L'efficacité énergétique dans les bâtiments existants : déficit d'investissement, incitations et accompagnement

Céline Varenio

▶ **To cite this version:**

Céline Varenio. L'efficacité énergétique dans les bâtiments existants : déficit d'investissement, incitations et accompagnement. Economies et finances. Université de Grenoble, 2012. Français. NNT : . tel-00783705

HAL Id: tel-00783705
https://theses.hal.science/tel-00783705

Submitted on 1 Feb 2013

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.

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Sciences économiques**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Céline Varenio

Thèse dirigée par **Patrick Criqui**

Préparée au sein du **Laboratoire Economie du développement durable et de l'énergie (EDDEN-LEPII, FRE 3389 CNRS)**
École Doctorale de Sciences économique (ED n°300)

L'efficacité énergétique dans les bâtiments existants : déficit d'investissement, incitations et accompagnement

Thèse soutenue publiquement le **20 décembre 2012**, devant le jury composé de :

M. Patrick CRIQUI (Directeur de thèse)
Directeur de recherches CNRS, UPMF
M. Patrice GEOFFRON (Rapporteur)
Professeur, Université Paris Dauphine
M. Jean-Charles HOURCADE (Rapporteur)
Directeur de recherches CNRS, CIRED
M. Haitham JOUMNI (Encadrant CIFRE)
Chercheur en économie, chef de projet, CSTB
M. François MÉNARD (Examinateur)
Responsable de programmes incitatifs de recherche, DGALN/PUCA, MEDDE/METL
Mme Hélène POIMBOEUF (Examinatrice)
Responsable du pôle environnement de la communauté d'agglomération Grenoble-Alpes Métropole

Université Joseph Fourier / Université Pierre Mendès France / Université Stendhal / Université de Savoie / Grenoble INP

Thèse réalisée dans le cadre du dispositif **CIFRE**

Financement CIFRE n°550/2008

Avec le **Centre Scientifique et Technique du Bâtiment – Département Economie et Sciences Humaines, Laboratoire Services Process Innovations**

Remerciements

L’exercice est réjouissant et délicat. Réjouissant car c’est l’occasion pour moi d’exprimer ma gratitude à l’égard de tous ceux qui m’ont aidé, soutenu et plus généralement qui ont contribué à ce que j’arrive sur la ligne d’arrivée de cette course de fond. Délicat, car il me faut trouver les mots justes pour exprimer sincèrement cette gratitude. Le mieux étant d’essayer … :

Je tiens à remercier Patrick Criqui pour avoir dirigé cette thèse et pour tous les conseils avisés et bienveillants qu’il m’a donnés. Après chacun des échanges que nous avons eus, les choses me parraissaient bien plus claires, me donnant ainsi un regain d’énergie pour continuer à avancer.

Je remercie Patrice Geoffron et Jean-Charles Hourcade pour avoir accepté d’être les rapporteurs de cette thèse ainsi que François Ménard pour avoir bien voulu prendre part au jury. Je remercie également Hélène Poimboeuf pour cette même raison et pour la disponibilité dont elle a fait preuve au début de cette thèse pour m’éclairer sur le fonctionnement et les enjeux du Plan Climat de l’agglomération grenobloise.

Je remercie Haitham Joumni pour ses conseils, pour m’avoir fait confiance et, au commencement, pour m’avoir ouvert les portes du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment qui a financé cette thèse. Je tiens à remercier l’ensemble des membres du département économie et sciences humaines du CSTB dans lequel j’ai été accueillie. Les trois années passées à leurs côtés ont été riches à la fois au niveau professionnel mais également au niveau humain. Remercier individuellement tous ceux qui ont contribué à cet enrichissement peut être long … mais constitue un exercice que je souhaite réaliser ici. Je tiens donc à exprimer ma reconnaissance :

- aux directeurs successifs de DESH, Jean Carassus puis Jean Bouvier ainsi qu’à Marc Colombard-Prout pour m’avoir accueilli au sein de LSPI et m’avoir offert de très bonnes conditions de travail,
- à mes « coachs », conseillers et relecteurs : Marie Llorente pour m’avoir notamment aidée à élargir mes perspectives d’analyse ; Frédéric Bougrain pour ses relectures, son humour et ses incitations à la maîtrise de l’empreinte carbone ; Sylvain Laurenceau qui, grâce à sa force tranquille, ne semble pas (trop) avoir perdu patience devant mes fichiers Excel, mais également pour m’avoir fait profiter de ses talents de patissier ; Aurélie Tricoire, pour qui un simple merci me semble bien en-dessous de la réalité car elle a été une véritable soupape tout au long de ce travail en m’aidant à garder le rythme, en me guidant et en m’épaulant jusqu’aux derniers souffles nécessaires.
- à mes amis doctorants : Adrien Defrance, Sophie Grillat, Joëlle Laffitte, Samer Sliteen et sutout Marguerite Bonnin avec qui j’ai pris grand plaisir à avancer dans ce « tunnel » à la recherche de la lumière indiquant l’arrivée.
- à Anne-Lyse Desnottes pour sa disponibilité et le support logistique ainsi qu’à Laurence Dubois qui a pris le relais pendant un temps, mais aussi pour les chaleureuses

discussions que j'ai eues avec elles notamment lors des déjeuners (parfois tant attendus).
- tous les autres avec qui j'ai si souvent échangé et en particulier : Pascale Pagliarini, Anke Matthys, Catalina Duque-Gomez, Jean-Luc Salagnac, Françoise Jovelet, Patrick Elias et Orlando Catarina.

Je remercie également les membres d'EDDEN pour m'avoir offert des « espaces » lors de mes séjours à Grenoble : merci à tous ceux qui m'ont offert une place dans leur espace bureau ; merci à Claire Bergaentzlé qui m'a offert un espace hébergement et Céline Rival qui m'a aidé dans mes démarches administratives, notamment auprès du CROUS ; merci à Eric Quétaud pour m'avoir facilité l'accés à l'espace numérique ; merci à Danièle Revel qui, même à distance, m'a offert la possibilité d'accéder à un précieux espace documentaire ; merci à Philippe Menanteau pour avoir aménagé à quelques reprises un espace conseil ; merci à Valérie Saint-Jean qui a, chaque année, grandement facilité mes démarches administratives. Merci enfin à tous ceux avec qui j'ai partagé dans des espaces détentes des moments conviviaux autour de quelques breuvages.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers ceux qui m'ont accordé de leur temps pour m'aider à mener à bien ce travail et en particulier Gaël Callonnec, Sébastien Delmas, Philippe Bertrand, François Sivardière, les syndics de copropriétés et les ménages qui m'ont ouvert leur porte.

Merci à mes amis pour leur soutien et leur présence très précieuse notamment dans les moments de doute où la bonne humeur pouvait me faire défaut. Merci en particulier à Eric, à Fanny, à Marjo M., à Marjo L, à Sandra et à Olivier Hoang Son qui m'a aidé à la fois à me recentrer et à m'évader.
Je remercie ma famille et notamment Didier, Michelle, Sophie et Serge. Merci à Inès et Ryan pour leurs sourires. Enfin, merci à mes parents, Christian et Martine, pour qui ces quelques mots ne peuvent être que l'expression très limitée de ma gratitude. Leur soutien indéfectible nous ont permis, à Sophie et à moi, d'aller en toute quiétude jusqu'au bout de ce que l'on a entrepris.

L'université et la faculté n'entendent donner ni approbation, ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

Titre

L'efficacité énergétique dans les bâtiments existants : déficit d'investissement, incitations et accompagnement

Résumé

Cette thèse a pour objectif d'évaluer l'efficacité des dispositifs publics qui visent à inciter les agents à rénover leur logement afin d'en réduire la consommation énergétique. Il s'agit de combiner les deux dimensions clés de l'évaluation *ex-post* de l'intervention : la dimension récapitulative qui revient à déterminer l'efficacité des mesures mises en œuvre et la dimension formative qui vise à comprendre les résultats obtenus et à identifier les voies d'amélioration. Cela nécessite dans un premier temps de réaliser une analyse détaillée des facteurs qui sont à l'origine du faible niveau d'investissements, qualifié de déficit d'efficacité énergétique (« *energy efficiency gap* »). Ce déficit est dû à la présence de défaillances de marchés, aux conséquences de la rationalité limitée des ménages, ainsi qu'aux difficultés de coordination entre agents en particulier dans le cadre de la copropriété.
Dans un deuxième temps il convient d'analyser le déficit d'efficacité énergétique en comparant les prescriptions qui peuvent être issues des calculs utilisés en économie publique concernant les investissements à réaliser, avec les données issues des études de terrain sur les investissements effectifs. Cette analyse permet de bien identifier les critères de décisions des ménages et ainsi de comprendre comment les barrières à l'efficacité énergétique se manifestent.
L'identification des différentes barrières permet alors, dans un troisième temps, de voir si les dispositifs d'incitations aujourd'hui en application en France permettent de lever tous les obstacles aux investissements d'amélioration énergétique. Il apparaît que la multitude de dispositifs mis en œuvre ne peut suffire à réduire fortement le déficit d'efficacité énergétique. D'une part, certaines barrières ne sont pas levées car aucun outil approprié n'existe. D'autre part, certains facteurs de blocages ne sont que partiellement traités car l'utilisation pratique des outils diffèrent de leur conception théorique.
Finalement, l'analyse des programmes de réhabilitation thermique des logements qui ont été engagés sur le territoire grenoblois permet de déterminer l'efficacité des dispositifs additionnels c'est à dire d'évaluer dans quelle mesure ces interventions « renforcées » permettent de lever les barrières qui n'ont pu l'être avec les dispositifs nationaux.
La mise en perspective de ces quatre analyses successives – des causes du déficit ; de sa manifestation ; des instruments nationaux ; des programmes mis en œuvre à l'échelle locale – aboutit à la conclusion d'un nécessaire renforcement des mesures non financières pour l'accompagnement des agents afin d'amorcer la dynamique d'investissement et ainsi créer les conditions de l'efficacité des instruments économiques plus généraux.

Mots Clés

Efficacité énergétique ; logement ; ménages ; économie d'énergie ; rénovation thermique ; dispositifs d'incitation ; copropriété

Title

Energy Efficiency in Existing Building: investment gap, incentives and supporting measures

Abstract

This PhD dissertation focuses on energy efficiency policies in housing. It aims at evaluating the effectiveness of public incentives designed to increase household's investment in energy efficiency of their dwelling. To reach this objective this research combines the two key dimensions of *ex-post* evaluation, i.e. summary and formative dimensions. The first one aims at knowing the effectiveness of public policies whereas the other one targets to understand what the public policies' consequences are and to identify ways for improvement. To reach this purpose, the research follows four steps.

Firstly, it requires a detailed analysis to understand the origins of the energy efficiency gap. This gap can be explained by markets failures, consequences of bounded rationality and coordination problem between stakeholders, especially in multi-family dwellings.

Secondly, the argument progresses by drawing a parallel between results from normative analysis and from observations of actual level of investments in thermal retrofit actions. It aims at identifying investment households' criteria and then at understanding how barriers to energy efficiency raise.

Thirdly, thanks to the inventory of these various energy efficiency barriers it becomes possible to examine if the incentives currently implemented in France can remove them all. It appears that the national policy does not significantly reduce the energy efficiency gap. On the one hand, some barriers remain because no tool has been proposed to overcome them. On the other hand, some barriers are only partially eliminated because the practical use of tools differs from their theoretical design.

Finally, using the analysis of retrofitting programs implemented on the Grenoble area this research assesses the effectiveness of additional incentives. The objective is to know to what extent these "reinforced" policies remove barriers still existing after national tools implementation.

From these four successive analyses – causes, appearance of the energy efficiency gap, national tools, programs implemented at the local level – we conclude to a necessary strengthening of non-financial measures which support agents to initiate an investment dynamic and in the meanwhile to an increase of the reliability of economic tools, such as taxes or subventions.

Keywords

Energy efficiency ; housing ; household ; energy savings ; green renovation ; efficiency ; incentives tools : multi-family dwellings

Liste des abréviations

ACA	Analyse Coût Avantage
ACE	Analyse Coût Efficacité
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise en Energie
AEE	Agence Européenne pour l'Environnement
AETIC	Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat
AG	Assemblée Générale
ALEC	Agence Locale de l'Energie et du Climat
AMC	Analyse Multicritères
ANAH	Agence Nationale pour l'Habitat
ANIL	Agence Nationale pour l'Information sur le Logement
APUR	Atelier Parisien d'Urbanisme
ARC	Association des Responsables de Copropriété
BBC	Bâtiment Basse Consommation
BE	Bureau d'Etudes
CAH	Club de l'Amélioration de l'Habitat
CAPEB	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
CCE	Contribution Climat Energie
CEE	Certificat d'Economie d'Energie
FT / CF	Flux de Trésorerie / Cash Flow
CI	Crédit d'Impôt
CMR	Coût Marginal de Réduction
CO_2	Dioxyde de Carbone
COFRAC	COmité FRançais d'Accréditation
COP	COefficient de Performance
COSEI	Comité Stratégique des Eco-Industries
CPE	Contrat de Performance Energétique
CREDOC	Centre de Recherche pour l'Etude et l'Obseration des Conditions de Vie
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
DHUP	Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages
DPE	Diagnostic de Performance Energétique
DR	Délais de Récupération
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (remplacée par les Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL))
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EE	Efficacité Energétique
ESCOs	Energy Service Companies (Sociétés de Service Energétique)
FFB	Fédération Française du Bâtiment
GEG	Gaz Electricité de Grenoble

GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC / IPCC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat / Intergovernmental Panel on Climate Change
IAU	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme
IEA	International Energy Agency
LED	diode électroluminescente
MDE	Maîtrise de la Demande en Energie
Métro (la)	Communauté d'Agglomération Grenoble Alpes Métropole
OCDE/OECD	Organisation de Coopération et de Développement Economique / Organisation for Economic Co-operation and Development
OPAC38	Office Public d'Aménagement et de Construction de l'Isère (38)
OPATB	Opération Programmée d'Amélioration Energétique des Bâtiments
OPEN	Observatoire Permanent de l'amélioration ENergétique du logement
PAC	Pompe A Chaleur
PACT	Protection Amélioration Conservation Transformation de l'habitat
PB	Propriétaire Bailleur
PCET	Plan Climat Energie Territorial
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PNCEE	Pôle National des Certificats d'Economies d'Energie
PO	Propriétaire Occupant
PPP	Partenariat Public Privé
PTZ	Prêt à Taux Zéro
R	Resistance Thermique
RT	Réglementation Thermique
SE	Service Energétique
SHAB	Surface HABitable
SHON	Surface Hors Œuvre Nette
tep	tonne équivalent pétrole
TPE	Très Petite Entreprise
TRI	Taux de Rentabilité Interne
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
PNUE / UNEP	Programme des Nations Unies pour l'Environnement / United Nations Environment Programme
UNIS	Union des Syndicats de l'Immobilier
VAN	Valeur Actuelle Nette
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée

Unité de mesure énergie	KiloWatt heure (kWh) = 1 000 Watt heure (Wh) MégaWatt heure (MWh) = 1 000 kWh GigaWatt heure (GWh) = 1 000 000 kWh TeraWatt heure (TWh) = 1 000 000 000 kWh

Sommaire

Introduction générale **1**
1. Les enjeux de la réhabilitation thermique du bâtiment dans les politiques énergie-climat *2*
2. Le déficit d'efficacité énergétique : un défi reconnu depuis les chocs pétrolier… mais non surmonté *6*
3. De l'identification à l'évaluation des dispositifs d'incitation à l'efficacité énergétique dans un monde de second rang *8*

Chapitre 1 – Le déficit d'efficacité énergétique : une analyse générale des barrières et des contraintes à l'investissement **15**
Introduction *16*
1. Les défaillances de marché *19*
2. L'absence de rationalité parfaite des agents *31*
3. Les limites du pouvoir décisionnel du ménage *50*
Conclusion du chapitre *78*

Chapitre 2 – Un cadre d'analyse théorique et pratique pour la mesure du déficit d'efficacité énergétique dans le bâtiment **81**
Introduction *82*
1. L'approche normative et les calculs en économie publique *85*
2. L'approche positive et les comportements d'investissements effectifs des ménages *111*
Conclusion du chapitre *136*

Chapitre 3 – Les dispositifs d'instruments nationaux permettant de lever les barrières à l'efficacité énergétique **139**
Introduction *140*
1. Fixer les règles : l'application de normes *142*
2. Lever les barrières liées aux défaillances de marchés *151*
3. Lever les barrières liés au manque d'information *186*
4. Lever les barrières liées à la coordination entre les acteurs *200*
Conclusion du chapitre *213*

Chapitre 4 – Les enseignements des programmes de réhabilitation thermique du territoire grenoblois **217**
Introduction *218*
1. Organisation et résultats prévisionnels des programmes *220*
2. Point de vue des parties-prenantes *236*
3. Succès et limites des dispositifs : enseignements et recommandations *269*
Conclusion du chapitre *291*

Conclusion générale **293**
1. Retour sur la démarche et principales observations *294*
2. Propositions *302*
3. Perspectives de recherche *307*

Annexes **311**
Annexe 1 : Etat initial, scénarios d'évolution et potentiels techniques *312*
Annexe 2 : L'évolution des périodes de construction et le rôle des réglementations thermiques *321*
Annexe 3 : Description des travaux de réhabilitation thermique utilisés dans les estimations *328*
Annexe 4 : Estimation de l'impact des travaux d'efficacité énergétique : méthodologie et description du logiciel *339*
Annexe 5 : Entretiens avec trois acteurs éligibles au dispositif des Certificats d'Economie d'Energie (CEE) *343*
Annexe 6 : Le rôle croissant des collectivités territoriales dans la politique énergie-climat *347*
Annexe 7 : Structure du parc de logements collectifs privés de la Métro et estimations des consommations *357*
Annexe 8 : Travaux, statut des propriétaires et aides globales pour les immeubles « OPATB » *369*

Bibliographie **373**

Table des illustrations **401**

Table des matières **403**

Introduction générale

1. Les enjeux de la réhabilitation thermique du bâtiment dans les politiques énergie-climat

Depuis la mise en place des premières mesures en faveur des économies d'énergie après les chocs pétroliers, puis avec la lutte contre le changement climatique, la question de l'efficacité énergétique des bâtiments a toujours été au cœur des politiques énergie-climat, que se soit au niveau européen, national ou local.

L'Union Européenne a mis en place trois directives majeures au cours des 20 dernières années[1] qui, chacune, visent à inciter les États membres à appliquer des exigences minimales en matière de performance énergétique pour les bâtiments neufs et existants, à veiller à la certification de leur performance énergétique et à imposer l'inspection régulière des chaudières et des systèmes de climatisation. Les États-membres ont transposé ces directives et ont mis en place des plans d'actions en vue d'atteindre les objectifs de réduction de consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) qu'ils se sont fixés. En France, dans le cadre du Grenelle de l'environnement, un Plan Bâtiment a été élaboré dans le but d'atteindre les objectifs de réduction des consommations d'énergie fixés à 38% en 2020 par rapport au niveau de 2008, et la division par 4 des émissions de GES en 2050 par rapport au niveau de 1990. Les autorités publiques, à différents échelons territoriaux – Etat, régions, intercommunalités, etc. – se sont engagées à mettre en œuvre des mesures permettant de rendre effective l'atteinte des engagements inscrits dans le Plan Bâtiment Grenelle. Le discours du Président de la République lors de la conférence environnementale en septembre 2012, réaffirme la volonté de la part des pouvoirs publics de donner une place centrale à la réduction des consommations énergétiques des bâtiments dans la politique environnementale :

> *« L'objectif est de mettre aux normes énergétiques un million de logements par an, en nous concentrant sur les quatre millions de logements anciens qui sont les plus mal isolés. » (*Déclaration du Président de la République à l'occasion de la Conférence environnementale, le 14/09/12)

Afin de comprendre pourquoi ce secteur présente des enjeux importants au regard des objectifs de la politique énergétique et climatique, il nous semble d'abord nécessaire de rappeler son poids dans la consommation énergétique et les émissions de GES. Cet état des

[1] La directive 93/76/CE (abrogée par la directive 2006/32/CE), relative à la certification énergétique des bâtiments ; la directive 92/42/CEE, concernant les exigences de rendement pour les nouvelles chaudières à eau chaude alimentées en combustibles liquides ou gazeux ; la Directive 2002/91/CE relative à la performance énergétique des bâtiments.

lieux nous permet en outre de préciser le périmètre choisi pour cette recherche, à savoir le parc résidentiel existant et le levier de réduction sur lequel nous nous allons nous focaliser : l'investissement d'efficacité énergétique.

Le secteur du bâtiment entraine chaque année en France, l'émission de 123 millions de tonnes de CO_2, soit 23% des émissions totales de CO_2, contre 34% pour les transports et 24% pour l'industrie. La part des émissions de ce secteur est moins élevée en France que dans les autres pays de l'OCDE en raison de l'importance du chauffage électrique et du rôle joué par le parc nucléaire. C'est pourquoi, bien que le secteur du bâtiment aie représenté en 2007 43% de l'énergie finale totale consommée en France, soit le premier secteur consommateur d'énergie (Traisnel et *al*., 2010), sa part dans les émissions de CO_2 est plus faible. L'énergie totale utilisée pour le chauffage est en augmentation en raison de l'accroissement du nombre de ménages (du fait en particulier de la « décohabitation ») et de la taille des logements. L'importance du secteur a poussé les pouvoirs publics français à axer en partie la politique de maîtrise de la demande énergétique et la politique climatique sur ce secteur, comme en témoigne la Loi de programmation du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement : « *Le secteur du bâtiment, qui consomme plus de 40% de l'énergie finale et contribue pour près du quart aux émissions nationales de gaz à effet de serre, représente le principal gisement d'économies d'énergie exploitable immédiatement* »[2].

Sur l'ensemble du secteur des bâtiments qui peut être divisé en deux segments, le secteur tertiaire et le secteur résidentiel, ce dernier représente près de 75% de la totalité des consommations d'énergie. Pour ce segment, les consommations ont augmenté d'environ 20% au cours des trente dernières années (ADEME, 2010). La demande en énergie se traduit par des dépenses annuelles de chauffage qui, en moyenne, varient par ménage de 250€ par an – pour les logements les moins consommateurs (logements récents dits « basse consommation ») – à 1 800€ – pour des logements plus anciens et peu ou pas isolés (Commissariat général au développement durable, 2011). Le faible taux de renouvellement des bâtiments résidentiels (Meunier et Tessier, 2008) explique l'importance centrale des logements existants pour la maîtrise des émissions de CO_2. En effet, en Europe, plus de 70% des logements ont été construits avant le premier choc pétrolier (UNEP, 2007) et, même si elle varie en fonction de plusieurs facteurs (tels que la localisation, les matériaux utilisés, les

[2]Article 3 de l'article 1er de la loi LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, JORF n°0179 du 5 août 2009, page 13031, texte n° 2.

techniques de construction et la façon dont ils ont été entretenus), la durée de vie des bâtiments est dans tous les cas de plusieurs décennies[3]. Près de deux tiers des 30 millions de logements français ont été construits avant 1975 – date à laquelle la première réglementation thermique a été mise en œuvre – et seulement 16% ont moins de 20 ans (Marchal, 2008 ; ADEME, 2010 ; Traisnel et *al.* 2010). Selon Traisnel et *al.* (2010), « *la ville de 2050 est en moyenne pour la métropole, déjà construite à 70% en 2005* » (p.5).

