupe de scientifiques et l'autre, explicitant le choix de système de chauffage pour une habitation réalisée par un groupe ; les fiches du choix d'un système de chauffage à remplir ; les résumés de la position d'un groupe de scientifiques sur la question climatique à produire ; les questionnaires pré-test/post-test à compléter…) ;

Les modalités de l'organisation des activités, en tenant compte du but de la recherche, qui est celui d'intégrer une séquence sur une QSS en classe et d'encourager l'argumentation et la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques) afin d'étudier l'interrelation éventuelle entre ces deux derniers.

Et, en particulier, pour encourager l'argumentation, nous avons opté pour :

D'un côté, offrir l'opportunité aux élèves de discuter une question authentique et familière (Jiménez-Aleixandre et Pereiro -Muñoz, 2002), la question de système de chauffage pour une habitation, leur permettant de faire un lien personnel avec la question (Sadler, 2004).

D'un autre côté, offrir l'opportunité aux élèves de pratiquer l'argumentation (individuelle et écrite lors des pré-tests/post-test ; et en groupe, lors de la synthèse écrite du choix du système de chauffage et dans le cadre des discussions de groupes et du débat de toute la classe) ; et encourager les apprenants à justifier leurs déclarations (lors du pré-test/post-test et en remplissant la fiche de synthèse du choix d'un système de chauffage) (Sadler, 2004 ; Osborne et al. 2004) ; d'examiner des arguments scientifiques (Driver et al. 2000) (lors de l'étude par groupe d'élèves, d'un article scientifique parmi trois sur le(s) changement(s) climatique(s) et lors de la présentation des résumés des trois articles scientifiques) (Sadler, 2004 ; Osborne et al. 2004) ; d'examiner et d'atteindre des arguments opposés ou en compétition (lors de la présentation par les élèves, divisés en trois groupes, de trois articles scientifiques ayant des positions divergentes sur la question climatique ; lors de la présentation des différents systèmes de chauffage choisis par les élèves ; et lors des groupes de discussions et du débat de

114 Un environnement qui vise l'intégration de notre QSS en classe, dans le cadre d'un curriculum traditionnel, dédié à l'argumentation et à la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques), par des lycéens en première S, lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s).

toute la classe) et en cherchant à affaiblir les arguments respectifs des élèves en pensant à des contre-arguments et de proposer une réfutation (lors du choix en groupe d'un système de chauffage en remplissant la fiche de la synthèse du choix, lors de la présentation des choix des groupes et lors du débat final de toute la classe) (Sadler, 2004 ; Osborne et al. 2004 ; Kuhn et Udell, 2003).

Et pour encourager la mobilisation (explicite) de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), nous avons choisi de fournir un enseignement de connaissances conceptuelles basiques en relation avec la QSS en question, mais aussi d'inviter les élèves à justifier leurs déclarations, notamment, avec des connaissances scientifiques (Kolstø, 2006).

Il s'agit de proposer un enseignement :

- de connaissances conceptuelles de bases sur la QSS en question (lors de la séance d'enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques).

- de connaissances scientifiques en relation avec les débats sur la question climatique (à travers l'examen des groupes de scientifiques, et des présentations des résumés des élèves).

- ainsi que des connaissances sur les systèmes de chauffage (à travers l'examen des documents systèmes de chauffage).Les connaissances conceptuelles de base sur la QSS, peuvent aider les élèves à établir les questions clés en relation avec la QSS et donc à leur offrir l'opportunité de s'engager dans l'argumentation (Lewis et Leach, 2006).

c) Notre séquence d'enseignement-apprentissage d'une durée courte n'aborde pas explicitement un enseignement à l'argumentation.

Cela provient, d'un côté, du constat empirique de l'étude d'Osborne et al. (2004) qui constate que l'argumentation d'une classe ayant reçu un enseignement à l'argumentation, pendant une séquence qui s'étend sur plusieurs mois, s'améliore d'une façon comparable à un autre groupe témoin n'ayant pas eu un enseignement à l'argumentation. Osborne et al. (2004) interprètent ces résultats par le fait que l'argumentation dépend principalement de l'environnement d'apprentissage-enseignement, notamment, de la conception de la séquence et de l'enseignant(e) favorisant l'argumentation.

En plus, les résultats empiriques de Lewis et Leach (2006) indiquent que l'engagement des élèves dans l'argumentation dépend, entre autres, du contexte de la QSS, mais aussi de la capacité des élèves à identifier les questions clés de la QSS en question. Identifier les questions clés résulte du fait que les élèves ont des connaissances conceptuelles de base sur les domaines qui soutiennent cette QSS. Ces connaissances de base peuvent être apprises en une durée de temps relativement courte (de quelques heures).

Et d'un autre côté, afin de faciliter l'introduction de séquences courtes en milieu scolaire, on est contraint par la limite de temps libre, d'accorder des interventions de ce type en Première Scientifique.

Le tableau, ci dessous, permet de faire un récapitulatif de la manièe avec laquelle la séquence d'enseignement-apprentissage est organisée, en fonction de l'objet, de la question de recherche et du cadre théorique et méthodologique.

- La première colonne indique le nombre de jours nécessaires à l'intervention et l'écart entre chaque passage en classe.
- La deuxième colonne indique le nombre de séances et la durée de chacune.
- La troisième colonne indique quel mode de regroupement a été adopté pour les élèves, le matériel nécessaire et l'endroit où se déroulent les séances.
- La quatrième colonne décrit l'organisation des séances et le déroulement exact de chacune (soient les discours prévus, les tâches respectives à faire, la durée de chacune, et comment se répartissent les tâches entre enseignant et élèves).
- La cinquième colonne précise le lien entre les tâches exécutées, l'objet et la question de recherche.
- La sixième colonne, décrit l'organisation de l'environnement d'enseignement-apprentissage en fonction du modèle de référence
- La septième colonne décrit les éléments théoriques et méthodologiques complémentaires dont nous nous sommes servis pour la conception et la réalisation de notre environnement.

Jour	Séance (durée)	Le regroupement d'élèves / Matériels / Lieux	Organisation de la séquence et le Déroulement exact de la séquence (tâches respectives, durée, et leurs répartitions entre enseignant et élèves)	Lien avec la question/ objet de recherche	Liens avec le cadre théorique (le modèle)	Liens avec autres éléments du cadre théorique
J	Séance 1 (50 mn)	- Classe entière, le chercheur (en présence de l'enseignante). - N questionnaires de recherche - Salle des cours des élèves	- (5mn) Présentation du chercheur par l'enseignante et présentation aux élèves de l'activité, par le chercheur, dans sa globalité et les modalités du travail : *"Notre travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche en éducation aux sciences. Ce travail sera fait dans plusieurs pays y compris la France, que vous allez la représenter. Ils consistent à étudier comment les élèves apprennent dans le but de mieux comprendre l'enseignement et l'améliorer.* *On va se voir pendant 4 séances,* (*pour travailler sur les changements climatiques et les décisions énergétiques,* éléments non mentionnés durant la séquence). *Ce travail n'est pas noté, tout ce que vous allez dire et faire dans ces séances est utilisé pour un intérêt de recherche .* Notre travail comprendra des débats, un travail en groupes et sur des documents et des exposés. Notre travail sera enregistré dans le but de suivre et analyser les séances travaillées. Vous allez être regroupés en différents groupes de travail que je vous invite à la fin de la séance de la consulter pour savoir vos groupes correspondants" - (45 mn) Questionnaire de recherche (prétest) : questions sur les connaissances scientifiques des élèves + une question concernant les débats sur le(s) changement(s) climatique(s) + une question sur le choix d'un système de chauffage. Les élèves répondent par écrit et individuellement au questionnaire de recherche. S'assurer que tous les élèves ont bien rédigé leurs nom sur le questionnaire, vérifier que les élèves travaille individuellement et faire le tour des élèves pour prendre note et expliquer, si c'est possible, des mots qui peuvent être difficiles pour les élèves.	Étude de la mobilisation des arguments individuels écrits et des contenus (e.g. Conceptuels scientifiques et techniques), de leurs qualités et de leurs interrelations éventuelles lors de la réponse des élèves au questionnaire de recherche	Contrat didactique + posture de l'enseignant(e) dimension de l'activité du groupe : les tâches et activités demandées dimension socio-épistémologiques : La diversité des savoirs et les pratiques de références	Pratiquer l'argumentation scientifiques et socioscientifiques écrits Mobiliser des connaissances scientifiques et techniques
	Séance 2	- le chercheur	- (55min) Le chercheur fait un enseignement de connaissances		Dimension de	

	(55 mn)	seul avec les élèves en classe entière - N questionnaires de recherche allégé (sans la question sur les débats sur le climat ni le choix d'un système de chauffage) + N documents scientifiques (les réponses souhaitées par les chercheurs sur le questionnaire de recherche allégé) + deux enregistreurs - Laboratoire	conceptuelles scientifiques de bases à toute la classe. Le chercheur interroge les élèves sur plusieurs contenus du questionnaire de recherche, invitent d'autres élèves à donner leurs avis sur les réponses de leurs camarades de classe et essaie d'aboutir à une synthèse des réponses et rectifient par la suite les réponses données des élèves s'il voit que les réponses ne sont pas celles attendues (en se référant aux documents « scientifiques », les réponses attendues sur le questionnaire de recherche à distribuer à la fin de la séance aux élèves (voir Annexe). Après les explications reçues, les élèves répondent, en paire, à une des questions du pré-test. « On va discuter une partie des points évoquées dans le questionnaire relatifs à : 1) la différence entre climat et météo, 2) les éléments intervenants dans le climat et le changement du climat, 4) l'effet de serre et les gaz à effet de serre, 5) des sources d'énergie renouvelable ou non; *Et s'il y a du temps* [tous abordés en classe]*7) la production d'énergie dans une centrale, 8) la combustion et réaction chimique, 11) la puissance et rendement* *A la fin de chaque point discuté vous devez répondre par écrit à la question correspondante dans le questionnaire allégé*. » Distribution de documents scientifiques des réponses souhaitées par les chercheurs au questionnaire de recherche à la fin de la séance.		l'activité du groupe : (e.g. Posture de l'enseignant, Les tâches et les problèmes à résoudre) dimension de communication (e.g. les discours encouragés et établissement des normes de communications) Ressources (les documents scientifiques : les réponses attendues du questionnaire de recherche des questions relatives aux connaissances scientifiques et techniques des élèves)	Fournir une base de connaissances conceptuelles scientifiques aux élèves sur la QSS pour, entre autre, leurs aider à s'engager dans une argumentation
	Séance 3 (55 mn)	- Le chercheur seul avec les élèves - 3 x N/3 documents de 3 articles scientifiques sur le climat	- (40 mn) Etude et résumé en équipes de 3 et 4 élèves, de la position d'un groupe de scientifiques, parmi trois positions proposées à l'ensemble de la classe, sur la question du(des) changement(s) climatique(s). Les élèves sont regroupés, avant la séquence, par le chercheur avec l'aide de l'enseignant(e) : en faisant attention qu'il n'y ait pas des tensions personnelles entre les membres d'un même groupe ; en fonction de leurs niveaux en sciences physiques et chimiques, avec en particulier 3 groupes		Dimensions épistémologique (e.g. Étude de groupes et de positions différents sur la QSS sur le climat) Dimension de	Fournir une base de connaissances conceptuelles scientifiques sur les débats scientifiques sur la question climatique aux

		+ 2* N/3 fiches de synthèse climat + N/3 enregistreurs [non assurés par changement du « planing » par l'enseignante des élèves à la dernière minute] - lieu : Laboratoire -Des tables ou des pupitres pour installer les groupes d'élèves face à face et/ou en rond.	d'élèves ayant des bonnes notes en sciences physiques pour travailler sur l'article des géophysiciens Français considéré par le chercheur contenant des connaissances scientifiques plus difficiles que les autres articles. Le chercheur fait le tour des groupes pour s'assurer que tout le monde a compris les tâches demandées et répond à certaines questions relatives à la compréhension des documents distribués et s'assurer du bon déroulement de l'activité en groupes. "*La question du réchauffement climatique prend beaucoup d'ampleur et d'attention ces dernières années.* *Durant cette séance vous allez étudier les positions de différents scientifiques sur la question de(s) changement(s) climatique(s). Vous allez travailler avec d'autres élèves pour comprendre un groupe de scientifiques des trois groupes proposés.* *Vous allez travailler à deux étapes :* *La première étape (35 mn): vous allez vous mettre en groupe de trois. Vous allez recevoir un document qui résume la position d'un groupe de scientifiques parmi les trois groupes de scientifiques suivants : le GIEC, le projet de pétition et un groupe de géophysiciens français.* *Vous allez étudier, analyser et faire un résumé de la position du groupe en précisant :* *a) Les idées principales présentées. b) Identifier les preuves et informations scientifiques pour soutenir la position de cet acteur. c) Identifier les points faibles de la position.* *Vous n'êtes pas obligé d'adhérer à la position de ce groupe. Par contre, vous devez bien étudier et analyser sa position, pour l'expliquer ensuite aux autres élèves.* *Vous devez choisir un(e) rapporteur(rice) et un(e) porte parole pour l'exposé* " « *En deuxième étape (15 min): vous allez utilisez les résumés réalisés par les autres groupes d'élèves travaillant sur le même groupes de scientifiques pour synthétiser une partie du résumé de l'article à présenter dans la séance suivante à toute la classe* »		l'activité du groupe (les tâches à résoudre, lieu d'étude, modalités de production (des fiches de synthèses d'un article scientifiques + préparation d'une présentation orale)) Les ressources (e.g. Documents articles scientifiques fournis ; les fiches de synthèse) Dimensions de communications (travail en groupe, donner la parole aux élèves à fournir à la classe des connaissances scientifiques sur la question climatique ; Le type de discours encouragé ; Normes de participation)	élèves pour leurs aider à s'engager dans l'argumentation Fournir une base de connaissances sur la multiplicité des références scientifiques et la nature controversée de la question Favoriser l'argumentation à travers l'examen d'arguments scientifiques Donner l'opportunité aux apprenants de pratiquer l'argumentation scientifique notamment en ayant accès à d'autres arguments et même en les évaluant

			Récupérer les fiches (de différentes couleurs [étapes non faites, utilisation de feuilles non colorées]) des trois tranches de synthèses. (15 mn) Les élèves, toujours en groupes, travaillant sur le même articles scientifiques, échangent leurs fiches de résumé pour se servir du travail des autres pour rédiger une synthèse d'une partie de la position du groupe de scientifiques (le point a, b ou c indiquer ultérieurement) dans le but de l'exposé à toute la classe. Utiliser les résumés des autres élèves pour améliorer leur synthèse finale en ce centrant sur une partie de l'article.			
J+2	Séance 4 (55 mn)	- le chercheur seul avec les élèves de toute la classe - deux micros et enregistreurs + caméra - Salle de classe -Des tables ou des pupitres pour installer les groupes d'élèves face à face et/ou en rond. - un tableau et quoi écrire	- (10 mn) Préparation de l'exposé en équipe de 3 à 4 élèves d'une partie de la synthèse de la position d'un groupe de scientifiques sur le climat [une étape non prévue dans le design initial, ajoutée sur le champ vu que le besoin de donner le temps aux élèves de préparer leur présentation] « *Vous vous mettez en groupe, je vais vous distribuez les synthèses que vous avez préparé l'autre fois et vous préparez l'exposé en désignant la(e) porte parole du groupe et <u>un rapporteur(rice) qui va écrire le résumé de ce groupe sur le tableau</u>* [modification du Design, étape à proposer pour des recherches future]» Le chercheur fait le tour des groupes s'assurent que tout les groupes ont bien reçu la bonne partie des résumés des autres groupes d'élèves à synthétiser. Le chercheur n'intervient pas dans les synthèses produites. - (30 mn) Exposé, de trois minutes, par équipe à l'ensemble de la classe, synthétisant ce qu'ils ont compris des trois articles des groupes de scientifiques. Un enregistreur est placé au fond de la classe et un autre devant la classe. « *Vous passez à tour de rôle exposer la synthèse de chaque groupe* » Le chercheur essaie d'aider les élèves à expliciter leurs idées respectives en les justifiant. - (10 mn) Synthèse générale: questions et avis des élèves, opinion du chercheur sur le débat et l'idée que c'est une controverse scientifique d'une		Dimensions de communications : Le type de discours encouragé Dimension de l'activité du groupe : tâches à faire, production à faire, les normes de participation (travail en groupe + présentation et écoutes d'autres présentations des élèves), posture de l'enseignant Dimension épistémologique	Offrir l'opportunité aux élèves de préparer leurs discours Offrir l'opportunité aux élèves de tenir compte de la multiplicité des références scientifiques sur la question climatique et de la nature controversée du savoir scientifique

			science en train de se faire. « *Comme nous avons constaté à travers les différentes présentations, que la question du changement climatique, discutent, entre autre, de : si le climat actuel est en train de se réchauffer, des indicateurs de ce changement, si ce réchauffement peut être attribué éventuellement à un seul facteur majeur, en particulier, si les hausses des émissions de GES anthropiques, en plus des GES naturel, se manifestant surtout ces dernières décennies, notamment à travers la combustion des énergies fossiles, influence le climat et le réchauffe* »			
	Séance 5 (55 mn)	Le chercheur seul avec les élèves au laboratoire N/5 micros et enregistreurs + N documents de systèmes de chauffage + N/5 fiches de synthèse choix d'un système de chauffage + N guides de choix d'un système de chauffage. Des tables ou des pupitres pour installer les groupes d'élèves face à face, en rond.	Étude (35 mn) en équipes de 4 à 5 élèves du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés. Les élèves seront regroupés en groupes de 5 à 6 personnes sont désignés par le chercheur avec l'aide de l'enseignant sur la base d'une ambiance de coopération entre les membres du groupe ayant des notes en sciences physiques de différents niveaux. Un enregistreur est placé par groupe pour enregistrer les discussions des élèves. Choix d'un porte parole du groupe et d'un rapporteur. Le chercheur Fait le tour des groupes et relecture des noms des élèves pour s'assurer que tous le monde s'est bien installé dans le groupe concerné et qu'on a bien noté le nom des membres des groupes sur la fiche. En outre, le chercheur rappelle les élèves sur code de conduite en groupe, notamment, à faire le tour de parole de chaque membre du groupe et que la tâche demandée est bien comprise. Le chercheur répond seulement aux questions relatives à la compréhension de certains mots en Français mais pas ceux qui relèvent des éléments techniques, scientifiques, économiques ou autres ... *" Vous venez d'emménager dans une nouvelle habitation qui n'a pas de chauffage. Vous devez choisir un système de chauffage. Quel type de chauffage choisirez-vous ?* *Vous allez être redistribués en groupe de 5 à 6 élèves. Vous allez recevoir un document résumant 5 systèmes de chauffage à base de : Gaz naturel, Fioul, bois, électrique et mixte solaire. Vous devez lire et étudier ces différents documents et choisir un système de chauffage en justifiant les raisons de votre choix par des informations scientifiques. Mais aussi, Les contre*	Étude de la mobilisation des arguments oraux et des contenus (e.g. Conceptuels scientifiques et techniques), de leurs qualités et de l'éventuelle interrelations entre eux, et cela lors des discussions en équipes sur le choix d'un système de chauffage	Dimensions épistémologiques Dimension de l'activité du groupe (posture de l'enseignant, tâches demandées (la topogénèse), modalités de production, la chronogénèse) Ressources (documents chauffage) Dimension de	Favoriser l'argumentation à travers un travail en équipe de 4 à 5 (élèves de différents niveaux scientifiques) ; en leurs offrant la possibilité de pratiquer l'argumentation, mais aussi de se confronter et d'atteindre des arguments et des positions différentes et/ou opposées sur la question. Offrir l'opportunité des élèves à fournir

			arguments de ce choix et Comment vous répondez à ces contre-arguments. *Vous devez rédiger une synthèse de votre choix pour la présenter en 3 min, au reste des groupes en explicitant votre choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés. La présentation sera suivie de questions et de débats.* *Vous choisissez un porte-parole du groupe et un rapporteur pour rédiger pour rédiger votre choix sur la fiche de synthèse et au tableau.* *Durant vos discussions en groupes, vous vous assurez de donner la parole à tous les membres du groupe. Pour cela vous pouvez commencer par faire un tour de rôle pour exposer les différents points de vue des membres du groupe par rapport aux différents systèmes de chauffage.* *Servez vous dans votre choix de la fiche du guide du choix du système.* *Donc, vous devez au début lire les documents notamment les caractéristiques des 5 systèmes de chauffage pour choisir un des chauffages suivants:* *a) système de Chauffage à Gaz, système de Chauffage à bois, système de Chauffage au Fioul, Système de chauffage électrique, Système de chauffage solaire – mixte.* *Vous avez 35 mn pour lire les documents et faire votre choix.*» - (10 mn) Rédaction de la synthèse du choix. Le chercheur fait le tour des groupes et averti les élèves de commencer la rédaction de la synthèse de leurs choix sur la fiche.		communications dimensions de l'activité du groupe : posture de l'enseignant, tâches demandées, ressources à utiliser, nature de la production	une argumentation de qualité en mobilisant des preuves, notamment scientifiques à leurs prises de positions, mais aussi de leurs encourager à se rendre compte des limites de leurs positions, des positions opposées et comment les réfuter
	Séance 6 (55 mn)	Chercheur seul avec tous les élèves de la classe deux micros N/5 synthèses rédigées par les élèves sur le choix d'un	- (10 mn) Préparation de la présentation du choix d'un système de chauffage réalisé dans la séance précédente ; Les élèves toujours en 4 et 5 élèves par groupe. « *Vous vous mettez en groupes et vous avez 10 minutes à préparer la présentation qui sera dite par le porte parole et un rapporteur passe pour écrire* » Le chercheur fit le tour des groupes pour s'assurer que tous les élèves ont bien compris la tâche demandée est sont prêts à présenter. - (20 mn) Exposé (de trois minutes par équipe), devant toute la classe, des choix décidés par équipe. Les groupes de 6 à 5 élèves passent pour exposer	Étude de la mobilisation des arguments orales et des	Dimension de l'activité du groupe Dimension épistémologique	Pratiquer l'argumentation écrite et encourager les élèves à justifier leurs déclarations, notamment avec des connaissances scientifiques

		système N/5 fiche des systèmes de chauffage + N/5 guide de choix Salle de classe Un tableau et quoi écrire une caméra	le système de chauffage + écrire la position du groupe. Le chercheur joue le rôle d'un modérateur et se limite à poser la question aux élèves à justifier leurs arguments sans juger leurs véracités ou cohérences. « *Vous allez présenter oralement, en 3 mn par porte parole du groupe, le choix de chauffage de votre groupe aux autres élèves de la classe en précisant votre choix et les connaissances scientifiques de votre choix.* *Le rapporteur du groupe passe en même temps pour écrire au tableau les arguments du groupe.* *Si vous avez des questions, des remarques ou des critiques à faire aux choix des autres groupes, vous les notez et vous pouvez les poser, à tour de rôle, après le passage de tous les représentants des groupes.* *Le représentant du groupe, en premier, ainsi que les autres membres du groupes peuvent répondre aux interrogations des autres élèves de la classe*» - (20 mn) Questions + débats ; Le chercheur Reprend chaque choix + Questions ouvertes par toute la classe à adresser à tour de rôle à chaque groupe et droit de réponse du groupe Le chercheur a pour objectif d'animer le débat et donner la parole au rapporteur de chaque groupe mais aussi au reste des membres du groupe qui présente. Le chercheur doit éviter de donner son avis personnel et remet cela à la fin de la séquence, après le post-test. - (5 mn) Réorientation du chercheur, reprendre la question du chauffage dans le contexte d'un débat sur le climat et les émissions de GES d'origine fossile, notamment le CO_2. « *Au début nous avons évoqué la question des débats sur la question du changement climatique, notamment, la question de rôle éventuel des activités humaines dans ce réchauffement, notamment les émissions anthropiques de GES, en particulier les émissions de CO2 dû à la combustion des énergies fossiles.* Qu'en est-il du cas du choix d'un système de chauffage dans le contexte de ces débats là sur le climat ?»	contenus (e.g. Conceptuels scientifiques et techniques), de leurs qualités et de leurs interrelations éventuelles, lors des présentations des groupes sur le choix d'un système de chauffage Étude de la mobilisation des arguments orales et des contenus (e.g. Conceptuels scientifiques et techniques), de leurs qualités et de leurs interrelations éventuelles, lors des débats de toute la classe sur le choix d'un système de chauffage	dimensions de communications dimension de l'activité du groupe : posture de l'enseignant	Favoriser l'argumentation dialogique en Offrant l'opportunité des élèves à se confronter à une position opposée. Offrir l'opportunité aux élèves à pratiquer l'argumentation notamment en visant à évaluer les arguments opposés mobilisés et à réfuter les positions opposées.
J+3	Séance 7	Le chercheur	*(*40 à 45 mn) questionnaire de recherche à travailler par les élèves de la	Étude (suite à		

	(55mn)	seul avec la classe N questionnaires de recherche deux enregistreurs	classe individuellement (Post-test) "vous allez répondre aux questions suivantes d'une façon individuelle. Nous visons par ces questions à voir qu'est ce que cette séance vous a apporté" - (10 mn) Avis des apprenants sur l'ensemble des séances. "Je vais vous posez quelques questions et vous pouvez pour certaines lever la main pour compter. Est ce que vous avez étudié déjà la question du climat et météo? [réponse: non étudiée suivant les élèves] et l'effet de serre ? [réponse: étudié en sciences physiques au mois de janvier (3-4 mois avant la séquence)] l'énergie [oui] combustion [oui] chauffage [pas d'étude directe sur le chauffage] Réactions vis-à- vis des séquences: - Débats en groupe climat, lire tous les documents: 25 élèves oui, 2 élèves (2 de 5 systèmes), 3 élèves (3 systèmes des 5) - documents et Exposés questions climatique : Difficile: (11 élèves) 7é Courtillot, 1é P. P., 3é GIEC/ Moyen (11élèves): 1é Courtillot, 8é PP, 2é GIEC / Facile (8 élèves) - Débats en groupes chauffage : Lire les documents: (oui toute la classe), facile (25 élèves), (5 élèves ne donnent pas d'avis) - autres remarques (4 élèves): questionnaire monotone (passage trois fois c'est beaucoup); la question autour du climat "nouvelle" pour les élèves; les élèves ont beaucoup aimé le débat sur la question du chauffage.	l'intervention) de la mobilisation des arguments écrits et des contenus (e.g. Conceptuels scientifiques et techniques), de leurs qualités et de leurs interrelations éventuelles, en réponse au questionnaire de recherche	dimension socio-épistémologique : La diversité des savoirs et les pratiques de références Dimensions de l'activité du groupe dimension de communications	Pratique de l'argumentation écrite et mobilisation de connaissances conceptuelles scientifiques et techniques Etude de l'avis des élèves sur la séquence

Tableau 3: l'organisation de l'environnement d'apprentissage-enseignement en tenant compte du cadre théorique et le but de la recherche

5.3. Élaboration des documents d'accompagnement

En fonction de notre cadre théorique et méthodologique, nous visons dans ce paragraphe, à détailler certains des éléments qui ont guidé notre choix et l'élaboration des documents relatifs à notre intervention et qui ont été distribués en classe aux élèves durant les séances.

Les documents distribués aux élèves sont de natures différentes (c.f. Annexe, chapitre 5, § 5.1.Documents distribués aux élèves) : les documents d'informations scientifiques (séance 2) (les réponses attendues par les chercheurs, sur les questions scientifiques et techniques du questionnaire de recherche (question : 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11), les fiches des résumés des discussions en équipes (séances 3 et 5), trois articles relatifs à la position de trois groupes de scientifiques sur la question climatique (Séances 3), les dossiers descriptifs des systèmes de chauffage et le guide de choix d'un système de chauffage (Séances 5).

5.4.1. Les documents d'informations scientifiques

Les réponses à une partie des questions du questionnaire de recherche (pré-test), sont distribuées aux élèves à la fin de la séance 2 comme indiqué précédemment. Elles sont élaborées entre autres suite aux discussions entre les différents membres de l'équipe de recherche, vis-à-vis de l'objet de recherche de notre étude et du cadre théorique et méthodologique de notre étude et en se basant sur notre revue de littérature (les livres scientifiques sur la question climatique, des articles de recherches en éducation des sciences, le curriculum prescrit français, des sites d'institution de recherche et des sites de fournisseurs de courant électrique). Nous avons pris en compte, dans les réponses fournies aux élèves le niveau scolaire des élèves et leur curriculum prescrit français.

5.4.2. La position de trois groupes de scientifiques sur la question climatique

Nous avons choisi trois groupes de scientifiques s'intéressant à la question climatique et déjà mentionnés dans notre étude socio-épistémologique, une question qui sera étudiée par les élèves de première S. Le choix s'est fait, entre autres, de façon à refléter la nature controversée de la question climatique, en présentant des positions scientifiques différentes sur la question et la multiplicité du savoir et/ou des groupes de références sur la question.

Les positions des trois groupes de scientifiques sur la question climatique sont les suivantes : Le rapport du Groupe Intergouvernementale des Experts sur le Climat (2007), dont les membres sont mandatés par les Nations Unies et les pays membres pour fournir une évaluation de l'état des connaissances relatives au changement climatique. Le résumé à l'intention des décideurs indique qu'un réchauffement climatique est en cours, durant la deuxième moitié du XX^{ième} siècle, à des échelles différentes en fonction des régions du globe et que ce réchauffement est attribuable à l'activité humaine, en particulier, les GES d'origine fossile.
Le groupe « Petition Project » regroupant des scientifiques américains, signe une pétition qui s'oppose notamment à la fonction attribuée au GIEC et à la position attribuant un « consensus »

scientifique sur un réchauffement climatique qui est en cours et des dégâts supposés y être liés.
Le groupe de géophysiciens français qui indique, dans un article publié dans un journal scientifique en géosciences, qu'aucun facteur de forçage, y compris la concentration du CO_2 et probablement d'autres facteurs, ne peuvent à présent être négligés ou considérés comme l'unique force majeure du changement climatique au cours du siècle passé.

Nous avons élaboré un document où sont décrites des positions des trois groupes de scientifiques (Voir Annexe, Chapitre 5, § 5.1.5. Articles relatifs à la position d'un groupe de scientifiques sur les changements climatiques) en les synthétisant tout autour de trois points principaux : l'identité du groupe, les données ou «les observations » de changements climatiques mentionnées par le groupe et les causes attribuées à ces changements (la place des GES (en particulier le CO_2) anthropiques dans ces causes). En plus, nous avons gardé, lorsqu'il a été possible, le même nombre de schémas et de caractères à travers les trois positions et nous avons fait en sorte de récrire et choisir certains termes et concepts qui soient proches du niveau des élèves de première S. Deux articles sont en anglais, nous avons procédé à leur traduction en français.

5.4.3. Fiche de synthèse de la position sur le climat d'un groupe de scientifiques

Nous avons élaboré une grille de synthèse à remplir par chaque équipe de trois à quatre élèves, pour les aider à résumer la position du groupe de scientifiques sur la question climatique , et à l'exposer ultérieurement au reste de la classe.
Pour élaborer notre grille, nous nous sommes inspirés en partie des travaux de Sadler, Chambers et Zeidler (2004)[115], qui visent à investiguer la conceptualisation des élèves de la nature des sciences et la façon avec laquelle les élèves, de 15-17 ans, interprètent et évaluent des preuves contradictoires vis-à-vis du réchauffement climatique qui n'est autre qu'une question socioscientifique.

Ainsi, la fiche de synthèse intègre les éléments suivants, à remplir par les élèves (Voir Annexe, Chapitre 5, §5.1. Documents distribués aux élèves) :

1) La visée du groupe de scientifiques, sa position par rapport au(x) changement(s) climatique(s), les enjeux les plus importants pour ce groupe de scientifiques.
2) Les informations scientifiques utilisées par le groupe de scientifiques pour soutenir sa position.
3) Les points faibles de la position du groupe de scientifiques.

5.4.4. Dossier systèmes de chauffage

Nous avons élaboré un dossier incluant cinq différents systèmes de chauffage dont les élèves doivent choisir un seul (Voir Annexe, Chapitre 5, documents distribués aux élèves). Nous nous

115Sadler, Chambers et Zeidler (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. INT. J. SCI. EDUC., 19 MARCH 2004, VOL. 26, NO. 4, 387–409.

sommes aussi servis, en plus de notre étude socio-technique de la question énergétique et revue de littérature, des travaux de Klosterman et Sadler (2009), pour nous guider dans notre recherche sur le Web de ces systèmes de chauffage, en particulier en examinant les critères relatifs aux sites internet étudiés (l'utilité, l'autorité, la valeur de l'information et le contenu[116]) et pour élaborer le dossier système de chauffage.

D'après notre étude socio-technique de la question énergétique et la revue de littérature, notamment, la question du chauffage, nous avons choisi les cinq sources d'énergies suivantes, pour nos systèmes de chauffages : au fioul, au gaz, au bois, électrique et solaire. En plus, pour élaborer notre document chauffage nous avons croisé les informations tirées des sources d'informations différentes suivantes : agences gouvernementales (Agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie[117], Agence nationale de l'habitat[118]), fournisseurs de gaz (Gaz de France, dolce vita[119]), des sites de particuliers pour ce conseil de choix d'un système de chauffage (comprendre choisir[120]) et d'un site de constructeur de maisons (des maisons chalonnaises[121]) et d'un fournisseur de chaudières (Iso-chauffe[122]).
Notre choix s'est centré finalement, sur les systèmes individuels les plus répandus: trois systèmes de chauffages avec des chaudières de condensation fonctionnant sur trois sources énergétiques différentes, au fioul, au gaz et/ou au fioul ; un système de chauffage avec des radiateurs électriques ; et un système mixte solaire.

Ainsi, les documents que nous avons élaboré regroupent pour les cinq systèmes de chauffage les parties suivantes : un schéma représentatif du système, un résumé technique du principe de fonctionnement du système, des informations sur la nature de la source d'énergie utilisée, sur le confort assuré par le système, sur l'efficacité énergétique et sur l'aspect environnemental de chaque système (émissions de GES).

5.4.5. Guide des critères de choix d'un chauffage

En plus des documents de systèmes de chauffage et dans le but d'aider les élèves à faire le choix, nous nous sommes inspirés, pour élaborer un guide aux élèves, des critères pour le choix d'un

116 Sadler et Klosterman (2009: 2) : *" Usability addresses whether the website is easy to understand and navigate. Authority investigates the author and the origin of the website. Newsworthiness considers whether the information on the website is timely, relevant, important, and unique. Content explores the accuracy of the information on the website and where the author collected the information."*

117 Agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie: "*Chaleur et confort sans gaspillage, le chauffage, la régulation, l'eau chaude*" http://www.ademe.fr/chauffage-regulation-leau-chaude ; "*Le chauffage et la climatisation*" http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/habitation/construire/chauffage-climatisation, consulté la dernière fois le 24/04/2011.

118 Agence nationale de l'habitat: "*Les Travaux de Rénovation Thermique les Plus Efficaces*" http://www.anah.fr/mediatheque/publications/publication/media/Mediatheque/voir-publication/1939, consulté la dernière fois le 24/04/2011

119 Gaz de France, dolce vita: "*LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL (CESI)*", "*LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL (CESI)*", "*LA CHAUDIERE A CONDENSATION*"; http://www.dolcevita.gazdefrance.fr/portailClients/appmanager/portail/clients , consulté la dernière fois le 24/04/2011.

120 Comprender choisir : http://chauffage.comprendrechoisir.com/ consulté la dernière fois le 24/04/2011.

121 Des maisons chalonnaises : www.maisons-chalonaises.com

122 Iso-chauffe http://www.iso-chauffe.com/chaudiere-gaz-acv-prestige-excellence-32-mk2-condensation-c2x11895777

système de chauffage (voir Annexe) des travaux de Klosterman et Sadler (2009)[123] qui visent à explorer et élaborer des stratégies pour aider les élèves à acquérir l'habilité pour faire des analyses critiques nécessaires pour évaluer des informations tirées du web.

Ainsi, le guide comprend les critères suivants à adresser pour le choix d'un système de chauffage qui incluent, entre autres, des critères techniques et scientifiques, critères de rentabilité économique, Critères d'Impact environnemental du système (Voir annexe, Chapitre 5, § 5.1. Documents distribués aux élèves).

5.4.6. Fiche de synthèse du choix d'un système de chauffage

Pour élaborer la fiche de synthèse du choix d'un système de chauffage (voir annexe), nous encourageons les élèves à argumenter, en particulier à justifier leurs choix notamment par des connaissances scientifiques et à penser à des positions opposées à leurs choix et sur la façon de les réfuter, et à mobiliser des connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) (voir cadre théorique). Pour cela, nous invitons les élèves à indiquer :

1) Les raisons de leurs choix (confort et efficacité, coût et rentabilité économique et aspect environnemental, autres, …);
2) Les informations scientifiques qui soutiennent leurs choix;
3) Les contre-arguments qui peuvent contredire leurs choix;
4) Quoi répondre à ces contre-arguments.

123 Klosterman et Sadler (2009). *Information Literacy for Science Education: Evaluating web-based materials for socioscientific issues.* Manuscript accepted for publication in Science Scope.

Chapitre 5, Partie II : Cadres d'analyse des données recueillies

Cette partie du chapitre comprend les cadres adoptés pour analyser des données recueillies, et pour répondre à notre question de recherche sur le lien éventuel entre l'argumentation et la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), en particulier, entre la structure et le contenu de l'argument.

Notre recherche a différentes visées. Nous cherchons, entre autres, à encourager l'argumentation et la mobilisation de connaissances (les connaissances conceptuelles scientifiques et techniques) lors de l'engagement des élèves de première S pour le choix d'un système de chauffage destiné à une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s), dans le but d'étudier l'argumentation, la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) et le lien éventuel entre elles.

Les données à analyser dans notre recherche comportent des données écrites et orales.[124]

Nous avons décrit précédemment (voir Chapitre 1, Partie II, § 1.5.6. des cadres d'analyse de l'argument et de l'argumentation), l'ancrage théorique des cadres analytiques, les résultats recueillis à travers leur utilisation, des exemples d'analyses et quelques unes de leurs limites.
Nous indiquons dans les paragraphes suivants, comment nous utilisons ces cadres pour l'analyse de nos données et les modifications que nous avons apportées lors de l'utilisation de ces cadres. Nous fournissons aussi des exemples d'analyse tirés de notre corpus.

La question débattue par les élèves, soit le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) du climat, une CSS, relève de domaines de sciences et de techniques, mais aussi de domaines économiques, environnementaux, juridiques et divers domaines. L'argumentation mobilisée lors du choix d'un système de chauffage, parmi plusieurs systèmes fonctionnant sur des sources énergétiques différentes, est d'une nature « dialogique » (Driver et al. 2000 : 291). Elle correspond à un examen de perspectives différentes et où le but est d'atteindre un accord sur des déclarations acceptables ou sur des actions. **Ces arguments dialogiques peuvent se manifester dans un groupe ou avec un individu**. La construction d'un argument implique la prise en compte de positions alternatives.

Pour répondre à nos questions de recherche, d'étudier l'argumentation (soit l'argument en tant que produit) et la mobilisation de connaissances (scientifiques et techniques) et les liens éventuels entre elles, alors, nous avons opté lors de l'analyse des données recueillies dans notre recherche à :
a) Distinguer entre les données écrites (les réponses écrites des élèves au questionnaire de recherche, le pré-test et le post-test) et les données orales (soient d'un côté, celles des présentations du choix des différents groupes, et d'un autre côté, les données orales recueillies lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage et lors du débat final de toute la classe) recueillies dans notre étude
b) Regrouper l'analyse de l'argumentation (soit L'argument en tant que produit de l'argumentation) et la mobilisation de connaissances (conceptuelles Scientifiques et techniques) autour d'un cadre général, qui se résume par l'analyse de la qualité de l'argument, et basé sur une étude de la structure

124 Nous avons retenu pour analyse dans notre thèse, les données suivantes : les réponses écrites des élèves aux pré-tests et aux post-tests (en particulier la question sur le choix d'un système de chauffage) ; les données orales, en particulier, les discussions des élèves en groupes sur le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés, les présentations orales des choix d'un système de chauffage des différents groupes d'élèves et le débat final de toute la classe relatif aux différents choix présentés.

de(s) l'argument(s) et du(s) contenu(s) de(s) l'argument(s) et d'une façon moins conséquente sur la nature de la justification.
c) Tenir compte des visées, du contexte d'élaboration et d'utilisation des différentes méthodes d'analyses empruntées à d'autres recherches sur l'argumentation et sur la mobilisation de connaissances (soient scientifiques et techniques) et en même temps tenir compte du contexte d'utilisation de ces différents cadres dans notre recherche en les ajustant à nos besoins. En particulier, nous tenons compte du fait que ces cadres soient des cadres « généraux » (relatifs au domaine des sciences et hors domaine des sciences), ou des cadres « spécifiques » à des domaines scientifiques et techniques voire même des cadres spécifiques à d'autres domaines (par exemple : économique, juridique, …).
d) Utiliser différents cadres analytiques relatifs à la structure et au contenu de l'argument d'une façon synergique.

Pour atteindre nos analyses des arguments oraux, nous commençons en premier lieu par établir les activités dans lesquelles s'engagent les élèves et par la suite par délimiter les arguments oraux co-construits par les élèves. Pour cela, nous nous basons sur le travail d'Osborne et al. (2004) sur l'argumentation dialogique que nous ajustons pour indiquer les questions respectives débattues par les élèves lors du choix d'un système de chauffage. Ensuite, et grâce au cadre de Toulmin (1958), nous distinguons les arguments substantiels des autres arguments qui ne nous intéressent pas, ou qui sont secondaires ou qui prennent la forme de blagues.

Pour l'analyse des données écrites, nous commençons nos analyses par établir les systèmes choisis par les élèves, leurs sources énergétiques correspondantes et l'éventualité pour les élèves d'intègrer dans leurs choix explicitement la question des débats sur le(s) changement(s) climatique(s).

Ainsi, les cadres analytiques retenus pour notre recherche sont les suivants :

- des cadres analytiques généraux, tirés de Toulmin (1958) et d'Osborne et al. (2004) pour l'étude de la structure de l'argument.
- un cadre analytique général, de Von Aufschnaiter et al. (2008) pour l'étude du développement conceptuel, notamment les contenus, les niveaux et les domaines d'abstraction ; un cadre relatif au contenu de l'argument.
- Un cadre analytique général pour l'étude des thèmes mobilisés (scientifiques, techniques, environnementaux, économiques, pratiques/ confort, esthétiques et divers thèmes (juridiques, personnels...), un cadre relatif au contenu de l'argument, modifié du cadre analytique de Wu et Tsaï (2007 : 1171) sur les modes de raisonnement ou les perspectives utilisées par les apprenants pour faire leurs arguments.
- Un cadre analytique spécifique, pour l'étude de la validité des contenus mobilisés, un cadre relatif au contenu de l'argument, modifié du cadre de Zohar et Nemet (2002 : 49) sur la fréquence des modes d'utilisation des connaissances scientifiques en sciences de la vie.
- Le cadre analytique pour l'étude de(es) source(s) des contenus mobilisés (curriculum prescrit (Martinand, 2003) documents distribués ou autres sources), un cadre relatif au contenu de l'argument, que nous développons pour cette étude.

Nous indiquons dans les parties suivantes comment nous procédons pour utiliser ces cadres d'analyses et les éventuels changements ou adaptations que nous effectuons sur ces cadres en réponse aux besoins de notre recherche.

5.4. Cadres d'analyse des données orales

Nous présentons dans ce paragraphe les cadres d'analyse des données orales, recueillies dans notre recherche. Nous exposons les différentes méthodes d'analyses, leurs cadres d'utilisation et les exemples d'analyses respectifs tirés de notre étude.

5.5.1. La transcription des enregistrements et tours de parole

Nous commençons notre analyse des données orales par transcrire les enregistrements des paroles des élèves en indiquant à chaque élève du groupe composé de 4 à 5 élèves et qui prend la parole, un nombre pour l'identifier (par exemple 1, 2, 3, 4 ou 5). Nous indiquons par la lettre L l'élève. Le premier élève qui prend la parole sera L1, le second élève qui prend la parole sera L2 et ainsi de suite. Nous numérotons aussi par ordre croissant les interventions des différents élèves, par exemple la phrase du premier élève prenant la parole sera 1L1, la phrase du deuxième élève sera 2L2, et la phrase du troisième élève sera 3L3 (voir exemple ci-dessous).

Remarque : Vu la difficulté rencontrée à plusieurs reprises pour préciser l'interlocuteur correspondant tout le long des discours, nous n'avons pas procédé à une analyse individualisée qui tiendrait compte lors du discours de l'identité de l'interlocuteur.
En outre, nous indiquons entre croche [ ] les remarques ou les notes ajoutées par le chercheur, par exemple [inaudible] les mots qu'on n'entend pas en écoutant l'enregistrement.

Exemple, tiré du groupe 6 du lycée LF lors du débat en groupe, pour le choix d'un chauffage parmi cinq proposés :

1L1 : « [l'élève lit de la fiche] Une pompe distribue l'eau chaude produite dans le circuit de chauffage : tuyaux, radiateurs ou plancher chauffant de l'habitation »

2L2 : « Camille, qu'est-ce que tu [inaudible] »

3L3 : « En gros c'est un chauffage à l'eau chaud. A la vapeur d'eau quoi. »
4L4 : « Bleu parce que t'es un mec [elle répond à l'autre élève]. Un vrai. »
5L3 : « Mais, qui est produit par du gaz. Donc le gaz déjà il faut le trouver et c'est une énergie fossile, donc ça va s'épuiser. »
5'L5: « Il est fort, il est fort »

5.5.2. Organisation des tableaux d'analyse

Nous présentons dans cette partie l'organisation des tableaux d'analyse des données recueillies (les discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage, les présentations des élèves et le débat final de toute la classe et le questionnaire de recherche (question 12)) détaillés en annexe. Ces tableaux s'organisent de la façon suivante (voir les tableaux ci-dessous) :

1- Premier type de tableaux d'analyse

Transcription	Contenus	Thèmes mobilisés	Argumentation (Toulmin, 1958)	Argumentation (Osborne et al. 2004)	Niveaux d'abstraction (Von Aufschnaiter et al. 2008)	Domaines d'abstraction (Von Aufschnaiter et al. 2008)
Activité 1 : de 1L1 à 24L5	**Les élèves lisent les documents et précisent la question à débattre**					
Question débattue 1 : quelles sont les conditions, à tenir compte, pour choisir un chauffage au gaz?						

Tableau 4: tableau d'analyse de l'argumentation (de l'activité et de la question débattue pour les données orales), des contenus, des domaines et des niveaux d'argumentation ainsi que les thèmes mobilisés

Organisation du tableau, de gauche à droite

a) La première colonne comporte la transcription des enregistrements en leur accordant le tour de parole.
b) Dans la deuxième colonne, en face de chaque tour de paroles, nous indiquons l'(es) éventuel(s) contenu(s) correspondant.
c) La troisième colonne comporte l(es) thème(s) correspondant(s) au (sous)contenu
d) La quatrième colonne contient l'analyse de la structure de l'argument, suivant Toulmin (1958) et la cinquième colonne le niveau de l'argumentation suivant Osborne et *al.* (2004).
e) La sixième colonne et la septième colonnes contiennent respectivement les niveaux et domaines d'abstraction correspondants aux contenus mobilisés suivant Von Aufschnaiter *et al.* (2008).
f) La deuxième ligne correspond aux activités réalisées par les élèves à chaque étape (spécifiques aux données orales).
g) La troisième ligne correspond aux questions débattues par les élèves dans l'intention de faire le choix d'un système de chauffage (spécifiques aux données orales).

2- Deuxième catégorie des Tableaux d'analyse

Thèmes	(sous)Contenus (communs à plusieurs thèmes)	Tours de paroles et occurrences	Origines des (sous)contenus	Total

Tableau 5: tableaux d'analyse des sources des thèmes mobilisés

Organisation du tableau, de gauche à droite

a) La première colonne contient le thème correspondant aux (sous) contenus analysés.
b) La deuxième colonne contient le (sous)contenu mobilisé.
c) La troisième colonne correspond au nombre de fois où le contenu est mobilisé et lors de quel tour

de parole (lors des données orales).
d) La quatrième colonne contient l'(es) origine(s) ou la source du (sous)contenu
e) La colonne cinq correspond au nombre total d'occurrence du (sous)contenu

5.5.3. Les activités

Nous commençons le dépouillement des données par préciser la nature des différentes activités réalisées par les élèves en classe, durant chaque séance, et le nombre de tours de parole qu'elles couvrent.

Exemple, tiré du groupe 6 du lycée LF lors du débat en groupe, pour le choix d'un chauffage parmi cinq proposés :

Numéro de l'activité : étendu de l'activité	**Nature de l'activité**
Activité_1 : 1L1 à 24L5	**Les élèves lisent les documents et précisent la question à débattre**
1L1 : [Il lit de la fiche] Une pompe distribue l'eau chaude produite dans le circuit de chauffage : tuyaux, radiateurs ou plancher chauffant de l'habitation	
2L2 : Camille, qu'est-ce que tu [inaudible]	
3L3 : En gros c'est un chauffage à l'eau chaud. A la vapeur d'eau quoi. *4L4 : Bleu parce que t'es un mec [elle répond à l'autre]. Un vrai.* *5L3 : Mais, qui est produit par du gaz. Donc le gaz déjà il faut le trouver et c'est une énergie fossile,* *donc ça va s'épuiser.* *5'L5: Il est fort, il est fort*	
6L5 : Ok Remarque [ils continuent à lire] Pour le cas d'une chaudière à condensation, le système qu'on est *[Ils parlent entre eux et rigolent, hors sujet]* *7L3 : Pour le cas d'une chaudière à condensation, le système permet de maximiser le rendement*	
8L4 : Mais attendez ! pour le cas d'une chaudière à condensation, le système permet de maximiser le rendement, récupérant une partie de la chaleur, contenue dans les fumées. [Elle continue à lire] La chaudière à condensation fonctionne à basse température, c'est-à-dire avec des radiateurs [etc ce qui est dans la fiche].	
9L3 : Ok, alors c'est-à-dire que les nouveaux radiateurs fonctionnent pas à température basse. Donc, c'est pas forcement *Donc en gros il nous dit que c'est uniquement pour des maisons anciennes.*	
9'L2: nous sommes d'accord?	
9''L3: Hors, on a dit que les maisons anciennes il faut les ré-isoler.	
10L4 : Hors il écrit, vous venez d'aménager dans une nouvelle habitation qui n'a pas de chauffage. Nouvelle habitation.	
11L1 : Non, mais, nouvelle habitation ça veut pas dire qu'elle est neuve.	
12L2 : A priori	
13L1 : Non, ça ne veut pas dire qu'elle est neuve, justement.	
14L2 : Justement, tu te trompes.	

15L3 : Tu peux aménager dans une habitation ancienne, tu vois, genre de style ancien, tu peux aménager dans une chalet a la montagne, qui serait qui a été construit [Bruit de fond]	
16L4 : Chaudière à condensation	
17L3 : Le problème c'est surtout que si tu veux racheter des nouveaux radiateurs, ben t'es dans la merde, parce-ce qu'il faut que tu achètes des radiateurs à basse température.	
18L4 : Oui, oui, moi, par exemple, je vis dans une caravane	
19L2 : Non mais dans la caravane avec les petits papiers au rose dehors	
20L5 : 1.2 chaudière à condensation, chauffage au gaz. Est-ce que je pourrais lire comme monsieur Richard ? [il lit de la fiche] La source énergétique utilisée dans la chaudière est le gaz naturel, un hydrocarbure d'origine fossile. Confort et efficacité. La chaudière [etc…]	
21L3 : Cette chaudière peut être reliée pour assurer l'eau chaude sanitaire. D' accord. La même chaudière peut être aussi associée à un système solaire…	
22L2 : Tu parlais comme sur un documentaire de Arte.	
23L4 : C'est vachement [inaudible] les documentaires de Arte !	
24L5 : Les lémuriens d'Égypte se déplacent en moyen à une vitesse	

Tableau 6: la nature des différentes activités réalisées par les élèves en classe durant la séance et le nombre de tours de parole qu'elles couvrent.

5.5.4. Questions débattues

Après avoir précisé la nature des activités réalisées par les élèves en classe, nous procédons pour chaque activité, à scruter les discours des élèves et à repérer les moments où les élèves débattent de questions dans l'intention de faire le choix d'un système de chauffage ou de refuser un choix (et cela lors des discussions en groupes et lors du débat final de toute la classe). Cette question débattue peut inclure le principe du fonctionnement du système, le coût d'un ou plusieurs systèmes de chauffage, son efficacité énergétique, son impact environnemental ou le confort assuré par le système ...

Une « question débattue » peut, entre autres, comporter des oppositions entre les élèves notamment une opposition d'un élève à propos d'une idée ou d'une position évoquée par un autre élève en la soutenant ou non par des preuves (des données, des justifications, des soutiens, des qualifications ou/et des réfutations). Ces questions débattues peuvent contenir aussi une élaboration d'une idée évoquée par un élève par d'autres élèves ou le même élève, à travers la mobilisation davantage de preuves (des données, des justifications et/ou des soutiens). Finalement, ces questions débattues peuvent aussi inclure un renforcement de l'idée d'un autre élève ou du même élève sans davantage de preuves mobilisées (inspiré et modifié d'Osborne et al. 2004 : 1007-1008).

Nous allons par la suite, pour chaque question débattue, rechercher les éléments du discours qui relèvent d'une argumentation (voir paragraphe analyse de l'argumentation).

Remarque : Nous ne tenons pas compte pour nos questions débattues, des moments où les élèves débattent de questions qui ne visent pas le choix d'un système de chauffage ou des moments où les élèves posent des questions, notamment au chercheur, pour comprendre la question à laquelle ils doivent répondre (choisir un système de chauffage parmi cinq proposés). Les mêmes questions

débattues peuvent se répéter ou s'intercaler avec d'autres questions débattues durant la même séance.

Exemple : tiré du groupe 6 du lycée LF lors du débat en groupe pour le choix d'un chauffage parmi cinq proposés :

Nous remarquons, dans le passage ci-dessous du 25L3 jusqu'à 30L4, qu'un(e) premier(ère) élève évoque la nécessité d'un réseau de gaz pour pouvoir installer et utiliser le chauffage à gaz proposé et note que ces réseaux n'existent pas dans les petites villes. Un(e) deuxième élève refuse l'idée de vivre dans une petite ville et souhaiterait faire le choix spécifique à une ville développée. Le premier élève indique alors, en élaborant l'idée du deuxième élève, que la ville de Paris (la ville où se trouve le lycée) est équipée d'un réseau de gaz et permet donc techniquement le choix d'un système à gaz.

En revanche, nous remarquons, que pour les tours de paroles 26L5 et du 31L3 jusqu'à 37L3, les élèves ne débattent pas de questions dans le but de faire le choix d'un système de chauffage, mais se limitent à lire les documents et évoquent les système de chauffage dont ils disposent chez eux ou à discuter de questions qui ne sont pas en relation avec la question débattue.

Question débattue 1 : quelles sont les conditions, dont il faut tenir compte, pour choisir un chauffage à gaz?

25L3 : « D'accord. C'est ça aussi un problème au réseau de gaz de ville s'il existe »

26L5 : « Et la langouste, bien que très humaine »

27L3 : « Pour sélectionner ce truc il faut avoir un réseau de gaz de ville. Et c'est pas forcement le cas dans, à Issy- à Misry [inaudible], petite ville de mille habitants dans. »

28L4 : « Oui mais, sommes nous vraiment des boffes et habitons-nous vraiment à la campagne ? Moi je refuse »

29L3 : « Non, à Paris c'est exact, t'as un système de gaz. »

*30L4 : « Je suis p*** [GROS MOT]. Je suis p***, très clairement, que nous habiterons hors d'une ville développée. C'était vraiment ? [hors question débattue] Vraiment Mais tout sauf drôle! »*

31L3 : « Le prix d'une chaudière à condensation [lit la fiche] est un investissement d'environ 4115 euros pour une puissance de 24KW. »
32L2 : « Moi je ne sais pas qu'est-ce que j'ai comme chaudière »
33L4 : « Moi j'ai électrique »

34L3 : « La chaudière à « condensation » a un rendement »
35L1 : « Moi j'ai 3 chinois qui [inaudible] »
36L2 : « Mais Alexandre, cette nouvel génération de chaudière, euh »

37L3 : « Rendement utile, qui s'élève à 90%, pas mal ! Eh! 90% de la puissance consommée c'est le rendement! »

Tableau 7: Exemple tiré du groupe 6 du lycée LF lors du débat en groupe pour le choix d'un chauffage parmi cinq proposés.

5.5.5. Cadres analytiques relatifs à la structure de l'argument

Nous exposons dans cette partie les différents cadres analytiques relatifs à la structure de l'argument, utilisés pour l'analyse des données orales, le(s) but(s) de leurs choix, les cadres de leur utilisation, leurs limites ainsi que certains exemples d'analyse de la qualité d'argumentation tirés des données recueillies.

5.5.5.1. Cadre analytique de Toulmin (1958) (domaine général)

Vu la nature de la question à débattre qui relève de plusieurs domaines scientifiques et hors domaines de sciences et techniques (économiques, environnementaux, juridiques et autres domaines) nous avons cherché à utiliser, en premier lieu, un cadre analytique qui relève de différents domaines (scientifiques et techniques ou autres) et qui est applicable ainsi à la question débattue dans notre recherche.

Nous avons opté en premier lieu pour le cadre analytique de Toulmin (1958) pour l'analyse de l'argumentation.

Nous nous intéressons dans notre recherche aux arguments substantiels.

Ainsi, en se basant sur la définition d'un argument suivant Toulmin (1958), nous repérons lors des questions débattues par les élèves pour le choix d'un système de chauffage, les discours qui relèvent d'une affirmation suivant Toulmin (1958) et donc d'une argumentation, nous procéderons par la suite à l'analyse des éléments de ces arguments.
En outre, nous ne tenons pas compte dans notre analyse, et suivant le cadre de Toulmin (1958 : 11, 90), des discours d'élèves qui relèvent d'une moquerie, plaisanterie ou d'une position hypothétique sur la question à débattre et qui ne sont pas considérés comme des arguments.
Nous nous basons sur le cadre analytique de Toulmin pour ainsi analyser les éléments structurant de l'argument notamment la mobilisation de déclarations, données, justifications soutiens et éventuellement les qualifications et les réfutations (voir exemple d'analyse dans le tableau suivant).

Exemple tiré du débat final de toute la classe :

95 E 8 : -Je voudrais savoir comment vous avez fait les calcules sur les 10 ans.

96 GR2 : On a fait notre calcul un produit. On a fait un produit. Tu veux des détailles ?

97 E 8 : -Oui je veux des détailles.

[Ils parlent tous en même temps]

98 Chercheur : Qu'est-ce que vous pensez vous ? Est-ce que tu as un contre-argument précis à lui reprocher, un chiffre ?

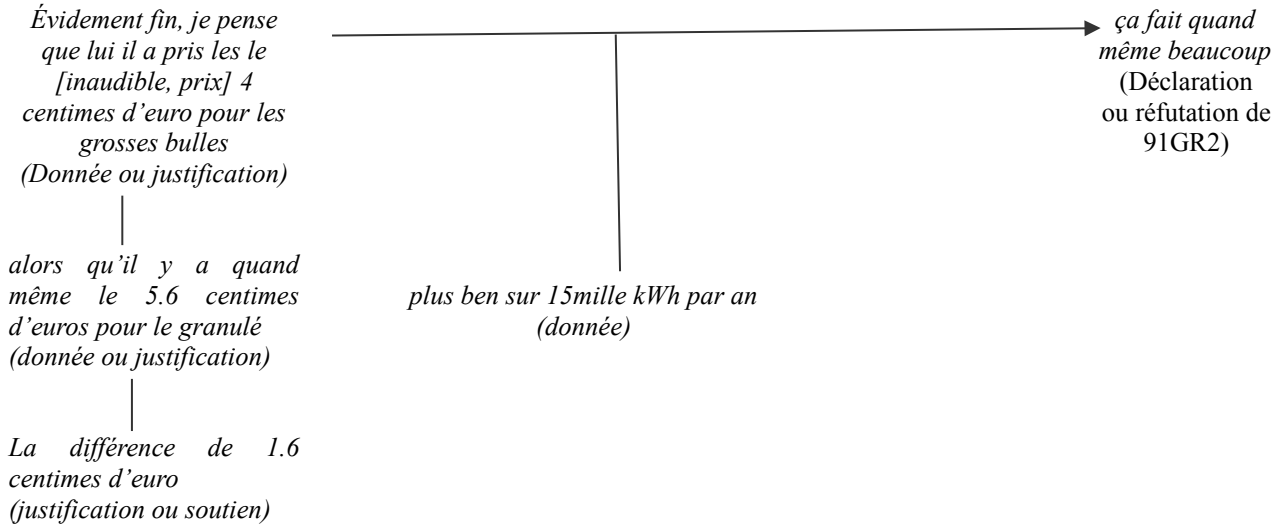
99 E 8 : -Je veux d'abord savoir comment il a fait son calcule.

100 Chercheur : Car tu pense [Ils parlent en même temps et rigolent]

101 Chercheur : Un instant écoutez, écoutez.

102 E 8 : Évidement fin, je pense que lui il a pris les le [inaudible] 4 centimes d'euro pour les grosses bulles alors qu'il y a quand même le 5.6 centimes d'euros pour le granulé.
La différence de 1.6 centimes d'euro plus ben sur 15mille kWh par an ça fait quand même beaucoup

L'analyse du tour de paroles (102 E8) suivant le cadre de Toulmin (1958) sera :



Vu les limites du cadre d'analyse de Toulmin (1958), notamment, pour l'analyse du discours et la différenciation entre donnée, justification et soutien, nous avons eu recours (afin de compléter notre analyse des données orales relative à la structure de l'argument) à un cadre analytique complément, celui d'Osborne *et al.* (2004), qui propose de résoudre certaines des limites du cadre de Toulmin (1958).

5.5.5.2. Cadre analytique d'Osborne, Erduran et Simon (2004) (du domaine général)

Nous nous basons aussi sur le cadre analytique d'Osborne *et al.* (2004), adapté à l'analyse des éléments épistémiques de l'argumentation lors de débats en groupes, pour l'analyse de la structure de l'argument des données orales. Ce cadre nous permet de limiter les difficultés rencontrées à travers l'utilisation du cadre de Toulmin (1958), notamment : différencier les données, des justifications et des soutiens et répondre à certains éléments spécifiques de l'argumentation en

groupes (Driver et al. 2000 : 294).

A la différence d'Osborne et al. (2004), nous ne visons pas dans notre analyse de l'argumentation directement l'interaction sociale dans les groupes. En particulier, nous n'analysons pas la nature du discours établi entre les élèves (mobilisation des déclarations, des élaborations, des renforcements et des oppositions envers les arguments de l'un et de l'autre). Par contre, nous tenons compte des nombres de bases mobilisés par argument, des moments d'opposition en groupes (pour établir les questions débattues) et du fait que différents éléments d'un argument, lors d'une discussion en groupe, peuvent faire partie aussi des arguments d'autres élèves. Ainsi, un même argument suivant le cadre d'Osborne et al. (2004) peut être divisé en deux ou plusieurs arguments.

Exemples d'analyse des arguments suivant le cadre de Toulmin (1958) et du cadre d'Osborne et al. (2004), tiré du débat final de toute la classe des élèves du Lycée LF sur le choix d'un système de chauffage parmi cinq chauffages proposés.

Transcription	**Analyse de l'argumentation suivant Toulmin (1958)**	**Analyse de l'argumentation suivant Osborne et al. (2004)**
Exemple 1 : d'analyse tiré de la présentation du choix du groupe 1 d'un système de chauffage au bois parmi six autres systèmes proposés		
au 3GR1 : « *Donc pour le Groupe 1, on a choisi chauffage au bois,*	Déclaration	Déclaration
c'est premièrement le bois est la seule source utilisée qui soit renouvelable	+ justification	+ base 1
quand les forêts sont bien gérés. »	+ qualification	+ base 2 Déclaration + deux bases = niveau 2
Exemple 2 : d'analyse tiré du débat final de toute la classe		
44E1 : « Ils [le groupe 1] disent que c'est le deuxièmement moins cher au kWh	Donnée 2 de la déclaration 2 au 46E1	Base
mais en coût de l'installation, c'est il faut installer le chauffage au bois et au solaire quoi,	+ donnée 2 de la déclaration 2 au 46E1	+base
donc ça revient quand-même beaucoup plus. »	+ justification 2 de la déclaration 2 au 46E1	+base
Au 45Chercheur : « S'il vous plaît On écoute, après on. Ils disent leur commentaire, après vous avez le droit de répondre. Ok ? C'est clair ? Pour tout les groupes, Notez donc ce qu'ils disent si vous voulez dire autre chose. »	[Pas d'argumentation]	
Au 46E1 : « Donc finalement sur 10 ans ça ne sera pas forcement plus rentable qu'une autre énergie. »	Déclaration 2	Déclaration Déclaration + trois bases = niveau 2
72GR1 : « *Tout le monde a prit le prix sur les*	Donnée de la réfutation et	+ Base 3

10 ans	donnée de déclaration 3	
alors que la durée de vie en moyenne des systèmes est de 15 ans	+Justification de la déclaration 3 (et **réfutation de la déclaration 2 au 46E1)**	**Réfutation** et base 3 **Réfutation + une base = niveau 4**
et sur 15 ans on voit que c'est l'électrique qui est le plus cher et le bois reste en deuxième position.	+ déclaration 3	+Déclaration 3 Déclaration 3 + deux bases = niveau 2
Et enfin le bois est évidement la seule ressource qui n'est pas fossile, le tout [inaudible, sauf] solaire. »	Déclaration implicite, choisir le système bois-solaire + justification de la déclaration implicite	Déclaration 4 + base 4
73Chercheur : « Pourquoi pas fossile dans le sens que elle ? »	[pas d'argumentation]	
74 Gr1 : « Dans le sens que ça peut être renouvelée tant que les forêts sont bien gérées. »	+soutien ou justification de la déclaration implicite au 72GR1 +qualification du soutien ou de la justification	+Base 4 +base 4 déclaration 4 + 3 bases= niveau 2

Tableau 8: exemples d'analyse de l'argumentation suivant le cadre de Toulmin (1958) et d'Osborne et al. (2004) tirés des présentations des groupes et du débat final de toute la classe

L'utilisation du cadre analytique d'Osborne *et al.* (2004) réduit ainsi les difficultés rencontrées lors de l'utilisation du cadre analytique de Toulmin (1958) notamment celles relatives à différentier les justifications des données de l'argument et cela en les désignant comme base. L'analyse du tour de paroles (102 E8) suivant le cadre de Toulmin (1958) sera :
Réfutation faible + 4 bases = argumentation du niveau 3.

Remarque :

Pour améliorer la fiabilité des analyses réalisées, nous procédons en s'inspirant des travaux de Sadler, Chambers et Zeidler, 2004 : 392) qui se basent sur les travaux de Lincoln et Guba (1985) pour l'analyse des données qualitatives (soient les questions ouvertes et les entretiens) à faire analyser, par trois chercheur(e)s différent(e)s, un échantillon des analyses des données faites. Pour cela nous procédons de la façon suivante :
Après avoir analysé les arguments des données orales, recueillies lors des discussion du choix d'un système de chauffage des élèves du groupe 6 du lycée LF, à l'aide des cadres analytiques de Toulmin (1958) et d'Osborne et al. (2004) par un premier chercheur, un échantillon approximatif de 20 % des données, est analysé indépendamment par deux autres codeurs (deux chercheures engagées dans la recherche). Les divergences sur les analyses rencontrées entre notre analyse et les deux codeurs sont discutées jusqu'à ce que l'équipe se mette d'accord sur une seule catégorisation. Par la suite, le premier chercheur reprend l'analyse de l'ensemble des données recueillies lors de la discussion du groupe 6 en fonction des remarques identifiées et des discussions réalisées avec les

deux autres codeurs.
Ensuite, un nouveau échantillon approximatif de 20 % des analyses réalisées par le premier chercheur est soumis à une nouvelle analyse indépendante par les deux autres chercheurs(euses)-codeurs. Toutes les différences repérées sont rediscutées par les trois chercheurs jusqu'à se mettre d'accord.
Lorsque les analyses indépendantes des trois chercheurs correspondent à 80% de l'ensemble des analyses effectuées, le premier chercheur procède à l'analyse de la discussion des autres groupes, des présentations et du débat final de toute la classe.