Le stock de logements se renouvelant lentement, il est donc impératif d'agir sur l'existant si les autorités souhaitent atteindre les objectifs de réduction ambitieux. Si l'on considère seulement les flux démolitions/constructions, la mise en œuvre d'une réglementation très ambitieuse sur les constructions neuves ne permettra pas d'atteindre les objectifs de réduction de consommations énergétiques de 38% à l'horizon 2020, telles que préconisés dans le Plan Bâtiment Grenelle (Marchal, 2008). Les logements construits avant 1975 consomment en moyenne 375 kWh/m²/an, soit 2,2 fois plus que ceux construits après 2000. C'est pourquoi en France, « [l]*'État se fixe comme objectif de réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38 % d'ici à 2020. A cette fin, l'État se fixe comme objectif la rénovation complète de 400 000 logements chaque année à compter de 2013* »[4]. Ces objectifs d'économie d'énergie s'inscrivent en outre dans les objectifs de la politique climatique qui vise une division par 4 des émissions de GES pour 2050.

Les émissions de GES – dans notre cas, principalement le dioxyde de carbone (CO_2)[5] – sont directement liées aux consommations énergétiques des bâtiments par l'utilisation de sources d'énergie qui peuvent être d'origine fossile (essentiellement le gaz et le fioul), nucléaire[6], ou renouvelable (solaire, éolien, hydraulique, bois et biomasse). Selon la source d'énergie utilisée, les émissions de CO_2 sont plus ou moins importantes. Leur réduction va donc

[3] Certains ont même plusieurs siècles puisque les immeubles d'habitation les plus anciens en France remontent au XVI^{ème} siècle.

[4] Article 5 de l'article 1er de la loi LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, JORF n°0179 du 5 août 2009, page 13031, texte n° 2. Nous constatons ici que les objectifs ont été renforcés puisque lors du discours d'ouverture de la conférence environnementale en septembre 2012, le Président de la République a annoncé un objectif de mise aux normes d'un million de logements, ce qui correspondrait à la construction de 500 000 logements neufs et à la rénovation de 500 000 logements anciens (sources : Discours d'ouverture de la conférence environnementale ; article de *Libération* du 08-10-2012).

[5] Dans ce travail, lorsque nous abordons la question de la réduction des GES dans le secteur du bâtiment, il s'agit essentiellement des émissions de CO_2 car selon l'inventaire de 2008, sur les 6 GES (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6), pour l'ensemble du secteur, 90% des émissions directes sont dues aux CO_2, et plus de 96 % pour le secteur résidentiel (CITEPA, 2010)

[6] Il faut noter le cas particulier de la France qui produit environ 70% de son électricité à partir du nucléaire dont la production est dite « neutre » en carbone dans la mesure où elle n'entraine pas directement d'émission de CO_2.

dépendre de la part de l'énergie finale utilisée dans ce secteur, des changements relatifs dans la demande en énergie et du mix de sources d'énergie pour le chauffage et l'électricité (Harvey, 2009). Il existe donc trois grands leviers pour réduire les émissions de CO_2 de ce secteur : réduire les consommations grâce à l'adoption par les occupants d'un comportement de sobriété, améliorer l'efficacité énergétique des logements (c'est-à-dire réduire les déperditions et améliorer les rendements), développer les énergies à faible contenu en carbone.

En adaptant l'identité de Kaya (IPCC, 2007) qui permet, au plan global, de définir le lien entre CO_2 et consommation énergétique[7] (Treiner, 2009 ; Clodic, 2009), il est possible de distinguer les trois leviers permettant de réduire les émissions totales de CO_2 au sein d'un logement. En effet, en considérant qu'un ménage consomme un service énergétique (SE) (qui se matérialise par exemple par le contrôle de la température intérieure ou par l'utilisation d'appareils électroménagers), ce qui entraîne une utilisation de l'énergie (kWh) dont la production est source d'émission de CO_2, nous aboutissons à l'identité suivante :

$$CO2 = \frac{CO2}{kWh} * \frac{kWh}{SE} * \frac{SE}{Ménage} * Ménages$$

Le premier levier consiste alors à réduire le premier rapport de l'équation en trouvant les moyens de diminuer les émissions engendrées pour chaque kWh consommé. La solution pour atteindre cet objectif est d'utiliser des énergies plus sobres en carbone. Le second levier est de réduire les consommations par service énergétique rendu : pour un service énergétique donné (par exemple une température de chauffe de 20°C) plus les équipements de chauffage et les propriétés thermiques d'un logement sont performants et plus faibles sont les quantités de kWh nécessaires pour ce service. Enfin, mobiliser le troisième levier consiste à ce que la demande de service énergétique par ménage soit réduite, ce qui revient par exemple à ce que ces derniers choisissent de chauffer leur logement à 19°C et non plus à 20°C. Il s'agit dans ce cas de changer les comportements vers plus de sobriété. Tout au long de notre travail, c'est sur le second levier que nous nous focaliserons. Nous allons en effet traiter de la question de

[7] L'identité de Kaya est exprimée par l'égalité suivante : $CO2 = \frac{CO2}{Tep} * \frac{Tep}{PIB} * \frac{PIB}{POP} * POP$. Le premier rapport de cette équation montre le lien entre les émissions de CO_2 et la consommation énergétique (Tep) ; le second rapport de cette équation montre le lien entre l'activité économique d'une zone (PIB) et la consommation énergétique (Tep) ; le troisième rapport de l'équation sert à exprimer le lien entre l'activité économique et la population (POP).

l'efficacité énergétique des logements en nous centrant plus spécifiquement sur le service énergétique rendu par le chauffage dans les logements privés[8].

2. Le déficit d'efficacité énergétique : un défi reconnu depuis les chocs pétrolier… mais non surmonté

Les rapports réalisés sur l'avenir énergétique et climatique, que ce soit au niveau supranational – avec en particulier les rapports du GIEC (IPCC, 2007), des Nations Unies (UNEP, 2007, 2009) – ou au niveau national (De Perthuis, 2011 ; Percebois et Mandil, 2012), intègrent tous des préconisations concernant l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les logements. Ainsi, comme le note Geoffron et Monjon (2012), p. 65 : « [d]*e ces différents exercices prospectifs, on retiendra tout d'abord l'importance des politiques de maîtrise de la demande d'énergie : il s'agit à la fois d'éliminer toutes les formes de gaspillage et d'améliorer les technologies afin de consommer la plus petite quantité d'énergie possible pour satisfaire un service énergétique donné* ». En effet, les scénarios prospectifs montrent, malgré des écarts dans les résultats, qu'en appliquant un certain nombre d'options technologiques et en faisant évoluer la réglementation, des objectifs ambitieux de réduction peuvent être atteints (voir Annexe 1). Plusieurs travaux montrent en outre que le secteur du bâtiment rend possible la mise en œuvre de mesures efficaces dans le sens où il est possible d'*atteindre des objectifs* de réduction avec le *minimum de moyens* engagés[9] (OECD, 2003 ; IPCC, 2007 ; Ürge-Vorsatz et Novikova 2008 ; McKinsey & Company 2009 ; IAE, 2009). Une partie de ce potentiel est dit « coût-efficace » car il est possible de réaliser des économies d'énergie et ainsi de réduire les émissions de GES à des coûts économiques faibles, voire négatifs[10].

Dans ce contexte, les objectifs de la puissance publique et ceux des agents investisseurs décentralisés devraient en théorie se rejoindre : les premiers souhaitent que les consommation énergétiques soient réduites (et donc également les émissions de CO_2) ; les seconds cherchent

[8] Si ces trois leviers peuvent être isolés, l'analyse que nous allons conduire va montrer à plusieurs reprises que le lien entre les trois rapports ne peut être ignoré. Nous évoquerons par exemple la question de ce lien en abordant le problème de l'effet rebond, c'est à dire de l'augmentation de la demande de service énergétique (augmentation du ratio °C/ménages) qui peut survenir suite à l'amélioration de l'efficacité énergétique (réduction du ratio kWh/°C).

[9] Nous emploierons dans ce travail le mot *efficacité* tel qu'il est défini dans le Larousse : « *caractère d'une personne, d'un organisme efficace, qui produit le maximum de résultats avec le minimum d'efforts, de moyens* ».

[10] On parle d'actions à coûts négatifs lorsque les bénéfices économiques qu'elles entrainent, viennent plus que compenser les coûts nécessaires à leur mise en œuvre.

à maximiser leur utilité et vont donc veiller à exploiter toutes les opportunités permettant d'accroître cette utilité. Ces derniers devraient alors investir dans une technologie dès lors que celle-ci est rentable et constitue donc un investissement à « coût négatif ». En pratique, de nombreuses études, dont celles citées précédemment, montrent que les options coûts-efficaces ne sont que très faiblement exploitées. Ce décalage peut, dans cette approche, être qualifié de déficit d'efficacité énergétique (« *energy efficiency gap* ») (Jaffe et Stavins, 1994) dans le sens où des dépenses importantes sont engagées pour assurer un service énergétique alors mêmes que ces dépenses pourraient être réduites si des technologies plus efficaces étaient utilisées. C'est dans cette perspective que Levine et *al*. (1995) se base sur le critère de la valeur actuelle nette (VAN) pour définir le déficit d'efficacité énergétique en considérant qu'il correspond au volume d'investissements qui ont une VAN positive mais qui ne sont pourtant pas réalisés.

Depuis les années 1970, au cours desquels les gouvernements ont engagé les premières mesures d'économie d'énergie suite au premier choc pétrolier de 1973, les recherches menées pour tenter de comprendre les raisons de cet écart – qui ont fait émerger le champ de l'économie de l'efficacité énergique – ont permis d'identifier un certain nombre de facteurs de blocage, les barrières à l'efficacité énergétique. Ce sont d'abord des analyses menées par des ingénieurs et économistes qui ont fourni les premières explications du paradoxe du déficit d'efficacité, en les justifiant notamment par une mauvaise diffusion des technologies, puis progressivement, ce champ a intégré des analyses se nourrissant d'autres disciplines telles que la psychologie ou la sociologie (Wilson et Dowlatabadi, 2007). Les recherches sur le paradoxe se sont alors enrichies d'études théoriques et empiriques de champs divers et offrent aujourd'hui de nombreuses explications à ce problème, qui sont synthétisées dans plusieurs travaux et notamment ceux de Jaffe et Stavins (1994), Levine et *al.,* (1995), Golove et Eto, (1996), Brown (2001), Jaffe et *al.* (2004), T'Serclaes (2007), Wilson et Dowlatabadi (2007) et Gillingham et *al.* (2009). La compréhension des causes du déficit a permis alors d'envisager les outils que la puissance publique pouvait mettre en œuvre pour inciter les acteurs à investir dans l'efficacité énergétique de leur logement. Pour autant, encore aujourd'hui les pouvoirs publics peinent à inciter largement les agents à investir dans l'efficacité énergétique de leur logement. Le déficit d'efficacité énergétique n'est en effet que très partiellement surmonté et ce, en dépit du panel d'outils à la disposition des décideurs, dont les principaux sont issues

des recherches en économie de l'environnement engagées depuis maintenant près d'un siècle (Pigou, 1920).

3. De l'identification à l'évaluation des dispositifs d'incitation à l'efficacité énergétique dans un monde de second rang

3.1. Cadre théorique général

Les premières recherches en économie de l'environnement ont été engagées au début du 20ème siècle avec les travaux de Pigou sur la taxe environnementale. Un débat s'est alors progressivement constitué « opposant » le principe du pollueur - payeur (Pigou, 1920) à celui de la négociation directe entre pollués et pollueurs (Coase, 1960), autour duquel plusieurs travaux sur l'économie du bien-être ont émergé (Samuelson, 1954 ; Dales, 1968 ; Harding, 1968)[11]. Ainsi, dans les années 1960 et 1970, qui ont vu naître la médiatisation des premiers évènements internationaux relatifs à l'environnement (conférence de Stockholm en 1972) ou des rapports sur les risques de la pollution et la nécessité de la limiter (travaux du Club de Rome, 1968 et 1972), les économistes avaient identifié les principaux mécanismes qui pouvaient permettre de relever ce défi. Baumol et Oates écrivaient ainsi : « *lorsque la « révolution environnementale » survint dans les années 1960, les économistes étaient prêts et attendaient* »[12] (Baumol et Oates, 1988, p.1). En effet, les économistes étaient « *prêts* » pour répondre aux attentes des décideurs sur cette question. Les gouvernements souhaitant mettre en place des politiques environnementales avaient alors à leur disposition une « boîte à outils » contenant les premiers instruments sur lesquels pouvait reposer leur démarche. Les recherches se sont cependant développées à partir de cette période afin d'élaborer puis d'affiner les méthodes visant à évaluer les dommages causés par la pollution et les coûts de sa réduction (Lancaster, 1966). Les difficultés méthodologiques liées notamment à l'incertitude entourant cette évaluation ont conduit certains économistes et décideurs à privilégier l'approche par le principe de précaution et l'analyse coût-efficacité plutôt que par l'analyse coûts-avantages. Le relai a donc, partiellement et temporairement, été passé à d'autres

[11] Voir également Mishan (1971) pour une revue de littérature des travaux sur les externalités négatives et les moyens de les internaliser : Mishan E.J (1971) « The Postwar Literature on Externalities : An Interpretative Essay ». *Journal of Economic Literature*, (9), pp. 1-28.

[12] "When the "environmental revolution" arrived in the 1960s, economists were ready and waiting."

catégories d'experts afin qu'ils déterminent le montant de réduction de pollution à atteindre pour éviter des dommages importants et irréversibles. Par ailleurs, les développements des théories économiques autour des travaux de Herbert Simon sur le processus de décision ont révélé les limites de l'application pratique des travaux basés sur « la rationalité parfaite ». Ainsi, la plupart des économistes disposés dans les années 1960 à aborder les questions d'environnement adoptaient une perspective d'optimum « de premier rang ». Depuis, les recherches menées sur les instruments des politiques environnementales ont été développées pour un monde « de second rang ». Au cours des années 1990 et tout au long des années 2000, lorsque la « *révolution environnementale* » commença à réellement prendre corps, c'est donc le plus souvent en partant des objectifs de réduction préalablement déterminés, que les décideurs publics ont cherché à identifier les instruments des politiques environnementales permettant de réduire les distorsions qui empêchent la réalisation d'un état de rendement social optimal.

3.2. Problématique

C'est afin de pallier cette sous-optimalité due en particulier aux défaillances de marché et à la rationalité limitée des agents que les décideurs publics ont construit des instruments visant à accroître le volume d'investissements dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des logements et ainsi à atteindre les objectifs de réduction fixés en amont. Plusieurs de ces instruments sont aujourd'hui utilisées en France, certains, comme les instruments financiers, visant à améliorer la rentabilité économique des investissements, et d'autres comme les mesures d'information, visant à améliorer la connaissance des agents sur l'intérêt et le choix des travaux d'amélioration d'efficacité énergétique des logements. L'enjeu pour les pouvoirs publics est alors de s'assurer que les outils identifiés pour lever les barrières aux investissements de rénovation énergétique soient complets et compatibles avec le critère d'efficacité c'est-à dire qu'ils conduisent à l'atteinte des objectifs tout en minimisant les coûts engagés. Cela revient à se poser les questions suivantes :

- Est-ce que les systèmes d'incitations envisagés permettent de lever toutes les barrières identifiées ?
- La logique coût-efficacité est-elle bien mobilisée dans la conception et le choix des outils ?

- Les performances constatées des dispositifs correspondent-elles à celles attendues lors de leur conception ?

Ces questions sous-tendent une question plus globale : *dans quelle mesure les pouvoirs publics parviennent-ils aujourd'hui, dans un monde de second rang, à orienter les stratégies d'investissements des acteurs pour que les objectifs de réduction soient atteints tout en minimisant les coûts totaux engagés ?*

3.3. Démarche

L'identification et la description des causes du déficit d'efficacité énergétique sont à la fois un préalable nécessaire à l'examen des politiques et des systèmes instrumentaux qui visent à le réduire, mais également un produit de cette analyse. Cela nécessite en amont un travail de compréhension de la formation des barrières mais également, en aval, un travail d'évaluation à la fois sur les conditions pratiques de mise en œuvre des mesures politiques et sur l'efficacité réelle de ces outils. L'analyse du problème du déficit d'efficacité énergétique impose en effet de s'intéresser à l'ensemble des facteurs bloquants les investissements et ainsi de se positionner dans un monde de second rang. C'est donc à partir d'une étude des causes de ce déficit s'appuyant sur une approche économique élargie – notamment aux approches hétérodoxes fondées sur l'hypothèse de rationalité limitée des agents – qu'il est possible d'évaluer si les dispositifs sont adaptés aux blocages constatés en pratique. Cela nécessite en particulier de se référer à des données de terrain, issues de retours d'expérience et d'entretiens menés avec les différentes parties-prenantes aux projets de rénovation thermique. Il s'agit plus généralement de combiner les deux dimensions-clés de l'évaluation *ex-post* de l'intervention : la dimension récapitulative qui permet de déterminer l'efficacité des mesures entreprises et la dimension formative qui vise à comprendre les résultats obtenus et à identifier les voies d'amélioration (Broc, 2006). Ce sont ces deux dimensions que nous avons cherché à développer dans notre travail de thèse.

Initialement, l'objectif était de centrer ce travail essentiellement sur les travaux de prospective qui visent à préciser le lien entre efficacité environnementale et efficacité économique pour différentes solutions de réduction de CO_2, puis de réaliser une estimation du potentiel de réduction des émissions de CO_2 du parc de logements collectifs sur un territoire donné, celui de

la communauté d'agglomération Grenoble-Alpes Métropole, encore appelée La Métro[13]. Au delà des résultats quantitatifs qu'elles nous ont permis de produire, ces estimations nous ont avant tout permis de saisir la complexité comme les limites qui entourent ce type d'exercice, ou tout du moins, celui que nous avions réalisé. La construction de ce « modèle » a donc été un des points d'entrée de ce travail : l'objectif était de l'utiliser comme une sorte de « fil rouge » et de l'enrichir au fur et à mesure avec des données issues des analyses théoriques et empiriques, pour aboutir à un modèle plus complet et donc à des estimations plus fiables. Cependant, les lectures que nous avons réalisées sur le paradoxe de l'efficacité énergétique d'une part, et d'autre part les entretiens que nous avons menés dans le cadre des opérations de réhabilitation thermique réalisées sur le territoire grenoblois, nous ont conduit à réorienter nos objectifs et à enrichir notre méthode de travail. Face, d'abord à la multitude et à l'hétérogénéité des facteurs à l'origine du déficit d'efficacité énergétique puis au constat de l'importance qu'il convenait de donner aux instruments non-économiques pour le réduire, l'objectif de représenter formellement l'ensemble de ces paramètres et d'évaluer quantitativement l'impact des incitations est apparu comme peu pertinent au regard de l'évolution de notre problématique.

Les évaluations quantitatives réalisées dans notre travail vise donc essentiellement à montrer que, d'un point de vue normatif, l'utilisation des fonds publics est compatible avec une logique économique de coût-efficacité, selon les montant engagés pour les différents projets de réhabilitation. Mais de façon générale, nous avons privilégié une analyse plus qualitative et basée sur une approche empirico-déductive des barrières et de l'efficacité des incitations publiques sur la réduction du déficit d'efficacité énergétique.

[13] Le choix d'un périmètre géographique restreint s'appuyait sur l'argumentation suivante : la détermination des options les plus coûts-efficaces doit permettre d'aider les décideurs à trouver les solutions les plus efficientes. Cet objectif est atteint si les décideurs parviennent à s'approprier les résultats qui leurs sont présentés et en saisissent parfaitement la portée. Or, les modèles de prospectives portent souvent sur une échelle géographique assez large et abordent le secteur du bâtiment dans son ensemble. Les décisions se prennent pourtant de plus en plus au niveau local (voir Annexe 6) et tendent à segmenter encore davantage le secteur des bâtiments en s'intéressant à des parcs de logements spécifiques (séparation des immeubles par taille, architecture, etc.). Si les analyses systémiques, qui cherchent à mettre en perspectives les enjeux des différents segments (résidentiel, tertiaire) voire des différents secteurs (bâtiment, énergie, transport), sont tout à fait centrales pour garantir des politiques énergie-climat cohérentes, le fait de procéder à des analyses plus fines par segment et sur des échelles géographiques plus restreintes peut permettre de fiabiliser les résultats et ainsi d'améliorer leur appropriation par les décideurs.

3.4. Structure de la thèse

Dans le premier chapitre, nous posons la question, en nous appuyant sur un ensemble de travaux réalisés sur l'explication de ce déficit, de l'existence et de la nature des barrières qui entravent les investissements dans l'efficacité énergétique des logements. Dans la littérature économique dans ce domaine, ces barrières sont généralement segmentées en deux groupes : d'une part celles qui sont liées à un fonctionnement sous-optimal des marchés et d'autre part, celles qui sont liées à la rationalité limitée des acteurs. Nous regroupons dans une troisième catégorie l'ensemble des barrières liées aux difficultés de coordination entre les différents agents qui peuvent avoir une influence, directe ou indirecte, sur les stratégies d'investissement des ménages. Le champ théorique sur lequel se base cette partie rassemble plusieurs courants de pensée économique dont certains se situent au croisement d'autres disciplines de sciences humaines, comme la psycho-sociologie.

C'est en partant de l'analyse de ces barrières que nous nous interrogeons, dans un deuxième chapitre, sur la manière dont le déficit d'efficacité énergétique se manifeste en pratique. Nous mettons en parallèle les résultats issus d'analyses technico-économiques avec les données sur les investissements de rénovation réalisés au cours de ces dernières années en France, et nous discutons de la pertinence de l'utilisation d'indicateurs économiques, comme en particulier le taux d'actualisation, pour exprimer ce déficit. L'écart entre les investissements nécessaires pour atteindre les objectifs au taux d'actualisation normatif, déterminé à 4% en France pour les projets d'investissements publics à moyen et long terme, et les investissements réels qui traduisent des taux d'actualisation implicites beaucoup plus élevés, peut être interprété comme la mesure de l'effort à fournir par la puissance publique pour déclencher les investissements privés dans l'efficacité énergétique.

Cet « effort » est étudié dans un troisième chapitre au sein duquel nous présentons l'ensemble des dispositifs existants aujourd'hui en France et nous interrogeons leur impact théorique et pratique sur les barrières à l'efficacité énergétique. Nous abordons également dans ce chapitre la question du choix des instruments dans un objectif de minimisation des coûts d'intervention, en mobilisant les études réalisées à ce sujet. L'identification des différentes barrières que nous avons menée au début de la thèse nous permet alors de voir s'il est possible d'associer à chacune d'entre-elles un instrument spécifique, ou si certaines incitations sont transversales. La mise en rapport des études empiriques présentées dans le chapitre 2 sur le

niveau d'investissement réalisé en France avec l'analyse, avec, au chapitre 3, les dispositifs d'aides existants au niveau national depuis quelques années, nous permet de nous interroger sur l'efficacité de ces derniers pour inciter les ménages à investir massivement dans l'efficacité énergétique.

Le chapitre 4 est consacré l'évaluation des programmes de réhabilitation thermique des logements qui ont été engagés sur le territoire grenoblois et qui constituent des dispositifs « renforcés » dans le sens où les aides octroyées (financières et non financières) sont importantes et viennent s'ajouter aux instruments nationaux. L'objectif de ce chapitre est donc de voir, à partir d'une analyse quantitative (impact des aides sur la rentabilité) et qualitative (entretiens auprès de différents groupes d'acteurs), dans quelle mesure l'intervention publique supplémentaire au plan local permet de lever les barrières qui n'ont put être traitées avec les dispositifs nationaux. De ce travail de terrain, nous tirons des enseignements qui nous permettent d'ouvrir une réflexion sur l'intérêt qu'il y aurait à aménager les dispositifs existants et à créer de nouveaux outils. Il apparait en particulier qu'il faut parfois lever d'abord certaines barrières à l'efficacité par une action à fort ancrage local, avant que des instruments de conception et d'application plus générale puissent être mis en œuvre efficacement.