Or, notre recueil de données comporte, en plus des données d'argumentation des discussions en groupes, une argumentation orale des exposés des choix de système de chauffage des différents groupes et une argumentation écrite individuelle des réponses des élèves sur le questionnaire relatif au choix d'un système de chauffage. Ainsi, nous pensons que l'utilisation d'un cadre analytique complément (voir paragraphe suivant) nous permettra de mieux analyser la qualité de l'argumentation susceptible d'être mobilisée par les élèves que le cadre d'Osborne et al. (2004) relatif aux niveaux d'argumentation n'est pas en mesure de faire.

Cadre analytique relatif au(x) nombre(s) de base(s) mobilisé(s) par niveau d'argumentation

D'après ce qui précède nous optons pour l'analyse en plus des niveaux d'argumentation, du nombre de bases mobilisées par niveau d'argumentation, un cadre relatif à la structure de l'argument, lors de l'argumentation orale des exposés des groupes et lors de l'argumentation écrite et individuelle des réponses des élèves au questionnaire de recherche. Le nombre de bases mobilisées par argument est un autre moyen susceptible de dévoiler une différence dans la complexité de l'argument et donc une différence dans la qualité de l'argumentation relative à la structure de l'argument, non repérable par le cadre évoqué précédemment et cela en s'inspirant des travaux d'Osborne et al. (2004 : 1007).

Exemple : tiré de l'exposé du choix d'un système de chauffage, du groupe 5 (40GR5) du lycée LF.

Transcription	**Argumentation (Toulmin, 1958)**	**Niveaux d'argumentation (Osborne et al. 2004)**	**Nombre de Base(s) par argument (Osborne et al. 2004)**
40GR5 : Donc nous on a pris le chauffage électrique,	Déc	2	1 Déclaration + 14 bases
nous sommes le système le plus courant,	+justification 1		
de plus il est facile à installer et à utiliser,	Justification ou donnée 2		
et il est très efficace de qui chauffe rapidement la pièce	Justification ou donnée 3		
et de façon homogène	+donnée ou justification 4		
et en plus il est silencieux.	Donnée ou justification 5		

Pour le prix d'installation c'est 1500 Euros,	Donnée 6
tant que comparé aux autres c'était fin, il y en avait qui coûtait plus cher, d'autres moins cher,	Donnée 6
mais c'était assez raisonnable.	Justification 6
Et en ce qui concerne l'environnement, donc le chauffage électrique	Justification 7
n'émet pas directement des gaz à effet de serre	Donnée 7
donc c'est bon pour l'environnement,	
parce que le taux de l'émission de CO_2 est très faible	Donnée 7
et la le chauffage électrique est composé de panneaux rayonnants	Donnée 8
qui procurent une sensation de confort et la chaleur produite par rayonnement fait [inaudible]	Justification 8
donc le réchauffement homogène de la pièce. Et euh voilà.	Justification

Tableau 9: nombre de base(s) mobilisées par niveau d'argumentation lors de la présentation du groupe 5, du lycée LF, du choix d'un système de chauffage

5.5.6. Cadres analytiques relatifs au contenu de l'argument

L'un des buts de notre recherche est l'étude des connaissances mobilisées (soient scientifiques et techniques) lors de l'argumentation des élèves du Lycée LF sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat.
Pour cela, nous avons opté pour plusieurs cadres analytiques pour l'étude de ces connaissances, il s'agit des cadres relatifs au contenu de l'argument. Ces cadres analytiques (qu'on détaillera dans les paragraphes suivants) utilisés d'une façon synergique avec l'analyse de la structure de l'argument, sont les suivants :

a) Le cadre analytique de Von Aufschnaiter et al. (2008) relatif à l'étude du développement conceptuel des connaissances (l'étude des contenus, des niveaux d'abstraction et des domaines d'abstraction) *(un cadre de domaine général inspiré du cadre d'un domaine spécifique).*
b) Un cadre d'analyse visant l'étude des thèmes des contenus mobilisés inspirés des travaux de Wu et Tsaï (2007 : 1171) sur les modes de raisonnement ou les perspectives utilisées par les apprenants pour générer leurs arguments *(domaine général).*
c) De plus nous utilisons un autre cadre analytique relatif au contenu de l'argument, que nous développons pour cette recherche, visant les sources (ou origines) des contenus mobilisés notamment si les contenus proviennent du curriculum, des documents mobilisés ou d'autres sources *(domaine général).*
d) Finalement, un cadre analytique relatif à la validité des contenus mobilisés inspiré du cadre de Zohar et Nemet (2002) des modes d'utilisation des connaissances (un cadre spécifique aux connaissances scientifiques en biologie), que nous modifions afin de tenir compte en plus des domaines spécifiques scientifiques en biologie, d'autres domaines scientifiques et techniques mais aussi économiques, environnementaux, pratiques, esthétiques et autres *(un domaine spécifique, que nous utilisons pour différents contenus scientifiques, techniques et autres).*

5.5.6.1. Cadre analytique relatif au développement conceptuel des connaissances mobilisées (Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne et Simon, 2008)

Dans notre étude, nous nous intéressons à l'étude des connaissances mobilisées, le contenu de l'argument. Nous nous basons, en particulier, sur le cadre de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) pour étudier le développement conceptuel des connaissances des élèves dans le cadre de débats sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat et cela en analysant les contenus, les domaines et les niveaux d'abstraction des contenus des arguments mobilisés par les élèves. Nous ne tenons pas compte du domaine temps du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008).

Exemple d'analyse suivant le cadre de Von Aufschnaiter et al. (2008), tiré du débat final de toute la classe des élèves du Lycée LF sur le choix d'un système de chauffage parmi cinq chauffages.

Transcription	Contenus	Niveaux d'abstraction	Domaines d'abstraction
87E8 : Donc déjà le rendement n'est pas terrible,	Rendement du chauffage au bois, faible à comparer au fioul	Aspect	I
c'est que 85 à 90%, à comparer avec la chaudière au fioul,	valeur du rendement du système au fioul	aspect	I
et ensuite, sur 10 ans ça coûte 21mille 271 euros,	coût sur 10 ans d'installation et de la consommation du chauffage au bois [sans réduction]	aspect	I
tandis que la chaudière au fioul ne coûte que 14mille 200 euros.	coût sur dix ans d'installation et de la consommation du chauffage au fioul [sans réduction]	aspect	I
C'est, quand-même beaucoup plus	coût du chauffage au bois plus élevé que le fioul	opération	I
89 E 9 : Donc [en réponse à 85 GR2] Pierre dit que le CO_2 a été emprisonné avant Pierre dit que le CO_2 qui est libéré par le chauffage au bois il avait été emprisonné d'abord dans les arbres,	émission du CO_2 par le chauffage au bois	Aspect ou propriété	I
	emprisonnement du CO_2 par le bois durant sa croissance	propriété (événement ou programme)	II
c'est la même chose avec les [inaudible] sources fossiles,	similitude entre deux contextes	aspect ou propriété	I
fin le pétrole dégage aussi [inaudible, du CO_2]	émission de CO_2 par le pétrole	prop = (ou event ou programme)	II
c'est la même chose	similitude entre deux phénomènes du cycle du carbone dans le cas du fioul et du bois	connexion de deux principe ou programme	III

Tableau 10: exemple d'analyse du développement conceptuel suivant Von Aufschnaiter et al. (2008) à travers l'étude des contenus, des niveaux et des domaines d'abstraction, correspondant à l'argument mobilisé par un élève (E8) lors du débat final de toute la classe du lycée LF

Limites du cadre analytique de Von Aufschnaiter et al. (2008)

Lors de notre analyse des données, en utilisant le cadre analytique de Von Aufschnaiter et al. (2008) et comme indiqué dans l'exemple ci-dessus, il s'est avéré difficile, à différents moments, de préciser la classification du niveau d'abstraction d'un contenu donné par exemple, propriété, opération ou autres.

Pour cela et pour essayer de réduire cette difficulté nous avons tenu compte des domaines d'abstraction au lieu des niveaux d'abstraction lors de notre analyse des résultats. Nous avons, notamment, tenu compte du domaine d'abstraction le plus élevé atteint par argument pour indiquer

le développement conceptuel de l'argument mobilisé.

Si cette méthode réduit une partie des difficultés rencontrées, elle ne les réduit pas toutes, surtout lorsqu'il s'agit de préciser le niveau d'abstraction d'un contenu qui peut être classé en deux niveaux d'abstraction appartenant chacun à deux domaines d'abstraction différents.

Remarque : Dans le cas où l'on n'arrive pas à trancher entre deux domaines d'abstraction, nous classons le contenu en question dans le domaine d'abstraction le plus bas.

5.5.6.2. Cadre analytique relatif aux thèmes des connaissances mobilisées

La question de recherche étant de trouver le lien éventuel entre l'argumentation et la mobilisation des connaissances (soient scientifiques et techniques), nous repérons les thèmes des connaissances mobilisées par les élèves lors de leurs choix d'un système de chauffage dans le cadre de débat sur le climat. Notamment, si les élèves mobilisent des thèmes techniques et scientifiques, économiques, environnementaux, pratique/confort, esthétique, santé, du risque ou autres thèmes (juridiques, point de vue personnel, mode de prise de décision, vision à propos des sciences, …).

Pour cela, nous avons développé un cadre analytique en s'inspirant des travaux de Wu et Tsaï (2007) sur les modes de raisonnement et sur les perspectives utilisées par les apprenants pour générer leurs arguments que nous complétons par une méthode ad-hoc développée pour cette étude.

Or, la question de recherche de Wu et Tsai (2007), sur la prise de décision, le raisonnement informel et l'argumentation des élèves Taïwanais, 15 – 17 ans, lors d'une QSS relative au choix d'une centrale électrique nucléaire, diffère de notre question de recherche (annoncée après) sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat. Les catégories du cadre élaboré par Wu et Tsaï (2007) ne nous permettent pas d'étudier l'ensemble des réponses fournies par les élèves de notre recherche.

Pour cela, nous avons opté à réajuster ce cadre pour répondre à nos besoins en ajoutant et en modifiant certaines des catégories (que nous détaillerons par la suite) dans le but d'analyser les thèmes des connaissances mobilisées par les élèves lors de notre recherche.

Pour élaborer nos catégories nous avons procédé ainsi :

Première étape : un premier chercheur analyse les réponses des élèves d'une classe pilote (les élèves du lycée HS de 15-17 ans, dont les résultats ne seront pas intégrés à cette recherche) répondant à une question, parmi douze questions au total d'un questionnaire écrit et individuel. Cette question est : « *Vous venez d'emménager dans une nouvelle habitation qui ne possède pas de chauffage. Vous décidez d'en installer un. Quel type de chauffage choisissez-vous ? Donner 5 raisons de ce choix. Expliquer vos raisons en utilisant vos connaissances scientifiques.*".

Les autres questions du questionnaire incluent ces questions :

Qu'est ce que le climat, la météo et la différence entre climat et météo ?

Quels sont les éléments intervenant dans le climat et quels sont les débats actuels sur la question du climat ?

Qu'est ce que l'effet de serre ?

Citer des sources d'énergie renouvelables et non renouvelables.

Citer des systèmes qui permettent de convertir de l'énergie.

Explication du principe de fonctionnement d'une centrale électrique.

Qu'est-ce que la combustion et donner un exemple ?

Qu'est-ce qu'un transfert énergétique ?

Qu'est ce que le rendement et la puissance d'un système ?

Le premier chercheur collecte les réponses (les raisons de leur choix d'un système de chauffage) des élèves et procède à une classification ad-hoc, qui consiste à regrouper les réponses des élèves au pré-test et au post-test en catégories qu'on va appeler thèmes. En s'inspirant des catégories du cadre de Wu et Tsaï (2007) nous avons conservé les catégories économiques et écologiques (qu'on va appeler environnemental).

Par contre, la catégorie sociale indiquée par Wu et Tsaï (2007) sera modifiée et classée en catégorie Autre (par exemple, point de vue personnel).

En outre, la réponse des élèves classée par Wu et Tsaï (2007) en catégorie scientifiques/techniques sera aussi modifiée et nous la classons comme commune à deux catégories distinctes, la catégorie Autre (Vision par rapport aux sciences et technologies (incertaine)) et la catégorie Risque. Nous gardons pour notre cadre analytique les catégories Scientifiques/techniques qui vont inclure respectivement les concepts et les lois scientifiques d'un côté et les éléments et les procédés techniques d'un autre côté (voir exemple le tableau ci-dessous).

Exemple d'une première tentative de classification d'une partie des réponses des élèves (HS1, HS5, HS12 et HS14) du lycée HS à la question 12 du questionnaire de recherche :

Nous avons en premier temps pris des bouts de phrase des réponses des élèves du lycée HS en leur attribuant un thème (une catégorie) ou plusieurs thèmes en le plaçant dans une colonne correspondante (voir tableau ci dessous).

Système de chauffage choisi et/ou source d'énergie		**Des thèmes de santé**	**Des thèmes du confort, l'efficacité, esthétique pratique**	**Des thèmes économiques**	**Des thèmes scientifiques ou techniques**	**Des thèmes environnem -entaux**
chauffage l'énergie solaire ou solaire (élève(s) : HS 1, 5, 12) un chauffage qui fonctionne aux rayons de soleil (élève(s) :H	**Les réponses des élèves**	*protéger la santé humaine* HS1	*donne le même effet de chaleur que les autres alors s'est mieux* HS14	*économisé de l'argent. HS 5 il économise beaucoup d'électricité et en même temps de l'argent HS* 14	*ne prend pas du prise de la maison* [pas besoin de se brancher au secteur]. HS1 *profité de l'énergie solaire* HS 5 *c'est un*	*protéger la nature du pollution* HS1 *d'après ce choix on peut diminué la pollution*, HS 5 *système renouvelabl*

S 14)					*transfert d'énergie rayonnante en énergie thermique.* HS 12 *il économise beaucoup d'électricité* HS 14 *on n'est pas obligé d'utiliser le diesel,* HS 14 *donne le même effet de chaleur que les autres* HS14	*e* HS12 *et ne pollue pas l'air* HS 12 *et pour protéger l'environnement* HS 12 *moins de pollution et de déchets* HS14, *plus écologique* HS 14

Tableau 11: catégorisation « intermédiaire » des thèmes mobilisés par les élèves du lycée HS (résultats non inclus dans l'étude)

Étape deux : Une fois les catégorisations réalisées, un second codeur, un chercheur en éducation des sciences et techniques ayant une longue expérience dans la recherche en éducation des sciences et partiellement engagé dans la recherche, reprend les réponses des élèves au pré-test et les catégories (les thèmes) proposés et essaie de regrouper les réponses dans les catégories indiquées. Des divergences sont remarquées entre le chercheur principal et le codeur relatives aux classifications adoptées et/ou catégories(thèmes).

Ces divergences de classification sont discutées par le chercheur principal et le codeur jusqu'à aboutir à un accord entre le chercheur principal et le codeur aboutissant à se mettre d'accord autour des catégories (les thèmes) et de leurs classifications, notamment :

a) prendre en premier temps comme unité d'analyse des thèmes mobilisés, le contenu de l'argument, relatif au cadre analytique de Von Aufschnaiter et al. (2008) (C.f. Chapitre 1, § 1.5.6.3. cadres analytique relatif au développement conceptuel des connaissances mobilisées).

Or, grâce à un codage parallèle des données recueillies nous pouvons conclure que certains contenus peuvent regrouper des éléments distincts pouvant appartenir à des thèmes différents et/ou certains contenus équivalents peuvent être regroupés sous le même thème. Alors nous décidons en un second temps, d'un côté, de diviser les contenus incluant des éléments correspondant à des thèmes différents et de les analyser séparément et en leur attribuant le terme de sous-contenu et d'un autre côté, de regrouper les contenus similaires en leur attribuant un terme de contenus-équivalents (voir remarque ci-dessous).

Remarque :

- Certains éléments du discours des élèves peuvent faire appel à deux thèmes en même temps. Par exemple : « *il économise beaucoup d'électricité... HS* 14 » le contenu correspondant est l'économie d'énergie électrique. Ce contenu peut être classé en thème économique relatif à l'économie des dépenses à faire pour se chauffer ou en thème technique dans le cadre de réduction de la consommation énergétique donc un meilleur rendement énergétique. Dans ce cas-là nous indiquons les deux thèmes correspondant au contenu mentionné et les thèmes sont comptés deux fois.
- Quelques contenus mobilisés peuvent inclure des sous-contenus distincts correspondant à des thèmes différents. Nous donnons comme exemple un extrait tiré du débat final de toute la classe : « 44E1 : *Ils [le groupe 1] disent que c'est* [système bois-solaire] *le deuxièmement moins cher au kWh ...* ». Le contenu correspondant est : coût du KWH [le deuxièmement moins cher]. Les sous-contenus correspondants sont le coût et le KWH. Nous séparons dans ce cas-là dans notre analyse des thèmes mobilisés en indiquant le(s) thème(s) correspondant à chaque sous-contenu. Le thème correspondant au coût est économique ; le thème correspondant à l'unité de mesure de l'énergie KWH est scientifique.

b) Ajouter des nouveaux thèmes, pour classer les connaissances rencontrées lors des analyses qui ne peuvent pas être classées par le cadre de Wu et Tsai (2007).

c) Modifier, après discussion, des classifications relatives à certaines réponses des élèves proposées par le premier chercheur ou le second chercheur.

Ensuite, le premier chercheur reprend les catégories affinées et discutées, pour analyser de nouveau le post-test dans le but de tester les nouvelles catégories (thèmes). En cas de besoin de nouvelles catégories le premier chercheur modifie les catégories et en ajoute des nouvelles. Ensuite, le codeur reprend le travail du premier chercheur et analyse les données. Les divergences entre les deux sont mises à plat et discutées de nouveau pour se mettre d'accord sur les choix des catégorisations et les classifications.

Les thèmes retrouvés suite à l'analyse des réponses des élèves sur la question 12 du pré-test et du post-test du lycée HS sont : économiques (E), environnementaux (En), du confort (C)/pratiques (P), esthétiques (Es), techniques (T) / scientifiques (Sc) et santé (S).

Étape trois

A l'aide de la grille de thèmes établie, le premier chercheur procède à l'analyse des discussions de l'un des groupes d'élèves, le groupe 5 du lycée LF, lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés en fonction de la grille élaborée ultérieurement et ajoute de nouveaux thèmes repérés dans les données analysées et non indiquées dans la grille élaborée ultérieurement pour les réponses écrites des élèves (de la classe HS pilote) sur le questionnaire.

Le codeur reprend la grille élaborée précédemment et classifie une partie (20%) des arguments des élèves et ajoute éventuellement de nouveaux thèmes en cas de besoin. Les deux discutent des divergences entre les deux classifications et des nouveaux thèmes élaborés et se mettent d'accord sur une analyse.

Le premier chercheur reprend la catégorisation et refait l'analyse du reste des contenus des arguments mobilisés par l'un des groupes d'élèves, le groupe 5 du lycée LF, lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés et cela à l'aide des catégories élaborées.

Le codeur reprend indépendamment l'analyse d'une partie (20%) des données. Les deux chercheurs se retrouvent pour discuter d'éventuelles différences. Lorsque l'accord entre les deux chercheurs sur la classification et les thèmes proposés atteint 80 %, le premier chercheur procède à l'analyse des thèmes de l'ensemble des groupes.

Remarque : certains contenus relatifs aux choix d'un chauffage donné sans davantage de précision ne sont classés sous aucun thème (voir exemple ci-dessous).
Dans différents cas et à plusieurs étapes de l'élaboration de la grille d'analyse, lorsque le chercheur principal et le codeur n'arrivent pas à trancher sur une classification, ils font appel à un autre chercheur expérimenté en éducation des sciences pour examiner les catégories et les classifications élaborées et les aider à trancher sur les divergences.

Exemples d'analyse des thèmes mobilisés, tirés des débats des groupes d'élèves, des expositions des élèves du choix d'un système de chauffage et du débat final de toute la classe du lycée LF :

Transcriptions et tours de parole	(sous)contenus mobilisés	Thèmes
Exemple 1 : tiré des discussions des élèves du lycée LF en groupe 5 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq		
25L5 : « Mais il coûte cher [le kwh du chauffage électrique]. Ariane, regarde [désignant le doc] il coûte cher celui la.	Coût du Chauffage [justifier en indiquant la feuille]	Économique
Il y a le chauffage au bois que c'est neutre question environnement »	qualité environnementale du chauffage au bois	Environnemental
Exemple 2 : tiré du débat de toute la classe des élèves du lycée LF		
« 44E1 : *Ils [le groupe 1] disent que c'est le deuxièmement moins cher au kWh ...* »	coût du KWH bois-solaire,	Économique Scientifique (KWH)
60E3 [GR1] : Si les durées de vie pour les engins sont les mêmes si on les utilise à moitié ou totalement, puisque là ils sont utilisés qu'à moitié,	Utilisation des deux systèmes réduction du temps d'utilisation de chaque système et prolongation de leurs durée de vie réciproques	Technique
ça vaut pas le coup d'en acheter deux.	Coût d'investissement primaire de deux systèmes valorisé	Economique
74Suite Gr1 : Dans le sens que ça peut être renouvelée tant que les forêts sont bien gérées.	Bois source renouvelable, fonction de la gestion des forêts	Environnemental et Scientifique Economique et environnemental
78 GR1 : -L'inconvénient du fioul c'est que justement ce n'est pas accessible à tenir,	Installation peu pratique d'un chauffage au fioul	Pratique
il faut avoir la maison [inaudible] et tout, donc plutôt [utiliser] solaire.	installation du système au fioul spécifique à certaines habitations, une maison choix du système solaire	P et T
Exemple 3 : tiré des présentations des choix des groupes des élèves du lycée LF		
42GR6 : Donc, nous aussi on a choisi le chauffage électrique, comme le Groupe 5,	Choix du chauffage électrique	
parce qu'il est facile à installer et à	facilité d'installation	Pratique et Technique

utiliser, il ne fait pas de bruit, il est un chauffage qui est homogène dans toute la pièce...	et d'utilisation système silencieux chauffage homogène	 Confort Confort et Technique
40GR5 : Donc nous on a pris le chauffage électrique, nous sommes le système le plus courant,...	Choix du système électrique système courant	[pas de classification] A (Répandu) et Pratique
36GR3 : ...Donc, le 2nd contre-argument c'est que dans un immeuble, si on habite dans un appartement, comme le toit est à la copropriété ça peut créer des conflits, d'installer des panneaux solaires,	difficulté juridique de copropriété problème d'installation du système solaire sur les toits dans le cas des immeubles	A (point de vue juridique) Technique
36GR3 : ...Le 3ème contre-argument qu'on a pu trouver aussi c'est que beaucoup des personnes pensent que des panneaux solaires sur un toit a fait moche. Donc ça fait pas très très beau.	panneaux solaires non esthétiques	Esthétique
Je pense qu'on fin, on peut ne pas s'arrêter a ce genre de « piétailles » et qu'on [inaudible] en être fier...	Ne pas s'attarder à ces commentaires	Autre (point de vue personnel)
29GR2 : ...Et donc, on a prit le chauffage au bois paraît la meilleure solution pour se chauffer...	choisir la meilleur solution pour se chauffer , le bois	Autre (mode de prise de décision)

*Tableau 12: exemple d'analyse des thèmes mobilisés par les élèves du Lycée LF, lors des débats en groupes (*25L5), présentations des groupes (36GR3, 29GR2, 40GR5, 42GR6) et des débats de toute la classe (60E3, 74 Gr1, 78GR1)

5.5.6.3. Cadre analytique de la source des contenus mobilisés

En complément à notre étude des connaissances mobilisées lors de l'argumentation des élèves, mais aussi lors des réponses des élèves au questionnaire lors des pré-tests et des post-tests, nous nous sommes intéressés aux origines ou aux sources de ces connaissances mobilisées et leurs évolutions. En particulier, nous visons à préciser si les connaissances mobilisées par les élèves proviennent des documents distribués durant les séquences, du curriculum prescrit ou d'autres sources différentes à ces deux (notamment, les médias, des informations personnelles, …).
Pour cela :

a) Nous prenons comme unité d'analyse des sources, les contenus et les sous-contenus mobilisés par les élèves et repérés précédemment à l'aide du cadre analytique des thèmes mobilisés, lors des discussions des élèves en groupes, lors des présentations des choix d'un système de chauffage et lors du débat final de toute la classe.

b) Nous comparons dans un premier temps les contenus et les sous-contenus des connaissances, mobilisés par les élèves, aux contenus des documents distribués aux élèves lors des séances : les

articles relatifs aux trois groupes de scientifiques prenant position sur la question du climat, les documents relatifs à cinq différents systèmes de chauffage pour un habitat et les documents relatifs aux réponses attendues pour le questionnaire et distribués aux élèves suite à la séquence enseignement de connaissances scientifiques.

c) Nous comparons en dans un second temps, les contenus et les sous-contenus mobilisés par les élèves aux contenus du curriculum prescrit. Pour cela, nous analysons les contenus du curriculum prescrit, en particulier les connaissances, les capacités et les attitudes visées par les programmes officiels du Ministère de l'Education Nationale, pour les classes de première S, la seconde générale, la troisième, la quatrième, la cinquième et la sixième), en visant éventuellement les contenus relatifs à la question du climat, la météo, les controverses sur le(s) changements) climatique(s), l'effet de serre, la combustion, l'énergie, l'énergie et les ressources renouvelables, la conversion d'énergie, la puissance, le rendement, le transfert d'énergie et le cycle de carbone. Ensuite, nous comparons les contenus et les sous-contenus des réponses des élèves aux contenus du curriculum prescrit.

Nous visons donc à repérer si les contenus et les sous-contenus mobilisés par les élèves font partie aussi des contenus des documents (D) distribués aux élèves, du Curriculum (Cu) prescrit ou commun au Curriculum et aux documents (Cu et D). Lorsqu'on ne trouve pas de traces de ces contenus dans les documents distribués ou dans le curriculum prescrit on considère que ces contenus sont issus d'autres (A) sources.

Par exemple : tiré des présentations des groupes 1 2 et 3 du choix de système de chauffage parmi cinq proposés.

Transcription	**Contenus**	**Thème des contenus et des sous-contenus**	**Tours de parole**	**Sources des thèmes**
« *… c'est premièrement le bois est la seule source utilisée qui soit renouvelable...* »	ressource ou énergie renouvelable	Scientifique et environnemental	3GR1	Documents et Curriculum
« *...bois parce que c'est la seule ressource vraiment renouvelable [inaudible] ce qu'on a à disposition entre le gaz, le fioul...* »	ressource ou énergie renouvelable	Scientifique et environnemental	6GR1	Documents et Curriculum
« *... donc le bois est considéré comme une ressource tout-a-fait renouvelable...* »	ressource ou énergie renouvelable	Scientifique et environnemental	29GR2	Documents et Curriculum
« *... Donc d'abord, la production de l'énergie est complètement renouvelable* »	ressource ou énergie renouvelable	Scientifique et environnemental	33GR3	Documents et Curriculum

Tableau 13: analyse des sources des thèmes mobilisés, exemples tirés des présentations des choix des élèves du lycée LF

A titre d'exemple, le contenu « **ressource ou énergie renouvelable** », mobilisé par les élèves du groupe 1 lors de leur présentation correspond aux contenus du curriculum et des

documents distribués.
En effet, le contenu correspond au contenu du document chauffage (« *...la ressource est donc préservée* ***et le bois considéré comme une énergie renouvelable****...* ».
Le contenu correspond aussi au contenu du curriculum prescrit, notamment :
- du programme de la classe de troisième en Sciences de la vie et de la Terre : « … *Les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) extraites du sous sol, stockées en quantité finie et non renouvelable à l'échelle humaine, sont comparées aux énergies renouvelables notamment solaires, éolienne, hydraulique ...* »
- du programme de la seconde, en Sciences de la vie et de la Terre (« *...Utiliser l'énergie des vents, des courants marins, des barrages hydroélectriques, revient à utiliser indirectement de l'énergie solaire.* ***Ces ressources énergétiques sont rapidement renouvelables*** *..."*) et du programme de la géographie *(« ... Aux sources d'énergie primaires, et aux hydrocarbures (pétrole, gaz), s'ajoutent les ressources électriques, liées soit à la production nucléaire, soit à l'****exploitation de ressources renouvelables****... »).*

5.5.5.4. Cadre d'analyse de la validité des connaissances mobilisées (Zohar et Nemet, 2002)

Un des buts de notre recherche est l'étude des connaissances (scientifiques et techniques) mobilisées par les élèves, le contenu de l'argument, lors du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur des CSS sur le climat. Nous visons en particulier dans ce paragraphe la validité des contenus mobilisés.

En s'inspirant des travaux de Zohar et Nemet (2002 : 49), notamment leur cadre analytique « spécifique » relatif à la validité des connaissances scientifiques en sciences de la vie, nous avons élaboré un cadre analytique pour étudier comment différentes connaissances sont mobilisées lors de l'argumentation des élèves, dans des domaines scientifiques et techniques mais aussi dans d'autres domaines économiques, environnementaux, juridiques ou autres…
Ainsi, nous amenons différentes modifications au cadre de Zohar et Nemet (2002 : 49), notamment une extension de ce cadre spécifique à l'étude des connaissances scientifiques en biologie, à un cadre plus « général » s'étendant à différents domaines notamment à des domaines hors des sciences et des techniques. Notre cadre analytique comprendra les quatre catégories suivantes : la réponse des élèves contient une fausse mobilisation de connaissances relatives à un domaine donné scientifique ou autres (mobilisation de fausses conceptions, une mobilisation incorrecte des contenus des documents ou/et du curriculum prescrit), la réponse des élèves contient une mobilisation de connaissances non spécifique à un domaine donné, la réponse des élèves est relative à un domaine donné sans davantage de détails et la réponse des élèves contient une mobilisation de connaissances correctes avec une explication partielle ou complète spécifique à un domaine donné.

Nous analysons la validité des connaissances des élèves en les comparant par rapport aux contenus des documents distribués et par rapport au curriculum prescrit. Nous analysons la validité des contenus mobilisés par argument.

Remarque : Dans certains cas, notamment, lors de la présentation des groupes de leur choix d'un

système de chauffage, un argument peut intégrer des bases complexes provenant de domaines différents et ayant différentes validités.

Exemples d'analyse de la validité des thèmes mobilisés suivant notre cadre analytique :

1- La réponse des élèves contient une mobilisation de faux contenus relatifs à un domaine donné scientifiques ou autres (mobilisation de fausses conceptions, mobilisation incorrecte des contenus des documents ou/et du curriculum prescrit).
Exemple tiré de la présentation des choix des groupes du lycée LF : mobilisation de fausses connaissances économiques chiffrées, relatives au coût du chauffage électrique sur dix ans et du coût du chauffage au fioul sur dix ans, lors de l'argumentation. *«* 38GR4 : *...Puis on a calculé, comme on hésitait avec le chauffage électrique, on a calculé pour le coût et on a vu que sur 10 ans ça coûtait 30 mille Euros tout compris [inaudible, la pose] pour le chauffage électrique alors que son coût vaut de 5 mille euros, tout compris pour le fioul. 5 mille Euros.* ». Le coût d'installation et d'utilisation du chauffage électrique sur dix ans, en se basant sur les tarifs indiqués dans les documents distribués, est de 19500 euros, tandis que le coût d'installation et d'utilisation sur dix ans du chauffage au fioul avec réduction est de 12450, loin des 5000 euros mentionnés par les élèves et qui correspondent au prix de la chaudière sans réduction qui est égal à 5500 euros.

2- La réponse des élèves contient une mobilisation de connaissances non spécifiques à un domaine donné. Exemple tiré du débat de toute la classe du lycée LF : « *123 E11 -Et l'électrique ! »*

3- La réponse des élèves est relative à un domaine donné sans davantage de détails. Par exemple le chauffage au fioul non-adéquat du point de vue pratique/confort pour les appartements (124 GR4 : « *...ensuite, pour les appartements c'est vrai que c'est pas le mieux le fioul...* »

4- La réponse des élèves contient une mobilisation de connaissances correctes avec une explication partielle spécifique à un domaine donné. Exemple tiré de la présentation du groupe 5 du lycée LF et qui est relatif à des connaissances pratiques et répandues : *« 40GR5 : Donc nous on a pris le chauffage électrique, nous sommes le système le plus courant, de plus il est facile à installer et à utiliser... »*

La réponse des élèves contient une mobilisation de connaissances correctes avec une explication complète spécifique à un domaine donné. Exemple tiré des présentations des choix des groupes du lycée LF, mobilisation de connaissances techniques correctes chiffrées et relatives au rendement du chauffage au fioul, lors de l'argumentation. « 38GR4 : *Donc nous, nous avons choisi le fioul, la chaudière à condensation chauffage au fioul, puisque tout d'abord on a un fort rendement supérieur à 90% ... ».*

5.5. Cadres d'analyse des données écrites

Dans cette partie nous exposons les cadres analytiques utilisés pour l'analyse des données écrites, leurs cadres d'utilisation et des exemples tirés des données recueillies.

Or, vu que notre question de recherche est relative à la qualité d'argumentation des élèves lors du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat, nous limitons notre analyse des données écrites aux réponses des élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire de recherche (c.f. Méthodologie de recherche), relative au choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat, lors du pré-test et du post-test.

Nous visons à étudier la qualité de l'argumentation, en particulier la structure de l'argument et les contenus de l'argument (scientifiques et techniques). Pour la structure de l'argument nous optons pour le carde d'Osborne et al. (2004) (modifié) et pour l'analyse du contenu de l'argument les cadres de Von Aufschnaiter et al. (2008) (relatifs aux contenus et domaines d'abstraction), un cadre pour l'analyse des thèmes mobilisés, un cadre pour l'analyse de la validité des contenus et un cadre relatif aux sources des thèmes mobilisés.

5.6.1. Systèmes choisis

Nous analysons les différents systèmes choisis par les élèves lors de leurs réponses écrites. Nous nous intéressons notamment, à la source d'énergie choisie et si les élèves changent leurs choix de système suite à la séquence ou gardent le même choix et s'ils tiennent compte de la question climatique dans leurs choix.

5.6.2. Cadre(s) d'analyse de la structure de l'argument

Nous optons pour l'analyse de la qualité de l'argumentation pour les cadres respectifs de Toulmin (1958) et d'Osborne et al. (2004) relatifs à la structure de l'argument utilisés précédemment pour l'analyse des données orales recueillies.

Or, vu que les élèves mobilisent peu d'argumentations de qualité, notamment des réfutations (Sadler et Fowler, 2006 : 988), et vu que le cadre d'Osborne et al. (2004) vise davantage l'analyse de l'argumentation en groupes (Sadler et Fowler, 2006 : 993) et est donc moins adapté à l'étude de la qualité de l'argumentation écrite et individuelle, nous mesurons d'un côté, comme Osborne et al. (2004 : 1007) pour l'analyse, en plus des niveaux d'argumentation, le nombre de bases mobilisées par arguments. Et d'un autre côté, nous tenons compte dans notre analyse des qualifications repérées à travers le cadre de Toulmin (1958) la base du cadre d'Osborne.

En outre, l'intégration des qualifications dans notre analyse des données écrites, s'inspire du cadre de Dawson et Venville (2009 : 1430) qui indique aussi la limite du cadre d'Osborne et al. (2004) pour l'analyse de l'argumentation des élèves interviewés sur des QSS, notamment, la mobilisation de réfutations et qui intègre la mobilisation de la réfutation dans son cadre. Par contre, à la différence de Dawson et Venville (2009) nous n'accordons pas une importance particulière à

distinguer la mobilisation de justification et de la mobilisation de soutien. Ceci résulte de la difficulté suivant Osborne et al. (2004) de distinguer entre les données, justification et soutiens que nous considérons, dans le cadre de notre recherche, comme bases. Ainsi en adaptant le cadre de Dawson et Venville (2009), nous utilisons la mobilisation de bases (au moins cinq bases) associés à la mobilisation de qualifications pour établir si un argument est un argument élaboré et donc de qualité.

Nous considérons que la mobilisation de qualifications, qui indiquent les conditions de la validité des déclarations établies, ouvre l'opportunité aux élèves pour repérer éventuellement les limites de leurs déclarations et celles des autres et pourrait encourager ultérieurement la mobilisation d'une réfutation.

L'analyse du nombre de bases relative à deux arguments ayant un même niveau d'argumentation, et que nous considérons comme un autre paramètre susceptible de divulguer une différence dans la qualité de l'argumentation, relative à la structure de l'argument (c.f. Cadres d'analyses des données orales).

Exemple d'analyses de qualifications tiré de la réponse de l'élève LF32 à la question 12, lors au post-test :
« *Mixte solaire et bois* [déclaration, choix du système] *: le solaire est auto-suffisant* [justification 1 = base 1] *et une énergie renouvelable* [justification 2 = base 2] *si elle n'est pas suffisante* [**qualification 1** de la justification 2 = base 3] *on la couple avec une centrale de chauffage à bois* [donnée 4 ou justification 4= base 4]*, énergie renouvelable et peu polluante* [justification 5 = base 5] *si le bois est de bonne qualité* [**qualification 2** de la justification 5 = base 6]. » .

5.6.3. Cadre(s) d'analyse du contenu de l'argument

Nous nous intéressons à l'analyse du contenu de l'argument, notamment la mobilisation de connaissances (scientifiques et techniques), nous optons pour cela pour les cadres analytiques suivants :

a) Le cadre de Von Aufschnaiter et al. (2008) pour l'étude du développement conceptuel des connaissances des élèves, à travers l'étude des contenus, niveaux d'abstraction et des domaines d'abstraction des arguments mobilisés (c.f. Analyse des données orales).

b) En plus des cadres cités pour l'étude du contenu de l'argument, nous analysons les thèmes respectifs des (sous)contenus des arguments mobilisés (c.f. Analyse des données orales).

c) En outre nous analysons les sources des thèmes mobilisés, s'ils sont issus des documents distribués durant la séquence, du curriculum prescrit et/ou d'autres sources (c.f. Analyse des données orales).
Nous nous intéressons aussi à la validité et à la fiabilité des connaissances mobilisées (c.f. Analyse des données orales), notamment, comment les élèves mobilisent leurs connaissances dans différents domaines lors de leurs argumentations, en particulier, si les élèves mobilisent : des connaissances erronées (non valides) relatives à un domaine donné scientifique ou autre (mobilisation de fausses

conceptions, une mobilisation incorrecte des contenus des documents ou/et du curriculum prescrit), des connaissances non spécifiques à un domaine donné, des connaissances valides sans davantage d'explication, des connaissances valides avec une explication partielle spécifique à un domaine donné ou des connaissances valides avec une explication complète spécifique à un domaine donné.

5.6. Le type de discours encouragé, l'établissement de normes de participation

Comme indiqué dans notre cadre théorique de référence (voir chapitre 3, § 2.3. Notre cadre de référence), la séquence sera organisée d'une façon à donner l'opportunité aux élèves de s'engager avec d'autres élèves et/ou avec l'enseignant-chercheur d'une façon critique mais constructive afin que les déclarations et les suggestions sont présentées pour être adressées conjointement. Ces déclarations et suggestions peuvent être ainsi défiées et contre-défiées, d'une façon à ce que ces défis soient justifiés et à ce que des positions alternatives soient proposées. Une décision ou choix est atteint à travers un accord des différentes parties.

Les élèves sont en particulier encouragés à présenter leurs arguments en les justifiant, notamment oralement lors de discussions en groupes en leur offrant l'opportunité d'exprimer leurs opinions et en les invitant un à un à prendre la parole à tour de rôle dans le cadre du groupe de discussions. En outre, les élèves doivent se mettre d'accord ensemble sur la position ou choix à prendre en engageant l'ensemble du groupe dans la décision ou choix pris, surtout que le résultat sera présenté à l'ensemble de la classe par la suite. Les présentations leur offrent aussi l'opportunité une deuxième fois, à faire en sorte que les décisions, choix ou résumés réalisés en groupes, soient défiés et contre-défiés par le reste de la classe et/ou par l'enseignant-chercheur qui veille à ce que les défis et les déclarations soient justifiés et que des positions alternatives soient proposées.

Le choix des groupes de discussion est fait sur deux bases :

Une première base commune à tous les groupes de discussions, de façon à ce qu'aucune tension n'existe entre les membres du groupe (un choix réalisé avec l'aide de l'enseignante de la classe), cependant, nous ne laissons pas le choix des membres du groupe de se faire juste sur la base de l'amitié entre élèves qui risque d'exclure un ou plusieurs membres des groupes indirectement des conversations. Aucune attention particulière n'est prise en compte dans les choix des groupes au niveau du genre (fille ou garçon) des élèves.

Une deuxième base est spécifique à l'activité qui sera réalisée au sein du groupe. Pour choisir les élèves qui étudieront et résumeront la position d'un groupe de scientifiques sur la question climatique, nous prenons en compte la difficulté des concepts à examiner dans l'article même. Ainsi les élèves ayant les notes scolaires les plus élevées en sciences physiques et chimiques étudient l'article scientifique le plus difficile et vice-versa.

Pour choisir les élèves qui travaillerons en groupe pour décider sur un système de chauffage parmi plusieurs autres présentés, nous optons pour des élèves de plusieurs niveaux scolaires en sciences physiques. Nous offrons ainsi la chance aux groupes d'avoir des références scientifiques différentes vis-à-vis de la question climatique, mais aussi nous rendons possible l'accés aux connaissances scientifiques de base comparables au sein du même groupe. Elles pourront éventuellement aider les élèves à avoir un minimum de connaissances conceptuelles scientifiques sur la QSS en question pour pouvoir s'engager dans l'argumentation.

Chapitre 6 : Analyses des Données et Résultats

Ce chapitre comprend trois parties visant l'analyse de l'argumentation (e.g. Le produit de l'argument) et de la mobilisation de connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques) lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s). En particulier, nous visons dans ce chapitre l'analyse de la structure et le contenu de l'argument (écrit et oral) et l'interrelation éventuelle entre les deux.

La première partie de ce chapitre intègre l'analyse des données écrites recueillies lors du pré-test et le post-test.

La deuxième partie de ce chapitre intègre l'analyse des données orales recueillies lors des discussions des groupes.

Une troisième partie de ce chapitre intègre l'analyse des données orales recueillies lors de la présentation des groupes et lors du débat final de toute la classe.

Chapitre 6, Partie I: Analyse de la question 12 du questionnaire de recherche, lors du choix d'un système de chauffage, des élèves du lycée LF

6.1. Premier niveau d'analyse

Nous regroupons dans cette partie les résultats, en premier lieu séparément, des analyses des données (voir Annexe) réalisées à l'aide de cadres d'analyse à priori (voir méthodologie de recherche, cadres d'analyse des données) des choix des systèmes de chauffage réalisés par les élèves et la qualité de l'argumentation (la structure et les contenus de l'argument) lors des réponses écrites des élèves sur la question 12 visant le choix d'un système de chauffage pour un habitat, du questionnaire de recherche administré avant la séquence (pré-test) et suite à la séquence (post-test).

Nous analysons trente et une réponses des élèves, des trente deux élèves de la classe, présents lors de la séquence.

6.1.1. Systèmes choisis

En corrélation avec notre question de recherche, nous visons dans ce paragraphe identifier les systèmes de chauffage choisis par les élèves comme une entrée à l'analyse de la qualité (soient la structure et le contenu) des arguments individuels écrits mobilisés en réponses à notre questionnaire de recherche et cela avant et suite à la séquence. Nous visons ainsi identifier comment évolue le choix de systèmes de chauffage après la séquence par rapport avant la séquence, en identifiant un nombre d'éléments qui semblent marquer l'évolution de ce choix. En revanche, l'analyse de la prise de décision des élèves pour le choix d'un système de chauffage n'est pas directement notre objet de recherche.

Les résultats indiquent qu'après la séquence, presque tous les élèves réussissent à s'engager dans l'argumentation et choisissent un système de chauffage ou une source énergétique (sept élèves ne le faisaient pas avant la séquence).

Si après la séquence, la majorité des élèves changent leurs choix de système de chauffage, un nombre (dix) d'élèves garde le même choix de systèmes de chauffage ou de source d'énergie, majoritairement (six élèves) ce sont ceux qui choisissent le système de chauffage électrique.

La majorité des élèves (seize élèves) optent, davantage qu'avant la séquence (quatre élèves), pour des systèmes de chauffage au bois et/ou solaire, souvent (sauf un élève) en citant des raisons écologiques, pour opter à une énergie renouvelable ou en tenant compte de la question des émissions des GES et/ou de CO_2.

Malgré ce virement dans le choix des élèves, c'est toujours le système électrique qui est le plus souvent choisi par les élèves avant et après la séquence. Or, après la séquence, moins d'élèves optent pour des systèmes de chauffage électrique (seize avant la séquence pour treize après la séquence). Cependant, peu d'élèves (trois élèves avant et après la séquence) indiquent la nature de la source d'énergie électrique.

En revanche, nous constatons qu'après la séquence, davantage d'élèves optent explicitement pour des systèmes de chauffage à énergie fossile (quatre après la séquence pour un avant la séquence).

Aussi, nous constatons qu'après la séquence, il y a davantage d'élèves (six après la séquence pour un avant la séquence) qui optent pour un système de chauffage mixte solaire et une autre source d'énergie. Ces élèves semblent être influencés par la séquence pour faire ce choix où l'on indique, notamment dans les documents distribués aux élèves, l'inefficacité énergétique du système solaire seul. Cependant, l'inefficacité énergétique du système solaire seul ne semble pas empêcher des élèves (deux) à opter pour un système de chauffage solaire seul, où un élève conserve ce choix avant et après la séquence.

En outre, une autre conséquence de notre séquence est que plus d'un tiers des élèves (onze) intègrent dans leurs choix de système de chauffage la question des émissions de CO_2 ou de GES, chose que seulement un seul élève le faisait avant la séquence. Cependant, **à aucun moment les élèves évoquent explicitement la question du débat sur le climat dans leur choix d'un système de chauffage.**

6.1.1.1. Systèmes choisis au pré-test

L'analyse des choix des élèves de système de chauffage nous indique qu'une partie des élèves (huit des trente et un élèves : sept élèves ne répondent pas à la question et un élève ne choisit aucun système de chauffage) ne choisissent aucun système de chauffage au pré-test, et donc ne s'engagent pas dans l'argumentation avant la séquence.

En outre, la majorité des élèves (treize élèves) choisissent un chauffage électrique sans préciser en particulier la source des énergies primaires consommées par les centrales électriques sauf pour un seul élève qui indique l'origine de la source primaire nucléaire ou hydraulique. Cependant, deux des treize élèves indiquent que cette énergie électrique peut provenir d'énergie renouvelable, un élève indique que c'est un système écologique de matériaux recyclable et deux autres mentionnent que ce système n'est pas polluant.

D'autres élèves (quatre) optent pour des sources qu'ils associent à des sources énergétiques écologiques et/ou renouvelables : trois élèves choisissent un système solaire dont deux électriques d'origine solaire, un élève choisit le poêle au charbon et bois.

Un seul élève choisit un chauffage au gaz, sans indiquer que c'est une énergie fossile, pour des raisons économiques et la disponibilité de la ressource énergétique (« *...le gaz se trouve partout...* ».

En revanche, des élèves (quatre) ne précisent pas une source d'énergie particulière à leur système de chauffage, ainsi, deux élèves choisissent un chauffage à radiateurs, un élève choisit un système à inertie et un élève choisit un chauffage traditionnel.

Un seul élève évoque le lien entre son choix du système de chauffage et la question des émissions des GES, en indiquant que son choix de système électrique vise le choix d'une énergie solaire qui n'émet pas de GES.

6.1.1.2. Systèmes choisis au post-test

Suite à la séquence presque l'ensemble des élèves s'engage dans une argumentation (un seul élève ne répond pas à la question). Le choix de systèmes de chauffage vise principalement trois sources aux systèmes de chauffage : électrique (treize élèves), au bois seul (sept élèves), bois combiné avec du solaire (six) ou solaire seul (deux élèves). Un nombre d'élève (trois) ne tranche pas

pour un seul système de chauffage mais optent soit pour un système utilisant une source d'origine fossile (deux fioul et un gaz) ou un système électrique.

La majorité des élèves (treize élèves) choisit un chauffage électrique seul ou un chauffage électrique avec un autre système éventuel à des énergies fossiles (trois : deux systèmes à fioul et un au gaz). Cependant, seulement trois des élèves évoquent dans leurs réponses, la source d'énergie primaire de l'électricité d'origine nucléaire ou émettant des déchets nucléaires et trois autres élèves considèrent ce système de chauffage électrique comme renouvelable ou écologique.
Seize élèves choisissent des systèmes de chauffage avec des sources au bois et/ou solaire dont dix élèves considèrent ce choix/sources d'énergie comme renouvelable ou écologique. Sept des élèves choisissent un système au bois, deux élèves choisissent un système solaire, six élèves un système mixte bois-solaire, un élève choisit un système mixte solaire-chaudière (sans préciser la source d'énergie de cette chaudière).
En outre, deux élèves choisissent soit un système au fioul ou un système électrique et un élève choisit un système électrique ou gaz et un élève choisit un système au fioul.
En outre, douze élèves indiquent dans leur choix de système de chauffage un lien avec la question du CO_2 ou des GES.

6.1.1.3. *Comparaison pre-test/post-test*

En comparant les résultats du pré-test par rapport au post test, nous constatons que :

Suite à la séquence, presque tous les élèves (sauf un élève après la séquence pour six élèves avant la séquence) choisissent un système de chauffage et donc s'engagent dans l'argumentation, en précisant notamment, une source d'énergie à leur système de chauffage.

En outre, la majorité des élèves (quinze élèves) changent leurs choix de systèmes (ou de sources d'énergie) après la séquence.
En revanche, un groupe d'élève (dix élèves) conserve le même choix d'un système de chauffage (et/ou la même source d'énergie) avant et après la séquence la majorité de ces élèves (sept élèves) opte pour un système de chauffage électrique sans nécessairement indiquer la source de cette énergie électrique (deux élèves, après la séquence, indiquent la source nucléaire de l'énergie électrique et deux élèves avant la séquence indiquent la source d'énergie hydraulique et nucléaire et solaire).
Cependant, si avant et après la séquence la majorité d'élèves choisit un système de chauffage électrique (treize), après la séquence un plus grand nombre d'élèves (seize élèves au lieu de cinq avant la séquence) choisit un chauffage au bois (quatorze élèves) (dont six chauffages sont mixtes bois-solaire et un mixte solaire avec une chaudière sans préciser la source d'énergie) et un système solaire (deux élèves). L'augmentation du choix d'un système de chauffage solaire mixte avec une autre source d'énergie (sept élèves) après la séquence (un élève avant la séquence) semble être influencé par la séquence dont les documents distribués aux élèves indiquent l'inefficacité énergétique d'un système de chauffage solaire seul.

Les élèves semblent ainsi d'après nous, opter, après la séquence, pour des systèmes de chauffages écologiques (à énergie renouvelable ou non polluant) mais l'indiquent moins ouvertement dans leur réponses après la séquence à comparer avec avant la séquence.
Peu d'élèves choisissent explicitement des systèmes de chauffage ayant des sources d'énergie

fossiles ni avant (un seul élève opte pour le gaz) ni après la séquence (quatre élèves : un élève choisit soit au gaz ou électrique, deux systèmes soit fioul ou électrique et un élève choisit un système au fioul)

En outre, après la séquence un grand nombre d'élèves (douze élèves) font leur choix du système de chauffage en tenant compte de l'effet de serre et/ou des émissions de CO_2, chose que pratiquement peu d'élèves (un seul élève) le faisaient avant la séquence.

6.1.2. Analyse de la structure de l'argument

Nous analysons ici la structure de l'argument, le nombre de bases par argument mais aussi les qualifications mobilisés (cf. méthodologie, les cadres d'analyse), lors des réponses des élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire de recherche.

Les résultats d'analyse de la structure des arguments écrits mobilisés lors de la réponse des élèves à la question 12 du questionnaire du recherche indiquent que :

Les élèves mobilisent davantage d'arguments suite à la séquence. En revanche, il n'y a pas un changement suite à la séquence du point de vue des niveaux d'arguments mobilisés, où tous les élèves mobilisent des arguments de niveau moyen, niveau 2, au pré-test comme au post-test.
Cependant, après la séquence les élèves mobilisent (en moyenne) davantage de bases par argument mobilisé, ainsi que, davantage de qualifications.

6.1.2.1. *Exemples d'analyse*

Avant de présenter les résultats globaux de notre analyse, nous présentons dans le paragraphe ci-dessous des exemples d'analyse de l'argumentation, tiré de notre corpus des réponses des élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire de recherche.

Exemple 1, une argumentation moyenne, niveau 2, sans qualification :
Question 12, Élève LF2 au pré-test : « *Je prendrai un chauffage au gaz [déclaration] pour des raisons économiques. [justification = base 1] Ensuite parce que le gaz se trouve partout [justification= base 2]* » ;
Déclaration + 2 bases = niveau 2 d'argumentation.

Exemple 2, une argumentation moyenne, niveau 2, avec une mobilisation de qualification :
question 12, élève LF32, au post-test : « *Mixte solaire et bois* [déclaration] *: le solaire est auto-suffisant* [justification 1 = base 1] *et une énergie renouvelable* [justification 2 = base 2] *si elle n'est pas suffisante* [**qualification 1** de la justification = base 3] *on la couple avec une centrale de chauffage à bois* [donnée 4 ou justification 4= base 4]*, énergie renouvelable* [justification 5= base 5] *et peu polluante* [justification 6 = base 6] *si le bois est de bonne qualité* [**qualification 2** de la justification 6= base 7]. » ;
Déclaration + 7 bases = argumentation du niveau 2.

Remarque : L'argumentation écrite est toujours de niveau 2.

6.1.2.2. Niveaux d'argumentation

L'analyse des niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée lors des réponses des élèves à la question 12 du questionnaire de recherche sur le choix d'un système de chauffage nous donne (voir tableau ci dessous) :

Analyses du pré-test

	Total par niveau d'argumentation
Pas de réponses	7
Niveau 1	0
Niveau 2	24
Niveau 3	0
Niveau 4	0
Niveau 5	0
Total	31

Tableau 14: Niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF lors des réponses des élèves à la question 12 du pré-test du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage

Analyses du post-test

	Total par niveau d'argumentation
Pas de réponses	1
Niveau 1	0
Niveau 2	33
Niveau 3	0
Niveau 4	0
Niveau 5	0
Total deniveau d'argument	33*

*Tableau 15: Niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF lors des réponses des élèves à la question 12 du post-test du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage; (*remarque: Un élève ne donne pas de réponse et trois élèves mobilisent deux arguments par réponse)*

Comparaison pré-test/post-test

Nous constatons, en comparant les résultats du pré-test par rapport aux post-test (voir tableaux ci dessus), que presque l'ensemble des élèves (sauf un) s'engage dans une argumentation suite à la séquence. Nous constatons aussi que c'est une argumentation du niveau moyen, niveau 2, qui est toujours mobilisée en réponse écrite et individuelle lors du choix d'un système de chauffage. Des arguments faibles, niveau 1, ou de qualité, niveau 3 et 4, ne sont jamais mobilisés.

6.1.2.3. Nombre de bases

Vu que le niveau d'argument est pareil pour l'ensemble des arguments mobilisés par les élèves nous procédons à l'analyse du nombre de base(s) mobilisé(s) par argument (c.f. ch. Méthodologie de recherche, § cadres d'analyse) par les élèves lors des réponses des élèves à la question 12 du questionnaire de recherche sur le choix d'un système de chauffage nous donne (voir tableau ci dessous) :

Analyses du pré-test

Niveau d'argumentation	4	3	2										1	**Total du nombre d'arguments**
Nombre d'arguments	0	0	2	1	2	3	3	2	4	3	3	1	0	24
Nombre de bases par argument	0	0	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Nombre de total de bases	0	0	20	9	16	21	24		4	12	6	1	0	**Total du nombre de bases**
Nombre total de bases par niveau d'argumentation	0	0	106										0	106

Tableau 16: Niveaux d'argumentation et nombre de bases par argument mobilisés par les élèves du lycée LF en réponse au pré-test à la question 12 du questionnaire pour le choix d'un système de chauffage

Nous ne constatons pas de lien(s) direct(s) entre le niveau d'argumentation et le nombre de bases mobilisés par argument lors des discussions en groupes (voir tableau ci dessus).
Les argument(s) ayant un niveau d'argument moyen ont un nombre de base différents allant de dix bases par argument à une base par argument.
En moyenne, les élèves mobilisent au pré-test 4.4 bases par argument.

Analyses du post-test

Niveau d'argumentation	4	3	2												1	**Total du nombre d'arguments**
Nombre d'arguments	0	0	1	1	1	2	3	3	4	7	4	4	3		0	33*
Nombre de bases par argument	0	0	16	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4		0	
Nombre de total de bases	0	0	16	15	13	22	30	27	32	49	24	20	8		0	**Total du nombre de bases**
Nombre total de bases par niveau d'argumentation	0	0	257												0	257

*Tableau 17: Niveaux d'argumentation et nombre de bases par argument mobilisés par les élèves du lycée LF en réponse au post-test à la question 12 du questionnaire pour le choix d'un système de chauffage. (*remarque: Un élève ne répond pas et trois élèves mobilisent deux arguments par réponse)*

Nous ne constatons pas de lien(s) direct(s) entre le niveau d'argumentation et le nombre de bases mobilisés par argument lors des discussions en groupes (voir tableau ci dessus).
Les argument(s) ayant un niveau d'argument moyen ont un nombre de base différents allant de seize bases par argument à une base par argument.
En moyenne, les élèves mobilisent au post-test 7.8 bases par argument.

Comparaison pré-test/post-test

Nous constatons, qu'après la séquence, les élèves mobilisent (en moyenne) davantage (presque le double de celles d'avant la séquence) de bases pour soutenir leurs augments mobilisés.

6.1.2.4. Analyse de la qualification

En plus de l'analyse du nombre de base(s) et du niveau d'argument, dans les paragraphes précédents, nous procédons dans ce paragraphe, à l'analyse de(s) qualification(s) mobilisée(s) par les élèves lors du questionnaire de recherche à la réponse de la question 12.

D'après l'analyse des qualifications des arguments (voir annexe, analyse des résultats et exemple 2 précédent) mobilisées par les élèves du lycée lors des réponses des élèves à la question 12 du questionnaire de recherche sur le choix d'un système de chauffage lors du pré-test et post-test (voir tableaux ci dessous) nous constatons :
Une augmentation après la séquence de la mobilisation (trois fois plus) de qualifications lors

du post-test.
En outre, un seul élève mobilise une qualification avant et après la séquence, deux autres élèves ne mobilisent plus une qualification après la séquence et sept nouveaux élèves le font après la séquence.

Niveau d'argumentation de l'argument	Code de l'élève	Nombre de qualification par argument	Nombre de bases par argument
Qualifications mobilisées au pré-test			
Niveau 1	x	0	0
Niveau 2	LF9;	1	7
	LF29	2	10
	LF32	1	6
Total		4	
Qualifications mobilisés au post-test			
Niveau 1		0	
Niveau 2	LF5;	2	11
	LF32;	2	8
	LF10;	1	3
	LF27;	1	7
	LF15;	1	6
	LF17	1	16
	LF19	1	15
	LF28	1	13
Total		10	

Tableau 18: niveau d'argumentation et qualifications mobilisés par les élèves du lycée LF en réponse à la question 12 du questionnaire de recherche

6.1.2.5. Comparaison des nombres de bases et des qualifications

En comparant le nombre des bases mobilisés et la mobilisation de qualifications lors du pré-test et du post-test, n**ous constatons que :**
Une mobilisation de qualifications se fait avec des arguments ayant un nombre de bases différents. Les qualifications sont mobilisés au pré-test avec des arguments ayant respectivement dix, dix, sept et six bases, tandis qu'au post-test, avec des arguments ayant respectivement un nombre de bases allant de trois à seize bases par argument.

Cependant, n**ous constatons que les arguments ayant le plus grand nombre de bases intègrent toujours des qualifications et donc avec une qualification davantage que les arguments ayant un nombre de bases faibles.** Les deux arguments ayant le plus grand nombre de

bases, respectivement avant et après la séquence,avec la mobilisation d'une qualification.

6.1.3. Analyse du contenu de l'argument

Nous résumons dans cette partie les analyses respectives des contenus des arguments mobilisés, leurs domaines d'abstraction, leurs thèmes correspondants, la(es) source(s) des thèmes et la validité des contenus mobilisés.

6.1.3.1. Les contenus et les domaines d'abstraction

Ayant repéré et analysé précédemment (voir § précédent) la structure de l'argument mobilisés par les élèves du lycée LF, nous résumons dans ce paragraphe, respectivement, les analyses des contenus et des domaines d'abstraction des arguments écrits mobilisés par les élèves lors de leurs réponses sur la question 12 du pré-test et du post-test (voir annexe), réalisées à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. Méthodologie de recherche, cadres analytiques) .

Les contenus

L'analyse des contenus mobilisés lors du prés-test et du post-test, en particulier les contenus scientifiques et techniques nous indiquent que :

D'un côté, suite à la séquence, il y a des contenus scientifiques qui semblent être peu altérés par l'intervention et sont mobilisés par les élèves presque également lors du pré-test et post-test, des contenus comme la notion du rendement du système, la nature renouvelable de l'énergie ou de la source énergétique, la notion de réaction chimique ou de la combustion et l'efficacité énergétique du système solaire fonction du climat/météo et de l'emplacement géographique ; ces contenus scientifiques sont tous présents dans le curriculum et dans les documents distribués.

Cependant, les élèves mobilisent aussi des nouveaux contenus scientifiques dans leurs réponses lors du post-test, provenant des documents distribués aux élèves, comme le calcul du coût de la consommation des systèmes de chauffage pour une durée donnée et la surface de l'habitat et/ou des panneaux solaires, mais aussi, à des contenus présents dans les documents et dans le curriculum comme l'unité d'énergie (en KWH) et les émissions de CO_2 ou de GES.

En revanche, les nouveaux contenus mobilisés semblent se faire au détriment d'autres contenus mobilisés uniquement lors du pré-test qui : d'un côté, des contenus, présents dans les documents distribués mais fixés comme étant communs à tous les systèmes proposés et donc non variables, qui relient spécifiquement l'efficacité ou les pertes énergétiques à l'isolement de l'habitat, l'emplacement des radiateurs, la surface de la maison ou la superficie d'une pièce ; et d'un autre côté, intégrant un premier groupe de contenus, présents dans les documents et/ou le curriculum mais peu mobilisés dans les pré-tests, comme la notion de la résistance électrique, la nature fossile des sources énergétiques, et un deuxième groupe de contenus non présents ni dans les documents ni le curriculum, comme la convection et les matériaux recyclables.

Cependant, **à aucun moment, les élèves n'évoquent explicitement la question du débat sur le climat dans leur choix d'un système de chauffage.**

D'un autre côté, les élèves mobilisent des contenus techniques qui ne semblent pas être altérés par la séquence, ces contenus techniques, mobilisés avant et après la séquence, présents dans les documents, sont principalement relatifs à la facilité d'installation (ou non) du système de chauffage ou des éléments relatifs à ce système, la disponibilité et l'accessibilité de la source énergétique et aussi la nature de la source énergétique.

Cependant, en comparant les résultats du pré-test par rapport au post-test, nous constatons des contenus techniques, présents ou pas dans les documents et/ou le curriculum, disparaître suite à la séquence, en faveur d'autres contenus techniques qui sont mobilisés au post-test (comme, entre autres, la durée de vie du système et les unités d'énergie et de la puissance) et principalement présents dans les documents.

Nous constatons la mobilisation des contenus suivants:

Analyses du pré-test

Des contenus économiques relatifs : au coût du système ; au contrôle des dépenses ; à la possibilité d'utiliser des moyens techniques particuliers pour limiter la consommation et donc les dépenses (utilisation de vanne thermostatique, isolation thermique, emplacement des radiateurs au niveau du sol, dimension des pièces et le coût nécessaire pour chauffer, l'autosuffisance énergétique du solaire ne nécessitant pas l'achat d'une autre source d'énergie et la possibilité de vendre le surplus d'énergie solaire produite) ; au coût des centrales électriques élevés ; du coût cher (ou non) de la ressource énergétique ; et des réductions ou des aides de l'état sur certains systèmes ou sources d'énergie.

Des contenus scientifiques relatifs à : énergie ou source énergétique renouvelable ; la nature recyclable de certains matériaux utilisés dans les systèmes ; combustion du charbon et autres réactions chimiques ; aux émissions de GES et du CO_2 ; la notion de résistance électrique ; aux liens entre la surface de la pièce à chauffer et la consommation énergétique ; l'efficacité énergétique du système solaire fonction du climat/météo de la région et/ou de l'emplacement géographique ; efficacité énergétique dépendant de l'emplacement des radiateurs ; les pertes énergétique fonction de la surface de la maison ; aux notions de conduction thermique, la convection, la conversion, la ressource fossile et le rendement.

Des contenus techniques relatifs à : production massive de l'énergie électrique, isolation thermique ; autosuffisance du système de chauffage solaire ; le ravitaillement des systèmes de chauffage (ou non) ; la nature de la ressource énergétique ; aux principes de fonctionnement et différents éléments de différents systèmes de chauffage (chaudière, solaire, électrique) (fonctionnement du système de chauffage par convection ou conduction ; prise de courant électrique ; la chaudière ; emplacement des radiateurs ; installation de vanne thermostatiques ; surface de contact thermique du système et de l'air ; système à récupération de chaleur) ; à l'efficacité énergétique des systèmes ; les fuites de gaz ; au lien entre l'efficacité énergétique du système, la perte énergétique, l'isolation et/ou le climat dans le cas d'un système solaire (ou non) ; au notion de rendement d'un système ; la facilité d'installation d'un système ; et la conversion de l'énergie électrique.

Des contenus environnementaux relatifs à : l'énergie renouvelable (ou non) ; l'impact

environnemental d'un système et/ou de la ressource énergétique ; les émissions de Gaz à effet de serre et/ou CO_2 ; les matériaux recyclables (ou non) du système. La nature des ressources utilisées fossiles (ou non).

Des contenus pratiques et/ ou du confort relatifs à : la facilité d'installation et d'utilisation du système ; le confort assuré par le système ; la disponibilité de l'énergie ; le besoin de ravitaillement ou automatique (ou non du système) ; les besoins d'entretien (ou non d'un système) le chauffage rapide de la pièce (ou non) ; la nature pratique, adaptée ou convenable du système ; et la possibilité et la facilité de déplacer le système électrique d'une pièce à une autre.

Des contenus esthétiques relatifs à : le côté non esthétiques de l'emplacement de panneaux solaires sur les toits, l'éolienne ; si le système à une allure moderne.

Des contenus sanitaires relatifs à : la possibilité (ou non) d'attraper un rhume en fonction du système utilisé ou non.

Des contenus du risque relatifs à : au risque de la dangerosité du système et du risque sur la santé.

Des contenus divers relatifs à : choisir un système courant ; au mode de prise de décision (en se référant à des articles scientifiques ; au manque d'expérience dans le domaine des chauffages) ; et à des points de vue personnel (relatifs choisir le système qui est socialement appréciable ; déménager dans une région ensoleillée) ; et intérêt nationaux relatif au choix de systèmes produits en France.

Analyses du post-test

Des contenus économiques relatifs au : coût du Kwh d'énergie produite ; au coût du système (cher, rentable, économique ou non) ; coût de la ressource énergétique ; Aide de l'état ou réduction sur le système ; coût d'installation et/ou d'utilisation du système sur une durée donnée ; la gestion des forêts ; et la possibilité de la vente du surplus d'énergie solaire produite.

Des contenus scientifiques relatifs à : l'énergie renouvelable ; les unités d'énergie et de puissance ; la surface de l'habitat et/ou des panneaux solaires ; la consommation énergétique annuelle d'un habitat ; le calcul du coût de consommation des systèmes de chauffages sur une durée donnée ; la combustion (du charbon et du bois). ; émissions de CO2 et/ou de GES par les systèmes ; absorption du CO_2 par les arbres lors de leurs croissance ; les émissions radioactifs ou rejets de déchets nucléaires ; stockage des déchets nucléaires en profondeur ; Le dédoublement des forêt en France pendant une durée donnée ; l'émission de chaleur par rayonnement ; chaleur homogène ; rendement du système ; chauffage par convection ; efficacité énergétique du système solaire fonction du climat/météo et/ou la position géographique ;

Des contenus techniques relatifs à : la disponibilité et accessibilité de la source énergétique ; principe du fonctionnement du système (chauffage par alternance ; ravitaillement automatique (ou non) ; chauffage rapide de la pièce (ou non) ; chaleur homogène ; la nuisance sonore du système ; un chauffage indépendant des pièces ; l'utilisation et/ou installation simple d'un système (électrique) ; la durée de vie du système ; les rejets et les émissions du systèmes (CO2 ; GES ; nucléaires ; déchets radioactifs) ; l'efficacité énergétique du système (fonction du climat ; à l'aide

d'un chauffage d'appoint) ; rendement du système ; pertes énergétiques du système ; principe de fonctionnement et éléments des système (système rayonnant ou énergie rayonnante ; installations de panneaux solaires ; surface (des panneaux solaires ou de la pièce) ; fonctionnement à température basse du système ; besoin d'abris pour le bois et d'une cuve pour le fioul ; ravitaillement du système) et les unités d'énergie et de puissance ; chauffage par convection ; peu de technologie dans le système au bois ; emplacement des radiateurs.

Des contenus environnementaux relatifs à : l'impact environnemental (du système ou de la source énergétique) ; la pollution du système ou de la source énergétique ; les rejets du système (radioactifs, CO_2 et/ou GES) ; l'absorption du CO_2 par les arbres lors de leurs croissances ; abondance des forêts (ou non) dédoublement ou gestion des forêts ; la notion de renouvelable (énergie ou source) ; stockage des déchets nucléaires en profondeurs ;
Des contenus pratique/confort relatifs à : système pratique convenable ou non ; facilité d'installation et/ou d'utilisation d'un système (besoin de ravitaillement ou ravitaillement automatique, davantage d'espace libérés par un chauffage encastré au sol ; besoin (ou non) d'abris pour le bois et une cuve pour le fioul ; chauffage indépendant des pièces) ; accessibilité et disponibilité de la source énergétique ; chauffage homogène, rapide, à température basse, meilleur, silencieux, efficace et/ou indépendant ;

Des contenus esthétiques relatifs à : charme du chauffage du bois ; côté moderne du chauffage solaire ; côté esthétique des installations invisibles (canalisations encastrées dans le sol) ;

Des contenus de santé relatifs à : la toxicité des gaz émis.

Des contenus du risque relatif au risque de panne faible dans le cas du système au bois.

Des contenus divers relatifs à : mode de prise de décision à travers un choix réaliste d'un chauffage électrique ou à chaudière ; point de vue personnel (choisir un chauffage traditionnel ; l'aspect agréable du chauffage au feu).

Comparaison pré-test/post-test

En comparant les contenus, notamment techniques et scientifiques, mobilisés par les élèves en réponse à la question 12 du questionnaire de recherche nous constatons que :

Les contenus scientifiques qui sont toujours mobilisés par les élèves au pré-test et au post-test à des fréquences différentes, notamment :
la notion d'énergie ou de source renouvelable, presque également mobilisée avant et après la séquence et cette notion présente dans le curriculum prescrit des apprenants mais aussi dans les documents distribués aux apprenants ; les émissions de CO_2 ou de GES (des systèmes, des sources ou lors de leurs production) une notion qui fait partie du curriculum prescrit des élèves mais aussi dans les documents distribués aux élèves durant la séquence et mobilisée par un seul élève avant la séquence à comparer avec les douze élèves qui la mobilise au post-test ; l'efficacité énergétique du système solaire fonction du climat/météo et de l'emplacement géographique présente dans le curriculum prescrit des apprenants mais aussi dans les curriculum distribués est presque également utilisée par les apprenants avant et après séquence; la notion de (chauffage par) convection présente

dans le curriculum mais pas dans les documents de la séquence, est moins utilisée par les apprenants après la séquence ; la notion de combustion (du charbon ou du bois) et ou de réaction chimique présente dans le curriculum et dans les documents et activités de la séquence est presque également mobilisée par les élèves au pré-test et au post-test ; la notion du rendement du système présente dans le curriculum et dans les documents de la séquence largement utilisée dans le post-test par rapport au pré-test.

En revanche, on constate un changement des contenus scientifiques mobilisés par les élèves notamment avec une disparition, après la séquence, de certains contenus scientifiques notamment : la notion de matériaux recyclables utilisée par un seul élève, présente dans le curriculum mais pas dans les documents distribués aux apprenants ; la notion de résistance électrique utilisée par un seul élève, présente dans le curriculum et dans les documents distribués aux apprenants ; les notions de convection et de la surface de contact thermique du système et de l'air mobilisés par un élève respectivement et non présentes ni dans le curriculum ni dans les documents ; la conversion présente dans le curriculum et présente dans les documents ; et la nature fossile de certaines ressources énergétiques présente dans le curriculum et dans les documents.

Cependant, nous constatons la mobilisation par les élèves de nouveaux contenus scientifiques après la séquence notamment : les unités d'énergie (KWH) présents dans le curriculum et les documents ; le coût du KWH présent dans les documents, la surface de l'habitat et/ou des panneaux solaires présente dans les documents ; la consommation énergétique annuelle d'un habitat non présente dans le curriculum mais présente dans les documents ; le calcul du coût de consommation des systèmes de chauffages sur une durée donnée non présente dans le curriculum mais se basant sur des éléments des documents.

Les contenus techniques

Nous constatons des contenus techniques mobilisés avant et après la séquence par les élèves notamment : la rapidité du chauffage du système presque également mobilisé (deux fois) avant et après la séquence présents dans les documents ; l'installation difficile ou non d'un système ou des éléments d'un système de chauffage presque également mobilisés (6 fois) avant et après la séquence présents dans les documents) ; la perte de chaleur presque également mobilisée avant et après (deux fois) la séquence avec un virage vers une spécificité générale au lieu de perte relative à certaines caractéristiques de l'appartement ou du système ; non présente ni dans les documents ni dans le curriculum, ravitaillement ou non du système presque peu mobilisées avant et après la séquence présents dans les documents, la disponibilité et l'accessibilité de la source énergétique presque également mobilisées (5fois) avant et après la séquence et présentes dans les documents ; la nature de la source énergétique (solaire, électrique, au gaz, au fioul, nucléaire, hydraulique, …) mobilisés presque également avant et après la séquence et présentes dans les documents mais aussi dans le curriculum ; la prise de courant ou branchement du système de chauffage électrique mobilisé deux fois avant la séquence et présente dans les documents.

En outre, pour les contenus techniques relatifs au principe du fonctionnement du système et/ou des éléments techniques d'un système de chauffage, nous constatons certains des contenus mobilisés avant la séquence (soient vanne thermostatique, système de récupération de chaleur, fuites des gaz...) non présents dans les documents ou le curriculum, disparaître en faveur d'autres éléments mobilisés après la séquence (présents dans les documents mais rarement dans le curriculum) ; ces contenus mobilisés après la séquence sont : la chaleur homogène (4 élèves) ;

système sans bruit (4 élèves) ; chauffage de toute la pièce /maison (4 élèves) la durée de vie du système (douze élèves) ; les rejets et les émissions du systèmes (nucléaires ou production des déchets radioactifs) (quatre élèves) ; stockage des déchets nucléaires) (un élève) ; principe de fonctionnement et éléments des système (système rayonnant ou énergie rayonnante (deux élèves), surface (des panneaux solaires ou de la pièce) (un élève), fonctionnement à température basse du système (un élève), besoin d 'abris pour le bois et d'une cuve pour le fioul (deux élèves); et les unités d'énergie et de puissance (six élèves).

D'une façon moins fréquente, d'autres contenus techniques sont mobilisés par les élèves lors du pré-test et non mobilisés lors du post-test et sont présents dans les documents : isolation thermique (un élève); les fuites de gaz (deux élèves) ; intensité réglable.

En particulier, les élèves évoquent rarement la question des émissions de gaz à effet de serre et/ou des émissions de CO_2 au pré-test (une fois) lors du choix d'un système de chauffage. Nous constatons qu'après la séquence davantage d'élèves (onze élèves) évoquent ces émissions. Par contre, à aucun moment les élèves évoquent explicitement la question du débat sur le climat dans leur choix d'un système de chauffage.

Les domaines d'abstraction

Nous visons par ce paragraphe, l'analyse des domaines d'abstraction des contenus mobilisés, lors des réponses des élèves du lycée LF à la question 12 du questionnaire de recherche.

Les domaines d'abstraction des contenus des arguments mobilisés sont analysés à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. méthodologie). Nous constatons les résultats suivants (voir tableaux ci-dessous):

remarque : *pour l'analyse des domaines d'abstraction, nous tenons compte dans l'analyse les résultats du domaine d'abstraction le plus élevé atteint par argument mobilisé.*

Au pré-test comme au post-test, le domaine d'abstraction moyen est toujours majoritaire parmi les domaines mobilisés et même augmente au post-test. En revanche, nous constatons, lors du post-test, une légère augmentation du nombre des domaines d'abstraction faibles par rapport au pré-test, et une diminution des domaines d'abstraction élevés au post-test sans aucune mobilisation de domaines d'abstraction très élevés, domaine IV.

Exemples d'analyse des domaines d'abstraction :

Transcriptions	**Contenus**	**Niveaux d'abstraction**	**Domaines d'abstraction**
Exemple 1: Domaine d'abstraction I, élève LF14 au pré-test			
LF 14 : *Je choisis un chauffage électrique* *car il chauffe rapidement,* *de plus je peux le mettre uniquement dans la pièce que je veux chauffer.* *Il est rapide à installer* *car il suffit de le brancher et d'allumer l'électricité.*	Choix du système électrique chauffage rapide mobilité facile du système installation facile par branchement au secteur	Objet ou opération Aspect aspect ou opération aspect aspect ou opération	I
Exemple 2 : Domaine d'abstraction II, élève LF29 au post-test			
LF29 : *Je cherchais le chauffage à bois :* *il est écologique* *et respecte l'environnement,* *il dégage peu de CO2,* *le prix du kwh d'énergie n'est pas très élevé (5.6 cents),* *l'état établit de bonnes subventions pour l'achat d'une chaudière à bois,* *c'est une énergie renouvelable.*	Choix du chauffage au bois système écologique impact environnemental émission de CO2 coût au KWH montant du coût du Kwh aide de l'état énergie renouvelable	Objet aspect ou propriété générale aspect ou propriété propriété générale aspect ou propriété aspect aspect propriété générale	II
Exemple 3 : Domaine d'abstraction III (tiré de la réponse de l'élève LF7 sur la question 12 lors du pré-test)			
LF7 : Tout dépend de la taille de la pièce. *Plus la pièce est grande plus le chauffage doit être puissant çàd plus l'énergie dépensée par effet de joule est*	Choix fonction de la dimension de la pièce à chauffer Lien entre la dimension de la pièce et la consommation énergétique par effet joule	Opération ou propriété générale pour le choix d'un système Davantage la pièce est grande [en général] davantage la consommation énergétique [en général]	III

importante. *Ce chauffage doit chauffer la pièce par convection,* *çàd par mouvement d'air* *pour que la température soit égale dans toute la pièce.*	Chauffage par convection Déplacement de la masse d'air jusqu'à l'obtention d'une température homogène dans la pièce	est grande = Un Principe Événement la convection Propriété générale mouvement de l'air Propriété générale obtention d'une température homogène	

Tableau 19: Exemples d'analyse des domaines et des niveaux d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF lors de leurs réponses à la question 12, pour le choix d'un système de chauffage, du questionnaire de recherche

Résultats d'analyse du pré-test

	Domaines d'abstraction				**Total**
	Domaine I	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Total par domaine	2	20	2	0	24
Pas de réponse					7

Tableau 20: Domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du questionnaire de recherche en réponse à la question 12 du pré-test

Les résultats de notre recherche (voir tableau ci-dessus) indiquent que les domaines d'abstraction par argument faibles comme élevés sont minoritaires parmi les domaines d'abstraction mobilisés par les élèves lors du pré-test. Les domaines d'abstraction moyens, domaine II, sont bien majoritaires.

Résultats des analyses du post-test

	Domaines d'abstraction				**Total**
	Domaine I	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Total par domaine	4	29	1	0	33
Pas de réponse					1

*Tableau 21: Domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du questionnaire de recherche en réponse à la question 12 du post-test. (*remarque: Un élève ne donne pas de réponse et trois élèves mobilisent deux arguments par réponse)*

Les résultats de notre recherche (voir tableau ci-dessus) indiquent que le domaine d'abstraction faible comme élevés sont minoritaires parmi les domaines d'abstraction mobilisés par les élèves lors

du post-test. Les domaines d'abstraction moyens, domaine II, sont bien majoritaires.

Comparaison pré-test/post-test

Au pré-test comme au post-test, les domaines d'abstraction moyens sont majoritaires parmi les domaines mobilisés, avec une augmentation remarquable de leurs nombres au post-test. Cependant, nous constatons, lors du post-test, une légère augmentation du nombre des domaines d'abstraction faibles et des domaines d'abstraction élevés.

6.1.3.2. Les thèmes mobilisés

Nous analysons dans ce paragraphe, dans le cadre de l'étude du contenu de l'argument, les thèmes mobilisés par les élèves.

Nous avons classé ces thèmes à partir d'une grille *a priori* développée pour l'analyse des données de notre recherche (cf. méthodologie de recherche, cadres d'analyse). Nous avons analysé (voir tableaux en annexe et ci-dessous) les contenus et les sous-contenus mobilisés par les élèves, en indiquant leurs thèmes correspondants (économiques, techniques, scientifiques, environnementaux, confort, pratique, esthétiques, du risque et divers) et leurs fréquences d'occurrence.

Remarque : Pour compter les (sous)contenus commun à plusieurs thèmes et ne pas favoriser un thème sur un autre, nous avons procédé de la façon suivante : si un (sous)contenus est commun à deux thèmes il sera compté ½ et s'il est commun à trois thèmes il sera compté 1/3.

Exemples d'analyse des thèmes mobilisés

Transcriptions	**(sous)contenus**	**Thèmes**
LF4 (au pré-test) : *Je choisis un chauffage électrique parce qu'il est composé de résistance dont le rendement est 1,*	Choix du chauffage électrique résistance électrique valeur du rendement du chauffage électrique	 Technique et Scientifique Technique et Scientifique
parce que l'électricité est renouvelable,	énergie électrique renouvelable	Scientifique et Environnement
facile à installer	installation facile	Pratique/Confort et Technique
(une prise de courant).	prise de courant	Technique
	Nombre des sous-contenus = 5	Nombre de thèmes mobilisés par argument est 5 : - 2 thèmes = 2* (1/2 thème technique + ½ thème scientifique) - 1 thème = ½ thème scientifique + ½ thème environnemental - 1 thème = ½ thème pratique/confort + ½ thème technique - 1 thème = un thème technique.
LF11 (pré-test) : Je choisis le chauffage électrique parce qu'il sera : *plus écologique*	Choix du chauffage électrique système écologique	 Environnement
(l'énergie électrique peut provenir d'énergie renouvelable),	énergie renouvelable possible	Environnement et Scientifique
moins coûteux	coût du système	économique
(le gaz et le pétroles étant des énergies fossiles, coûtent de plus en plus chères),	gaz et pétrole énergies d'origine fossile coût cher des énergies fossiles	Scientifique et Environnement économique
moins dangereux *(le gaz et le pétrole sont sujets à des réactions multiples),*	dangerosité du système, réactions multiple du pétrole et à gaz	Risque Scientifique
plus simple à installer *(l'énergie électrique nécessaire au chauffage est disponible via les prises électriques habituelles).*	installation simple prises de courant électrique	Pratique/Confort et Technique Technique
	Nombre de sous-contenus = 8	
LF21 : Lorsque j'emménage		

dans ma nouvelle habitation dépourvue de chauffage j'y installerai un chauffage sous le sol.	Choix d'un chauffage sous sol	Technique
Les avantages de ce chauffage sont multiples : *on ne risque pas d'attraper des rhumes en se levant le matin,*	pas de risque de coût de froid	Santé
on ne voit pas d'affreux chauffages accrochés aux murs ;	chauffage esthétique	Esthétique
il chauffe toute la pièce *en effet l'air dilaté par la chaleur, présent au sol, verra sa densité diminuée et ainsi montera, réchauffant le haut de la pièce par convection. ;*	chauffage de toute la pièce chauffage par convection dilatation de l'air froid au niveau du sol provoquant une augmentation de sa densité et ainsi son déplacement vers le haut	Technique et pratique/confort Scientifique et technique Scientifique et technique
Si et ce sera le cas, c'est un chauffage électrique,	choix d'un chauffage électrique	
il ne nécessite pas de chaudière,	système dépourvu de chaudière	
d'entretien compliqué et	installation de chaudière, chauffage d'appoint	Technique
polluant ;	entretien compliquée d'une chaudière émission de pollution par une chaudière	Pratique/Confort et Technique Environnement
ça fait moderne.	modernité du système électrique	Esthétique

Tableau 22: Tableau 6: exemples d'analyse des thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors de leur réponses au pré-tets sur la question 12 de recherche

Analyses du pré-test

*A titre d'exemple, pour le calcul des totaux de (sous)contenus par thèmes économiques mobilisés: 5 + 3 * 1/2 + 4 * 1/3 = 7,83 (sous)-contenus économiques mobilisés. Lorsqu'un sous-contenu se répète deux fois (par exemple le coût du système, voir exemple précédent, LF11) dans un même argument, il est compté une seule fois comme thème économique, tandis qu'il est compté 2 en tant que nombre d'occurrence.*

Thèmes mobilisés, Question 12 (pré-test)	E			Sc			T			En			P/C			Es			R		S		Di			Total des thèmes		
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Répartitions des (sous)contenus par thème	5	3	4	2	8	5	17	13	6	2	3	1	2	5	2	3			2	1	1	1	5			39	34	18
thèmes communs		3 E et T ;	3 E, T et Sc ; 1 E T et P/C)		3 Sc et En ; 5 T et Sc	3 Sc T et E ; 1 Sc T et P/C ; 1 Sc T et En		5 T et P/C ; 5 T et Sc ; T et E ;	3 T, E et Sc ; 1 T Sc et P/C ; 1 T Sc et En; 1 E T et P/C		3 En et Sc ;	1 Sc T et En		5 T et P/C ;	1 P/C E et T ; 1 P/C T et Sc					1 R et S		1 R et S ;					
Total des (sous)-contenus par thème	7,83			7,67			25,5			3,83			5,17			3			2,5		1,5		5			62		
Total d'occurence par thème	27			30			61			21			31			3			5		2		7			182		

Illustration 12: thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (pré-test) du questionnaire pour choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés; E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) sont('est) commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) sont('est) en commun(s) à trois thèmes.

En comptant le nombre de (sous)contenus mobilisé par thème nous constatons qu'au pré-test de la question 12 (voir tableau ci dessus) :

une mobilisation de thèmes variés, notamment, une mobilisation de thèmes techniques, scientifiques, économiques, environnementaux, confort/pratique, esthétiques, sanitaire, du risque et divers thèmes.

Les thèmes techniques sont les thèmes majoritaires. Ils sont suivis respectivement de thèmes scientifiques presque égaux aux thèmes économiques. Les thèmes sanitaires sont minoritaires.

Les thèmes mobilisés présentent un grand nombre de (sous)contenus en communs avec d'autres thèmes, notamment remarqué avec les thèmes scientifiques et techniques. Si ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires en nombre de thèmes communs à d'autres thèmes, ce sont les thèmes scientifiques qui, proportionnellement à leur nombre total, ont le plus grand nombre de thèmes communs à d'autres thèmes.

Quand aux thèmes esthétiques et divers, ils relèvent tous de (sous)contenus distincts d'autres thèmes.

En outre, nous constatons qu'en nombre d'occurrence des thèmes, ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires suivis respectivement par les thèmes pratique/confort presque égaux aux thèmes scientifiques et économiques.

Analyses du post-test

Question 12 (post-test)	E			Sc			T			En			P/C			Es			R			S			Di			Total des thèmes lors du post-test		
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																											
Répartitions des (sous)contenus par thème	6	4		1	9	5	11	20	5	3	4	3	5	12	4	4					1		1		2			32	50	18
thèmes communs		2 E et T ; 1 E et En ; 1 E et Sc			3 Sc et En ; 4 Sc et T ; 2 Sc et E	3 SC, T et En ; 2 Sc T et P/C		12 T et P/C ; 5 T et Sc ; 2 T et E ; 1 S et T	2 T Sc et P/C ; 3 T, Sc et En ;		1 E et En ; 1 Sc et E ; 2 Sc et En ;	3 En, Sc et T		3 T et P/C ; 9 T et P/C ;	1 T Sc P/C; 1 T, R et P/C ; 1 T, P et Sc ; 1 T, E et P ; /C					1 T R P/ C;			1 S et T;								
Total des (sous)-contenus par thème lors du post-test	8			7,17			22,67			6			12,33			4			0,33			0,5			2			63		
Total d'occurence par thème	76			65			133			47			68			5			1			1			3			398		

Illustration 13: thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (post-test) du questionnaire pour choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés; E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) sont('est) commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) sont('est) en commun(s) à trois thèmes.

Nous constatons qu'au post-test de la question 12 (voir tableau ci dessus) une mobilisation de thèmes variés, notamment, une mobilisation de thèmes techniques, scientifiques, économiques, environnementaux, confort/pratique, esthétiques, sanitaire, du risque et divers thèmes.

Les thèmes techniques sont les thèmes majoritaires. Ils sont suivis respectivement de thèmes pratique/confort et scientifiques (presque égaux aux thèmes économiques). Les thèmes du risque et de santé sont minoritaires.

Les thèmes mobilisés présentent un grand nombre de (sous)contenus en communs avec d'autres thèmes, notamment remarqué avec les thèmes scientifiques et techniques. Si ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires en nombre de thèmes communs à d'autres thèmes, ce sont les thèmes scientifiques qui, proportionnellement à leur nombre total, ont le plus grand nombre de thèmes communs à d'autres thèmes.

Quand aux thèmes esthétiques et divers, ils relèvent tous de (sous)contenus distincts d'autres thèmes.

En outre, nous constatons qu'en nombre d'occurrence des thèmes, ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires suivis respectivement par les thèmes économiques et les thèmes pratique/confort (presque égaux aux thèmes scientifiques).

Comparaison pré-test/post-test

En comparant nos résultats d'analyses des thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF au pré-test par rapport au post-test, nous constatons que :

Au total, presque le même nombre de thèmes est mobilisé avant et après la séquence. En revanche, le nombre total d'occurrence a doublé après la séquence.

Plus spécifiquement, ce sont des thèmes techniques qui sont majoritaires, avant et après la séquence, parmi les thèmes mobilisés mais, avec une légère diminution de ces thèmes après la séquence. Cependant, si les thèmes scientifiques (presque égaux aux thèmes économiques) sont les thèmes deuxièmement mobilisés au pré-test, après la séquence, ce sont en revanche les thèmes pratiques qui sont les thèmes deuxièmement mobilisés; cependant, les élèves mobilisent presque le même nombre de thèmes économiques et scientifiques avant et après la séquence.

Nous constatons aussi une augmentation du nombre de thèmes environnementaux.

En outre, nous constatons une augmentation du nombre d'occurrence de thèmes après la séquence, en particulier, avec un nombre d'occurrence des thèmes techniques qui est majoritaire et qui augmentent après la séquence et qui sont toujours majoritaires avant et après la séquence.

Cependant ce sont les thèmes santé et risque qui sont toujours minoritaires avant et après la séquence.

6.1.3.3. Sources des (sous)contenus

Nous analysons dans ce paragraphe les sources des (sous)contenus mobilisés à l'aide d'un cadre d'analyse développé à priori (voir ch. Méthodologie de recherche, cadres d'analyse). Nous cherchons à repérer si les (sous)contenus, mobilisés par les élèves et structurés dans le tableau d'analyse des thèmes (voir annexe), concordent avec des contenus issus du curriculum prescrit (Cu), des documents distribués (D) et/ou d'autres sources (A). Nous cherchons à retrouver quelle(s) source(s) les élèves font appel(s) pour argumenter leur choix d'un système de chauffage pour un habitat, lors de leurs réponses à la question 12 du pré-test et du post-test.

D'après l'analyse des données nous retrouvons les résultats suivants (voir tableau ci-dessous) :

Sources des thèmes Question 12 (pré-test)		E			Sc			T			En			P/C			S			Es			R			Di			Total des sources des thèmes par catégorie			Total des sources thèmes
		Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																											
(Sous)-contenus issus des Documents distribués (D)	nombre des (sous)-contenus																											0	0	0	0
	(Sous)-contenus communs à plusieurs thèmes																											0	0	0	0
(Sous)-contenus issus du curriculum (Cu)	nombre des (sous)-contenus			4	2	7	5	1	4	6	1	3	1			2												4	14	18	17
	(Sous)-contenus communs à plusieurs thèmes			3 E, T et Sc ; 1 E T et P/C ;		3 Sc et En ; 4 T et Sc ;	3 Sc T et E ; 1 Sc T et P/C ; 1 Sc T et En ;		4 T et Sc ;	3 T, E et Sc ; 1 T Sc et P/C ; 1 T Sc et En ; 1 E T et P/C		3 En et Sc ;	1 Sc T et En ;			1 P/C T et Sc; 1 P/C E et T ;											0	###	###	###
(Sous)-contenus issus du curriculum et des documents (Cu et D)	nombre des (sous)-contenus																											0	0	0	0
	(Sous)-contenus communs à plusieurs thèmes																											0	0	0	0
(Sous)-contenus issus d'autres sources (A)	nombre des (sous)-contenus	5	3			1		16	9		1			2	5		1	1		3			2	1		5			35	20	0	45
	(Sous)-contenus communs à plusieurs thèmes		3 E et T ;			1 T et Sc ;			5 T et P/C ; 1 T et Sc ; 3 T et E ;						5 T et P/C ;			1 R S						1 R S					0	###	0	###
Total	Total des (sous)-contenus par thème	5	3	4	2	8	5	17	13	6	2	3	1	2	5	2	1	1		3			2	1		5			39	34	18	62
	Total des thèmes	7,83			7,67			25,5			3,83			5,17			1,5			3			2,5			5			62			

*Illustration 14: sources des thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (pré-test) du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage; E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers. Les sous(contenus) distints sont comptés 1, ceux communs à deux thèmes sont comptés 1/2 et les (sous)contenus communs à trois thèmes sont comptés 1/3. A titre d'exemple, pour compter les (sous)-contenus économiques: 5 + 3 * 1/2 + 4 * 1/3 = 7,83.*

Nous constatons que les élèves du lycée LF, lors du pré-test en réponse à la question 12, ne se limitent pas à une seule source d'information mais mobilisent des thèmes issus de différentes sources, majoritairement d'autres sources que le curriculum prescrit. Les élèves mobilisent de même, avant la séquence, un bon nombre de thèmes issus du curriculum et qui représentent presque le quart des thèmes mobilisés.

La majorité des thèmes issus du curriculum sont des thèmes scientifiques suivis de thèmes techniques. Tandis que la majorité des thèmes issus d'autres sources sont des thèmes techniques suivis de thèmes économiques.

En outre, les thèmes scientifiques sont issus majoritairement du curriculum tandis que pour les thèmes techniques ils sont issus majoritairement d'autres sources. La majorité des thèmes économiques sont issus d'autres sources. Pour les thèmes environnementaux, ils sont majoritairement issus du curriculum. Par rapport aux thèmes pratique/confort, du risque, esthétiques et divers ils sont issus totalement d'autres sources.

Analyse du post-test

Question 12 (post-test)	E			Sc			T			En			P/C			S			Es			R			Di			Total des sources des thèmes par catégorie			Total des sources thèmes
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																											
Document (D)	6	2			2	3	8	15	3		2		3	10	2		1		1									18	32	8	36,67
thèmes communs		1 E et T ; 1 E et En ;			1 Sc et En ; 1 Sc et T ;	1 SC, T et En ; 2 Sc T et P/C		10 T et P/C ; 2 T et Sc ; 1T et E ; 1 T eT S	2 T Sc et P/C ; 1 T, Sc et En ;		1 E et En ; 1 Sc et E ;			2 T et P/C ; 8 T et P/C ;	1 T Sc P/C ; 1 T, E et P/C;		1 S et T										0	#VALEUR	#VALEUR	#VALEUR
Curriculum (Cu)					1			1	1																			0	2	1	1,33
thèmes communs					1 Sc et T ;			1 T et Sc ;	1 T, Sc et En ;																			0	#VALEUR	#VALEUR	#VALEUR
Curriculum et Document (Cu et D)		1		1	5	1		2	1	2	2	2			1													3	10	5	9,67
thèmes communs		1 E et Sc ;			2 Sc et En ; 2 Sc et T ; 1Sc et E	1 SC, T et En ;		2 T et Sc ;	1 T, Sc et En ;		2 Sc et En ;	2 En, Sc et T;			1 T, P et Sc ;													0	#VALEUR	#VALEUR	#VALEUR
Autres (A)		1				1	4	2		1		1	3	1	1				3				1	2			13	4	4	16,33
thèmes communs		1 E et T ;				1 SC, T et En ;		1 T et P/C ; 1 T et E ;				1 En, Sc et T		1 T et P/C ;	1 T, R et P/C ;								1T R P/C				0	#VALEUR	#VALEUR	#VALEUR
Total des (sous)-contenus par thème	6	4		1	9	5	11	20	5	3	4	3	5	12	4		1		4				1	2			32	50	18	63
Total des thèmes	8			7,17			22,67			6			12,33			0,5			4			0,33		2			63			

Illustration 15: sources des thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (post-test) du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage

Nous constatons que les élèves du lycée LF, lors du post-test en réponse à la question 12, ne se limitent pas à une seule source d'information mais mobilisent des thèmes issus de sources différents, majoritairement issus des documents distribués suivis des thèmes issus d'autres sources.

Après la séquence, les élèves mobilisent rarement des thèmes issus juste du curriculum mais davantage des thèmes issus du curriculum et des documents. Ces deux sources restent minoritaires parmi les sources mobilisés.

La majorité des thèmes issus des documents sont des thèmes techniques suivis des thèmes pratique/confort. De même la majorité des thèmes issus d'autres sources sont des thèmes techniques suivis de thèmes pratique/confort. En outre, la totalité des thèmes issus du curriculum sont des thèmes scientifiques et techniques. Par contre la majorité des thèmes issus des documents et du curriculum sont presque également des thèmes scientifiques et environnementaux.

Ainsi, les thèmes scientifiques sont issus majoritairement du curriculum et des documents tandis que les thèmes techniques sont issus majoritairement des documents. La majorité des thèmes économiques sont issus des documents. Pour les thèmes environnementaux, ils sont majoritairement issus du curriculum et des documents. Par rapport aux thèmes pratique/confort, ils sont issus majoritairement des documents. Les thèmes du risque et divers sont issus totalement d'autres sources.

Comparaison des analyses pré-test/post-test

Bien que les les élèves mobilisent presque le même nombre de thèmes au total avant et après la séquence, **nous constatons que les élèves du lycée LF mobilisent (proportionnellement), après la séquence, moins de thèmes qui correspondent à ceux du curriculum et moins de thèmes corollaires avec d'autres sources en faveur de thèmes des documents.**
Les élèves, après la séquence, semblent avoir davantage recours aux documents distribués que d'autres sources de thèmes, pour répondre à la question du choix d'un système de chauffage et la justifier.
Cependant, les thèmes issus du curriculum restent minoritaires parmi les sources mobilisées avant et après les séquences. Mais après la séquence, ils le sont davantage.

En outre, nous constatons qu'après la séquence, la totalité des (sous)contenus qui corollaire avec ceux du curriculum sont des thèmes scientifiques et techniques, tandis qu'avant la séquence les thèmes scientifiques et techniques sont justes majoritaires parmi l'ensemble des thèmes issus du curriculum.

En ajoutant les (sous)contenus issus du curriculum à ceux communs au curriculum et aux documents, nous constatons que ce sont les thèmes scientifiques qui sont majoritaires après la séquence, cependant avec une légère diminution des thèmes techniques en faveur des thèmes environnementaux qui deviennent plus fréquents après la séquence que les thèmes techniques.

Or, avant et après la séquence, pour les (sous)contenus issus d'autres sources la majorité sont des thèmes techniques, mais après la séquence, ils sont moins fréquents.

Après la séquence, la majorité des thèmes techniques mobilisés par les élèves sont issus des documents. Ils étaient en majorité d'autres sources avant la séquence.
Tandis qu'après la séquence, les thèmes scientifiques reste en majorité issus des documents et du curriculum. Ils étaient majoritairement issus du curriculum.

6.1.3.4. Validité des contenus

L'analyse de la validité (e.g. mobilisation de fausses conceptions et/ou de contenus non valides par rapport aux documents distribués ou au curriculum) des contenus mobilisés par les élèves en réponse à la question 12 lors du pré-test et post-test, se fait à l'aide d'un cadre à priori (c.f. Méthodologie, cadres d'analyse). Nous cherchons, en particulier si les contenus mobilisés sont non valides par rapport aux documents distribués ou par rapport au curriculum prescrit, des contenus non spécifiques à un domaine, des contenus valides par rapport à un domaine donné mais sans davantage de détails et finalement des contenus valides par rapport à un domaine spécifique avec une explication partielle et/ou complète.

L'analyse de la validité des contenus mobilisés, notamment, les contenus erronés et valides avec des explications convenables (voir tableaux ci-dessous) indique :

Une légère augmentation, après la séquence, de contenus valides avec une explication convenable. Cependant, cette augmentation est accompagnée aussi d'une augmentation des contenus erronés.

Croisement validité et thèmes des contenus

Le croisement des analyses des contenus et des thèmes mobilisés indique qu'une mobilisation de contenus erronés et valides avec une explication convenable ne correspondent pas à un thème en particulier, y compris les thèmes scientifiques et techniques.

Contenus erronés pré-test	
Code élève	Thèmes mobilisés
LF4	Sc et En
LF5	Sc et En
LF10	T
LF26	T et Sc
LF 28	En et Sc
Total	5
Contenus erronés post-test	
LF8	E
LF10	E et Sc
LF12	En T E et S
LF16	Sc T et E
LF19	E et T
LF 25	E et S
LF 28	Sc T et E
LF 30	T et E
LF 7	Sc
Total	9

Tableau 23:les contenus erronés mobilisés lors du pré-test et du post-test

Contenus valides avec explication convenables (pré-test)	
Code élève	Thèmes correspondants
LF6	E
LF14	P et T
LF21	Sc
Total	3
Contenus valides avec explication convenable (post-test)	
LF7	En et Sc
LF 12	E et Sc
LF19	En et Sc
LF24	E
Total	4

Tableau 24: Validité des contenus, les contenus valides avec une explication convenable mobilisés lors du pré-test et du post-test

Exemples d'analyse de la validité des contenus

Transcriptions	Contenus	Thèmes	Validité
Contenus erronés (non valides) lors du pré-test			
LF4 : Je choisis un chauffage électrique parce qu'il est composé de résistance dont le rendement est 1, parce que l'électricité est renouvelable, facile à installer (une prise de courant).	Choix du chauffage électrique résistance électrique valeur du rendement du chauffage électrique énergie électrique renouvelable installation facile prise de courant	 T et Sc T et Sc Sc et En P/C et T T	Contenu non relatif à un domaine donné contenu technique et scientifique valide avec une explication partielle (le rendement des chauffages électriques peuvent s'élever à 1) **Contenu non valide,** l'électricité dépend des centrales électrique qui fonctionnent en France à 90% de sources non renouvelales contenu valide avec une explication partielle
LF5 : Chauffage électrique: peu de coupures dans les grandes villes, plus économique on règle ce qu'on dépense et on peut régler nous-même, énergie renouvelable, facile d'installation.	Choix d'un chauffage électrique disponibilité et accessibilité de la ressource système économique contrôle des dépenses strictes fonction des besoins énergie renouvelable installation facile	 P/C et T E E Sc et En P/C et T	Contenus non relatif à un domaine donné Contenu technique valide sans davantage d'explication Contenu économiques valide avec une explication partielle **Contenu non valide,** l'électricité dépend des centrales électrique qui fonctionnent en France à 90% de sources non renouvelales Contenu technique valide sans davantage d'explication
LF 28 : Un chauffage électrique : moins cher, produit majoritairement en France à partir d'énergie peu polluante (nucléaire, hydraulique), plus sûr,	Choix d'un chauffage électrique coût moins cher intérêt national impact de pollution de la source énergétique source énergétique sûreté du système	 E Di En T T R	Contenu non relatif à un domaine donné contenu économique valide sans davantage d'explication contenu valide sans davantage d'explication Contenu environnemental valide avec une explication partielle **Contenu du risque valide** sans davantage d'nformations **Contenu non valide,** énergie

source renouvelable, plus pratique.	énergie renouvelable système pratique	En et Sc P/C	nucléaire représentant 75% de l'énergie électrique en france n'est pas renouvelable contenu valide sans davantage d'explication
Contenus erronés (non valides) lors du post-test			
LF8 : Je prendrais un à l'électricité car : c'est celui qui a le coût d'installation le moins cher, bien rentable au bout de dix ans, écologique car ne rejette pas de CO2 contrairement au fioul, son prix au Kwh est peu cher, pas besoin de beaucoup d'entretien.	Choix d'un chauffage électrique coût d'installation rentabilité sur dix ans écologique pas de rejets de CO2 rejets du CO2 du fioul coût du KWH cher besoin d'entretien faible	 E E En En et Sc T En et Sc T E; Sc et T (KWH) P/C et T	 contenu économique valide sans davantage d'explication **contenu non valide système plus cher, moins rentable, avec le temps** contenu valide avec une explication partielle **contenu invalide , le KWH le plus cher** contenu valide sans davantage d'explication
LF12 : Chauffage électrique : coût d'installation faible : 1500 euro sur dix ans en tout 19500euro, facile d'utilisation, source d'énergie nucléaire donc pas de déchets principalement, pas d'émission directe de CO2 ou autre GES, pas d'entretien régulier.	Choix du chauffage électrique coût d'installation montant du coût d'installation coût d'utilisation sur dix ans utilisation facile nature de la source d'énergie déchets et émissions produites par le système pas d'émissions directe de CO2 ou de GES entretiens du système, absence	 E E E P/C T En et T Sc En, T et Sc P/C et T	 contenu valide avec explication complète contenu valide sans davantage d'explication **contenu environnemental erroné** avec explication, production de déchets nucléaires, contenu valide sans davantage d'explication
LF16 : Chauffage électrique parce que :	Choix du chauffage électrique		

moins cher,	coût moins cher	E	contenu valide sans davantage d'explication
plus confortable,	système confortable	P/C	contenu valide sans davantage d'explication
meilleure durée de vie,	durée de vie	T et E	**contenu non valide,** système électrique de courte durée de vie le fioul est le système avec la meilleure durée
silencieux,	silencieux	P/C et T	contenu valide sans davantage d'explication
bon rendement au prix du W.	bon rendement PRIX par W	Sc et T E	**contenu erroné coût du kwh électrique et perte énergétique de l'énergie primaire le plus élevé**
LF19 : Chauffage à bois : longue durée de vie environ 25 ans.	Choix du chauffage au bois durée longue durée de vie	 T et E T	 contenu valide avec explication partielle
coût d'installation important	coût d'installation	E	contenu valide sans davantage d'explication
mais faible coût pour la matière première (le bois).	coût de la source	E	contenu valide sans davantage d'explication
bonne rentabilité pas de perte de chaleur (environ 2% de perte).	rentabilité perte de énergétique valeur de perte	E T T	**contenu erroné, rendement du système au bois entre 75% et 90%**
Écologique le bois est considéré comme écologique en France	système écologique en France	En	contenu valide avec explication partielle
car il y en a beaucoup de forêts,	abondance des forêts en France	En et Sc	
le bois rejette du CO2 quand il est brûlé mais	rejets de CO2 du bois en brûlant	En et Sc T	
c'est du CO2 qu'il a déjà emprisonné avant.	absorption du CO2 lors de la croissance du bois	En et Sc	contenu valide avec explication convenable
Pas beaucoup d'entretien,	entretien du système	T et P/C	
pas de risque de panne (car peu de technologie),	risque de panne peu de technologie	P/C et T et R T	contenu valide avec une explication partielle
charme du bois.	charme	Di	contenu valide sans explication

Tableau 25: validité des contenus mobilisés lors des réponses des élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire du recherche (pré-test et post-test); E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes du confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

6.2. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument.

Dans ce paragraphe, en réponse à notre question de recherche relative au lien éventuel entre la qualité d'argumentation et la mobilisation des connaissances (e.g. Scientifiques et techniques), nous analysons d'une façon synergique, à l'aide de différents cadres analytiques (c.f. méthodologie), la structure de l'argument et le contenu de l'argument (e.g. Techniques et scientifiques) en visant l'interrelation éventuelle entre eux.

6.2.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des qualifications et des domaines d'abstraction

Dans ce paragraphe, nous étudions le lien possible entre la structure et le contenu de l'argument, notamment entre les niveaux d'argumentation (la structure de l'argument) et le développement conceptuel des contenus, les domaines d'abstraction, (le contenu de l'argument) mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage. Nous croisons pour cela les résultats retrouvés dans le paragraphe I, analyse du premier ordre, relatifs aux niveaux d'argumentation avec celui des domaines d'abstraction (voir tableau ci-dessous).

Vu qu'il n'y a qu'un seul niveau d'argumentation (niveau 2), le croisement de l'analyse des niveaux d'argumentation avec le domaine d'abstraction indique que pas de liens particuliers existent entre les deux et cela lors des pré-tests et post-tests.

Analyse du pré-test

	Domaines d'abstraction				**Total niveau d'argumentation**
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1					
Niveau 2	2	20	2		24
Niveau 3					
Niveau 4					
Niveau 5					
Total domaine	2	20	2		24

Tableau 26: croisement des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la question 12 (pré-test) du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage.

Analyse du post-test

	Domaines d'abstraction				Total niveau d'argumentation
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1					
Niveau 2	5	27	1		33
Niveau 3					
Niveau 4					
Niveau 5					
Totale domaine	5	28			33

Tableau 27: croisement des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la question 12 (post-test) du questionnaire de recherche pour le choix d'un système de chauffage.

6.2.1.1. Analyses des qualifications et des domaines d'abstractions

D'après l'analyse des qualifications et des domaines d'abstraction, nous constatons qu'une mobilisation de qualification concorde avec des domaines d'abstraction moyens ou élevés mais pas avec des domaines d'abstraction faibles (N.B. Nous notons dans nos analyses les domaines d'abstraction les plus élevés atteints).

En outre, nous ne constatons pas un lien particulier entre le nombre de bases par argument et les domaines d'abstraction.

Niveau d'argumentation de l'argument	Code de l'élève	Nombre de qualification	Domaine d'abstraction par argument	Nombre de bases par argument
Qualifications mobilisées au pré-test				
Niveau 1	x	0		x
Niveau 2	LF9;	1	II	7
	LF29	2	II	10
	LF32	1	II	6
Total		3		
Qualifications mobilisés au post-test				
Niveau 1		0		0
Niveau 2	LF5;	2	II	11
	LF32;	2	II	8
	LF10;	1	II	3
	LF27;	1	II	7
	LF15;	1	II	6
	LF17	1	III	16
	LF19	1	II	15
	LF28	1	II	13
Total		10		

Tableau 28: niveaux d'argumentation, Qualifications, domaines d'abstraction et nombre de bases mobilisés lors du pré-test et post-test en réponse à la question 12 du questionnaire

6.2.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des qualifications et des thèmes

Nous visons par ce paragraphe étudier les lien(s) éventuel(s) entre la structure de l'argument (les niveaux d'argumentation) et le contenu de l'argument, notamment les thèmes mobilisés. Pour y arriver, nous croisons les résultats d'analyses des niveaux d'arguments et des thèmes mobilisés obtenus précédemment dans les paragraphes d'analyse du premier ordre, des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés (voir aussi tableaux ci-dessus et tableaux en annexe).

D'après les résultats de notre recherche, et vu qu'il n'y a qu'un seul niveau d'argumentation mobilisé au pré-test comme au post-test, le niveau 2, nous ne constatons pas un lien entre la mobilisation d'un(es) ou plusieurs des thème(s) et les niveaux d'argumentation et ceux au pré-test et au post-test.

	E P/C T	T Sc E	T Sc En	En T	T P/C	Di En E	T Sc P/C E	T Sc En P/C	T E R P/C	T E P/C Sc En	T Es P/C Sc En	T E P/C Sc Di	E T Di En Sc P/C	Sc T R En P/C	T P/C Di En E	T S Es Sc P/C En	E T S P/C R Sc	T R E En Sc P/C	Total
Niveau 1																			
Niveau 2	3	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	24
Niveau 3																			
Niveau 4																			
Total	3	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	24

Tableau 29: Niveaux d'argumentation et thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (pré-test) du questionnaire de recherche. E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

Analyses du post-test

	P/C	E En P/C T	En Sc E	E P/C En	T E P/C	T E P/C Sc	T E En Sc	T En Sc P/C	T Sc Di P/C	T E En Sc P/C	T E Sc En Di	T E Sc En Es	T E En Sc P/C Di	T E Sc Es P/C Di	T E Sc S P/C En	T E Sc Es En P/C	Total
Niveau 1																	
Niveau 2	1	2	1	1	1	3	3	2	1	12	1	1	1	1	1	1	33
Niveau 3																	
Niveau 4																	
Total	1	2	1	1	1	3	3	2	1	12	1	1	1	1	1	1	33

Tableau 30: Niveaux d'argumentation et thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (post-test) du questionnaire de recherche. E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

6.2.2.1. Croisement des analyses de la qualification et des thèmes mobilisés

Nous analysons dans ce paragraphe l'éventuel lien entre la mobilisation de qualifications et les thèmes. Nous croisons pour cela l'analyse des qualifications et des thèmes mobilisés (voir tableau ci-dessous).

D'après les analyses des qualifications et des thèmes mobilisés, au pré-test comme au post-test, nous ne constatons pas un lien particulier entre la mobilisation de qualification et de(s) thème(s) particulier(s). Les qualifications sont mobilisées avec des thèmes variés : techniques, scientifiques, pratique/confort, économiques, environnementaux et/ou divers.

Niveau d'argumentation de l'argument	Code élève	Thèmes mobilisés	Total
Qualifications mobilisées au pré-test			
Niveau 1			0
Niveau 2	LF9;	T, Sc et P/C	1
	LF29	Di (mode de prise de décision)	1
		T, Sc et P/C	1
	LF32	T et Sc	1
Total			4
Qualifications mobilisés au post-test			
Niveau 1			0
Niveau 2	LF5; LF32;	T	2
	LF10;	T et P/C	1
	LF5; LF27;	E	2
	LF15; LF32	T P/C Sc	2
	LF17	E et En	1
	LF19	En et Sc	1
	LF28	En, Sc et T	1
Total			10

Tableau 31: niveaux d'argumentation, qualifications et thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF en réponse à la question 12 du questionnaire de recherche. E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

6.2.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument (les niveaux d'argumentation) au contenu de l'argument (les domaines d'abstraction et les thèmes) mobilisés par les élèves (voir tableau ci-dessous) du groupe 4. Nous constatons les résultats suivants :

Remarque : pour l'analyse, nous citons les différents thèmes mobilisés par argument (voir tableau ci dessous) et cela toujours en comptant dans cet argument le domaine d'abstraction le plus élevé.

Nous ne constatons pas un lien particulier, ni entre les niveaux d'argumentation et les thèmes mobilisés et ni entre les niveaux d'argumentation et les domaines d'abstraction et cela avant et après la séquence.

En revanche, nous constatons que la mobilisation de domaines d'abstraction élevés correspond en particulier avec des thèmes scientifiques et/ou techniques.

En outre, nous constatons que l'ensemble des arguments mobilisés, lors des réponses des élèves sur la question 12 du questionnaire de recherche, sont du niveau d'argumentation moyen, niveau 2. Nous ne constatons pas une mobilisation d'un niveau d'argumentation élevé ou faible.

Analyses du pré-test

D'après les résultats de notre recherche (voir tableau ci-dessous), nous ne constatons pas un lien entre la mobilisation d'un(es) ou plusieurs des thème(s) et les niveaux d'argumentation moyen.

En outre, les domaines d'abstraction élevés correspondent à la mobilisation de thèmes techniques et/ou scientifiques.

		E P T	T Sc E	T Sc En	En T	T P/C	Di En E	T Sc P/C E	T Sc En P/C	T E R P/C	T E P/C Sc En	T Es P/C Sc En	T E P/C Sc Di	E T Di En Sc P/C	Sc T R En P/C	T P/C Di En E	T S Es Sc P/C En	E T S P/C R Sc	T R E En Sc P/C	Total
Niveau 1	Domaine I																			
	Domaine II																			
Niveau 2	Domaine I					1				1										2
	Domaine II	3	1	1	1		1	1	2		2	1	1	2	1	1		1	1	20
	Domaine III		1														1			2
Niveau 3	Domaine I																			
	Domaine II																			
Niveau 4	Domaine I																			
	Domaine II																			
Total		3	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	24

Tableau 32: Niveaux d'argumentation, thèmes et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (pré-test) du questionnaire de recherche. E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

Nous constatons une majorité de niveaux d'argumentation de niveau moyen, niveau 2, avec des domaines d'abstraction moyen, domaine II, ayant des thèmes économiques, technique et pratique/confort suivis respectivement par le niveau d'argumentation moyen ayant des thèmes (techniques scientifiques et économiques), des thèmes (technique, scientifique, environnement et pratique/confort), des thèmes (techniques, économiques, pratique/confort, scientifique et environnement) ou des thèmes (techniques, économiques, pratique/confort, scientifique, environnement et divers).

Analyses du post-test

		P/C	E En P/C T	En Sc E	E P/C En	T E P/C	T E P/C Sc	T E En Sc	T En Sc P/C	T Sc Di P/C	T E En Sc P/C	T E Sc En Di	T E Sc En Es	T E En Sc P/C Di	T E Sc Es P/C Di	T E Sc S P/C En	T E Sc Es En P/C	Total
Niveau 1	Domaine I																	
	Domaine II																	
Niveau 2	Domaine I	1	2			1									1			5
	Domaine II			1	1		3	3	2	1	11	1	1	1		1	1	28
	Domaine III										1							
Niveau 3	Domaine I																	
	Domaine II																	
Niveau 4	Domaine I																	
	Domaine II																	
Total		1	2	1	1	1	3	3	2	1	12	1	1	1	1	1	1	33

Tableau 33: Niveaux d'argumentation, thèmes et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 (post-test) du questionnaire de recherche. E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

Nous constatons une majorité de niveaux d'argumentation de niveau moyen, niveau 2, avec des domaines d'abstraction moyen, domaine II, ayant des thèmes économiques, technique et pratique/confort suivis respectivement par le niveau d'argumentation moyen ayant des thèmes (techniques scientifiques et économiques), des thèmes (technique, scientifique, environnement et pratique/confort), des thèmes (techniques, économiques, pratique/confort, scientifique et environnement) ou des thèmes (techniques, économiques, pratique/confort, scientifique, environnement et divers).

D'après les résultats de notre recherche, nous ne constatons pas un lien entre la mobilisation d'un(es) ou plusieurs des thème(s) et les niveaux d'argumentation moyen.

Nous ne constatons d'un côté, aucune mobilisation de niveaux d'argumentation élevés. D'un autre côté, nous constatons une diminution des domaines d'abstraction élevés.

6.2.4. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des qualifications et des sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe, d'une façon synergique, les analyses de la structure de l'argument, (les niveaux d'argumentation et les qualifications), et le contenu de l'argument (les sources des contenus mobilisés, s'ils correspondent à ceux du curriculum, des documents distribués ou d'autres sources).

En comparant les niveaux d'argumentation et les qualifications, relatif à la structure de l'argument, et les sources des contenus mobilisés par les élèves (voir tableau ci-dessous) :

Vu que les élèves ne mobilisent que des niveaux d'argumentation moyen, avant et après la séquence, avec des contenus de sources différentes, nous ne constatons pas un lien particulier entre les deux. Aucun lien non plus, est établi **entre la mobilisation de qualifications et les sources des contenus.**
Les niveaux d'argumentation moyens et les qualifications mobilisées au pré-test intègrent des thèmes issus du curriculum et des thèmes issus d'autres sources. Au post-test les niveaux d'argumentation moyenne et les qualifications mobilisées intègrent des thèmes issus du curriculum, des documents distribués et/ou d'autres sources.

Cependant, si les qualifications mobilisées correspondent à des sources différentes, les thèmes scientifiques des qualifications mobilisés semblent correspondre en particulier à des sources du curriculum.

Niveau d'argumentation de l'argument	Code élève	Thèmes mobilisés	Sources des thèmes	Total
Qualifications mobilisées au pré-test				
Niveau 1				0
Niveau 2	LF9;	T, Sc et P/C	Cu;	1
	LF29	T Sc et P/C	Cu	1
		Di (mode de prise de décision)	A	1
	LF32	T et Sc	Cu et A	1
Total				4
Qualifications mobilisés au post-test				
Niveau 1				0
Niveau 2	LF5; LF32;	T	D; D	2
	LF10;	P/C	A	1
	LF5; LF27;	E	D; D;	2
	LF15; LF32	T P/C Sc; T	D et Cu; D	1
	LF17	E et En	D;	1
	LF19	En et Sc	D et Cu	1
	LF28	En, Sc et T	D et Cu	1
Total				10

Tableau 34: niveaux d'argumentation, qualifications, thèmes et leurs sources mobilisés par les élèves du lycée LF en réponse à la question 12 du questionnaire de recherche. E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, R = risque; S = thèmes de santé et Di = thèmes divers.

6.2.5. Croisement des analyses de la structure de l'argument, des qualifications et de la validité des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation et les qualifications, au contenu de l'argument, la validité des contenus, mobilisés par les élèves du lycée LF en réponse à la question 12 du questionnaire de recherche.

Nous ne constatons (voir tableaux ci-dessous) aucun lien particulier entre les niveaux d'argumentation des arguments mobilisés et la validité des contenus et cela ni avant ni après la séquence.
Cependant, un certain lien existe entre la mobilisation de qualifications et la validité des contenus, où la majorité (presque tous sauf un seul) des arguments intégrant des qualifications ne contiennent pas des contenus erronés. La mobilisation de qualifications semble être favorisée, à un certain point, par les contenus valides.

Nous constatons (voir tableau ci-dessous) une mobilisation de contenus erronés, des contenus valides non relatifs à un domaine donné, des contenus valides relatifs à un domaine donné sans davantage d'explication, des contenus valides avec une explication partielle et/ou complète lors d'une argumentation du niveau 2, notamment ceux intégrant une qualification.

Analyses du pré-test

Transcriptions	(Sous)Contenus mobilisés	Argumentation (Toulmin 1958)	Niveaux d'argmentation (Osborne, 2004)	Thèmes mobilisés	Validité des contenus
Qualifications mobilisés au pré-test					
LF9 : Ce type de chauffage dépend du climat ambiant, *par exemple, une habitation située en climat méditerranéen donc fortement ensoleillée aurait plutôt besoin d'un chauffage thermique à partir de panneaux solaires, c'est* *personnellement le type de chauffage que je choisirais* *pour des raisons écologiques* *(l'énergie renouvelable),* *budgétaire* *vu que l'énergie supplémentaire peut être revendue à différentes centrales) ...*	Efficacité énergétique du chauffage dépendante du climat utilisation du système de chauffage adaptée à une région géographique d'un climat et d'ensoleillement donnée choix du système solaire choix écologique énergie renouvelable choix économique REVENTE DU SURPLUS D'ENERGIE	Qualification 1 + soutien 1 ou donnée 1 de la qualification 1 déclaration justification 2 + soutien ou donnée de la justification 2 + justification 3 + donnée ou soutien de la justification 3	2	Technique Scientifique et Pratique /Confort Scientifique Technique et Pratique/ Confort Environnement Environnement et Scientifique écono-mique économique et Technique	Contenus scientifiques et techniques (et P/C) valides avec une explication partielle relative à l'efficacité énergétique du système solaire fonction de l'ensoleillement donc de la météo contenus environnementaux valides (et Sc) avec une explications partielle relative à l'aspect écologique du système utilisant une énergie renouvelable contenus économiques (et technique) valides avec une explication partielle relative à la possibilité de revente de l'énergie solaire produite
LF29 : Bien que le chauffage grâce aux énergies renouvelable (panneaux	Énergie renouvelable produite par des panneaux photovoltaïques	Donnée 1 ou Justification 1 ou soutien	2	Environnement et scientifique technique	Contenus environnementaux (et scientifique) valide avec explication partielle

photovoltaïques) puissent être tentant, *c'est aujourd'hui un investissement cher* *et peu rentable,* *qui dépend du climat.* *Le chauffage avec des radiateurs à eau* *reste le plus commun et le plus utilisé.* *Ceci dit, n'étant pas un expert en chauffage je connais guère plus que ces deux là.* *Le chauffage à eau reste le plus pratique : il n'y a pas besoin de nouvelles installations,* *il est rentable.*	choix du système Coût rentabilité Inefficacité énergétique du système dépend du climat Choix du système de radiateurs à eau système courant manque d'expérience dans le domaine chauffage pratique installations nouvelles rentabilité du système	+ donnée 1 déc justification ou qualification 1 qualif ou justification 2 + donnée 2 ou qualification déclaration + justification2 + qualification + justification 3 + donnée 3 et/ou donnée4+ justification 4		économique économique et technique Technique, Scientifique Pratique /Confort Divers Divers Pratique /Confort Technique et P/C économique et Technique	contenus économiques valide sans davantage d'explication contenus techniques et scientifiques (pratique et confort) valides avec des explications partielles contenus valides sans davantage d'explication contenu valide non relatif à un domaine donné contenus valides avec explication partielle contenus valides sans davantage d'explication
LF32 : Un chauffage électrique *malgré ce ne soit pas le plus le plus économique,* *il ne nécessite pas*	Choix d'un chauffage électrique aspect économique du système Maintenance du système Risque sur la santé Isolation	Déclaration + donnée ou justification + justification + justification	2	économique Technique et Pratique /Confort	Contenu valide sans davantage d'explication contenu valide sans davantage

de maintenance particulière *moins risqué pour la santé.* *Travailler plus l'isolement de la maison aussi pour limiter les pertes d'énergie.* *Cependant, cela [les pertes énergétiques] dépend beaucoup de la surface de la maison d'une situation géographique.*	thermique de la maison Limitation des pertes énergétiques pertes énergétiques fonction de la surface de la maison et la situation géographique	+ justification 2 + qualification ou soutien la justification 2		Risque et Santé Technique économique Technique et Scientifique	d'explication contenu valide sans davantage d'explication contenu valide avec une explication partielle contenus valides sans davantage d'explication
Qualifications mobilisés au post-test					
LF5 : Chauffage électrique : *économique (installation pas chère),* *pratique (chauffe toute la pièce)* *et bien alimenté,* *énergie renouvelable* *même si c'est du nucléaire le plus souvent,* *confortable,* *peu d'entretien* *pas de bruit,* *rentable sur dix ans.*	Choix du chauffage électrique économique coût de l'installation pratique chauffage complet de la pièce disponibilité de la source d'énergie système renouvelable source d'énergie nucléaire confort du système entretien bruit rentabilité	Déc + justification 1 + donnée 1 + justification 2 + donnée 2 + justification + justification + qualification +just 3 + donnée 3 + Donnée 3 + qualification	2	 Economique Economique Pratique /Confort Technique Technique et Pratique /Confort Environnement et Scientifique Technique Pratique /Confort Pratique /Confort et Technique T et P/C économique	 Contenu valide avec explication partielle contenu valide avec une explication partielle contenu valide sans explication contenu valide sans explication contenu valide sans explication contenu valide avec explication partielle contenu erroné

LF17 : Je choisis le chauffage mixte solaire-bois : première raison : c'est renouvelable (écologique) le bois étant une source renouvelable si les forêts sont bien gérées et le soleil étant une aussi. Deuxième raison : c'est efficace en effet cela fournit suffisamment de chauffage à la maison. Troisième raison c'est économique la pose des installations est coûteuse mais le prix au kwh est très faible pour le bois et inexistant pour les panneaux solaires, de plus il y a l'aide gouvernementale substantielle. Quatrième raison : la durée de vie est plus longue que pour les autres systèmes, car l'utilisation de chaque système étant moindre car on en a deux, ils vont s'user moins vite et la durée de vie ce sera presque doublée, cinquième raison : un bon rendement :	Choix du chauffage mixte solaire-bois écologique bois source renouvelable gestion des forêts soleil source renouvelable efficacité énergétique chauffage de toute la maison économique coût d'installation coût au kwh bois coût du KWH solaire aide de l'état durée de vie, plus longue usure moins vite de chaque système par utilisation de deux durée de vie unitaire prolongée rendement du système	Déc + justification 1 + donnée de la justification1 + qualification de la justification 1 + donnée de la justification 1 justification 2 + donnée 2 ou soutien 2 Justification 3 + justification ou donnée 3 + justification ou donnée 3 + just ou donnée 3 + justification ou donnée 3 + justification 4 + soutien 4	2	Environnement Environne-me et Scientifique économique et Environne-me Environne-me et scientifique Technique Technique et Pratique/ Confort économique économique économique Scientifique et Technique (KWH) économique Technique et économique Technique technique	Contenu valide avec explication partielle Contenu valide sans davantage d'explication Contenu valide avec explication partielle Contenu économique valide avec explication convenable Contenu valide avec

jusqu'à 90%, ce qui est équivalent aux autres modes de chauffages.	valeur du rendement rendement équivalent	+ justification 5 + donnée 5 + soutien ou justification 5		Scientifique et Technique Scientifique et Technique Scientifique et Technique	explication partielle Contenu valide avec explication convenable

Tableau 35: Exemples d'analyses des Niveaux d'argumentation, qualification et Validité des contenus mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire de recherche lors du choix d'un système de chauffage

Nous ne constatons, d'après notre analyse (voir tableaux ci-dessus) de la validité des contenus mobilisés lors de l'argumentation écrite du niveau moyen munis de qualification, aucun lien particulier entre ces deux. Nous constatons une mobilisation de contenus erronés, des contenus valides non relatifs à un domaine donné, des contenus valides relatifs à un domaine donné sans davantage d'explication, des contenus valides avec une explication partielle et/ou complète lors d'une argumentation du niveau 2.

Nous ne constatons pas un lien particulier entre la mobilisation d'une argumentation moyenne sans mobilisation de qualification et la validité des contenus mobilisés. Nous constatons une mobilisation de contenus valides sans davantage d'explication, des contenus valides non relatifs à un domaine donné, des contenus valides avec une explication partielle et/ou complète lors de la mobilisation d'une qualification.

Nous ne constattons pas non plus un lien particulier, lors du pré-test et du post-test, entre la mobilisation d'un argument élaboré (intégrant au moins cinq bases et de qualification(s)) et la validité des contenus mobilisés qui peuvent être erronés comme valides.

Transcriptions	(Sous)Contenus mobilisés	Argumentation (Toulmin 1958)	Niveaux d'argmentation Argumenta-tion (Osborne, 2004)	Thèmes mobilisés	Validité des contenus
Contenus valides sans mobilisation de qualifications (pré-test)					
LF2 : Je prendrai un chauffage au gaz pour des raisons économiques. Ensuite parce que le gaz se trouve partout.	Choix du système au gaz rentabilité économique accessibilité à la ressource énergétique	 E P et T	**Déc** **+ just** **+ just**	**2**	Contenus valide sans davantage d'explication contenu non valide par rapport au curriculum mais valide par rapport à d'autres sources, sans davantage d'explication
LF30 : Un chauffage électrique pour les raisons suivantes : peu dangereux comparé au pétrole et gaz (fuites), moins cher, installation plus simple.	Choix d'un chauffage électrique dangerosité du système fuites des systèmes coût du système installation simple du système	 R T E P/C et T	Déc just 1 donnée 1 just 2 Just 3	**2**	Contenu valide avec une explication partielle contenu économique valide sans davantage d'explication contenu valide sans davantage d'explication
Contenus valides sans mobilisation de qualifications (post-test)					
LF24 : Je choisirais le chauffage par énergie solaire : après l'installation des panneaux solaires il n'y a plus besoin d'intervenir	Choix d'un chauffage solaire installation des panneaux solaires ravitaillement et entretien	 Technique Technique et Pratique/	Déclaration donnée ou justification justification	2	Contenus techniques et pratique valides sans davantage d'explication Contenus

contrairement au chauffage par le bois qui nécessite d'alimenter souvent ;	ravitaillement du système au bois	Confort Pratique /Confort et Technique	justification	techniques et P/C valides avec une explication partielle
l'état rembourse 35% de l'installation,	aide de l'état	économique	donnée 1	contenus économiques valides avec explication convenable
ce qui revient à payer 12000euro ;	montant du système après réduction	économique	+ justification 1 ou donnée 1	
Il n'y a aucun rejet de GES ;	rejet de GES	Environnement Technique Scientifique	justification	Contenu valide En/T/Sc sans davantage d'explication
A l'intérieur de l'habitat l'installation n'est pas visible ;	visibilité des radiateurs	Esthétique	justification	contenus valides sans davantage d'explication
Il n'y a besoin que de 15 m² de panneaux solaires pour chauffer 100m2.	surface d'installation des panneaux	Technique	donnée ou justification 2	contenus techniques valides sans davantage d'explication
	surface de l'habitat	T	donnée 2	

Tableau 36: Exemple d'analyses , Niveaux d'argumentation, contenus, thèmes et Validité des contenus mobilisés par les élèves du lycée LF sur la question 12 du questionnaire de recherche lors du choix d'un système de chauffage, au préé-test et au post-test.

Chapitre 6, partie II: Analyse des discussions en groupes, groupe 4, le choix d'un système au bois parmi cinq proposés, des élèves du lycée LF

6.3. Premier niveau d'analyse

Nous analysons dans cette partie les questions débattues par les élèves, la qualité d'argumentation, notamment, la structure et les contenus de l'argument lors des discussions du groupe 4 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

6.3.1. Questions débattues

Dans cette partie nous identifions les questions débattues, lors du débat final de toute la classe, des moments où les élèves du groupe 4 du lycée LF débattent et discutent dans le but de faire le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés (cf. méthodologie de recherche, méthodes d'analyse, les cadres d'analyse des données orales, les questions débattues).

Les élèves du groupe 4 choisissent au final le système au bois.

En analysant le discours des élèves du lycée LF, on relève onze questions qui suscitent des débats entre les élèves (voir Tableau 1).

Pour les questions débattues relatives au choix du groupe 4, d'un système au bois, nous constatons que les discussions des élèves commencent par un questionnement sur quelles orientations prendre pour décider sur un système et pas un autre, notamment faire un choix original et particulier loin du chauffage électrique, susceptible d'être fait par d'autres groupes, et du système à condensation fréquemment utilisé suivant les élèves. Après, les élèves s'élancent dans une question technique relative à la compréhension du principe de fonctionnement d'une chaudière à condensation.

Ensuite les élèves s'élancent dans des comparaisons des caractéristiques des différents systèmes proposés, notamment, en étudiant et en comparant les différents critères techniques de l'efficacité énergétique du chauffage au bois mais aussi de ces critères esthétiques, du confort, économiques et environnementaux, faces aux critères d'autres systèmes en particulier environnementaux et de la non efficacité énergétique du chauffage solaire, du coût d'utilisation (au KWH) élevé de l'électrique par rapport au bois. Du coup, les élèves du groupe essaient d'étudier davantage le système au bois et questionnent l'impact environnemental du système (qui s'avère écologique pour la France) et certains divers aspects comme la convivialité du bois, et finissent par comparer la rentabilité économique du système au bois relatif au coût du KWH et d'installation du bois (et les réductions possibles d'obtenir sur ce système) comparé au début à une chaudière classique et ensuite au système solaire.

Les élèves en commençant à privilégier le bois, ne s'arrêtent pas là et continuent leurs questionnement sur le risque d'explosion d'un système au bois par rapport au gaz. Les élèves essaient de résumer les différents caractéristiques du bois économiques, techniques (le rendement énergétique) et pratique/confort (du ravitaillement automatique).