Dans le chapitre conclusif nous synthétiserons les différents résultats obtenus afin de mettre en évidence les implications qui peuvent en être tirés en particulier du point de vue de l'action publique.

Chapitre 1 – Le déficit d'efficacité énergétique : une analyse générale des barrières et des contraintes à l'investissement

Introduction

De nombreux travaux d'économie portant sur l'efficacité énergétique ont montré que la plupart des investissements dans les solutions visant à maîtriser la consommation d'énergie permettent de coupler efficacité énergétique et amélioration de la situation économique puisque la réduction du volume d'énergie consommée engendre, à terme, des revenus supérieurs aux coûts des investissements initiaux. Cela se vérifie particulièrement dans le domaine du logement (OECD, 2003 ; IPCC, 2007 ; Ürge-Vorsatz et Novikova 2008 ; McKinsey & Company 2009 ; IAE, 2009). En pratique, il apparaît que les ménages n'intègrent peu, voir pas du tout, ce raisonnement dans leur choix de consommation. Ce comportement peut être qualifié de paradoxale dans la mesure où l'on peut considérer qu'à chaque fois qu'un individu a la possibilité d'accroître ses revenus, il devrait agir en conséquence pour y parvenir. Le décalage entre le potentiel technico-économique des solutions et les choix des ménages a, de ce fait, été qualifié de paradoxe de l'efficacité énergétique ou déficit d'efficacité énergétique (« *energy efficiency gap* ») par Jaffe et Stavins (1994).

Ce paradoxe s'explique par la présence de barrières à l'efficacité énergétique, c'est à dire d'un ensemble d'éléments qui entravent la réalisation d'investissements coût-efficaces. Elles sont traditionnellement séparées en deux groupes : d'une part, celles qui sont dues au fonctionnement imparfait des marchés, qualifiées de défaillances de marché (« *market failure* ») et d'autre part, celles qui sont dues aux comportements des agents qui ne sont pas en mesure de pouvoir prendre des décisions parfaitement rationnelles et qui sont parfois qualifiées de « défaillances de comportement »[14] (« *behavioral failure* »). Ce terme permet de mettre en parallèle les barrières provenant des défaillances de marché de celles liées notamment à la rationalité limitée des agents (Gillingham et *al.* 2009, Shrogen et Taylor, 2008). Cette question de l'écart entre les comportements théoriques tels qu'ils sont décrits dans la littérature économique traditionnelle et les comportements observés dans la réalité et étudiés en économie comportementale fournit de riches explications au paradoxe de

[14] Le terme « *behavioral failure* » que l'on trouve dans la littérature anglophone en économie de l'efficacité énergétique est traduit par défaillances de comportements dans la littérature française. Toutefois, nous préférons dans notre travail parler de rationalité limitée plutôt que de défaillances de comportement dont la connotation peut sembler négative et ce d'autant plus lorsque l'on élargit l'analyse à d'autres disciplines telles que la psychologie qui propose une sémantique différente de l'économie (des comportements défaillants pourraient par exemple s'apparenter en psychologie à des comportements déviants).

l'efficacité énergétique. Au delà de ces deux ensembles de défaillances, nous avons rassemblé dans un troisième groupe les barrières qui sont liées à la nécessité pour les différentes parties-prenantes à un projet d'investissement d'amélioration énergétique de se coordonner. Nous le qualifions de « défaillances de coordination »[15]. Ces dernières ne sont que partiellement abordées dans la littérature traitant des barrières à l'efficacité énergétique puisqu'elles sont principalement analysées à travers la question des incitations discordantes qui entourent la relation entre le propriétaire bailleur et les locataires et, dans une moindre mesure, la relation entre l'offre et la demande de biens et services d'efficacité énergétique et de travaux de rénovations. En revanche, les conflits d'intérêts spécifiques au statut de la copropriété sont, à notre connaissance, très peu abordés dans les travaux de référence qui font une synthèse des barrières à l'efficacité énergétique. Seules des recherches accès spécifiquement sur cette problématique l'ont exploré (Maruejols et Young, 2011 ; Brisepierre, 2012).

L'analyse de chacun de ces trois groupes de défaillances est rendue possible par la mobilisation de diverses approches de la théorie économique, voire par un élargissement à des approches sociologiques et psychosociologiques (Wilson et Dowlatabadi, 2007). Les barrières à l'efficacité énergétique liées à des distorsions sur les marchés comme la présence d'externalités sont appréhendées en s'appuyant en particulier sur les travaux en économie du bien-être initiés par Pigou (1920). Les explications sur l'impact des comportements sur les choix d'investissements se basent quant à elles sur les apports des travaux de Simon sur la rationalité limitée (1959) qui sont mobilisés par de nombreux courants hétérodoxes. Certains, comme l'économie comportementale ou l'économie postkeynésienne, peuvent constituer comme nous le verrons, un cadre analytique fécond pour comprendre les raisons du sous-investissement dans l'efficacité énergétique. Enfin, l'économie des coûts de transaction permet d'aborder la question des problèmes de coordination qui contribuent à renchérir les coûts des investissements. La synthèse détaillée des explications du déficit d'efficacité économique que nous réalisons dans ce chapitre repose donc sur l'articulation de plusieurs approches.

Dans une première partie, nous présentons les principales défaillances de marché abordées dans la littérature, en montrant en quoi l'absence d'information parfaite et le fonctionnement

[15] Les problèmes de coordination peuvent être considérées comme une conséquence de défaillances de marché puisqu'ils sont principalement dus à l'asymétrie informationnelle. Nous avons tenu à les exposer dans une partie distincte et à la suite de la partie sur les aspects comportementaux car ils sont également dus à la rationalité limitée des agents qui est expliquée dans la seconde partie de ce chapitre.

sous-optimal des différents marchés, constituent des barrières à la diffusion et à l'utilisation par les ménages des solutions permettant d'accroître l'efficacité énergétique de leur logement. Dans une seconde partie, nous traitons des aspects comportementaux pour expliquer comment, la formulation des besoins des ménages, les procédures qu'ils utilisent pour prendre des décisions, les valeurs et les habitudes qui leurs sont propres, mais également de celles de leur environnement socioculturel, peuvent influencer dans la décision d'entreprendre des travaux d'efficacité énergétique. Dans la troisième partie, nous montrons en quoi la coordination entre les différentes parties prenantes qui participent directement ou indirectement au processus de décision, complexifie la démarche conduisant à la réalisation de travaux économiquement efficaces.

1. Les défaillances de marché

Le terme de défaillances de marché sert à désigner tout les éléments qui concourent à ce que le fonctionnement des marchés s'écarte d'un optimum de Pareto, avec pour conséquence que les prix de marché ne correspondent pas aux prix d'équilibre. En raison de l'imperfection de l'information (1.1.1), que ce soit sur le maché des biens d'efficacité énergétique (1.1.2), des capitaux (1.1.3), ou encore de l'énergie (1.1.4), les prix qui émergent ne reflètent que partiellement les coûts et sont soit en deçà, soit au dessus des prix qui auraient dû émerger en situation optimale et ce, parce que certaines externalités n'ont pas été intégrées. La littérature en économie de l'efficacité énergétique, et plus largement en économie de l'environnement, est à la source de nombreux développements théoriques sur la question des externalités et a permis de comprendre pourquoi les biens environnementaux étaient surexploités. L'objectif de cette section est d'identifier les principales défaillances de marché qui peuvent être à l'origine du paradoxe de l'efficacité énergétique.

1.1. L'imperfection de l'information

Selon les hypothèses néoclassiques les plus restrictives, l'information est parfaite pour tous les acteurs et son obtention n'entraîne pas de coût. Pour les investissements dans l'efficacité énergétique cela se traduit par une situation où les prix futurs de l'énergie, l'efficacité des technologies et tous les autres facteurs de l'environnement de décision sont connus. L'hypothèse d'information parfaite et complète a rapidement été levée avec le constat que de nombreuses imperfections empêchaient les acteurs de réaliser les choix les plus efficaces. D'une part, l'ensemble de l'information n'est pas disponible (information incomplète) et d'autre part, tous les acteurs ne disposent pas de la même quantité d'information, ce qui peut engendrer des comportements opportunistes (asymétrie de l'information).

En effet, les informations produites et transmises concernant les caractéristiques des biens et des solutions permettant d'accroître l'efficacité énergétique d'un logement sont encore trop parcellaires. D'une part, les ménages n'ont pas toujours d'information générale concernant les techniques et produits existants et d'autre part, lorsqu'ils cherchent à obtenir des informations

spécifiques sur un produit identifié, ils peuvent se heurter à des difficultés de la part des offreurs pour mobiliser, diffuser et expliquer clairement l'ensemble des options.

Les ménages confrontés à des choix d'investissements vont alors se focaliser sur l'information la plus immédiatement accessible, en l'occurrence le coût initial de l'investissement, et dans un environnement connu – c'est à dire en tenant compte des prix courant de l'énergie – à défaut de pouvoir parfaitement intégrer l'impact des différents produits sur les coûts de fonctionnement. L'incomplétude et l'asymétrie d'information apparaissent alors comme une explication centrale, à la fois du fonctionnement sous-optimal des marchés de l'énergie, des technologies et des capitaux, mais également des comportements des acteurs sur ces marchés.

1.2. Le marché de l'efficacité énergétique

Le marché de l'efficacité énergétique, c'est à dire celui sur lequel s'échangent les biens et services permettant, à service énergétique fourni constant, de réduire la consommation énergétique, fonctionne de façon imparfaite pour trois raisons principales : d'abord, car la recherche de nouveaux produits et leur adoption entraînent des externalités positives pour lesquelles les contributeurs ne reçoivent pas de contrepartie monétaire ; ensuite, car les produits disponibles sur ce marché ont, en plus de l'efficacité énergétique, d'autres attributs qui peuvent venir le concurrencer ; enfin, car ce marché n'est pas parfaitement liquide du fait de l'irréversibilité de nombreux investissements.

1.2.1. Les rendements d'adoption des technologies

Les entreprises innovantes qui financent la recherche sur les nouveaux produits d'efficacité énergétique doivent pouvoir récupérer l'intégralité des bénéfices engendrés par l'innovation à défaut de quoi, elles ne sont pas incitées à innover. Les externalités économiques positives de la recherche et développement peuvent mener à des sous investissements dans les innovations en raison de la nature de bien public[16] de la connaissance (Cohen et Levinthal, 1989).

[16] Un bien public est un bien dont l'utilisation est non-rivale et non exclusive, c'est à dire que sa consommation par un agent ne réduit pas la quantité disponible de ce bien et n'empêche pas d'autres agents de pouvoir le consommer.

Même en présence d'un brevet protègeant la firme de l'arrivée de concurrents qui pourraient proposer un produit similaire, les autres firmes reçoivent, lorsqu'un nouveau produit est diffusé, un certain nombre d'informations (caractéristiques du nouveau produit, réponse de la demande par rapport à cette nouvelle offre, produits dérivés et complémentaires qui peuvent être envisagés, etc.) pour lesquelles la firme innovante ne reçoit aucune contrepartie monétaire. Elle ne peut donc « capturer » l'intégralité des bénéfices, incluant la « rente d'innovation », et est de ce fait davantage incitée à imiter plutôt qu'à innover. Ceci conduit à une situation sous-optimale d'abord car l'innovation va être limitée, et ensuite car l'augmentation du surplus qu'elle entraîne va être d'autant réduite. En effet, une des caractéristiques du marché de l'innovation est la présence des rendements croissants d'adoption liés à « l'apprentissage par la pratique » (*Learning By Doing*[17]) qui s'expliquent par le fait que lorsque la production, l'adoption et l'utilisation de nouvelles technologies augmentent, le coût de production tend à décroître car les entreprises ont davantage d'expérience sur le produit (Arrow, 1962).

A cette désincitation à innover peut également venir s'ajouter une désincitation à adopter les innovations potentielles et ce, toujours en raison du caractère de bien public de la connaissance. L'adoption d'une nouvelle technologie par un agent créé une externalité positive pour laquelle l'utilisateur ne reçoit pas non plus de compensation. En effet, cet agent est en mesure de fournir des informations sur l'accès, l'utilisation et l'efficacité de cette nouvelle technologie, sans pour autant prétendre à une quelconque rétribution de la part de ceux qui reçoivent l'information (Jaffe et Stavins, 1994). Lorsque cette information est diffusée, le risque associé à l'utilisation de la technologie est connu et entraîne une augmentation de la valeur qui ne profite pas au premier utilisateur, mais qui en revanche profite aux suivants (Golove et Eto, 1996).

Ainsi, que ce soit du côté de l'offre ou de la demande, lorsqu'une nouvelle technologie commence à être diffusée, les agents vont préférer se tourner vers des technologies éprouvées plutôt que de prendre le risque d'investir dans un équipement qui vient d'entrer sur le marché et dont il n'existe que peu ou pas de retour d'expérience d'autres utilisateurs. Les offreurs peuvent en effet chercher à commercialiser en priorité des solutions techniques que les

[17] Ce concept a été initialement utilisé par Arrow pour expliquer les effets de l'innovation et du changement technique sur l'efficacité de la production. Il montre que les facteurs productifs sont d'autant plus efficaces qu'ils sont utilisés (Arrow, 1962).

installateurs sont davantage habitués à manipuler. Les acheteurs, quant à eux, ont tendance à caler leur choix d'investissement sur les choix opérés par d'autres acheteurs – et notamment lorsque ceux-ci font partie de leur entourage – tel que le décrit Darby (2008) lorsqu'il parle de *social learning*[18].

Ces éléments concernant le temps de diffusion de la technologie sont donc en partie liés aux « coûts », souvent non directement visibles, engendrés par la recherche d'information sur le nouveau produit (Wilson et Dowlatabadi, 2007). Les résultats empiriques sur l'existence de ce phénomène sont relativement limités, notamment parce qu'il est difficile de distinguer l'apprentissage d'autres facteurs qui affectent les coûts de production et les prix (Gillingham *et al.,* 2009).

1.2.2. L'inséparabilité des caractéristiques des produits

L'efficacité énergétique est souvent liée à d'autres services et caractéristiques de produits et ne peut être vendue ou achetée indépendamment de ceux-ci. Or, une des hypothèses requises dans le paradigme néoclassique est que tous les biens et caractéristiques doivent être disponibles séparément.

En pratique, lorsqu'un agent souhaite acquérir un bien d'efficacité énergétique, il peut être contraint d'acheter des biens contenant des caractéristiques (ou attributs) qu'il ne souhaite pas. Inversement, un ménage qui cherche à se procurer un produit disposant d'un ensemble d'attributs va le choisir en fonction de cet ensemble et dans certains cas, les produits les plus efficaces du point de vue énergétique peuvent ne pas être choisis car ils ne disposent pas des autres caractéristiques souhaitées par le ménage. Par exemple, ils préféreront investir dans un type de vitrage moins performant du point de vue de l'isolation thermique mais réalisé avec des matériaux, des formes et des fonctionnalités plus à leur goût. Dans ce cadre, le bénéfice de certaines technologies d'efficacité énergétique peut être réduit car ces dernières présentent des caractéristiques moins intéressantes du point de vue de services autres que les seuls services d'efficacité énergétique comme par exemple le confort, le design ou encore la facilité d'utilisation. Un autre cas illustratif de l'inséparabilité des caractéristiques et du fait qu'elle constitue une barrière à la diffusion de certaines solutions d'efficacité énergétique : la qualité d'éclairage des nouveaux systèmes (LED) est souvent moins appréciée que celle des anciens

[18] Nous revenons sur cette question de l'influence de l'entourage de la partie 2.3. de ce chapitre.

systèmes (lampe à incandescence) car elles mettent plus de temps à s'allumer et ont un éclairage moins puissant. Si d'un point de vue économique les ampoules LED présentent un intérêt incontestablement supérieur aux anciens systèmes, la prise en compte de la qualité du service rendu par ces produits vient réduire leur avantage global.

Ainsi, du fait de la non-séparabilité des caractéristiques, des variables autres que la rentabilité économique de l'investissement peuvent influencer de façon significative les choix d'investissements des consommateurs (Golove et Eto, 1996).

1.2.3. L'irréversibilité des investissements

Une majorité des biens visant à accroître l'efficacité énergétique d'un logement ne peut être redéployée sur un autre logement. En effet, il est difficilement envisageable qu'un ménage décide de désinstaller les isolants posés sur les murs extérieurs de son logement s'il déménage, ou s'il souhaite les revendre en vue de disposer de liquidités. Que ce soit pour la pose d'un système de ventilation, d'un système de chauffage ou de l'isolation des façades, une fois l'équipement installé, il est évidemment peu probable qu'il soit désinstallé pour une autre raison que la nécessité de le remplacer du fait de son obsolescence.

Cette imparfaite liquidité du marché des biens d'efficacité énergétique est donc à l'origine de coûts d'opportunités : lorsqu'ils décident d'engager de tels investissements les ménages doivent renoncer – de façon définitive étant donné leur irréversibilité – à tous les achats qu'ils auraient pu effectuer avec le montant de l'investissement. Hassett et Metcalf (1993) ont estimé que la valeur de ces coûts, formulée en termes de valeur d'option, se traduit par un taux d'actualisation qui peut être jusqu'à quatre fois supérieur au taux conventionnel[19]. Ce coût d'opportunité pourrait toutefois être réduit dès lors que les investisseurs vont considérer

[19] Nous revenons dans le prochain chapitre sur le lien entre les barrières à l'efficacité énergétique et les taux d'actualisation élevés.

que des projets de rénovations énergétiques constituent une opportunité d'améliorer la valeur économique de leur logement (valeur de revente)[20].

1.3. Le marché des capitaux

La contrainte financière à laquelle font face certains ménages et la difficulté d'accéder au marché des capitaux s'expliquent principalement par la déconnexion entre les sources de recouvrement du capital et des coûts de fonctionnement des biens d'efficacité énergétique. En théorie, les coûts initiaux des investissements ne constituent pas une barrière, même lorsque le ménage souhaitant investir ne dispose pas des fonds propres nécessaires, puisqu'en présence d'un fonctionnement optimal du marché des capitaux, il aurait la possibilité de contracter un emprunt dont tout ou partie peut même être remboursé grâce à la rente obtenue à partir des économies d'énergie engendrées. Pourtant en pratique, il est observé que même lorsque les produits les plus performants garantissent des économies d'énergie significatives dans le temps, les ménages ont tendance à se tourner vers des équipements « traditionnels » dont le coût initial est plus faible, mais dont l'efficacité énergétique est moindre (OPEN, 2009).

Un des facteurs qui peut expliquer ces choix d'investissements « sous-optimaux » est le mauvais fonctionnement du marché des capitaux qui soit (1) n'offre tout simplement pas la possibilité à tout investisseur d'obtenir les fonds nécessaires à l'achat des équipements énergétiquement efficaces, soit (2) propose des taux d'intérêts supérieurs à ceux qui devraient être pratiqués. Cela parce que :

(1) Une partie des ménages n'a pas accès au crédit, notamment les ménages à faibles revenus et les personnes âgées. Ils ne peuvent donc pas financer leur investissement s'ils ne disposent pas de suffisamment de fonds propres. En effet, bien que ce type d'investissements permette à terme d'accroître la capacité financière des ménages puisqu'ils entrainent une augmentation de revenus, les créanciers n'en tiennent

[20] La question de la « valeur verte » est explorée dans le chapitre 3 (§3.2.4, p.211). Nous verrons qu'il est aujourd'hui difficile d'affirmer que ces investissements ont un impact réel sur la valeur de revente des logements, notamment dans les zones où le marché de l'immobilier est dit « tendu » (beaucoup de demandes pour peu d'offres) comme cela est généralement le cas dans le centre des grandes villes. Toutefois, comme nous le verrons dans le chapitre 3 dédié aux systèmes d'incitations à l'amélioration énergétique, l'évolution du marché de l'immobilier liée aux nouvelles réglementations thermiques et aux obligations d'information de performance énergétique des logements pourrait à l'avenir conduire à une prise en compte plus systématique de ce critère et donc à la création d'une valeur additionnelle lors de la vente ou de la location.

pas compte. Il y a donc une distorsion, liée principalement au manque d'information des financeurs qui ne disposent pas des compétences nécessaires pour juger de la rentabilité de ces investissements car ce ne sont pas des investissements financiers traditionnels et les indicateurs habituellement utilisés ne conviennent pas alors.

(2) Les taux d'intérêt proposés pour ce type d'investissement intègrent un risque surestimé par rapport à celui qui devrait être pris en compte si le financeur considérait les rendements de l'investissement. Lorsque les banquiers ne disposent pas de l'information nécessaire concernant les économies d'énergie offertes par des équipements performants, ils laissent la probabilité du remboursement inchangée par rapport à d'autres investissements ce qui conduit à des taux d'intérêt qui réduisent l'incitation des ménages à se tourner vers ces équipements. Mills et *al.*, (2006) considèrent qu'un changement de paradigme concernant la perception des banquiers sur les investissements dans l'efficacité énergétique est nécessaire et permettrait alors de voir ces investissements comme un moyen de se prémunir contre la volatilité des prix de l'énergie.

Le fait que les contraintes de liquidité empêchent les investissements dans l'efficacité énergétique a été établi empiriquement. Seulement une faible part des investissements se fait à partir d'emprunt, ce qui signifie que le faible accès au capital oblige les ménages à autofinancer leur investissement (TNS Sofres, 2009). Les ménages ne disposant pas des fonds propres suffisants sont donc exclus du marché de l'amélioration thermique, alors même que ces investissements peuvent, à terme, permettre d'accroître leur solvabilité.

1.4. Le marché de l'énergie

La production d'énergie provenant de sources énergétiques non renouvelables engendre des externalités négatives qui, en l'absence de mesure spécifique, ne sont pas intégrées dans les prix. Les prix ne reflètent pas les émissions de CO_2 engendrées par la combustion du gaz et du fioul et l'impact environnemental causé par les déchets issus de la production d'électricité d'origine nucléaire ou les risques potentiels dans les centrales. Un mauvais signal est donc envoyé au consommateur (Encadré 1, p.27) (Jaffe *et al*., 2004, T'Serclaes, 2007). Le programme ExterneE (*External Cost of Energy*) de la Commission Européenne qui vise a

estimer les valeurs des externalités et en particulier celles issues de la production d'électricité, montre en effet que les coûts externes peuvent être de plusieurs centimes d'euros par kWh (kiloWatt heure) d'énergie produite[21] (European Commission, 2003).

Dans ce contexte, la demande énergétique est supérieure à celle qui devrait exister si les prix intégraient les externalités négatives. Donc la demande de solutions techniques visant à réduire la consommation énergétique est quant à elle inférieure à celle qui devrait être constatée : les économies d'énergie engendrées par des investissements dans des solutions d'efficacité énergétique sont d'autant moins valorisées économiquement que le prix de l'énergie est bas. Les utilisateurs finaux sont alors moins sensibles aux opportunités offertes par les solutions permettant d'accroître l'efficacité énergétique et plus généralement à la maîtrise de leur consommation et ne vont pas « risquer » d'investir dans des technologies nouvelles tant que l'énergie demeure à un coût relativement bas ou tant que les prix fluctuent de façon trop importante, les empêchant ainsi de recevoir un signal clair et donc d'anticiper leur évolution.

[21] Pour la France, ces coûts sont estimés à environ 0,3 centimes d'euros (ct €) par kWh pour la production d'électricité d'origine nucléaire, entre 2 et 4 ct € pour la production d'électricité à partir du gaz et entre 8 et 11 ct € lorsqu'elle est issue du pétrole.