Se rendant compte de la complexité pour établir le coût du système au bois par rapport à d'autres systèmes, notamment le gaz, le fioul et l'électrique, les élèves questionnent le lien entre la durée de vie du système, le coût d'installation et d'utilisation et lequel des trois il faut privilégier pour avoir une meilleure rentabilité économique sachant les besoins énergétiques annuels d'un habitat.

Ainsi, les élèves finissent leurs discussions en questionnant ce qu'il faut écrire dans la fiche pour justifier leurs choix et répondre à des contre-arguments possibles.

Activités	Tours de parole	Contenus des Activités des élèves	Questions débattues
Activité 0		Les élèves se mettent dans les groupes désignés au préalable, par le chercheur. Le chercheur, ayant distribué à chaque groupe les documents de travail, explique sommairement le but de la séance (le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés), le mode travail en groupe (choisir un(e) rapporteur(rice) et un(e) porte parole du groupe, lire les documents, discuter le contenu dans le but de se mettre d'accord sur le choix d'un système de chauffage et donner la parole à tout le monde en essayant de faire le tour de table), le contenu des documents et des fiches à remplir (les différents systèmes proposés dans les documents, la fiche de guide de prise de décision et la fiche de synthèse de prise de décision incluant (le chauffage choisit, les raisons du choix notamment les connaissances scientifiques, quels sont les contre-arguments possible de ce choix et quoi répondre à ces contre-arguments)) et invitent les élèves à préparer au final une présentation de trois minutes par groupe au reste de la classe, indiquant le système choisi en le justifiant.	
Activité 1	de 1L1 à 32L1	Les élèves lisent les fiches, discutent les tâches à remplir et comment les faire.	
Activité 2	33L2 à 137L4	Les élèves discutent, lisent les documents et étudient les différents systèmes pour faire leur choix.	Question 1: Quel système choisir : le système à condensation qui est couramment utilisé ou éviter le chauffage électrique pour faire un choix particulier différents des autres élèves ?
			Question 2 : quel est le principe du fonctionnement du chauffage à condensation ?
			Question 3 : Quels systèmes choisir au bois (du point de vue efficacité énergétique, esthétique, confort, économique et environnemental) ou solaire (du point de vue environnemental et d'efficacité énergétique) ?
			Question 4: est ce que le chauffage au bois est cher par rapport à l'électrique ?
			Question 5 : quelles sont les caractéristiques du système au bois (économique, environnemental et du confort) ?
			Question 6 : est ce que le chauffage au bois est cher par rapport à une chaudière normale [au fioul] ?
			Question 7 : quel est le prix du système solaire et est ce que le prix du solaire est rentable ?

Activité 3	de 138L3 à 178L2	Les élèves décident de choisir un système de chauffage au bois, remplissent la fiche, discutent leur choix et le justifient	Question 8 : quel est l'impact environnemental du chauffage au bois ?
			Question 9 : Quels sont les avantages et les inconvénients du chauffage électrique par rapport au bois ?
			Question 10 : quel système comporte un risque d'explosion le plus grand une chaudière au bois ou au gaz ?
			Question 11 : quels sont les différents aspects (économiques, techniques et pratique/confort) du chauffage au bois ?
			Question 12 : quel système a la durée de vie la plus longue (le système au bois à comparer avec d'autres systèmes fioul, gaz et électrique)?
			Question 13 : Quel est le système le moins cher (le chauffage électrique ou au bois) en tenant compte : du coût d'installation, du prix du KWH/an et du coup de l'utilisation pour une durée donnée ?
			Question 14 : quels sont les raisons et les contre-arguments à écrire sur la fiche, pour justifier le choix du chauffage au bois ?

Tableau 37: activités et questions débattues par les élèves du groupe 4 du lycée LF, lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

6.3.2. Analyse de la structure de l'argument : les niveaux d'argumentation et le nombre de bases

Nous visons par ce paragraphe l'analyse de la structure de l'argument, notamment les niveaux d'argumentation à l'aide du cadre analytique d'Osborne *et al.* (2004) modifié (cf. méthodologie, les cadres analytiques des données orales, la structure de l'argument), lors des discussions des élèves du groupe 4 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

Avant de présenter les résultats globaux de notre analyse, nous présentons dans le paragraphe ci-dessous des exemples d'analyse de l'argumentation suivant le cadre d'Osborne et al. (2004), tiré de notre corpus des discussions des élèves du groupe 4.

Exemple 1, une argumentation faible, niveau 1 :
Au 70L2 : « C*' est pas mal le truc à bois* [déclaration] » ; déclaration sans base = niveau 1 d'argumentation.

Exemple 2, une argumentation moyenne, niveau 2 :
Au 71L1 : « *Mais non, pas à bois* [Déclaration, ne pas choisir le système au bois] *C'est trop cher à bois* [justification= base 1; système au bois trop cher] »; Déclaration + une base = niveau 2 d'argumentation.

Exemple 3, une argumentation de qualité, une réfutation faible niveau 3, et réfutation niveau 4 :
263L2 : 7 mille euros, [donnée 1 = base 1; montant d'installation du système à bûches] *c'est pas non plus* [déclaration 1 incomplète; Coût d'installation du système pas trop élevé]
[Déclaration 1 + une base = niveau2 d'argumentation]
264L4 : En 1 an ? Ta chaudière électrique elle te coûte 3 mille euros. Si, si, le coût de la chaudière plus la consommation c'est 3700 euros, **[justification 2** = base 2; Coût d'installation et de consommation du système électrique pour un an] *j' ai calculé **[soutien 2** = base 2; calcul du montant] Et là pour le truc au bois c'est 15 mille euros.*[**justification 2** = base 2; Coût [approximatif] d'installation et de consommation d'un an du bois granulé [sans réduction]]
[**Réfutation implicite**, coût élevé d'installation et de consommation du système au bois pendant un an par rapport à l'électrique]
Réfutation + 3 bases = niveau 4 d'argumenttion

265L5 : Non, c'est pas 15 mille, [**Réfutation faible**; valeur inexacte du coût d'installation et d'utilisation du système au bois] *t'as 4 mille euros de moins grâce à la déduction d'impôts* [**donnée 3** = base 3; montant de la déduction d'impôts]
[Réfutation faible + 5 bases = niveau 3 d'argumentation].
266L4 : Au bois ? La déduction d'impôts ? [pas d'argumentation]
267L5 : Donc ça te fait 8 mille la chaudière.[**Justification 3** de la réfutation = base 3; le montant d'installation du système au bois après déduction de l'aide de l'état]
268L4 : Tu l'as vu où ta déduction toi ? [pas d'argumentation]
269L3 : Regarde, regarde. [**justification 3** ou donnée 3 de la réfutation; une gesture pour montrer les informations dans le document]
270L4 : A oui, 2 mille [déclaration 4; déclaration implicite] [donnée 4 = base 4; montant de la

déduction d'impôt*]*
Déclaration 4 + une base = niveau 2 d'argumentation.
271L5 : 2 mille à 4 mille 2 cent pour le chauffière la chaudière à bois granulés [**donnée 3** de la réfutation; montant exact de] *et qui coûtait 12 mille* euros.[**donnée 3** de la réfutation; coût de l'installation du système au bois granulé]
272L4 : Fin 13. [donnée 5 = base 5; montant d'installation du système au bois sans réduction] *ok* [déclaration 5]
[Déclaration 5 + une base = niveau 2 d'argumentation]

Exemple 4, d'une argumentation de qualité, une réfutation, niveau 4:
Au 63L4 : "*Avec solaire c'est bien*, [Déclaration 1, choisir le système solaire] *tu peux sortir toute la théorie écolo de base.* [justification = base 1; système écologique]" ...
[Déclaration 1 + une base (ou + deux bases) = Niveau 2 d'argumentation]
65L4 : *"Mais non* [Déclaration 2, ne pas choisir le système solaire], *solaire tu sors le truc de base.* [Justification 2 = base 2]*"*
66L1 : "*Solaire* [Déclaration 3 implicite, ne pas choisir le solaire] *il faut qu'il y a du soleil* [Justification 3 = base 3, disponibilité régulière non assuré de la ressource énergétique solaire] [ou Qualification de la Déclaration 1 du 63L4*]".*
68L2 : " T' en as pas partout [Déclaration 4, les rayons du soleil arrivent sur toute la terre; déclaration sans base = niveau 1] [ou justification 4 ou soutien 4 de 63L4= base 4]"
69L1 : « *Ben oui, il y en a pas partout*, [**Réfutation** ; pas du rayonnement solaire partout] *et en hiver [Justification 5= **base 5** ; absence, diminution ou insuffisance du rayonnement solaire en hiver] »* **[Réfutation + une base = niveau 4 d'argumentation]**

L'analyse des niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du groupe 4 lors des discussion en groupe pur le choix d'un système de chauffage nous donne (voir tableau ci dessous) :

	Total par niveau d'argumentation
Niveau 1	47
Niveau 2	63
Niveau 3	3
Niveau 4	3
Niveau 5	0
Total	117

Tableau 38: Niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Niveaux d'argumentation

Nous constatons (voir tableau ci dessus) qu'une argumentation du niveau moyen, niveau 2, est majoritairement mobilisée lors des discussions en groupes des élèves du groupe 4.

L'argumentation faible, niveau 1, est moins mobilisée que le l'argumentation du niveau 2.
Les élèves du groupe 4 majoritairement mobilisent une argumentation moyenne. Ils justifient leurs déclarations par des bases (des données, des justifications, des soutiens et/ou des qualifications).
Les élèves du lycée réussissent aussi à mobiliser une argumentation de qualité, niveau 3 et 4. Pour autant, cette argumentation reste rare, elle est mobilisée à quelques reprises, six fois.

Niveaux d'argumentation et nombre de base(s)

Niveau d'argumentation	4	**3**			2					1	**Total du nombre d'arguments**
Nombre d'arguments	2	1	2	1	1	4	8	8	41	47	115
Nombre de bases par argument	1	4	3	1	5	4	3	2	1	0	
Nombre de total de bases	2	4	6	1	5	16	24	16	41	0	**Total du nombre de bases**
Nombre total de bases par niveau d'argumentation	2	11			102					0	115

Tableau 39: Niveaux d'argumentation et nombre de bases par argument mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Nous ne constatons pas de lien(s) direct(s) entre le niveau d'argumentation et le nombre de bases mobilisées par argument lors des discussions en groupes (voir tableau ci dessus).
Les argument(s) ayant un nombre maximal de bases parmi les différents arguments, cinq bases et quatre bases par argument, sont constatés respectivement avec une argumentation moyenne et de qualité. Par contre, un niveau d'argumentation de qualité, niveau 3 et 4, constaté avec un, trois ou quatre bases par argument. Un niveau d'argumentation de qualité, niveau 3 et 4, n'est jamais mobilisé sans un minimum d'une base par argument.
Ainsi, les résultats de notre recherche **nous indiquent que l'augmentation du nombre de bases par argument n'est pas en corrélation avec une mobilisation d'une argumentation de qualité.**

Les résultats de notre recherche nous indiquent qu'en nombre moyen de bases mobilisées par argument, **les élèves mobilisent en moyenne presque une seule base par argument**.

En outre, les élèves du groupe 4 mobilisent cinq qualifications lors des discussions en groupes.

6.3.3. Analyse du contenu de l'argument

Nous analysons dans cette partie les contenus des arguments mobilisés, leurs domaines d'abstraction et leurs thèmes correspondant, lors des discussions des élèves du groupe 4 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

6.3.3.1. Les contenus et les domaines d'abstraction

Les contenus

Nous visons par ce paragraphe l'analyse du contenu des arguments mobilisés par les élèves du groupe 4.

Ayant repéré et analysé ultérieurement les niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF, lors des présentations des différents groupes et lors du débat final de toute la classe, nous analysons dans ce paragraphe à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. Méthodologie) les contenus des arguments repérés (voir annexe). Nous constatons les résultats suivants:

Des contenus économiques relatifs à : Prix ou coût du KWH, du système et de la ressource énergétique ; le montant de la réduction sur un système ; le coût de la consommation d'un système annuel ou pour plusieurs années, notamment avec ou sans réduction ; le coût du système (élevé ou non) par rapport à une consommation élevé (ou faible ou prix d'installation élevé ou faible tout le long de sa durée de vie ; la rentabilité d'un système (ou non).

Des contenus scientifiques relatifs aux : Unité d'énergie (le KWH) ; la nature de la ressource renouvelable (ou non) ; les calculs du coût total des différents systèmes ; le phénomène de la capture du CO_2 par le bois ; l'efficacité énergétique du système solaire dépendant du climat (la météo) d'une région (l'ensoleillement) ; les températures hivernal négatives en France et le rendement d'un système.

Des contenus techniques relatif aux : Principe de fonctionnement des systèmes de chauffage ; la Compatibilité de la source et du système au bois ; Besoin d'abrit sec pour le bois ; Durée de vie D'un système ; le rendement d'un système ; l'efficacité énergétique d'un système ; la possibilité de raccordement d'un système et un autre.

Des contenus environnementaux relatifs aux : impact (ou non) sur l'environnement du système ou de la source énergétique ; le développement de la forêt et la déforestation ; énergie renouvelable (ou non) ; Capture du CO_2 par le bois.

Des contenus pratique/confort relatifs aux : odeurs dégagées par les systèmes ; le confort assuré (ou non) ; l'autonomie des systèmes ; l'aspect pratique du système ; la disponibilité de la ressource énergétique (ou non).

Des contenus esthétiques : chauffage à la mode (ou non).

Des contenus relatifs aux risques d'explosion des systèmes.
Divers contenus relatifs aux : point de vue personnel ; visions par rapport aux sciences scolaires ; la mode de prise de décision ; la vision par rapport à la vie et tâches scolaires.

Remarque : les élèves du groupe 4 n'évoquent à aucun moment explicitement la question du changement climatique et des émissions du CO_2 lors du choix du système. Par contre ils évoquent l'aspect environnemental de la capture du CO_2 par le bois.

- Les domaines d'abstraction

Nous visons par ce paragraphe, l'analyse des domaines d'abstraction des contenus mobilisés, lors des discussions des élèves du groupe 4.

Les domaines d'abstraction des contenus des arguments mobilisés sont analysés à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. méthodologie). Nous constatons les résultats suivants:

Remarque : *pour l'analyse des domaines d'abstraction, nous tenons compte dans l'analyse les résultats du domaine d'abstraction le plus élevé atteint par argument mobilisé.*

Exemples d'analyse des domaines d'abstraction :

Transcriptions	**Contenus**	**Niveaux d'abstraction**	**Domaines d'abstraction**
Exemple 1 de Domaine d'abstraction I			
41L4 : Mais si, ça veut dire l' eau chaude qui rentre ça chauffe.	Principe de fonctionnement de la chaudière à condensation	Opération ou aspect concret du fonctionnement d'une chaudière	I
42L3 : Mais non, la condensation.	[Déc incomplète]	aspect	I
43L1 : Si, c'est ça.	eau chaude se chauffe dans la chaudière à condensation	Opération ou aspect concret du fonctionnement d'une chaudière	I
44L3 : Non, condensation c'est un truc en plus *tu récupères des fumées, tu récupères la chaleur d' une fumige.*	Principe de fonctionnement de la condensation, récupération de la fumée dégagée dans le chauffage à condensation	Aspect de ce système à condensation par rapport à une chaudière normale ou propriété générale de tout système à condensation opération ou aspect concret du fonctionnement d'une chaudière à condensation	I
Exemple 2 de Domaine d'abstraction II			
100L2 : C'est du bois, forcément, c'est pas renouvelé comme le soleil. *Le bois c'est convivial*	Bois énergie non renouvelable à comparer avec le soleil convivialité du chauffage au bois	Propriété générale du bois aspect particulier	II I
101L1 : Si, si, si, c'est considéré comme une énergie renouvelable.	Bois énergie renouvelable	Propriété générale du bois, renouvelable	II
102L4 : C'est bien, t'en as pas chaudière pour le convivial	Refus du choix du système sur la base de la convivialité	Propriété générale à ne pas tenir compte lors de l'achat d'une chaudière ou opération	II
Exemple 3 de Domaine d'abstraction III			
221L4 : Mais calcule, calcule	Vérification par un calcul si Davantage le système est utilisé davantage le système est rentable	Opération concrète vérification par une opération de calcul sur un exemple particulier ou propriété	I
222L2 : Ca change rien… Par principe *Il vaut largement* *payer un truc très cher au départ,* *et après une consommation journalière faible,*	 Prix d'installation cher, consommation journalière faible est plus avantageux	Propriété générale cas général propriété de payer en général un objet cher au début + propriété d'une caractéristique général de consommation quotidienne faible = événement	 II

que un truc faible *et après des consommations énormes.* *Parce que plus tu vies,* *plus ça coûtera!* *ça c'est pas normal.* *[parle entre eux sur une autre question]*	prix d'installation faible consommation élevé davantage le temps passe davantage le prix payer est plus cher	Propriété de payer en général un objet à prix faible au début + propriété d'une caractéristique général de consommation quotidienne faible = événement davantage le temps passe en général davantage les dépenses augmentent en général = Principe	III

Tableau 40: Exemples d'analyse des domaines et des niveaux d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF lors des discussions du groupe 4 pour le choix d'un système de chauffage

Résultats des analyses :

	Domaines d'abstraction				**Total**
	Domaine I	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Total par domaine	82	31	2	0	115

Tableau 41: Domaines d'abstraction mobilisés par le groupe 4, des élèves du lycée LF, lors des présentation des groupes

Les résultats de notre recherche (voir tableau ci-dessus) indiquent que le domaine d'abstraction faible est majoritaire parmi les domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du groupe 4, tandis qu'une mobilisation de domaines d'abstraction élevé, domaine III, reste très rare. Les domaines d'abstraction moyens, domaine II, sont bien inférieurs au nombre des domaines d'abstraction faible.

6.3.3.2. Les thèmes mobilisés

Nous analysons dans ce paragraphe, dans le cadre de l'étude du contenu de l'argument, les thèmes mobilisés par les élèves du groupe 4.

Nous avons classé ces thèmes à partir d'une grille à priori développée pour l'analyse des données de notre recherche (cf. méthodologie de recherche). Nous avons analysé (voir tableaux en annexe et ci-dessous) les contenus et les sous-contenus mobilisés par les élèves, en indiquant leurs thèmes correspondants (économiques, techniques, scientifiques, environnementaux, confort, pratique, esthétiques, du risque et divers) et leurs fréquences d'occurrence.

Remarque : Vu que certains des (sous)contenus sont communs à différents thèmes. Pour le comptage nous avons procédé de la façon suivante : si un (sous)contenus est commun à deux

thèmes il sera compté ½ et s'il est commun à trois thèmes il sera compté 1/3.

Exemples d'analyse des thèmes mobilisés

Transcriptions	**(sous)contenus**	**Thèmes**
264L4 : En 1 an ? Ta chaudière électrique elle te coûte 3 mille euros. Si, si, le coût de la chaudière plus la consommation c'est 3700 euros,	[Calcul] du Coût d'installation et de consommation du système électrique pour un an	Scientifique et Économique
j' ai calculé.	Calcul du montant	Scientifique et Économique
Et là pour le truc au bois c'est 15 mille euros.	[Calcul du] Coût [approximatif] d'installation et de consommation d'un an du bois granulé [sans réduction] , [plus cher que l'électrique]	Scientifique et Économique

Tableau 42: exemples d'analyse des thèmes mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF

Les résultats d'analyses des thèmes mobilisés

Groupe 4	E			Sc			T			En			P/C			Es			R			Di			Total des sources des thèmes par groupe		
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																								
Répartitions des (sous)contenus par thème	9	5	1	1	7	1	4	10	2	2	4	1	3	5	1	1			2			5			27	31	6
thèmes communs		1 E et T; 1 E et T; 1 E et En; 1 E et Sc; 1 E et T	1 E, En et T		1 Sc et T; 2 Sc et En; 2 Sc et T; 1 Sc et E ; 1 Sc et P/C	1 Sc, T et P/C		4 T et P/C; 1 T et Sc; 1 T et E; 2 T et Sc; 1 T et E; 1 T et E	1 T E et En; 1 T, Sc et P/C		1 E et En; 1 E et En; 2 En et Sc	1 E En et T		1 C et T; 2 P et T; 1 P et T; 1 Sc et P/C	1 P T et Sc											
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 4	11,83			4,83			9,67			4,33			5,83			1			2			5			44,5		
Total d'occurence par thème	80			16			52			16			9			3			5			15			196		

Illustration 16: thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors des discussions du groupe 4 lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés; E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, S = thèmes de santé et Di = thèmes divers. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) sont('est) commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) sont('est) en commun(s) à trois thèmes.

Nous constatons lors du débat final de toute la classe (voir tableau ci dessus) une mobilisation de thèmes variés, notamment, une mobilisation de thèmes techniques, scientifiques, économiques, environnementaux, confort/pratique, esthétiques, du risque et divers thèmes et sans aucune mobilisation de thèmes relatifs à la santé.

Les thèmes économiques sont les thèmes majoritaires. Ils sont suivis respectivement de thèmes techniques, pratique/confort et scientifiques. Les thèmes esthétiques sont minoritaires. **Si nous**

ajoutons les thèmes techniques/scientifiques ils deviennent majoritaires parmi les thèmes mobilisés.

Les thèmes mobilisés présentent un grand nombre de (sous)contenus en communs avec d'autres thèmes, notamment remarqué avec les thèmes scientifiques et techniques. Quand aux thèmes esthétiques, du risque et divers, ils relèvent tous de (sous)contenus distincts d'autres thèmes.

En outre, nous constatons qu'en nombre d'occurrence des thèmes, ce sont les thèmes économiques qui sont majoritaires suivis respectivement par les thèmes techniques et aux thèmes techniques et environnementaux.

6.4. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument.

Dans ce paragraphe, en réponse à notre question de recherche relative au lien éventuel entre la qualité d'argumentation et la mobilisation des connaissances (e.g. Scientifiques et techniques), nous analysons d'une façon synergique, à l'aide de différents cadres analytiques (c.f. méthodologie), la structure de l'argument et le contenu de l'argument (e.g. Techniques et scientifiques) en visant l'interrelation éventuelle entre eux.

6.4.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des contenus et les domaines d'abstraction

6.4.1.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des contenus mobilisés

Dans ce paragraphe nous croisons les analyses de la structure de l'argument, notamment les niveaux d'argumentation faibles et de qualité, et du contenu de l'argument, les contenus respectifs des arguments mobilisés par les élèves lors des discussions du groupe 4 et analysés dans le paragraphe I, premier niveau d'analyse.

Les élèves mobilisent les contenus suivants, lors d'une argumentation de qualité :
Des contenus scientifiques et pratiques relatifs à la non disponibilité de la ressource énergétique, solaire, durant l'hiver et pour certaines régions, nécessaire au fonctionnement du système solaire.
Argumentation du niveau 4 : « 69L1 : *Ben oui, il y en [du soleil] a pas partout,* [Réfutation de 68L2 ; pas de soleil disponible partout] *et en hiver.* [Justification de la réfutation = base ; ensoleillement non disponible pour certaine région en hiver] »

*Des contenus environnementaux et économique*s relatifs au dédoublement de la forêt en France et donc de la possibilité économiques d'utiliser cette ressource énergétique.
Argumentation du niveau 4 :
« 83L3 : *Regarde, ils disent que la forêt a presque doublé en France. [donnée ou justification de la réfutation = base; dédoublement dde la forêt en France]*
85L3 : Et ensuite ils ajoutent que le chauffage au bois il respecte plus l'environnement. [réfutation de 75L1; pas d'impact environnemental du bois en France] »

des contenus économiques relatifs au coût total final de l'installation et d'utilisation d'un système [dépend largement aussi] du Prix d'installation, du système de chauffage s'il est élevé.
Argumentation de qualité, niveau 3 :
« *223L4 :* [réfutation implicite] *Même si on a c'est tu paies vachement cher le kWh, le prix de chaudière* [justification de la réfutation = base] *»*

des contenus économiques relatifs au coût exact de l'installation d'un chauffage au bois (granulé)

après réduction:
argumentation de qualité, niveau 3 :
"265L5 : Non, c'est pas 15 mille, [**Réfutation faible**; valeur inexacte du coût d'installation et d'utilisation du système au bois] *t' as 4 mille euros de moins grâce à la déduction d' impôts* [**donnée 3** = base 3; montant de la déduction d'impôts] ...
267L5 : Donc ça te fait 8 mille la chaudière.[**Justification 3** de la réfutation = base 3; le montant d'installation du système au bois après déduction de l'aide de l'état] ...
269L3 : Regarde, regarde. [**justification 3** ou donnée 3 de la réfutation; une gesture pour montrer les informations dans le document] ...
271L5 : 2 mille à 4 mille 2 cent pour le chauffière la chaudière à bois granulés [**donnée 3** de la réfutation; montant exact de] et qui coûtait 12 mille euros.[**donnée 3** de la réfutation; coût de l'installation du système au bois granulé] »
Réfutation faible + 5 bases = niveau 3 d'argumentation

Des contenus économiques relatifs au coût élevé d'installation du chauffage au bois par rapport au système électrique
niveau d'argumentation de qualité, niveau 3
"273L5 : *13 mille, oui d' accord,* [donnée de la réfutation = base ; coût d'installation du chauffage granulé avant réduction] *si tu veux jouer comme ça.*
ça te fait du 8 mille à 8 mille 7 cent euros quoi. [donnée ou justification ; coût d'installation du chauffage granulé après réduction]
c'est pas énorme quoi bon [réfutation faible ; coût élevé du système au bois (granulé)],
ça coûte mille 5 cent euros disons plus [donnée ; coût d'installation d'un chauffage électrique]"

Les élèves mobilisent certains contenus, lors d'une argumentation faible :

Des contenus non spécifique relatifs à choisir un chauffage électrique.
« 34L1 : Moi c'est électrique.[déclaration] »

des contenus techniques relatifs au principe de fonctionnement d'un chauffage à condensation
« 45L4 : Chauffage à l' eau quoi. [déclaration] ».

contenus scientifiques et pratiques relatifs à la disponibilité à tous moments et dans toutes les régions de l'énergie solaire.
68L2 : " T' en as pas partout [Déclaration 4, les rayons du soleil arrivent sur toute la terre; déclaration sans base = niveau 1] [ou justification 4 ou soutien 4 de 63L4= base 4]"

contenus environnementaux et économiques relatifs à la disparition des forêts
[79L4 : Ben non, justement]

Contenus économiques relatifs au coût cher d'une tonne de bois
« 91L3 : Mais ça coûte cher une tonne de char en bois »

Nous ne constatons, d'après les résultats de nos analyses, aucun lien particulier entre les contenus mobilisés et le niveau d'argumentation de qualité ou faible.

Croisement entre les domaines d'abstraction et les contenus mobilisés

Des domaines d'abstraction élevés :

des contenus techniques et économiques relatifs à davantage le système est utilisé (le temps passe) davantage le système devient rentable.
« 218L2 : Justement, plus tu avances, plus c'est rentable »

Des contenus économiques et techniques relatifs à l'avantage d'un coût d'installation cher, avec une consommation journalière faible qu'un prix d'installation faible et d'une consommation élevé et cela avec le temps qui passe.
« 222L*2 : Ca change rien… Par principe Il vaut largement payer un truc très cher au départ, et après une consommation journalière faible, que un truc faible et après des consommations énormes. Parce que plus tu vies, plus ça coûtera! ça c'est pas normal. [parle entre eux sur une autre question] »*

Nous constatons que les domaines d'abstraction élevés correspondent à la mobilisation de thèmes techniques (ou scientifiques) (parmis d'autres thèmes), tandis que les domaines d'abstraction faibles et moyens peuvent être mobilisés avec différents thèmes et pas spécialement des thèmes scientifiques et/ou techniques.

6.4.1.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction

Dans ce paragraphe, nous étudions le lien possible entre la structure et le contenu de l'argument, notamment entre les niveaux d'argumentation (la structure de l'argument) et le développement conceptuel des contenus, les domaines d'abstraction, (le contenu de l'argument) mobilisés par les élèves du groupe 4 lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés. Nous croisons pour cela les résultats du groupe 4, retrouvés dans le paragraphe I, analyse du premier ordre, relatifs aux niveaux d'argumentation avec celui des domaines d'abstraction.

	Domaines d'abstraction				**Total niveau d'argumentation**
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1	41	6			47
Niveau 2	37	23	2		62
Niveau 3	2	1			3
Niveau 4	2	1			3
Niveau 5					0
Totale domaine	82	31	2	0	115

Tableau 43: croisement des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction mobilisés par

les élèves du groupe 4 du lycée LF, lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Les résultats de nos analyses nous indiquent (voir tableau ci-dessus):

Une majorité des arguments mobilisés sont du niveau moyen, niveau 1, ayant des domaines d'abstraction faible, domaine I, suivis par des niveau d'argumentation moyen ayant des domaines d'abstraction faible.

Une minorité d'arguments sont du niveau d'argumentation faible, du niveau d'argumentation de qualité niveau 3, ayant des domaines d'abstraction faible I et du niveau d'argumentation de qualité, niveau 3, avec de domaine d'abstraction faible et moyen, domaine I et II.

Nous constatons qu'une argumentation de qualité, niveau 3 et 4, est mobilisée respectivement avec des domaines d'abstraction moyen (domaine II) et faible (domaine I) et pas nécessairement avec des domaines d'abstraction élevés, domaine III ou très élevés domaine IV.

Tandis qu'un domaine d'abstraction élevé, domaine III, est mobilisé avec une argumentation de niveau moyen, niveau 2, et pas nécessairement avec un niveau d'argumentation élevé, niveau 3 et 4, et non plus avec un niveau d'argumentation faible, niveau 1.

Nous ne constatons aucune mobilisation d'un argument avec des domaines d'abstraction très élevés, domaine IV.

6.4.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des thèmes

Nous visons par ce paragraphe étudier les lien(s) éventuel(s) entre la structure de l'argument (les niveaux d'argumentation) et le contenu de l'argument, notamment les thèmes mobilisés. Pour y arriver, nous croisons les résultats d'analyses des niveaux d'arguments et des thèmes mobilisés obtenus précédemment dans les paragraphes d'analyse du premier ordre, des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés (voir aussi tableaux ci-dessus et tableaux en annexe).

	E	E P/ C et Di	T E	E Sc T	E Sc	Sc	En Sc	T Sc	T	E T P / C	E Sc T P/ C	T En	En T Sc	En	En E T	En E Sc	En E	En P/ C	P / C T	P / C	Sc P/ C	P/ C T Sc	Es	E Es	R	Di	N I	Total
Niveau 1	12				1		2		9					2			1		1		1		2			3	13	47
Niveau 2	15	1	10	3	1		1		5	1	1			3	1	1	3		1	1		2	1		2	8	1	62
Niveau 3	3																											3
Niveau 4					1												1				1							3
Total	30	1	10	3	3		3		14	1	1			5	1	1	5		2	1	2	2	3		2	11	14	115

Tableau 44: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 4 lors des discussions du groupe 4 des élèves du lycée LF lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Nous constatons une majorité de niveaux d'argumentation de niveau moyen 2 ayant des thèmes économiques, suivis respectivement par le niveau d'argumentation faible ayant des thèmes non spécifiques et ensuite du niveau d'argumentation faible ayant des thèmes économiques.

Nous constatons aussi, qu'une argumentation de qualité moyenne, niveau 2, est observée avec différents thèmes, notamment des thèmes techniques, scientifiques, des thèmes environnementaux, économiques, confort/pratique, du risque, esthétiques et/ou divers thèmes (juridiques et de point de vue personnel, relatif à une prise décision et l'exécution de la tâche scolaire) ainsi que des thèmes non spécifiques.
L'argument de qualité inférieur, niveau 1, est constaté avec des thèmes divers, esthétiques, scientifiques, pratique/confort, techniques, environnementaux et/ou économiques.
Une argumentation de qualité est constatée avec des thèmes économiques, environnementaux, scientifiques et/ou pratique/confort.

D'après les résultats de notre recherche, nous ne constatons pas un lien entre la mobilisation d'un(es) ou plusieurs des thème(s) et les niveaux d'argumentation lors des discussions du groupe 4.

6.4.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument (les niveaux d'argumentation) au contenu de l'argument (les domaines d'abstraction et les thèmes) mobilisés par les élèves (voir tableau ci-dessous) du groupe 4. Nous constatons les résultats suivants :

****Remarque : pour l'analyse, nous citons les différents thèmes mobilisés par argument (voir tableau ci dessous) et cela toujours en comptant dans cet argument le domaine d'abstraction le plus élevé.*

Une majorité de niveaux d'argumentation du niveau d'argumentation moyen, niveau 2, de domaines d'abstraction faible, domaine I et ayant des thèmes économiques suivis respectivement par un niveau d'argumentation faible, niveau 1, de domaine d'abstraction faible, domaine I et ayant des thèmes économiques.

Aucun lien particulier n'est constaté entre la mobilisation de niveau d'argumentation, des domaines d'abstraction et les thèmes mobilisés.
Des niveaux d'argumentation de qualité sont mobilisés avec des domaines d'abstraction faibles et moyens et pas nécessairement avec des domaines d'abstraction élevés ayant des thèmes scientifiques/techniques mais aussi avec des thèmes économiques, environnementaux et/ou pratique/ confort.

En outre, **les domaines d'abstraction élevés sont mobilisés avec des niveaux d'argumentation moyens et pas nécessairement élevés mais jamais avec des domaines d'abstraction faibles.** Par contre, **les domaines d'abstraction élevés correspondent à la mobilisation de thèmes techniques.**

		E	E P/ C et Di	T E	E Sc T	E Sc	Sc	En Sc	T Sc	T	E T P / C	E Sc T P/ C	T En	En T Sc	En	En E T	En E Sc	En E	En P/ C	P / C T	P / C	Sc P/ C	P/ C T Sc	Es	E Es	R	Di	N I	Total
Niveau 1	Domaine I	11				1				9					2			1		1				2			1	13	41
	Domaine II	1						2														1					2		6
Niveau 2	Domaine I	15	1	7	3	1				5	1	1			3														37
	Domaine II			1				1								1	1	3		1	1		2	1		2	8	1	23
	Domaine III			2																									2
Niveau 3	Domaine I	2																											2
	Domaine II	1																											1
Niveau 4	Domaine I					1												1											2
	Domaine II																					1							1
Total		30	1	10	3	3		3		14	1	1			5	1	1	5		2	1	2	2	3		2	11	14	115

Tableau 45: Niveaux d'argumentation, thèmes et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF, lors du débat de toute la classe.

6.4.4. Croisement des analyses de la structure de l'argument et des sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation, au contenu de l'argument, les sources des contenus, mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

Les (sous)contenus analysés et repérés lors de l'argumentation (c.f. Méthodologie et Annexe) sont comparés aux documents distribués aux élèves durant la séquence et au curriculum prescrit, et étudiés à l'aide d'un cadre analytique à priori développé pour notre recherche (c.f. Méthodologie) pour établir leurs sources respectives. Les résultats obtenus sont ensuite comparés aux niveaux d'argumentation respectifs.

6.4.4.1. Sources des (sous)contenus

Nous analysons dans ce paragraphe les sources des (sous)contenus mobilisés. Nous cherchons à repérer si les (sous)contenus, mobilisés par les élèves et structurés dans le tableau d'analyse des thèmes (voir annexe), concordent avec des contenus issus du curriculum prescrit, des documents distribués et/ou d'autres sources. Nous cherchons à retrouver quelle(s) source(s) les élèves font appel(s) lors de l'argumentation du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat.

Nous classons les contenus, repérés avant et classés en thèmes (voir méthodologie, annexe et tableaux suivants), en fonction des sources (ou origines) de ces thèmes. Notamment s'ils sont issus des documents distribués (D), du curriculum (Cu), du Curriculum et des documents (Cu et D) ou d'autres (A) sources qui ne font pas partie du curriculum prescrit ou des documents distribués.
D'après l'analyse des données nous retrouvons les résultats suivants (voir tableau ci-dessous) :

Groupe 4	E			Sc			T			En			P/C			Es			R			Di			Total des sources des thèmes par catégorie			Total des sources thèmes
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)	6	1	1		1		4	6	1		1	1	1	3		1			1			1			14	12	3	21
thèmes communs		1 E et T;	1 E, En et T		1 Sc et T			4 T et P/C; 1 T et Sc; 1 T et E	1 T E et En		1 E et En	1 E En et T		1 C et T; 2 P et T;											0			0
Curriculum (Cu)				1																					1			1
thèmes communs																									0			0
Curriculum et Document (Cu et D)		3		1	5	1		3	1	2	3				1										3	14	3	11
thèmes communs		1 E et T; 1 E et En; 1 E et Sc			2 Sc et En; 2 Sc et T; 1 Sc et E	1 Sc, T et P/C		2 T et Sc; 1 T et E;	1 T, Sc et P/C		1 E et En; 2 En et Sc				1 P T et Sc										0			0
Autres (A)	3	1						2					2	1					1			4			10	4	0	12
thèmes communs		1 E et T						1 T et E; 1 P et T						1 P et T											0			0
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 4	9	5	1	2	6	1	4	11	2	2	4	1	3	4	1	1			2			5			28	30	6	45

Illustration 17: sources des thèmes mobilisés par le groupe 4 des élèves du lycée LF lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Nous constatons que les élèves du lycée LF, lors des discussions du groupe 4, ne se limitent pas à une seule source d'information et mobilisent différents thèmes issus de différentes sources : majoritairement issus des documents, suivis respectivement presque également, de thèmes issus des documents et du curriculum prescrit (Cu et D) et d'autres sources (A). **Les thèmes mobilisés issus juste du curriculum sont très rares.**
En particulier, la majorité des thèmes techniques sont issus des documents. Tandis que les thèmes scientifiques sont issus majoritairement des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources.
La majorité des thèmes économiques sont issus des documents. Pour les thèmes environnementaux, ils sont majoritairement issus des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources. Par rapport aux thèmes pratique/confort et risque ils sont issus majoritairement également d'autres sources et des documents. Les thèmes divers sont issus totalement d'autres sources.

6.4.4.2. Croisement entre la structure de l'argument et les sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe, d'une façon synergique, les analyses de la structure de l'argument, (les niveaux d'argumentation, en particulier élevés et faibles), et le contenu de l'argument (les sources des contenus mobilisés).

En comparant les niveaux d'argumentation de qualité et faibles, relatif à la structure de l'argument, et les sources des contenus mobilisés par les élèves, nous constatons (voir tableau ci-

dessous) :

Une mobilisation d'une argumentation de qualité, niveau 3 et 4, correspond à des thèmes issus des documents et/ou du curriculum prescrit, mais non d'autres sources. Tandis qu'une mobilisation d'une argumentation faible, niveau 1, et moyenne, niveau 2, est issue des documents et/ou d'autres sources mais pas du curriculum prescrit.

Niveaux d'argumentation	Transcriptions	(Sous)Contenus mobilisés	Thèmes mobilisés	Sources des (sous) contenus
4	*69L1 : Ben oui, il y en a pas partout, et en hiver.*	Indisponibilité de la ressource énergétique solaire, ensoleillement faible ou indisponible durant l'hiver	Sc et P Sc et P	D et Cu D et Cu
4	*83L3 : Regarde, ils disent que la forêt a presque doublé en France.* *85L3 : Et ensuite ils ajoutent que le chauffage au bois il respecte plus l'environnement.*	étendue de la forêt en France Respect environnemental du bois	En et E En	D D
4	264L4 : En 1 an ? Ta chaudière électrique elle te coûte 3 mille euros. Si, si, le coût de la chaudière plus la consommation c'est 3700 euros, j' ai calculé. Et là pour le truc au bois c'est 15 mille euros.	Coût d'installation et de consommation du système électrique pour un an Calcul du montant Coût [approximatif] d'installation et de consommation d'un an du bois granulé [sans réduction] , [plus cher que l'électrique]	Sc et E Sc et E Sc et E	D D D
3	*223L4 : Même si on a c'est, tu paies vachement cher le kWh, le prix de chaudière*	Prix total au final élevé [dépend largement aussi du] Prix d'installation du système de chauffage élevé	E	D
3	*265L5 : Non, c'est pas 15 mille,* *t' as 4 mille euros de moins grâce à la déduction d' impôts.* *267L5 : Donc ça te fait 8 mille la chaudière.* *269L3 : Regarde, regarde.* *271L5 : 2 mille à 4 mille 2 cent pour le chauffière la chaudière à bois granulé* *et qui coûtait 12 mille euros.*	Prix du système au bois montant de l'aide d'état Prix final de la chaudière au bois avec réduction d'impôt [désignation des documents] Montant de la réduction de la chaudière au bois Montant [approximatif] du coût d'installation d'un système au bois granulé	E E E E E E	D D D D D D
3	*273L5 : 13 mille, oui d' accord, si tu veux jouer comme ça.* ça te fait du 8 mille à 8 mille 7 cent euros quoi. c'est pas énorme quoi bon, *ça coûte mille 5 cent euros disons plus*	coût de la chaudière au bois coût d'installation de la chaudière après réduction d'impôt coût élevé du chauffage au bois Coût d'installation du chauffage électrique	E E E E	D
2	*59L4 : Moi solaire, ça me parle bien. Solaire c'est bien* *61L4: Ça fait écolo, ça fait*	Choix du système solaire chauffage solaire écologique	En	D D et Cu
2	62L2 : On remarque le bois c'est pas non plus cher 5.6 centimes et la c'est 4.7	Coût du KWH au poids, pas cher montant du Prix du KWH du bois montant du Prix du KWH du bois	E E E	D D D
2	35L3 : Vaut mieux pas prendre	Refus du choix de l'électrique		

	l'électrique, tout le monde va prendre.	faire un choix différent part des autres	divers (point de vue personnel et mode de prise de choix)	A
1	*41L4 : Mais si, ça veut dire l' eau chaude qui rentre ça chauffe.*	Principe de fonctionnement de la chaudière, chauffage de l'eau	T	D
1	*55L4 : Mais c'est moyen âge, chauffage au bois.*	chauffage au bois pas à la mode	Es	A
1	*68L2 : T' en as pas partout.*	Disponibilité de la ressource énergétique solaire,	T et P/C	A

Tableau 46: niveaux d'argumentation de qualité et faibles, (sous)contenus, thèmes, et leurs sources correspondantes mobilisés par les élèves du lycée LF du groupe 4, lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage ; E = économique, Sc = scientifique, Es = esthétique, T = technique, P/C = pratique/confort, En = environnement ; D = documents, Cu = curriculum prescrit, A = autres sources que les documents et le curriculum prescrit.

6.4.5. Analyses de la structure d'argument et de la validité des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation, au contenu de l'argument, la validité des contenus, mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe.

L'analyse de la validité des contenus mobilisés se fait à l'aide d'un cadre à priori (c.f. Méthodologie). En particulier, nous cherchons si les contenus mobilisés sont non valides par rapport aux documents distribués ou par rapport au curriculum prescrit (mobilisation de fausses conceptions et/ou de contenus non valides par rapport aux documents distribués ou au curriculum), des contenus non spécifiques à un domaine, des contenus valides par rapport à un domaine donné mais sans davantage de détails et finalement des contenus valides par rapport à un domaine spécifique avec une explication partielle et/ou complète.

Remarque : pour l'analyse de la validité des contenus nous nous limitons à l'analyse des contenus des niveaux d'argumentation faibles, élevés et certains des niveaux d'argumentation moyens.

D'après l'analyse des résultats nous constatons (voir tableau ci-dessous) :

Une argumentation de qualité, niveau 3 et 4, correspond à des contenus valides, avec des explications partielles ou complètes. Par contre, une argumentation du niveau faible et moyen, respectivement niveau 1 et niveau 2, correspond avec des contenus valides avec une explication partielle ou complète mais aussi avec des contenus non spécifiques ou même erronés.

Une mobilisation d'une argumentation de qualité correspond avec une mobilisation de contenus valides, avec une explication partielle ou complète.

Niveaux d'argumen-tation	Transcriptions	(Sous)Contenus mobilisés	Thèmes mobilisés	Validité des contenus
4	*69L1 : Ben oui, il y en a pas partout,* *et en hiver.*	Indisponibilité de la ressource énergétique solaire, [nécessaire au système solaire] Ensoleillement faible ou indisponible durant l'hiver [Réfutation de la déclaration 68L2 de l'élève indiquant qu'il y a partout du soleil]	Sc et P Sc et P	Contenus scientifiques (et Pratique) valides avec une explication partielle relative au peu d'ensoleillement durant l'hiver, sans indiquer les raisons (par exemple que c'est fonction de la météo et des nuages qui peuvent bloquer la lumière du soleil)
4	*83L3 : Regarde, ils disent que la forêt a presque doublé en France.* *85L3 : Et ensuite ils ajoutent que le chauffage au bois il respecte plus l'environnement.*	étendue de la forêt en France Respect environnemental du bois [Réfutation de la déclaration 75L1 que le bois a un impact environnemental]	En et E et Sc En	Contenus environnementaux (et économiques) valides avec une explication partielle indiquant que l'utilisation du bois pour se chauffer n'a pas un impact environnemental vu son abondance, les forêts ont doublé, sans davantage d'explications (par exemple sur l'impact des émissions du gaz CO_2 lors de la combustion du bois).
4	*264L4 : En 1 an ? Ta chaudière électrique elle te coûte 3 mille euros. Si, si, le coût de la chaudière plus la consommation c'est 3700 euros,* *j'ai calculé.* *Et là pour le truc au bois c'est 15 mille euros.*	(Calcul) du Coût d'installation et de consommation du système électrique pour un an calcul du montant Calcul du montant du Coût [approximatif] d'installation et de consommation d'un an du bois granulé [sans réduction], [plus cher que l'électrique]	E et Sc Sc Sc et E	Contenus économiques et scientifiques valides relatifs au calcul du coût du système de chauffage annuel de l'électrique et au bois avec une explication partielle convenable relative à quel système est le plus cher [calcul approximatif ne tenant pas compte des réductions possibles sur les prix par déduction d'impôt sur le système au bois]
3	*223L4 : Même si on a c'est, tu paies vachement cher le kWh [quiproquo],* *le prix de chaudière*	Prix total au final élevé [dépend largement aussi du] Prix d'installation du système de chauffage élevé [Réfutation que le prix du système au final dépend principalement du coût d'utilisation du système indépendamment du coût d'installation]	E Sc et T (KWH)	Contenus économiques valides avec une explication partielle que le prix final du chauffage peut être élevé [par rapport à d'autres systèmes] même avec un prix de consommation au KWH faible si le prix d'installation du système est élevé, [sans aucune indications ou exemples par l'élève des valeurs correspondantes justifiant sa déclaration par rapport au système au bois à

				comparer avec le système électrique sujet de discussion].
3	*265L5 : Non, c'est pas 15 mille, t' as 4 mille euros de moins grâce à la déduction d'impôts.* *267L5 : Donc ça te fait 8 mille la chaudière.* *269L3 : Regarde, regarde.* *271L5 : 2 mille à 4 mille 2 cent pour le chauffière la chaudière à bois granulé* *et qui coûtait 12 mille euros.*	Prix du système au bois montant de l'aide d'état Prix final de la chaudière au bois avec réduction d'impôt [désignation des documents] Montant de la réduction de la chaudière au bois Montant [approximatif] du coût d'installation d'un système au bois granulé	E et sC E E E E E	Contenus économiques valides avec explication complète en indiquant le coût d'installation du système est à 8 mille euros, inférieure à la valeur de 15 mille euro indiquée par un autre élève en mentionnant le coût exact initial du système, le montant de la déduction et le coût final correspondant à cette déduction
3	*273L5 : 13 mille, oui d' accord, si tu veux jouer comme ça.* *ça te fait du 8 mille à 8 mille 7 cent euros quoi.* *c'est pas énorme* *quoi bon,* *ça coûte mille 5 cent euros disons plus*	coût de la chaudière au bois coût d'installation de la chaudière après réduction d'impôt coût élevé du chauffage au bois mais coût élevé du bois par rapport à l'électrique Coût d'installation du chauffage électrique [Réfutation que le coût d'installation d'un chauffage au bois n'est pas élevé]	E E E E E	Contenus économiques valides avec une explication partielle indiquant que le prix d'installation d'un système au bois est cher à comparer au coût d'installation d'un système électrique en indiquant les prix d'installation respectifs de chaque système, mais sans tenir compte de leurs coûts respectifs tout le long de leurs durées de vie
2	*59L4 : Moi solaire, ça me parle bien.* *Solaire c'est bien* *61L4: Ça fait écolo, ça fait*	Choix du système solaire choix convenable chauffage solaire écologique	Di (perso) En	Des contenus environnementaux valides avec une explication partielle sur qu'est ce qui fait qu'un système solaire est écologique
2	*62L2 : On remarque le bois c'est pas non plus cher* *5.6 centimes* *et là c'est 4.7*	Coût du KWH au poids, pas cher Prix du KWH du bois granulé montant du Prix du KWH du bois aux bûches	E E E	Des contenus économiques valides relatifs au coût pas cher du bois avec une explication partielle indiquant juste le prix du KWH du bois sans comparer au coût du KWH d'autres ressources ou d'autres systèmes
2	*75L1 : Mais allô, compare critères environnementales du système.* *Il y a un impact environnemental.*	Comparaison des critères environnementales Impact environnemental du chauffage au bois	En En	Des contenus erronés par rapport aux documents, relatifs à l'environnement. (pas d'impact environnemental du chauffage au bois en France).
1	*41L4 : Mais si, ça veut dire*	Principe de fonctionnement	T	Des contenus techniques

	l'eau chaude qui rentre ça chauffe.	de la chaudière, chauffage de l'eau		valides sur le principe de fonctionnement d'une chaudière avec une explication partielle sur le fonctionnement du système qui fait chauffer l'eau qui entre
1	*105L2 : Non-écologique.*	Chauffage solaire non écologique [en se référant aux documents]	En	Contenus environnementaux erronés, aucune indication sur des impacts non environnementaux du solaire

Tableau 47: Niveaux d'argumentation et Validité des contenus mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage

Domaines d'abstraction et validité des contenus

Dans ce paragraphe nous croisons les analyses des domaines d'abstraction élevés et la validité des contenus mobilisés. D'après les résultats de nos analyses nous constatons (voir tableau ci dessous) :

Domaines d'abstra-ction	Transcriptions	(Sous)Contenus mobilisés	Thèmes mobilisés	Validité des contenus
III	218L2 : Justement, plus tu avances, plus c'est rentable.	Davantage le système est utilisé davantage le système est rentable	T E	Des contenus techniques et économiques valides avec une explication partielle
III	222L2 : Ca change rien… Par principe Il vaut largement payer un truc très cher au départ, et après une consommation journalière faible, que un truc faible et après des consommations énormes. Parce que plus tu vies, plus ça coûtera! ça c'est pas normal. [parle entre eux sur une autre question] 225L5 : Non, mais [inaudible] il faudra le dire c'est rentable sur le long terme.	 Prix d'installation cher, consommation journalière faible est plus avantageux prix d'installation faible consommation élevé davantage le temps passe davantage le prix payer est plus cher Prix rentable à long terme	E E E et T E E E et T E et T	Des contenus techniques et économiques valides avec une explication complète
I	213L2 : C'est comme si tu achètes une voiture très chère, sauf que le 214L4 : La consommation d' essence est lente 215L1 : Voila, c'est ça 216L2 : Et c'est beaucoup mieux.	Coût d'installation d' un système, cher	E	Des contenus techniques et économiques valides avec une explication partielle
		Coût de la consommation annuelle, faible	E, T	
		Coup au total du système et de la consommation	E	
I	*265L5 : Non, c'est pas 15 mille, t' as 4 mille euros de moins grâce à la déduction d' impôts.* *267L5 : Donc ça te fait 8 mille la chaudière.* *269L3 : Regarde, regarde.* *271L5 : 2 mille à 4 mille 2 cent pour le chauffière la chaudière à bois granulé* *et qui coûtait 12 mille euros.*	Prix du système au bois montant de l'aide d'état Prix final de la chaudière au bois avec réduction d'impôt [désignation des documents] Montant de la réduction de la chaudière au bois Montant [approximatif] du coût d'installation d'un système au bois granulé	E E E E E E	Contenus économiques valides avec explication complète indiquant le coût d'installation du système est de 8 mille euros, inférieure à la valeur de 15 mille euro indiquée par un autre élève en mentionnant le coût exact initial du système, le montant de la déduction et le coût final correspondant à cette déduction
I	79L4 : Ben non, justement	disparition de la ressource le bois	En, E	Contenus environnementaux et économiques erronés relatifs à la disparition de la ressource au bois en France

Tableau 48: Domaines d'abstraction et Validité des contenus mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage

N**ous remarquons que des contenus convenables avec des explications partielles ou complètes peuvent être constatés avec de domaines d'abstractions faibles (domaine I) ou des domaines d'abstraction élevés (domaine III). En outre, des contenus erronés peuvent être constatés avec des domaines d'abstractions faibles (domaine I) mais non des domaines d'abstraction élevés (domaine III).**

Chapitre 6, partie II: Analyse des discussions en groupes, groupe 6, le choix d'un système au bois parmi cinq proposés

6.5. Premier niveau d'analyse

Nous analysons dans cette partie les questions débattues par les élèves, la qualité d'argumentation, notamment, la structure et les contenus de l'argument lors des discussions du groupe 6 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

6.5.1. Questions débattues

Dans cette partie nous identifions les questions débattues, lors du débat final de toute la classe, des moments où les élèves du groupe 6 du lycée LF débattent et discutent dans le but de faire le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés (cf. méthodologie de recherche, méthodes d'analyse, les cadres d'analyse des données orales, les questions débattues).

Les élèves du groupe 6 choisissent au final le système électrique.

En analysant le discours des élèves du lycée LF, on tire les questions qui suscitent des débats entre les élèves (voir Tableau 1 ci-dessous).

Activités	Tours de parole	Contenus des Activités des élèves	Questions débattues
Activité 0		Les élèves se mettent dans les groupes désignés au préalable, par le chercheur. Le chercheur, ayant distribué à chaque groupe les documents de travail, explique sommairement le but de la séance (le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés), le mode travail en groupe (choisir un(e) rapporteur(rice) et un(e) porte parole du groupe, lire les documents, discuter le contenu dans le but de se mettre d'accord sur le choix d'un système de chauffage et donner la parole à tout le monde en essayant de faire le tour de table), le contenu des documents et des fiches à remplir (les différents systèmes proposés dans les documents, la fiche de guide de prise de décision et la fiche de synthèse de prise de décision incluant (le chauffage choisit, les raisons du choix notamment les connaissances scientifiques, quels sont les contre-arguments possible de ce choix et quoi répondre à ces contre-arguments)) et invitent les élèves à préparer au final une présentation de trois minutes par groupe au reste de la classe, indiquant le système choisi en le justifiant.	
Activité 1	1L1 à 24L5	Les élèves lisent les documents et précisent la question à débattre	
Activité 2	25L3 à 79L1	Les élèves lisent les documents, comparent les différents systèmes et évaluent le contenu des documents dans l'option de choisir un système de chauffage	Question 1 : quelles sont les paramètres techniques (existence d'un réseau de gaz), à tenir compte, pour choisir un chauffage au gaz?
			Question 2 : Est ce que le chauffage solaire est "la solution" de l'activité proposée par le chercheur, du choix d'un système de chauffage ?
			Question 3 : Quelle est le coût de la consommation annuelle du chauffage au gaz ?
			Question 4 : Est ce que le coût de la consommation annuelle du chauffage au gaz est cher ou accessible à tout les français ?

			Question 5 : quels sont les différentes parties techniques de la chaudière ?
Activité 3	de 80L3 à 114L2	les élèves retournent à la situation initiale, les éléments à tenir compte pour prendre une décision : les élèves discutent s'il faut tenir compte de l'isolation et de l'ancienneté de l'habitation pour la question proposée à débattre.	
Activité 4	De 115L4 à 183L3	Les élèves lisent les documents, comparent les différents systèmes et débattent le contenu dans l'option de choisir un système de chauffage	Question 6 : est ce que c'est rentable de mettre plusieurs chauffages par habitation ?
			Question 7 : quelles sont les paramètres environnementaux (les différentes émissions et les origines de la ressource énergétique), à tenir compte, pour choisir un chauffage électrique?
			Question 8 : quels sont les différents aspects et caractéristiques d'installation d'une éolienne ?
			Question 9 : quels sont les différents aspects et les caractéristiques du coût, esthétiques et environnementaux du chauffage solaire ?
			Question 10 : Quel est l'impact de la pollution émise par les différents systèmes, le plus tolérable, radioactif ou rejet de CO2 ?
			Question 11 : quel système est le plus rentable économiquement (solaire ou au fioul) ?
Activité 5	184L4 à 253L5	Les élèves continuent à lire les fiches en évaluant les informations étudiées concernant les systèmes proposés et se décident sur un système de chauffage	Question 12 : quel système choisir parmi les systèmes étudiés : le système le plus rentable économiquement (solaire, gaz ou fioul) et ayant la plus longue durée de vie (solaire, électrique, fioul, électrique ou au gaz), le plus efficace énergétiquement (inefficacité énergétique du solaire), qui émet moins d'odeur, le plus sûr (risque d'explosion du fioul, gaz ou électrique), moins néfaste environnementalement (solaire, fioul (rejets de CO2) ou électrique (rejets radioactifs), assurant le plus du confort (mauvaise odeur du fioul, facilité d'installation et d'utilisation de l'électrique), disponibilité de la ressource énergétique (existence du réseau de gaz ou

			non du gaz, durabilité des réserves de gaz ou du fioul) et ayant une source énergétique renouvelable (fioul, solaire) ?
Activité 6	254L4 jusqu'à la fin	Les élèves discutent leurs choix d'un système électrique, lisent le document et remplissent la fiche	Question 13 : Quelles sont les raisons, à écrire dans la fiche, pour justifier le choix d'un chauffage électrique ?
			Question 14 : quelles sont les raisons (scientifiques) du choix d'un chauffage électrique ?

Tableau 49: activités et questions débattues par les élèves du groupe 6 du lycée LF, lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Pour faire leurs choix d'un système de chauffage électrique les élèves du groupe 4 commencent leurs discussions par lire et comprendre le contenu des documents et à préciser le but de la séance. Ensuite, les élèves comparent les caractéristiques des différents systèmes en questionnant notamment les infrastructures nécessaires pour l'installation d'un chauffage au gaz, le coût annuel d'un chauffage au gaz et si ce coût est accessible à tous les français. Les élèves questionnent aussi les éléments constituant les systèmes de chauffage notamment d'une chaudière et le principe de son fonctionnement. Après, les élèves questionnent la rentabilité économique pour obtenir une efficacité énergétique relative à l'installation de plusieurs systèmes de chauffages par pièce.

Les élèves questionnent aussi les caractéristiques environnementales des différents systèmes solaires, au fioul et électrique, notamment leurs émissions respectives en CO_2 ou radioactives. Les élèves questionnent le coût et la rentabilité économiques des systèmes solaires, au fioul et au gaz, notamment, en comparant leurs caractéristiques techniques de durée de vie, leurs efficacités énergétiques et l'augmentation des prix du gaz et du fioul. Les élèves questionnent les risques d'explosion des systèmes au gaz et au fioul par rapport à l'électrique et l'impact sur la santé des émissions radioactives de la source de l'énergie électrique. Les élèves s'intéressent et questionnent l'accessibilité à la ressource énergétique, notamment de l'existence ou non d'un réseau du gaz dans les villes et les réserves disponibles et potentielles du gaz et du fioul. Les élèves questionnent le confort assurés par les systèmes au fioul et électrique notamment l'odeur émise par le fioul et la facilité d'installation et d'utilisation du chauffage électrique. Les élèves questionnent le côté esthétique de l'installation des panneaux solaires. Finalement les élèves questionnent les raisons à mettre pour justifier leurs choix, notamment les raisons scientifiques.
Les élèves ne discutent pas les caractéristiques du système au bois.

6.5.2. Analyse de la structure de l'argument : les niveaux d'argumentation et le nombre de bases

Nous visons par ce paragraphe l'analyse de la structure de l'argument, notamment les niveaux d'argumentation à l'aide du cadre analytique d'Osborne *et al.* (2004) (cf. méthodologie, les cadres analytiques des données orales, la structure de l'argument), lors des discussions des élèves du groupe 6 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

Nous commençons par présenter dans le paragraphe ci-dessous des exemples d'analyse de l'argumentation suivant le cadre d'Osborne et al. (2004), tiré de notre corpus des discussions des élèves du groupe 6 et ensuite nous présentons les résultats globaux de notre analyse du groupe.

Exemple 1, une argumentation faible, niveau 1 :
Au *39L5 : « Pas forcement ! »* [déclaration, « la solution » du problème posé n'est pas nécessairement le choix d'un système solaire] » ; déclaration sans base = niveau 1 d'argumentation.

Exemple 2, une argumentation moyenne, niveau 2 :
Au 63L2 : *« Non,* [déclaration, coût annuel de chauffage au gaz est plus élevé à 705 euro retrouvé par les élèves du groupe 6] *avec une augmentation chaque mois de 0.1* [justification = base] *» ;* déclaration + une base = niveau 2 d'argumentation.

Exemple 4, une argumentation de qualité, niveau 4 :

Transcriptions	Contenus	Argumentation (Toulmin, 1958)	Argumentation (Osborne et al. 2004) modifié
Exemple 1 d'argumentation de qualité			
42L4 : 30 million 957.	Prix de la consommation annuelle du bois [résultat faux]	Déclaration	Déclaration = niveau 1 d'argumentation
43L3 : Non, non, non, ca fait pas 30 million 957 !	Prix de la consommation annuelle du bois	Réfutation de 42L4	Réfutation de 42L4 +
44L2 : Mets 40 fois 15	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	justification	base
45L4 : Je m'en occupe.			
46L1 : Ca fait 5 fois 15..	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	justification	base
47L2 : 60, non, non, 75	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	justification	base
48L1 : 75 moins 0,5	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	justification	base
49L4 : En fait non, je n' ai pas de calculatrice			
50L1 : 70 mille 5 cent	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	justification	base
51L3 : Voila. tu divises par mille, non, par cent.	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	justification	base
52L1 : 705.	Coût de la consommation annuel du chauffage au gaz	justification	Base
			Réfutation + 7 bases = niveau 4 d'argumentation
Exemple 2 d'argumentation de qualité			
53L3 : 705 euros par an ?	Prix de la consommation annuelle du gaz	*Donnée à 54L1*	Base de 54L1
54L1 : C'est pas cher, eh ?	consommation par an pas cher	*+déclaration*	Déclaration + 1 base = niveau 2 d'argumentation
55L4 : Vous êtes au courant que, attends, 705	coût de la consommation annuelle du gaz	donnée	Base 1

c'est peut-être 1/12 de ce que gagnent certains français ?	rapport du coût annuel du chauffage au gaz et le montant du salaire de certains ménages	+ justification	+ base 1
		Déclaration 1 implicite (que c'est cher) ou qualification	+ déclaration 1 Déclaration 1 + 2 bases = niveau 2 d'argumentation
56L3 : Mais pas par an.	Rapport de 1/12 ne correspond pas à la Durée de référence d'un an	Déclaration 2	Déclaration 2 + base 2
Ça [en indiquant le montant de 705 euro] c'est pour 1 an.	coût de la Consommation annuelle du gaz	+ justification ou donnée	Déclaration 2 + 1 base = niveau 2 d'argumentation
57L4 : Oui, donc 1/12. Ils gagnent 700 euros par mois, ca fait 1/12 quand-même.	salaire mensuel de certains français le rapport du coût de la consommation annuelle du système au gaz par rapport au salaire annuel de certains français	donnée Justification	Base 3 + base 3
Donc pas cher pas cher euh	Coût cher de la consommation annuelle du chauffage au gaz	réfutation de 56L3 et de 54L1	réfutation réfutation + 2 bases = niveau 4 d'argumentation

Tableau 50: exemple d'une analyse des niveaux d'argumentation du niveau 4, des discussions du groupe 6

L'analyse des niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du groupe 6 lors des discussion en groupe pur le choix d'un système de chauffage nous donne (voir tableau ci dessous) :

	Total par niveau d'argumentation
Niveau 1	39
Niveau 2	53
Niveau 3	0
Niveau 4	2
Niveau 5	0
Total	94

Tableau 51: Niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du groupe 6 du lycée LF lors des

discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Niveaux d'argumentation

Nous constatons (voir tableau ci dessus) qu'une argumentation du niveau moyen, niveau 2, est majoritairement mobilisée lors des discussions en groupes des élèves du groupe 6.
L'argumentation faible, niveau 1, est moins mobilisée que l'argumentation du niveau 2.
Majoritairement, les élèves du groupe 6 justifient leurs déclarations par des bases (des données, des justifications, des soutiens et/ou des qualifications) lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage.
Les élèves du lycée réussissent aussi à mobiliser une argumentation de qualité, niveau 4. Cette argumentation reste très rare, elle est mobilisée à deux reprises.

Niveaux d'argumentation et nombre de base(s)

Niveau d'argumentation	4	4	2					1	**Total du nombre d'arguments**
Nombre d'arguments	1	1	2	4	4	8	35	39	94
Nombre de bases par argument	5	2	5	4	3	2	1	0	
Nombre de total de bases	5	2	10	16	12	16	35	0	**Total du nombre de bases**
Nombre total de bases par niveau d'argumentation	7		89					0	96

Tableau 52: Niveaux d'argumentation et nombre de bases par argument mobilisés par les élèves du groupe 4 du lycée LF lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Nous ne constatons pas de lien(s) direct(s) entre le niveau d'argumentation et le nombre de bases mobilisés par argument lors des discussions en groupes (voir tableau ci dessus).
Les argument(s) ayant un nombre maximal de bases parmi les différents arguments, cinq bases et quatre bases par argument, sont constatés respectivement avec une argumentation moyenne et de qualité. Par contre, un niveau d'argumentation de qualité, niveau 4, est constaté avec deux ou cinq bases par argument. Un niveau d'argumentation de qualité, niveau 4, n'est jamais mobilisé sans un minimum de deux bases par argument.
Ainsi, les résultats de notre recherche **nous indiquent que l'augmentation du nombre de bases par argument n'est pas en corrélation avec une mobilisation d'une argumentation de qualité.**

Les résultats de notre recherche nous indiquent qu'en moyenne, par rapport au nombre de bases mobilisées par argument, les élèves mobilisent presque une seule base par argument.

En outre, les élèves du groupe 6 mobilisent quatre qualifications lors des discussions du groupe.

6.5.3. Analyse du contenu de l'argument

Nous analysons dans cette partie les contenus des arguments mobilisés, leurs domaines d'abstraction et leurs thèmes correspondant, lors des discussions des élèves du groupe 6 pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

6.5.3.1. Les contenus et les domaines d'abstraction

Les contenus

Nous visons par ce paragraphe l'analyse du contenu des arguments mobilisés par les élèves du groupe 6.

Ayant repéré et analysé ultérieurement les niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF, lors des présentations des différents groupes et lors du débat final de toute la classe, nous analysons dans ce paragraphe à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. Méthodologie) les contenus des arguments repérés (voir annexe). Nous constatons les résultats suivants:

Des contenus économiques relatifs à : prix du Kwh, le coût du système (rentable ou non), coût annuel du système, la durée d'utilisation relative pour une rentabilité du système, les réductions sur les systèmes, le montant du salaire de certains français, le rapport du salaire de certains français et le coût annuel du chauffage au gaz, la possibilité de fraude sur le compteur électrique et le lien entre le choix d'un habitat et le salaire d'un habitant.

Des contenus scientifiques relatifs à : la nature de la ressource renouvelable (ou non), sous forme d'hydrocarbure ; chauffage homogène d'une pièce ; la disponibilité et l'étendu des réserves de gaz et de fioul ; le calcul du montant annuel du système et/ou le coût d'installation et de réduction du système ; les émissions de CO_2 et radioactives des systèmes ; le rendement des systèmes ; et la valeur de consommation énergétique d'un habitat.

Des contenus techniques relatifs à : l'installation de plusieurs systèmes par pièce ; la surface de l'habitat ; les éléments respectifs du système de chauffage ; la possibilité de fuites de gaz sur le système ; l'installation et l'utilisation du système (facile ou non) ; la durée de vie d'un système ; l'espace pour l'installation d'une éolienne ; disponibilité et accessibilité à la ressource énergétique (les réserves de fioul et de gaz ; le réseau de gaz) ; l'efficacité énergétique d'un système ; le rendement d'un système ; les émissions de CO_2 et radioactives d'un système ; le chauffage homogène et les unité s d'énergie.

Des contenus environnementaux : impact environnemental d'un système ; les rejets d'un systèmes y compris de CO_2 et radioactifs ; sauvegarde de la nature ; origine et impact de l'énergie ; planter des arbres pour réguler les émissions de CO_2 ; énergies utilisées renouvelables ou non.

Des contenus relatifs au confort et pratique ; l'odeur émise par le système ; le confort assuré par le système ; l'absence du bruit d'un système ; système pratique ; système facile à installer et/ou à utiliser ; disponibilité et accessibilité de la ressource énergétique ; homogénéité du chauffage ; espace pour l'installation d'un système.

Des contenus esthétiques : relatifs à l'installation non esthétiques sur les toits des panneaux solaires
Des contenus de santé : relatifs à la malformation provoqués par les déchets radioactifs ;
Des contenus relatifs au risque d'explosion des chaudières
des contenus divers relatifs à la possibilité de trafiquer des compteurs ; visons par rapport aux sciences scolaires ; répondre à l'exercice scolaire ; le choix d'un système relatif à des choix personnel (mode de vie personnel ; familiarité avec le système ; sûreté du système) ; mode de prise de décision (tenir compte de plusieurs paramètres, priorité environnemental du choix, coût économique du système).

Les domaines d'abstraction

Nous visons par ce paragraphe l'analyse des domaines d'abstraction des contenus des arguments mobilisés, lors des discussions des élèves du groupe 6.

Nous analysons l'argumentation des élèves du lycée LF en visant les domaines d'abstraction des contenus mobilisés à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. méthodologie). Nous constatons les résultats suivants:

remarque : *pour l'analyse des domaines d'abstraction, nous tenons compte dans l'analyse des résultats du domaine d'abstraction le plus élevé atteint par argument mobilisé.*

Exemples d'analyse des domaines d'abstraction :

Transcriptions	**Contenus**	**Niveaux d'abstraction**	**Domaines d'abstraction**
Exemple 1: Domaine d'abstraction I			
29L3 : Non, à Paris c'est exact, t'as un système de gaz.	installation du chauffage à gaz à Paris existence d'un réseau à gaz	Aspect aspect	I
Exemple 2 : Domaine d'abstraction II			
25L3 : D' accord. C'est ça aussi un problème le réseau de gaz de ville s'il existe	indisponibilité du réseau de gaz dans toutes les villes	aspect	I
26L5 : Et la langouste, bien que très humaine			
27L3 : Pour sélectionner ce truc il faut avoir un réseau de gaz de ville. Et c'est pas forcement le cas dans, à Issy-à Misry [inaudible], petite ville de mille habitants dans.	Besoin de réseaux de gaz pour le système au gaz Indisponibilité du réseau de gaz pour le chauffage au gaz dans une petite ville de mille habitants	Propriété générale d'un système de chauffage au gaz aspect	II I
Exemple 3 : Domaine d'abstraction III			
63L2 : Non, avec une augmentation chaque mois de 0.1	Calcul de la consommation annuelle [différent de la méthode calculant 705 euro] augmentation du prix du gaz	Propriété + +propriété générale = programme, lien entre la consommation annuelle et la variation [augmentation] du prix du gaz	III

Tableau 53: exemple d'analyse des domaines d'abstraction mobilisés par le groupe 6

Résultats des analyses :

	Domaines d'abstraction				**Total**
	Domaine I	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Total par domaine	77	16	2	0	95

Tableau 54: Domaines d'abstraction mobilisés par groupe, des élèves du lycée LF, lors des présentation des groupes

Les résultats de notre recherche (voir tableau ci-dessus) indiquent que le domaine d'abstraction faible est majoritaire parmi les domaines d'abstraction mobilisés par les élèves

du groupe 6, tandis qu'une mobilisation de domaines d'abstraction élevé, domaine III, reste très rare. Les domaines d'abstraction moyens, domaine II, sont bien inférieurs au nombre des domaines d'abstraction faible.

6.5.3.2. Les thèmes

Nous analysons dans ce paragraphe, dans le cadre de l'étude du contenu de l'argument, les thèmes mobilisés par les élèves groupe 6.

Nous avons classé ces thèmes à partir d'une grille à priori développée pour l'analyse des données de notre recherche (cf. méthodologie de recherche). Nous avons analysé (voir tableaux en annexe et ci-dessous) les (sous)contenus mobilisés par les élèves, en indiquant leurs thèmes correspondants (économiques, techniques, scientifiques, environnementaux, confort, pratique, esthétiques, du risque et divers) et leurs fréquences d'occurrence.

Remarque : Certains des (sous)contenus sont communs à différents thèmes. Pour le comptage des thèmes, nous avons procédé de la façon suivante : si un (sous)contenu est commun à deux thèmes il sera compté ½ et s'il est commun à trois thèmes il sera compté 1/3.

Exemples d'analyse des thèmes mobilisés

Transcriptions	**(sous)contenus**	**Thèmes**
Exemple 1		
25L3 : D' accord. C'est ça aussi un problème au réseau de gaz de ville s'il existe	indisponibilité du réseau de gaz dans toutes les villes	Technique et Pratique
26L5 : Et la langouste, bien que très humaine		
27L3 : Pour sélectionner ce truc il faut avoir un réseau de gaz de ville. Et c'est pas forcement le cas dans, à Issy- à Misry [inaudible], petite ville de mille habitants dans.	Besoin de réseaux de gaz pour le système au gaz	Technique et Pratique
	Indisponibilité du réseau de gaz dans une petite ville de mille habitants	Technique et Pratique
28L4 : Oui mais, sommes nous vraiment des boffes et habitons-nous vraiment à la campagne ? Moi je refuse	Lien entre le mode de vie des personnes, le lieu d'habitat	divers (POINT DE VUE PERSONNEL)
	refus de la condition choisie	
Exemple 2		
41L3 : Tu me multiplies, 4.7 par 15 mille,	Calcul du prix de la consommation du chauffage au bois par an	Scientifique et économique
comme ça on aura le prix du truc à l'année.	prix de la consommation à l'année	économique
Exemple 3		
124L3 : Après il faut voir aussi ce que ça rejette.	Etude du rejet du système	Environnement et Technique
Électricité pas grand choses,	peu de rejet nocif direct du chauffage électrique	Environnement et Technique
mais si tu prends du gaz ou du fioul, le CO2	rejet de CO2 des systèmes au gaz et au Fioul	Environnement, Technique et Scientifique (CO2)
Exemple 4		
140L1 : Non mais panneaux solaires, un c'est moche. non, non,	Panneaux solaires non esthétiques	Esthétique
je ne suis pas pour le panneaux solaires.	Refus du choix d'un système solaire	
Exemple 5		
187L1 : Le fioul c'est trop dangereux,	Dangerosité du chauffage au fioul	Risque
ça peut tout péter	risque d'explosion	
Exemple 6		
228L4 : Oui, mais moi j' ai très envie d' avoir 3 bras,	malformations dû aux déchets radioactifs des centrales électriques	Santé et risque

il faut que je [INAUDIBLE]

Tableau 55: exemples d'analyse des thèmes mobilisés par les élèves du groupe 6 du lycée LF

Les résultats d'analyses des thèmes mobilisés

Groupe 6	E			Sc			T			En			P/C			S			Es			R		Di			Total des sources des thèmes par groupe		
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Répartitions des (sous)contenus par thème	8	4		1	8	4	8	8	4	3	4	3	2	6	1		1		1			2	1	5	2		30	34	12
thèmes communs		1 E et T; 2 E et Sc; 1 E et Di;			4 T et Sc; 2 E et Sc; 1 En et Sc; 1 Sc et P/C;	3 En T et Sc; 1 Sc T et P/C		4 T et Sc; 4 T et P/C;	1 T , SC et P/C; 3 T Sc et En		2 En et T; 1 En et Sc; 1 En et Di;	3 En T et Sc		1 C et T; 4 P et T; 1 Sc et P/C;	1 T Sc et P/C;		1 S et R						1 S et R			1 Di et En ; 1 Di eT E				
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 6	10			6,33			13,33			6			5,33			1			1			2,5		6			51		
Total d'occurence par thème	70			35			34			18			18			3			1			8		24			211		

Illustration 18: thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors des discussions du groupe 6 lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés; E = thèmes économiques, Sc = thèmes scientifiques, T = thèmes techniques, En = thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C = thèmes de confort, Es = thèmes esthétiques, S = thèmes de santé et Di = thèmes divers. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à trois thèmes.

Nous constatons lors du débat final de toute la classe (voir tableau ci dessus) une mobilisation de thèmes variés, notamment, une mobilisation de thèmes techniques, scientifiques, économiques, environnementaux, confort/pratique, esthétiques, de santé, du risque et divers thèmes.
Les thèmes techniques sont les thèmes majoritaires. Ils sont suivis respectivement de thèmes économiques et presque également de thèmes scientifiques et environnementaux. Les thèmes esthétiques et de santé sont minoritaires. **Si nous ajoutons les thèmes techniques/scientifiques ils sont aussi majoritaires parmi les thèmes mobilisés.**
Les thèmes mobilisés présentent un grand nombre de (sous)contenus en communs avec d'autres thèmes, notamment remarqué relativement avec les thèmes scientifiques. Quand aux thèmes santé ils relèvent tous de thèmes communs à d'autres thèmes. Les thèmes esthétiques relèvent tous de (sous)contenus distincts d'autres thèmes.

En outre, nous constatons qu'en nombre d'occurrence des thèmes, ce sont les thèmes économiques qui sont majoritaires et supérieurs en nombre respectivement aux thèmes techniques et scientifiques.

6.6. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument

Dans ce paragraphe, en réponse à notre question de recherche relative au lien éventuel entre la qualité d'argumentation et la mobilisation des connaissances (e.g. scientifiques et techniques), nous analysons d'une façon synergique, à l'aide de différents cadres analytiques (c.f. méthodologie), la structure de l'argument et le contenu de l'argument (e.g. techniques et scientifiques) en visant l'interrelation éventuelle entre eux.

6.6.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des contenus et des domaines d'abstraction

6.6.1.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des contenus mobilisés

Dans ce paragraphe nous croisons les analyses de la structure de l'argument, notamment les niveaux d'argumentation faibles et de qualité, et du contenu de l'argument, les contenus respectifs des arguments mobilisés par les élèves lors des discussions du groupe 6 et analysés dans le paragraphe I, premier niveau d'analyse.

Les élèves mobilisent les contenus suivants, lors d'une argumentation de qualité :
des contenus économiques et scientifiques relatifs au calcul du coût en euro de la consommation annuelle du chauffage au gaz.

42L4 : 30 million 957.	Prix de la consommation annuelle du bois [résultat faux]
43L3 : Non, non, non, ca fait pas 30 million 957 !	Prix de la consommation annuelle du bois
44L2 : Mets 40 fois 15	
45L4 : Je m'en occupe.	
46L1 : Ca fait 5 fois 15..	
47L2 : 60, non, non, 75	
48L1 : 75 moins 0,5	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz
49L4 : En fait non, je n' ai pas de calculatrice	
50L1 : 70 mille 5 cent	
51L3 : Voila. tu divises par mille, non, par cent.	
52L1 : 705.	

Des contenus économiques et scientifiques relatifs au coût du chauffage annuel cher par rapport au salaire annuel de certains français.

57L4 : *« Oui, donc 1/12. Ils gagnent 700 euros par mois, ça fait 1/12 quand-même. Donc pas cher pas cher euH ».*

Les élèves mobilisent différents contenus lors d'une argumentation moyenne:
Des contenus pratiques et techniques relatifs à la disponibilté et/ou l'existence (ou non) d'un réseau de gaz dans toutes les villes.
25L3 : "D'accord. C'est ça aussi un problème au réseau de gaz de ville s'il existe"
27L3 : "Pour sélectionner ce truc il faut avoir un réseau de gaz de ville. Et c'est pas forcement le cas dans, à Issy- à Misry [inaudible], petite ville de mille habitants dans."

Des contenus personnels relatifs au choix d'un système de chauffage en fonction du lieu d'habitat.
28L4 : *« Oui mais, sommes nous vraiment des boffes et habitons-nous vraiment à la campagne ? Moi je refuse »*

Des contenus économiques et scientifiques relatifs au calcul du coût de la consommation annuelle du chauffage au bois. 41L3 : « *Tu me multiplies, 4.7 par 15 mille, comme ça on aura le prix du truc à l'année.* »

Des contenus scientifiques, techniques et environnementaux relatifs aux émissions des systèmes électriques, au gaz et au fioul de CO2.
124L3 : « Après il faut voir aussi ce que ça rejette. Électricité pas grand choses, mais si tu prends du gaz ou du fioul, le CO2 »

Des contenus esthétiques relatifs au refus du choix d'un système de chauffage solaire ayant des panneaux solaires moches, à installer.
140L1 : « *Non mais panneaux solaires, 1) c'est moche. non, non, je ne suis pas pour le panneaux solaires.* »

Des contenus économiques relatifs au risque d'explosion d'un système au fioul.
187L1 : « *Le fioul c'est trop dangereux, ça peut tout péter* »

les émèves mobilisent différents contenus lors d'une argumentation du niveau faible :
des contenus économiques relatifs au coût élevé du chauffage annuel du chauffage au gaz:
« 57'L3 : c'est vrai »

des contenus techniques relatifs aux éléments du système de chauffage
70L2 : « *C'est la cheminée qui vient du brûleur au gaz. [en désignant le schéma] »*

des contenus personnels relatif à la possession d'un système de chauffage
76L5 : « Moi j'ai le chauffage électrique, nouvelle génération »

des contenusnon spécifiques à un domaine donné, relatif à choisir le système électrique
223L1 : « Ok, moi je dis électrique. »

des contenus de santé et de risque relatifs au danger des déchets radioactifs des centrales électriques, vis à vis des êtres humains notamment les enfants.

253L5 : « A, pour tes enfants c'est vrai qu'il [système électrique] est plutôt expérimental ».

Nous ne constatons, d'après des résultats de nos analyses, aucun lien particulier entre les contenus mobilisés et le niveau d'argumentation de qualité ou faible.

Les résultats des analyses du croisement des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction

Dans ce paragraphe, nous étudions le lien possible entre la structure et le contenu de l'argument, notamment entre les niveaux d'argumentation (la structure de l'argument) et le développement conceptuel des contenus, les domaines d'abstraction, (le contenu de l'argument) mobilisés par les élèves du groupe 6 lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés. Nous croisons pour cela les résultats du groupe 6, retrouvés dans le paragraphe I, analyse du premier ordre, relatifs aux niveaux d'argumentation avec celui des domaines d'abstraction.

	Domaines d'abstraction				**Total niveau d'argumentation**
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1	37	2			39
Niveau 2	40	12	2		54
Niveau 3					
Niveau 4		2			2
Niveau 5					
Totale domaine	77	16	2		95

Tableau 56: croisement des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du groupe 6 du lycée LF, lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Les résultats de nos analyses nous indiquent (voir tableau ci-dessus):

Une majorité des arguments mobilisés est du niveau d'argumentation moyen ayant un domaine d'abstraction faible suivi, par du niveau moyen, niveau 1, ayant un domaine d'abstraction faible, domaine I.

Une minorité d'arguments est du niveau d'argumentation faible, du niveau d'argumentation moyen et de qualité ayant respectivement des domaines d'abstraction moyen, élevé et moyen.

Nous constatons qu'une argumentation de qualité, niveau 4, est mobilisée avec des domaines d'abstraction moyen (domaine II) et pas nécessairement avec des domaines d'abstraction élevés, domaine III ou très élevés domaine IV.

Tandis qu'un domaine d'abstraction élevé, domaine III, est mobilisé avec une argumentation de niveau moyen, niveau 2, et pas nécessairement avec un niveau d'argumentation élevé, niveau 3 et 4, et non plus avec un niveau d'argumentation faible, niveau 1.

Nous ne constatons aucune mobilisation d'un argument avec des domaines d'abstraction très élevés, domaine IV.

6.6.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés

Nous visons par ce paragraphe étudier les lien(s) éventuel(s) entre la structure de l'argument (les niveaux d'argumentation) et le contenu de l'argument, notamment les thèmes mobilisés. Pour y arriver, nous croisons les résultats d'analyses des niveaux d'arguments et des thèmes mobilisés obtenus précédemment dans les paragraphes d'analyse du premier ordre, des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés (voir aussi tableaux ci-dessus et tableaux en annexe).

	Thèmes mobilisés																												Total
	E	ET	ER	ET et Sc	T	TP/C	TE Di	NI	T Sc E P/C	Sc et E	En	En T	En Sc	En T et Sc	En Sc P/C	En T Sc E	En T Sc E P/C	En Di	P/C	Es	S	SR	R	ER	RE Di	Di	E Di	T et Di	
Niveau 1	10	1			3			12					1	1							2		1			5	3		39
Niveau 2	8	6	1	1	2	5	1		1	4	1	1		5	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	7		2	54
Niveau 3																													
Niveau 4										2																			2
Total	18	7	1	1	5	5	1	12	1	6	1	1	1	6		11	1	1	1	1	2	1	2	1	1	12	3	2	95

Tableau 57: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 6 lors des discussions en groupes des élèves du lycée LF lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

D'après les résultats d'analyse (voir tableau ci-dessus) :

Nous constatons que la majorité des niveaux d'argumentation sont faibles ayant des thèmes non identifiés, suivis par le niveau d'argumentation faible ayant des thèmes économiques.

Nous constatons qu'une argumentation de qualité est constatée avec des thèmes économiques et scientifiques. Une argumentation de qualité moyenne, niveau 2, est observée avec différents thèmes, notamment des thèmes techniques, scientifiques, des thèmes environnementaux, économiques, confort/pratique, du risque, esthétiques, de santé et/ou divers thèmes.

L'argument de qualité inférieur, niveau 1, est constaté avec des thèmes divers, scientifiques, techniques, environnementaux, de santé, du risque et/ou économiques.

D'après les résultats de notre recherche, nous ne constatons pas un lien direct entre la mobilisation d'un ou plusieurs des thème(s) particulier(s) et les niveaux d'argumentation. En particulier, nous constatons une mobilisation d'une argumentation de qualité et aussi une argumentation faible avec des thèmes scientifiques et économiques.

6.6.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés

Nous comparons dans ce paragraphe la strcuture de l'argument (les niveaux d'argumentation) au contenu de l'argument (les domaines d'abstraction et les thèmes) mobilisés par les élèves (voir tableau ci-dessous) du groupe 6. Nous constatons les résultats suivants :

****Remarque : pour l'analyse, nous citons les différents thèmes mobilisés par argument (voir tableau ci dessous) et cela toujours en comptant dans cet argument le domaine d'abstraction le plus élevé.*

		Tèmes mobilisés																												Total
		E	ET	ER	ET et Sc	T	TP/C	TE Di	NI	T Sc E P/C	Sc et E	En	En T	En Sc	En T et Sc	En Sc P/C	En T Sc E	En T Sc E P/C	En Di	P/C	Es	S	S R	R	E R	R E Di	Di	E Di	T et Di	
Niveau 1	Domaine I	10	1			3			12					1								2		1			3	3		36
	Domaine II														1												2			3
Niveau 2	Domaine I	6	5	1		2	4	1		1	2				3		1			1	1		1	1	1	1	6		2	39
	Domaine II	1			1		1				2	1	1		2	1		1	1								1			13
	Domaine III	1	1																											2
Niveau 3	Domaine I																													
Niveau 4	D I																													
	D II										2																			2
Total		18	7	1	1	5	5	1	12	1	6	1	1	1	6		11	1	1	1	1	2	1	2	1	1	12	3	2	95

Tableau 58: Niveaux d'argumentation, thèmes et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du groupe 6 du lycée LF, lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage

Une majorité de niveaux d'argumentation est du niveau d'argumentation faible, niveau 1, de domaines d'abstraction faible, domaine I et ayant des thèmes non identifiés suivis respectivement par un niveau d'argumentation faible, niveau1, de domaine d'abstraction faible, domaine I et ayant des thèmes économiques.

Des **niveaux d'argumentation de qualité sont mobilisés avec des domaines d'abstraction moyens et pas nécessairement avec des domaines d'abstraction élevés ni faibles ayant des thèmes scientifiques et économiques.**

En outre, **les domaines d'abstraction élevés sont mobilisés avec des niveaux d'argumentation moyens et pas nécessairement élevés mais jamais avec des domaines d'abstraction faibles ayant des thèmes techniques et/ou économiques et pas juste des thèmes techniques scientifiques et/ou techniques.**

Aucun lien particulier n'est constaté entre la mobilisation de niveau d'argumentation, les domaines d'abstraction et les thèmes mobilisés.

6.7. Troisième niveau d'analyse

Nous complétons dans ce paragraphe, notre analyse sur le lien possible entre la structure de l'argument et le contenu de l'argument en croisant les niveaux d'argumentation aux analyses des sources des (sous)contenus (leurs origines) mobilisés et leur validité.

6.7.1. Analyse de la structure de l'argument et des sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation, au contenu de l'argument, les sources des contenus, mobilisés par les élèves du groupe 6 du lycée LF lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés.

Les (sous)contenus analysés et repérés lors de l'argumentation (c.f. Méthodologie et Annexe) sont comparés aux documents distribués aux élèves durant la séquence et au curriculum prescrit, et étudiés à l'aide d'un cadre analytique à priori développé pour notre recherche (c.f. Méthodologie) pour établir leurs sources respectives. Les résultats obtenus sont ensuite comparés aux niveaux d'argumentation respectifs.

6.7.1.1. Sources des (sous)contenus

Nous analysons dans ce paragraphe les sources des (sous)contenus mobilisés. Nous cherchons à repérer si les (sous)contenus, mobilisés par les élèves et structurés dans le tableau d'analyse des thèmes (voir annexe), concordent avec des contenus issus du curriculum prescrit, des documents distribués et/ou d'autres sources. Nous cherchons à retrouver quelle(s) source(s) les élèves font appel(s) lors de l'argumentation du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat.

Nous classons les contenus, repérés avant et classés en thèmes (voir méthodologie, annexe et tableaux suivants), en fonction des sources (ou origines) de ces thèmes. Notamment s'ils sont issus des documents distribués (D), du curriculum (Cu), du Curriculum et des documents (Cu et D) ou d'autres (A) sources qui ne font pas partie du curriculum prescrit ou des documents distribués.
D'après l'analyse des données nous retrouvons les résultats suivants (voir tableau ci-dessous) :

Groupe 6	E			Sc			T			En			P/C			S			Es			R			Di			Total des sources des thèmes par catégorie			Total des sources thèmes
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																											
Document (D)	3	1			3	1	5	5	2	1	2		1	3	1							1						11	14	4	19,33
thèmes communs		1 E et T;			3 T et Sc	1 Sc, T et P/C		1 T et Sc; 3T et P/C ;	Sc et P/C; 1 T, Sc et En		2 En et T			1 C et T; 2 P et T ;	1 T, Sc et P/C													0	###	###	###
Curriculum (Cu)					1			2			1			2														0	6	0	3
thèmes communs				1 Sc et P/C			1 P et T ; 1 T et En ;			; 1 T et En ;			1 P et T ; 1 Sc et P/C ;															0	###	0	###
Curriculum et Document (Cu et D)	2	1		1	3	3		1	2	1	1	3																4	6	8	9,67
thèmes communs		1 E et Sc;		1 T et Sc ; 1 E et Sc ; 1 En et Sc		3 En, T et Sc		T et Sc	2 T, Sc et En		1 En et Sc ;	3 En, T et Sc																0	###	###	###
Autres (A)	3	2			1		2	1		1	1		1	1			1		1				2		5	2		14	11	0	19,5
thèmes communs		1 E et Sc; 1 E et Di ;			1 E et Sc			1 T et P/C ;			1 En et Di ;			1 P et T			1 S et R					1 A ET S ; 1 Di et E;			1 Di et E; 1 Di et En;		0			0
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 4	8	4		1	8	4	8	7	4	3	4	3	2	6	1		1		1			1	2		5	2		29	34	12	50

Illustration 19: sources des thèmes mobilisés par le groupe 6 des élèves du lycée LF lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Nous constatons que les élèves du lycée LF, lors des discussions du groupe 6, ne se limitent pas à une seule source d'information mais mobilisent différents thèmes issus majoritairement d'autres sources (A) (que les documents et le curriculum) et presque également, aux thèmes issus des documents (D). Les thèmes mobilisés issus juste du curriculum sont rares.

En particulier, les élèves mobilisent des contenus techniques issus majoritairement des documents. Tandis que les thèmes scientifiques sont issus majoritairement des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources.

La majorité des thèmes économiques sont issus d'autres sources et légèrement supérieurs à ceux issus des documents. Pour les thèmes environnementaux, ils sont majoritairement issus des documents. Par rapport aux thèmes pratique/confort, santé, esthétique et du risque ils ne sont jamais issus du curriculum et des documents (sauf pour le thème risque issu des documents).

6.7.1.2. Croisement entre la structure de l'argument et les sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe, d'une façon synergique, les analyses de la structure de l'argument, (les niveaux d'argumentation, en particulier élevés et faibles), et le contenu de l'argument (les sources des contenus mobilisés).

En comparant les niveaux d'argumentation de qualité et faibles, relatifs à la structure de l'argument, et les sources des contenus mobilisés par les élèves, nous constatons (voir tableau ci-dessous) :

Transcriptions	Contenus	Thèmes	Sources des thèmes	Argumentation (Osborne et al. 2004)
Exemple 2 : niveau d'argumentation faible et de qualité				
42L4 : 30 million 957.	(calcul)Prix de la consommation annuelle du bois [résultat faux]	E et Sc	D et Cu	Déclaration = niveau 1 d'argumentation
43L3 : Non, non, non, ca fait pas 30 million 957 !	(calcul)Prix de la consommation annuelle du bois	E et Sc	D et Cu	Réfutation de 42L4 +
44L2 : Mets 40 fois 15	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	E et Sc	D et Cu	base
45L4 : Je m'en occupe.				
46L1 : Ca fait 5 fois 15.	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	E et Sc	D et Cu	base
47L2 : 60, non, non, 75	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	E et Sc	D et Cu	base
48L1 : 75 moins 0,5	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	E et Sc	D et Cu	base
49L4 : En fait non, je n' ai pas de calculatrice				
50L1 : 70 mille 5 cent	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	E et Sc	D et Cu	base
51L3 : Voila. tu divises par mille, non, par cent.	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	E et Sc	D et Cu	base
52L1 : 705.	Coût de la consommation annuel du chauffage au gaz	E et Sc	D et Cu	Base
				Réfutation + 7 bases = niveau 4 d'argumentation
Exemple 2 : Niveau d'argumentation moyenne				
53L3 : 705 euros par an ?	Prix de la consommation annuelle du gaz	*E*	*D et Cu*	base
54L1 : C'est pas cher, eh ?	consommation par an pas cher	*E*	*D*	Déclaration + 1 base = niveau 2 d'argumentation

55L4 : Vous êtes au courant que, attends, 705	coût de la consommation annuelle du gaz	E	D et Cu	Base 1
c'est peut-être 1/12 de ce que gagnent certains français ?	rapport du coût annuel du chauffage au gaz et le montant du salaire de certains ménages	E ET SC	A	+ base 1 + déclaration 1 Déclaration 1 + 2 bases = niveau 2 d'argumentation
56L3 : Mais pas par an.	Rapport de 1/12 ne correspond pas à la	E	A	Déclaration 2
	Durée de référence d'un an	E	D et Cu	+ base 2
Ça [en indiquant le montant de 705 euro] c'est pour 1 an.	coût de la Consommation annuelle du gaz	E	D et Cu	Déclaration 2 + 1 base = niveau 2 d'argumentation
57L4 : Oui, donc 1/12.				
Ils gagnent 700 euros par mois,	salaire mensuel de certains français	E	A	Base 3
ca fait 1/12 quand-même.	le rapport du coût de la consommation annuelle du système au gaz par rapport au salaire annuel de certains français	E ET SC	A	+ base 3
Donc pas cher pas cher euh	Coût cher de la consommation annuelle du chauffage au gaz	E	D ET A	réfutation réfutation + 2 bases = niveau 4 d'argumentation
Exemple 3 Argumentation faible niveau 1 :				
125L1 : Moi je dis on installe une éolienne.	Installation d'une éolienne	T ET En	Cu	Déclaration
76L5 : Moi j'ai le chauffage électrique, nouvelle génération !	avoir chez soit un chauffage électrique	Di (personnel)	A	Déclaration
70L2 : C'est la cheminée qui vient du brûleur au gaz. [en désignant le schéma]	cheminée du brûleur du gaz	T	D	Déclaration
135L5 : Quand-même !	Prix élevé du chauffage solaire	E	D	déclaration

Tableau 59: niveaux d'argumentation de qualité et faibles, (sous)contenus, thèmes, et leurs sources correspondantes mobilisés par les élèves du lycée LF du groupe 6, lors des discussions en groupe pour le choix d'un système de chauffage ; E = économique, Sc = scientifique, Es = esthétique, T = technique, P/C = pratique/confort, En = environnement ; D = documents, Cu = curriculum

prescrit, A = autres sources que les documents et le curriculum prescrit.

Nous constatons (voir tableau ci-dessus) qu'il n'y a pas un lien particulier entre la source de l'argument et le niveau d'argumentation. Les niveaux d'argumentation faible, moyenne et de qualité sont mobilisés avec des thèmes issus des documents, du curriculum et/ou d'autres sources.

6.7.2. Analyses de la structure d'argument et de la validité des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation, au contenu de l'argument, la validité des contenus, mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe.

L'analyse de la validité des contenus mobilisés se fait à l'aide d'un cadre à priori (c.f. Méthodologie). En particulier, nous cherchons si les contenus mobilisés sont non valides par rapport aux documents distribués ou par rapport au curriculum prescrit (mobilisation de fausses conceptions et/ou de contenus non valides par rapport aux documents distribués ou au curriculum), des contenus non spécifiques à un domaine, des contenus valides par rapport à un domaine donné mais sans davantage de détails et finalement des contenus valides par rapport à un domaine spécifique avec une explication partielle et/ou complète.

Remarque : pour l'analyse de la validité des contenus nous nous limitons à l'analyse des contenus des niveaux d'argumentation faibles, élevés et certains des niveaux d'argumentation moyens.

Transcriptions	Contenus	Argumentation (Osborne et al. 2004)		Validité des contenus
42L4 : 30 million 957.	(calcul) coût de la consommation annuelle du bois [résultat faux]	Déclaration = niveau 1 d'argumentation		Contenus économiques erronés sans davantage d'explication relatifs au coût erroné de consommation annuelle du système au bois
43L3 : Non, non, non, ca fait pas 30 million 957 !	(calcul) coût de la consommation annuelle du bois	Réfutation de 42L4 +		
44L2 : Mets 40 fois 15	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	base		
45L4 : Je m'en occupe.				
46L1 : Ca fait 5 fois 15.	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	base		
47L2 : 60, non, non, 75	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	base		
48L1 : 75 moins 0,5	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	base		
49L4 : En fait non, je n' ai pas de calculatrice				
50L1 : 70 mille 5 cent	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	base		
51L3 : Voila. tu divises par mille, non, par cent.	Calcul du prix de la consommation annuelle de la chaudière au gaz	base		
52L1 : 705.	Coût de la consommation annuel du chauffage au gaz	Base		
		Réfutation + 7 bases = niveau 4 d'argumentation		Contenus économiques et scientifiques valides avec une explication complète
53L3 : 705 euros par an ?	Prix de la consommation annuelle du gaz	Déclaration et donnée de 54L1		
54L1 : C'est pas cher, eh	consommation par an	Déclaration + 1		Contenus économiques valide

	pas cher	base = niveau 2 d'argumentation	avec une explication partielle
55L4 : Vous êtes au courant que, attends, 705	coût de la consommation annuelle du gaz	Base 1	Contenus économiques valides avec une explication complètes
c'est peut-être 1/12 de ce que gagnent certains français ?	rapport du coût annuel du chauffage au gaz et le montant du salaire de certains ménages	+ base 1 + déclaration 1 Déclaration 1 + 2 bases = niveau 2 d'argumentation	
56L3 : Mais pas par an.	Rapport de 1/12 ne correspond pas à la Durée de référence d'un an	Déclaration 2 + base 2	Contenus économiques erronés avec une explication partielle relatifs à la cherté ou non pour certains français du coût annuel du chauffage au bois
Ça [en indiquant le montant de 705 euro] c'est pour 1 an.	coût de la Consommation annuelle du gaz	Déclaration 2 + 1 base = niveau 2 d'argumentation	
57L4 : Oui, donc 1/12.			Contenus économiques et scientifiques valides avec une explication complète
Ils gagnent 700 euros par mois,	salaire mensuel de certains français	Base 3	
ca fait 1/12 quand-même.	le rapport du coût de la consommation annuelle du système au gaz par rapport au salaire annuel de certains français	+ base 3	
Donc pas cher pas cher euh	Coût cher de la consommation annuelle du chauffage au gaz	réfutation réfutation + 2 bases = niveau 4 d'argumentation	
125L1 : Moi je dis on installe une éolienne.	Installation d'une éolienne	Déclaration = niveau 1	Contenus techniques valides sans davantage d'explication
76L5 : Moi j'ai le chauffage électrique, nouvelle génération !	avoir chez soit un chauffage électrique	Déclaration = niveau 1	Contenus techniques valides sans davantage d'explication
70L2 : C'est la cheminée qui vient du brûleur au gaz. [en désignant le schéma]	cheminée du brûleur du gaz	Déclaration = niveau 1	Contenus techniques valides sans davantage d'explication
135L5 : Quand-même !	Prix élevé du chauffage solaire	Déclaration = niveau 1	Contenus économiques valides sans davantage d'explication

Tableau 60: Niveaux d'argumentation et Validité des contenus mobilisés par les élèves du groupe 6

du lycée LF lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage

D'après l'analyse des résultats nous constatons (voir tableau ci-dessus) :

Une argumentation de qualité, niveau 4, correspond à des contenus valides, avec des explications partielles ou complètes lors des discussions en groupes. Par contre, une argumentation du niveau faible et moyen, respectivement niveau 1 et niveau 2, correspond à des contenus valides avec une explication partielle ou complète mais aussi avec des contenus non spécifiques ou même erronés.

Une mobilisation de contenus valides, avec une explication partielle ou complète accompagne une mobilisation d'une argumentation de qualité mais n'y mène pas automatiquement.

Chapitre 6, partie III: Analyse de la présentation des groupes et du débat final de toute la classe

6.8. Premier niveau d'analyse

6.8.1. Systèmes choisis et questions débattues

Les systèmes choisis :

Quels sont les systèmes choisis, respectivement par les six groupes d'élèves du lycée LF, et présentés à toute la classe ?

Nous cherchons dans ce paragraphe à indiquer le choix du système de chauffage réalisé par chaque groupe d'élèves et présenté lors de l'exposé oral. Nous ne visons pas à étudier la phase de prise de décision des élèves qui ne fait pas partie de notre question de recherche.

Les systèmes choisis et présentés par les élèves sont les suivants (voir tableau 1, ci dessous) : le groupe 1 choisit le système mixte solaire-bois, le groupe 2 le système au bois, le groupe 3 système solaire seul, le groupe 4 le chauffage au fioul et les groupes 5 et 6 le système électrique.

Nous constatons que quasiment chaque groupe a fait un choix différent. Plus précisément, seulement deux groupes ont fait le même choix d'un système électrique. Tandis, qu'un groupe est le seul à faire un choix de système mixte, solaire-bois, un choix qui n'est pas directement mentionné dans l'objectif de la séquence, mais qui répond aux besoins d'un système d'appoint pour le système solaire et déjà indiqué dans les documents distribués aux élèves. Cependant, ce n'était pas le cas du groupe 3 qui choisit le système solaire seul, sans tenir compte de l'inefficacité énergétique de ce système solaire seul.
En outre, aucun des groupes d'élèves opte pour un chauffage au gaz.

En outre, nous avons fait en sorte que dans notre recherche et dans l'élaboration de nos documents et la façon de diriger les séances à éviter d'orienter les discussions, les débats et les choix des systèmes par les élèves vers un choix sans un autre. En revanche, nous avons avons fait en sorte, d'encourager les élèves à justifier leurs propres choix, notamment, en ayant recours à des connaissances techniques et scientifiques et à évaluer les choix, en particulier, en tenant compte des limites et des faiblesses de leurs choix et des choix opposés.

Activités	**Tours de parole**	**Le déroulement des activités**	**Systèmes choisis**
Activité 1 : présentation des choix des groupes	de 1 à 42	Le chercheur explique le déroulement de la première partie de la séance (l'exposé). Les portes paroles des six groupes passent à tour de rôle, exposent au tableau leurs choix d'un système de chauffage et les raisons de leurs choix et un rapporteur du même groupe écrit sur le tableau les idées évoquées.	Premier groupe : choix du chauffage mixte solaire-bois
			Deuxième groupe : choix du chauffage au fioul
			Troisième groupe : choix du chauffage solaire
			Quatrième groupe : choix du chauffage au bois
			Cinquième groupe : choix du chauffage électrique
			Sixième groupe : choix du chauffage électrique

Tableau 61: les systèmes de chauffage choisis présentés par les élèves devant toute la classe

Les questions débattues :

Dans cette partie nous identifions quels sont les moments où les élèves débattent et quelles sont les questions débattes lors du débat final de toute la classe, qui a pour but le choix d'un système de chauffage parmi les cinq proposés. Compte tenu des contraintes de temps en classe, nous avons limité les débats à trois groupes que nous avons choisi, en respectant l'ordre pour les deux premiers groupes et le troisième au fioul dans l'intention d'évoquer la question des émissions de CO_2 du système et donc la question climatique.

En outre, l'étude des questions débattues n'est qu'un moyen (méthodologique) pour nous pour délimiter les arguments mobilisés par les élèves dans l'intention de les analyser par la suite. Cette étude ne vise pas à étudier ce que les élèves discutent ou débattent lors des débats ou de prises de positions sur le choix d'un système de chauffage, surtout que notre question de recherche porte principalement sur l'étude du lien éventuel entre la structure et le contenu de l'argument, indépendamment des choix de systèmes réalisés. Ainsi, le débat final a porté principalement sur trois choix de systèmes : mixte solaire-bois (groupe 1), au bois (groupe 2) et au fioul (groupe 4).

En analysant le discours des élèves du lycée LF, on relève onze questions qui suscitent des débats entre les élèves (voir Tableau 2, ci-dessous) :

Activités	Tours de parole	Le déroulement des activités	Questions débattues lors du débat final de toute la classe
Activité 2 : débat de toute la classe sur les choix respectifs de trois groupes	de 43 à 132	Les élèves de la classe débattent trois choix proposés (le mixte solaire bois, bois et fioul) des six présentations, lancent leurs remarques sur les trois choix proposés et posent des questions aux trois groupes. Les trois groupes répondent aux questions et défendent leur choix.	*Question débattues par les élèves vis-à-vis du choix du groupe 1 d'un système de chauffage mixte solaire-bois :* Question 1: Est ce que le chauffage mixte au bois-solaire est le deuxièmement moins cher comme indiqué par le GR 2 et donc rentable? Question 2 : Est ce que l'utilisation de deux systèmes (mixte solaire-bois) prolongera techniquement la vie des deux systèmes et les rend plus rentable ? Question 3 : Quel système a la durée de vie et le coût d'utilisation qui le rend le plus rentable (électrique, bois ou le fioul) ? Question 4: est ce qu'installer un chauffage au bois est mieux adapté aux différentes habitations que le fioul ou le solaire?
			Questions débattues par les élèves vis-à-vis du choix du groupe 2 d'un système de chauffage au bois : Question 5 : est ce que le chauffage au fioul est durable et économique ? Question 6 : quel est le le bilan de carbone du chauffage au bois (à comparer aux énergies fossiles) ? Question 7 : Est ce que le chauffage au bois a un bon rendement énergétique ou cher à comparer au fioul ? Question 8 : quel est le bon prix de l'installation et de la consommation du système au bois ?
			Questions débattues par les élèves vis-à-vis du choix du groupe 4 d'un système de chauffage au fioul : Question 9 : quels sont les difficultés techniques et juridiques relatifs à l'habitat pour l'installation du chauffage au fioul ? Question 10 : est ce qu'on peut résoudre les inconvénients de l'odeur, la fumée de l'espace pour la cuve)du chauffage au fioul ?
			Question induite par le chercheur : Question 11 : est ce qu'il faut tenir compte de la question du changement climatique lors du choix du système de chauffage ?

Tableau 62: Questions débattues par les élèves du lycée LF, lors du débat final de toute la classe des choix de trois différents groupes (parmi six présentations au totale) d'un système de chauffage parmi cinq proposés

Principalement, ces débats concernent les cinq choix de système de chauffage (mixte solaire-bois, bois, solaire, fioul et électrique) choisis par les différents groupes. Les élèves

évoquent rarement de questions relatives au système au gaz non choisi par aucun des six groupes.

Suite à la présentation du groupe 1 (système mixte bois-solaire), nous constatons que les débats sont centrés sur la rentabilité du système mixte solaire-bois, notamment indiqué par le groupe 1 comme deuxièmement moins cher. Les élèves s'interrogent en particulier sur la question technique de quel système, électrique, au bois ou au fioul a une durée de vie la plus longue et un coût d'utilisation bien moins cher que le mixte solaire-bois.

Au delà de questions du coût et de rentabilité les élèves débattent de questions techniques sur si l'utilisation de deux systèmes (mixte solaire-bois) prolongera la durée de vie respective de chaque système et rend ainsi le système mixte bois-solaire plus rentable ; une question qui n'est pas soulevée initialement par le groupe 1, mais par les autres élèves de la classe.

Les élèves débattent de questions techniques et pratiques vis à vis de l'installation de quel système, au bois, au fioul ou solaire est mieux adapté aux différentes habitations.

Pour le choix du groupe 2 d'un système au bois, les élèves débattent de questions de coût du système au bois, mentionné par le groupe , notamment, s'il est le moins cher à comparer au système au fioul. Les élèves débattent même si les valeurs du coût d'installation et d'utilisation du système au bois, indiquées par le groupe 2, sont valides.

Pour le choix du groupe 4 (système au fioul) les élèves s'interrogent sur la question du confort assuré par le système au fioul. Notamment, de l'inconfort lié à l'odeur du fioul et aussi des solutions techniques pour y remédier. Ces débats soulèvent aussi d'autres questions techniques (et pratique) posées par l'installation d'un tel système comme le besoin d'espace pour l'emplacement d'une cuve. Les élèves finissent par s'interroger sur des questions juridiques relatives aux besoins de l'accord des voisins dans le cas d'une installation d'un système au fioul dans un appartement.

Les élèves débattent aussi de questions scientifiques et environnementales notamment celle de savoir laquelle des sources d'énergie a un bilan de carbone nul, le bois ou les énergies fossiles.

Une question est induite par le chercheur, sur le choix d'un système de chauffage et la question du changement climatique. Cette question ne suscite pas de débat large entre les élèves notamment par contrainte de manque de temps en classe.

Nous constatons, d'après ce qui précède, que les questions relatives à l'économie occupent une grande part des questions débattues, notamment quel système coûte moins cher. Les élèves examinent même dans ces débats la validité des coûts d'installation et d'utilisation du système au bois indiqués lors des présentation du groupe 2.

En outre, les élèves ne se limitent pas à débattre sur des questions économiques mais intègrent aussi des questions relatives à des questions pratiques et juridiques en plus de questions techniques pour l'installation des systèmes. Une brève discussions sur des questions environnementales et scientifiques, comparant laquelle des sources énergétiques, au bois ou

fossile, a un bilan de carbone nul est aussi constatée.

6.8.2. Analyse de la structure de l'argument

Nous visons par ce paragraphe l'analyse de la structure de l'argument (cf. méthodologie), lors des présentations des différents groupes et dans un deuxième temps lors du débat final de toute la classe.
Pour l'analyse de la structure de l'argument lors des présentations des groupes et des débats de la classe, nous utilisons les cadres analytiques de Toulmin (1958) et d'Osborne *et al.* (2004) (modifiés) notamment : les niveaux d'argumentation, le nombre de bases par argument (et les qualifications lors des présentations des groupes) mobilisés (cf. méthodologie, les cadres analytiques)**.**

Nous retrouvons les résultats suivants :

6.8.2.1. Lors des présentations des groupes

Exemples d'analyses de la structure de l'argument

Nous présentons dans le paragraphe ci-dessous des exemples d'analyse de l'argumentation suivant le cadre d'Osborne et al. (2004), tiré de notre corpus.

Exemple 1 d'une argumentation moyenne, le niveau 2, tiré de la présentation du groupe 1 : 3GR1 : « *Donc pour le Groupe 1, on a choisi un chauffage au bois [déclaration] , c'est premièrement le bois est la seule source utilisée qui soit renouvelable [justification ou donnée = base 1] quand les forêts sont bien gérés [qualification = base 2]* ».
Niveau 2: déclaration + 2 bases.

Exemple 2 d'une argumentation de qualité moyenne, niveau 2, tiré de la présentation du Groupe 6 du lycée : « 42GR6 *: ...Et par contre le point faible donc, ce sont c'est plutôt cher au kWh [déclaration 1 ou qualification] comparé aux autres modèles, [justification de la déclaration 1= base 1]*
mais au final sur 10 ans, ça grâce au faible coût d'installation [donnée ou justification de la déclaration 2= base 2] ça revient plutôt bien. [déclaration 2] »
Niveau 2 d'argumentation : déclaration 1 + 1 base.
Niveau 2 d'argumentation : déclaration 2 + 1 base.

Exemple 3 d'une argumentation faible, niveau 1, tiré de la présentation du groupe 3 au 36GR3 :
« ...Je pense qu'on, [en]fin, on peut pas s'arrêter a ce genre de « piétailles » et qu'on [inaudible] en être fier [déclaration 3]. »
Niveau 1 d'argumentation : déclarations sans base(s).

Nombre de bases mobilisées et niveaux d'argumentation

Groupe	Nombre d'arguments par groupe	Niveaux d'argumentation (Osborne et al. 2004)	Nombre de base(s) par argument	Total de base(s) par groupe
1	1	2	23	23
2	1	2	17	17
3	9	2	1	23
		2	16	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		1	0	
4	7	2	11	17
		2	2	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		1	0	
5	1	2	15	15
6	4	2	26	29
		2	1	
		2	1	
		2	1	
Total nombre de base				124
Total argumenation niveau 1			2	
Total argumentation niveau 2			21	
Total argumentation niveau 3 et 4			0	
Total d'arguments			23	

Tableau 63: Les niveaux d'argumentation et le nombre de base(e) mobilisés par argument et par groupe lors des présentations.

L'analyse des niveaux d'argumentation nous indique que les élèves ne mobilisent lors de la présentation des groupes des arguments de qualité, niveau 3 ou 4. En revanche, les élèves arrivent à soutenir leurs arguments par un très grand nombre de bases qui peut atteindre

26 bases.

Nous constatons, d'après le tableau ci-dessus, **qu'aucun groupe mobilise un niveau d'argumentation de qualité. Presque la totalité des arguments mobilisés par** les groupes sont du niveau d'argumentation moyen, niveau 2.
Deux groupes, les groupe 3 et 4, mobilisent une seule fois un niveau d'argumentation faible, niveau 1.

Nous ne constatons pas un lien particulier entre le niveau d'argumentation par groupe et le nombre d'arguments mobilisés, ni entre le niveau d'argumentation et le nombre de bases mobilisées par argument ou par groupe.
Cependant, nous remarquons que les deux groupes qui mobilisent le plus grand nombre d'arguments, sont les seuls à mobiliser un argument faible, niveau 1.

En outre, nous constatons que le groupe 6, qui mobilise un argument avec le plus grand nombre de bases, mobilise le plus grand nombre de base par groupe.

Les qualifications lors de la présentation des groupes

Nous visons par ce paragraphe l'analyse de la structure de l'argument, notamment, la mobilisation de qualifications (cf. méthodologie, les cadres analytiques).

Avant de présenter les résultats globaux de notre analyse, nous présentons dans le paragraphe ci-dessous des exemples d'analyse de l'argumentation, tiré de notre corpus des réponses des élèves du lycée LF.

Exemple d'analyse de la qualification tiré de la présentation du groupe 6 au 42GR6 : *« ... mais au final sur 10 ans [qualification] ça grâce au faible coût d'installation [justification de la qualification] ça revient plutôt bien [déclaration]... »*

Nous constatons d'après les analyses (voir tableau ci dessous et ci dessus) que quatre groupes d'élèves mobilisent des qualifications lors de leurs présentations. Nous constatons que la mobilisation d'un grand nombre de bases par groupe semble favoriser la mobilisation de qualifications lors de la présentation de groupes.

Niveau d'argumentation de l'argument	Tours de parole	Thèmes mobilisés	Sources des thèmes	Total
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 1				
Niveau 1				0
Niveau 2	3GR1;	Sc, E et En	D	1
	12GR1	En	D	1
	20GR1	T et En	A	1
Total				3
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 3				
Niveau 1				0
Niveau 2	36GR3;;	T et P/C	D et Cu	1
	36GR3	T et Di (du point de vue légal)	A	1
Total				2
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 4				
Niveau 1				0
Niveau 2	38GR4;	T,P/C et Di (légal)	A et D	1
	38GR4	En Sc et T	D	1
	38 GR4	T/P	D	1
	38GR4	T/P	A	1
	38GR4	T/P	A	1
Total				5
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 6				
Niveau 1				0
Niveau 2	42GR6	T Sc et En	D	1
	42GR6	E et T	D	1
	42GR6	E	D	1
Total				3

Tableau 64: qualifications mobilisés lors des présentations du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés des groupes

Quatre groupes (groupe 1, 3, 4 et 6) d'élèves mobilisent respectivement (deux, deux, un et deux arguments) arguments intégrant des qualifications (onze au total).
En outre, les deux groupes d'élèves qui restent (grou pes 2 et 5) ne mobilisent à aucun moment de leurs présentations des arguments intégrant des qualifications.

6.8.2.2. Niveaux d'Argumentation et nombre de bases lors du débat final de toute la classe

Exemples d'analyse de la qualité d'argumentation, des niveaux d'argumentation

Transcription	Analyse de l'argumentation suivant Toulmin (1958)	Analyse de l'argumentation suivant Osborne et al. (2004)
Exemple 2 : extrait de l'analyse du débat final de toute la classe		
44E1 : « Ils [le groupe 1] disent que c'est le [le chauffage mixte bois-solaire] deuxièmement moins cher au kWhmais en coût de l'installation, c'est il faut installer le chauffage au bois et au solaire quoi,	Donnée 2 de la déclaration 2 au 46E1	Base
	+ donnée 2 de la déclaration 2 au 46E1	+base
donc ça revient quand-même beaucoup plus. »	+ justification 2 de la déclaration 2 au 46E1	+base
Au 45Chercheur : « [bruit et bavardage en classe pour répondre à la déclaration] S'il vous plaît On écoute, après on. Ils disent leur commentaire, après vous avez le droit de répondre. Ok ? C'est clair ? Pour tout les groupes, Notez donc ce qu'ils disent si vous voulez dire autre chose. »	[Pas d'argumentation]	
Au 46E1 : « Donc finalement sur 10 ans ça ne sera pas forcement plus rentable qu'une autre énergie. »	Déclaration 2	Déclaration Déclaration + trois bases = niveau 2
72 (un élève du) GR1 : « *Tout le monde a pris le prix sur les 10 ans*	Donnée de la réfutation et donnée de déclaration 3	**+ Base 3**
alors que la durée de vie en moyenne des systèmes est de 15 ans	+Jus de la déclaration 3 (et **réfutation faible de la déclaration 2 au 46E1)**	**Réfutation** et base 3 **Réfutation + une base = niveau 4**
et sur 15 ans on voit que c'est l'électrique qui est le plus cher et le bois reste en deuxième position.	+ déclaration 3	+Déclaration 3 Déclaration 3 + deux bases = niveau 2
Et enfin le bois est évidement la seule ressource qui n'est pas fossile, le tout [inaudible, sauf] solaire. »	Déclaration implicite, choisir le système bois-solaire + justification de la déclaration implicite	Déclaration 4 + base 4
73Chercheur : « Pourquoi pas fossile dans le sens que elle ? »	[pas d'argumentation]	
74 Gr1 : « Dans le sens que ça peut être renouvelée tant que les forêts sont bien gérées. »	+soutien ou justification de la déclaration implicite au 72GR1 +qualification du soutien ou de la justification	+Base 4 +base 4 déclaration 4 + 3 bases= niveau 2

Tableau 65: exemples d'analyse de la structure de l'argument, suivant Toulmin (1958) et Osborne et al. (2004) modifiés, mobilisés par les élèves du lycée LF lors du débat de toute la classe

	Total niveaux d'argumentation
Niveau 1	5
Niveau 2	25
Niveau 3	2
Niveau 4	3
Niveau 5	0
Total	35

Tableau 66: niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du débat final de toute la classe

Niveaux d'argumentation

Nous constatons (voir tableau ci dessus) qu'une argumentation du niveau moyen, niveau 2, est majoritairement mobilisée lors du débat final de toute la classe.
L'argumentation faible, niveau 1, est rarement mobilisée, cinq fois.
Les élèves du lycée réussissent à mobiliser une argumentation de qualité, niveau 3 et 4. Cette argumentation reste rare, elle est mobilisée à quelques reprises, cinq fois, avec davantage d'argumentation du niveau 4 (une réfutation) que d'argumentation du niveau 3 (une réfutation faible).

Niveaux d'argumentation et nombre de bases

Niveau d'argumentation	4	4	**3**	**3**	2	2	2	2	2	2	1	**Total du nombre d'arguments**
Nombre d'arguments	1	2	1	1	1	1	3	6	7	8	5	35
Nombre de bases par argument	4	1	2	1	8	5	4	3	2	1	0	
Nombre de bases	4	2	2	1	8	5	12	18	14	8	0	**Total du nombre de bases**
Nombre total de bases par niveau d'argumentation	6		2	1	65						0	74

Tableau 67: Niveau d'argumentation et nombre de base(e) mobilisés par argument(s) lors du débat de toute la classe

Nous ne constatons pas de lien(s) direct(s) entre le niveau d'argumentation, notamment de qualité, et le nombre de bases mobilisées par argument lors du débat final de toute la classe (voir tableau ci dessus).
Les argument(s) ayant un nombre de base maximal parmi les différents arguments, respectivement huit bases et cinq bases par argument, sont constatés avec une argumentation moyenne. Tandis, qu'un niveau d'argumentation de qualité, niveau 3 et 4, est mobilisé avec un, deux ou quatre bases par argument.

6.8.2.3. Comparaison des résultats de la présentation des groupes et du débat final de toute la classe

Ainsi, en comparant les résultats de notre recherche lors de la présentation des groupes et lors du débat de toute la classe, **les résultats de notre recherche nous indiquent que les élèves mobilisent davantage d'arguments, en particulier des arguments de qualité, niveau 3 et 4, lors du débat final de toute la classe que lors des présentations des groupes. En outre, l'augmentation du nombre de bases par argument n'est pas en corrélation avec une mobilisation d'une argumentation de qualité et ceux lors de la présentation des groupes et lors du débat de toute la classe.**

Les résultats de notre recherche nous indiquent qu'en nombre moyen de bases mobilisées par argument, **les élèves mobilisent davantage de bases par argument lors de la présentation des groupes (~ 4.5 bases par argument) que lors du débat final de toute la classe (~ 2 bases par argument).** Le nombre (vingt cinq bases) de bases maximal atteint par argument, lors des présentations des groupes, est supérieur au nombre de base maximal (huit bases) par argument lors du débat de toute la classe.

6.8.3. Analyse du(es) contenu(s) de l'argument

Nous analysons dans cette partie les contenus des arguments mobilisés, leurs domaines d'abstraction et leurs thèmes correspondants, lors des présentations des groupes et dans un deuxième temps lors du débat final de toute la classe.

6.8.3.1. Analyse des contenus mobilisés

Nous visons par ce paragraphe l'analyse du contenu des arguments mobilisés, lors des présentation des différents groupes et lors du débat final de toute la classe.

Ayant repéré et analysé ultérieurement les niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF, lors des présentations des différents groupes et lors du débat final de toute la classe, nous analysons dans ce paragraphe à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. Méthodologie) les contenus des arguments repérés. Nous constatons les résultats suivants:

L*ors de la présentation des groupes*

En classant les contenus mobilisés en référence au groupe qui les mobilise nous constatons les contenus suivants :

Les analyses des contenus mobilisés par les élèves, notamment scientifiques et techniques, lors de la présentation des groupes, indiquent que (voir paragraphes suivants et annexe) :
Tous les élèves évoquent la nature de la source énergétique du système, presque l'ensemble des groupes (sauf 1) évoque des contenus scientifiques et environnementaux vis-à-vis des émissions de CO_2 ou de GES des systèmes. En revanche, aucun groupe n'évoque directement la question du changement climatique.
En outre, trois groupes d'élèves indiquent la notion d'énergie ou de source renouvelable.
Trois groupes évoquent l'unité d'énergie KWH ou de la puissance et ou KW. Quatre groupes mobilisent la notion de l'efficacité énergétique dont deux évoquent le lien de l'efficacité avec le climat et/ou l'ensoleillement. Deux groupes d'élèves font le calcul du coût du système de chauffage sur dix ans.
En outre, des contenus sont évoqués rarement (une fois) par les groupes, comme les sources fossiles, la pollution faite par les systèmes et les déchets radioactifs.

Groupe 1: choisit le système mixte solaire-bois et mobilise les contenus suivants :
Les élèves indiquent la notion de ressource renouvelable du bois en cas de bonne gestion des forêts, ils indiquent **la pollution** provoquée par le système solaire **lors de sa production et de son utilisation à travers le rejet de CO_2 du système.**
Ils utilisent la notion de source fossile pour le fioul et le gaz et non fossile pour le bois, les élèves indiquent la pollution minime du bois et en particulier le bois sec.
Les élèves indiquent les notions de : durées de vie des différents systèmes, l'utilisation facile du chauffage solaire, la notion du rendement d'un système et la valeur du rendement du système en le comparant à d'autres systèmes et la notion des surfaces nécessaires, des

panneaux solaires, à la production d'énergie solaire pour chauffer une habitation de 100m².
Les élèves tiennent compte de la réduction de la consommation des ressources énergétiques du système d'appoint dans le cas de système mixte solaire-bois sans chiffrer cette réduction.
Les élèves indiquent la notion du prix du KWH le moins cher parmi les systèmes.

Groupe 2 : le groupe 2 choisit le système au bois et mobilise les contenus suivants :
le rendement du système de chauffage et donne une valeur à ce rendement, l'aspect du ravitaillement automatique du système au bois et la notion du confort assuré par ce système, le montant du prix du KWH et du fait c'est le moins cher parmi les différentes ressources énergétiques proposées, les élèves évoquent les notions de réductions du prix du système de chauffage à l'aide des impôts, indiquent que le prix du système au bois est moins cher du prix d'installation du solaire et du solaire+bois ; les élèves utilisent la notion du bois renouvelable en France grâce au dédoublement de la forêt en quelques décennies.

Groupe 3 : il choisit le chauffage solaire en mobilisant les contenus suivants :
la notion d'énergie solaire renouvelable, **la notion d'un système écologique à cause du non rejet de GES,** ni de gaz toxique comme le monoxyde de carbone et le monoxyde d'azote ;la notion de système écologique ; l'espace libéré à travers l'installation des émetteurs de chaleur des chauffages dans la dalle de béton, les élèves citent l'inefficacité énergétique du système solaire qui dépend du climat et de l'ensoleillement de la région (ou probablement la météo mal mentionnée par les élèves), les besoins énergétiques différents d'une région à une autre (du sud et du nord), le besoin d'entretien d'une chaudière et le besoin du ravitaillement d'une chaudière à fioul et l'absence d'entretien du chauffage solaire ; les élèvent indiquent la facilité d'utilisation du système solaire.
les élèves indiquent des contenus relatifs à de difficultés juridiques de copropriétés dans le cas d'installation des panneaux solaires ou d'une cuve dans les espaces communs ; les élèves indiquent l'aspect non esthétique des panneaux solaires sur un toit, ils indiquent la différence du prix entre le système solaire (plus cher) et les autres systèmes.
Les élèvent évoquent des contenus personnels sur la qualité de vie dans des régions ensoleillés, le déménagement dans ces régions et de ne pas s'attarder sur les commentaires des autres.

Groupe 4 : il choisit le chauffage au fioul en indiquant les contenus suivants :
Les élèves indiquent différentes informations techniques qui sont : le rendement énergétique d'un système, la puissance fournie par le système de chauffage, le fonctionnement à température basse des chauffages, la durée de vie des différents systèmes de chauffages en les comparant, indique la difficulté d'installer un chauffage dans un appartement par manque de place pour la cuve, les élèves utilisent la notion de besoins de maintenance de la chaudière au fioul.
Les élèves évoquent le prix de la consommation sur 10 ans et d'installation du chauffage électrique et celui du fioul.
Les élèves indiquent l'impact environnemental du chauffage au fioul sans davantage d'informations sur la pollution provoquée par ce système.
Les élèves indiquent les inconvénients du dégagement de CO_2 du système au fioul.

Groupe 5 : choisit le chauffage électrique en mobilisant les contenus suivants :
Les élèves utilisent les informations sur l'efficacité énergétique, le chauffage homogène et le peu de bruit du système électrique ; **les élèves indiquent aussi les faibles émissions de CO_2**

et de GES du système, l'aspect technique du chauffage rayonnant du système, le chauffage confortable, les élèves indiquent le prix d'installation du chauffage électrique moyen par rapport à d'autres systèmes et l'aspect environnemental du chauffage électrique.

Groupe 6 : choisit le chauffage électrique et mobilise les contenus suivants :
la facilité d'installation du système électrique, l'absence du bruit du système, la durée de vie du système électrique, l'absence de besoin de cuve de stockage, de système d'appoint, l'inefficacité du système solaire, l'efficacité énergétique de l'électrique, le chauffage homogène, l'absence de besoin de réseau de gaz inexistant dans les petite villes, l'existence du réseau électrique dans toutes les petites villes ;les élèves indiquent le prix de consommation et d'installation du chauffage électrique et du bois, les élèves indiquent le prix d'installation faible de l'électrique plus faible que tous les autres systèmes, indiquent le prix d'installation du solaire au solaire et du fioul et indiquent le prix élevé au KWH de l'électrique par rapport à d'autres ressources ; les élèves indiquent l'intérêt d'étaler le prix à payer pour le chauffage électrique dans le temps en payant un prix faible d'installation de l'électrique à comparer au solaire payé directement ; Les élèves indiquent que le chauffage électrique est moins cher que les autres systèmes pour dix ans et plus cher au-delà des dix ans.
Les élèves évoquent les faibles émissions du CO_2 et de gaz toxiques de l'électrique, mais pas la production de déchets nucléaires par les centrales.

Contenus mobilisés lors du débat final de toute la classe

En analysant les contenus mobilisés par les élèves lors du débat final de toute la classe nous constatons la mobilisation des contenus suivants :

Des contenus scientifiques : La notion de l'énergie ou la ressource renouvelable ou durable (ou non) ; GES ou de CO_2, unités d'énergie (KWH), le Bilan de carbone, Captage ou emprisonnement du CO2 par le bois, ressource fossile (ou non), comparaison du bilan du carbone du chauffage au bois et celui du pétrole ; État des réserves du fioul. Calcul mathématique du prix (de l'installation et) de la consommation annuelle, sur dix ans, ou pour la durée de vie d'un système de chauffage ; Fioul responsable ou non du réchauffement climatique (incertitude), Réchauffement climatique et l'activité humaine.

Des contenus techniques: Élimination ou non des odeurs du Fioul grâce à L'enterrement de la cuve, Installation de plusieurs chauffages par habitation, Autonomie ou non du système, Réduction de l'entretien par utilisation de deux systèmes, Besoin d'espace pour l'installation d'une cuve, Valeur de la consommation énergétique annuelle d'un habitat de 100m², Surface nécessaire de panneaux solaires, Dimensions petite d'une cuve, Énergie annuelle produite par le système solaire, Durée de vie du système, **émissions ou pas de GES ou de CO_2,** (Disponibilité et accessibilité de la ressource énergétique, Efficace (efficacité énergétique ou non), dimension de la surface réchauffée par la chaudière au fioul, besoin de dédoublement du nombre des panneaux installés, Rendement du système.

De l'Énergie ou ressource renouvelable ou non durable, b**ilan de carbone neutre du bois, emprisonnement du CO_2 par les énergies fossiles et le bois**.

Des contenus relatifs au prix ou au coût (cher ou pas) du KWH, coût ou prix (rentabilité) du système de chauffage, augmentation du prix de la ressource énergétique, montant de la

consommation sur 10 ans et de l'installation d'un système de chauffage, exactitude ou non des chiffres de la consommation et de l'installation sur 25 ans, payer des intérêts par des emprunts à la baque pour l'achat du système.

Des contenus pratique et du confort relatifs à : l'odeur et à la fumée dégagées.
De la difficulté d'Installation du système, système adéquat ou inadéquat pour certains lieux ou habitation, indisponibilité de la ressource énergétique (le fioul) dans 50 ans, système autonome ou non et utilisation de deux systèmes pour moins de changements de systèmes.

Divers contenus relatifs aux : difficultés juridiques d'installation d'un chauffage dans le cas d'une co-propriété ; modes de prise de décision (tenir compte de plusieurs paramètres, priorité écologique ou non, faire un calcul) ; point de vue personnel (investissement dans une chaudière à long terme pour des personnes qui possèdent leur maison).

6.8.3.2. Analyse des domaines d'abstraction

Nous visons par ce paragraphe l'analyse des domaines d'abstraction des contenus des arguments mobilisés, lors de la présentation des différents groupes et lors du débat final de toute la classe.

Nous avons analysé les contenus des arguments mobilisés par les élèves du lycée LF, lors des présentations des différents groupes et lors du débat final de toute la classe, en visant les domaines d'abstraction à l'aide du cadre analytique de Von Aufschnaiter *et al.* (2008) (c.f. méthodologie). Nous constatons les résultats suivants:

remarque : *pour l'analyse des domaines d'abstraction, nous tenons compte dans l'analyse des résultats du domaine d'abstraction le plus élevé atteint par argument mobilisé.*

Domaines d'abstraction lors des présentations des groupes

Exemples d'analyse des domaines d'abstraction :

Transcriptions	**Contenus**	**Niveaux d'abstraction**	**Domaines d'abstraction**
3GR1 : Donc pour le Groupe 1, on a choisi chauffage au bois, c'est premièrement le bois est la seule source utilisée qui soit renouvelable quand les forêts sont bien gérés.	Choix du chauffage au bois [mixte solaire -bois] source énergétique renouvelable [fonction de la] gestion des forêts	Opération [choix du bois en fonction des aspects et propriétés ci-dessous] aspect particulier de ce bois ou propriété [le bois en général et une source renouvelable] propriété [gestion des forêts en général]	II

Tableau 68: Exemples d'analyse du contenu de l'argument, les domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Résultats des analyses :

	Domaine I	Domaine II	Domaine III	Domaine IV	TOTAL
Groupe 1			1		1
Groupe 2		1			1
Groupe 3	4	5			8
Groupe 4	4	3			7
Groupe 5		1			1
Groupe 6	2	2			4
TOTAL	10	12	1	0	23

Tableau 69: Domaines d'abstraction mobilisés par groupe, des élèves du lycée LF,

Nous constatons (voir tableau ci-dessus) qu'un seul **groupe (le groupe 1), mobilise un domaine d'abstraction élevé, domaine III.** Aucun groupe ne mobilise des domaines d'abstraction très élevés, domaine IV.

Au total, le domaine d'abstraction moyen, domaine II, est majoritaire parmi les domaines mobilisés lors des présentations des groupes. En outre, les domaines d'abstraction élevés sont rarement mobilisés.

Domaines d'abstraction lors du débat final de toute la classe:

	Domaines d'abstraction				Total
	Domaine I	Domaine II	Domaine III	Domaine IV	
Total par domaine	24	8	3	0	35

Tableau 70: domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du débat final sur leurs choix d'un système de chauffage

Les résultats de notre recherche (voir tableau ci dessus) indiquent que le domaine d'abstraction faible est majoritaire parmi les domaines d'abstraction mobilisés lors du débat final de toute la classe, tandis qu'une mobilisation de domaines d'abstraction élevés, domaine III, reste rare. Les domaines d'abstraction moyens, domaine II, sont bien inférieurs au nombre des domaines d'abstraction faible.