Encadré 1 : Les externalités en économie

L'activité d'un agent peut affecter le bien être d'un autre agent, sans que cela ne soit pris en compte par le marché et intégré dans le prix de marché. Il s'agit donc d'un effet externe (ou externalité) au marché qui entraîne un coût supplémentaire. L'effet externe peut être représenté par la différence entre les coûts marginaux privés (c'est-à-dire relatifs à la firme qui produit un bien) et les coûts marginaux sociaux, relatifs à la société (Faucheux et Noël, 1995). En présence d'externalités, les agents ne sont plus confrontés au juste prix des biens. Les décisions d'un agent A peuvent donc affecter le bien-être d'un agent B sans qu'aucune compensation ne soit versée. Une externalité est dite positive lorsque l'action d'un agent A entraîne une amélioration du bien-être d'un autre agent B sans que ce dernier n'ait eu à en payer le prix. Elle est dite négative, dans le cas par exemple des dégradations environnementales, lorsque B voit son utilité se réduire en raison de l'action de A, et ce, sans compensation monétaire de la part ce dernier.

Ces externalités négatives génèrent des dommages qui engendrent des coûts sociaux qui ne sont pas pris en compte par le marché (Pigou, 1932). En polluant sans aucune restriction, un producteur peut maintenir des prix plus bas que s'il était contraint par un quelconque traitement de ses déchets ou des pollutions provoquées par la production (Dales, 1968). L'absence d'un prix intégrant le coût social « *génère une asymétrie entre usage des actifs naturels comme biens manufacturés et comme générateurs de services environnementaux.* » (Point, 1998, p. 14).

Les externalités sont notamment liées à la présence de biens collectifs auxquels aucun droit de propriété n'est associé. En tant que biens collectifs, les services environnementaux possèdent une double propriété définie par Samuelson (1954). Ils présentent d'une part, la caractéristique d'être non-exclusifs, c'est-à-dire que chaque agent peut utiliser ce bien même s'il n'en supporte pas le financement. D'autre part, ces biens sont dit non-rivaux, car en tant que biens indivisibles, ils peuvent être consommés simultanément par plusieurs agents sans que la consommation d'un agent ne vienne réduire celle d'un autre et donc affecter son bien-être. En l'absence d'un propriétaire identifié de ces biens (l'air, l'eau, etc.), leur accès et leur utilisation ne peuvent être restreints. G. Hardin (1968) explique qu'en présence d'une ressource commune, chaque agent va chercher à s'accaparer le plus de ressources possibles de façon à maximiser son utilité. Il remet ici en cause la théorie d'Adam Smith selon laquelle dans un marché en libre concurrence, la recherche de l'intérêt privé rejoint l'intérêt général. Baumol et Oates (1988) précisent que la plupart des cas d'externalités, qui impactent fortement la société, impliquent un nombre substantiel d'acteurs.

Les émissions de GES, cas d'externalité négative multilatérale, revêtent le caractère de non-rivalité. En effet, le préjudice subi par un agent ne diminue pas celui subi par un autre agent. Il s'agit d'un problème global qui a des répercutions sur une large échelle spatiale dans la mesure où les émissions de GES touchent la planète dans son ensemble. Elles résultent d'un grand nombre d'activités présentes sur une large partie de la planète et produisent des effets sur l'ensemble des écosystèmes (Faucheux et Joumni, 2005). Par ailleurs, ces externalités sont dites « dynamiques » - car la perte de surplus ne touche pas seulement des acteurs contemporains mais également les générations futures - et « diffuses » - dans la mesure où il est difficile de déterminer les responsabilités individuelles dans le niveau de pollution globale.

Par ailleurs, dans un contexte où les prix de l'énergie sont régulés et donc fixés au coût moyen et non au coût marginal, l'écart entre le signal-prix envoyé aux consommateurs et le prix optimal peut alors être important. La présence de tarifs régulés peut aussi éloigner les consommateurs du prix réel et les empêche de prendre des décisions socialement efficientes (Borenstein et Holland, 2005 ; Joskow et Tirole, 2007), la libéralisation des marchés de l'énergie est parfois présentée comme pouvant conduire à réduire cet écart. Néanmoins, si l'augmentation de la concurrence liée à cette libéralisation se traduit par une baisse des prix les consommations énergétiques pourraient croître.

Toutefois, le fait que les prix de l'énergie soient inférieurs aux coûts sociaux ou qu'ils soient très fluctuants[22] ne suffit pas à expliquer le sous-investissement dans les biens et services d'efficacité énergétique. D'une part, même avec un prix bas de l'énergie, certains investissements sont rentables mais ne sont pourtant pas mis en œuvre et d'autre part, les études sur l'élasticité-prix de l'énergie[23] montrent que les ménages ne réagissent pas « rationnellement » aux signaux-prix, notamment à court terme (Tableau 1, p.29) (Lijesen, 2007 ; Bressand et *al.* 2007 ; Besson, 2008 ; Gillingham et *al*.,, 2009 ; Clerc et Marcus, 2009 ; Madlener et Alcott 2009 ; Ryan et *al*., 2011). Dans ce contexte, une augmentation des prix engendrée par la meilleure prise en compte des externalités négatives, aurait – notamment à court terme – des conséquences assez limitées sur les investissements dans l'efficacité énergétique. Les réductions de consommation consécutives à une augmentation de prix sont limitées par la longue durée de vie et le faible taux de remplacement des équipements. La réduction peut être alors relativement faible car bornée par les besoins énergétiques qui dépendent certes des attentes du consommateur mais aussi de l'efficacité des équipements. Il faut toutefois noter une différence entre l'élasticité-prix du gaz qui est supérieure à celle de l'électricité (Dhal, 1993 ; Hasset et Metcalf, 1993 ; Reiss et White, 2005, Gillingham *et al*. (2009)).

[22] Les fluctuations des prix de l'énergie sont en partie dues à un autre type d'externalité négative non pris en compte, qui combine la rente de rareté et l'instabilité politique des pays producteurs. Ce sont en effet des événements politiques qui ont entraîné les deux chocs pétroliers des années 1970 et qui ont conduit l'Etat français à développer la production d'électricité d'origine nucléaire. Les recherches et les moyens mis en œuvre pour se prémunir contre l'insécurité énergétique ne sont pas entièrement intégrés dans les prix de l'énergie (on pourrait par exemple considérer qu'une partie des dépenses militaires devraient y être imputée).

[23] L'élasticité-prix est définie comme le rapport entre la variation relative de la demande d'un bien et la variation relative du prix de ce bien. Lorsque la part d'augmentation du prix du bien entraîne une diminution de la demande d'une part équivalente, celle-ci est parfaitement élastique et l'élasticité prix est égale à -1. Inversement, si pour toute augmentation du prix du bien la demande ne varie pas, l'élasticité est égale à 0 et la demande est considérée comme étant totalement inélastique au prix. Lorsqu'elle se situe entre ces deux extrêmes, par exemple lorsqu'elle est de -0,2, cela signifie qu'une augmentation de 1% du prix de l'énergie se traduit par une baisse de 0,2% de la demande énergétique.

Tableau 1 : Elasticités de la demande énergétique par rapport aux prix de l'énergie

Sources	Court terme	Long terme
Besson (2008)	- 0,2 à - 0,06	
Clerc et Marcus (2009)	- 0,06	- 0,17
Dahl (1993) (gaz uniquement)	- 0,76 à - 0,03	- 1,47 à - 0,26
Reiss et White (2005)	- 0,39 à - 0,28	
Alberini et *al.* (2011)	-0.69 à -0.57	
Bressand et *al.* (2007)	- 0,4 à - 0,12	- 0,81 à - 0,32

Lorsque l'augmentation de prix persiste, cela affecte de façon plus significative la réduction des besoins énergétiques totaux dans la mesure où, en plus de veiller à maîtriser sa consommation énergétique, le consommateur peut également envisager d'investir dans des équipements plus performants afin de remplacer ceux qui sont les plus « énergivores »[24]. Les entreprises ont quant à elles le temps de développer de nouveaux produits et processus de fabrication et une variation des prix peut donc peut avoir une influence sur le rythme des innovations dans l'efficacité énergétique Gillingham *et al*. (2009). Dans ce contexte, un réajustement des consommations énergétiques à long terme non proportionnel aux prix peut s'expliquer par le fait que l'estimation de l'élasticité-prix inclut les augmentations de la consommation énergétique qui peuvent survenir suite à la baisse du coût unitaire du service énergétique engendrée par l'augmentation de l'efficacité énergétique. Cet « effet rebond », dont la première description a été réalisée à travers le paradoxe de Jevons (1865)[25], vient donc nuancer les estimations qui sont réalisées sur l'efficacité des technologies plus efficaces et les économies d'énergie attendues[26]

Aussi, une hausse des prix a des effets socialement régressifs puisqu'elle impacte davantage le niveau de vie des ménages ayant les revenus les plus faibles et ce, parce que ces derniers sont ceux qui consacrent la part la plus importante de leur budget à la consommation énergétique et ne peuvent ajuster parfaitement leur consommation avec l'évolution des prix.

[24] Les études qui se focalisent sur les facteurs influençant l'adoption de nouvelles technologies montrent, notamment pour les entreprises, qu'une augmentation des prix entraîne une plus grande adoption des équipements d'efficacité énergétique (Anderson et Newell, 2004)

[25] Jevons expliquait à l'époque que l'amélioration de l'efficacité des machines à vapeur conduisait à une baisse des coûts de production du travail mécanique engendrant alors une plus large diffusion de ces machines qui fonctionnaient avec du charbon et donc à un fort accroissement de l'utilisation de cette source énergétique.

[26] Nous revenons plus en détail sur le mécanisme de l'effet rebond dans le chapitre 3 (notamment au §1.2.1, p.156), lorsque nous traiterons de l'impact relatif des systèmes incitatifs sur les consommations énergétiques totales compte-tenu des potentiels réajustements de comportements de la part des agents.

En effet la part de ces dépenses est de 11% pour les 20 % des ménages les moins aisés et de 3,3% pour les ménages les plus aisés (op. cit.). L'augmentation des prix de l'énergie peut donc accroître les inégalités en impactant plus lourdement les ménages en situation de précarité énergétique (Bureau et Marical, 2012) (Encadré 2, p.30).

Encadré 2 : La précarité énergétique : définition et mesure

En France, la précarité énergétique a été définie et inscrite dans la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 (dite « loi Grenelle II ») : une personne est considérée en situation de précarité énergétique lorsqu'elle « *éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat* ». Contraint par son budget, le ménage risque de ne pas pouvoir satisfaire ses besoins de cconfort et de subir ainsi les conséquences du froid ce qui peut avoir des répercutions sur sa santé et sa vie sociale (Cahn, 2007 ; Devalière, 2009).

Pour appréhender et identifier une situation de précarité énergétique il y a deux approches possibles, l'une dite « objective » qui se base sur le taux d'effort énergétique (c'est à dire la part du revenu consacré aux dépenses énergétiques) et l'autre dite « subjective » ou « déclarative » qui s'appuie sur un questionnaire (Devalière et *al*., 2011) :

- avec l'approche « objective », un ménage est considéré en situation de précarité énergétique lorsque son taux d'effort énergétique est supérieur à 10%. En France, le nombre de ménage en situation de précarité énergétique est estimé selon cette méthode à 3,8 millions de ménages.
- selon la méthode « déclarative », 3,5 millions ménages déclarent souffrir du froid dans leur logement.

Les estimations des élasticités-prix doivent tout de même être nuancées par le fait qu'elles se heurtent à la difficulté de faire ressortir des valeurs fiables compte tenu de la fluctuation parfois erratique des prix de l'énergie et à l'absence de données de panels suffisamment fines pour différencier les comportements des catégories de ménages en fonction de plusieurs paramètres comme le taux d'équipement ou leur attente par rapport au confort (Combet et *al.* 2009).

En conclusion, l'absence d'information parfaite entraîne des défaillances de marché qui renvoient aux consommateurs des signaux ne reflétant pas l'ensemble des éléments nécessaires à la réalisation de choix économiquement optimaux. Les imperfections des différents marchés – celui des capitaux, celui des biens et services d'efficacité énergétique ou encore celui de l'énergie – et leur cumul, permettent en partie d'expliquer les sous-

investissements dans l'efficacité énergétique. Cependant, comme en témoigne la faible élasticité de la demande énergétique par rapport au prix, les défaillances de marché ne fournissent pas à elles seules une explication du déficit d'efficacité énergétique. Ce dernier est également dû à l'absence de rationalité parfaite des ménages un phénomène qui, en venant s'ajouter aux imperfections et asymétries informationnelles, renforce la présence de choix économiquement sous-optimaux.

2. L'absence de rationalité parfaite des agents

Dans l'économie néoclassique, les agents économiques sont représentés comme étant parfaitement rationnels et maximisant leur utilité de façon intertemporelle. Or, une rationalité parfaite nécessite des capacités cognitives illimitées (Simon, 1959 ; Selten, 1999). D'une part, la formation et l'évolution des besoins suivent un processus d'ajustement permanent et ne sont pas toujours clairement prédéterminées en amont de la décision (2.1), d'autre part, les ménages cherchent à atteindre une situation satisfaisante et non une situation hypothétiquement optimale (2.2). Enfin, ils peuvent décider de faire un choix répondant davantage à des habitudes ou des pressions socioculturelles, quand bien même ils disposeraient des informations permettant de choisir l'option la plus efficace économiquement (2.3). Afin de structurer notre démonstration, nous mobilisons en particulier les développements récents de la théorie Post-keynésienne qui offre une grille de lecture féconde pour analyser la question des choix de consommation et d'investissement des ménages dans les travaux d'amélioration thermique de leur logement.

2.1. Le rapport aux besoins

La théorie de l'utilité et ses applications se basent sur des axiomes de préférences qui définissent largement les choix rationnels. Il y a cependant un grand nombre de domaines et d'expérimentations qui montrent que les individus ne prennent pas systématiquement leurs décisions conformément à cette rationalité parfaite. Maximiser l'utilité sous contrainte du budget nécessite que les acteurs soient rationnels, qu'ils acquièrent et analysent les informations sur toutes les alternatives possibles avant de prendre leur décision. En pratique, plutôt que chercher systématiquement à maximiser l'utilité de façon intertemporelle, les

décideurs utilisent un large panel de règles et d'heuristiques pour les aider à réduire les besoins cognitifs ou computationnels (Wilson et Dowlatabadi, 2007).

En 1955, avec les travaux de H. Simon, la théorie de la rationalité limitée est venue apporter une vision alternative à celle proposée jusqu'alors sur la façon dont les individus procèdent pour opérer leur choix (Simon, 1955). Selon cette approche, les agents sont rationnels dans la mesure où ils prennent des décisions qui visent à atteindre un objectif identifié et vont réaliser des choix cohérents avec cet objectif. Toutefois, cette rationalité est considérée comme limitée par les capacités cognitives et « computationnelles » des individus, qui les conduisent à chercher à atteindre un niveau de satisfaction plutôt qu'un état optimal (Simon, 1959).

La littérature en économie comportementale, qui part des travaux de Simon – dont « *le fil conducteur […], consiste à s'interroger sur la manière dont les être humains prennent leurs décisions* » (Parthenay, 2005, p. 1) – s'intéresse à plusieurs biais systématiques dans la prise de décision des individus, qui permettent d'éclairer les choix d'investissement dans l'efficacité énergétique. Les économistes comportementaux abandonnent les hypothèses de choix rationnel pour une rationalité limitée et d'autres méthodes de prises de décisions heuristiques (McFadden, 1999). Pour Mullainathan et Thaler (2000), l'économie néo-classique peut être définie explicitement comme étant « anti-comportementale » dans la mesure où les comportements étudiés en psychologie cognitive ou en psychosociologie sont ignorés ou exclus du cadre économique standard :

> "*This unbehavioral economic agent has been defended on numerous ground: some claimed that the model was "right"; most others simply argued that the standard model was easier to formalize and pratically more relevant. Behavioral economics blossomed with the realization that neither point of view was correct*" (Mullainathan et Thaler, 2000, p. 3)

L'objectif de l'économie comportementale est alors de comprendre comment en pratique les consommateurs prennent leurs décisions et d'identifier et d'expliquer ce qui est à l'origine de l'écart entre le comportement rationnel, tel qu'il est décrit dans la théorie des choix rationnels, et celui qui est observé dans la réalité (Shrogen et Taylor, 2008). Ce courant cherche à intégrer des explications psychologiques à la prise de décision, plus robustes que celles jusqu'à présent inclus dans les modèles microéconomiques (Colin et Loewenstein, 2004).

Toutes ces « déviations » ont été également analysées en neuroéconomie afin d'étayer la question de la rationalité avec des données de biologie et de psychologie (Shrogen et Taylor, 2008).

La théorie Post-keynésienne (Encadré 3, p.33) se base notamment sur les développements sur la rationalité limitée de H. Simon et de l'économie comportementale, pour montrer, en modifiant les axiomes proposés dans la théorie standard, comment les choix des individus émergent (Lavoie 2004a).

Encadré 3 : La théorie Post-Keynésienne

Le Postkeynésianisme, qui a émergé dans les années 1950 notamment avec les travaux de Kaldor, et Robinson (Asensio et *al.*, 2011), défend une pensée alternative à la pensée économique néo-classique. Ce courant se trouve à mi-chemin entre les keynésiens standards et les néo-keynésiens. Il peut être défini par cinq grands principes (Goux, 1996) :

- Les institutions économiques comme le système bancaire et monétaire, l'Etat, les marchés de biens, etc. occupent une place centrale au sein du système économique. La stabilité de ce système – malgré son instabilité intrinsèque – est permise par la présence des contrats qui garantissent son intégration et sa reproduction.
- L'offre de monnaie dépend non pas de l'échange mais du crédit utilisé pour financer la production, et le taux d'intérêt doit être considéré comme une convention sociale. C'est une variable endogène qui peut être créée ou détruite
- L'inflation est liée au rapport de force entre quatre groupes – le travail, le capital, le gouvernement et l'extérieur – qui cherchent tous à accroître leur revenu. L'augmentation des revenus de l'un d'entre eux va pousser les autres à chercher à augmenter les leurs, ce qui aboutit à une hausse de la demande de crédit entraînant alors une augmentation du volume de monnaie.
- L'évolution du système économique est un processus séquentiel : les décisions et les actions des agents sont séquentielles et incorporent des anticipations, des informations concernant le passé comme les erreurs de prévisions.
- Les anticipations sont imparfaites : l'incertitude peut être forte et les risques difficilement probalisables, ce qui pousse les individus ne pouvant prévoir parfaitement l'avenir à se fixer des normes et des règles de conduite et à adopter des habitudes. Selon l'école des anticipations rationnelles, avec ce type d'analyse et les conclusions qui en découlent, le raisonnement économique n'a plus de valeur et on sort donc du champ de la science économique.

Ce dernier principe est à la base des développements microéconomiques de la théorie postkeynésienne et en particulier ceux portant sur les choix de consommateur, qui se nourrissent des travaux de sociologues, institutionnalistes ou encore psychologues (Lavoie, 2004b). Les tenants de ce courant rompent avec les hypothèses néo-classiques concernant l'utilité des agents et utilisent l'approche « *behavioriste* » de H. Simon. Ils rejoignent sur ce point plusieurs autres courants de pensée comme la Nouvelle Economie Institutionnelle (ou néoinstitutionnalisme)

La formation des besoins et leur évolution tels qu'elles sont proposées dans les principes issus des analyses de la théorie de la consommation post-keynésienne (Lavoie 2004a), offrent une grille de lecture intéressante pour identifier et comprendre la présence de certaines barrières à l'efficacité énergétique, et notamment le fait que les ménages n'ajustent pas parfaitement leur consommation et donc leur investissement aux prix de l'énergie lorsqu'ils varient faiblement, de façon irrégulière et parfois dans des sens opposés :

Le principe de besoins satiables

Ce principe est en opposition avec celui de l'utilité marginale qui, même décroissante, renvoie à la non-satiété ; il suppose au contraire que quel que soit le prix d'un bien ou d'un service, il existe un seuil à partir duquel l'augmentation de la consommation de ce bien n'apporte plus aucune satisfaction. L'utilité est donc discontinue : elle croît jusqu'à atteindre un seuil au delà duquel l'utilité marginale est nulle. Ce seuil peut correspondre par exemple à un niveau de température dans le logement qui représente celui qui procure au ménage l'utilité maximale. En considérant que l'utilité est maximale pour un niveau de service énergétique donné et que l'objectif d'un agent est de satisfaire au mieux ses besoins, tant que la variation des prix de l'énergie reste légère et irrégulière cet agent ne modifiera que faiblement sa consommation énergétique.

Le principe de subordination des besoins

Ce principe implique que l'utilité ne peut être représentée par une seule et même mesure mais par un vecteur non continu. Il est souvent associé à celui de la pyramide des besoins de Maslow et conduit au principe d'irréductibilité de Georgescu-Roegen (1954). Le consommateur choisit d'allouer un budget aux besoins fondamentaux puis aux besoins plus secondaires, sans qu'il y ait de substitution entre ces deux catégories de besoins. Ce principe revient alors à considérer que certains besoins sont incommensurables et que les biens et services n'ont pas nécessairement de prix. La faible élasticité de la demande par rapport aux prix de l'énergie trouve donc ici une explication dans la mesure où le fait de se chauffer est considéré comme un besoin fondamental et donc quasiment incommensurable puisque, quel que soit le prix de l'énergie, des besoins irréductibles – correspondant aux besoins physiologiques au plus bas de la pyramide de Maslow – doivent être satisfaits. Dans ce cas, seule la consommation énergétique additionnelle par rapport à ces besoins élémentaires est davantage corrélée au prix.

Le principe de croissance des besoins

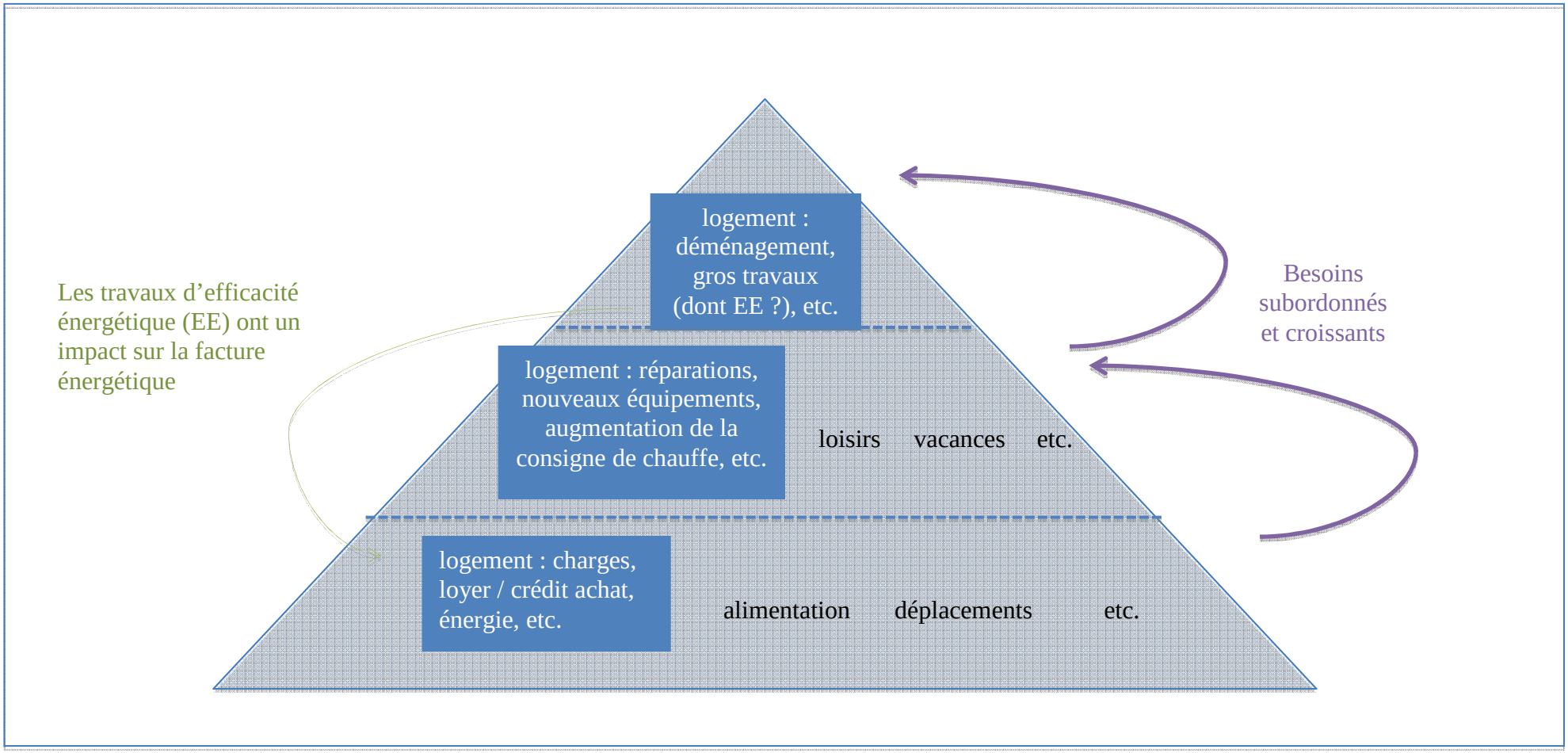
Lorsque les besoins d'un niveau de la pyramide des besoins sont satisfaits, les individus vont chercher à atteindre le niveau supérieur lorsque leur revenu le permet. La recherche du niveau supérieur entraîne, lorsque tous les besoins fondamentaux sont atteints, la recherche de nouveaux besoins qui peuvent être liés à des questions d'ordre moral, comme la volonté d'avoir un comportement respectueux de l'environnement (Sen, 1977), mais qui peuvent également correspondre à la recherche d'une amélioration du confort. Un ménage peut se créer de nouveaux besoins comme celui de se doter de nouveaux équipements électroménagers, ou d'améliorer son confort en augmentant la consigne de chauffe de son logement et ce, jusqu'à que son utilité maximale soit atteinte.