Comparaison des résultats des présentations des groupes et du débat final de toute la classe

En comparant les résultats des domaines d'abstraction mobilisés lors des présentations des groupes à ceux lors du débat final de toute la classe nous constatons : la **majorité des domaines d'abstraction mobilisés lors de la présentation des groupes est du domaine moyen, domaine II, tandis qu'au débat final c'est le domaine faible, I. Cependant, le domaine moyen est presque égal à celui du domaine faible lors de la présentation des groupes tandis qu'il est largement moins nombreux lors du débat final. Une mobilisation de domaines d'abstraction élevé reste rare dans les deux situations.**

6.8.3.3. Analyse des thèmes mobilisés

Nous analysons dans ce paragraphe, dans le cadre de l'étude du contenu de l'argument, les thèmes mobilisés par les élèves lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe.

Nous avons classé ces thèmes à partir d'une grille à priori développée par nous pour l'analyse des données (cf. méthodologie de recherche). Pour avoir les résultats indiqués ci dessous, nous avons analysé (voir tableaux en annexe et ci dessous) les contenus et les sous-contenus mobilisés par les élèves, lors de leurs présentations orales de leur choix d'un système de chauffage et lors du débat final de toute la classe, en indiquant leurs thèmes correspondants (économiques, techniques, scientifiques, environnementaux, confort, pratique, esthétiques santé, du risque et divers t) et leurs fréquences d'occurrence.

Remarque : Vu que certains des (sous)contenus sont communs à différents thèmes, pour compter ces thèmes nous avons procédé de la façon suivante : si un (sous)contenus est commun à deux thèmes il sera compté ½ et s'il est commun à trois thèmes il sera compté 1/3.

Les thèmes mobilisés lors des présentations des groupes :

Nous classons les (sous)contenus mobilisés par rapport à leurs thèmes correspondant(s) économiques (E), scientifiques (Sc), techniques (T), environnementaux (En), confort/pratique (P/C), esthétique (Es), sanitaire(S), Risque (R) et/ou divers (Di) points de vue (juridiques, personnel, par rapport aux sciences, mode de prise de décisions, ...). Ces thèmes mobilisés se répartissent de la façon suivante (voir tableau ci dessous) :

Exemples d'analyse des thèmes mobilisés

Transcriptions	**(sous)contenus**	**Thèmes mobilisés**
3GR1 : *Donc pour le Groupe 1, on a choisi chauffage au bois,*	Choix du chauffage au bois [mixte solaire -bois]	
c'est premièrement le bois est la seule source utilisée qui soit renouvelable	source énergétique renouvelable	Scientifique et environnementale
quand les forêts sont bien gérés.	[fonction de la] gestion des forêts	Environnementale et économique

Tableau 71: exemples de thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Résultats des analyses des thèmes mobilisés lors des présentations des groupes

*A titre d'exemple, pour le calcul des totales des thèmes économiques mobilisés: 1 + 2 * 1/2 + 2 * 1/3 = 2,33 (sous)-contenus économiques mobilisés. Lorsqu'un sous-contenu se répète deux fois par exemple le coût du système, dans un même argument, il est compté une seule fois comme thème économique, tandis qu'il est compté 2 en tant que nombre d'occurrence.*

	E		Sc		T		En		P et C		Es		S		Di		Total	
	Nombre de (sous)contenus distincts par thème	Thème(s) commun(s) à d'autre(s) thème(s) / et total des (sous)contenus par thème																
Total des contenus et des sous-contenus par thème du groupe 1 (mixte solaire-bois)	1	3	0	4	5	4	1	5	0	2	0	0	0	0	0	0	7	18
Thèmes communs		1 E, T et P/C ; 2 E et En		2 Sc et En ; 1 Sc, En et T ; 1 Sc et T		1 P/Cet T ; 1 T et Sc ; 1 T, Sc et En ; 1 T E P/C		2 En et E ; 2 En et Sc ; 1 En T et Sc		1 P et T ; 1 E T et P/C							0	#VALEUR !
Totale net des contenus et des sous-contenus DU GR1 (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**2,3333333333**		**1,83333333**		**6,666666667**		**3,33333333**		**0,833**		**0**		**0**		**0**		**15**
Total des contenus et des sous-contenus par thème du groupe 2 (au bois)	3	0		4	1	3	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	5	10
Thèmes communs				2 Sc et En ; 2 Sc et T		1 P et T ; 2 T et Sc		2 En et Sc		C ET T							0	#VALEUR !
Totale net des contenus et des sous-contenus DU GR2 (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**3**		**2**		**2,5**		**1**		**0,5**		**0**		**0**		**1**		**10**
Total des contenus et des sous-contenus par thème du groupe 3 (solaire)	1	0	1	5	1	6	1	2	4	3	2	0	0	2	3	0	13	18
Thèmes communs				1 Sc et En ; 2 Sc, T et S ; 1 Sc, T et P/C ; 1 Sc T et En ;		1T ; 2 T et P ; 2 T, Sc et S ; 1 T, Sc et En ; 1 T, Sc et P		1 En et Sc ; 1 En Sc et T		2 T et P/C ; 1 C, T et Sc				2 S, T et Sc			0	#VALEUR !
Totale net des contenus et des sous-contenus DU GR3 (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**1**		**2,83333333**		**3,333333333**		**1,83333333**		**5,333**		**2**		**0,67**		**3**		**20**
Total des contenus et des sous-contenus par thème du groupe 4 (au fioul)		1	0	4	3		1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	7	7
Thèmes communs		1 E et Sc		2 Sc et T ; 1 Sc, T et En ; 1 Sc et E		1 T et P ; 2 T et Sc ; 1 T, Sc et En		1 En, Sc et T		1 T et P/C							0	#VALEUR !
Totale net des contenus et des sous-contenus DU GR4 (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**0,5**		**1,83333333**		**4,833333333**		**1,33333333**		**3,5**		**0**		**0**		**0**		**12**
Total des contenus et des sous-contenus par thème du groupe 5 (électrique)	1	0	0	3	0	6	1	1	3	4	0	0	0	0	1	0	6	14
Thèmes communs				1 Sc, T et En ; 1 Sc et T ; 1 Sc, T et P/C		3 T et P ; 1 T, Sc et En ; 1 T et Sc ; 1 T, Sc et C/P		1 En, Sc et T		1 C, T et Sc ; 3 C et T							0	#VALEUR !
Totale net des contenus et des sous-contenus DU GR5 (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**1**		**1,16666667**		**2,666666667**		**1,33333333**		**4,833**		**0**		**0**		**1**		**12**
Total des contenus et des sous-contenus par thème du groupe 6 (électrique)	3	1	0	5	3	8	0	2	1	4	0	0	0	1	0	0	7	21
Thèmes communs		1 E et Sc		1 Sc et En ; 1 Sc et E ; 2 Sc, T et En ; 1 Sc, T et P/C		3 T et P ; 1 Sc et T ; 1 T et S ; 2 T, Sc et En; 1 T, Sc et C		2 En, T et Sc		1 C, Sc et T ; 3 C et T				1 S et T			#VALEUR !	
Totale net des contenus et des sous-contenus DU GR6 (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**3,5**		**2**		**6,5**		**0,66666667**		**2,833**		**0**		**0,5**		**0**		**16**

Illustration 20: thèmes mobilisés par groupe d'élèves du lycée LF lors des présentations des différents groupes du choix d'un système de chauffage. E= thèmes économiques, Sc=thèmes scientifiques, T= thèmes techniques, En=thèmes environnementaux, P=thèmes du pratique, C=thèmes de confort, Es=thèmes esthétiques, S=thèmes de santé et Di=thèmes divers. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) sont('est) commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) sont('est) commun(s) à trois thèmes.

En analysant les thèmes mobilisés par les différents groupes d'élèves (voir tableau ci-dessus et annexe), nous constatons que :

Les élèves de tous les groupes mobilisent des thèmes variés et mobilisent différents thèmes qui couvrent différents aspects de la question du choix d'un système de chauffage.

Au minimum, un groupe mobilise les cinq thèmes différents : économiques, techniques, scientifiques, environnementaux et du confort/pratique, mais la fréquence de ces thèmes n'est pas la même au sein des différents groupes.

En outre, c**e sont les thèmes techniques qui sont majoritaires pour trois (groupes 1, 4 et 6) des six groupes. Tandis, que les thèmes économiques sont majoritaires pour le groupe 2 et les thèmes pratique/confort les sont pour les groupes 3 et 5.**
En ajoutant les thèmes scientifiques aux thèmes techniques, nous constatons qu'ils deviennent les thèmes majoritaires pour cinq des six groupes d'élèves (sauf pour le groupe 5). Donc, **les élèves se servent fréquemment des thèmes techniques et/ou scientifiques, lors des présentations des groupes, pour justifier leurs choix de système de chauffage.**
En outre, les thèmes techniques/scientifiques majoritaires parmi les thèmes sont fréquemment mobilisés en commun à d'autres thèmes et donc servent aussi comme un appui à d'autres thèmes.

Par contre, nous constatons que les thèmes du risque ne sont jamais mobilisés par les groupes. Tandis que les thèmes esthétiques et de santé sont mobilisés respectivement par un groupe (groupe 3) et deux groupes (groupes 3 et 6).

En comparant les thèmes mobilisés à travers les différents groupes, nous constatons que le groupe 1 qui mobilise le maximum de thèmes techniques (presque égal au groupe 6) parmi les six groupes, mobilise en même temps le maximum de thèmes environnementaux parmi les six groupes.
Le groupe 3 mobilise un maximum de thèmes scientifiques au total parmi les six groupes, le groupe 6 mobilise le maximum de thèmes économiques parmi les six groupes, tandis que le groupe 5 mobilise le maximum de thèmes pratique/confort (presque également avec le groupe 3) parmi les six groupes.

En comparant les thèmes majoritaires par groupe d'élèves et à travers les différents groupes, nous constatons que les groupes 1 et 6 respectivement mobilisant les thèmes environnementaux et économiques majoritaires parmi les différents groupes mais non majoritaires au sein du même groupe. Par contre, cela n'est pas le cas des groupes 1, 2 et 5 qui mobilisent respectivement des thèmes techniques, scientifiques et pratique/confort majoritaires parmi les groupes et au sein de leurs groupes.

Nous constatons, entre autre, que la mobilisation de thèmes variés (scientifiques, techniques, économiques, environnementaux...) est en corrélation avec l'augmentation du nombre total de thèmes mobilisés par groupe. Par contre, pas de corrélation est établie entre la diminution du nombre des thèmes mobilisés au total et la diminution de la variété des thèmes mobilisés. Le groupe 3, mobilisant le plus grand nombre de thèmes au total, est le seul groupe, parmi les six groupes, à mobiliser des (sous)contenus relatifs à huit thèmes différents. Tandis que le groupe mobilisant le plus petit nombre de thèmes au total, groupe 2, ne mobilise pas le minimum de thèmes distincts qui est mobilisé conjointement par

les groupes 1 et 4.

	E		Sc		T		En		P et C		Es		S		Di		Total	
	Nombre de (sous)contenus distincts par thème	**Thème(s) commun(s) à d'autre(s) thème(s) / et total des (sous)contenus par thème**																
Total des contenus et des sous-contenus par thème	5	4	1	14	9	18	2	6	9	9	2	0	0	3	5	0	33	54
Thèmes communs		1 E, T et P/C ; 2 E et En ; 1 E et Sc		2 Sc, T et En ; 2 Sc, T et S ; 3 Sc et En ; 1 Sc et E ; 4 Sc et T ; 2 Sc, T et P/C		5 T et P/C ; 3 Sc et T ; 2 Sc, T et En ; 2 T, Sc et S ; 2 Sc, T et P/C ; 1 T et S		2En, T et Sc ; 2 En et Sc ; 2 En et E		1 C, Sc, T ; 3 C et T ; 3 P et T ; 1 P, T et Sc ; 1 E T et P/C ;				1 S et T ; 2 S, T et Sc				###
Totale net des contenus et des sous-contenus (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**6,8333333333**		**7**		**16,833333**		**4,667**		**13**		**2**		**1,17**		**5**		**57**
Total des occurrences par thème	26		38		55		24		26		2		3		5		179	

Illustration 21: total des thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des différents groupes du choix d'un système de chauffage. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) sont('est) commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) sont('est) commun(s) à trois thèmes.

Total des thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des différents groupes

Nous constatons, lors des présentations des groupes (voir tableau ci dessus), une mobilisation de thèmes variés. Au total, l**es thèmes techniques sont majoritaires parmi les thèmes mobilisés, suivis respectivement des thèmes pratique/confort et les thèmes scientifiques (presque égaux aux thèmes économiques).** Les thèmes relatifs à la santé sont minoritaires.

En outre, l'ensemble des thèmes mobilisés, sauf les thèmes divers et esthétiques, ont des thèmes en commun avec d'autres thèmes. La majorité des thèmes mobilisés sont distincts d'autres thèmes, mais les thèmes communs à d'autres thèmes sont bien inférieurs à la moitié du nombre total des thèmes mobilisés.

En outre, nous constatons qu'en nombre d'occurrence, ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires suivis respectivement, des thèmes pratique/confort, scientifiques et économiques.

Les thèmes mobilisés lors du débat de toute la classe

Nous classons les (sous)contenus mobilisés par les élèves lors du débat de toute la classe en thèmes : technique, économique, confort/esthétique, pratique, sanitaire, scientifiques et autres point de vue (juridiques, mode de prise de décisions...). Ces thèmes mobilisés se répartissent de la façon suivante (voir tableaux ci dessus et en annexe) :

	E		Sc		T		En		P et C		Es		S		Di		Total	
	Nombre de (sous)contenus distincts par thème	Thème(s) commun(s) à d'autre(s) thème(s) / et total des (sous)contenus par thème																
Total des contenus et des sous-contenus par thème	7	4	1	12	10	8	0	6	3	5	0	0	0	0	4	1	26	36
Thèmes communs		2 E et Sc ; 1 E et En ; 1 P/C et E		5 Sc et En ; 1 Sc et Di ; 2 Sc et E ; 4 Sc et T		4 T et Sc ; 4 T et P/C		5 En et Sc ; 1 En et E		4P et T ; 1 E et P/C		0		0		Di et Sc	#VALEUR !	#VALEUR !
Total net des contenus et des sous-contenus (thèmes communs divisés par 2 ou 3)		**9**		**7**		**14**		**3**		**5,5**		**0**		**0**		**4,5**		43
Total des occurrences par thème	35		34		33		11		10		0		0		5		128	

Tableau 72: thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors du débat final de toute la classe. E= thèmes économiques, Sc=thèmes scientifiques, T= thèmes techniques, En= thèmes environnementaux, P= thèmes du pratique, C= thèmes de confort, Es= thèmes esthétiques, S= thèmes de santé et Di= thèmes divers. Le(s) (sous)contenu(s) d'un thème sont comptés 1 s'il(s) ne sont('est) pas commun(s) à aucun autre(s) thème(s), 1/2 s'il(s) sont('est) commun(s) à deux thèmes et 1/3 s'il(s) sont('est) commun(s) à trois thèmes.

Nous constatons lors du débat final de toute la classe (voir tableau ci dessus) une mobilisation de thèmes variés. Notamment, l**es thèmes techniques, sont majoritaires et sont suivis, respectivement, des thèmes économiques, scientifiques, pratique/confort.** Les thèmes environnementaux sont minoritaires et sans aucune mobilisation de thèmes esthétiques, du risque ou relatifs à la santé.

En outre, les thèmes mobilisés présentent un grand nombre de thèmes communs avec d'autres thèmes, notamment les thèmes scientifiques et techniques. Au total, la majorité des thèmes mobilisés sont distincts d'autres thèmes, mais les thèmes communs à d'autres thèmes sont bien inférieurs à la moitié du nombre total des thèmes mobilisés.
Quand aux thèmes environnementaux, ils relèvent tous de thèmes communs à d'autres (presque également les thèmes scientifiques).

En outre, nous constatons qu'en nombre d'occurrence des thèmes, ce sont les thèmes économiques qui sont majoritaires légèrement supérieurs en nombre respectivement aux thèmes scientifiques et techniques.

Comparaison des résultats des présentations des groupes/ au débat final de toute la classe

Nous constatons qu'au final, les élèves du lycée LF n'ont pas de difficultés à mobiliser des thèmes variés, notamment techniques et scientifiques, et lors de la présentation des groupes et lors du débat final. Ils se basent souvent sur les thèmes techniques, majoritaires lors de la présentation des groupes et lors du débat final de toute la classe, en plus d'autres thèmes (notamment, les thèmes pratique/confort lors des présentations des groupes et les thèmes économiques lors du débat de toute la classe), pour soutenir et justifier leurs arguments et leurs choix respectifs.

En outre, nous constatons que plusieurs des thèmes mobilisés, notamment scientifiques et techniques, sont communs à plusieurs thèmes. Les thèmes techniques et scientifiques servent aussi à soutenir d'autres thèmes et cela lors des présentations des groupes et lors du débat de toute la classe.

En outre, comparant la proportion des thèmes mobilisés lors des présentations des groupes par rapport à ceux lors du débat de toute la classe, nous constatons (voir tableau ci dessous) :

	Thèmes mobilisés								Total des thèmes
	Lors des présentations des groupes								
	E	Sc	T	En	P/C	Es	S	Di	
Nombre de thèmes	6,8	7	16,8	4,6	13	2	1,17	5	57
Proportion des thèmes	0,12	0,12	0,29	0,08	0,23	0,04	0,02	0,09	
	Lors du débat de toute la classe								
Nombre de thèmes	9	7	14	3	5,5	0	0	4,5	43
Proportion des thèmes	0,21	0,16	0,33	0,7	0,13	0	0	0,1	

Tableau 73: répartition des thèmes mobilisés lors des présentations des groupes et lors du débat de toute la classe

Une augmentation de thèmes économiques et scientifiques avec une légère augmentation des thèmes techniques et divers mobilisés lors du débat de toute la classe (par rapport aux présentations des groupes).
En outre, nous constatons une diminution de la mobilisation de thèmes environnementaux et pratique/confort. Nous constatons de même l'absence de mobilisation de thèmes esthétiques et relatif à la santé lors du débat de toute la classe

En comparant la proportion d'occurrence des thèmes lors des présentations des groupes par rapport au débat de toute la classe, nous constatons une augmentation d'occurrence des thèmes économiques lors du débat de toute la classe par contre une diminution d'occurrence de thèmes environnementaux et pratique/confort. En outre, nous ne constatons pas une variation relative à l'occurrence de thèmes scientifiques et techniques.

6.9. Deuxième niveau d'analyse : Croisement des analyses de la structure et du contenu de l'argument.

Dans ce paragraphe, en réponse à notre question de recherche relative au lien éventuel entre la qualité d'argumentation et la mobilisation des connaissances (e.g. Scientifiques et techniques), nous analysons d'une façon synergique, à l'aide de différents cadres analytiques (c.f. méthodologie), la structure de l'argument et le contenu de l'argument en essayant d'étudier l'interrelation éventuelle entre eux.

6.9.1. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction

Dans ce paragraphe, nous étudions le lien possible entre la structure et le contenu de l'argument, notamment entre les niveaux d'argumentation (la structure de l'argument) et le développement conceptuel des contenus, les domaines d'abstraction, (le contenu de l'argument) mobilisés par les élèves lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe. Nous croisons pour cela les résultats retrouvés dans le paragraphe I, analyse du premier ordre, relatifs aux niveaux d'argumentation avec celui des domaines d'abstraction.

L*ors des présentations des groupes :*

En comparant l'analyse des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction des élèves du lycée LF, des présentations par groupe d'élèves (voir tableaux ci dessous) nous constatons :

Groupe 1	**Domaines d'abstraction**				**Total niveau d'argumentation**
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1					
Niveau 2			1		1
Totale domaine					1

Tableau 74: niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation du groupe 1

Groupe 2	**Domaines d'abstraction**				**Total niveau d'argumentation**
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1					
Niveau 2		1			1
Totale domaine		1			1

Tableau 75: niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation du groupe 2

Groupe 3	Domaines d'abstraction				Total niveau d'argumentation
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1	1				1
Niveau 2	3	5			8
Niveau 3					
Totale domaine	4	5			9

Tableau 76: niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation du groupe 3

Groupe 4	Domaines d'abstraction				Total niveau d'argumentation
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1	1				1
Niveau 2	3	3			6
Totale domaine	4	3			7

Tableau 77: niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation du groupe 4

Groupe 5 : niveau d'argumentation moyen, niveau 2 et domaine d'abstraction, domaine II.

Groupe 6	Domaines d'abstraction				Total niveau d'argumentation
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1					
Niveau 2	2	2			4
Niveau 3					
Totale domaine	2	2			4

Tableau 78: niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation du groupe 6

	Domaines d'abstraction				Total par niveau d'argumentation
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1	2				2
Niveau 2	8	12	1		21
Niveau 3					
Niveau 4					
Niveau 5					
Totale domaine	10	12	1		23

Tableau 79: total niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation des groupes de leurs choix d'un système de chauffage

En comparant, lors de la présentation des groupes, les niveaux d'argumentation et les domaines d'abstraction nous constatons que la majorité des arguments mobilisés lors des présentations sont également partagés entre un niveau d'argumentation moyen, niveau 2, de domaines d'abstraction moyen, domaine II et un niveau d'argumentation moyen, niveau 2, de domaine d'abstraction I.

Nous constatons que la majorité des arguments mobilisés sont du niveau d'argumentation du niveau 2 avec un domaine d'abstraction II. Tandis que le niveau d'argumentation du niveau 2 ayant un domaine d'abstraction III est minoritaire.

La mobilisation du niveau d'argumentation moyen, niveau 2, se fait avec différentes domaines d'abstraction, faible, moyen ou élevés.

En outre, il n'y a pas une mobilisation de niveau d'argumentation de qualité, niveau 3 et 4, lors des présentations des groupes. Tandis qu'il y a une mobilisation rare d'un niveau d'argumentation faible, niveau 1, avec un domaine d'abstraction faible, domaine I.

Ainsi, la mobilisation très rare de domaine d'abstraction élevé, domaine III, s'accompagne d'un niveau d'argumentation moyen, niveau 2, et pas nécessairement d'un niveau d'argumentation élevé, ni faible.

Lors du débat final de toute la classe

Nous avons comparé l'analyse des niveaux d'argumentation et des domaines d'abstraction des élèves lors du débat final suite aux présentations des différents groupes à propos de leurs choix d'un système de chauffage (voir tableau suivant). Nous constatons les résultats suivants :

	Domaines d'abstraction				Total niveau d'argumentation
Niveaux d'argumentation	**Domaine I**	**Domaine II**	**Domaine III**	**Domaine IV**	
Niveau 1	4	1			5
Niveau 2	16	7	2		25
Niveau 3	1		1		2
Niveau 4	3				3
Niveau 5					
Totale domaine	24	8	3		35

Tableau 80: niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du débat final sur leurs choix d'un système de chauffage

Une majorité des arguments mobilisés sont du niveau moyen, niveau 2, ayant de domaines d'abstraction faible, domaine I.
Une minorité d'arguments sont du niveau d'argumentation faible, niveau 1 avec un domaine d'abstraction moyen II, du niveau d'argumentation de qualité niveau 3, ayant des domaines d'abstraction faible I et du niveau d'argumentation de qualité, niveau 3, avec de domaine d'abstraction élevé, domaine III.

Nous constatons qu'une argumentation de qualité, niveau 3 et 4, est mobilisée respectivement avec des domaines d'abstraction élevé (domaine III) comme faible (domaine I).

Tandis qu'un domaine d'abstraction élevé, domaine III, est mobilisé avec une argumentation de niveau moyen, niveau 2, et élevé, niveau 3 et 4, mais jamais avec un niveau d'argumentation faible, niveau 1.

Nous ne constatons aucune mobilisation d'un argument avec des domaines d'abstraction très élevés, domaine IV.

6.9.2. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés

Nous visons par ce paragraphe étudier les lien(s) éventuel(s) entre la structure de l'argument (les niveaux d'argumentation) et le contenu de l'argument, notamment les thèmes mobilisés. Pour y arriver, nous croisons les résultats d'analyses des niveaux d'arguments et des thèmes mobilisés obtenus précédemment dans les paragraphes d'analyse du premier ordre, des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés (voir aussi tableaux ci-dessus et tableaux en annexe).

Niveaux d'argumentation et thèmes mobilisés, lors des présentations des groupes

En comparant le(s) niveau(x) d'argumentation et les thèmes mobilisés par les élèves lors des présentations des groupes, nous constatons les résultats suivants (voir tableaux suivants) :

Remarque : les analyses sont réalisées en regroupant les différents thèmes par niveau d'argument mobilisé.

Groupe 1	Sc et En	E, Sc, T, En et P/C	E, Sc, T et En	Sc, T et En	Total
Niveau 1					
Niveau 2		1			1
Total		1			1

Tableau 81: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 1 lors des présentations des groupes des élèves du lycée LF

Groupe 2	E, T, Sc, En, P/C et Di (prise de décision)	Total
Niveau 1		
Niveau 2	1	1
Total	1	1

Tableau 82: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 2 lors des présentations des groupes des élèves du lycée LF

Groupe3	T, Sc, En, Es et S P/C	Sc, T et P/C	Di (juridique) et T	P/C	Es	E T	Di (personnel)	Total
Niveau 1							1	1
Niveau 2	1	2	1	1	1	1	1	8
Total	1	2	1	1	1	1	2	9

Tableau 83: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 3 lors des présentations des groupes des élèves du lycée LF

Groupe 4	E, Sc, T, En et P/C	Sc, T, En	T P	Di (personel)	Total
Niveau 1				1	1
Niveau 2	1	1	4		6
Total	1	1	4	1	7

Tableau 84: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 4 lors des présentations des groupes des élèves du lycée LF

Groupe 5	E, Sc, T, En et P/C Di	Total
Niveau 2	1	1
Total	1	1

Tableau 85: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 5 lors des présentations des groupes des élèves du lycée LF

Groupe 6	E, Sc, T, En, P/C et S	E, Sc	E	En Sc	Total
Niveau 1					
Niveau 2	1	1	1	1	4
Total	1	1	1	1	4

Tableau 86: croisement des niveaux d'argumentation et des thèmes mobilisés par le groupe 6 lors des présentations des groupes des élèves du lycée LF

	Sc et En	T C/ P E En Sc	En T E Sc	E	C T E Sc Di (dec) En	T P/C En Sc	T P Sc	En Sc Es T P C S	P/ C T E S Sc En	E Sc	Es	T P Sc	Sc T En	Di (perso)	P/ C	T	Di (jur) T	Total
Niveau 1														2				2
Niveau 2	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1		2	1	1	21
Niveau 3																		
Niveau 4																		
Total																		**23**

Tableau 87: total des croisements des Thèmes et des niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF, lors de la présentation des groupes

Une argumentation de qualité moyenne, niveau 2, est observée avec différents thèmes, notamment des thèmes techniques et scientifiques mais aussi avec des thèmes environnementaux, économiques, confort/pratique, de santé, esthétiques et divers thèmes (juridiques et de point de vue relatif à une prise de décision).
L'argument de qualité inférieure, niveau 1, est constaté avec un thème divers, de point de vue personnel.
D'après les résultats de notre recherche, nous ne constatons pas un lien entre la mobilisation d'un(es) thème(s) particulier(s) et la mobilisation d'un niveau d'argumentation moyen lors des présentations des groupes. Mais nous constatons que la mobilisation d'une argumentation faible correspond à une mobilisation de thèmes divers (relatif à un point de vue personnel).

En comparant le niveau d'argumentation, le nombre de thèmes mobilisés par groupe et par argument (voir aussi paragraphe I, analyse du premier ordre, thèmes mobilisés), nous ne constatons pas une corrélation entre la mobilisation d'une argumentation moyenne et le nombre de thèmes mobilisés par groupe ou par argument, et cela parmi les six groupes. Nous constatons une mobilisation d'une argumentation moyenne avec un thème ou plusieurs thèmes respectifs. En outre, nous constatons qu'une argumentation faible est mobilisée avec un seul thème.

Analyses de la qualification et des thèmes mobilisés

Nous analysons dans le paragraphe suivant le lien éventuel entre la qualification et les thèmes mobilisés.

Niveau d'argumentation de l'argument	Tours de parole	Thèmes mobilisés	Sources des thèmes	Total
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 1				
Niveau 1				0
Niveau 2	3GR1;	Sc et En	D	1
	20GR1	T et En	A	1
Total				2
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 3				
Niveau 1				0
Niveau 2	35GR3; 36GR3;	Sc, T et P/C	D et Cu	2
Total				2
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 4				
Niveau 1				0
Niveau 2	38GR4;	T et P/C	D	1
	38GR4	En	D	1
	38 GR4	T/P	D	1
	38GR4	T/P	A	1
	38GR4	T/P	A	1
Total				5
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 6				
Niveau 1				0
Niveau 2	42GR6	T Sc et En	D	1
	42GR6	E	D	1
Total				2

Tableau 88: Tableau 30: qualifications et thèmes mobilisés lors des présentations du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés des groupes

D'après les analyses des qualifications et des thèmes mobilisés (voir tableau ci dessus), nous ne constatons pas un lien entre la mobilisation de qualification et de(s) thème(s) particulier(s). Les qualifications sont mobilisés avec des thèmes variés : techniques, scientifiques, pratique/confort, économiques et/ou environnementaux.

Niveaux d'argumentation et thèmes mobilisés, lors du débat final de toute la classe

En comparant les niveaux d'argumentation et les thèmes mobilisés par les élèves (voir tableau ci-dessous) lors du débat de toute la classe suite aux présentations des différents groupes, nous constatons :

******Remarque : pour l'analyse, les thèmes sont comptés en regroupant les différents thèmes mobilisés par argument (voir tableau ci dessous) et cela toujours en comptant dans cet argument le niveau d'argumentation atteint.***

		T P/C Di	Sc En Di	Sc E et En	E T et Sc	E	E et T	T	T et P/C	P/C	E, Sc et Di	E et Sc	E Sc En et P/C	Sc et Di	Sc, T et En	T, E, C et Di	Total
Niveau 1	**Domaine I**					2		1		1							**4**
Niveau 2	**Domaine I**	2		1	2	3	3	2	4	1	1	1	1	1	2	1	**25**
Niveau 3	**Domaine I**		1					1									**2**
Niveau 4	**Domaine I**				1		2										**3**
Total		**2**	**1**	**1**	**3**	**5**	**5**	**4**	**4**	**2**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**34**

Tableau 89: Thèmes et niveaux d'argumentation mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du débat de toute la classe

Une argumentation de qualité (niveau 3 et 4) est constatée avec différents thèmes mais intégrant toujours des thèmes scientifiques et/ou techniques.

Une argumentation de qualité moyenne, du niveau 2, majoritaire parmi les niveaux d'argumentation,est constatée avec différents thèmes scientifiques, techniques, économiques, environnementaux, confort/pratique et/ou divers thèmes (prise de décision, point de vue personnel, juridique et courant).

Une argumentation faible, niveau 1, est constatée avec différents thèmes économiques et pratique/confort mais aussi avec des thèmes techniques.

Nous constatons qu'une argumentation de qualité, niveau 3 et 4, lors du débat final de toute la classe, correspond à une mobilisation de thèmes techniques et/ou scientifiques parmi d'autres thèmes mobilisés. Mais, une mobilisation de thèmes techniques et/ou scientifiques ne suffit pas pour atteindre une argumentation de qualité.

6.9.3. Croisement des analyses des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument au contenu de l'argument (respectivement les domaines d'abstraction et les thèmes) mobilisés par les élèves lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe en croisant les résultats d'analyses obtenues dans les paragraphes précédents relatifs à l'analyse des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction et des thèmes mobilisés (et des qualifications) (voir le paragraphe I).

Lors des présentations des groupes

En croisant les niveaux d'argumentation, les domaines d'argumentation et les thèmes mobilisés par argument lors des présentations des groupes, nous constatons les résultats suivants :

		Sc et En	**TC/PEn Sc**	**En TE Sc**	**E**	**C TE Sc Di (dec) En**	**TP/CEn Sc**	**TPSc**	**En Sc Es TPCS**	**P/CTES ScEn**	**ESc**	**Es**	**TPSc**	**Sc TEn**	**Di (perso)**	**P/C**	**T**	**Di (jur) T**	**Total**
Niveau 1	**Domaine I**														1				1
	Domaine II																		
Niveau 2	**Domaine I**				2		1				1	1		1		2	1		9
	Domaine II	1	3			1		1	1	1			2					1	11
	Domaine III			1															1
Niveau 3	**Domaine I**																		
	Domaine II																		
Niveau 4	**Domaine I**																		
	Domaine II																		
Total		**1**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**1**	**2**	**1**	**1**	**22**

Tableau 90: Tableau 12: croisement des niveaux d'argumentation, des domaines d'abstraction le plus élevé correspondant et des thèmes mobilisés par arguments, lors des présentations des groupes

Un niveau d'argumentation faible, niveau 1, est mobilisé avec des thèmes divers et ayant des domaines d'abstraction faible, domaine I. Une argumentation de qualité moyenne,

niveau 2, est mobilisée avec des thèmes variés : (scientifiques, techniques, confort/pratique, environnementaux, économiques et esthétiques) ayant des domaines d'abstraction, faible ; (scientifiques, techniques, confort/pratique, environnementaux, économiques, de santé et divers thèmes) ayant un domaine d'abstraction moyen domaine II ; et finalement scientifiques, techniques, environnementaux, économiques ayant des domaines d'abstraction élevés, domaine III.
La mobilisation d'une argumentation faible est constatée avec un domaine d'abstraction faible, domaine I, et des thèmes divers (point de vue personnel).

Nous ne constatons aucune mobilisation de niveau d'argumentation de qualité, niveau 3 et 4.

Pas de lien direct constaté entre les niveaux d'argumentation, les thèmes (e.g. scientifiques et techniques) et les domaines d'abstraction mobilisés lors des présentations des groupes.

En outre, nous constatons que le domaine d'abstraction élevé, domaine III, est mobilisé avec des thèmes scientifiques et/ou techniques et avec des thèmes environnementaux, confort/pratique et économiques ; ayant un niveau d'argumentation moyen, niveau 2. Tandis que les domaines d'abstraction faible, domaine I, sont mobilisés avec divers thèmes ayant un niveau d'argumentation faible, niveau 1.

Groupe	Niveau d'argumentation le plus élevé atteint par argument	Domaine d'abstraction le plus élevé atteint par argument	Nombre de bases par argument	E	Sc	T	En	C/P	Es	S	Di	Totale des (sous)contenus par argument (le plus élevé par groupe)	
1	2	III	8	1+1/2	1+2/2	2+1/2	1+2/2	0+2/2	0	0	0	4+8/2	**Nombre de contenus par thème + Nombre de contenus par thème commun à d'autres thèmes**
	2	II	8	0+1/2+1/3	0+2/2	2+1/3+1/2	0+3/2	0+1/2+1/3				2+ 8/2 + 3/3	
2	2	II	17	3+1/2	1+3/2	2+2/2	0+2/2	2+0			1+0	8+8/2	
3	2	II	16		0+2/2+3/3	3+2/2+3/3	1+1/2+1/3	3+1/2	1+0	0+2/3		8+ 6/2+ 9/3	
	1	I	0								1	1	
4	2	II	11	0+1/2	0+3/2	2+3/2	1+0	1+0				4+7/2	
5	2	II	15	1+0	0+1/2+2/3	2+4/2+1/3	1+0	2+2/2+1/3			0+1/2	6+8/2+4/3	
6	2	II	25	2+4/2	0+2/2+2/3	4+3/2+2/3	1+2/3	2+3/24		0+1/2		9+13/2+6/3	

Tableau 91: croisement du niveau d'argumentation le plus élevé, le domaine d'abstraction le plus élevé atteint, les thèmes mobilisés et le nombre des contenus mobilisés par thème, par argument par groupe, lors des présentations des groupes.

Nous constatons que (voir tableau précédent) l**e nombre de thèmes techniques/scientifiques, le nombre de bases et/ou le nombre de contenus élevés par argument ne correspondent pas nécessairement à une mobilisation de niveaux d'argumentation moyens lors des présentations des groupes.**

Thèmes, argumentation et domaines d'abstraction lors du débat toute la classe :

Nous comparons dans ce paragraphe le niveau d'argumentation, les domaines d'abstraction et les thèmes des contenus mobilisés par les élèves lors du débat de toute la classe (voir tableau suivant).

Remarque : pour l'analyse (voir tableau suivant), nous regroupons les différents thèmes mobilisés par argument et cela toujours en comptant dans cet argument le domaine d'abstraction le plus élevé.

		T P/C Di	Sc En Di	Sc E et En	E T et Sc	E	E et T	T	T et P/C	P/C	E, Sc et Di	E et Sc	E Sc En et P/C	Sc et Di	Sc, T et En	T, E, C et Di	Total
Niveau 1	**Domaine I**					2		1		1							**4**
Niveau 2	**Domaine I**	1			2	3	2	1	4	1	1	1					**16**
	Domaine II	1		1									1	1	2	1	**7**
	Domaine III						1	1									**2**
Niveau 3	**Domaine I**							1									**1**
	Domaine II																**0**
	Domaine III		1														**1**
Niveau 4	**Domaine I**				1		2										**3**
Total		**2**	**1**	**1**	**3**	**5**	**5**	**4**	**4**	**2**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**34**

Tableau 92: Thèmes, niveaux d'argumentation et domaines d'abstraction mobilisés par les élèves du lycée LF, lors du débat de toute la classe

Nous remarquons que la mobilisation de domaines d'abstraction élevés (domaine III), est constatée avec des thèmes différents mais intégrant toujours des thèmes scientifiques et/ou techniques en plus d'autres thèmes notamment, environnementaux, économiques et/ou divers, et cela avec une argumentation moyen ou de qualité, niveau 2 et 3, et pas exclusivement avec une argumentation de qualité, niveau 3 ou 4.

En outre, le domaine d'abstraction élevé n'est jamais remarqué avec une argumentation faible, niveau 1. La mobilisation de domaines d'abstraction faible, domaine I est constatée avec différents thèmes, notamment, des thèmes techniques et/ou scientifiques, des thèmes économiques, pratique, du confort et divers thèmes.

Ainsi, nous constatons, d'après les résultats de notre recherche, qu'u**ne mobilisation de thèmes scientifiques et/ou techniques (parmi d'autres thèmes) correspond à la mobilisation de domaines d'abstraction élevés, lors du débat final de toute la classe.**

Une mobilisation de domaine d'abstraction élevés correspond avec des niveaux d'argumentation moyen et de qualité mais pas avec des niveaux d'argumentation faibles.

Une argumentation de qualité (niveau 3 et/ou 4) est mobilisée avec des domaines d'abstraction élevés, domaine III, moyens, domaine II, ou des domaines d'abstraction faibles, domaine I, avec des thèmes différents mais ayant des thèmes scientifiques et/ou techniques.

Une mobilisation de thèmes scientifiques et/ou techniques correspond avec la mobilisation d'une argumentation de qualité, niveau 3 et 4. Par contre, une mobilisation de thèmes scientifiques et ou techniques ne mène pas automatiquement à la mobilisation de niveaux d'argumentation élevés.

La mobilisation d'une argumentation de qualité lors du débat de toute la classe n'est pas exclusivement reliée à une mobilisation de domaines d'abstraction élevés, domaine III, mais peut être constatée aussi avec des domaines d'abstraction faibles.

6.9.4. Analyse de la structure de l'argument et des sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation, au contenu de l'argument, les sources des contenus, mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe.

Les contenus analysés et repérés lors de l'argumentation (c.f. Méthodologie et Annexe) sont comparés aux documents distribués aux élèves durant la séquence et au curriculum prescrit, et étudiés à l'aide d'un cadre analytique à priori développé pour notre recherche (c.f. Méthodologie) et que l'on détaillera par la suite les résultats obtenus et ensuite comparés aux niveaux d'argumentation respectifs.

Les sources des (sous)contenus et les thèmes mobilisés

Nous analysons dans ce paragraphe les sources des (sous)contenus mobilisés. Nous cherchons à repérer si les (sous)contenus mobilisés par les élèves et indiqués dans le tableau d'analyse des thèmes (voir annexe) concordent avec des contenus issus du curriculum prescrit, des documents distribués et/ou d'autres sources. Nous cherchons à retrouver quelle(s) source(s) les élèves font appel(s) lors de l'argumentation du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat.

Nous classons les contenus, repérés avant et classés en thèmes (voir méthodologie, annexe et tableaux suivants), en fonction des sources (ou origines) de ces thèmes. Notamment s'ils sont issus des documents distribués (D), du curriculum (Cu) ou d'autres (A) sources qui ne font pas partie du curriculum ou des documents distribués.

Nous constatons les résultats suivants :

lors des présentations des groupes :

L'analyse des sources des thèmes mobilisés par groupe nous fournit les résultats suivants :

Groupe 1	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)	1						5	1		1				1											7	2	0	8
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)		2			3	1		1	1		4	1													0	10	3	6
Autres (A)			1						1						1										0	0	3	1
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 1	1	2	1	0	3	1	5	2	2	1	4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	12	6	15
Total par thème	2,33			1,83			6,67			3,33			0,83			0			0			0			15			

Tableau 93: sources des thèmes mobilisés par le groupe 1, des élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Une majorité des thèmes mobilisés par le groupe 1 sont issus des documents et légrement supérieur à ceux issus du curriculum et des documents. Par contre, les élèves mobilisent rarement des thèmes issus d'autres sources et ne mobilisent pas de thèmes issus juste du curriculum sans les documents.
En particulier, la majorité des thèmes techniques sont issus des documents. Une majorité des thèmes scientifiques mobilisés sont issus en même temps des documents et du curriculum prescrit.

Groupe 2	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)	3				1		1	1			1			1											4	4	0	6
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)					3			2			1														0	6	0	3
Autres (A)																						1			1	0	0	1
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 2	3	0	0	0	4	0	1	3	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	10	0	10
Total par thème	3			2			2,5			1			0,5			0			0			1			10			

Illustration 22: sources des thèmes mobilisés par le groupe 2, des élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Une majorité des thèmes mobilisés par le groupe 2 sont issus des documents, en plus du curriculum et d'autres sources. En outre, la majorité des thèmes économiques sont issus des documents. Tandis que les thèmes scientifiques et techniques ne sont pas marqués par une source en particulier.

Groupe 3	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)							1	1					1	1		1									3	2	0	4
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)	1			1	1	4			4	1	1	1			1						2				3	2	12	8
Autres (A)								1					3	1		1						3			7	2	0	8
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 3	1	0	0	1	1	4	1	2	4	1	1	1	4	2	1	2	0	0	0	0	2	3	0	0	13	6	12	20
Total par thème	1			2,83			3,33			1,83			5,33			2			0,67			3			20			

Illustration 23: sources des thèmes mobilisés par le groupe 3, des élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Une majorité des thèmes mobilisés par le groupe 3 sont ni issus des documents ni du curriculum mais d'autres sources. En particulier, la majorité des thèmes techniques sont issus des documents tandis que les thèmes techniques sont presque également issus d'autres sources et des documents. En outre, les thèmes pratique/confort ainsi que les thèmes divers sont issus des autres sources.

Groupe 4	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)					1		3	1					1												4	2	0	5
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)		1			2	1		1	1	1		1													1	4	3	4
Autres (A)								1					2	1											2	2	0	3
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 4	0	1	0	0	3	1	3	3	1	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	3	12
Total par thème	0,5			1,83			4,83			1,33			3,5			0			0			0			12			

Illustration 24: sources des thèmes mobilisés par le groupe 4, des élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Une majorité des thèmes mobilisés par le groupe 4, sont issus des documents. En particulier, la majorité des thèmes techniques sont issus également des documents et des documents et du curriculum, tandis que la majorité des thèmes scientifiques sont issus des documents et du curriculum. En outre, la majorité des thèmes pratique/confort sont issus d'autres sources.

Groupe 5	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)	1							3					2	3								1			4	6	0	7
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)					1	2		1	2	1		1			1										1	2	6	4
Autres (A)													1												1	0	0	1
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 5	1	0	0	0	1	2	0	4	2	1	0	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	8	6	12
Total par thème	1			1,17			2,67			1,33			4,83			0			0			1			12			

Illustration 25: sources des thèmes mobilisés par le groupe 5, des élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Une majorité des thèmes mobilisés par le groupe 5 sont issus des documents. En particulier, les thèmes techniques sont issus également des documents et du curriculum et des documents, tandis que les thèmes scientifiques sont issus également des documents et du curriculum et du curriculum. En outre, la majorité des thèmes confort/pratique sont issus des documents.

Groupe 6	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																								
Document (D)	2						3	4						2						1					5	7	0	8,5
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)		1			2	3		1	3			2			1										0	4	9	5
Autres (A)	1												1	1											2	1	0	2,5
Total des (sous)-contenus par thème du groupe 6	3	1	0	0	2	3	3	5	3	0	0	2	1	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	12	9	16
Total par thème	3,5			2			6,5			0,67			2,83			0			0,5			0			16			

Illustration 26: sources des thèmes mobilisés par le groupe 6, des élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Une majorité des thèmes mobilisés par le groupe 6 sont issus des documents. En particulier, la majorité des thèmes techniques sont issus des documents tandis que la majorité de thèmes scientifiques sont issus des documents et du curriculum. En outre, les thèmes pratique/confort sont issus presque également des documents et d'autres sources.

Total des présentations des groupes	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Thèmes Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)	4		1		2		9	7			1		3	4		1				1		1			18	15	1	25,83
Curriculum (Cu)																									0	0	0	0
Curriculum et Document (Cu et D)		3		1	6	6		3	6	1	4	2			2						2				2	16	18	16
Autres (A)	1							1	1	1			6	2	1	1						4			13	3	2	15,17
Total des (sous)-contenus par thème lors des présentations des groupes	5	3	1	1	8	6	9	11	7	2	5	2	9	6	3	2	0	0	0	1	2	5	0	0	33	34	21	57
Total par thème	6,83			7			16,83			5,17			13			2			1,17			5			57			

Illustration 27: sources des thèmes mobilisés au total, par les élèves du lycée LF lors de la présentation des groupes

Au total, **ce sont les thèmes qui correspondent à des documents distribués aux élèves durant les séquences, qui sont majoritairement mobilisés par les élèves du lycée LF lors de la présentation des groupes ; c'est aussi le cas de cinq (groupes 1, 2, 4, 5 et 6) des six groupes d'élèves. Ils sont suivis presque également par des thèmes qui correspondent aux documents et au curriculum prescrit mais aussi à d'autres sources.**
En outre, les élèves ne mobilisent pas des contenus issus juste du curriculum prescrit. Les élèves mobilisent des thèmes issus du curriculum et qui se trouvent aussi dans les documents distribués durant les séquences.

La majorité des thèmes mobilisés sont distincts d'autres thèmes et supérieurs en nombre respectivement aux thèmes communs à deux thèmes et des thèmes communs à trois thèmes. En particulier, les thèmes distincts sont issus des documents.

En particulier, nous constatons que la majorité des thèmes techniques sont issus des documents (et moins fréquemment du curriculum et des documents et d'autres sources) ; c'est aussi le cas de quatre (groupes 1, 2, 3 et 6) des six groupes. En revanche,

la majorité des thèmes scientifiques sont issus des documents et du curriculum et jamais d'autres sources ; ceci est aussi le cas des six groupes. En outre, la majorité des thèmes économiques sont issus des documents ; ceci est le cas aussi de quatre (groupes 2, 3, 5 et 6) des six groupes. Par contre, pas de tendance particulière observée chez les thèmes environnementaux qui peuvent être issus, presque également, des documents ou des documents et du curriculum. Pour les thèmes confort/pratique, ils sont presque également issus des documents ainsi que d'autres sources, ceci est le cas aussi d'un seul groupe (groupe 6), tandis que pour trois des six groupes sont issus en majorité d'autres sources. Tandis que pour les thèmes divers, ils sont pratiquement presque tous issus d'autres sources et rarement des documents.

Donc, les élèves du lycée LF n'ont aucun problème d'utiliser les documents distribués durant les séquences pour justifier leurs choix d'un système de chauffage parmi cinq. Au total, cette tendance est nettement constatée avec les thèmes techniques et économiques et pas dans dans le cas d'autres thèmes.
En plus des documents, les élèves mobilisent des thèmes qui sont issus du curriculum mais uniquement lorsque ces thèmes coïncident avec des thèmes qui se retrouvent dans les documents distribués. Ils ne mobilisent presque jamais des thèmes qui sont issus du curriculum et qui ne se trouvent pas dans les documents distribués durant les séquences. En outre, les élèves n'hésitent pas à employer des thèmes qui ne se trouvent ni dans les documents distribués et ni dans le curriculum pour soutenir le choix.
Lors du débat de toute la classe

L'analyse des sources des thèmes mobilisés nous fournit les résultats suivants :

TOTAL DES sources des (sous)contenus lors du débat final	E			Sc			T			En			P/C			Es			S			Di			Total des thèmes par source			Total par source
	Distincts	Communs à deux thèmes	Communs à trois thèmes																									
Document (D)	4	1			1		7	1					1												12	3	0	13,5
Curriculum (Cu)	1	1			2					1															1	4	0	3
Curriculum et Document (Cu et D)		1		1	9			3		5													1		1	19	0	10,5
Autres (A)	2	1					3	4					2	5								4			11	10	0	16
Total des (sous)-contenus par thème	7	4	0	1	12	0	10	8	0	0	6	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	25	36	0	43
Total par thème	9			7			14			3			5,5			0			0			4,5			43			

Tableau 94: sources et thèmes mobilisés par les élèves du lycée LF lors du débat final de toute la classe

Nous constatons que les élèves du lycée LF, lors du débat de toute la classe, ne se limitent pas à une seule source d'information et mobilisent divers thèmes notamment issus majoritairement d'autres sources. En outre, les élèves mobilisent presque également des thèmes issus des documents distribués aux élèves durant la séquence et des documents et du curriculum prescrit. Les thèmes mobilisés issus juste du curriculum sont rares.
En particulier, les élèves mobilisent des contenus techniques issus majoritairement des

documents. Tandis que les thèmes scientifiques sont issus majoritairement des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources.
La majorité des thèmes économiques sont issus des documents. Pour les thèmes environnementaux, ils sont majoritairement issus des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources. Par rapport aux thèmes pratique/confort, ils sont issus majoritairement d'autres sources ainsi, que les thèmes divers.

Donc, au final, les élèves du lycée LF n'ont pas de difficultés à mobiliser des (sous)contenus issus des documents distribués durant les séquences et mobilisent aussi des contenus provenant du curriculum prescrit mais aussi des d'autres contenus ne provenant ni du curriculum ni des documents et cela lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe.
En particulier, les élèves se basent davantage sur les thèmes issus des documents pour argumenter lors des présentations des groupes, tandis que les élèves mobilisent davantage des (sous)contenus issus d'autres sources lors du débat de toute la classe.
Les élèves mobilisent rarement des thèmes issus uniquement du curriculum, mobilisés davantage lors du débat final que lors des présentations du groupe. Les autres (sous)contenus issus du curriculum sont communs avec les (sous)contenus des documents distribués.

Lors des présentations des groupes et lors du débat de toute la classe en majorité : les thèmes techniques et économiques mobilisés sont issus des documents, les thèmes scientifiques sont en majorité issus des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources et les divers thèmes sont issus d'autres sources.
Différemment des (sous)contenus mobilisés lors des présentations des groupes les thèmes respectivement : environnementaux mobilisés sont issus en majorité des documents et du curriculum et pas également des documents et des documents et du curriculum les thèmes pratique/confort sont issus d'autres sources et non également des documents et d'autres sources.

Croisement entre la structure de l'argument et les sources des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe, d'une façon synergique, les analyses de la structure de l'argument, (les niveaux d'argumentation), et le contenu de l'argument (les sources des contenus mobilisés).

Lors des présentations des groupes

Niveaux d'argumentation	Sources des contenus
2 (4GR1)	A; Cu et D ; D ;
2 (6GR1+ 12GR1+14GR1+ 16GR1)	D; Cu et D ; A ;
1 (36GR3)	A

Tableau 95: niveaux d'argumentation moyens et faibles et leurs sources respectives mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes

Nous remarquons que pour l'ensemble des groupes, mobilisant une argumentation de qualité moyenne, les sources mobilisées sont issus des documents, du curriculum, des documents et du curriculum et/ou d'autres sources.
Tandis que pour l'argumentation faible, niveau 1, mobilisée par le groupe 3 (au 36GR3), les sources mobilisées ne sont pas ni du curriculum, ni des documents mais d'autres sources.

En outre, nous remarquons que pour les domaines d'abstraction élevés, domaine III, mobilisés par le groupe 1 (au 16GR1), les contenus mobilisés sont issus des documents (D) et des documents et du curriculum (Cu et D) mais pas d'autres sources.

Qualifications, thèmes et sources des thèmes

Niveau d'argumentation de l'argument	Tours de parole	Thèmes mobilisés	Sources des thèmes	Total
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 1				
Niveau 1				0
Niveau 2	3GR1;	Sc et En	D	1
	12GR1	En et T	D	1
	20GR1	T et En	A	1
Total				3
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 3				
Niveau 1				0
Niveau 2	35GR3; 36GR3;	Sc, T et P/C; P/C et Di	D et Cu; A	2
Total				2
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 4				
Niveau 1				0
Niveau 2	38GR4	En et Sc	D	1
	38 GR4	T/P	D	1
	38GR4	T/P	A	1
	38GR4	T/P	A	1
Total				4
Qualifications mobilisées lors de la présentation du groupe 6				
Niveau 1				0
Niveau 2	42GR6	T Sc et En	D et Cu	1
	42GR6	E	D	1
Total				2

Tableau 96: qualifications, thèmes et sources mobilisés lors des présentations du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés des groupes

Nous constatons que les qualifications mobilisées intègrent des thèmes issus du curriculum et/ou des documents distribués et d'autres sources.

Lors du débat de toute la classe

En comparant les niveaux d'argumentation de qualité et faibles, relatif à la structure de l'argument, et les sources des contenus mobilisés par les élèves lors du débat final de toute la classe nous constatons :

Niveaux d'argumentation	Sources des contenus
4	D, A (les arguments d'autres élèves) et Cu et D
4	D
4	Cu et D
3	D et A
3	D et A (les arguments d'autres élèves)
2 (83GR1)	Cu ; A ;
2 (91GR2)	Cu et D ;
1	D et A (les arguments d'autres élèves)
1	D et A (les arguments d'autres élèves)
1	A

Tableau 97: niveaux d'argumentation de qualité et faibles et leurs sources mobilisés par les élèves du lycée LF lors du débat finale de toute la classe

Un **lien particulier est constaté entre les niveaux d'argumentation et les sources des thèmes mobilisées lors du débat final de toute la classe.** Une argumentation de qualité ou moyenne corrèle avec différentes sources des thèmes mobilisés (curriculum, documents et/ou autres sources) tandis **qu'une argumentation faible correspond à des (sous)contenus issus des documents ou d'autre sources mais jamais du curriculum.**

6.9.5. Analyses de la structure d'argument et de la validité des contenus

Nous comparons dans ce paragraphe la structure de l'argument, les niveaux d'argumentation, au contenu de l'argument, la validité des contenus, mobilisés par les élèves du lycée LF lors des présentations des groupes et lors du débat final de toute la classe.

Remarque : pour l'analyse de la validité des contenus nous nous limitons à l'analyse des contenus des niveaux d'argumentation faibles, élevés et certains des niveaux d'argumentation moyens

Analyse de la validité des contenus

Nous analysons dans ce paragraphe la validité des contenus mobilisés à l'aide d'un cadre à priori (c.f. Méthodologie). En particulier, nous cherchons si les contenus mobilisés sont non valides (mobilisation de fausses conceptions et/ou de contenus non valides par rapport aux documents distribués ou au curriculum), des contenus valides par rapport à un domaine donné mais sans davantage de détails et des contenus valides par rapport à un domaine spécifique avec une explication partielle et/ou complète.

Lors des présentations des groupes

L'analyse de la validité des contenus, du groupe 3, montre que l'argument ayant un niveau d'argumentation moyen, niveau 2, avec la mobilisation de qualification, est mobilisé avec des contenus valides ayant des explications partielles relatives à des thèmes scientifiques, techniques et pratiques.
En effet, les élèves citent l'inefficacité énergétique du système solaire qui est fonction de l'ensoleillement d'une région et de son climat (ou probablement la météo au lieu du climat mentionné par les élèves) et non convenable à certaines régions comme la Bretagne, ce qui limite son utilisation à des pays ensoleillés (groupe : 3, 35GR3).
« 35GR3 : *...Les contre-arguments qui peuvent contredire notre choix, donc on a trouvé 4. D'abord le 1er c'est que la production d'énergie* [des panneaux solaires] *dépend du climat, ce qui est sûr, parce qu'on peut difficilement avoir ce genre d'installation en Bretagne...*
36GR3 : Donc, ce genre d'installation se fait dans des pays ensoleillés plutôt. »

L'analyse de l'argumentation du niveau 2, mobilisée par le groupe 4, indique une mobilisation de contenus économiques faux, relatifs au coût d'installation et d'utilisation sur dix ans du chauffage électrique évalué à trente mille euros, loin des dix neuf mille cinq cent euros du prix exact de l'électrique pour la durée indiquée.
Exemple tiré du 38GR4 : « *Donc nous, nous avons choisi le fioul, la chaudière à condensation chauffage au fioul...*Puis on a calculé, comme on hésitait avec le chauffage électrique, on a calculé pour le coût et on a vu que sur 10 ans ça coûtait ***30 mille*** *Euros tout compris [la pose] pour le chauffage électrique alors que son coût vaut de 5 mille euros, tout compris pour le fioul. 5 mille Euros...* »

L'analyse de l'argumentation du niveau faible, niveau 2, indique une mobilisation d'un contenu donné sans davantage d'explication.

35GR3 : « ...donc autant vivre dans une maison parce que en plus le cadre de vie est beaucoup mieux ... »

L'analyse de l'argumentation du niveau 1, relatif au point de vue personnel des élèves du groupes 4, sur si les panneaux solaires sont laids, indique que les élèves mobilisent des contenus sans davantage d'explication.
En effet : 36GR3« ...Je pense qu'on fin, on peut ne pas s'arrêter a ce genre de « piétailles » et qu'on [inaudible] en être fier... ».

Les résultats de notre recherche n'indiquent pas un lien particulier entre le niveau d'argumentation (moyenne et faible) et la validité des contenus mobilisés.

Cependant, les résultats d'analyse des qualifications indiquent la mobilisation de qualifications avec des contenus valides en intégrant, ou non, une explication partielle et /ou convenable.
En revanche, la mobilisation d'un argument élaboré, intégrant de qualification(s) et au moins cinq bases, intègre des contenus valides comme erronés (voir exemple ci-dessous).

Mobilisation d'un argument intégrant des qualifications et des bases erronées : « 38GR4 : *Donc nous, nous avons choisi le fioul, la chaudière à condensation chauffage au fioul, [déclaration] puisque tout d'abord on a un fort rendement, [base1, justification] supérieur à 90% [Base2, donnée]et une puissance de 24 KW [Base3, Donnée]. De plus elle fonctionne à une température basse [Base4, Donnée] donc le chauffage est plus « cosy » [Base5, justification]. Puis on a calculé, comme on hésitait avec le chauffage électrique [Base6, justification], on a calculé pour le coût [Base7, justification]* ***et on a vu que sur 10 ans ça coûtait 30 mille Euros tout compris [la pose] pour le chauffage électrique*** **[Base8, soutien ; contenu erroné, valeur réelle est de 12450 euro ou 14200 euro (sans réduction)]** *alors que son coût vaut de 5 mille euros, tout compris pour le fioul . 5 mille Euros. [Base9, soutien]* ***Et aussi pour l'environnement donc il y a un petit problème de [inaudible, environnemental]*** **[Base 10, qualification ; contenu valide sans davantage d'explication]** *Aussi la durée de vie qui est relativement longue [base 11, Justification], de 20 à 25 ans*, |[Base 12, Donnée]... **».**

L*ors du débat final de toute la classe*

L'analyse des contenus valides et accompagnés d'une explication complète indique :
Un niveau d'argumentation moyen, niveau 2, relatif à des contenus technique et économique sur l'inefficacité énergétique des panneaux solaires donc besoin énergétique annuel nécessite de doubler le nombre des panneaux installés et donc plus cher *(« 66E5 : Ils ont donc dit que là, avec le coût d'installation d'un panneaux solaires on aurait simplement 6 mille kWh par an alors qu'on a besoin de deux fois, de beaucoup plus et si on met, autre, assez des panneaux solaire pour avoir 15 mille kWh par an multiplie le coût de l'installation, donc ça sera encore plus cher et pas rentable. »).*

Une argumentation de qualité élevée, niveau 3, relative à des contenus techniques de la différence entre la durée de vie d'une chaudière au fioul de 25 ans qui est deux fois celle du solaire au (76E6) : « *Sur ce qu' a dit Marinesse la chaudière au fioul a une durée de vie entre comprise entre 20 et 25 ans. Quand tu prends deux, quand tu renouvelle tes panneaux solaires*

deux fois ».
Une argumentation de qualité élevée, niveau 4, relative à des connaissances économiques du prix de chauffages le plus cher d'installation et d'utilisation pendant 15 ans.
« 72GR1 :-Tout le monde a prit le prix sur les 10 ans alors que la durée de vie en moyenne des systèmes est de 15 ans et sur 15 ans on voit que c'est l'électrique qui est le plus cher et le bois reste en deuxième position. »
Une argumentation de qualité élevé, niveau 3, relative à des contenus économiques sur la différence de prix du KWH entre les différentes sources énergétiques.
102 E 8 : Évidement fin, je pense que lui il a pris les le [inaudible] 4 centimes d'euro pour les grosses bulles alors qu'il y a quand même le 5.6 centimes d'euros pour le granulé.
La différence de 1.6 centimes d'euro plus ben sur 15mille kWh par an ça fait quand même beaucoup.

L'analyse des contenus mobilisés valides et accompagnés d'une explication partielle indique :
Un niveau d'argumentation de qualité, niveau 3, relatif à des contenus environnementaux et scientifiques sur quelle source d'énergie est plus renouvelable le fioul ou le bois.
« 93 GR2 : ...Et donc pour répondre à Olivier, ben le bois c'est évidant que beaucoup plus renouvelable que le fioul, fin ça on ne va pas... ».
Un niveau d'argumentation de qualité est accompagné d'une explication partielle non chiffrée relative à des contenus techniques sur l'inefficacité énergétique des panneaux solaires.
« 70GR1 : François qui disait que le solaire seul était meilleur que solaire plus bois, je cite un système d'appoint chaudière, chauffage électrique, poile à bois est nécessaire pour l'alimentation insuffisante des panneaux solaires, [c'est pas, inaudible] uniquement des panneaux solaires. »

Les contenus relatif à un domaine donné sans davantage d'explications :
Une argumentation faible, du niveau 1, relative à des contenus pratiques du chauffage au fioul non adéquat pour les appartements (124 GR4 : « *...ensuite, pour les appartements c'est vrai que c'est pas le mieux le fioul...* ».
Un argument faible sans mobilisation d'un contenu sans davantage d'explication :
exemple tiré du 123 E11 ayant un niveau d'argumentation faible relatif au choix d'un système de chauffage électrique sans davantage d'explication : 123 E11 « -*Et l'électrique* » !
Exemple tiré 109 GR4, relatif à l'exactitude ou non des chiffres établis relatifs au coût de la consommation du niveau d'argumentation 1 et sans davantage d'explication : 109 GR4: « *Non, non, je ne sais pas si le chiffre là [chiffre indiqué au tableau] est exact mais.* »
110GR4 : « *Si, si, si, c'est ça.* »

Les contenus erronés :
Une argumentation de qualité moyenne, niveau 2, sur des contenus techniques, du confort et économiques pour justifier la rentabilité du système mixte solaire-bois en évoquant la durée de vie du gaz de 10 ans citée par les élèves non adéquate à la durée de vie de 15 ans du chauffage au gaz indiquée dans les documents distribués (68GR1). *(« 68GR1 : Donc pour le contre-argument de ces 10 ans ça revient plus cher, on peut dire que si on veut avoir ce plus longue durée, tout les 15 ans, on fait deux périodes de 15 ans alors que prendre [inaudible, à sec ou seul sans chauffage solaire] il faudra prendre trois périodes de 10 ans pour le gaz, donc déjà finalement on finit par bien rentabiliser sachant que les gens qui investissent dans une nouvelle chaudière et tout, sont décidés à rester [inaudible] que la maison passe*

[inaudible] ensuite et ensuite du coup ça évite les soucis d'entretien. Justement on a moins souvent moins régulièrement besoin de changer, pour la motivation de changer de source d'énergie et [inaudible]. »

Nous constatons d'après ce qui précède qu'une argumentation de qualité, niveau 3 et 4, correspond à des contenus valides, avec des explications partielles ou complètes lors du débat final de toute la classe. Par contre, une mobilisation de contenus valides, avec des explications partielles ou complètes ne mène pas automatiquement à la mobilisation d'une argumentation de qualité.

En outre, nous remarquons que des contenus convenables avec des explications partielles ou chiffrées peuvent être constatées avec des domaines d'abstractions faibles (domaine I : 102E8, 66E5, 104GR2) comme élevés (domaine III : 85GR2).

Chapitre 7 : Synthèse, discussions des résultats et conclusions

Ce chapitre 7 est divisé en deux parties.

La première partie intègre une synthèse et des discussions des résultats obtenus à la lumière de notre question et de nos objets de recherche.

La deuxième partie intègre des conclusions sur l'objet de recherche, le cadre de référence et la méthodologie adoptés dans notre thèse, ainsi que des discussions de nos résultats obtenus en les comparant à la littérature, notamment, en indiquant les apports de cette thèse.
Nous incluons aussi dans ce chapitre une analyse rétrospective visant à indiquer les modifications à apporter à notre cadre théorique et méthodologique en fonction des résultats obtenus.
Finalement, nous indiquons les autres pistes de recherche que propose cette thèse.

Chapitre 7, Partie I: Synthèse des résultats

7.1. Quelles réponses les résultats de nos analyses fournissent-ils à notre question de recherche ?

Nous visons dans ce paragraphe, à synthétiser et à discuter des résultats de notre étude à la lumière de l'objet, des questions et de la méthodologie de recherche.

7.1.1. Engagement des élèves dans l'argumentation

Pour l'étude de l'engagement des élèves dans l'argumentation nous nous sommes basés sur la mobilisation de déclarations soutenues par des bases.

Lors de notre recherche, nous avons constaté que les élèves s'engagent davantage, lors du post-test par rapport au pré-test, dans l'argumentation (soit le produit de l'argument) pour le choix d'un système de chauffage pour un habitat dans le cadre de débats sur le climat.
Cela se traduit respectivement par le fait que :
D'un côté, nos élèves mobilisent proportionnellement plus d'arguments intégrant une déclaration soutenue par au moins une base (donnée, justification, soutien et/ou qualification), niveau 2 (Osborne et al. 2004), après la séquence, lors du post-test, qu'avant la séquence, au pré-test[125].
D'un autre côté, nous constatons une augmentation du nombre des élèves qui répondent à la question 12 du questionnaire de recherche, sept apprenants au pré-test pour un seul élève après la séquence, mais aussi, par une augmentation du nombre de bases (Osborne et al. 2004) par argument mobilisé qui double en moyenne au post-test par rapport au pré-test[126].

7.1.2. Structure de l'argument

Les résultats de notre recherche, indiquent que nos élèves mobilisent des arguments du niveau 2, intégrant une déclaration soutenue par au moins une base (donnée, justification, soutien et/ou qualification) (Osborne et al. 2004), plus fréquemment mobilisés au post-test que lors du pré-test et lors de la présentation des groupes davantage que lors du débat final de toute la classe. En revanche, lors des discussions des groupes[127], la mobilisation d'arguments

125 Nos élèves mobilisent respectivement des arguments soutenus par au moins une base (donnée, justification, soutien, et/ou qualification), de la façon suivante: lors du post-test (96% de l'ensemble des arguments mobilisés), au pré-test (77,5% de l'ensemble des arguments mobilisés).