Le principe de séparabilité des besoins

Ce principe suppose que les catégories de besoins ou de dépenses puissent être distinguées les unes des autres et implique que le consommateur divise le processus de décision en deux grandes étapes. D'abord, il réalise une allocation de son budget parmi ses besoins, puis l'utilise pour chacun d'entre eux, indépendamment les uns des autres. Le fait par exemple que les prix évoluent pour l'un d'entre eux, n'implique pas une modification dans la satisfaction des autres et donc l'utilisation du budget qu'il avait prévu de leur consacrer. L'élasticité croisée des différentes catégories de biens est donc très faibles.

Si l'on met en relation ce principe avec ceux énoncés précédemment, il apparaît qu'une augmentation substantielle des prix conduit les ménages à réduire la consommation additionnelle (deuxième niveau de la pyramide), c'est à dire celle qui s'ajoute à la consommation correspondante aux besoins physiologiques. Cependant pour les ménages dont les revenus sont limités et qui ont la possibilité de satisfaire seulement les besoins physiologiques, l'augmentation des prix peut conduire à accroître la situation de précarité. Dans ce cadre, la possibilité pour les ménages de se procurer un niveau de service énergétique proche de leur utilité maximale – et, pour les ménages les plus modestes, de satisfaire leurs besoins physiologiques – n'est possible que si des investissements dans l'efficacité énergétique sont réalisés. Cependant, ce type de dépenses n'est pas considéré par les ménages comme un besoin primaire et, s'il n'est pas non plus considéré comme un besoin secondaire (dans lesquels seront classés par exemple les loisirs, les nouveaux équipements, les réparations, les vacances, etc.), il faut atteindre un troisième niveau pour qu'ils décident d'entreprendre des travaux de rénovation thermique dans leur logement. Pourtant, ces travaux contribuent directement à réduire la facture énergétique et donc à faciliter d'abord la satisfaction des besoins physiologiques, et ensuite l'atteinte d'un niveau de besoin supérieur (Figure 1, p.37).

Figure 1 : La pyramide de Maslow appliquée aux dépenses liées au logement



Ainsi, une des raisons qui peut expliquer les sous-investissements dans l'efficacité énergétique est que ce type de dépense est classé dans la partie haute de la pyramide. Il faut donc que l'ensemble des besoins des niveaux inférieurs soit satisfait pour que le ménage cherche à l'atteindre. Or, si le logement est énergétiquement inefficace, le poste chauffage va correspondre à un budget important qui peut contraindre le ménage à ne pouvoir satisfaire que le ou les premier(s) niveau(x).
Nous sommes donc ici face à un paradoxe qui découle de la dichotomie entre le budget chauffage et le budget qui peut être dédié aux stratégies pour le réduire : un budget chauffage élevé réduit la possibilité pour les ménages d'accéder à un niveau supérieur de besoin et, de fait, d'accéder à la catégorie dans laquelle les dépenses de travaux d'efficacité énergétique peuvent être rangées. Ce sont pourtant ces travaux qui permettent de réduire les dépenses énergétiques qui elles, figurent dans le premier niveau de besoins. A l'opposé, un budget chauffage faible permet d'accéder au niveau supérieur mais peut amener les ménages à ne pas considérer les travaux d'efficacité énergétique comme un besoin, même lorsqu'ils ont atteint le haut de la pyramide.

Un ménage entreprenant des travaux d'efficacité thermique a donc soit suffisamment satisfait la première catégorie de besoins et décidé de dédier un budget à ce type de dépenses, soit planifié son budget de chauffage à suffisamment long terme pour les intégrer dans ce dernier, en dédiant une partie à la constitution des liquidités nécessaires à l'investissement. Il va ensuite, comme nous le montrons dans la partie suivante, être amené à sélectionner une ou des solutions existantes pour réduire sa consommation énergétique selon un processus de décision basé sur une rationalité dite procédurale.

2.2. La rationalité procédurale

Le processus de décision inclut une variété de stratégies – qui diffèrent de la conventionnelle maximisation de l'utilité – qui vise à réduire la « charge cognitive » de la décision. La charge cognitive se réfère à l'acquisition, au stockage et à l'intégration de nouvelles informations. Trouver une stratégie pour réduire cette charge cognitive consiste donc à essayer de contourner l'obligation de rechercher et emmagasiner de nouvelles informations qui peuvent être complexes et imparfaitement disponibles. Tversky (1972), à partir de la théorie de

l'élimination par aspects (« *elimination-by-aspects* ») qu'il a développé, montre que les consommateurs utilisent un processus de décision séquentiel où ils restreignent d'abord l'ensemble des choix à une partie de cet ensemble en éliminant les produits qui ne présentent pas les caractéristiques désirées (esthétiques, niveau de prix, etc.) et optimisent donc leurs choix seulement à partir de cet ensemble restreint après avoir peut-être éliminé encore plus de produits. Selon Selten (1999), les choix d'investissements passent alors par trois étapes :

(1) La recherche des alternatives

Les ménages ne cherchent pas les solutions optimales mais se contentent de solutions satisfaisantes à la fois pour des raisons de coût et de limites cognitives. Ils limitent donc leur exploration à un nombre restreint de solutions alternatives et dans le cas le plus simple, ils sélectionneront la première qui satisfait leur niveau d'aspiration. Les alternatives ne sont pas données a priori à un moment donné du temps, mais sont généralement recherchées de façon séquentielle. Dans un cas simple, le processus de recherche se poursuit jusqu'à l'atteinte d'une alternative satisfaisante. Todd et Gigerenzer (2003) parlent d'heuristique[27] statistique, pour définir ce mécanisme de recherche séquentielle d'information sur les alternatives jusqu'à ce qu'un seuil d'utilité ou des objectifs prédéfinis soient atteints. Cela conduit à arrêter la recherche sans pour autant avoir regardé l'ensemble des possibilités. Pour Thaler (1999), les revenus et les décisions budgétisées sont assignés à différents « comptes mentaux »[28]. Par exemple, le consentement d'un individu à dépenser son salaire ou bien de l'épargne est rarement le même, même si la monnaie est parfaitement interchangeable. Il peut diviser des éléments en monétaire/non monétaire, énergie/non énergie, positif/négatif dans différents comptes mentaux et les estimer séparément. Quand les résultats minimums dans chaque compte ne sont pas atteints, une nouvelle alternative est recherchée (Simon, 1997). La sous-optimalité de la consommation et des investissements dans l'efficacité énergétique peut ainsi être en partie expliquée par la différence entre les critères de décision utilisés dans les différents « comptes mentaux » (Health et Soll, 1996). En effet, lors de cette première étape, lorsqu'un ménage veut réduire sa consommation énergétique, il ne va pas chercher l'ensemble des alternatives existantes pour améliorer l'efficacité énergétique de son logement mais au mieux se renseigner sur les différents postes de déperdition (façade, chaudière etc.) et sur quelques technologies existantes pour chacun de ces postes. Il se peut alors que les solutions

[27] Les heuristiques peuvent être définies comme des processus de décisions qui consistent à faire correspondre des efforts cognitifs dans une structure particulière de la décision.
[28] La « comptabilité mentale » vise à décrire le processus par lequel les gens codent, catégorisent et évaluent les revenus économiques.

et technologies les plus performantes ne fassent pas partie de cet ensemble. De plus, ce ménage peut inclure dans son processus de sélection des alternatives une « heuristique de reconnaissance » qui conduit à favoriser des éléments familiers ou reconnus d'une décision. Cela revient par exemple à retenir une alternative qui a déjà était prise la dernière fois, ou prise par une connaissance (Todd et Gigerenzer, 2003).

(2) L'atteinte d'un niveau de satisfaction

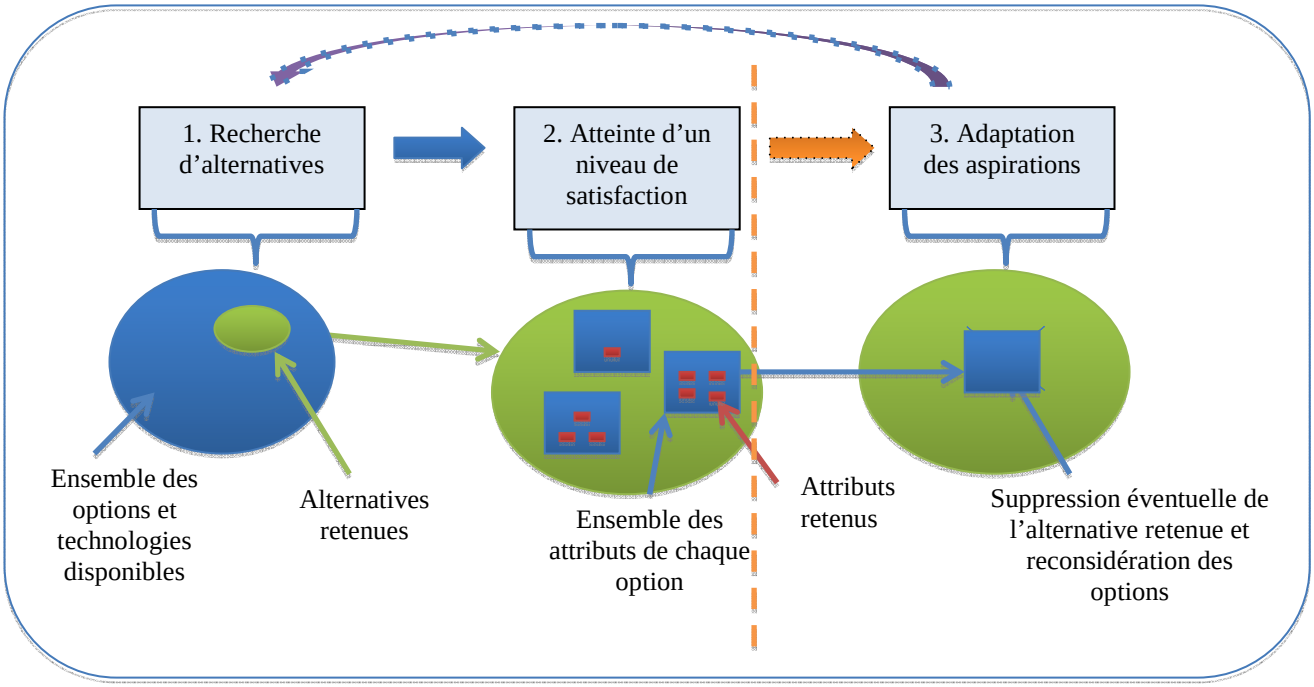
Pour les Post-Keynésiens, il n'y a pas un seul élément-clé qui détermine les décisions d'achats, ces dernières étant en réalité basées sur des « règles compensatoires ». Cette théorie des choix de consommation s'appuie sur le principe de rationalité procédurale (Simon, 1976) pour expliquer le mécanisme qui conduit à rechercher un niveau de satisfaction et non un niveau optimal : les agents utilisent des règles et des procédures de décisions qui leur permettent de réaliser des choix rapidement et efficacement, même si l'information est imparfaite. Pour y parvenir, seuls certains critères sont pris en compte dans la décision. Lorsque ces critères sont satisfaits, un seuil de satisfaction est atteint et c'est à partir de ce dernier que le consommateur va arrêter son choix. L'heuristique d'élimination réduit alors le nombre d'alternatives en rejetant immédiatement celles qui ont le pire score pour un attribut spécifique (Todd et Gigerenzer, 2003). Lorsqu'il n'y a pas d'avantage décisif entre plusieurs options, il est possible qu'aucun choix ne soit réalisé et que la décision d'investissement soit reportée (Dhar et Nowlis, 1999). La rationalité procédurale peut être considérée comme une « rationalité raisonnable » dans la mesure où elle constitue la seule réponse pratique à un environnement caractérisé par une connaissance limitée des contraintes de temps ou encore des incertitudes importantes (Lavoie, 2004a). Le niveau de satisfaction correspond alors à la valeur qu'une alternative doit atteindre pour être considérée comme satisfaisante. Ce niveau d'aspiration peut être modifié au cours du processus de décision. Le décideur examine différentes alternatives jusqu'à ce qu'il trouve une solution pratique (la plus évidente, atteignable et raisonnable) qui correspond à un niveau adéquat d'acceptabilité et non à la solution optimale. Selon ce principe, le ménage qui, lors de la première étape, a restreint son choix à quelques options, va dans une seconde étape analyser chacune de ces options en fonction d'un nombre de critères également restreint. C'est l'option qui va satisfaire le mieux ces critères qui sera alors choisie.

(3) L'adaptation des aspirations

Le niveau d'aspiration n'est pas définitif, mais évolue avec des ajustements constants dans le temps. Il va augmenter si les alternatives satisfaisantes sont faciles à trouver et diminuer si au contraire elles sont rares et demandent un effort trop élevé pour les repérer. Par exemple, si après avoir délimité les alternatives envisageables, puis choisit celle qui correspond à la plus satisfaisante au regard des critères qu'il a retenu, un ménage est confronté à des difficultés pour se procurer le bien qui lui est le plus désirable ou si d'autres informations lui sont ensuite révélées sur cette option ou les autres, il peut alors revenir sur ce premier choix.

Ainsi, lorsqu'un agent doit prendre une décision, il est confronté à deux types de situations : soit il s'agit d'une situation familière dont il connaît le meilleur mode d'appréhension. Il est alors capable d'arbitrer rapidement, voire de réaliser les calculs nécessaires pour parvenir à déterminer la meilleure alternative et peut même, lorsqu'il s'agit de décision routinière et de problème relativement simple, choisir la meilleure option de façon presque spontanée. En revanche, lorsqu'il est confronté à un problème nouveau, il doit d'une part trouver une méthode qui l'aide à choisir entre plusieurs alternatives, et d'autre part choisir l'alternative qui lui semble la plus satisfaisante (Selten, 1999). La possibilité de trouver la ou les solutions les plus optimales est alors réduite à chacune de ces étapes (Figure 2, p. 41).

Figure 2 : Les trois étapes des choix d'investissement



- Dans la première étape, seul un nombre restreint d'alternative est retenu (cercle vert dans la partie gauche du schéma) parmi l'ensemble de celles disponibles sur le marché (cercle bleu).
- Dans la seconde étape, le décideur va retenir la solution parmi celles retenues à l'étape 1 (dans le schéma, le décideur à retenu 3 alternatives qui sont représentées par les rectangles bleus) qui contient le plus grand nombre d'attributs que celui-ci recherche (représentés par les rectangles rouge). Il va ensuite chercher à se la procurer. Si aucune interférence – comme l'indisponibilité de cette solution, l'obtention de nouvelles informations, etc. – ne survient entre sa décision d'achat et son achat, il va concrétiser son investissement (ligne orange en tirets).
- En revanche, si pour diverses raisons il reconsidère son choix, le processus de décision passe par une troisième étape (flèche orange en pointillés) qui est l'adaptation des aspirations. Ici, soit il réadapte rapidement ses aspirations en fonction des informations récoltées et aux sélections opérées lors des étapes précédentes, soit il reconsidère l'ensemble des choix et revient à l'étape initiale (flèche mauve en haut du schéma).

Ces étapes inhérentes au processus de décision peuvent être considérées comme autant de barrières à l'investissement dans les options les plus efficaces du point de vue énergétique, car les solutions sont restreintes aux préférences des agents qui dépendent de plusieurs critères ou attributs, des informations dont ils disposent, des objectifs qu'ils poursuivent mais également, comme nous l'expliquons dans la partie suivante, de leurs habitudes, connaissances et du contexte socioculturel.

2.3. Les dépendances

Les règles de décisions suivent un principe qui peut être qualifié de « non-indépendance » sur deux plans : d'une part les décisions sont dépendantes d'une situation de référence (des connaissances, des attentes et des routines de décisions) et d'autre part elles sont dépendantes d'un contexte social, de normes et de valeurs.

2.3.1. Les dépendances individuelles : les « points d'ancrage »

La dépendance à un point de référence explique pourquoi les attentes concernant les conséquences de la décision sont importantes (Thaler, 1985). Si les attentes se rattachent à un point de référence élevé, certains résultats vont être perçus comme des pertes et réduire l'utilité associée à ce choix d'investissement, même s'ils entraînent en réalité des gains par rapport à un scénario de référence *business as usual* (Frey et *al.*, 2004).

2.3.1.1. Les biais de « statu quo »

Les individus ne prennent pas une décision en maximisant leur utilité mais en comparant les effets probables de cette décision avec une situation de départ à partir de laquelle les pertes potentielles sont surévaluées par rapport aux gains potentiels (Tversky et Kahneman, 1981, 1986). La théorie des perspectives qui traite de la prise de décision en présence d'incertitude postule que le changement de bien-être, de gain en perte, est évalué par rapport à un point de référence, qui est habituellement le statu quo. Pour les consommateurs, le changement de bien-être est plus important quand il s'agit de perte que lorsqu'il s'agit de gain espéré et ce, pour une même ampleur (Kahneman et Tversky, 1979). Cette aversion aux pertes mène à des biais de statu quo[29] (Shrogen et Taylor, 2008). La manière dont les éléments sont présentés aux décideurs peut influer le résultat de la décision. Positionner une décision comme un choix entre des pertes ou un choix entre des gains peut inverser les préférences, même si les revenus et les valeurs espérées sont identiques (Tversky et Kahneman, 1981). Cet écart est constaté empiriquement lors des enquêtes menées pour des évaluations contingentes où, pour un changement de bien être similaire, les consentements à payer (*Willingness To Pay*) des individus sont inférieurs aux consentements à recevoir (*Willingness to Receive*) (Shrogen et Taylor, 2008). Ainsi, les individus peuvent avoir tendance à considérer que les nouvelles technologies présentent plus de risques (de panne, d'accident) que celles qui sont anciennes et donc éprouvées. Ils peuvent également envisager d'attendre la prochaine génération technologique plutôt que d'investir dans la génération actuelle et reporter ainsi leur décision d'investir. Etant donné le caractère irréversible de certains investissements (voir 1.2.3, p.23), la résistance aux changements des ménages est d'autant plus forte (Boulanger, 2005). L'aversion aux pertes, l'ancrage et les biais de statu quo illustrent donc l'importance du

[29] Les biais de statu quo représentent toutes manifestations de résistance aux changements.

contexte dans la prise de décision. Il y a deux principales implications pour la modélisation microéconomique de la décision : d'une part, l'utilité dépend d'un point de référence et d'autre part, l'utilité est portée par les gains et les pertes relatifs à ce point de référence et non au revenu final.

2.3.1.2. L'effet de saillance

La façon dont l'information est structurée dans les différents contextes de décision peut également influencer les choix. Les conclusions que dressent les consommateurs après une analyse des opportunités qui s'offrent à eux sont conditionnées par la forme dans laquelle l'information sur le prix et les données sur le produit sont transmises et par leur capacité à analyser ces informations (Kempton et Layne, 1994). Les préférences sont donc influencées par la « charge cognitive » (*cognitive burden*) de l'information recueillie et traitée. La rationalité individuelle (au sens normatif) est limitée par ces contraintes psychologiques et environnementales (Conlisk, 1996). Pour prendre une décision, les individus ont tendance à porter leur attention sur un certain type d'informations plutôt que de chercher et traiter toutes les informations pertinentes (Ariely et *al*. 2003).

- Impact de l'effet de saillance sur les choix d'investissements

Yates et Aronson (1983) ont montré que les consommateurs donnent un poids plus important aux éléments observables et percutants, phénomène souvent appelé « l'effet de saillance ». Du fait de l'inséparabilité des caractéristiques des produits, cet effet peut conduire les consommateurs à préférer des produits qui ne sont pas réellement énergétiquement efficaces, mais qui présentent des attributs visibles plus proches de leurs attentes (prix initial, couleur, fonctionnalité). Plus généralement, ils peuvent procéder à des investissements visibles (une voiture, un canapé) – lorsque ces investissements répondent pour eux à des besoins secondaires – plutôt qu'à des produits non « saillants » comme l'isolation des murs.

- Impact de l'effet de saillance sur la perception des postes de consommations énergétiques

Kempton et Montgomery (1982) ont réalisé une enquête pour déterminer quels sont les indicateurs les plus utilisés par les ménages pour réaliser un suivi de leur consommation énergétique. Ils notent que les choix de consommation énergétique sont plus difficiles à analyser que d'autres choix de consommation notamment en raison du fait que les différents

usages énergétiques dans le logement sont agrégés dans une ou deux factures. Les ménages ne parviennent pas toujours à identifier quels sont les postes le plus consommateurs et ne réalisent donc pas les investissements les plus efficaces lorsqu'ils décident de réduire leur consommation. L'éclairage, est parfois perçu comme le poste le plus consommateur d'énergie, alors qu'il est en réalité le moins. Naturellement, les ménages qui perçoivent l'éclairage comme le poste plus énergivore, considèrent que la meilleure action pour réduire leur consommation énergétique est de maîtriser l'utilisation de la lumière artificielle. D'après cette étude, certains de ces ménages considèrent que cette action permettrait de faire économiser deux fois plus d'argent que la réduction de la consommation d'eau chaude sanitaire (qui peut pourtant consommer sept fois plus d'énergie que l'éclairage) et parlent de « facture d'éclairage » plutôt que de facture d'énergie. Les auteurs justifient cette vision erronée des ménages par des explications cognitives mais aussi historiques. Le facteur cognitif qui explique cette place prépondérante donnée au poste éclairage correspond au fait que la production de lumière est plus visible que la production d'eau chaude. Il s'agit ici d'une manifestation claire de « l'effet de saillance ». D'un point de vue historique, les générations précédentes (les parents et les grands-parents des répondants) étaient peu équipées en appareils électriques et le poste éclairage constituait la majeure partie de la facture. Ce poste était donc à l'époque bien celui sur lequel il y avait le plus grand pouvoir d'action pour réduire la consommation énergétique.

- Impact de l'effet de saillance sur le choix d'indicateurs de l'évolution des consommations énergétiques

L'étude de Kempton et Montgomery (1982) révèle par ailleurs que certains ménages utilisent l'intervalle de temps entre deux remplissages de réservoir de chaudière fonctionnant au fioul comme indicateur pour mesurer l'importance de leur consommation. Pour d'autres, l'indicateur principal est le montant global de la facture qui est perçu comme le seul indicateur disponible pour comparer les consommations énergétiques sur différentes périodes. Les ménages ont conscience de la relation entre la consommation énergétique, le prix de l'énergie et leur facture énergétique. Cependant, ils utilisent la valeur monétaire comme pour l'ensemble des autres biens, ce qui leur permet également de comparer les différentes catégories de biens ou de postes de dépenses entre eux. Ce comportement peut expliquer en partie le fait que les ménages ne veillent pas particulièrement à maîtriser leur consommation énergétique. En effet, le prix de l'énergie demeurant relativement bas, la facture énergétique ne représente qu'une faible part dans le budget des ménages par rapport au budget consacré à

d'autres postes tels que le logement ou l'alimentation. Comme les experts et les ménages n'utilisent pas les mêmes unités pour mesurer la consommation énergétique, lors de décision d'entreprendre les travaux, leurs calculs n'aboutissent pas aux mêmes conclusions[30]. Les économies financières engendrées par les mesures de réduction correspondent pour les premiers à la différence des volumes d'énergie consommées aux deux périodes (c'est-à-dire avant et après travaux) multipliés par le prix de l'énergie à la seconde période. Pour les ménages, elles correspondent à la différence entre la facture de la première période et la facture de la seconde. À prix de l'énergie (ainsi que de l'abonnement payé au fournisseur) constant, sans modification du comportement de consommation et corrigé du climat, ces deux méthodes donnent des résultats équivalents. Cependant, lorsque les prix de l'énergie augmentent, et que la durée de vie du nouvel équipement est de plusieurs années, le calcul réalisé par les ménages tend à sous évaluer les économies engendrées. Un calcul de temps de retour sur investissement revient alors pour les ménages à regarder le coût de l'investissement par rapport aux variations de la facture énergétique globale alors que les experts intègrent l'évolution des prix de l'énergie, distinguent les parts fixes (abonnement) des parts variables et intègrent également des données climatiques. Lorsqu'au moins un de ces paramètres diffère entre les deux périodes, les résultats des deux méthodes (ménage et expert) ne sont pas les mêmes, le temps de retour des premiers étant supérieur à celui des seconds et ce, d'autant plus que le coût de l'investissement initial est élevé et l'augmentation des prix de l'énergie importante. Il existe donc des biais inhérents au comportement et à l'utilisation de méthodes d'évaluation par approximation lors du processus de décision (Mazzota et Opulach, 1995).

Même lorsqu'ils prennent conscience que leurs méthodes ne sont pas les plus appropriées, les ménages peuvent préférer continuer à les utiliser afin d'éviter de s'adapter à une nouvelle méthode, qui ne peut être bien maîtrisée immédiatement (Simon, 1956). Cette résistance à l'apprentissage de nouvelles règles est due à la présence de coûts d'opportunités à apprendre ou expérimenter une nouvelle stratégie, rendant « l'essai » trop coûteux (Mullainathan et Thaler, 2000). La résistance aux changements et l'aversion aux pertes sont évidemment différentes selon le profil des ménages et varient en fonction des caractéristiques socio-économiques (âges, revenus, éducation, etc.) des individus et du contexte décisionnel (Hjorth et Fosgerau, 2011)

[30] Comme nous l'avons expliqué au chapitre 2, les méthodes de calcul telles que le temps de retour sur investissement ne sont pas celles qui reflètent le mieux la profitabilité de mesures d'économie d'énergie, mais sont généralement celles utilisées par les ménages enclins à réaliser des estimations de la rentabilité de leurs investissements.

2.3.2. Les dépendances à l'environnement externe et l'influence « socio-culturelle »

2.3.2.1. Le point de vue psychosociologique

Le principe de non indépendance tel qu'il est énoncé dans la théorie Post-keynésienne porte essentiellement sur la dépendance au contexte socioculturel : il est basé sur l'analyse du processus d'apprentissage du consommateur qui observe les choix de consommation des autres agents et s'en inspire (Conlisk, 1980, Lavoie 2004a) :

> "*Preferences are not innate, they are acquired by experience and by imitation of the consumption pattern of friends or of people of higher ranks in the consumers' hierarchy*" (Lavoie, 2004a, p.647).

Le fait que les préférences et les décisions d'achat soient dépendantes de celles des autres agents montre que les choix sont liés à des paramètres socioculturels. Les comportements d'investissement des ménages peuvent en effet refléter un style de vie commun à un groupe social. Selon la théorie des comportements planifiés, les jugements et l'avis des proches sur les choix et pratiques de consommation sont des facteurs qui influencent les individus dans leur façon d'agir (Ajzen, 1991). Ayres *et al*. (2009) ont mis en évidence l'impact des normes sociales dans la consommation d'énergie en montrant que la comparaison de la facture d'un ménage avec celle de ses voisins pouvait avoir un impact sur la consommation du ménage. Des pratiques de consommation et des choix d'investissements peuvent être rejetés s'ils sont considérés comme une déviation par rapport aux normes comportementales (Seligman et *al.*, 1978). Par ailleurs, les individus intègrent des normes et valeurs dans le sens où ils agissent en fonction d'idéaux tels que la réciprocité, l'altruisme, le paternalisme et l'aversion à l'inéquité (Shrogen et Taylor, 2008).

Ces dépendances à la fois par rapport à des routines et à des connaissances personnelles, mais également aux pratiques de consommation, d'investissement et aux avis de l'entourage, concourent à rendre les décisions ancrées dans une situation de référence qui peut mener au maintien du statu quo. Toutefois, les dépendances au cadre socioculturel, peuvent au contraire

parfois impulser une dynamique de changement si les normes et pratiques de ce cadre vont dans le sens d'une maîtrise de la consommation énergétique.

2.3.2.2. Le point de vue sociologique et anthropologique

Pour certains, les décisions individuelles sont avant tout construites et déterminées par des systèmes sociaux et techniques. Dans cette perspective « technico-sociale » les individus ne cherchent pas à consommer de l'énergie ou des ressources fournissant de l'énergie mais plutôt des services qui permettent d'avoir des activités socialement acceptables (Wilhite et *al*., 2000). L'utilisation des technologies par les ménages sont des réponses adaptatives à des conditions locales particulières et des normes et sont donc hautement hétérogènes (Shove, 2003). Les analyses centrées sur la composante psychologique de la consommation énergétique ne permettent pas réellement d'expliquer cette dernière (Wilson et Dowlatabadi, 2007). Le cadre conventionnel du paradoxe de l'efficacité énergétique qui définit ce problème de façon technique et le résout par des objectifs individuels avec des technologies, des pratiques, des normes applicables de façon universelle n'est alors pas pertinent. La dimension sociale de la consommation énergétique peut également permettre de comprendre le paradoxe, puisque la vie dans un logement est intrinsèquement énergétique et plusieurs activités (se chauffer, cuisiner, se laver, se divertir, etc.) ancrent la consommation énergétique dans une routine journalière (Lutzenhiser, 2002) qui peut être considérée comme une forme d'expression personnelle, d'indépendance et de flexibilité (Henning, 2005).

Dans cette perspective, le nombre, le genre, l'âge et les revenus des occupants d'un logement peuvent être utilisés pour créer des typologies socioculturelles (par exemple, deux retraités peuvent ne pas avoir la même consommation énergétique qu'une famille de trois enfants à faibles revenus et les mêmes comportements d'investissements). L'analyse du ménage en tant qu'unité permet aussi une prise en compte de considérations anthropologiques sur le rôle des relations familiales, la parenté, les origines ethniques etc. sur la consommation énergétique (Lutzenhiser et Lutzenhiser, 2006).

Bien qu'elle doive être distinguée de la théorie de la rationalité limitée, la littérature en sociologie et en anthropologie apporte des informations complémentaires sur le

comportement d'investissement[31]. Ce constat conduit à envisager une association entre l'économie et la sociologie afin que la question des choix de consommation soit analysée dans une perspective commune (Abell, 2002).

En définitive, les décisions qui peuvent conduire à des investissements dans l'efficacité énergétique sont liées à l'interaction entre quatre dimensions qui dépendent elles-mêmes de plusieurs paramètres (Stern, 2000) :

- les conditions externes (i) qui dépendent des réglementations, de l'économie des acteurs de marché, des technologies des interactions sociales etc., peuvent soit stimuler, soit entraver le changement de comportement.
- à l'opposé, les attitudes personnelles (ii) : les valeurs (altruisme, égoïsme etc.) entraînent des croyances (menaces des conséquences négatives pour les valeurs et devoir de responsabilité de réduire ces conséquences), qui elles mêmes sont à l'origine des normes (valeurs activités ou normes personnelles) et donc des prédispositions à avoir un comportement spécifique (des attitudes)
- entre les deux : les habitudes (iii) et les aptitudes (iv) qui dépendent du statu socio-économique, compétences techniques, ressources.

Ainsi, en partant d'une comparaison entre les modèles de comportements d'adaptations utilisés en psychologie et les modèles de comportements rationnels utilisés en économie, H. Simon et ses successeurs ont montré des différences notables concernant les mécanismes de choix tels qu'ils sont définis dans la théorie économique standard et les capacités cognitives des agents.

De la définition du concept de rationalité limitée a alors découlé un certain nombre de principes offrant une vision alternative à celle apportée par les économistes néo-classiques concernant l'utilité des agents et la formation et satisfaction des besoins auxquels elle conduit. Les tenants de cette vision alternative montrent que les préférences individuelles transgressent un ou plusieurs des axiomes de préférences sur lesquels la théorie de l'utilité est basée et sont donc « irrationnels » au sens normatif. Les stratégies de décision conduisant à sélectionner entre plusieurs options la ou les solution(s) les plus satisfaisantes sont nécessairement liées à

[31] dans ces disciplines, les développements sur la question des comportements énergétiques des ménages sont très nombreux et offrent une analyse complémentaire à celle proposée en économie de la maîtrise de l'énergie. Nous ne l'abordons que brièvement ici mais renvoyons le lecteur à la synthèse de Wilson et Dowlatabadi (2007).

la question des préférences et des besoins des consommateurs qui vont guider leur choix. Que ce soit pour les besoins ou pour les stratégies de décisions, leur formation est portée par des considérations psychologiques et sociales comme les habitudes, l'expression de valeurs personnelles ou encore l'appartenance à un groupe social. Comme nous le montrons dans la partie suivante, ces dépendances au milieu environnant peuvent être encore plus directes, puisque dans certains cas, les ménages doivent nécessairement se coordonner avec un ou plusieurs acteurs pour effectuer des choix d'investissements.

3. Les limites du pouvoir décisionnel du ménage

Les problèmes d'asymétrie d'information et les capacités cognitives limitées des agents entrainent des coûts d'acquisition et de traitement des informations qui découlent des négociations avec les partenaires potentiels engagés dans un échange (3.1). L'amélioration de l'efficacité énergétique d'un logement nécessite pour un ménage de se coordonner avec, selon le contexte et le statut, un nombre plus ou moins important de groupes d'acteurs : d'abord du côté de la demande, avec le propriétaire s'il est locataire du logement et inversement s'il est propriétaire mais non-occupant (3.2), ou avec d'autres propriétaires s'il possède un logement dans un immeuble en copropriété (3.3.) ; et ensuite du côté de l'offre, avec les fournisseurs de biens et services d'efficacité énergétique et les entreprises qui réalisent les travaux (3.4). Chacune de ces relations peut entraîner un problème d'« incitation clivée » (« *split incentives* ») [32] et engendrer des coûts de transactions décourageants les ménages à entreprendre des travaux d'efficacité énergétique. Dans ce contexte, la faible part d'investissement doit alors davantage être abordée comme un problème de coordination que comme un décalage par rapport à un système optimisé (Johnson et Bowie, 1994).

3.1. L'analyse par les coûts de transaction et la théorie de l'agence

La théorie des coûts de transaction est mobilisée dans certaines recherches en économie de l'efficacité énergétique pour expliquer, du moins en partie, les sous-investissements constatés en pratique par rapport au niveau d'investissement optimal (Howarth et Andersson, 1993 ;

[32] Ce terme, qui désigne le fait que deux parties ont des intérêts divergents, est également trouvé dans la littérature sous les termes d'incitation séparée, d'incitation disjointe, d'incitation divisée.

Golove et Eto, 1996 ; Brown, 2001 ; Ruber et Schleich, 2003). Les coûts de transaction sont initialement ignorés dans la théorie économique néo-classique. Mais cette question a été débattue progressivement et a conduit à faire émerger la théorie des coûts de transaction avec le développement des idées de Coase (1937) puis de Williamson (1981), chef de file du courant néo-institutionnaliste. Les coûts de transaction, longtemps assimilés aux coûts de coordination, correspondent à tous les coûts engendrés par la mise en place de procédures nécessaires à la réalisation des échanges entre deux ou plusieurs parties. Les structures et les organisations peuvent alors être expliquées par les efforts que les agents entreprennent pour minimiser ces coûts (Jensen et Meckling, 1986 ; Williamson, 1989)[33].

Pour Williamson, le problème central n'est pas le caractère de bien public de l'information mais le fait que sa diffusion asymétrique soit en particulier couplée à des risques de comportements opportunistes. Dans ce contexte, la réduction des coûts de transaction passe à la fois par la réduction des asymétries d'information et par la protection contre l'opportunisme. Elle renvoie donc à un problème d'agence[34] : face au comportement opportuniste d'un acteur (l'agent) en charge de réaliser une tâche et qui cache volontairement ses actions et/ou des informations dans le but d'augmenter son surplus, celui pour lequel le service est rendu (le principal) est donc confronté à un problème de risque moral. Ce dernier va donc proposer un contrat à l'agent qui l'incite à révéler les informations et/ou à fournir un effort donné. L'asymétrie d'information conduit donc à la formulation d'un contrat qui vise à régler les problèmes de risque moral[35].

La question des coûts de transaction engendrés par la recherche d'information et les échanges avec différents acteurs est sous-tendue par l'hypothèse de rationalité limitée des acteurs[36].

[33] L'existence de la copropriété et le rôle du syndic en sont une parfaite illustration, puisque la mutualisation des besoins de l'ensemble des propriétaires de logement au sein d'un même immeuble (voir d'un groupe d'immeubles) a pour objectif de réduire les divers coûts de gestion notamment des parties communes.

[34] Dans la théorie des coûts de transaction, les problèmes d'asymétrie d'information sont secondaires par rapport à ceux posés par les comportements opportunistes. En revanche, la théorie de l'agence se focalise uniquement sur l'asymétrie informationnelle mais conserve les autres hypothèses du cadre de référence de l'équilibre général Walrasien (Saussier et Yvrande-Brillon, 2007).

[35] Les modèles principal-agent proposent des contrats dits de second rang (en opposition aux contrats de premiers rangs qui sont formulés en situation d'information symétrique) qui ont une structure généralement complexe et qui supposent des « comportements hypersophistiqués » (Cahuc, 1998, p. 69). Les résultats de ces modèles sont parfois basés sur des hypothèses peu valides empiriquement, telles que la signature de contrats complets qui intègrent l'ensemble des aléas possible. Dans la pratique, les contrats sont plus simples, ne permettent pas d'identifier toutes les sources d'inefficacités et ne contiennent pas nécessairement de clauses concernant les résultats.

[36] Les références aux travaux de H. Simon sont en effet nombreuses dans les développements de l'économie institutionnaliste et néo-institutionnaliste (North, 1990 ; Parthenay, 2005 ; Chabaud et *al*., 2005).

C'est en effet parce que les agents ont des capacités cognitives limitées et qu'ils évoluent dans un environnement incertain que la contractualisation ne peut être complète. Cependant, la rédaction de contrats incomplets ne pose pas de problèmes majeurs si les contractants font preuve de « bonne foi » et mettent tout en œuvre pour que l'ensemble des parties soient satisfait de l'échange. En revanche, lorsque les agents ont un comportement opportuniste, l'incomplétude des contrats peut être source de conflits, en particulier lorsque l'environnement concurrentiel est limité et que les contractants ne craignent pas de se faire remplacer par des rivaux. Dans ce contexte, si les différentes parties cherchent davantage à utiliser tous les moyens qu'ils ont à leur disposition pour servir uniquement leur propre intérêt plutôt que de se conformer à la règle préalablement établie, il devient alors nécessaire d'intégrer dans les contrats des engagements et des incitations poussant les acteurs à respecter les termes des contrats (Saussier et Yvrande-Brillon, 2007).

L'importance des coûts de transaction dépend de trois principales caractéristiques (Williamson, 1989) qui, comme nous le montrons ici, sont en partie représentatives des investissements dans l'efficacité énergétique :

- la spécificité des actifs : lorsque les investissements sont durables et ne sont pas redéployables sans coûts, l'investisseur est enfermé dans une situation de dépendance avec ses partenaires qui le rend plus fragile face à un comportement opportuniste, ce qui peu affecter le bon déroulement des transactions. Comme nous l'avons vu dans la partie 1.2.3 (p.23) de ce chapitre, les investissements dans l'efficacité énergétique sont durables et non redéployables, ce qui crée une dépendance vis à vis des partenaires engagés dans la transaction comme par exemple les fournisseurs de bien d'efficacité énergétique et les artisans chargés de réaliser les travaux.

- la fréquence et la complexité des transactions : plus une transaction est fréquente et plus elle est supposée être coûteuse. Cette caractéristique est toutefois aujourd'hui négligée dans la théorie des coûts de transaction car il est possible à l'inverse de considérer que la fréquence des transactions contribue à réduire les besoins de coordination entre les parties en favorisant la mise au point « d'habitudes contractuelles » (Ghertman, 2003 ; Saussier et Yvrande-Brillon, 2007). Ainsi, en considérant ce point de vue, c'est plutôt la faible fréquence des échanges qui conduit à accroître les coûts de transaction. En effet, dans le cas d'un échange ponctuel, comme

pour la réalisation de travaux d'amélioration énergétique, la fidélisation des partenaires n'est pas requise, ce qui peut favoriser les comportements opportunistes puisque les parties-prenantes ne sont pas amenées à garantir la pérennité du partenariat.

- l'incertitude qui entoure les transactions : l'anticipation par les agents de tous les évènements qui pourraient survenir au cours de l'échange n'est pas possible. Par ailleurs, il est également difficile de prévoir les comportements stratégiques qui résultent de l'opportunisme des acteurs. L'incertitude qui entoure les transactions liées à la réalisation de travaux d'efficacité énergétique est importante notamment car les techniques utilisées, leur efficacité, le savoir-faire des maîtres d'œuvre, etc., nécessitent d'avoir des connaissances spécifiques sur ce sujet. Par ailleurs, les difficultés à anticiper les comportements et les choix des autres partenaires, comme par exemple les autres copropriétaires, contribuent également à renforcer ce climat d'incertitude.

S'il est possible ici de comprendre en quoi les investissements dans l'efficacité énergétique sont associés à des coûts de transaction qui viennent renchérir les coûts initiaux et donc réduire leur rentabilité, il est en revanche plus difficile de les quantifier (Golove et Eto, 1996). Toutefois, les apports de l'économie institutionnaliste et néo-institutionnaliste nous semblent fort intéressants pour approfondir la question du paradoxe de l'efficacité énergétique, notamment lorsque les décisions et les choix d'investissements engagent plusieurs partenaires. L'analyse des différentes catégories de coûts de transaction et de leurs impacts sur la décision d'investissement des ménages est donc ici abordée essentiellement d'un point de vue qualitatif.

Les trois groupes de coûts de transaction qui peuvent être identifiés (Dahlman, 1979, Saussier et Yvrande-Brillon, 2007) doivent alors être avant tout envisagés comme des coûts intangibles engendrés par la « charge cognitive » qui pèse sur les décisions des ménages à investir dans des équipements d'efficacité énergétique :

(1) la première catégorie de coûts est liée à l'imprévisibilité des évènements et émergent avant la décision d'engager le partenariat : il s'agit de coûts *ex ante*. Ils représentent l'effort que les agents consentent pour identifier le maximum d'éventualités qui pourraient survenir pendant la durée du partenariat et qui doivent donc idéalement

être prises en compte dans la formulation du contrat. Cependant, certains évènements sont imprévisibles et il est donc impossible de pouvoir les stipuler, ce qui conduit à formuler des contrats incomplets. Par exemple, la performance exacte des équipements mis en place peut difficilement être stipulée *ex-ante* dans un contrat.

(2) la deuxième catégorie correspond au jeu de négociation entre les différentes parties qui cherchent chacune à servir avant tout son propre intérêt. Une fois l'accord trouvé entre les parties concernées par la transaction, la rédaction et la signature du contrat va également engendrer des coûts. Par exemple, les démarches nécessaires au sein d'une copropriété pour que l'ensemble des copropriétaires s'entendent et opèrent des choix communs, imposent à ces derniers une implication de leur part, ce qui représente un coût en terme de temps.

(3) la troisième, celle des coûts *ex-post*, survient après la formulation du contrat et son acceptation par l'ensemble des parties. Ils correspondent à l'exécution du contrat : les agents doivent vérifier que le contrat est bien respecté, et si ce n'est pas le cas, des recours juridiques doivent être envisagés. Par exemple, un propriétaire-bailleur qui, à la suite de la réalisation de travaux d'efficacité énergétique dans le logement qu'il loue, a négocié avec le locataire une augmentation des charges sous réserve que la facture énergétique de ce dernier diminue, doit pouvoir vérifier que celui-ci n'a pas modifié ses pratiques de consommations énergétiques.

Si l'on considère les barrières à l'efficacité énergétique comme un problème de coordination, la théorie des coûts de transaction et la théorie de l'agence, ont une portée essentiellement explicative (Golove et Eto, 1996). Ainsi, sans que les ménages aillent jusqu'à formuler et utiliser des contrats qui engendreraient des coûts de transaction, la seule perspective pour eux de devoir envisager l'ensemble de ces situations constitue des coûts cognitifs significatifs qui peuvent être d'autant plus élevés que le nombre de partenaires est grand.

3.2. La relation propriétaire – locataire

Dans certaines relations d'échange comme celle qui lie un propriétaire bailleur au ménage qui loue son logement, une des parties n'a pas intérêt à mener une action car c'est l'autre qui pourrait en tirer bénéfice sans avoir à en supporter le coût. Lorsque la facture énergétique est à la charge du locataire, le propriétaire n'est pas incité à réaliser des investissements visant à

accroître l'efficacité énergétique du logement car il ne pourra bénéficier des économies d'énergie. Le locataire est quant à lui également désincité à réaliser des travaux majeurs car même s'il souhaitait conserver ce logement sur une longue période, le bail est signé pour une durée garantie au maximum pendant trois ans et il n'est pas à l'abri de devoir le quitter en cas de mise en vente ; il ne pourrait alors bénéficier d'un retour sur investissement qui ne survient qu'au bout de plusieurs années. D'autre part, la possible valorisation du logement engendrée par la réalisation de travaux d'amélioration thermique ne lui profitera pas. En effet, en raison du caractère spécifique et irréversible de ce type d'investissement (voir 1.2.3, p.23) il ne peut partir avec les nouveaux équipements (double vitrage, chaudière, isolation) et même dans le cas où l'investissement serait rentabilisé avant qu'il ne quitte le logement qu'il occupe, il peut ne pas souhaiter en faire bénéficier le propriétaire, en raison d'une situation de type dilemme du prisonnier[37] et ce d'autant plus si ce dernier n'a pas souhaité participer financièrement aux travaux.