126 Les apprenants mobilisent en moyenne 7,8 bases par argument mobilisés au post test pour 4,4 bases en moyenne par argument mobilisé au pré-test.

127 Nos élèves mobilisent respectivement des arguments soutenus par au moins une base (donnée, justification, soutien, et/ou qualification), de la façon suivante: lors du post-test (96% de l'ensemble des arguments mobilisés), au pré-test (77,5% de l'ensemble des arguments mobilisés), lors de la présentation des groupes (91% de l'ensemble des arguments), lors des discussions des groupes (58% de l'ensemble des arguments) et du débat de toute la classe (85% de l'ensemble des arguments).
Les résultats de notre recherche indiquent que les élèves mobilisent une déclaration avec au moins deux bases

sans la mobilisation d'aucune base est la plus fréquente.

En outre, nous constatons une augmentation (presque du double) du nombre de bases par argument mobilisé au post-test par rapport au pré-test. **Nous considérons que cela reflète une complexité des arguments mobilisés par les apprenants qui peut être attribuée, entre autres, à l'engagement des élèves dans l'argumentation grâce à notre séquence d'enseignement-apprentissage.**

7.1.2.1. Mobilisation de réfutations

Nous constatons, d'après l'analyse des données recueillies, que nos lycéens réussissent à mobiliser des arguments de qualité, autrement dit un argument intégrant une réfutation (Osborne et al. 2004 et Toulmin, 1958). Cependant, la mobilisation d'une réfutation reste rare et semble être spécifique à l'argumentation lors des discussions des groupes et lors du débat final de toute la classe[128]. Cette réfutation est absente de l'argumentation écrite individuelle lors d'un questionnaire écrit (pré-test et post-test) et de l'argumentation orale lors de la présentation des groupes.

Notons que lors du débat final de toute la classe, les élèves mobilisent (proportionnellement) davantage de réfutations que lors des discussions en groupes. Cependant, il n'y a à aucun moment de la séquence une mobilisation du niveau d'argumentation de niveau 5 (Osborne et al. 2004).

La nature de l'interaction dialogique orale, lors des discussions de groupes et lors du débat de toute la classe, semble favoriser la mobilisation de réfutation davantage que l'argumentation écrite ou lors de la présentation des groupes (sans interactions avec les autres élèves). En plus, si les élèves semblent mobiliser plus de réfutations lors du débat de toute la classe que lors des discussions des groupes, cette conclusion doit être affinée par davantage de preuves. Notamment, une des pistes possibles sera d'inverser la position dans le déroulement de la séquence de discussions en groupes avec celui des débats de toute la classe ; ou en élaborant deux séquences parallèles avec des groupes se limitant à l'une des deux situations d'argumentation.

7.1.2.2. Mobilisations de qualifications et d'arguments élaborés

Il a été remarqué dans le paragraphe précédent que les élèves mobilisent toujours des arguments de niveau 2 et ne mobilisent aucune réfutation, lors du pré-test et du post-test ou lors de la présentation des groupes. Cependant, nous remarquons que lors du pré-test et du post-test, les élèves mobilisent des qualifications (Toulmin, 1958). Il en est de même lors de la présentation des groupes.

---

respectivement de la façon suivante : lors de la présentation des groupes (7/23 de l'ensemble des arguments mobilisés ou 30,4%), lors des discussions en groupes (22% de l'ensemble des arguments mobilisés) et lors du débat final de toute la classe (23/35 ou 65,7% de l'ensemble des arguments mobilisés); lors du pré-test (23/31 ou 71%) et lors du post-test (93%).

Mobilisation de trois bases par arguments: au pré-test (64,5%), post-test (93%), lors de la présentantion des groupes (30.4%), lors des discussions des groupes (14.5%) et lors du débat final de toute la classe (45%).

128L'analyse de nos résultats indiquent la mobilisation de réfutation respectivement de la fréquence suivante : 3,51 % (de l'ensemble des arguments mobilisés en moyenne par groupe) lors des discussions des groupes et 14, 28 % (des arguments mobilisés) lors du débat final de toute la classe.

En particulier, les élèves mobilisent proportionnellement au post-test, deux fois (2,6 fois)[129] plus de qualifications (pour l'ensemble des 31 réponses des élèves interrogés) que lors du pré-test.
Toutefois, seulement quatre des six groupes (groupes 1, 3, 4 et 6) mobilisent des qualifications[130] lors de la présentation des groupes

En revanche, les résultats d'analyse des données de notre recherche indiquent la mobilisation d'une argumentation de qualité, intégrant un argument élaboré (une déclaration avec au moins cinq bases) et une qualification (basé conjointement sur Toulmin, 1958 ; Osborne et al. 2004 ; et Dawson et Venville (modifiés)) et cela lors du questionnaire individuel écrit, et davantage lors du post-test par rapport au pré-test[131].
Les élèves mobilisent aussi des arguments élaborés lors de la présentation des groupes du choix d'un système de chauffage, constatés chez quatre des six groupes.

Toutefois, cette argumentation de qualité mobilisée lors du questionnaire individuel écrit est proportionnellement, moins fréquente que celle mobilisée lors d'une argumentation orale lors de la présentation des groupes. **Il semble que la présentation des groupes offre davantage d'opportunités aux élèves afin de mobiliser des arguments élaborés par rapport aux pré-test et post-test. Cependant, cette conclusion nécessite davantage de preuves pour la soutenir.**

7.1.3. Contenu de l'argument

7.1.3.1. Contenus mobilisés

Les analyses des contenus mobilisés par les élèves (Von Aufschnaiter et al. 2008) nous indiquent que les élèves réussissent au pré-test et au post-test, comme durant la séquence, à mobiliser différents contenus, notamment, conceptuels scientifiques et techniques. Cependant, ils laissent tomber certains contenus au post-test en faveur d'autres. Il semble que la séquence permet aux élèves d'acquérir de nouveaux contenus (scientifiques et techniques), ou au moins, de mobiliser certains nouveaux contenus suite à la séquence. Il serait d'un grand intérêt d'étudier la validité de ces contenus nouvellement mobilisés.

En visant en priorité les contenus scientifiques et/ou techniques, les contenus mobilisés avant et après la séquence sont, à titre d'exemple les suivants, la notion du rendement du système, la nature renouvelable de l'énergie ou de la source énergétique, la

129 Nous remarquons que les élèves mobilisent lors du post-test plus d'arguments (25,8% ou 8/31 arguments de l'ensemble des arguments mobilisés) intégrant de qualifications (dix qualifications au totale mobilisées lors du post-test) qu'au prétest où ils ne mobilisent que (Quatre qualifications) qui représentent (3/31 ou 9,6%) d'arguments intégrant de qualifications.

130 Lors de la présentation des groupes, onze qualifications sont mobilisées au total réparties de la façon suivante : groupe 1 (deux qualifications), groupe 3 (deux qualifications), groupe 4 (cinq qualifications et groupe 6 (deux qualifications) ; sans aucune qualification mobilisée par les groupe 2 et 5. Ces qualifications représentent donc 4/6 ou 66% de positions présentées par les élèves lors de la présentation des groupes et intégrant au moins une qualification.

131 La mobilisation d'un argument (ou d'un choix d'un système) intégrant un nombres de bases supérieur à 5 en plus d'une qualification, se répartit respectivement de la façon suivante : 8/33 des réponses mobilisées (ou 24%) lors du post-test, lors du pré-test (3/31 ou 9,7%) et lors de la présentation des groupes (quatre présentations sur les six présententations indiquées ou 66%).

notion de réaction chimique ou de la combustion. Ces contenus qui correspondent à des contenus des documents distribués et du curriculum.

Les élèves mobilisent aussi des nouveaux contenus scientifiques (et/ou techniques) au post-test non présents au pré-test pour justifier leurs choix d'un système de chauffage. Ces contenus semblent être issus des documents distribués aux élèves, à titre d'exemple, le calcul du coût de la consommation des systèmes de chauffage pour une durée donnée et la surface de l'habitat et/ou des panneaux solaires ; mais aussi, des contenus présents dans les documents et dans le curriculum comme l'unité d'énergie (en KWH) et les émissions de CO_2 ou de GES.

Les élèves ne mobilisent plus au post-test certains des contenus scientifiques (et/ou techniques) mobilisés au pré-test. Ces contenus concordent avec des sources différentes. Nous constatons en premier lieu, des contenus non mobilisés au post-test présents dans les documents distribués et communs à tous les systèmes de chauffage proposés, par exemple, relier l'efficacité ou les pertes énergétiques à l'isolement de l'habitat, l'emplacement des radiateurs, la surface de la maison et/ou la superficie d'une pièce. En second lieu nous constatons des contenus, présents dans les documents et/ou le curriculum mais peu mobilisés dans les pré-tests, comme la notion de la résistance électrique, la nature fossile des sources énergétiques, et en troisième lieu, de contenus non présents dans les documents ou dans le curriculum, comme la convection et les matériaux recyclables.

Cependant, si les élèves tiennent compte des émissions de CO_2 ou de GES dans leurs choix d'un système de chauffage tout au long de la séquence[132], les élèves ne font pas appel ouvertement à la question climatique à aucun moment de la séquence avant que le chercheur ne l'évoque à la fin de la séquence.

7.1.3.2. Domaines d'abstraction

Les résultats d'analyses des données recueillies relatives au contenu de l'argument nous indiquent que les élèves mobilisent des domaines d'abstraction élevés, domaines III, (Von Aufschnaiter et al. 2008), tout au long de la séquence. Cependant, ces domaines d'abstraction, restent rares[133] par rapport à l'ensemble des domaines d'abstraction, et sont mobilisés, proportionnellement, davantage lors du pré-test que lors du post-test et davantage lors du débat de toute la classe que lors des discussions et de la présentation des groupes. **Cependant, dire si cette différence est significative reste à évaluer.** Les élèves ne mobilisent à aucun moment des domaines d'abstraction très élevés, domaine IV.

Nous constatons aussi une augmentation, au post-test (29/33 arguments) par rapport au pré-test (20/31 arguments), des domaines moyen d'abstraction et une légère diminution du nombre des domaines faible d'abstraction.

La séquence d'enseignement permet un développement cognitif limité des élèves. Cependant, il semble que le débat de toute la classe favorise surtout la mobilisation de

132 Tenir compte de la question des émissions de CO_2 ou des GES: largement au post-test (onze élèves) et moins lors du pré-test (un élève), lors des discussions des groupes (e.g. groupe 4 et 6) ; lors de la présentation des groupes (cinq groupes) ; et lors du débat final.

133 Les domaines d'abstraction élevés, mobilisés par nos élèves se répartissent de la façon suivante: 1.9 % de domaines d'abstraction élevés par argument mobilisé en moyenne lors de la discussion des groupes, en comptant le domaine d'abstraction le plus élevé par argument; 6.45% de domaine d'abstraction sur l'ensemble des domaines d'abstraction mobilisés au pré-test ; 3.03% au post-test ; un domaine d'abstraction élevé mobilisé lors d'une présentation parmis six présentations ou 16,6% ; 8.57 % lors du débat de la classe entière.

domaines élevés d'abstraction.

En outre, les domaines élevés d'abstraction intègrent toujours des thèmes scientifiques parmi d'autres thèmes. Nous pensons que le cadre des domaines d'abstraction est bien plus adapté et caractérise davantage les contenus scientifiques que d'autres thèmes. En effet, Von Aufschnaiter et Von Aufschnaiter (2003) ont développé précédemment ce cadre d'analyse pour l'étude du développement cognitif des apprenants à travers l'étude du développement conceptuel de connaissances en sciences physiques (électrostatique).

7.1.3.3. *Thèmes*

L'analyse des données recueillies concernant la mobilisation de thèmes (Wu et Tsaï, 20017, modifié) indique que les élèves n'ont pas de difficultés à mobiliser, à des fréquences différentes, des contenus de thèmes multiples (économique, environnemental, pratique/ confort, scientifique et technique et divers…) pour soutenir leurs déclarations.

En particulier[134], les thèmes techniques et scientifiques sont toujours mobilisés tout au long de la séquence. Cependant, ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires lors du pré-test et du post-test ainsi que lors de la présentation des groupes et lors du débat final de toute la classe et sont souvent majoritaires lors des discussions des groupes. En revanche, les thèmes scientifiques ne sont jamais majoritaires.

Ainsi, la méthodologie adoptée et le contexte de la recherche relatif à l'étude du choix d'un système de chauffage pour un habitat dans le cadre de débat sur le climat semblent favoriser la mobilisation de contenus techniques. C'est aussi le cas des contenus scientifiques mais à une fréquence inférieure.

7.1.3.4. Sources

D'après l'analyse des données recueillies des sources des (sous)contenus mobilisés (Cadre d'analyse développé pour notre thèse) nous constatons que finalement les élèves réussissent bien à mobiliser, tout au long de la séquence, des (sous)contenus qui correspondent à ceux issus du curriculum prescrit. Cependant ces contenus issus du curriculum prescrit sont souvent moins fréquement mobilisés que ceux issus des documents distribués et d'autres sources. Cependant, ces contenus issus du curriculum, à part lors du pré-test, sont souvent en commun avec ceux des documents distribués. **Les contenus issus**

134Les thèmes scientifiques (presque égales aux thèmes économiques), deuxièmement mobilisés au pré-test, ne varient presque pas en nombre suite à la séquence (comme ceux des thèmes économiques). Ce sont les thèmes pratique/confort qui sont deuxièmement mobilisés au post-test.
Au cours de la séquence, ce sont tantôt les thèmes économiques (e.g. groupe 4) suivis respectivement des thèmes techniques et scientifiques, ou les thèmes techniques (e.g. groupe 6) suivis des thèmes économiques (suivis des thèmes scientifiques) qui sont mobilisés lors des discussions des groupes ; cependant, lors de la présentation des groupes ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires (pour trois des six groupes ; les thèmes économiques majoritaires pour un groupe et les thèmes pratique/confort pour deux autres groupes) suivis respectivement de thèmes pratique/confort ensuite scientifiques presque égale aux thèmes économiques ; En revanche, lors du débat de toute la classe, ce sont les thèmes techniques qui sont majoritaires, suivis respectivement, de thèmes économiques et puis scientifiques.

uniquement du curriculum restent rares, à part lors du pré-test. Ce qui nous pousse à estimer que les élèves réussissent à faire le lien et utiliser les contenus curriculaires au début de la séquence, au pré-test, pour justifier leurs déclarations. Cependant, les élèves ont tendance à utiliser moins les contenus curriculaires (au cours de la séquence comme au post-test) probablement s'ils ne font pas partie intégrante et explicite de la QSS en question et s'ils ne réussissent pas à établir un lien explicite entre ces contenus curriculaires et la question. Intégrer une QSS en classe semble favoriser le fait que les apprenants fassent le lien entre les questions hors de l'école et le curriculum appris en classe.

En particulier, par défaut d'accès à un document sur les chauffages, la majorité des sources mobilisées lors du pré-test, correspondent à celles issues d'autres sources. Lors du post-test, les (sous)contenus d'autres sources deviennent moins fréquents et la majorité de ces (sous)contenus correspondent avec ceux des documents distribués. Cependant, la présence significative au pré-test de contenus issus uniquement du curriculum, l'est toujours, au post-test, mais d'une façon moins fréquente que ceux des documents et d'autres sources.

En outre, au cours de la séquence (lors des présentations des groupes et presque pour toutes les présentations), les élèves se basent davantage sur les thèmes issus des documents pour argumenter, tandis que les élèves mobilisent davantage de (sous)contenus issus d'autres sources lors du débat de toute la classe.

Les élèves mobilisent rarement des thèmes issus uniquement du curriculum, mobilisés davantage lors du débat final que lors des présentations du groupe. Les autres (sous)contenus issus du curriculum sont communs aux (sous)contenus issus des documents distribués.

En particulier durant les discussions des groupes, ce sont tantôt (dans le groupe 6) les contenus issus d'autres sources qui sont majoritaires et tantôt (au groupe 4) sont majoritaires ceux issus des documents distribués. Cependant, les contenus qui correspondent avec ceux du curriculum restent minoritaires (soit pour les deux groupes groupe 6 et groupe 4).

Lors de la présentation des groupes ce sont les contenus qui correspondent avec ceux des documents qui sont majoritairement mobilisés lors des présentations des groupes.

7.1.3.5. Sources des contenus et leurs thèmes

Le croisement des analyses des thèmes mobilisés à leurs sources correspondantes nous permet de constater que les thèmes scientifiques correspondent presque toujours à ceux du curriculum prescrit et/ou des documents distribués et rarement à d'autres sources. En outre les thèmes techniques sont souvent issus des documents distribués sauf lors du pré-test, ils sont majoritairement issus d'autres sources.

En particulier, après la séquence, lors du post-test, la majorité des thèmes techniques mobilisés par les élèves sont issus des documents distribués. Ils étaient au pré-test en majorité issus d'autres sources.

Tandis qu'après la séquence, les thèmes scientifiques restent en majorité issus des documents et du curriculum. Ils étaient majoritairement issus du curriculum.

En outre, lors du post-test, la totalité des thèmes qui correspondent à ceux du curriculum sont des thèmes scientifiques et techniques. Alors que, lors du pré-test, les thèmes scientifiques et techniques sont juste majoritaires dans l'ensemble des thèmes issus du curriculum.

En ajoutant les (sous)contenus issus du curriculum à ceux communs au curriculum et aux documents, nous constatons que ce sont les thèmes scientifiques qui sont majoritaires dans l'ensemble des thèmes issus du curriculum au post-test. Cependant, nous notons une légère diminution des thèmes techniques, en comparaison avec le pré-test, en faveur des thèmes environnementaux qui deviennent plus fréquents au post-test que les thèmes techniques.
Or, au pré-test comme au post-test, pour les (sous)contenus issus d'autres sources, la majorité sont des thèmes techniques, mais au post-test, ils sont moins fréquents.

En particulier, nous constatons que globalement, lors de la présentation des groupes, la majorité des thèmes techniques sont issus des documents (et moins fréquemment du curriculum et des documents et d'autres sources) ; c'est aussi le cas de quatre (groupes 1, 2, 3 et 6) des six groupes. Tandis, que la majorité des thèmes scientifiques sont issus des documents et du curriculum et jamais d'autres sources ; ceci est aussi le cas des six groupes.

En particulier, lors du débat de toute la classe : la majorité des thèmes techniques et économiques mobilisés sont issus des documents, les thèmes scientifiques sont en majorité issus des documents et du curriculum mais jamais d'autres sources et les divers thèmes sont issus d'autres sources. En outre, les (sous)contenus mobilisés lors du débat de toute la classe sont des thèmes environnementaux qui sont issus en majorité des documents et du curriculum et ou des thèmes pratique/confort qui sont issus en majorité d 'autres sources .

7.1.3.6. *Validité des contenus* et leurs thèmes

L'étude de la validité des contenus (Zohar et Nemet, 2002, modifié) indique que des contenus valides comme erronés (par rapport au curriculum prescrit et aux documents distribués), avec des thèmes différents, notamment scientifiques et techniques, sont mobilisés tout au long de la séquence, notamment, au pré-test et au post-test. **La séquence, ne semble pas avoir un impact spécifique sur la validité des contenus scientifiques et techniques mobilisés par les élèves.**

En particulier, nous constatons une légère augmentation, après la séquence (lors du post-test par rapport au pré-test), de contenus valides avec une explication complète. Cette augmentation est accompagnée aussi d'une augmentation des contenus erronés mobilisés. **La séquence, ne semble pas avoir un impact favorable sur la validité des contenus (soient conceptuels scientifiques et techniques) mobilisés par les élèves.**

En outre, là où tout les contenus erronés au pré-test correspondent à des contenus scientifiques et/ou techniques, ce n'est pas nécessairement le cas au post-test.

Cependant, l'**analyse de la validité notamment, lors du pré-test, s'est avérée délicate, surtout que nous avons pris les documents distribués durant la séquence et le curriculum prescrit des élèves comme référence. Ainsi, il fallait dans certains cas se limiter au curriculum prescrit des élèves, et vérifier que les contenus d'un même argument ne sont pas contradictoires. Quelques fois s'il est difficile de trancher si le contenu est erroné ou pas, nous le considérons comme valide.**

7.1.4. Lien éventuel entre la structure de l'argument et le contenu de l'argument

Nous visons dans ce paragraphe à répondre à notre question de recherche sur un lien éventuel existant entre la qualité de l'argumentation et la mobilisation de connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques). Plus spécifiquement, nous étudions le lien éventuel entre la structure (mobilisation de réfutation ou d'arguments élaborés (intégrant de qualification(s) avec au moins cinq bases) et le contenu (soient Conceptuels Scientifique et technique) (les domaines d'abstraction, les thèmes, les sources et la validité des contenus) de l'argument, utilisé comme cadre général d'analyse des données recueillies et analysées dans le contexte de notre intervention sur le choix d'un système de chauffage pour un habitat dans le cadre de débats sur le climat.

7.1.4.1. L*a structure et le domaine d'abstraction*

Nous avons pu constater d'après l'analyse de nos données, que la mobilisation d'argument de qualité, la réfutation, niveau 3 et 4, lors des discussions des groupes et lors du débat final de toute la classe, se fait avec des domaines d'abstraction moyens et faibles mais pas nécessairement avec des domaines d'abstraction élevés (ce n'était jamais le cas).

En outre, la mobilisation de domaines d'abstraction élevés, concordent avec des niveaux d'argumentation moyens et élevés, mais jamais avec des niveaux d'argumentation faibles.

En revanche, la mobilisation d'arguments élaborés intégrant cinq bases et de qualifications, lors de la présentation des groupes et lors du pré-test et du post-test semblent concorder avec des domaines d'abstraction moyens et élevés mais rarement avec le domaine faible.

Nous pensons que combiner la qualification et la réfutation pour l'étude de la structure de l'argument est un élément pertinent pour l'étude de la qualité d'argument et son interrelation avec le développement conceptuel.

7.1.4.2. *La structure de l'argument et les thèmes de contenus*

Les résultats du croisement des analyses des réfutations et des thèmes mobilisés nous permettent d'indiquer que, lors des discussions des groupes et lors du débat final, la réfutation concorde avec des thèmes variés, scientifiques et techniques comme économiques, pratiques et environnementaux.

De même, la mobilisation d'arguments élaborés, intégrant cinq bases, et de qualifications lors des post-test et pré-test et lors de la présentation des groupes ne concorde pas avec un thème particulier et peut être mobilisée avec des thèmes différents scientifiques et techniques comme économiques pratiques et environnementaux.

7.1.4.3. La structure de l'argument et la validité des contenus

La mobilisation de réfutations, lors des discussions des groupes et du débat de toute la classe, concorde avec des contenus valides sans davantage d'explication, une explication partielle et/ou complète mais jamais avec des contenus erronés (par rapport aux documents distribués et au curriculum prescrit).

En revanche, la mobilisation d'arguments élaborés, intégrant cinq bases, et de qualifications, lors de la présentation des groupes et lors des pré-test et post-test, peut être faite avec des contenus valides comme erronés.

7.1.4.4. Structure des arguments et leurs sources

La mobilisation de réfutations lors du débat final et lors des discussions des groupes, concordent avec des contenus issus des documents distribués, du curriculum et/ou d'autres sources. Il en est de même pour la mobilisation d'arguments élaborés, intégrant cinq bases, et de qualifications lors de la présentation des groupes et lors du pré-test et du post-test.

Chapitre 7, Partie II: Discussions et conclusions

7.2. L'objet de recherche

Notre thèse est de nature propositionnelle et analytique. Nous visons d'un côté, la conception d'une séquence d'enseignement-apprentissage d'une QSS en classe qui encourage l'argumentation et la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) et d'un autre côté, à analyser la qualité de ces deux dernières et étudier la(es) relation(s) éventuelle(s) entre elles.

- Notre visée répond ainsi à différents débats dans la littérature sur les QSS en éducation des sciences qui indiquent, notamment, que :

Malgré les mesures prises pour promouvoir l'enseignement des QSS, la littérature en éducation des sciences indique qu'il n'y a pas de véritable consensus sur la manière la plus efficace à conceptualiser et à aborder cet enseignement (Levinson, 2006 : 1202). Etudier et comprendre les modalités d'existence de controverses socioscientifiques en classe, amène à orienter les recherches vers une finalité théorique pour explorer l'environnement épistémologique et le système de contraintes qui pèse sur les actes didactiques (Albe 2009a: 63).
En particulier, l'enseignement d'une controverse fait appel à une diversité de références y compris des groupes sociaux différents (scientifiques, experts, associations, …) qui élaborent des savoirs et des pratiques sociales, bien que n'étant pas socialement reconnus comme tels (des groupes producteurs de savoirs) (Albe, 2009). On est loin d'une réponse unique au problème posé et où la science n'est pas en mesure de dire le vrai. Cette diversité de références est en « rupture » avec des pratiques d'enseignement des sciences où l'enseignant est en mesure de donner la réponse institutionnelle vraie. En plus, un enseignement-apprentissage d'une controverse est face à des programmes de sciences traditionnels se focalisant sur les savoirs scientifiques « établis » en référence uniquement aux communautés savantes.

Nous avons réussi dans notre thèse à concevoir et à réaliser une recherche sur l'enseignement-apprentissage de QSS -le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat - intégrée à un curriculum traditionnel avec des lycéens en cursus scolaire normal et qui offre aux élèves la possibilité de se confronter à l'étude de savoirs controversés et faisant référence à des pratiques sociales multiples.

L'argument étant l'un des éléments centraux **pour traiter les questions socioscientifiques contemporaines (Driver et al. 2000 : 302),** notre recherche répond entre autres, à différents chercheurs en éducation des sciences invitant à l'intégration de l'argumentation en cours des sciences (Newton, Driver et Osborne, 1999) et à d'autres pointant l'importance des connaissances conceptuelles (soit scientifiques) pertinentes sur les QSS en question, faute de quoi, les apprenants auront bien des difficultés à faire des décisions raisonnées (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002 ; Kolstø, 2006 (SE) ; Lewis et Leach, 2006).

Nous avons noté la difficulté des apprenants à mobiliser des arguments de qualité et des connaissances (conceptuelles scientifiques) (Driver et al. 2000 ; Sadler, 2004) et d'ailleurs des débats dans la littérature en éducation des sciences sont toujours en cours sur la façon

avec laquelle un environnement d'apprentissage-enseignement pourrait favoriser l'argumentation (Erduran et al. 2004 ; Osborne et al. 2004 ; Lewis et Leach, 2006).

Notre recherche, contribue à ces débats là, en apportant de nouveaux éléments à travers la conception d'une séquence d'enseignement-apprentissage encourageant la mobilisation d'arguments et de connaissances (e.g. conceptuelles scientifiques et techniques).

- Le côté analytique de notre recherche :

Notre recherche aborde l'étude de l'argumentation et de la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), dans le cadre d'une QSS, et le(s) lien(s) éventuels entre eux.
En visant l'argument, comme étant le produit de l'argumentation, nos analyses se sont centrées donc sur les arguments, écrits individuels ou oraux en groupes, mobilisés par les élèves et où plusieurs perspectives sont à examiner par les apprenants (Driver et al. 2000: 291). Nos analyses ont visé aussi les connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques) mobilisées et de(s) lien(s) éventuel(s) entre les arguments et les connaissances mobilisés.

Ces analyses effectuées dans le cadre de notre recherche s'inscrivent dans les débats en littérature sur la nature du lien entre les connaissances conceptuelles (e.g. Scientifiques) et l'argumentation des élèves lors d'une QSS (Sadler, 2004 ; Sadler et Fowler, 2006 ; Sadler et Zeidler, 2005 ; Sadler et Donnelly, 2006 ; Von Aufschnaiter et al. 2008 ; Dawson et Venville, 2009), notamment, sur le lien entre la structure de l'argument et le contenu de l'argument écrit individuel et oral en groupes.

En outre, les différents objets de recherche des articles de notre revue de littérature sur l'argumentation, dans le cadre d'une QSS, abordent l'argument mobilisé dans les situations suivantes : par un élève seul, en réponse à un questionnaire écrit (Wu et Tsaï, 2007), ou par plusieurs élèves lors de discussions en groupes au cours d'une séquence (Osborne et al. 2004 ; Von Aufschnaiter et al. 2008) voire même par toute une classe (Erduran et al. 2004). Cependant peu de recherches, combinent en même temps, comme dans le cas de notre recherche, l'étude de l'ensemble de ces argumentations et la mobilisation de connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques).

- Par rapport à la QSS en question

Toutefois, suivant notre revue de littérature, les recherches dans le champ des QSS en relation avec des questions énergétiques (Wu et Tsai, 2009) et climatiques (Klosterman et Sadler, 2009) visant l'étude de l'argumentation des élèves restent bien rares. Des recherches plus récentes, tentent de combiner des thématiques visant un choix d'un système de chauffage (Uskola, Maguregi et Jiménez-Aleixandre, 2011) pour un habitat, en tant qu'une question énergétique, et en les intégrant à un contexte de débats sur le climat (Garcia-Mila, Gilabert, Erduran et Felton, 2013). Cependant, aucune recherche ne vise spécifiquement l'étude de l'interrelation entre l'argumentation et la mobilisation de connaissances (e.g. Conceptuelles scientifiques et techniques). D'où l'intérêt de la QSS que nous proposons à nos élèves sur le choix d'un système de chauffage pour un habitat, une question énergétique, dans le cadre de débats sur le climat.

7.3. Cadre de référence de notre recherche

Notre conceptualisation, en référence à notre cadre théorique adopté (Cobb et al. 2003 ; Albe, 2007, 2009a/b), s'avère utile. Notre conceptualisation se caractérise par être « humble », dans le sens qu'elle est d'un côté, étroitement liée à notre situation d'enseignement-apprentissage spécifique, et parce qu'elle est d'un autre côté, explicable par l'activité de conception, dans une vision théorique qui ne vise pas juste à investiguer les processus de soutien des nouvelles formes d'enseignement dans des situations spécifiques, mais aussi à encadrer des aspects bien sélectionnés de l'enseignement, en vue de leur assurer les moyens pour soutenir cet enseignement en tant que paradigme d'une classe de phénomènes plus larges. En corrélation avec notre visée propositionnelle, la viabilité didactique de controverses socioscientifiques ne nous semble saisissable qu'à partir de théorisations « modestes » (en anglais « humble ») (Cobb, Confrey, Di Sessa, Lehrer, & Schauble, 2003 dans Albe, 2009 : 64) au sens où d'une part, ces théorisations sont étroitement liées à des situations d'enseignement-apprentissage spécifiques, et constituent, d'autre part des outils pour la conception de telles situations. Le « Design Experiments » (Cobb et al. 2003), dans le cadre du « Design-Based Research », invite à générer des formes particulières d'enseignement-apprentissage et à étudier systématiquement ces formes d'enseignement-apprentissage dans le contexte désigné pour soutenir ces environnements. Ce contexte est soumis à des tests et des révisions sous formes d'itérations successives. Donc, les « Design Experiments » tentent, notamment, de souligner une théorie intermédiaire située entre, tenir compte d'un système spécifique (ex : une école, une classe particulière …) et avoir une ouverture plus générale qui n'orienterait pas la conception vers une éventualité particulière.

Ainsi, notre méthodologie de recherche amenant à l'élaboration de notre environnement d'apprentissage-enseignement, a reposé, conjointement, sur deux cadres de conduite de recherche : l'un en éducation des sciences en général, l'« Experimental Design » (Cobb et al. 2003), dans le cadre du « Design-Based Research » ; et l'autre, le modèle d'une écologie des controverses socioscientifiques de Albe (2007, 2009a, 2009b), un modèle éducatif de proposition et d'analyse, visant spécifiquement, une scolarisation, de et par, ces questions socialement vives dans un cadre scolaire traditionnel.
En tenant compte des deux cadres cités ci-dessus, nous avons ainsi élaboré notre cadre intermédiaire correspondant à notre ancrage théorique général, lié au contexte spécifique et en fonction du but de notre recherche. Nous résumons dans les paragraphes ci-dessous les points majeurs de notre cadre intermédiaire pour l'élaboration d'un environnement d'apprentissage-enseignement visant l'intégration d'une QSS en classe de lycéens français en Première Scientifique, dans le cadre d'un curriculum traditionnel. Cet environnement d'apprentissage-enseignement est dédié à l'argumentation et à la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), et cela lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s).

1) Notre ancrage théorique général :

Nous nous sommes inscrits à la fois dans une vision d'une science socialement construite (Driver et al. 2000), d'une vision socio-constructiviste de l'enseignement-apprentissage en particulier, des sciences (Lenoir et al. 2007 ; Albe 2009a) et d'un enseignement-apprentissage situé (Albe, 2007, 2009a, b ; Sadler, 2009), lié à un contexte et un environnement spécifique. De plus, nous adhérons à la notion de la multiplicité des

références, savantes et sociales, à prendre en compte lors de la conception d'interventions visant à introduire des questions socioscientifiques en classe ; une analyse de leurs références pourrait être faite à travers une étude socio-épistémologique de la question à traiter (Albe, 2007 ; 2009 a; b).

2) Notre cadre intermédiaire :

Trois dimensions suivant le modèle d'une écologie d'une QSS (Albe, 2007, 2009a, 2009b) ont été considérées dans notre étude: la dimension épistémologique, l'activité du groupe classe et dimension de communication ; sans oublier la question des ressources et du contrat didactique à établir ; et comment ces éléments interagissent afin d'offrir aux élèves des dispositions pour s'engager en classe dans l'étude de la controverse. Dans l'étendue des éléments à considérer dans notre cadre intermédiaire, nous indiquons, par la suite, certains éléments majeurs dans la conception de notre environnement d'enseignement-apprentissage, et par la suite notre séquence d'enseignement-apprentissage, pour répondre à nos objets et questions de recherche.

7.4. Méthodologie de recherche

Comme indiqué précédemment, notre cadre de conduite de recherche, repose sur l'« Experimental design-based » (Cobb et al., 2003) dans le cadre du « Design-Based Research » et souligne l'élaboration d'un cadre intermédiaire entre les cadres généraux de référence et le contexte spécifique de la recherche. Pour élaborer ce cadre intermédiaire nous nous sommes basés principalement sur le Modèle d'une Ecologie des Controverses Socioscientifiques (Albe, 2007, 2009a/b) qui nous a permis d'élaborer une méthodologie de recherche pour répondre à notre objet et questions de recherche. Nous résumons dans les paragraphes qui suivent les éléments majeurs de ce cadre intermédiaire.

7.4.1. Analyse socio-épistémologique et socio-technique

- La première étape de notre cadre théorique intermédiaire est une analyse socio-épistémologique des débats sur le(s) changement(s) climatique(s) et la place de la question énergétique dans ces débats. En corrélation avec Albe (2009b : 134), nous avons analysé les savoirs scientifiques débattus, identifié des pratiques de recherche et les communautés savantes qu'ils les produisent, ainsi que, les discours portés sur ces débats par des experts, des citoyens regroupés en associations ou des journalistes. De plus, nous avons identifié les arguments produits, les acteurs impliqués, les intérêts en jeu ; notamment, la place de la question énergétique dans la QSS climatique, en particulier, la question des émissions des gaz à effet de serre anthropiques, provenant de la combustion des énergies fossiles (par exemple, le système de chauffage).

En plus de l'étude socio-épistémologique de la question climatique, nous avons réalisé une étude socio-technique de la question énergétique, notamment en France, et en particulier, la question du choix d'un système de chauffage pour une habitation.

Ces analyses nous ont permis dans une visée didactique de constituer un préalable à la mise au point de situations d'enseignement-apprentissage sur une QSS (Albe, 2009b : 130). Il s'agit, entre autres : de penser et analyser les écarts entre activités scolaires et pratiques socio-

techniques prises pour référence (Martinand, 2003) et d'aborder le problème de certaines difficultés d'apprentissage (soient certaines postures et conceptions communes, représentations et raisonnements spontanés) (Martinand, 2003).

Partant de l'étude socio-épistémologique de la question climatique-énergétique, ajoutée à l'étude socio-technique sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation nous avons invité nos élèves à faire le choix d'un système de chauffage pour un habitat dans le cadre de débats sur le climat, une question authentique[10] (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 1172- 1173). Cette question est tirée de la vie courante ou du monde réel à l'extérieur de l'école, notamment, la nécessité de se chauffer l'hiver et donc le besoin d'un système de chauffage pour une habitation, une question énergétique familière et qui semble donc être pertinente pour les élèves, compte tenu des résultats de notre recherche vis-à-vis de leurs engagements dans l'argumentation constatés, notamment, lors de l'analyse de nos résultats.
Cette question de choix énergétique, d'un système de chauffage pour un habitat, est en relation avec, entre autres, les émissions (ou pas) de Gaz à Effet de Serre (GES) de ces différents systèmes et donc pourraient avoir des liens éventuels avec la question climatique. A la limite, cette question à débattre offre aux élèves l'opportunité d'établir une connexion entre, d'un côté, la question énergétique du choix d'un système de chauffage pour une habitation, une question à l'échelle personnelle (individuelle), et d'un autre côté, la question climatique, nationale (au niveau du pays) et globale (au niveau de la planète)[135].

En outre, le choix d'un système de chauffage implique des décisions vis-à-vis des éléments différents, à titre d'exemple, économiques, techniques/ scientifiques, confort /pratique, environnementaux, esthétiques ainsi que personnelles et juridiques... Ce choix nécessite éventuellement, de faire appel à des savoirs différents « scolaires établis » comme à des savoirs controversés circulant dans différentes groupes[136], faisant référence à des pratiques sociales différentes.

7.4.2. L'élaboration des éléments de l'environnement d'apprentissage-enseignement

La deuxième étape de notre cadre intermédiaire est la conception des éléments de l'environnement (écologique) pour l'intégration d'une QSS en classe, dans le cadre d'un curriculum traditionnel, dédié à l'argumentation et à la mobilisation de connaissances (conceptuelles scientifiques et techniques), par des lycéens en première S, lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s). Lors de notre conception, nous anticipons aussi, comment les éléments de cet environnement fonctionnent ensemble pour soutenir l'enseignement-apprentissage.

---

10 « et pas nécessairement vraie ».

135 Même si les élèves de notre recherche semble faire le lien, lors de leurs choix respectifs de systèmes de chauffage, avec la question d'émission de GES, l'analyse des données ne nous permet pas d'établir avec certitude s'ils font aussi le lien explicite entre les émissions des GES et la question climatique.

136 En particulier, les élèves de notre recherche mobilisent des contenus qui correspondent le plus souvent avec des contenus des documents distribués, mais aussi avec ceux du curriculum prescrit ainsi que ceux d'autres sources. Nos élèves alors semblent ainsi faire appel à des contenus qui ne se limitent pas à ceux des savoirs scolaires établis non controversés.

7.4.2.1. Dimension de l'activité du groupe classe

Cette dimension consiste à préciser :

a) La posture de l'enseignant-chercheur, n'étant pas le seul détenteur du savoir et évitant à orienter les élèves vers une seule décision « correcte » ;

b) Les modalités d'organisation de la séquence, qui sont, entre autres :

Les modalités de productions (deux présentations à préparer (en groupe), l'une, visant un résumé de la position d'un groupe de scientifiques et l'autre, explicitant le choix de système de chauffage pour une habitation ; les fiches à remplir du choix d'un système de chauffage (en groupe) ; les résumés à produire (en groupe), la position d'un groupe de scientifiques sur la question climatique ; les questionnaires pré-test/post-test à compléter (par écrit et individuellement)…) ;

Les modalités de l'organisation des activités, en tenant compte du but de la recherche, qui est celui d'intégrer une séquence sur une QSS en classe et d'encourager l'argumentation et la mobilisation de connaissances conceptuelles scientifiques et techniques, afin d'étudier l'interrelation éventuelle entre ces deux derniers.

En outre, nous tenons compte de la composition des groupes (Blatchford et al. 2003) et de la nature des discussions organisées, orientées dans notre cas vers un débat classique (Simonneaux, 2003).

Spécifiquement, pour encourager l'argumentation, nous avons opté pour :

D'un côté, offrir l'opportunité aux élèves de discuter une question authentique et familière (Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz, 2002), la question de système de chauffage pour une habitation, leur permettant de faire un lien personnel avec la question (Sadler, 2004) ;

D'un autre côté, offrir l'opportunité aux élèves de pratiquer l'argumentation (individuelle et écrite lors des pré-tests/post-test ; et en groupe, lors de la synthèse écrite du choix du système de chauffage et dans le cadre des discussions de groupes et du débat de toute la classe) ; et encourager les apprenants à justifier leurs déclarations (lors du pré-test/post-test et en remplissant la fiche de la synthèse du choix d'un système de chauffage) (Sadler, 2004 ; Osborne et al. 2004), notamment par des connaissances scientifiques. Il s'agit aussi, d'examiner des arguments scientifiques (Driver et al. 2000; Sadler, 2004 ; Osborne et al. 2004) (lors de l'étude par groupe d'élèves, d'un article scientifique parmi trois sur le(s) changement(s) climatique(s) et lors de la présentation des résumés des trois articles scientifiques). Mais également, il s'agit d'examiner et d'atteindre des arguments opposés ou en compétitions (lors de la présentation par les élèves, divisés en trois groupes, de trois articles scientifiques ayant des positions divergentes sur la question climatique ; lors de la présentation des différents systèmes de chauffage choisis par les élèves ; et lors des groupes de discussion et du débat de toute la classe); et en cherchant à affaiblir les arguments respectifs des élèves en pensant à des contre-arguments et à proposer une réfutation (lors du choix en groupe d'un système de chauffage en remplissant la fiche de la synthèse du choix , lors de la présentation des choix des groupes et lors du débat final de toute la classe) (Sadler, 2004 ; Osborne et al. 2004 ; Kuhn et Udell, 2003).

Il s'agit aussi de proposer :

- Un enseignement de connaissances conceptuelles de bases en relation avec la QSS en

question (lors de la séance d'enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques).

- De connaissances scientifiques en relation avec les débats sur la question climatique (à travers l'examen des groupes de scientifiques, et des présentations des résumés des élèves)
- Ainsi que des connaissances sur les systèmes de chauffage (à travers l'examen des documents systèmes de chauffage).

Et tout ceci, notamment, pour aider les élèves à établir les questions clés en relation avec la QSS et donc leur offrant l'opportunité de s'engager dans l'argumentation (Lewis et Leach, 2006) et en visant une meilleure argumentation (Sadler, 2004). Et afin pour encourager la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques), nous avons choisi d'inviter les élèves à justifier leurs déclarations, notamment, avec des connaissances scientifiques (Kolstø, 2006).

c) Notre séquence d'enseignement-apprentissage d'une durée courte[137], n'aborde pas explicitement un enseignement à l'argumentation.

Cela provient, d'un côté, du constat empirique de l'étude d'Osborne et al. (2004) qui constate que l'argumentation d'une classe, ayant reçu un enseignement à l'argumentation pendant une séquence qui s'étend sur plusieurs mois, s'améliore d'une façon comparable à un autre groupe témoin n'ayant pas eu un enseignement à l'argumentation. Osborne et al. (2004) interprètent ces résultats par le fait que l'argumentation dépend principalement de l'environnement d'apprentissage-enseignement, notamment, de la conception de la séquence et de l'enseignant(e) favorisant l'argumentation.

En plus, les résultats empiriques de Lewis et Leach (2006) indiquent que l'engagement des élèves dans l'argumentation dépend, entre autres, du contexte de la QSS, et plus spécifiquement, lorsque les élèves arrivent à identifier les questions clés de la QSS en question. Identifier les questions clés résulte du fait que les élèves ont des connaissances conceptuelles de base sur les domaines qui soutiennent cette QSS. Ces connaissances de base peuvent être apprises en une durée de temps relativement courte (de quelques heures).

Et d'un autre côté, afin de faciliter l'introduction de séquences courtes en milieu scolaire on est contraint par la limite de temps libre, de proposer des interventions de ce type en Première Scientifique.

7.4.2.2. Dimension de communication

Nous avons opté pour un discours exploratoire chez les élèves (Mercer, 1996) et afin de suivre les vertus de communication de Levinson (2006).

Les élèves sont invités, entre autres, à communiquer d'une façon libre, ouverte et respectueuse, où toutes les déclarations et leurs preuves respectives sont considérées et

137 La conception et l'implémentation de notre recherche, est basée sur la conception d'une séquence s'étendant sur quelques heures, centrée sur une question précise (Lewis et Leach, 2006), le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat. Cette séquence proposée dépasse le cloisonnement disciplinaire scolaire habituel et relie l'école à des questions hors de l'école. Ainsi, notre approche se distingue d'autres courants visant davantage l'étude de séquences basée sur une thématique disciplinaire précise, à une échelle micros ou moyennes, comme le « Teaching-Learning Sequences » (Méheut et Psillos, 2004) et s'éloigne aussi, d'autres champs de recherches qui optent à l'étude de séquences à une échelle macro, qui s'étendent sur plusieurs semaines ou tout le long d'une année scolaire, à travers l'étude de tout un curriculum.

discutées et où les déclarations doivent être justifiées ; et aussi à éviter des communications violentes et non justifiées (par des preuves).

L'un des moyens adopté est celui où l'enseignant-chercheur, donne la parole à tous (ou presque) les élèves, en les questionnant. Il les invite à écouter leurs camarades, à prendre la parole en faisant un signe, à justifier leurs positions, à soumettre les déclarations et arguments mobilisés à la critique respectueuse des autres élèves. En particulier dans les groupes de discussion, un tour de parole est adopté afin de donner la possibilité à tous les élèves membres du groupe de discussions d'exprimer leurs opinions.

L'enseignant-chercheur adopte souvent la position d'un modérateur pour donner aussi aux apprenants la possibilité d'exprimer leurs avis, où souvent les questions et remarques des élèves sont redirigées vers toute la classe pour être évaluées, et garantir ainsi plus de considération aux propos des élèves et d'égalité entre élèves-élèves et élèves-enseignant.

7.4.2.3. Prise en charge de la QSS à intégrer à un curriculum traditionnel.

Pour l'intégration d'une séquence d'enseignement-apprentissage d'une QSS en classe dans le cadre d'un curriculum traditionnel, une prise en charge de la QSS en question est inévitable (Tiberghien, 2009, dans la préface de Albe (2009). Pour cela, en tenant compte de l'objet de notre recherche, nous avons opté pour :

- Etablir des questions clés relatives à la QSS à l'aide de notre étude socio-épistémologique et sociotechnique à intégrer à notre séquence et cela en fonction de l'objet de notre recherche, de la mobilisation et de l'analyse de l'argument et des connaissances conceptuelles scientifiques et techniques.

Entre autres, nous nous servons de notre étude socio-épistémologique et socio-technique, pour présenter aux élèves la nature authentique et controversée de la question, ainsi que la multiplicité des références sur la question.

Ainsi, d'un côté, nous choisissons différents groupes de scientifiques ayant des postures différentes sur la question de(s) changement(s) climatique(s) à intégrer à la séquence et à faire analyser par les apprenants. D'un autre côté, cela se fait à travers le choix (énergétique) d'un système de chauffage pour une habitation, parmi plusieurs systèmes proposés, et les divers enjeux derrière ce choix, en paticulier, scientifiques, techniques, économiques, sanitaires, environnementaux, pratiques, de confort, esthétiques...

- Réaliser une analyse du « curriculum prescrit » des élèves, en visant les contenus, les compétences et les activités en relation avec la QSS en question. Se servir de cette analyse, notamment, dans l'élaboration des documents d'accompagnement de l'enseignement des connaissances conceptuelles scientifiques de base.

Effectuer une étude des conceptions des apprenants sur les connaissances conceptuelles scientifiques de base soutenant la QSS, en particulier, celles en relation avec les questions clés identifiées lors de l'étude socio-épistémologique et socio-technique et retenues pour notre séquence d'ensignement-apprentissage.

- Finalement, croiser et intégrer l'ensemble de ces éléments cités ci-dessus, pour répondre à l'objet de notre recherche, en tenant compte du contexte et de l'environnement d'apprentissage-enseignement de la recherche. Les éléments cités ci-dessus, nous ont servi, entre autres, pour l'élaboration des documents d'accompagnement (les documents des connaissances scientifiques, les trois groupes de scientifiques sur la question climatique et les documents des systèmes de chauffage) et à l'enseignement des bases de connaissances conceptuelles en relation avec la QSS.

7.4.3. Cadres analytiques des données recueillies

Nous nous basons sur la revue de littérature de Sampson et Clark (2008) sur les cadres analytiques pour l'étude de l'argumentation, et la distinction entre les cadres qui relèvent de domaines spécifiques de ceux des domaines généraux.
Plus spécifiquement, notre étude vise plutôt l'étude du produit de l'argumentation, l'argument, (Wu et Tsaï, 2007 ; Dawson et Venville, 2009 ; Chang et Chiu, 2007 ; Sadler et Zeidler, 2005 ; Sadler et Fowler, 2006), que le processus de l'argumentation (Osborne et al. 2004 ; Erduran et al. 2004 ; Von Aufschnaiter et al. 2008).
En plus, nous tenons compte pour l'étude de l'argumentation, notamment, de la distinction que font Sampson et Clark (2008), de ce qui relève de la structure de l'argument, de la nature de la justification et du contenu de l'argument. Outre de l'étude de la structure de l'argument, nous nous sommes orientés vers l'étude du contenu de l'argument et du lien éventuel entre les deux.
Nous avons ainsi, en corrélation avec Sampson et Clark (2008) procédé à l'utilisation de différents cadres analytiques, du domaine général et spécifique, d'une façon synergique pour l'analyse des données recueillies relatives à la structure et au contenu de l'argument.

Nous avons centré notre analyse de l'argumentation, en particulier, sur l'étude des arguments substantiels (Toulmin, 1958). Le cadre de Toulmin a des limites pour l'analyse de ces arguments substantiels (d'après, Driver et al. 2000) (entre autres, à distinguer entre les différents éléments d'un argument, et à identifier l'argumentation lors d'un discours (Osborne et al. 2004)) Ainsi, nous avons opté, en plus, du cadre de Toulmin (1958) qui vise davantage l'analyse de la structure de l'argument, pour d'autres cadres analytiques, en les adaptant à notre recherche, notamment ceux d'Osborne et al. (2004) et de Dawson et Venville (2009).
De même, nous procédons à l'analyse du contenu de l'argument, à travers l'utilisation de plusieurs cadres analytiques dont nous avons modifié certains pour notre recherche. Nous utilisons ces cadres notamment pour l'analyse des domaines d'abstraction (Von Aufschnaiter et al. 2008), des thèmes (basé sur Wu et Tsai, 2007), de la validité (basé sur Zohar et Nemet, 2002) et de la source des contenus (un cadre que nus avons développé spécifiquement pour cette recherche).

7.5. Comparaison des résultats de nos analyses des données à la revue de littérature

Nous visons dans les paragraphes qui suivent, à discuter, dans la limite de notre cadre théorique et méthodologique, des résultats obtenus dans notre thèse, à les comparer avec ceux de la littérature en éducation des sciences sur les recherches dans le champ des QSS, notamment, concernant l'argumentation et/ou le raisonnement informel et la mobilisation de connaissances (par exemple, conceptuelles scientifiques et techniques). Nous organisons cette discussion, tout autour, de la question de l'engagement des élèves dans l'argumentation (la mobilisation de bases pour soutenir les déclarations), de la structure de l'argument (la mobilisation d'une argumentation de qualité (mobilisations de réfutations et d'arguments élaborés (mobilisation de qualification(s) avec au moins cinq bases)) et le contenu de l'argument (les domaines d'abstraction, les thèmes, les sources et la validité des contenus) et des liens éventuels entre eux.

7.5.1. Structure de l'argument

7.5.1.1. *Engagement dans l'argumentation et mobilisation de déclarations soutenues par des bases*

Nos résultats, relatifs à l'augmentation du nombre de bases par argument mobilisé[138], au post-test par rapport au pré-test, concordent avec ceux de Lewis et Leach (2006) qui indiquent que leurs élèves de 14-16 ans, lors de l'étude d'une QSS en relation avec les technologies génétiques, mobilisent davantage des arguments intégrant des justifications à leurs déclarations à la fin de la séquence par rapport au début de la séquence. Cependant, à la différence de notre recherche, c'est une argumentation mobilisée lors de discussions en groupes qui est étudiée par Lewis et Leach (2006) qui visent une étude qualitative de l'argumentation mobilisée, et donc n'affiche pas de résultats quantitatifs. Toutefois, notre méthodologie adoptée, reprend certains éléments de la méthodologie de Lewis et Leach (2006), pour encourager l'argumentation et l'engagement des élèves dans l'argumentation, à travers une séquence de courte durée. Elle encourage aussi des normes de participation, intégrant un enseignement de connaissances scientifiques de bases en relation avec la QSS. Cette méthodologie semble donner ces fruits à travers l'augmentation de la qualité de l'argumentation au post-test par rapport au pré-test.

En outre, nous constatons que nos résultats, concernant la mobilisation d'un argument intégrant au moins une base[139], notamment lors du pré-test, concordent avec ceux de Dawson

138 Les apprenants mobilisent en moyenne 7,8 bases par argument mobilisé au post-test pour 4,4 bases en moyenne par argument mobilisé au pré-test.

139 Nos élèves mobilisent respectivement des arguments soutenus par au moins une base (donnée, justification, soutien, et/ou qualification), de la façon suivante: lors du post-test (96% de l'ensemble des arguments mobilisés), au pré-test (77,5% de l'ensemble des arguments mobilisés), lors de la présentation des groupes (91% de l'ensemble des arguments), lors des discussions des groupes (58% de l'ensemble des arguments) et du débat de toute la classe (85% de l'ensemble des arguments).

et Venville (2009)[140], et semblent les dépasser au post-test et lors de la présentation des groupes. C'est aussi le cas lors du débat de toute la classe, mais pas lors de la discussion des groupes.
Dawson et Venville (2009) indiquent que lors des entretiens en groupes avec des élèves de 16-17 ans travaillant sur différentes QSS en technologies génétiques, presque 75% des arguments mobilisés intègrent de déclarations avec au moins une justification, une donnée, un soutien ou une qualification.
Cependant, nous constatons quelques différences qui existent entre la nature des arguments recueillis par nous et ceux recueillis par Dawson et Venville (2009) lors d'un entretien d'élèves en groupes.

En outre, nos résultats concernant la mobilisation d'un argument avec au moins une base (niveau 2 + niveau 3 + niveau 4) lors de discussions en groupes sont dépassés par ceux d'Erduran et al. (2004)[141], lors de l'étude des élèves de 12-13 ans d'une QSS sur l'installation d'un Zoo et d'un centre de loisirs. Ils indiquent des arguments avec un niveau supérieur à 2, qui dépassent 78 % des arguments mobilisés au début de la séquence, pour atteindre 85% à la fin de la séquence. Cette différence peut être attribuée en partie au cadre analytique de l'argumentation adoptée par Erduran et al. (2004) qui associent le niveau d'argumentation le plus élevé atteint lors d'une épisode argumentative, en intégrant dans un même niveau l'ensemble des déclarations et des contre-arguments mobilisés lors de la discussion en groupes sur une thématique (ou question) débattue.
En revanche, nos résultats lors du débat final de toute la classe semblent être du même ordre que ceux d'Erduran et al. (2004).

Nos résultats semblent concorder aussi avec les résultats de Wu et Tsai (2007), à propos de l'installation d'une centrale nucléaire en Taïwan, qui indiquent, après interprétation de notre part de leurs résultats, une mobilisation d'arguments intégrant une déclaration et des preuves ou des contre-arguments en réponse à un questionnaire de recherche écrit par des élèves de 15-17 ans. Cependant, l'étude de Wu et Tsai (2007) ne nous fournit pas assez d'éléments pour comparer en détails leurs résultats aux nôtres.

Nos résultats[142] au pré-test avec des arguments intégrant au moins trois bases (64% des arguments), dépassent les résultats des universitaires en première année de Abi El Mona et Abd El Khalick (2011), qui lors d'un entretien semi-directifs sur une QSS sur le réchauffement climatique, mobilisent des arguments complets (Déc + donnée + justification) de l'ordre de 40% des apprenants. Nos résultats au pré-test correspondent davantage à ceux des scientifiques (60% des arguments). Nos résultats lors du post-test (93% des arguments) semblent dépasser largement ceux des enseignants de sciences (50% des arguments mobilisés) et ceux des scientifiques (60% des arguments). Ce n'est pas le cas lors du débat final de toute

140 Dawson et Venville (2009) indiquent pour le groupe des élèves de 16-17 ans de leur recherche, la répartition respective d'argument : 7.7 % d'arguments du niveau 4 (qualification + arguments élaborés (données+ justifications + soutiens), 9.6 % du niveau 3 (déclaration + données + justifications+ soutiens ou qualifications), 57.7% du niveau 2 (déclaration + données et/ou justifications) et 25 % du niveau 1 (déclaration).

141 Les résultats, des analyses relatifs à l'argumentation dialogique des discussions des élèves en groupes, d'Erduran et al. (2004) indiquent que la majorité des arguments mobilisés, au début et à la fin de l'année, sont du niveau 2 (respectivement 38% des arguments et 30%) ; une diminution de l'argumentation du niveau 1 à la fin de l'année ; et une augmentation de l'argumentation du niveau 3 à la fin de l'année de 40% des élèves à 55%, que statistiquement est non vérifié par les auteurs.

142 Mobilisation de trois bases par arguments: au pré-test (64,5% des arguments mobilisés), post-test (93%), lors de la présentantion des groupes (30.4%), lors des discussions des groupes (14.5%) et lors du débat final de toute la classe (45%)

la classe, où nos résultats correspondent davantage aux résultats d'étudiants universitaires d'Abi El Mona et Abd El Khalick (2011). En revanche, les résultats de toutes les catégories de Abi El Mona et Abd El Khalick (2011) dépassent largement nos étudiants lors des discussions des groupes et lors de la présentation des groupes.
Toutefois, les auteurs indiquent que le cadre analytique de Toulmin (1958), utilisé parmi d'autres cadres lors de leurs études, ne permet pas de relever de différences entre les trois populations étudiées, les universitaires en première année, les enseignants de sciences et des scientifiques (soient Doctorant, chercheurs). Ainsi, Abi El Mona et Abd El Khalick (2011) en adoptant d'autres cadres analytiques développés spécifiquement pour cette étude indiquent que les scientifiques dépassent largement ceux des élèves et moins ceux des enseignants.

7.5.1.2. Argumentation de qualité

Mobilisation de qualifications

Nous constatons qu'au pré-test nos élèves mobilisent moins de qualifications[143] que Dawson et Venville (2009)[144]. En revanche, les résultats de Dawson et Venville (2009) sont proportionnellement inférieurs aux nôtres lors du post-test et lors de la présentation des groupes.
En outre, nos résultats au post-test correspondent avec les résultats des scientifiques et des enseignants de l'étude de Abi El Mona et Abd El Khalick (2011)[145] ; tandis que lors du pré-test nos résultats correspondent aux résultats des étudiants universitaires. Nos résultats lors de la présentation des groupes sont supérieurs à ceux d'Abi El Mona et Abd El Khalick (2011).

Mobilisation de qualifications et d'arguments élaborés

En outre, tenant compte dans nos résultats, relatifs à la mobilisation d'un argument élaboré (déclaration avec au moins 5 bases) incluant une qualification, nous constatons que nos résultats, notamment lors du pré-test, semblent être dépassés par les élèves de Dawson et Venville (2009) de 16-17 ans lors d'un entretien semi-directif en groupes de deux à trois élèves ayant comme résultats de 17.3 % des arguments mobilisés. Cependant, nos résultats au post-test dépassent ceux de Dawson et Venville (2009) et nos résultats lors de la présentation des groupes s'approchent de ceux de Dawson et Venville (2009)[146]. De plus, l'article de Dawson et Venville (2009) ne nous permet pas de savoir si les chercheurs associent dans leur classification des résultats, un niveau d'argument en comptant seulement l'argument atteint le plus haut lors de l'entretien parmi l'ensemble des arguments mobilisés en groupe ou s'ils comptent en même temps l'ensemble des arguments.

143 Les résultats de notre recherche indiquent une mobilisation de qualifications au post-test (Dix qualifications) davantage qu'au pré-test (Quatre qualifications) et lors de la présentation des groupes (onze au total) où quatre des six groupes mobilisent de qualifications (groupe 1 (deux qualifications), groupe 3 (deux qualifications), groupe 4 (cinq qualifications et groupe 6 (deux qualifications)).

144 En combinant de notre part, les résultats de Dawson et Venville (2009) attribués au niveau 3 et 4 des élèves de 16-17 ans, où la répartition respective de l'argumentation est de 7.7 % niveau 4, 9.6 % niveau 3, 57.7% niveau 2 et 25 % niveau 1.

145 Qualifications mobilisés dans la recherche d'Abi El Mona et Abd El Khalick (2011) : universitaires (2 apprenants / 10), enseignants de sciences (2/10) et scientifiques (1/10)

146 Dawson et Venville (2010) indiquent la mobilisation d'une argumentation du niveau 4 par le groupe expérimental de la façon suivante : pré (1 /46), post (6 / 46).

Nos résultats concordent aussi avec les résultats de (Rudsberg, O"Hman, et O"Stmani, 2013) qui indiquent aussi l'évolution de l'argumentation suite à l'engagement des apprenants en groupes de discussions avec d'autres élèves et avec l'enseignant(e). Rudsberg et al. (2013) associent cette augmentation de la qualité argumentative, notamment, à la mobilisation de qualifications et de nouvelles données.

En outre, en tenant compte des résultats de nos recherches (la mobilisation d'un argument élaboré et de qualifications) à comparer avec les résultats du niveau 4 de l'étude de Sadler et Fowler (2006)[147] nous constatons que, si nos résultats lors du pré-test semblent dépasser les résultats des lycéens et des universitaires en cursus non scientifique de l'étude de Sadler et Fowler (2006), cependant, nos résultats restent inférieurs aux universitaires en cursus scientifiques. En revanche, au post-test les résultats des élèves de notre étude dépassent ceux des lycéens et des universitaires en cursus non-scientifique, et concordent avec ceux des universitaires en cursus scientifique de Sadler et Fowler (2006), et même semble les dépasser lors de la présentation des groupes.

Ces résultats peuvent être, entre autres, attribués au-delà de la nature de l'argumentation mobilisée lors d'un entretien individuel, au fait que la recherche de Sadler et Fowler (2006) traite d'une QSS relative à la génie génétique, différente de la nôtre. Cette différence, vis-à-vis la qualité d'argumentation que nous attribuons entre autres, au contexte de la QSS étudiée, correspond à d'autres résultats dans la littérature, notamment, ceux de Lewis et Leach (2006) qui indiquent que l'engagement et la qualité de l'argumentation dépendent entre autres de la QSS en question, du contexte et de la familiarité des apprenants avec la question posée.

Cela semble concorder aussi avec la littérature, notamment, Osborne et al. (2004) qui indiquent que les élèves réussissent mieux à s'engager dans une argumentation de qualité dans le cadre d'une QSS que lors d'une question scientifique. Les élèves, lors de leurs argumentation sur le choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat, font appel davantage à des contenus techniques qu'à d'autres contenus, notamment scientifiques (repérés lors de l'analyse des thèmes) et qui semblent être bien moins primordiaux que les thèmes techniques pour prendre position sur notre QSS, et donc cela pourrait faciliter davantage la mobilisation d'une argumentation de qualité.

A noter, que nos élèves dépassaient déjà au pré-test les élèves et les universitaires en cursus-non scientifique de l'étude de Salder et Fowler (2006), mais pas ceux des universitaires en cursus scientifiques. L'augmentation de la qualité d'argumentation au post-test par rapport au pré-test dans notre recherche peut être aussi attribuée entre autres, à notre intervention et notre approche méthodologique, qui semble réussir à encourager la qualité d'argumentation (soit écrite individuelle). En revanche, une autre interprétation de nos résultats élevés pourrait être le choix de notre population, un groupe de lycéens dans un lycée parisien privé, réputé d'être parmi l'un des meilleurs lycées de Paris, et dont les élèves sont issus d'un certain milieu social très aisé, une population qui ne reflète pas, suivant les enseignants même du lycée, la population lycéenne parisienne ni celle de la France. De plus, nous ne savons pas si la politique du lycée pratique une sorte de sélection des meilleurs élèves tout le long de leur parcours. Il sera alors d'un grand intérêt, pour infirmer ou confirmer nos hypothèses et nos interprétations des résultats, de voir si les résultats obtenus dans notre recherche peuvent être

147Les résultats du niveau 4 de l'étude de Sadler et Fowler (2006) dont les apprenants mobilisent respectivement : pour les étudiants en cursus scientifique, 9 arguments/ 45 arguments au totale ou 20% des arguments ; pour les étudiants en cursus non scientifique 1/ 45 ou 2.3% ; et pour les lycéens 1/45 ou 2.1 %).

obtenus, lors de recherches futures, dans d'autres classes, avec un échantillon à une échelle plus grande et/ou dans d'autres pays, à une échelle internationale (Sadler et Zeidler, 2009).

En outre, nos résultats lors du post-test correspondent avec les résultats de Topcu, Sadler, Yilma-Tuzun (2010) qui indiquent une mobilisation par les apprentis enseignants (de 11 / 39 ou 28,2% des arguments) d'arguments intégrant des déclarations justifiées et de contre déclarations lors d'entretiens semi-directifs.

Mobilisation de réfutations

En comparant plus particulièrement la mobilisation de réfutations lors de notre recherche à la littérature, nous constatons que :

Nos apprenants ne mobilisent pas de réfutations ni lors du pré-test et du post-test et ni lors de la présentation des groupes. Ces résultats correspondent aux résultats de Sadler et Fowler (2006) et de Dawson et Venville (2008) qui n'indiquent pas de mobilisation de réfutations lors de questionnaires écrits ou d'entretiens. En revanche nos résultats ne retrouvent pas ceux de Wu et Tsai (2007) qui indiquent une mobilisation de réfutations par 40% des apprenants, des élèves de 15 -17 ans, en réponse à un questionnaire écrit où 10,5 % des arguments mobilisés (suivant notre propre interprétation de leurs résultats) sont des réfutations. Cette différence peut être attribuée entre autres à la question traitée par Wu et Tsai (2007), soit la construction de centrale nucléaire, qui est une question vive au Taiwan. Elle peut être attribuée aussi aux cadres analytiques utilisés, notamment de l'interprétation de réfutations par les auteurs. De même elle peut être attribuée à la nature de la question posée lors du questionnaire, où les élèves de la recherche de Wu et Tsai (2007), sont invités explicitement à mobiliser, lors du questionnaire écrit, de contre-arguments à leurs positions et à les réfuter. Ceci n'est pas exigé dans notre questionnaire de recherche où nous nous limitons à inviter nos élèves à justifier leurs réponses notamment avec des connaissances scientifiques.

En revanche, nos élèves réussissent à mobiliser des réfutations lors des discussions des groupes et plus fréquemment lors du débat final. Cependant cette mobilisation reste rare et en la comparant à la littérature, nous constatons que nos élèves mobilisent bien moins de réfutations que les apprenants dans l'étude d'Osborne et al. (2004) et d'Erduran et al. (2004), où les élèves de 12-13 ans mobilisent plus que 40 % d'arguments intégrant des réfutations lors des discussions en groupes sur une QSS (soient Zoo et centre de loisirs) et ceci même avant l'intervention. En revanche, si ces chercheurs indiquent une augmentation de cette réfutation vers la fin de l'intervention, elle reste pour eux statistiquement non signifiante.
Nous pensons que cette différence des résultats avec notre étude peut être interprétée entre autres, par la façon avec laquelle les arguments sont analysés dans ces deux dernières recherches lors de l'argumentation des groupes, où pour chaque épisode argumentative (l'équivalent de la question débattue dans notre corpus), les chercheurs repèrent le niveau d'argumentation le plus élevé co-construit par les élèves, auquel ils attribuent le niveau correspondant d'argumentation, ce qui réduit le nombre total d'arguments comptés et donc augmente les pourcentages. En tenant compte de la même méthode, la fréquence des arguments de nos élèves, semble correspondre à ceux d'Osborne et al. (2004) et d'Erduran et al. (2004), et devient même, lors du débat de toute la classe de l'ordre de 50% (ou 5/10

réfutations par question débattue) lors du débat de toute la classe et varie entre 16,6% (ou 2/12 réfutations par question débattue) et 46,1% (ou 6/13 question débattue) lors des discussions de groupes.