Selon le profil de l'acteur décisionnaire dans le choix des travaux (locataire ou propriétaire) et le mode de facturation de chauffage, les incitations à réaliser des travaux vont être différentes (Tableau 2, p.56).

[37] Le dilemme du prisonnier est utilisé en théorie des jeux pour caractériser une situation où deux parties qui auraient intérêt à coopérer (dans le cas du locataire – propriétaire, le premier valoriserait son patrimoine et le second réduirait sa facture), mais ils ne le font pas car les incitations à trahir l'autre sont fortes et par extension ils ne souhaitent pas que l'un profite d'une situation sans qu'il n'ait eu à en payer le prix, quitte à être également désavantagé par cette situation.

Tableau 2 : Relation propriétaire – locataire et incitations à la réalisation de travaux énergétiques

	Les locataires choisissent les équipements	**Les locataires ne choisissent pas les équipements**
Les locataires payent la facture énergétique	Les locataires vont choisir d'investir uniquement s'ils peuvent conserver les équipements en cas de déménagement (ce qui exclut les travaux de réhabilitation thermique) ou s'ils sont assurés de rester suffisamment longtemps pour récupérer leurs investissements	Les propriétaires ne sont pas incités à réaliser des travaux car ils ne bénéficieront pas de la réduction de la facture énergétique
Les locataires ne payent pas directement la facture énergétique[38]	Ils ne sont pas incités à réaliser des investissements d'efficacité énergétique car ils n'ont pas directement en charge la facture énergétique, à moins que l'éventuelle réduction soit répercutée sur le loyer ou les charges.	Les propriétaires sont incités à améliorer l'efficacité énergétique du logement s'ils ne sont pas tenus de détailler et de justifier le maintien des charges.

Source : Inspiré de Murtishaw et Sathaye (2006), p. 7 et Maruejols et Young (2011), p. 3657.

Lorsque les locataires d'un logement ne payent pas directement la facture énergétique car elle est comprise dans les charges, l'incitation pour ses derniers à réaliser des économies d'énergie peut être extrêmement faible. Ce problème d'asymétrie informationnelle peut conduire à des consommations énergétiques supérieures à celles constatées lorsque le locataire paye directement la facture. L'étude économétrique de Maruejols et Young (2011) sur les comportements de consommations et d'investissements des locataires d'appartement au Canada montre en effet que lorsque ces derniers ne payent pas directement la facture énergétique la température intérieure du logement est supérieure à celle de ceux qui la payent directement et les équipements performants sont moins nombreux.

Dans ce contexte, on ne peut considérer qu'il existe des coûts de transaction au sens strict liés

[38] Légalement, même lorsqu'un loyer est dit « charges comprises » le propriétaire doit justifier le montant des charges en donnant le détail au locataire mais en pratique, ces justificatifs ne sont pas toujours fournis et l'asymétrie informationnelle demeure. La législation veut que le propriétaire donne le détail des charges à la fin d'une période, comme par exemple au bout d'une année. En fonction de la facture énergétique, les charges supplémentaires ou inférieures à la provision fournie tout au long de l'année par le locataire sont demandées ou rendues à ce dernier. Dans ce contexte, celui-ci ne s'intéresse a priori de près à sa consommation énergétique qu'une seule fois par an et a peu de visibilité sur l'évolution concrète de sa consommation et des coûts énergétiques qu'engendre le fonctionnement de son logement.

au dilemme propriétaire-locataire, puisqu'aucune forme de contrat n'est, dans les exemples présentés ci-dessus, concrètement mise en oeuvre. En revanche, la perspective pour ces deux types d'acteurs de se coordonner et d'envisager un potentiel comportement opportuniste de la part d'une ou des deux parties, constitue en elle-même un coût « intangible » qui peut décourager l'investissement. Or l'entente entre ces deux partenaires est pour l'instant la principale clé pour que des travaux d'efficacité énergétique soient réalisés. Selon une étude de l'association UFC-Que choisir (2011), la part la plus importante des litiges dans le secteur du logement concerne les problèmes liés à la location notamment au sujet des travaux à réaliser par le propriétaire et la régularisation annuelle des charges. Sans un système efficace d'incitation, ce dilemme risque donc de continuer à constituer une barrière à l'efficacité énergétique.

Selon plusieurs études empiriques, et notamment celles regroupées dans l'ouvrage « *Mind the Gap : Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency* » IEA (2007), ce phénomène est observé dans la réalité : la plupart des rénovations sont conduites par les propriétaires occupants, notamment les travaux de gros entretiens. Du côté des propriétaires-bailleurs, les professionnels engagent des dépenses supérieures à celles des propriétaires bailleurs « amateurs » qui possèdent peu de logements. Les locataires quant à eux ne réalisent que de faibles investissements. Murtishaw et Sathaye (2006) ont tenté de quantifier l'ampleur de ce problème aux Etats-Unis, en partant du nombre de logements dans chaque catégorie présentée dans le Tableau 2 (p.56) et de la consommation énergétique de différents postes de consommations (Eau Chaude Sanitaire (ECS), réfrigérateurs, chauffage et éclairage). Cette étude les conduit à conclure que ce problème de principal-agent affecte 53% des ménages locataires qui souhaiteraient réaliser des travaux d'efficacité énergétique. Une analyse a également été réalisée dans le secteur résidentiel aux Pays-Bas où en 2002, les logements en location représentaient 46% de l'ensemble des logements (avec 11% de location privée et 35% de logements sociaux). Les auteurs ont évalué l'impact des situations où le locataire paye la facture énergétique mais n'est pas celui qui investit dans les équipements permettant d'améliorer l'efficacité énergétique. Ils observent que les travaux d'efficacité énergétique réalisés ces dernières années dans les logements l'ont été principalement dans ceux occupés par les propriétaires et non dans le secteur de la location. Par exemple, 47% des propriétaires occupants disposent d'une chaudière à condensation contre 25% pour les locataires (IEA, 2007). Selon une étude du Club de l'Amélioration de l'Habitat (CAH, 2001), les propriétaires d'appartement ayant réalisé en 2001 des travaux d'amélioration de leur logement ont dépensé

en moyenne 3 290 €[39] alors que les locataires n'ont dépensé que 830 €. En 2006, 79% des travaux d'amélioration ont été engagés par les ménages occupants, 12% par des bailleurs physiques (propriétaires bailleurs privés) et le reste par des bailleurs sociaux (CAH, 2006a).

Si ces études ne nous renseignent pas sur le type de travaux réalisés (« esthétiques » ou « énergétiques »), elles nous permettent en revanche de constater d'une part, que les propriétaires occupants investissent davantage dans leur logement lorsqu'ils y vivent, et d'autre part, que les locataires dépensent moins que les propriétaires. Ces études nous informent également que les investissements dans l'amélioration des logements sont plus importants dans les maisons individuelles que dans les logements en copropriété. Cela peut s'expliquer, comme nous allons le voir, par le fait que dans les immeubles en copropriété, certains travaux imposent une décision commune de la part des copropriétaires.

3.3. Les relations au sein de la copropriété

La copropriété est une structure organisationnelle[40] avec des règles de fonctionnement qui imposent des procédures de décision assez complexes et rigides. A la différence des logements sociaux ou des maisons individuelles, la décision en copropriété engage plusieurs acteurs. Cela nécessite un accord entre les copropriétaires qui n'est possible que si certaines procédures sont suivies. Par ailleurs, la question de l'entente et du « climat » qui règne au sein de la copropriété et entre cette dernière et ses partenaires (conseils syndicaux, locataires, syndics etc.) est également au centre des potentiels blocages. Ce problème est dû en grande partie à l'hétérogénéité des copropriétaires et de leur situation financière (bailleurs, primo-accédant, retraités etc.). Afin de comprendre pourquoi la copropriété, en tant que structure organisationnelle, peut constituer une barrière à l'adoption de solutions d'efficacité énergétique, il est nécessaire d'abord d'identifier les principaux acteurs et leur rôle dans le

[39] Les accédants récents (moins de 4 ans) ont dépensé davantage que les autres : 5 560€ en moyenne. Ces chiffres portent sur l'ensemble des travaux d'amélioration du logement, qu'ils soient énergétiques ou non (CAH, 2001).

[40] Un immeuble, au sens juridique du terme désigne, les bâtiments, les espaces extérieurs et leurs équipements. Lorsqu'au moins deux personnes détiennent cet immeuble, il s'agit d'une copropriété qui est régie par la loi 65-557 du 10 juillet 1965. Un immeuble est divisé en lots qui comprennent à la fois une partie privative (appartements, caves, garages) et une partie commune (quotes-parts de jardins, d'escaliers, de chaufferie) qui sont déterminées par le règlement de copropriété. Ce dernier est rédigé par un notaire avant la mise en copropriété et approuvé lors de la première assemblée générale et ne peut être modifié que par des décisions des assemblées générales suivantes.

système de gouvernance de cette entité, les modalités de décisions, et ensuite de voir en quoi l'existence de différents profils de ménages complexifient le processus de décision.

3.3.1. Gouvernance et acteurs : impact sur la mise en œuvre de travaux d'efficacité énergétique

Une copropriété fonctionne avec : un syndic qui est le gestionnaire et qui peut être un professionnel ou un bénévole ; un conseil syndical qui est l'organe élu par l'assemblée générale qui contrôle et assiste le syndic (article 21 de la loi du 10 juillet 1965). L'assemblée générale qui se réunit généralement une fois par an, prend les décisions concernant la copropriété en respectant les règles de majorité qui sont plus ou moins contraignantes selon le type de décision.

3.3.1.1. Le mode décisionnel

L'assemblée générale (AG) constitue l'organe décisionnel. Elle est convoquée au moins une fois par an et réunit l'ensemble des copropriétaires qui s'expriment par vote. Le nombre de voix de chaque copropriétaire est fixé au prorata de ce qu'il possède puisqu'il est calculé en fonction de la quote-part de parties communes comprises dans son lot par rapport aux « millièmes » ou « tantièmes » qu'il représente. Lors des décisions en AG, le copropriétaire peut être présent à l'assemblée générale, se faire représenter ou ne pas y participer. Les décisions de gestion courante requièrent la majorité simple des voix exprimées des copropriétaires présents et représentés lors de l'assemblée générale, quel que soit le taux de présence. Les décisions relatives aux travaux, dont les travaux d'efficacité énergétique, requièrent en revanche la majorité absolue des voix de tous les copropriétaires, y compris les absents non représentés (article 25 de la loi de 1965), ce qui permet de limiter les contestations des copropriétaires et les « abus de position dominante » des propriétaires qui disposent, en raison de leur quote-part d'un nombre de voix plus important. Les règles de fonctionnement et de prise de décision en assemblée générale nécessite un consensus sans lequel, toute décision est bloquée : si l'article 25 permet de préserver l'équité entre les propriétaires, il peut en revanche être à l'origine de blocage lorsque les divergences entre les copropriétaires sont trop fortes où si l'absentéisme est trop important. L'absentéisme est

d’autant plus élevé que les copropriétés sont grandes et les situations de blocages d’autant plus nombreuses (Braye, 2012).

Les travaux d’efficacité énergétique comme l’isolation des parois ou le remplacement de chaudière collective par un système plus performant, portent sur les parties communes et requièrent donc la majorité absolue. En revanche, les travaux qui portent sur les parties privatives, comme le remplacement des vitrages ne nécessitent aucun vote en AG tant qu’ils ne modifient pas l’aspect extérieur du bâtiment. En cas de décision de vote des travaux, des appels de fonds spécifiques sont mis en place séparément des charges courantes payées tous les semestres par les copropriétaires. Les principales catégories de charges et leur évolution sont expliquées dans l’Encadré 4 (p.61).

Encadré 4 : Les charges de copropriété

Certaines charges sont dites discrétionnaires c'est-à-dire que les dépenses qu'elles entrainent sont dépendantes de l'intensité d'usage du logement et des exigences des occupants concernant la qualité de service et de confort du logement. On compte dans les charges discrétionnaires : l'eau froide, le chauffage et l'eau chaude sanitaire (seulement les fluides), la consommation électrique, les fournitures et l'entretien, les frais de personnel, les sociétés extérieures, les espaces verts.

L'autre catégorie de charge (les charges non discrétionnaires) porte sur les dépenses qui sont relativement indépendantes de l'intensité d'usage du logement. Il s'agit des impôts locaux, des assurances générales, des honoraires du syndic et des travaux d'entretien (ces deniers relèvent d'une logique patrimoniale de maintien en l'état de l'immobilier c'est la raison pour laquelle ils sont classés dans les charges non discrétionnaires, bien qu'ils puissent être dépendant de l'intensité d'usage).

L'enquête sur les charges de copropriété réalisé par Mouillart (2009) pour le compte de l'union des Syndicats de l'Immobilier fournit des résultats généraux sur les charges des copropriétés en 2008 qui montrent que le principal poste est celui du chauffage et de l'ECS (19.4%) suivi des frais de personnel (15.2%) et de l'eau froide (12.7%) parmi l'ensemble postes de dépenses cités précédemment. Toutefois, si l'étude fait ressortir des chiffres globaux pour l'ensemble des copropriétés de l'échantillon, le poids de ces postes dans la totalité des charges est lié aux spécificités des copropriétés telles que le niveau de sophistication des équipements installés, du nombre et de la taille des lots gérés dans chaque immeuble, de la situation géographique, l'ancienneté de l'immeuble, la présence ou non de personnel permanent etc.

L'évolution du niveau des charges au cours des dernières années est fortement lié aux postes énergétiques comme le chauffage et l'ECS. Ainsi, en moyenne au niveau national, les charges de chauffage et d'ECS ont augmenté de 8.2% entre 2002 et 2008, alors que l'augmentation moyenne de la totalité des charges est de 4.2%. Cette augmentation est corrélée à l'augmentation des prix de l'énergie de ces dernières années.

Le poste « travaux d'entretien » correspond à l'augmentation la plus importante entre 2002 et 2008 avec 9.1% de plus. Celle-ci s'explique en particulier par l'alourdissement des règles en matière de santé et de sécurité (amiante, saturnisme, ascenseurs etc.) ainsi que le renforcement des exigences des occupants à l'égard des équipements de sécurité (digicodes, interphones, portails électriques, etc.).

3.3.1.2. Le rôle du syndic de copropriété

Les AG sont convoquées par le syndic de copropriété qui représente et exécute les décisions des copropriétaires et peut être éventuellement placé sous le contrôle d'un conseil syndical[41]. Il veille à la bonne gestion de la copropriété en administrant les fonds nécessaires à la conservation, à la garde et à l'entretien des immeubles. C'est un acteur incontournable des décisions collectives de la copropriété pour trois raisons principales (Brisepierre 2011) : d'abord, en tant que représentant légal de la copropriété il est le seul à pouvoir engager des dépense ; ensuite, il détient des connaissances sur les règles juridiques et comptables qui le rendent indispensable lors des décisions de la copropriété ; enfin, lors des échanges avec des parties-prenantes extérieures à la copropriété comme les entreprises de travaux, il joue le rôle d'intermédiaire et donc de coordinateur. Dans le cas de travaux d'efficacité énergétique, c'est lui qui va, par exemple, faire des demandes de devis auprès des artisans et assurer le suivi des travaux.

Le syndic peut soit appartenir à un cabinet indépendant, soit à un grand groupe, ou soit être bénévole. La catégorie à laquelle il appartient peut avoir une influence sur son implication dans les affaires de la copropriété concernant sa présence dans l'immeuble, le suivi des dossiers, la bonne relation de travail avec le conseil syndical, la plus ou moins bonne connaissance qu'il a de l'immeuble et des copropriétaires, etc. (Dhont et *al.*, 2010). En France, en 2002, dans 93% des cas, la gestion des logements en copropriété était assurée par un syndic professionnel et dans 5.3% par des syndics bénévoles[42] (ANIL, 2001).

3.3.1.3. Le mode de rémunération du syndic

Les honoraires d'un syndic professionnel correspondent en moyenne à 8.5 % des charges totales d'une copropriété (Mouillart, 2009). C'est sur la base d'un prix forfaitaire (relatif au

[41] Le conseil syndical est constitué de copropriétaires élus pour un mandat d'une durée de trois ans maximum. Il est chargé d'assister et de contrôler la gestion du syndic (comptabilité, conclusions des contrats avec les prestataires extérieurs etc.) et participe à l'élaboration de l'ordre du jour des AG. Son existence n'est pas obligatoire. Dans la mesure où il représente les copropriétaires, il doit pouvoir jouer un rôle actif dans les décisions qui sont prises par la copropriété et constituer un contre-pouvoir vis-à-vis du syndic. En réalité son rôle est plus ou moins important selon le profil de ses membres et de son unicité. Parfois il peut être divisé ou relativement réduit, avec des membres peu concernés ou dépassés par les affaires de la copropriété (Sellier et Taïeb, 2010).

[42] Les syndics bénévoles gèrent principalement les petites copropriétés (c'est-à-dire qui comprennent 20 lots ou moins).

nombre de lots) et de prestations complémentaires que ce dernier se rémunère. Les tarifs forfaitaires qu'ils proposent sont relativement bas car la concurrence est importante. Ils complètent leur rémunération par un ensemble de prestations spécifiques, tel que le suivi des travaux, dont la rémunération varie généralement de 2 à 4 %.

Toutefois, ce mode de rémunération n'est en général pas suffisant pour inciter les syndics à s'investir dans les dossiers relatifs aux travaux d'efficacité énergétique car ils sont rémunérés seulement une fois que les travaux sont votés. Mais l'investissement de leur part – en temps de travail – nécessaire pour arriver aux votes des travaux peut être lourd, d'autant plus qu'ils n'ont pas, a priori, de compétences spécifiques concernant les questions d'économies d'énergie puisqu'ils sont généralement recrutés pour leurs compétences comptables et juridiques. Par ailleurs, une prise de position de leur part sur l'intérêt de réaliser des travaux qui ne sont pas obligatoires les confronte au risque de ne pas se voir renouveler leur contrat de gestion si la majorité des copropriétaires est contre ces travaux (Brisepierre, 2011).

Ces raisons peuvent expliquer pourquoi les syndics sont, selon Bougrain (2006), peu engagés sur ces questions. Il ressort de son enquête[43] que les administrateurs de biens sont avant tout préoccupés par les évolutions réglementaires telles que les décrets relatifs à la sécurité des ascenseurs ou aux nouvelles règles de tenue de la comptabilité des syndicats de copropriétaires. Aussi, la plupart dit ne pas percevoir de la part de leurs clients une demande relative aux actions de maîtrise de la demande énergétique (MDE) et estime que cette question est très largement secondaire par rapport aux affaires courantes de la copropriété. Les acteurs interrogés considèrent que la décision de remplacer un équipement de chauffage ancien par un nouveau plus performant est déclenchée par la vétusté de l'équipement, mais que le changement préventif est rare voir absent. Enfin, les syndics sont mandatés pour un an par l'assemblée générale (AG) et dans ce contexte ils privilégient davantage les actions de court terme. Il apparaît donc qu'ils se cantonnent le plus souvent à leurs missions d'ordre comptable et juridique et ne sont encore que très peu préoccupés par la problématique de l'efficacité énergétique dans les logements. Bougrain conclut son rapport en expliquant que le « *jeu d'acteurs qui occupent le marché de l'immobilier résidentiel, limite les perspectives de développement de service d'efficacité énergétique. Aucun des interlocuteurs rencontrés ne*

[43] Cette enquête a été réalisée dans le but d'apprécier la place et le rôle des acteurs intermédiaires de la gestion immobilière sur les questions de la maîtrise des consommations d'énergie. L'échantillon correspond à six représentants d'administrateurs de biens, trois acteurs institutionnels, trois sociétés de services énergétiques et deux fournisseurs d'énergie.

croit d'ailleurs à leur développement dans un futur proche » (p 30). Six ans après cette enquête, ces acteurs semblent davantage impliqués sur les questions de MDE si l'on se réfère à certaines de leurs communications. Néanmoins, comme le souligne Brisepierre (2011), il demeure un écart entre les faits – qui montrent un faible investissement des syndics sur ces questions – et les discours des fédérations professionnelles qui mettent de plus en plus en avant leur engagement dans la promotion des économies d'énergie. Selon lui, "*les engagements semblent avant tout être destinés aux pouvoirs publics, car il existe un fossé entre les représentants des administrateurs de biens et le discours des agences sur le terrain*" (p.616).

Le modèle juridique, le mode de fonctionnement et le mode de gouvernance qui régissent les copropriétés ont été envisagés essentiellement pour que les tâches de gestion courantes soient traitées et donc, pour des immeubles en bon état et sans difficultés majeures. Mais cette structure organisationnelle ne semble en revanche pas adaptée dès lors que des projets différents de ceux habituellement suivis doivent être engagés ou que d'importantes difficultés surviennent. Dans un tel contexte, l'équilibre et le fonctionnement pérenne de la copropriété peut être menacé (Braye, 2012). En reprenant la définition de Crozier[44], Brisepierre (2011) décrit la copropriété française comme « *l'idéal-type de l'organisation bureaucratique* » notamment en raison de l'empilement des textes juridiques, de la centralisation lors des AG et de l'isolement de certains copropriétaires.

3.3.1.4. Les systèmes d'incitation

La mobilisation de la théorie de l'agence peut permettre ici d'analyser la relation entre les différents partenaires au sein de la copropriété et en particulier celle qui lie les copropriétaires au syndic. Ce dernier est considéré comme l'agent chargé d'accomplir les missions que lui confie le principal (le syndicat de copropriété, c'est à dire l'ensemble des copropriétaire). Dans ce type d'échange, les copropriétaires doivent faire face à la fois à un problème d'asymétrie d'information puisque le syndic détient des informations que eux n'ont pas (ou peuvent difficilement se procurer) mais également à un problème d'aléa moral, car ce dernier cherche à minimiser le temps qu'il passe sur la gestion de la copropriété. Il s'agit donc bien de

[44] Crozier M.(1963), *Le phénomène bureaucratique*. Edition du Seuil, cité par Brisepierre (2011), p. 611.

trouver une solution qui permette de corréler le revenu de l'agent avec le niveau d'effort qu'il fournit (Stiglitz, 1974).

Certaines solutions proposées par la théorie de l'agence sont déjà appliquées mais sont soit mal adaptées, soit inefficaces. Par exemple, relier la rémunération à son niveau de production plutôt que son niveau d'effort (Lazear, 2000) n'est pas efficace d'abord parce qu'il faut pouvoir déterminer précisément le niveau de production, ce qui est complexe lorsque les tâches sont multiples et en évolution. D'autre part, car cela amène le syndic à se focaliser uniquement sur les tâches qui sont précisément définies et à ne pas s'intéresser à celles qui peuvent améliorer le bien-être des copropriétaires, dès lors qu'elles ne sont pas stipulées formellement. C'est notamment à cause de ce mode de fonctionnement que les syndics se sont cantonnés à exécuter en priorité, voire uniquement, les tâches de gestion courante de la copropriété au sens strict, sans envisager de voir la question de la maîtrise des consommations énergétique et d'amélioration du confort également comme une mission de gestion. Ceci est aussi vrai pour le principal, puisque les syndicats de copropriété, ne pouvant pas observer l'effort de l'agent et ne souhaitant pas que les honoraires soient revalorisés, n'ont pas particulièrement cherché à réviser les termes des contrats.