Lors du débat final de toute la classe, nos résultats correspondent, et même dépassent les résultats de Topcu, Sadler, Yilma-Tuzun (2010) qui indiquent une mobilisation par les apprentis enseignants (de 3 / 39 ou 7,6% des arguments mobilisés intègrent des réfutations) d'arguments intégrant des déclarations justifiées et de contre-déclarations mais aussi des réfutations lors d'entretiens semi-directifs et n'incluent aucun autre enseignement ou autre engagement pour une étude d'une QSS.

De leur part, les résultats de Khishfeh (2012) semblent dépasser nos résultats, vis-à-vis de la mobilisation de qualifications par des élèves de 16-17 ans lors d'un questionnaire écrit sur de QSS sur l'alimentation génétiquement modifiée et la fluorisation de l'eau, avec 20% des apprenants mobilisant des réfutations, en plus de contre-arguments et des justifications valides avançant plus d'une raison. Cependant, cette différence peut être associée à la façon de différencier les contre-arguments des réfutations, et une autre interprétation des résultats s'impose aussi puisque les apprenants sont invités ouvertement par les chercheurs à mobilisés lors du questionnaire écrit des contre-arguments et des réfutations, ce qui n'était pas le cas lors de notre questionnaire.

Lors de l'étude de Garcia-Mila et al. (2013), les étudiants discutent en groupes de deux élèves de 12-13ans, après avoir été engagés dans une séquence sur une QSS sur l'utilisation des énergies alternatives et la question climatique, et intégrant des discussions en groupes et un enseignement de connaissances scientifiques en relation avec la QSS en question et sur la QSS. Ces élèves semblent réussir davantage la mobilisation de réfutation quand l'objectif de la discussion des binômes de positions initiales opposées est le consensus (11 % des arguments mobilisés) avec une fréquence deux fois supérieures , que lorsque le but est de convaincre (5,6 % des arguments) (les chercheurs utilisent aussi le cadre d'Erduran et al. 2004 pour l'analyse des données). Cependant, les résultats des élèves restent inférieurs aux résultats de nos élèves (plus âgés) lors du débat de toute la classe et bien supérieurs à ceux de nos élèves lors des discussions de groupes. Ces constations ne semblent pas correspondre aux conclusions de l'étude de Garcia-Mila et al. (2013) étant donné que les discussions en binômes visant le consensus favorisent mieux l'argumentation que les discussions visant à convaincre l'autre de son point de vue.

Nos résultats concordent aussi avec les résultats de Rudsberg, O"Hman, et O"Stmani, (2013) qui indiquent la mobilisation de réfutations par des élèves du secondaire lors d'argumentation en groupes de discussions avec l'enseignant.

En outre, nos élèves concordent de même avec les résultats d'Evagorou et Osborne (2013) qui indiquent, suite à l'engagement d'élèves dans une séquence sur l'argumentation, l'apprentissage de connaissances scientifiques et sur une QSS, qu'une mobilisation de la réfutation est rare et pas nécessairement spontanée, avec des élèves de 12-13 ans. En plus, Evagorou et Osborne (2013) indiquent que les apprenants peuvent être encouragés à mobiliser une argumentation de qualité par des interventions visant cela. En particulier, Evagorou et Osborne (2013) indiquent bien que deux binômes d'élèves ayant le même niveau d'argumentation au début de la séquence et ne mobilisant pas de réfutations, l'un des deux seulement réussit à mobiliser des réfutations par la suite de la séquence lors de plusieurs

leçons, tandis que l'un des deux ne le réussit jamais.

En plus, Evagorou et Osborne (2013) indiquent que les discours du binôme qui mobilisent des réfutations sont qualifiés de discours exploratoire, à la différence du second binôme dominé par un discours de disputes.

7.5.2. Contenu de l'argument

En comparant nos résultats vis-à-vis de la mobilisation de connaissances (soient Conceptuelles scientifiques et techniques), le contenu de l'argument, notamment scolaires, à ceux de la littérature, nous constatons que :

7.5.2.1. Thèmes et sources des contenus

Les élèves de notre recherche n'ont pas de difficultés à mobiliser tout au long de la séquence des thèmes techniques, souvent majoritaires, des thèmes scientifiques mais moins fréquents que les thèmes techniques (avec une fréquence allant du deuxièmement mobilisé à cinquièmement mobilisés par rapport à d'autres thèmes), en plus d'autres thèmes économiques, environnementaux pratique/confort, esthétiques et divers thèmes. Ainsi, nos résultats semblent être différents des résultats de Kolsto (2006) (qui optent pour un recueil de données à travers des discussions en groupes, de données sur le questionnaire écrit et des entretiens, sans une séquence d'enseignement de connaissances scientifiques) et ni aux résultats de Von Aufschnaiter et al. (2008) (lors de discussions en groupes). Ces deux recherches indiquent que les élèves, mobilisent rarement des connaissances conceptuelles scientifiques. En revanche, nos résultats semblent correspondre avec ceux de Nielsen (2012) qui indiquent que des élèves et étudiants interviewés en groupes, mobilisent souvent des connaissances scientifiques soit pour identifier et articuler les questions clés vis-à-vis d'une QSS en question, soit pour justifier leurs positions respectives.
En outre, Kolstø (2006) et Von Aufschnaiter et al. (2008) indiquent que les élèves optent davantage par des informations scientifiques issues des documents distribués. Sur ce dernier point, ces résultats correspondent en partie avec nos résultats, où les thèmes techniques comme scientifiques mobilisés corrélèrent souvent avec ceux des documents ou du curriculum+ documents mais rarement avec des contenus issus uniquement du curriculum (sauf avant la séquence (au pré-test) où la majorité des contenus scientifiques corrélère avec le curriculum). Les contenus scientifiques d'autres sources sont pratiquement inexistants.

En comparant nos résultats à ceux de Rudsberg, O"Hman, et O"Stmani (2013) nous constatons que nos résultats diffèrent des leurs qui indiquent la mobilisation des élèves du secondaire des connaissances majoritairement ne provenant pas de la séquence elle-même, sans préciser la nature de ces connaissances et leurs sources. Cependant, Rudsberg, O"Hman, et O"Stmani (2013) précisent que les élèves mobilisent des connaissances scientifiques durant l'intervention qui sont reliées à la QSS environnementale en question et qui ne se limitaient pas aux connaissances scientifiques (scolaires) en sciences naturelles. Cela semble correspondre à nos résultats qui indiquent la mobilisation de contenus scientifiques qui concordent majoritairement avec ceux des documents prescrits et du curriculum davantage que ceux du curriculum seul, et que ces contenus scientifiques ne sont pas exclusivement issus d'une seule discipline scolaire. Cependant, nous n'avons pas abordé dans nos analyses quelle

discipline scolaire les élèves semblent utiliser davantage que d'autres.

En outre, les élèves de notre étude réussissent à mobiliser de nouvelles connaissances scientifiques au post-test/par rapport au prés-test, or ces nouvelles connaissances scientifiques restent rares, ce qui correspond aux résultats indiqués par Lewis et Leach (2006) et Von Aufschnaiter et al. (2008).
En revanche, les données analysées nous permettent d'indiquer que les nouveaux contenus techniques mobilisés par nos élèves, sont bien plus fréquemment mobilisés que les contenus scientifiques. Et donc nos élèves réussissent à utiliser les documents distribués pour leurs intérêts et semblent s'approprier certains de ces contenus.

7.5.2.2. Validité des contenus

Nos résultats vis-à-vis de la mobilisation de connaissances scientifiques qui indiquent que la séquence n'a pas un impact significatif sur l'apprentissage de nouvelles connaissances scientifiques, correspondent aux résultats de Nicolaidou, Kyza, Terzian, Hadjichambis, Kafouris (2011) lors du pré-test. Le groupe expérimental de l'étude de Nicolaidou (2011) mobilise une légère augmentation des connaissances conceptuelles sur la question mais cette augmentation n'est pas significative.
En revanche, nos résultats ne correspondent pas aux résultats de Klosterman et Sadler (2009) qui indiquent une amélioration des connaissances scientifiques des élèves du secondaire, à l'aide de questionnaires standardisés et d'autres liés plus au curriculum, suite à une intervention, sur de QSS sur le réchauffement climatique. Cette différence peut être expliquée en partie sur le fait que leur étude s'étend sur plusieurs semaines et visait directement, outre l'enseignement à l'argumentation et sur des QSS, un enseignement de connaissances conceptuelles scientifiques.

Nos résultats semblent concorder aussi à ceux de Rudsberg, O"Hman, et O"Stmani (2013), qui indiquent que les connaissances mobilisées par les élèves du secondaire, suite à l'engagement dans des argumentation en groupes et avec l'enseignant, deviennent plus complexes et plus nuancées sans pour autant indiquer s'il y a eu un apprentissage de nouvelles connaissances (scientifiques) et si ces connaissances étaient valides.

7.5.2.3. Domaines d'abstraction

En outre, nos résultats, correspondent à ceux de Von Aufschnaiter et al. (2008) qui indiquent la mobilisation de connaissances de niveaux d'abstraction élevés, mais qui reste rare. Cependant, les domaines d'abstraction élevés mobilisés durant notre étude, lors du post-test, sont moins fréquemment mobilisés par rapport au pré-test, et concordent presque toujours, avec des thèmes scientifiques et/ou techniques. Cette concordance des domaines d'abstraction élevés souvent avec les thèmes scientifiques, semble être le résultat de la nature même du cadre analytique utilisé et développé initialement pour l'étude de contenus scientifiques mobilisés lors de cours de sciences physiques, sur la mécanique et l'électrostatique (Von Aufschnaiter et Von Aufschnaiter, 2003).

Dans notre recherche, les domaines d'abstraction le plus élevés atteints lors du post-test et du pré-test sont majoritairement du domaine d'abstraction moyen et les domaines d'abstraction faibles restent rare ; il en est de même lors de la présentation des groupes. Cependant, ce n'est pas du tout le cas lors de la discussions des groupes et lors du débat final

de toute la classe, ce qui correspond aux résultats de Von Aufschnaiter et al. (2008) qui indiquent que les domaines d'abstraction faibles sont les domaines majoritaires lors des discussions des groupes.

7.5.3. Lien entre la structure et le contenu de l'argument

En comparant les résultats de notre étude pour ce qui est du lien entre la structure et le contenu de l'argument à la littérature, nous constatons que :

Nos résultats indiquent la mobilisation de réfutations qui concordant avec une mobilisation de domaines d'abstraction faibles (concrets) et moyens (abstrait statique) et jamais avec des domaines élevés, lors des discussions des groupes et lors du débat final. cela correspond aux résultats de Von Aufschnaiter et al. (2008) qui indiquent que la mobilisation d'une argumentation de qualité, mobilisation de réfutations, peut être faite avec des domaines d'abstraction faibles (concrets).
En outre, Von Aufschnaiter et al. (2008) indiquent que la cohérence des contenus et leurs compréhensions par les apprenants, sont aussi deux éléments décisifs pour la mobilisation de réfutations. Une relecture de nos résultats à la lumière de la cohérence des contenus en plus de leurs validités, nous a permis aussi de retrouver les dernières conclusions de Von Aufschnaiter et al. (2008). Cependant, il est bien important d'indiquer que, à la différence de notre étude, Von Aufschnaiter et al. (2008) visent l'étude du lien entre le processus et le contenu de l'argument en plus de la structure de l'argument. En outre, ces chercheurs indiquent que la familiarité avec les contenus est aussi un autre élément décisif pour une argumentation de qualité, notamment en se basant sur le facteur temps, chose que nos analyses ne nous permettent pas de déceler vu que le temps n'était pas visé dans le cadre de notre question de recherche ni dans les cadres analytiques adoptés. En revanche, nos résultats indiquent que les arguments de qualité concordent avec des contenus de sources variés, ceux des documents distribués, du curriculum prescrit et d'autres sources.

En comparant nos résultats à ceux de Sadler et Zeidler (2005) mais aussi à ceux de Sadler et Fowler (2006), qui peuvent être interprétés par le Modèle du Seuil de Transfert de la Connaissance à propos d'un Contenu (en anglais, « Threshold Model of Content Knowledge Transfer ») de Sadler et Donelly (2006), nous constatons qu'ils différent de ces derniers.
Ces recherches indiquent qu'une argumentation de qualité, , ne peut être mobilisée par des lycéens, ou très rarement, ni par des universitaires en cursus non scientifique. Cette argumentation de qualité intègre notamment, pour Sadler et Fowler (2006) la mobilisation de déclarations, de justifications, des bases élaborées et des oppositions (ou contre-arguments) qui s'opposent à leurs propres choix, tandis qu'elle intègre plus spécifiquement la mobilisation de réfutations pour Sadler et Donelly (2006) et pour Sadler et Zeidler, (2005). Les auteurs indiquent que même si certains élèves atteignent un niveau de connaissances scientifiques élevés comparables à ceux d'universitaires en cursus scientifiques, l'argumentation de qualité reste presque exclusive aux étudiants universitaires ayant un niveau de connaissances conceptuelles scientifiques élevés qui les utilisent presque toujours en support à leurs argumentationsà la différence des élèves qui le font rarement dans l'étude de Sadler et Fowler (2006)[148], lors d'entretiens semi-structurés. Les auteurs ne peuvent pas expliquer avec cette

148Les résultats d'analyse du niveau 4 dans la recherche de Sadler et Fowler (2006), caractérisé par des déclarations intégrant des justifications, des bases élaborées et des oppositions (ou contre-preuves) qui

seule différence, du point de vue du niveau de connaissances scientifiques, à quoi est dû ces résultats relatif à la qualité de l'argumentation. Sadler et Fowler (2006) indiquent qu'en plus d'avoir des connaissances scientifiques élevés (chez des universitaires en cursus non scientifiques et les élèves ayant eu des cours de sciences durant leurs cursus scolaire), il apparaît que les étudiants universitaires en cursus scientifiques ont pu développer des schèmes en génétique suffisamment robustes et plus spécifiques qui leurs permettent de mieux les transférer pour les utiliser lors de l'étude de questions sociales complexes en relation avec des questions scientifiques en ingénierie génétique[149].

De notre part, lors de la prise de position sur le choix d'un système de chauffage pour un habitat dans le cadre de débats sur le climat, nos lycéens réussissent à mobiliser des arguments de qualité, notamment en intégrant un argument élaboré (qui intègre des Donnée(s) + justification(s) + soutien(s) (plus de cinq bases)) et de qualifications (qui indiquent la limite du choix fait) et cela au pré-test (9.7% des arguments mobilisés) au post-test (25,8% des arguments) et lors de la présentation des groupes (66% des présentations, 4 présentations sur 6). Or, même si nos résultats au pré-test sont bien plus faibles que les résultats des universitaires scientifiques de Sadler et Fowler (2006)[150], nos résultats semblent être du même ordre de celui ces étudiants universitaires en cursus scientifique et semblent même les dépasser au post-test comme lors de la présentation des groupes.

En outre, nos résultats, correspondants à la mobilisation d'arguments intégrant de qualifications et avec au moins cinq bases avec des contenus valides comme erronés, ne correspondent pas aux résultats de Sadler et Fowler (2006), qui indiquent la mobilisation de contenus valides et cohérents lors de la mobilisation d'arguments de qualité.

Nos résultats semblent s'opposer ainsi au modèle du Seuil de Transfert de la Connaissance sur un Contenu. L'une des interprétations possibles de cette différence, pourrait être que la mobilisation de qualification que nous avons repéré à l'aide du modèle de Toulmin (1958) ne correspond pas à la mobilisation de « contreposition » à la position initiale visée par Sadler et Fowler (2006) .

En revanche, concernant nos résultats vis-à-vis la mobilisation de réfutations qui peut être réalisée par des lycéens, avec des contenus scientifiques ou non scientifiques, avec des domaines d'abstraction faibles, mais toujours avec des contenus valides et cohérents concordent, en partie, avec le modèle du Seuil de Transfert de la Connaissance sur un Contenu.

En outre, les données analysées dans notre thèse, ne nous permettent pas de savoir si les élèves réussissent à transférer une partie de leurs connaissances du curriculum prescrit lors de l'argumentation. Mais nous remarquons que les contenus mobilisés correspondant uniquement à ceux du curriculum prescrit des élèves restent rares, sauf au pré-test. La majorité des contenus issus du curriculum et mobilisés par les élèves se retrouve aussi dans les documents distribués.

---

contredisent leurs propres choix sans que les chercheurs tiennent compte en particulier de la mobilisation de réfutations, à travers les groupes d'étudiants se répartissent de la façon suivante: pour les étudiants scientifiques (9 arguments/ 45 arguments au totale, 20% des arguments), pour les étudiants non scientifiques (1/ 45 ou 2.3%) et pour les lycéens (1/45 ou 2.3%).

149« *Our results are consistent with the conclusion that the science majors not only had learned basic genetics concepts but also had developed genetics schema robust enough to contribute to their consideration of complex, social issues related to genetic engineering. Some of the high school students had learned genetics concepts as evidenced by their performance on the genetics test, but their schema were not robust enough to meaningfully contribute to their deliberations regarding the SSI.* » (Sadler et Fowler, 2006 : 1001)

150Les résultats de Sadler et Fowler (2006) indiquent une argumentation du niveau 4 à travers les groupes d'étudiants qui est : pour les étudiants scientifiques (9 arguments/ 45 arguments au totale, 20%), pour les étudiants non scientifiques (1/ 42, 2.3%) et pour les lycéens (1/45, 2.1).

Toutefois, la différence entre la mobilisation de nos élèves du secondaire , en partie darguments de qualité et entre les conclusions de Sadler et Fowler pourrait être interprétée en partie par la nature de la QSS, en relation avec des questions en génétique, différente de notre question et qui semble nécessiter davantage de connaissances scientifiques sur la question.

En outre, il est difficile de comparer nos résultats avec ceux de Chang et Chiu (2007) dont le cadre analytique et les résultats affichés nous empêchent de le faire.

De leurs côtés, les résultats de Rudsberg et al. (2013), semblent aussi établir une relation entre l'augmentation de la qualité de l'argument (analysés à l'aide du cadre de Toulmin, 1958) et de la qualité des contenus, à travers l'étude des données mobilisées ou non et de leurs fonctions (et non leurs validités), utilisés dans cet argument. Or, les cadres résultats affichés et la méthodologie utilisée par les auteurs ne nous permettent pas de comparer en détails nos résultats avec les leurs.

7.6. Apports de la thèse

Notre thèse contribue aux débats actuels dans la littérature sur :

- La **manière la plus efficace à conceptualiser et à abord**er **l'enseignement (**Levinson, 2006 : 1202) et la viabilité de l'inclusion de QSS en classe (Sadler Fowler, 2006 : 1000), notamment, dans le cadre d'un curriculum traditionnel (Albe, 2009a/b ; Klosterman et Sadler, 2009).

- Le lien entre le raisonnement informel (ibid. Argumentation) et la compréhension conceptuelle (soient Conceptuelles scientifiques (Sadler, 2004 : 531), et techniques).

7.7. Une analyse rétrospective

Notre cadre théorique de conduite de recherche est basé sur l'Experimental Design qui s'estime humble dans le sens qu'il **concerne des domaines spécifiques de processus d'enseignement, mais aussi parce qu'il s'estime explicable par l'activité de conception**.

Ainsi, en tenant compte des résultats obtenus durant notre étude liés au contexte spécifique de notre recherche, nous procédons dans les paragraphes suivants, à réaliser une analyse rétrospective de nos résultats locaux à la lumière de notre cadre méthodologique et cadre théorique, dans le but d'apporter des preuves tangibles pour des modifications et des améliorations, que ça soit du point de vue méthodologique (conception de la séquence, outils de recueils de données, cadre d'analyses des données, documents utilisés...) mais aussi théorique, notamment, pour une meilleure opérationalisation du modèle pour une écologie des controverses socioscientifiques (Albe, 2007, 2009a/b) qui nous sert, comme cadre pour la mise en place d'une séquence d'enseignement dédiée à l'enseignement des controverses socioscientifiques dans un contexte spécifique et dédiée à l'argumentation et à la mobilisation de connaissances conceptuelles scientifiques et techniques.

7.7.1. Du point de vue des choix méthodologiques

7.7.1.1. La séance d'enseignement-apprentissage de connaissances conceptuelles scientifiques de base

La séance d'enseignement-apprentissage de connaissances scientifiques basiques en relation avec la QSS en question est conçue suivant un enseignement direct par l'enseignant-chercheur de connaissances scientifiques (Lewis et Leach, 2006), des questions orales adressées aux élèves travaillant en binôme et reprenant une partie des questions de recherche (pré-test/post-test) administrées aux élèves.

D'un côté, cette séance pourrait être améliorée en utilisant, notamment, des nouvelles questions scientifiques à choix multiples (soit standardisés) posées aux élèves individuellement avant les discussions et/ou après (en binôme) suite aux explications et discussions en classe sur les mêmes thématiques traitées par le questionnaire de recherche. Cela pourrait éventuellement motiver encore plus les élèves à aborder ces connaissances de nouveau, au lieu d'utiliser les mêmes questions. Cela pourrait faciliter aussi l'identification des connaissances qui manquent aux élèves en relation avec la QSS en question et leur évolution suite (ou durant) la séance.

En outre, ce QCM standardisé pourrait aider dans une visée à étudier l'écart entre les connaissances des élèves sur des questions liées à la séquence et celles non liés directement à la séquence (Klosterman et Sadler, 2009).

D'un autre côté, il serait d'un grand intérêt, de modifier l'interaction de l'enseignant-chercheur avec les élèves (soient questions orales adressées par l'enseignant-chercheur aux élèves) en visant un meilleur enseignement-apprentissage de connaissances conceptuelles de base et cela dans une visée d'évaluation formative (Heidi L. Andrade et Gregory J. Cizek, 2010, préface du "Handbbok of formative Assessment") .

Pour ce qui est des documents d'informations scientifiques distribués aux élèves à la fin de la séance d'enseignements de connaissances scientifiques de base (séance 2) (les réponses attendues du questionnaire de recherche (pré-test et post-test)), il serait d'un grand intérêt de modifier, dans la question sur l'effet de serre (question 4.1), le tracé des faisceaux lumineux émis par le soleil et atteignant la Terre. Et ceci pour éviter au mieux des interprétations erronées par les élèves des phénomènes optiques de la propagation de la lumière (Galili et Hazan, 2000)[151].

7.7.1.2. Le type de discours encouragé

Dans le but d'améliorer le discours exploratoire (Lewis et Leach, 2006) durant la séquence, il serait utile d'élaborer une activité (soit 30 minutes) avant le début de la séquence, au cours de laquelle les élèves sont sensibilisés et mettent en pratique certaines de ces vertus de communication lors du travail en groupe en essayant d'aborder les points essentiels de ce discours exploratoire.

7.7.1.3. Questionnaire de recherche (pré-test/ post-test)

Notre questionnaire de recherche, pré-test/post-test, englobe des questions relatives à l'étude des connaissances conceptuelles scientifiques et techniques des élèves en relation avec la QSS en question, en plus de l'étude de l'argumentation écrite des élèves d'un choix d'un système de chauffage. Si l'analyse de ces questions, entre autres, nous apporte des éléments de réponses sur le niveaux de connaissances scientifiques et techniques des élèves, elle nous permet aussi d'élucider si un transfert de connaissances techniques et scientifiques, acquises par les apprenants avant notre séquence, est possible et sera effectivement effectué lors de l'argumentation sur une QSS. Or, ajouter une question autour des connaissances des élèves sur le fonctionnement d'un système de chauffage, répondra plus spécifiquement à notre recherche sur le choix d'un système de chauffage pour un habitat.

En outre, pour améliorer la fiabilité des résultats recueillis par les post-test et pré-test, nous proposons d'ajouter un entretien semi-directif dans notre méthodologie de recherche, après le pré-test et le post-test, qui couvrira l'ensemble des questions posées dans le questionnaire. Cet entretien devra couvrir aussi l'ensemble des catégories de résultats attendus (et obtenus) par les élèves, sur la qualité de l'argumentation, comme sur les connaissances scientifiques et techniques des élèves, lors du questionnaire écrit.

7.7.2. Du point de vue du cadre théorique

Notre cadre théorique se base conjointement sur l'Experimental Design, dans le cadre du Design-Based Research, et sur le Modèle d'une Ecologie des Controverses Socioscientifiques (Albe, 2007, 2009). Ce dernier se base en partie sur le cadre théorique de

151 Galili et Hazan (2000). *The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis.* Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl. **68** N° 7, July 2000.

conduite de recherche du « Design based Research ».

L'un des éléments de ce modèle est la dimension épistémologique qui porte sur la confrontation des savoirs avec les pratiques de référence qui sont en jeu dans les controverses socioscientifiques. Or, le but initial dans notre recherche est d'établir les sources des contenus mobilisés, nous avons opté pour la modification de certaines des catégories adoptées dans ce cadre et notamment :

Le « savoir scolaire » indiqué dans le modèle de Albe (2007, 2009), est un savoir scolaire traditionnel établi « non controversé », qui fait référence à un savoir savant établi dans des communautés scientifiques reconnues socialement comme productrices de savoirs. Ce savoir scolaire semble ne pas tenir compte, entre autres, d'autres savoirs, qui dans le cadre d'une controverse socioscientifique, sont aussi légitimes, suivant Albe (2007, 2009). Ces autres formes de savoirs, sont appelés « Savoirs et pratiques de référence dans des groupes », qui évoluent dans d'autres communautés qui sont elles aussi productrices de savoirs et de pratiques sociales bien que n'étant pas socialement reconnues (à titre d'exemples : des communautés comme les associations, les agriculteurs, les patients et leurs parents …). Outre ces savoirs produits dans des communautés, d'autres appelés « savoirs naturels », socialement légitimes et localement validés, circulent dans la société et peuvent être en jeu dans le cas de l'étude d'une controverse.

Dans notre cas, pour étudier les sources des contenus mobilisés par nos élèves lors de l'argumentation sur notre QSS, il s'est avéré compliqué de distinguer ces différents types de savoirs.

Le savoir scolaire peut inclure entre autres, le savoir appris dans l'établissement qui ne se réduit pas aux livres scolaires, au curriculum prescrit, aux informations relayées par l'enseignant, ou à tout autre forme de savoirs existants dans le cadre de l'établissement scolaire. Il est donc très difficile à repérer en pratique l'ensemble de ces savoirs (scolaires), de les identifier et de les séparer d'autres formes de savoirs. Pour cela nous optons de notre côté pour savoir plus spécifiquement si les élèves font appel à des savoirs en corrélation avec le curriculum prescrit des élèves, il s'agit de l'un des savoirs scolaires fondamentaux et plus facilement identifiable par nous que d'autres formes de savoirs scolaires.

Dans le même contexte, nous distinguons les contenus des documents que nous avons créés des contenus du curriculum prescrit des élèves et nous créons une catégorie spécifique pour voir à quel point les contenus mobilisés par les élèves concordent avec ceux des documents distribués.

En outre, nous repérons les contenus autres que ceux du curriculum prescrit et des documents distribués, dans une catégorie qu'on appelle les « autres savoirs ».

7.8. Conclusions

Conformément au modèle d'une écologie des controverses socioscientifiques, nous avons effectué dans notre recherche une analyse socioscientifique de la question climatique-énergétique et une étude socio-technique de la question du choix d'un système de chauffage.

En outre, spécifiquement à notre recherche, nous avons pris en compte, les conceptions des élèves sur la question et développé une analyse du curriculum prescrit en identifiant, notamment, les contenus en relation avec la question climatique et énergétique.
Les choix des éléments de la controverse intégrés dans la séquence d'enseignement-apprentissage prennent en compte, entre autres, les connaissances conceptuelles éventuelles des élèves et le but majeur de la séquence, qui est de favoriser l'argumentation et la mobilisation de connaissances conceptuelles scientifiques et techniques. Nos choix lors de la conception de la séquence et lors de l'élaboration des documents, tiennent compte aussi de la familiarité des élèves avec la question traitée et de l'authenticité de la question à adresser en classe.

Les résultats d'analyse des données recueillies présentent deux conclusions majeures :

a) D'un côté, nous avons constaté que les élèves de première S, réussissent à mobiliser des arguments de qualité, au niveau de la structure de l'argument :

- Mobilisation de réfutations spécifiquement lors du choix d'un système de chauffage dans le cadre de débats sur le climat surtout lors du débat de toute la classe par rapport aux discussions en groupes.

Mobilisation d'arguments développés (mobilisation de qualifications + nombre de bases supérieur à cinq) surtout lors du post-test par rapport du pré-test et davantage lors de la présentation des groupes. En revanche, lors du pré-test et du post-test ainsi que lors de la présentation des groupes, nous n'avons pas constaté, au niveau de la structure de l'argument, une mobilisation de réfutations.

Cependant, nous constatons que la mobilisation de réfutations reste rare par rapport à l'ensemble des arguments mobilisés et spécifique aux discussions des groupes et débat de toute la classe. Il en est moins par rapport aux arguments élaborés.

- Les élèves ont réussi aussi, à mobiliser des contenus de thèmes différents. En particulier, les élèves réussissent à mobiliser des contenus scientifiques et techniques tout le long de la séquence. Notons que les contenus techniques étaient majoritaires parmi l'ensemble des contenus mobilisés, tandis que les contenus scientifiques sont présents tout au long de la séquence, mais souvent moins fréquemment mobilisés que les autres contenus, surtout, techniques. En particulier, les contenus scientifiques mobilisés concordent souvent avec les contenus du curriculum prescrit, tandis que les contenus techniques concordent davantage avec les contenus des documents distribués.
- Les élèves réussissent à mobilier des contenus de domaines d'abstraction élevés. Cependant, ces domaines d'abstraction élevés restent très rares et concordent avec la mobilisation de thèmes scientifiques. En outre, la séquence ne semble pas avoir un impact particulier sur la validité des contenus mobilisés et cela au niveau du pré-test et du post-test. Nous observons une augmentation de la complexité (augmentation du

nombre de bases et de qualifications par argument mobilisé) des arguments, lors du post-test par rapport au pré-test, ainsi qu'une augmentation de contenu valide avec une explication partielle et convenable mais aussi une augmentation des contenus erronés au niveau du post-test par rapport au pré-test.

b) D'un autre côté, concernant les résultats d'analyse sur le lien entre la structure et le contenu de l'argument, nous avons constaté que :

- les deux types d'arguments de qualité concordent avec la mobilisation de contenus de domaines d'abstraction qu'ils soient faibles ou moyens et pas nécessairement élevés. Ces contenus relatifs aux arguments de qualités peuvent être de thèmes différents et pas spécifiquement scientifiques ou techniques et issus des documents distribués, du curriculum et/ou d'autres sources.
- En revanche, la mobilisation d'un argument intégrant de réfutation(s), lors des discussions des groupes et du débat de toute la classe, concorde avec de(s) contenu(s) valide(s) avec une explication partielle et/ou complète, mais jamais avec des contenus erronés (validité attribuée par rapport aux contenus des documents distribués aux élèves lors de la séquence et au curriculum prescrit). Toutefois, la mobilisation d'arguments élaborés, intégrant de(s) qualification(s) et cinq bases, lors de la présentation des groupes et lors de pré-test et post-test, peut être réalisée avec des contenus valides comme erronés et cela même si les qualifications mobilisées sont toujours valides avec ou sans une explication partielle et/ou convenable.

En conclusion

Ainsi, notre recherche, contribue aux débats dans la littérature sur le lien entre la compréhension conceptuelle des champs soutenant les questions socioscientifiques et le raisonnement informel (ibid. l'argumentation). Nous avons notamment, trouvé que la mobilisation d'une argumentation de qualité, la mobilisation de réfutations, nécessite des connaissances valides[152] avec des explications partielles et/ou convenables (ou complètes), lors d'une argumentation sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s). Ce n'est pas le cas pour des arguments élaborés (intégrant des qualifications et au moins cinq bases) qui peuvent correspondre à des contenus valides comme erronés. Cependant, ces deux types d'arguments de qualité ne sont pas limités ni à des contenus scientifiques et/ou techniques, ni à des sources particulières et peuvent être mobilisés, du point de vue cognitif, avec des domaines d'abstractions faibles, moyens comme élevés.

7.8.1. Les limites de notre thèse

Bien sûr certaines limites se présentent pour notre recherche. Notre étude de la qualité de l'argumentation se centre sur l'étude de la structure de l'argument principalement, en se basant sur le cadre de Toulmin (1958) et ses dérivés. Il serait alors d'un grand intérêt de voir

152 En outre, une étude poussée de nos résultats indique qu'une mobilisation d'argumentation de qualité, des réfutations, comme ceux élaborés (intégrant des qualifications et au moins cinq bases), concordent avec des contenus cohérents (dans le sens que les contenus de l'argument mobilisé ne s'opposent pas, des éléments qui relève davantage de la nature de la justification).

si les conclusions établies précédemment restent valables, si on adopte à la place du cadre de Toulmin d'autres cadres de l'étude de la structure de l'argument (soit Schwarz, Neuman, Gil, and Ilya, 2003, dans Sampson et Clark, 2008). Il en est de même pour le contenu de l'argument.

7.8.2. Autres pistes de recherche

- Sadler et Zeidler (2009), dans le cadre d'une étude et comparaison des objets de recherche et des finalités de l'étude PISA (2006) à comparer avec le champ des recherches sur les QSS, indiquent qu'on ne sait pas si les résultats retrouvés, dans le contexte d'une QSS, localement et à une petite échelle peuvent être retrouvés à une échelle plus grande et ailleurs (à l'international).

Ainsi, il serait alors d'un grand intérêt et un apport pour le courant des QSS, de confronter les résultats retrouvés en France dans le contexte de notre recherche, visant l'étude de l'interrelation entre l'argumentation et la mobilisation de connaissances (soient conceptuelles scientifiques et techniques) aux résultats de recherches similaires effectuées dans un autre pays[153], pour des élèves du même âge (16-17 ans), en cursus scolaire traditionnel (enseignement général, option scientifique), traitant en classe d'une même QSS et intégrant la même méthodologie de recherche et organisation de la séquence, mais tenant compte du contexte spécifique de chaque pays.

- En plus, concernant les cadres d'analyses de l'argument centrés sur le contenu et la structure de l'argument, il est d'un grand intérêt de procéder à l'analyse de la nature de la justification (Sadler et Fowler, 2006 ; Sadler et Zeidler, 2005 ; Dawson et Venville, 2009) et d'étudier si un lien éventuel existe entre les trois (Sampson et Clark, 2008), ainsi qu'une étude de l'évolution de ces trois au cours du temps (Rudsberg, O"Hman, et O"Stmani, 2013).
  En parallèle et d'une façon synergique, il serait aussi d'un grand intérêt, en plus de l'étude de l'argument en tant que produit de l'argumentation, d'étudier le processus de l'argumentation (Osborne et al . 2004 ; Sampson et Clark, 2008 ; Von Aufschnaiter et al. 2008 ; Lewis et Leach, 2006).

153 Notre étude a été initialement conçue et réalisée dans deux pays différents, le Liban (un lycée dans la ville de Beyrouth) (Rached, Hannoun, Khater-Saouma et Albe, 2012) et la France (un lycée dans la ville de Paris). Les deux interventions englobaient :
les mêmes, nombre d'heures, organisation de la séquence, niveaux scolaires et âges des participants, même QSS proposée aux apprenants (le choix énergétique d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le climat intégrant les mêmes systèmes de chauffages) et globalement, les mêmes documents distribués aux élèves (les mêmes articles scientifiques sur le climat et les mêmes systèmes de chauffage proposés).
Cependant nous avons tenu compte dans notre recherche des contextes spécifiques de la recherche distincts dans chaque pays : le curriculum prescrit, le climat régional du pays et de la ville, les contextes sociaux du pays, notamment la place des débats sur le climat-énergie dans la société et les contextes spécifiques sociaux-énergétique-techniques-économiques-environnementaux du choix de systèmes de chauffage dans chaque pays. Ainsi, nous avons opté, entre autres, à des ajustements en tenant compte des éléments ci-dessus, notamment, des modifications à opérer dans le document relatif au système de chauffage .
En outre, et pour faciliter l'implantation des mêmes séquences dans deux pays différents, nous avons visé, entre autres, à réduire dans la conception de nos séquences le recours à l'utilisation de la technologie (le travail expérimental et/ou la recherche sur le web), ainsi que l'intervention de l'enseignant pour qu'on puisse être capable de réaliser des séquences similaires dans des milieux et des contextes différents et tenter ainsi une comparaison des résultats obtenus dans deux pays.

Bibliographie

Bibliographie articles de revues, colloques et livres

Abi-El-Mona, Issam, et Fouad Abd-El-Khalick. 2011. « Perceptions of the Nature and 'Goodness' of Argument among College Students, Science Teachers, and Scientists ». *International Journal of Science Education* 33 (4): 573-605. doi:10.1080/09500691003677889.

Albe, Virginie. 2007. « Des controverses scientifiques socialement vives en éducation aux sciences. Etats des recherches et perspectives. » Mémoire de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Lyon: Université de Lyon2.

———. 2009a. *Enseigner des Controverses*. Presses Universitaires de Rennes. Rennes.

———. 2009b. « L'enseignement de controverses socioscientifiques ». *Éducation et didactique* 3 (1): 45-76. doi:10.4000/educationdidactique.414.

Artigue, M. 1996. « Ingénierie didactique ». In *Didactique des Mathématiques*, Neuchâtel - Paris : Delachaux et Niestlé ., 243-47. Paris: J. Brun.

ASTER N° 18. 1994. *La réaction chimique.* INRP, 29, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05. http://ife.ens-lyon.fr/edition-electronique/archives/aster/web/fascicule.php?num_fas=436

Bard, Edouard, et Gilles Delaygue. 2008. « Comment on "Are there connections between the Earth"s magnetic field and climate?' by V. Courtillot, Y. Gallet, J.-L. Le Mouël, F. Fluteau, A. Genevey EPSL 253, 328, 2007 ». *Earth and Planetary Science Letters* 265 (1–2): 302-7. doi:10.1016/j.epsl.2007.09.046.

Blatchford, Peter, Peter Kutnick, Ed Baines, et Maurice Galton. 2003. « Toward a social pedagogy of classroom group work ». *International Journal of Educational Research* 39 (1–2): 153-72. doi:10.1016/S0883-0355(03)00078-8.

Bru, Marc. 2002. « Pratiques enseignantes: des recherches à conforter et à développer ». *Revue française de pédagogie* 138 (1): 63-73. doi:10.3406/rfp.2002.2864.

Chang, Shu-Nu, et Mei-Hung Chiu. 2008. « Lakatos' Scientific Research Programmes as a Framework for Analysing Informal Argumentation about Socio-scientific Issues ». *International Journal of Science Education* 30 (13): 1753-73. doi:10.1080/09500690701534582.

Cheek, Kim A. 2010. « Commentary: A Summary and Analysis of Twenty-Seven Years of Geoscience Conceptions Research ». *Journal Articles* 58 (3): 122-34.

Chevallard, Yves. 1982. « Pourquoi la transposition didactique ? ». Communication au *Séminaire de didactique et de pédagogie des mathématiques* de l'IMAG, Université scientifique et médicale de Grenoble. Paru dans les *Actes* de l'année 1981-1982, pp. 167-194.

Cobb, Paul, Jere Confrey, Andrea diSessa, Richard Lehrer, et Leona Schauble. 2003. « Design Experiments in Educational Research ». *Educational Researcher* 32 (1): 9-13. doi:10.3102/0013189X032001009.

Collective, The Design-Based Research. 2003. « Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry ». *Educational Researcher* 32 (1): 5-8.

Committee on the Science of Climate Change, National Research Council. 2001. *Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions*. The National Academies Press. http://www.nap.edu/catalog/10139/climate-change-science-an-analysis-of-some-key-questions.

Courtillot, V., Y. Gallet, J. L. Le Mouël, F. Fluteau, et A. Genevey. 2008. « Response to comment on "Are there connections between Earth"s magnetic field and climate?, Earth Planet. Sci. Lett., 253, 328–339, 2007' by Bard, E., and Delaygue, M., Earth

Planet. Sci. Lett., in press, 2007 ». *Earth and Planetary Science Letters* 265 (1–2): 308-11. doi:10.1016/j.epsl.2007.09.031.

Courtillot, Vincent, Yves Gallet, Jean-Louis Le Mouël, Frédéric Fluteau, et Agnès Genevey. 2007. « Are there connections between the Earth's magnetic field and climate? ». *Earth and Planetary Science Letters* 253 (3–4): 328-339. doi:10.1016/j.epsl.2006.10.032.

DALMEDICO, Amy DAHAN (dir.). 2007. *Les modèles du futur*. Paris: La Découverte.

Dawson, Vaille, et Grady Jane Venville. 2009. « High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? ». *International Journal of Science Education* 31 (11): 1421-1445. doi:10.1080/09500690801992870.

Driver, Rosalind, Paul Newton, et Jonathan Osborne. 2000. « Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms ». *Science Education* 84 (3): 287-312. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A.

Erduran, Sibel, Shirley Simon, et Jonathan Osborne. 2004. « TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse ». *Science Education* 88 (6): 915-33. doi:10.1002/sce.20012.

Evagorou, Maria, et Jonathan Osborne. 2013. « Exploring Young Students' Collaborative Argumentation within a Socioscientific Issue ». *Journal of Research in Science Teaching* 50 (2): 209-237. doi:10.1002/tea.21076.

Finlayson-Pitts, Barbara J., et James N. Pitts Jr. 1999. *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications*. Academic Press.

Galili et Hazan (2000). *The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis.* Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl. **68** N° 7, July 2000.

Garcia-Mila, Merce, Sandra Gilabert, Sibel Erduran, et Mark Felton. 2013. « The Effect of Argumentative Task Goal on the Quality of Argumentative Discourse ». *Science Education* 97 (4): 497-523. doi:10.1002/sce.21057.

Gautier, Catherine, Katie Deutsch, et Stacy Rebich. 2006. « Misconceptions about the Greenhouse Effect ». *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 386.

Heidi L. Andrade and Gregory J. Cizek (Ed.). 2010. *Handbbok of formative Assessment*. NewYork and London : Routledge (Taylor&Francis).

Jakobsson, Anders, Åsa Mäkitalo, et Roger Säljö. 2009. « Conceptions of Knowledge in Research on Students' Understanding of the Greenhouse Effect: Methodological Positions and Their Consequences for Representations of Knowing ». *Science Education* 93 (6): 978-95. doi:10.1002/sce.20341.

Jiménez-Aleixandre, María-Pilar et Pereiro-Muñoz, Cristina 2002. « Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management ». *International Journal of Science Education* 24 (11): 1171-90. doi:10.1080/09500690210134857.

Jiménez-Aleixandre, María Pilar, et Sibel Erduran. 2007. « Argumentation in Science Education: An Overview ». In *Argumentation in Science Education*, édité par Sibel Erduran et María Pilar Jiménez-Aleixandre, 3-27. Science & Technology Education Library 35. Springer Netherlands. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6670-2_1.

Jiménez-Aleixandre, M. Pilar, Anxela Bugallo Rodríguez, et Richard A. Duschl. 2000. « "Doing the Lesson" or "doing Science": Argument in High School Genetics ». *Science Education* 84 (6): 757-92. doi:10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-

SCE5>3.0.CO;2-F.
Khishfe, Rola. 2012. « Relationship between Nature of Science Understandings and Argumentation Skills: A Role for Counterargument and Contextual Factors ». *Journal of Research in Science Teaching* 49 (4): 489-514. doi:10.1002/tea.21012.
Klosterman, Michelle L., et Troy D. Sadler. 2010. « Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction ». *International Journal of Science Education* 32 (8): 1017-43. doi:10.1080/09500690902894512.
Kolstø, Stein Dankert. 2006. « Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue ». *International Journal of Science Education* 28 (14): 1689-1716. doi:10.1080/09500690600560878.
Kolstø, Stein DankerT. 2000. « Consensus projects: teaching science for citizenship ». *International Journal of Science Education* 22 (6): 645-64. doi:10.1080/095006900289714.
Kolstø, Stein D. 2001. « Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues ». *Science Education* 85 (3): 291-310. doi:10.1002/sce.1011.
Kolstø, Stein Dankert, Berit Bungum, Erik Arnesen, Anders Isnes, Terje Kristensen, Ketil Mathiassen, Idar Mestad, Andreas Quale, Anne Sissel Vedvik Tonning, et Marit Ulvik. 2006a. « Science Students' Critical Examination of Scientific Information Related to Socioscientific Issues ». *Science Education* 90 (4): 632-55. doi:10.1002/sce.20133.
Kuhn, Deanna, et Wadiya Udell. 2003. « The Development of Argument Skills ». *Child Development* 74 (5): 1245-60. doi:10.1111/1467-8624.00605.

Lee, Hee-Sun, et Ou Lydia Liu. 2010. « Assessing Learning Progression of Energy Concepts across Middle School Grades: The Knowledge Integration Perspective ». *Science Education* 94 (4): 665-88. doi:10.1002/sce.20382.
Lee, Okhee, Benjamin T. Lester, Li Ma, Julie Lambert, et Melissa Jean-Baptiste. 2007. « Conceptions of the Greenhouse Effect and Global Warming among Elementary Students from Diverse Languages and Cultures ». *Journal of Geoscience Education* 55 (2): 117.
Lenoir, Y, P Maubant, A Hasni, J. Lebrun, A Zaid, E Habboub, et A.-C McConnell. 2007. « A la recherche d'un cadre conceptuel pour analyser les pratiques d'enseignement ». Sherbrooke, Université de Sherbrooke, Faculté de l'éducation, CRCIE et CRIE n°2.
Levinson, Ralph. 2006. « Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues ». *International Journal of Science Education* 28 (10): 1201-24. doi:10.1080/09500690600560753.
Lewis, Jenny, et John Leach. 2006. « Discussion of Socio-scientific Issues: The role of science knowledge ». *International Journal of Science Education* 28 (11): 1267-87. doi:10.1080/09500690500439348.
Lindzen, Richard S., et Yong-Sang Choi. 2009. « On the Determination of Climate Feedbacks from ERBE Data ». *Geophysical Research Letters* 36 (16): L16705. doi:10.1029/2009GL039628.
Martinand, Jean-Louis. 2003. « La question de la référence en didactique du curriculum ». *Investigacoes em ensino de Ciencias* 8 (2): 125-30.
http://prea2k30.scicog.fr/contribs/afficher/66.html.
———. 2005. « Élaboration des programmes de l'enseignement scolaire – Principales questions en suspens ». Colloque franco-américain, INRP Lyon, 2005; texte non

publié. http://artheque.ens-cachan.fr/items/show/4679.
———. 2011. « Contenus et curriculums : point de vue didactique ». Intervention au symposium initial PREA 2K30, Cachan, France.
Méheut, Martine, et Dimitris Psillos. 2004. « Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research ». *International Journal of Science Education* 26 (5): 515-535. doi:10.1080/09500690310001614762.
Mercer, Neil. 1996. « The quality of talk in children's collaborative activity in the classroom ». *Learning and Instruction*, Cooperation and Social Context in Adult-Child Interaction, 6 (4): 359-377. doi:10.1016/S0959-4752(96)00021-7.

National Research Council. 2008. *New Directions in Climate Change Vulnerability, Impacts, and Adaptation Assessment: Summary of a Workshop*. National Academies Press. Brewer Jennifer. http://www.nap.edu/catalog/12545/new-directions-in-climate-change-vulnerability-impacts-and-adaptation-assessment
Newton, Paul, Rosalind Driver, et Jonathan Osborne. 1999. « The place of argumentation in the pedagogy of school science ». *International Journal of Science Education* 21 (5): 553-76. doi:10.1080/095006999290570.
Nicolaidou, Iolie, Eleni A. Kyza, Frederiki Terzian, Andreas Hadjichambis, et Dimitris Kafouris. 2011. « A Framework for Scaffolding Students' Assessment of the Credibility of Evidence ». *Journal of Research in Science Teaching* 48 (7): 711-44. doi:10.1002/tea.20420.
Nielsen, Jan Alexis. 2012. « Science in Discussions: An Analysis of the Use of Science Content in Socioscientific Discussions ». *Science Education* 96 (3): 428-56. doi:10.1002/sce.21001.
Osborne, Jonathan, Sibel Erduran, et Shirley Simon. 2004a. « Enhancing the Quality of Argumentation in School Science ». *Journal of Research in Science Teaching* 41 (10): 994-1020. doi:10.1002/tea.20035.
———. 2004b. « Enhancing the Quality of Argumentation in School Science ». *Journal of Research in Science Teaching* 41 (10): 994-1020. doi:10.1002/tea.20035.
Pachauri, R.K., et A. Reisinger. 2007. *GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. , Genève, Suisse: (publié sous la direction de~)] GIEC. https://www.ipcc.ch/report/ar4/
Punter, Pilar, Montserrat Ochando-Pardo, et Javier Garcia. 2011. « Spanish Secondary School Students' Notions on the Causes and Consequences of Climate Change ». *International Journal of Science Education* 33 (3): 447-64. doi:10.1080/09500693.2010.492253.
Rached, E., P. Hannoun, C. Khater-Saouma, et V. Albe. 2012. « Argumenter et mobiliser des connaissances scientifiques, par des lycéens libanais dans le cadre de débats sur des controverses socioscientifiques : c'est possible ! ». Actes de Colloque *Septièmes journées scientifiques de l'ARDiST* , 381-391. - Bordeaux, 14-16 mars 2012. http://ardist.org/wp-content/Actes2012_Bordeaux.pdf.
Robinson, Robinson & Soon. 2007. « Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide ». *Journal of American Physicians and Surgeons 2007;12(3):79-90.*, 79-90.
Rudsberg, Karin, Johan Öhman, et Leif Östman. 2013. « Analyzing Students' Learning in Classroom Discussions about Socioscientific Issues ». *Science Education* 97 (4):

594-620. doi:10.1002/sce.21065.
Rule, Audrey C. 2005. « Elementary Students' Ideas Concerning Fossil Fuel Energy ». *Journal of Geoscience Education* 53 (3): 309.
Rule, Audrey C., et Mary A. Meyer. 2009. « Teaching Urban High School Students Global Climate Change Information and Graph Interpretation Skills Using Evidence from the Scientific Literature ». *Journal of Geoscience Education* 57 (5): 335-47. doi:10.5408/1.3559674.
Sadler, Troy D. 2004. « Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research ». *Journal of Research in Science Teaching* 41 (5): 513-36. doi:10.1002/tea.20009.
———. 2009. « Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice ». *Studies in Science Education* 45 (1): 1-42. doi:10.1080/03057260802681839.
Sadler, Troy D., F. William Chambers, et Dana L. Zeidler. 2004. « Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue ». *International Journal of Science Education* 26 (4): 387-409. doi:10.1080/0950069032000119456.
Sadler, Troy D., et Lisa A. Donnelly. 2006. « Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality ». *International Journal of Science Education* 28 (12): 1463-88. doi:10.1080/09500690600708717.
Sadler, Troy D., et Samantha R. Fowler. 2006. « A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation ». *Science Education* 90 (6): 986-1004. doi:10.1002/sce.20165.
Sadler, Troy D., et Dana L. Zeidler. 2005. « The Significance of Content Knowledge for Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: Applying Genetics Knowledge to Genetic Engineering Issues ». *Science Education* 89 (1): 71-93. doi:10.1002/sce.20023.
Sampson, Victor, et Douglas B. Clark. 2008. « Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions ». *Science Education* 92 (3): 447-72. doi:10.1002/sce.20276.
Schuster, Dwight. 2008. « Secondary Students' Subject Matter Representations of Climate Change. Journal of Geoscience Education ». *Journal of Geoscience Education* 56 (4): 307-16.
Schuster, Dwight A., Gabriel M. Filippelli, et Christopher W. Thomas. 2008. « Secondary Students' Subject Matter Representations of Climate Change ». *Journal of Geoscience Education* 56 (4): 307.
Schweizer, Diane M., et Gregory J. Kelly. 2005. « An Investigation of Student Engagement in a Global Warming Debate ». *Journal of Geoscience Education* 53 (1): 75.
Seinfeld, John H., et Spyros N. Pandis. 2012. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley & Sons.
Simonneaux, Jean, et Alain Legardez. 2010. « The Epistemological and Didactical Challenges Involved in Teaching Socially Acute Questions. The example of Globalization. » 9 (4): 24-35.
Simonneaux, Laurence. 2003. « L'argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée ». *Aster*, nº n° 37: pp. 189-214.
Topcu, Mustafa Sami, Troy D. Sadler, et Ozgul Yilmaz-Tuzun. 2010. « Preservice Science Teachers' Informal Reasoning about Socioscientific Issues: The influence of issue context ». *International Journal of Science Education* 32 (18): 2475-95. doi:10.1080/09500690903524779.

Toulmin, Stephen E. 2003. *The Uses of Argument*. Cambridge University Press. 2nd Edition vol. http://www.cambridge.org/fr/academic/subjects/philosophy/logic/uses-argument-2nd-edition?format=PB.

Trumper, Ricardo. 1997a. « A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers ». *International Journal of Science Education* 19 (1): 31-46. doi:10.1080/0950069970190103.

———. 1997b. « A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers ». *International Journal of Science Education* 19 (1): 31-46. doi:10.1080/0950069970190103.

Uskola, Araitz, Gurutze Maguregi, et María-Pilar Jiménez-Aleixandre. 2011. « UNIVERSITY STUDENTS' DECISION-MAKING ON AN ENVIRONMENTAL PROBLEM ». In *Science Learning and Citizenship*, 7:122. Lyon, France: Catherine Bruguière, Andrée Tiberghien, Pierre Clément. http://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/science-learning-and-citizenship/.

Venville, Grady J., et Vaille M. Dawson. 2010. « The Impact of a Classroom Intervention on Grade 10 Students' Argumentation Skills, Informal Reasoning, and Conceptual Understanding of Science ». *Journal of Research in Science Teaching* 47 (8): 952-77. doi:10.1002/tea.20358.

Von Aufschnaiter, Claudia, Sibel Erduran, Jonathan Osborne, et Shirley Simon. 2008. « Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge ». *Journal of Research in Science Teaching* 45 (1): 101-31. doi:10.1002/tea.20213.

Von Aufschnaiter, Claudia, et Christian Rogge. 2010. « Misconceptions or Missing Conceptions? ». *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 6 (1): 3-18.

Wallace, John M., et Peter V. Hobbs. 2006. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press.

Watson, J. Rod, Teresa Prieto, et Justin S. Dillon. 1997. « Consistency of Students' Explanations about Combustion ». *Science Education* 81 (4): 425-43.

Wu, Ying-Tien, et Chin-Chung Tsai. 2007. « High School Students' Informal Reasoning on a Socio-scientific Issue: Qualitative and quantitative analyses ». *International Journal of Science Education* 29 (9): 1163-87. doi:10.1080/09500690601083375.

Zeidler, Dana L., Troy D. Sadler, Michael L. Simmons, et Elaine V. Howes. 2005. « Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education ». *Science Education* 89 (3): 357-77. doi:10.1002/sce.20048.

Zohar, Anat, et Flora Nemet. 2002. « Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills through Dilemmas in Human Genetics ». *Journal of Research in Science Teaching* 39 (1): 35-62. doi:10.1002/tea.10008.s. d.

Bibliographie Curriculum

Ministère de l'Education et de l'Enseignement supérieur - LIBAN. 1998. « Le curriculum des sciences, contenu de la deuxième année du cycle secondaire en sciences ». Centre de Recherche et de Développement Pédagogiques (CRDP).

Ministère de l'Éducation Nationale. 2010a. « Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010 Programme d'enseignement spécifique de physique-chimie en classe de première de la série scientifique ». *education.gouv.fr*. septembre 30. http://www.education.gouv.fr/cid53327/mene1019556a.html

———. 2010b. « Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010 Programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre en classe de première de la série scientifique ». *education.gouv.fr*. septembre 30. http://www.education.gouv.fr/cid53328/mene1019701a.html

———. 2015a. « Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008 - programme du collège, programmes de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre ». *education.gouv.fr*. Consulté le avril 5. http://www.education.gouv.fr/pid20484/special-n-6-du-28-aout-2008.html

———. 2015b. « Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010 -programme de première S, programmes de l'enseignement des sciences de la vie et de la terre. » *education.gouv.fr*. Consulté le avril 5. http://www.education.gouv.fr/pid24426/special-n-9-du-30-septembre-2010.html

Bibliographie articles des journaux

Allix, Grégoire. 2010. « Climat : les collectivités locales veulent avoir accès aux fonds internationaux ». *Le Monde.fr*, novembre 11, sect. Planète. http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/11/11/climat-les-collectivites-locales-veulent-avoir-acces-aux-fonds-internationaux_1438582_3244.html.

Auzanneau, Matthieu. 2007. « La production d'énergie pourrait décliner avant 2040, selon les chercheurs d'EDF ». *Le Monde.fr*, octobre 22, sect. Planète. http://www.lemonde.fr/planete/article/2007/10/22/la-production-d-energie-pourrait-decliner-avant-2040-selon-les-chercheurs-d-edf_969917_3244.html

Delingpole, James. 2014. « Climate science is for second-raters says world's greatest atmospheric physicist ». *News - Telegraph Blogs*. janvier 29. http://blogs.telegraph.co.uk/news/jamesdelingpole/100257206/climate-science-is-for-second-raters-says-worlds-greatest-atmospheric-physicist/

Foucart, Stéphane. 2010. « Un document de travail révèle les tensions au sein de l'Académie des sciences sur le climat ». *Le Monde.fr*, octobre 28, sect. Planète. http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/10/28/un-document-de-travail-revele-les-tensions-au-sein-de-l-academie-des-sciences-sur-le-climat_1432618_3244.html.

Guterl, Fred. 2001. « The Truth About Global Warming ». *Newsweek*. juillet 22. http://www.newsweek.com/truth-about-global-warming-154937

Hir, Propos recueillis par Marie-Béatrice Baudet, Denis Cosnard et Pierre Le. 2013. « Christophe de Margerie »: *Le Monde.fr*, janvier 11, sect. Planète. http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/01/11/christophe-de-margerie-le-changement-climatique-c-est-serieux_1814993_3244.html

Le Monde.fr. 2009. « Le bilan décevant du sommet de Copenhague », décembre 19, sect. Planète. http://www.lemonde.fr/le-rechauffement-climatique/article/2009/12/19/la-bilan-decevant-du-sommet-de-copenhague_1283070_1270066.html

Nuccitelli, Dana. 2015. « The Weekly Standard's Lindzen puff piece exemplifies the conservative media's climate failures | Dana Nuccitelli ». *the Guardian*. Consulté le avril 4. http://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2014/jan/06/climate-change-climate-change-scepticism

Roger, Patrick. 2014. « La facture du nucléaire a flambé depuis 2010 ». *Le Monde.fr*, mai 27, sect. Économie. http://www.lemonde.fr/economie/article/2014/05/27/facture-du-nucleaire-l-alerte-de-la-cour-des-comptes_4426678_3234.html

Stevens, William K. 1998. « Science Academy Disputes Attack on Global Warming ». *The*

New York Times, avril 22, sect. U.S. http://www.nytimes.com/1998/04/22/us/science-academy-disputes-attack-on-global-warming.html
Vidal, John, Allegra Stratton, et Suzanne Goldenberg in Copenhagen. 2015. « Low targets, goals dropped: Copenhagen ends in failure ». *the Guardian*. Consulté le avril 4. http://www.theguardian.com/environment/2009/dec/18/copenhagen-deal

Bibliographie agences gouvernementales, sites de particuliers et sites d'entreprises

Assemblée nationale et le Sénat. 2005. *LOI n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique*. *2005-781*. Vol. NOR: ECOX0400059L. http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.docidTexte=JORFTEXT000000813253&dateTexte=&categorieLien=id

« Global Climate Change ». 2015. *Climate Change: Vital Signs of the Planet*. Consulté le avril 4. http://climate.nasa.gov/

« Chauffage, la régulation, l'eau chaude (Le) ». 2015. Guide Pratique. *ADEME*. Consulté le avril 5. http://www.ademe.fr/chauffage-regulation-leau-chaude
« Particuliers et éco-citoyens, Mon habitation, Construire, Le chauffage et la ... » 2015. *ADEME*. Consulté le avril 5. http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/habitation/construire/chauffage-climatisation
« Publication ». 2015. *Anah*. Consulté le avril 5. http://www.anah.fr/mediatheque/publications/publication/media/Mediatheque/voir-publication/1939/
« Chauffage : mieux comprendre pour bien choisir ». 2015. *ComprendreChoisir.com*. Consulté le avril 5. http://chauffage.comprendrechoisir.com/
« Envie de mieux maîtriser vos factures d'énergie ? ». 2015. Consulté le avril 5. http://www.gdfsuezdolcevita.fr/&ns_campaign=maitrisedevotreenergie&ns_mchannel=reseauxsociaux&ns_source=partagefacebook&ns_linkname=partagers&ns_fee=0
« Maison : les guides Comprendrechoisir ». 2015. *ComprendreChoisir.com*. Consulté le avril 5. http://www.comprendrechoisir.com/univers/maison

Résumé de la thèse

Résumé de la thèse

Le travail présenté dans cette thèse a un double objectif : d'un côté, l'élaboration d'une séquence d'apprentissage-enseignement d'une Question Socioscientifique, dédiée à l'argumentation et intégrée à un curriculum traditionnel français ; et d'un autre côté, l'examen de l'argumentation et de la mobilisation de connaissances (par exemple, conceptuelles scientifiques et techniques) et de l'interrelation éventuelle entre elles, lors du choix, en classe, d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le(s) changement(s) climatique(s) par des lycéens en Première Scientifique.

La conception de l'environnement (ou l'écologie) d'enseignement-apprentissage contextualisé et des moyens pour soutenir cet environnement se base sur deux cadres de référence : l' « Experimental Design-based Research », un cadre général de conduite de recherche en éducation des sciences et le « Modèle d'une Ecologie d'une Controverse socioscientifique » un modèle spécifique à l'éducation des controverses socioscientifiques et par les controverses socioscientifiques.

L'analyse de l'argumentation et de la mobilisation de connaissances (soient, conceptuelles scientifiques et techniques), est organisée tout autour de l'étude de la structure (soient, mobilisation de réfutations et d'arguments élaborés (mobilisation de qualification(s) avec au moins cinq bases)) et du contenu (soient, des domaines d'abstraction, les thèmes, les sources et la validité) de l'argument, le produit de l'argumentation.

Les résultats indiquent la mobilisation par les élèves d'arguments de qualité (de réfutations et d'arguments élaborés) et de contenus de domaines d'abstraction élevés, mais tous les deux restent rares. Les élèves mobilisent aussi de contenus conceptuels scientifiques et techniques tout au long de la séquence. Cependant, ces contenus qu'ils soient de thèmes scientifiques, techniques ou autres, peuvent être de domaines d'abstraction faible, moyen ou élevé ; et provenant des documents distribués, du curriculum prescrit ou d'autres sources. Un lien est établi entre la mobilisation de réfutations (rencontrées seulement lors des discussions des élèves en groupes et lors du débat de toute la classe) et la mobilisation de contenus valides avec une explication partielle ou convenable. Toutefois, aucun lien n'est établi entre les arguments élaborés (intégrant de qualification(s) avec au moins cinq bases) mobilisés lors de la présentation des groupes et lors du pré-test et du post-test, et les contenus, qu'ils soient de thèmes scientifiques, techniques ou autres; erronés comme valides ; de domaines d'abstraction faible, moyen ou élevé; et issus des documents distribués, du curriculum prescrit ou d'autres sources. Cependant, les domaines d'abstraction élevée intègrent toujours des thèmes scientifiques parmi d'autres thèmes.

Une discussion des résultats obtenus est réalisée. En plus, une analyse retrospective de nos résultats obtenus à la lumière de nos cadres de références et nos buts de recherche nous mène, entre autres, à proposer des ajustements de la séquence d'enseignement-apprentissage élaborée.

Mots clés : Didactique, controverse socioscientifique, argumentation, connaissances, climat, énergie, systèmes de chauffage.

Thesis summary

The work presented in this thesis has two objectives: on the one hand, the development of a teaching-learning sequence of a Socio-Scientific Issue, dedicated to argumentation and integrated to a traditional French Curriculum; and on the other, the examination of the argumentation and Knowledge use (e.g. conceptual scientific knowledge and technical knowledge) and the possible link between them, when high school students in Grade 11 scientific curriculum (16-17 years old), choose, in the classroom, a heating system for a residence, in the context of debates on climate change. The design of a contextualized teaching-learning environment (or ecology) and means to support this environment is based on two frameworks: the "Experimental Design-based Research," a general framework for conducting research in Science Education and the " Modèle d'une Ecologie d'une Controverse socioscientifique" a specific model for the education of socio-scientific controversies and through socio-scientific controversies. The analysis of argumentation and knowledge use (e.g. conceptual scientific knowledge and technical) is organized around the study of the structure (e.g. mobilization of rebuttals or elaborated arguments (Qualifiers mobilization (s) with at least five bases)) and content (e.g. abstraction areas, themes, sources and validity) of the argument, the artifact constructed.

The results indicate mobilization by students of quality arguments (rebuttals and elaborated arguments) and content of high abstraction areas, but both remain rare. Students also mobilize conceptual scientific contents and technical ones throughout the sequence. However, these contents whether scientific topics, technical or other, may be of low, medium or high abstraction areas; and drawn from handouts, prescribed curriculum or other sources. A link is established between the mobilization of rebuttals (only encountered during students' group discussions and during all class debate) and the mobilization of valid content with at least partial explanation. However, no link is established between the elaborated arguments mobilized during groups presentation and during the pre-test and post-test, and the content, whether scientific, technical or other; wrong or valid; with areas of low abstraction, medium or high; and drawn from handouts, prescribed curriculum or from other sources. Nevertheless, arguments with high abstraction areas are always mobilized with scientific contents combined or not to other contents.

A discussion of results is done. In addition, a retrospective analysis of our results in light of our frames of reference, and of our research objectives, leads us, to propose adjustments to the elaborated methodology and teaching-learning sequence, among other things.

Keywords: didactics, socioscientific issue, argumentation, knowledge, climate, energy, heating system

Annexe

Table des matières de l'Annexe

Annexe Chapitre 1....7
1.1.Note de lecture: L'argumentation et/ou le raisonnement informel....9
1.2.Note de lecture: Les connaissances conceptuelles (e.g. scientifiques et technique) lors de l'étude d'une CSS....15
1.3.Note de lecture : L'influence de la compréhension conceptuelle sur la qualité d'argumentation et/ou le raisonnement informel....19
Pas d'Annexe pour Chapitre 2....29
Annexe Chapitre 3....31
3.1.Quelques définitions vis-à-vis des sciences du climat....33
3.2.Des définitions (tirées du quatrième rapport du GIEC (2007 : 76-83))....41
Annexe chapitre 4....45
4.1. Note de Lecture : revue de littérature des conceptions des élèves....46
4.2. Étude du curriculum prescrit (tableau d'analyse)....50
Annexe chapitre 5....67
5.1.Documents distribués aux élèves....68
Annexe Chapitre 6 : Analyses des résultats....109
Annexe Chapitre 6, partie I: Analyse de la question 12 du questionnaire de recherche (pré-test et post-test), le choix d'un système de chauffage....111
6.1.Analyses de la structure et du contenu de l'argument, mobilisés par les élèves du lycée LF lors du questionnaire (pré-test/post-test), question N ° 12....113
6.2.Thèmes mobilisés et leurs sources lors des réponses des élèves sur la question 12 du questionnaire de recherche....139
Annexe Chapitre 6, partie II: Analyse des discussions en groupes, lors du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés....153
6.3.Analyse des discussions du groupe 6, lors du choix d'un système au bois, parmi cinq proposés: la structure et le contenu de l'argument....155
6.4.Analyses des Thèmes et de leurs sources mobilisés par les élèves lors des discussions du groupe 6, pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés....185
6.5.Analyse des discussions du groupe 4, lors du choix d'un système au bois, parmi cinq proposés: le contenu et la structure de l'argument....191
6.6.Thèmes et leurs sources mobilisés par les élèves du groupe 4 lors des discussions en groupes pour le choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés....213
Annexe chapitre 6, partie III: Analyse de la présentation des groupes et du débat final de toute la classe des élèves....221
6.7.Analyse de la structure et du contenu de l'argument lors de la présentation des groupes et lors du débat final de toute la classe....222
6.8.Thèmes et leurs sources mobilisés par les élèves lors de la présentation des groupes et lors du débat final de toute la classe....256