Une autre solution proposée par la théorie de l'agence est d'accorder à l'agent une part de rémunération fixe, le protégeant contre le risque, et une part de rémunération variable conditionnée par l'effort qu'il fournit et les tâches qu'il accomplit. Nous pouvons ici supposer que la part fixe concerne les tâches de gestions courantes et que la part variable concerne les travaux exceptionnels comme les travaux d'efficacité énergétique. La part variable est aujourd'hui rémunérée en fonction seulement de la production finale puisque, comme nous l'avons vu, tant que les travaux n'ont pas été votés, le syndic ne touche pas de rémunération. Cependant, dans la mesure où l'effort que le syndic engage en amont du vote des travaux est imparfaitement observable, le syndicat de copropriétaire ne peut établir une rémunération adéquate.

Le système de rémunération actuel des syndics de copropriété n'est donc pas adapté aux enjeux de la réhabilitation thermique puisque le syndicat de copropriété ne propose pas au syndic un système de rémunération suffisamment efficace pour l'inciter à s'investir sur cette question, ni la valorisation par la production ni la valorisation par l'effort n'étant possible. Ainsi, dans la mesure où certains éléments ne peuvent pas être vérifiés ou contractualisés

(Grossman et Hart, 1986), les contrats passés entre les syndics et les copropriétés sont donc incomplets.

3.3.2. L'hétérogénéité des ménages

La décision d'un ménage d'engager des travaux d'efficacité énergétique est influencée essentiellement par deux paramètres interdépendants: son « profil énergétique » et son « profil social ». Le rapport entre ces deux pour un même ménage, mais également l'interaction d'un ensemble de ménages ayant des profils différents, vont grandement influencer les décisions d'investissements au sein de la copropriété. Sans réaliser ici une analyse sociologique approfondie des différents types de ménages, nous présentons simplement le lien possible entre leurs principales caractéristiques et la décision d'accepter au sein de la copropriété de voter des travaux de réhabilitation thermique.

3.3.2.1. L'hétérogénéité des profils sociaux et des préoccupations …

La différence entre les profils sociaux et les statuts des ménages qui résident dans une même copropriété peut constituer un facteur bloquant dans la mesure où tous n'ont pas les mêmes capacités de financement des travaux ou les mêmes préoccupations. En effet, les ménages à faibles revenus et/ou déjà endettés suite à l'acquisition de leur logement[45], ne disposent pas ou peu de fonds propres et n'ont pas facilement accès au crédit. Ainsi, même s'ils le désirent, ils ne vont pas voter pour la mise en œuvre des travaux lors des AG car ils n'en n'ont tout simplement pas les moyens. Ce sont pourtant souvent les copropriétés les plus concernées par des enjeux techniques qui sont également celles qui sont socialement « les plus fragiles » (Braye, 2012). Par ailleurs, les ménages les plus âgés ne sont pas porteurs de la nécessaire vision de long terme que doit intégrer tout agent désireux de réaliser les travaux d'économies d'énergie. D'une part les retraités sont en effet moins enclins à investir dans la mesure où ils ne sont pas certains de pouvoir bénéficier de la profitabilité des travaux, et d'autre part, ils ont également des possibilités d'emprunts très restreintes.

[45] L'accession à la propriété représente une charge importante pour les ménages, et les nouveaux acquéreurs qui se sont endettés sur de nombreuses années ne sont pas toujours disposés à réaliser des travaux de réhabilitation à la suite de l'acquisition du logement bien que ce moment soit une occasion à saisir pour ce type de travaux.

3.3.2.2. … et l'hétérogénéité des profils énergétiques…

L'hétérogénéité de la situation énergétique des ménages dépend des caractéristiques thermiques de leur logement (état des vitrages, système de chauffage, exposition, localisation dans l'immeuble, etc.). Il est évident qu'un logement orienté plein sud, avec du double vitrage et situé ni au rez-de-chaussée, ni au dernier étage, aura des besoins bien inférieurs à un logement plein nord au dernier étage avec des simples vitrages. Le terme de « voleur de chaleur » est parfois employé pour qualifier les ménages qui profitent de leur localisation au sein d'un immeuble pour bénéficier du chauffage de leur voisin et réduire ainsi leur consommation énergétique, ou améliorer leur confort. Le comportement de ces ménages peut être qualifié de « passager clandestin » puisqu'ils profitent d'avantages pour lesquels ils n'ont versé aucune contrepartie monétaire. Dans cette situation, l'énergie de chauffage revêt partiellement les caractéristiques d'un « bien non-exclusif » puisque certains ménages ne peuvent être exclus de la consommation même s'ils n'en supportent pas les coûts. Ces derniers profitent alors d'externalités créées par leurs voisins et n'ont pas d'incitation à investir dans des travaux d'amélioration énergétique.

Dans ce contexte, les différences d'impact des travaux d'efficacité énergétique au sein d'une même copropriété peuvent être significatives. L'isolation de la toiture d'un immeuble apparaitra comme une solution bien plus efficace pour le ménage habitant au dernier étage que pour les autres. Si en moyenne, pour l'ensemble de l'immeuble, cette solution peut s'avérer bénéfique, elle présente un potentiel différent pour chaque ménage pris individuellement. Il y a donc un biais lié à l'agrégation qui explique pourquoi, une mesure qui peut être profitable en moyenne, ne l'est en réalité que pour une partie des ménages.

Lorsque le chauffage est collectif et qu'il n'y a pas de compteur individuel, le comportement de passager clandestin peut se manifester pour d'autre raison : un ménage est moins incité à maîtriser sa consommation énergétique s'il considère que les autres copropriétaires peuvent augmenter la leur et donc profiter de ses propres efforts. L'individualisation de la facture peut alors permettre de responsabiliser chaque ménage sur sa consommation énergétique[46] mais ne

[46] Les copropriétaires ignorent parfois combien ils paient annuellement de facture de chauffage et ne savent pas toujours non plus avec quel type d'énergie ils se chauffent, en particulier lorsque le chauffage est collectif (Carassus, 2010).

modifie pas, voire augmente, l'occurrence d'un autre comportement de passager clandestin, celui du « voleur de chaleur ».

3.3.2.3. … conduisent à une hétérogénéité des choix

Naturellement la diversité des profils des ménages complexifie le processus de décision en copropriété. En utilisant une classification assez sommaire qui s'attache à uniquement à deux paramètres – le profil social et le profil énergétique[47] – il est tout de même possible de faire ressortir l'importance des intérêts divergents qui peuvent exister au sein d'une copropriété lorsqu'il s'agit de voter des travaux d'amélioration énergétique;

Un ménage à faible revenu vivant dans un logement mal chauffé est disposé à s'intéresser aux moyens permettant d'améliorer l'efficacité énergétique de son logement, mais, dans la mesure où il ne dispose pas des ressources financières, il ne pourra être en mesure de voter favorablement à la décision d'engager les travaux si celle-ci est proposée en AG. En revanche, un ménage avec le même profil énergétique mais de plus hauts revenus lui permettant de disposer des liquidités nécessaires au financement des travaux, pourrait s'engager dans une dynamique au sein de sa copropriété visant à promouvoir la mise en œuvre de travaux de réhabilitation thermique[48] et donnera une voix positive si la question se pose en AG. Dans le cas où un ménage, quel que soit son niveau de revenu, estime en revanche que la consommation énergétique et le confort dans son logement sont convenables, il ne sera pas particulièrement disposé à suivre le précédent.

Le type de ménage le plus enclin à investir dans des travaux d'amélioration thermique est donc un ménage avec des revenus suffisamment élevés pour pouvoir les financer et habitant un logement à fortes déperditions. Or, ce sont généralement les logements en rez-de-chaussée ou aux derniers étages qui ont le plus de pertes et qui ne peuvent bénéficier « des externalités de chaleur » de leur voisin qui sont également les moins chers à l'achat ou à la location et qui

[47] Au delà de la question de la capacité de financement des travaux ou de la consommation énergétique initiale du ménage, il existe bien entendu, comme nous l'avons vu tout au long de ce chapitre, tout un ensemble de facteurs, qui peut jouer sur les décisions des ménages : l'âge des propriétaires, la taille des ménages, les préoccupations écologiques, les influences externes, le statut de l'occupant (propriétaire ou locataire) etc. La segmentation réalisée ici sert avant tout à illustrer l'impact possible de l'hétérogénéité des profils des ménages par rapport à ces deux caractéristiques clés.

[48] Il faut noter en effet que ce type d'initiative ne vient pas du syndic mais de certains copropriétaires ou du conseil syndical.

sont donc susceptibles d'être habités par les ménages les moins aisés. Dans de telles circonstances, et compte tenu du système de double majorité nécessaire aux votes des travaux, il apparaît clairement que sans système d'incitation efficace, les blocages au sein des copropriétés peuvent être extrêmement forts. Compter sur les valeurs d'altruismes et de solidarité des ménages qui sont, selon Shrogen et Taylor (2008) (voir p.47) susceptibles d'orienter leur décision, semble loin d'être la solution si l'on se réfère à l'étude de l'ANIL, (2001) ou encore à l'analyse de Dhont, et *al.* (2008) qui relatent un manque de solidarité entre les copropriétaires.

En définitive, l'hétérogénéité des ménages et les divergences d'intérêts qui en découlent, couplées à la spécificité du régime de copropriété, rendent le processus de décision extrêmement complexe : le mode de fonctionnement de la copropriété et les impératifs des ménages conduisent à faire primer l'individuel sur le collectif et le court terme sur le long terme (Braye, 2012). La question des travaux d'efficacité énergétique doit pourtant être envisagée dans une optique complètement différente, puisque d'une part ils constituent des investissements de long terme et que d'autre part les plus efficaces d'entre eux nécessitent l'accord du plus grand nombre.

3.4. La relation offreur – demandeur

Les problèmes soulevés par la théorie des coûts de transaction et la théorie de l'agence se manifestent dans la relation que relie l'offre à la demande. La première englobe les distributeurs de biens d'efficacité énergétique et tous les acteurs qui vont participer directement ou non à la réalisation des travaux (bureaux d'études, architectes, entreprises de travaux, chauffagistes, etc.). La seconde correspond au problème du contrôle du processus pour les ménages souhaitant réaliser les travaux. Nous nous intéresserons ici aux problèmes de coordination susceptibles de freiner les investissements dans l'efficacité énergétique, lorsque les relations entre les différents corps de métiers du côté de l'offre interfèrent dans la réalisation des travaux les plus efficaces.

3.4.1. La relation vendeur de bien d'efficacité énergétique – ménage

La difficulté pour les ménages à obtenir des informations exactes et précises peut provenir du fait que ceux qui détiennent ces informations ont des raisons stratégiques de les manipuler afin de faire augmenter leur valeur. Lorsqu'une partie impliquée dans une transaction détient plus d'information que l'autre partie, cela conduit à une sélection adverse[49] (ou antisélection): les consommateurs vont porter leur attention davantage sur les caractéristiques directement observables du produit – comme le prix, le design, les fonctionnalités visibles etc. – que sur celles qui ne peuvent être directement observées telles que la performance énergétique effective[50]. Dans ce contexte, les produits de moins bonne qualité pour les caractéristiques qui ne sont pas visibles (notamment la durabilité, les performances énergétiques) vont être préférés aux autres, si les caractéristiques visibles (prix, design etc.) sont quant à elles meilleures.

Ainsi, lorsque la qualité des biens que les acheteurs désirent acquérir est observée de façon imparfaite, des problèmes de distorsion de concurrence peuvent survenir dans la mesure où les vendeurs qui offrent des produits de meilleure qualité et donc a des prix plus élevés, sont concurrencés par des vendeurs proposant des produits de moins bonnes qualité qui envoient un mauvais signal aux acheteurs. Ces derniers se méfient alors de l'ensemble des vendeurs ce qui discrédite également ceux qui proposent un prix conforme à la qualité des produits[51]. Le prix n'est plus un signal très fiable de la valeur des biens, puisqu'il ne permet pas de différencier la qualité de ces biens. Les problèmes d'antisélection surviennent donc lorsqu'une caractéristique d'un bien est inobservable. Dans ce cas, l'information est à la fois incomplète et asymétrique, l'acheteur ne disposant pas de la même information que le vendeur. Ceci est particulièrement vrai dans les domaines où les acheteurs doivent faire appels à des services d'experts. Pour Orselli (2008), la sous-représentation des technologies les plus efficaces dans les ventes totales de biens d'efficacité énergétique s'explique par le fait que les grands industriels qui les produisent ne sont pas en contact direct avec les acheteurs.

[49] Ce mécanisme a été expliqué par Akerkof, (1970) dans un article fondateur dans lequel il montre, en prenant l'exemple du marché des voitures d'occasions, que la présence d'asymétrie informationnelle conduit à un alignement vers le bas des produits et a une sortie du marché des biens les plus efficaces.

[50] C'est la difficulté pour les consommateurs d'obtenir des informations fiables sur les caractéristiques inobservables des produits qui les conduit ici à s'intéresser davantage à celles qui sont visibles. Ce mécanisme est une explication alternative à l'effet de saillance décrit dans la partie 2.3.1, p.33 de ce chapitre.

[51] Ce mécanisme est particulièrement étudié en théorie des assurances. Les assureurs ne connaissent pas les caractéristiques objectives de chaque assuré. Il y a donc une asymétrie d'information sur les agents qui conduit les assureurs à faire payer les « bons » assurés pour les « mauvais » (Rothschild et Stiglitz, 1976).

Ces derniers, notamment dans le cas des travaux pour comptes propres vont se fournir chez les distributeurs qui ne valorisent pas toujours la meilleure technologie.

L'absence de garantie et d'obligation de résultats pour les produits d'efficacité énergétique – qui peut s'expliquer notamment par l'importance des coûts qu'engendrerait un tel système et la difficulté à tenir compte de l'ensemble des éventualités (comme par exemple l'évolution du comportement énergétique du ménage) – conduit les agents à sous-investir dans l'efficacité énergétique.

3.4.2. La relation ménage – entreprise de travaux

Lorsque la personne ou le service en charge de la conception, de la construction ou de l'acquisition d'un bâtiment ou d'une installation sont différents de la personne ou du service qui en supporte les coûts d'utilisation, on se trouve également dans une situation d'incitations discordantes.

Quand un ménage décide de faire réaliser des travaux de rénovation de son logement, les caractéristiques des produits peuvent être très difficilement observables. Par exemple, le choix entre plusieurs enduits ou matériaux d'isolation, nécessite de la part du consommateur des connaissances spécifiques, d'une part pour arbitrer entre les différentes solutions - par exemple un ravalement simple ou un ravalement couplé à une isolation - et d'autre part, entre les technologies existantes. Il doit donc rechercher des informations sur l'offre proposée dans ce secteur. Ces offres (solution, matériaux, prix, maîtrise d'œuvre etc.) varient au sein de la filière et les acheteurs ne peuvent parfaitement évaluer les coûts de chantier et de main d'œuvre que nécessitent ces types d'ouvrages. Ils vont donc arbitrer à partir des prix proposés sur le marché sans toutefois avoir une information complète sur la qualité du service et sur le lien effectif entre la qualité et les prix. Les entreprises de bâtiments sont, de plus, perçues par les ménages comme les plus à même à pouvoir établir un diagnostic sur les travaux à envisager et la façon de les réaliser parce qu'elles disposent d'une information privée, basée sur des compétences spécifiques (CAH, 2008). Elles peuvent donc non seulement être amenées à envoyer un mauvais signal prix mais également à fournir un service inférieur à celui qui avait été décidé car leur action n'est que partiellement observable. Il s'agit d'un exemple de risque moral puisque l'entreprise de travaux profite du surplus d'information dont

elle dispose pour réduire le service qu'elle s'est engagée à rendre et adopte ainsi un comportement opportuniste.

Ici encore, en l'absence de contrat sur la durée tel qu'une garantie d'efficacité, l'offreur à tout intérêt à utiliser les matériaux et les procédés les moins coûteux afin d'accroître sa marge. Pourtant, du point de vue du consommateur il est évidemment plus bénéfique, étant donné la longue durée de vie de ce type d'équipement, d'équiper son logement de matériaux plus performants, plus durables, correctement mis en œuvre et nécessitant alors moins de travaux de maintenance. Les ménages devraient alors prévoir par contrat les travaux qui doivent être réalisés par l'entreprise avec des indications sur les solutions techniques apportées, les coûts, la durée des travaux et l'efficacité qu'ils peuvent en attendre[52]. L'impossibilité de prévoir toutes les éventualités et l'importance des coûts entrainés par la formulation de ces contrats, peuvent décourager les ménages d'entreprendre ces travaux. Non seulement ils ont conscience du manque d'information auquel ils doivent faire face concernant les solutions techniques à envisager et l'entreprises de travaux à sélectionner, mais ils n'ont en plus que très peu de visibilité sur les coûts que cela entraîne. Il s'agit en effet de coûts intangibles, difficilement quantifiables et représentés essentiellement par le temps consacré à la recherche d'informations et à l'organisation du projet. De plus, dans la mesure où ces travaux de réhabilitation sont généralement entrepris peu fréquemment au cours d'une vie, il n'y a pas d'effet d'apprentissage et la recherche d'information est d'autant moins rentable compte tenu de la complexité des choix techniques, de l'hétérogénéité des situations et des intervenants.

Les problèmes liés à la nécessaire coordination avec différents acteurs disposant chacun d'informations spécifiques et défendant des intérêts qui leur sont propres sont particulièrement évidents dans les enquêtes réalisées auprès des ménages. Selon deux enquêtes du Club de l'Amélioration de l'Habitat (CAH 2006b et CAH 2008) portant sur le marché de l'amélioration de l'habitat, il apparaît en effet que de fortes difficultés de coordination émergent à la fois entre les ménages et les professionnels, mais également entre les différents corps de métiers chargés de réaliser les travaux (voir l'Encadré 5, p.75 sur la filière du bâtiment). Les ménages font part de leur inquiétude quant à leur choix des équipements, compte tenu du fait qu'ils n'ont pas de connaissances suffisantes sur ces

[52] L'achat de biens ou services durables et spécifiques, tels que la réhabilitation thermique d'un immeuble, entraine la signature de contrats, mais les échanges marchands ne sont pas toujours régis par des contrats. Pour les biens de consommation non durables, les contrats sont dits implicites car les coûts d'écriture seraient trop élevés par rapport au montant des transactions.

questions, qu'ils ont du mal à trouver des informations et que les professionnels ne semblent pas toujours disposés à fournir des réponses à l'ensemble de leurs questions. Beaucoup de ces professionnels sont de nouveaux-venus dans le domaine et ne disposent pas toujours du savoir et du savoir-faire nécessaires. Pourtant, les ménages ont avant tout recours au conseil des professionnels lorsqu'ils procèdent à la recherche d'informations avant la décision de réalisation des travaux. Ils tiennent compte également des avis et conseils de leur entourage (proches et voisins) (CAH, 2006b).

Les difficultés dont les ménages font part, concernent surtout les étapes avant le lancement des chantiers (CAH, 2006b et 2008) :

- l'identification des acteurs qui peuvent les renseigner sur le plan technique et notamment les professionnels qui constituent la source d'information privilégiée dans plus de 65% des cas pour le choix des équipements, peut s'avérer complexe. En effet, ils doivent sélectionner, parmi la multitude d'acteurs et les multiples sources et supports d'informations, les éléments les plus pertinents et donc faire le tri entre des informations pouvant être parfois en partie erronées et contradictoires compte-tenu de la spécialisation des professionnels et de leur récente appropriation des nouveaux équipements. Il apparaît alors que le fait que les équipements soient conformes à une norme a un impact significatif dans le choix des ménages.
- les délais d'obtention des devis des artisans sont jugés trop long par les ménages et dans 25% des cas aucun devis n'a été fourni par les professionnels contactés ;
- les recherches d'informations sur le plan administratif et financier engendrées par les partenariats éventuels – avec les banques pour l'obtention de prêts et avec les administrations publiques pour l'obtention de subventions – sont couteuses en temps.

Ainsi, entre l'émergence de l'idée de réalisation des travaux et sa concrétisation il peut se passer plusieurs mois – voire plusieurs années dans le cas d'une copropriété – et les ménages peuvent être obligés jusqu'au dernier moment de réviser leurs choix selon les problèmes de coordinations auxquels ils doivent faire face.

Concernant la réalisation des travaux et leur réception en revanche, toujours selon l'étude du (2006b), les ménages se montrent dans l'ensemble plutôt satisfaits. Il font part de la bonne qualité de leur relation avec les professionnels, du respect des engagements en termes de prix

et de produits et du bon déroulement des chantiers, mais également, et surtout, de la qualité des travaux réalisés.

3.4.3. Les relations au sein de la filière

Les différents corps de métiers qui se côtoient ont, par définition, chacun leur compétence et peuvent difficilement apporter des conseils sur les solutions techniques qui ne les concernent pas directement, alors même que dans le cas de rénovation globale ils sont amenés à collaborer étroitement. L'enquête du CAH (2008) montre que les chauffagistes ou les électriciens n'évoquent que très rarement les questions d'isolation ou de ventilation avec leur client, bien que, par exemple, le dimensionnement d'une chaudière doive tenir compte des éléments concernant les caractéristiques thermiques des logements. Ainsi, les propriétaires ne sont pas toujours bien informés sur l'ensemble des travaux à envisager pour améliorer efficacement la performance énergétique de leur logement et l'ordre de mise en œuvre. Cela s'explique principalement par le fait qu'en n'envisageant initialement qu'un seul type de travaux, ils ne vont faire appel qu'à un seul type de professionnel qui n'est donc pas en mesure de les inciter ou même de simplement les renseigner sur les travaux complémentaires qui pourraient être envisagés.

Par ailleurs, la technicité des chantiers et leur durée imposent une bonne coordination entre les différents corps de métiers (Encadré 5, p.75). Le retard dans la livraison du chantier par l'un d'entre eux peut avoir des répercussions sur le travail des autres[53]. Ce risque de retard est renforcé par le fait que les professionnels n'ont pas l'habitude d'utiliser les nouveaux équipements ou les nouveaux procédés diffusés récemment sur le marché de la rénovation thermique. Le manque de formation des professionnels de la filière du bâtiment sur les nouveaux enjeux qui entourent aujourd'hui ce secteur sont très souvent mis en avant (CAH, 2006b ; Lagandré, 2007 ; Sidler, 2007 ; Desruelles, 2010 ; ADEME, 2010 ; COSEI, 2011). La formation des acteurs semble se faire à un rythme plus lent que le développement de nouveaux produits.

[53] Dans l'échantillon observé dans l'étude du CAH 2008, un chantier sur deux a été livré en retard.

Encadré 5 : La filière du bâtiment face au marché de la rénovation thermique

Il y a trois groupes d'acteurs susceptibles d'intervenir dans des projets de réhabilitation thermique en plus des maîtres d'ouvrage qui financent les projets (les ménages, les copropriétés, etc.) : les maîtres d'œuvres qui conçoivent les projets (les architectes et les bureaux d'études), les entreprises de la construction qui fournissent les matériaux et les entreprises du gros œuvre (enveloppe et maçonnerie) et du second œuvre (travaux de finition et artisanat du bâtiment). Cette dernière catégorie regroupe un grand nombre de profession : Plâtriers-peintres, plombiers-chauffagistes, menuisiers-spécialistes de fenêtres, couvreurs, spécialistes de l'isolation.

Environ 97% des entreprises spécialisées dans l'entretien amélioration, ont moins de 10 salariés. Au sein de l'ensemble du secteur du bâtiment, les TPE et PME représentent 88% du chiffre d'affaire (CA) du secteur du bâtiment. La croissance de ce secteur est en grande partie portée par le marché de la rénovation (avec ou sans amélioration énergétique). Le Chiffre d'Affaire de ce segment était de 41 milliards d'euros en 2008 représentant plus de la moitié du CA du secteur du bâtiment. (COSEI, 2011). Sur l'ensemble des travaux, 62% sont réalisés par des entreprises et des artisans, 25% en compte propre et 12% en activité non déclarée (CAH, 2006).

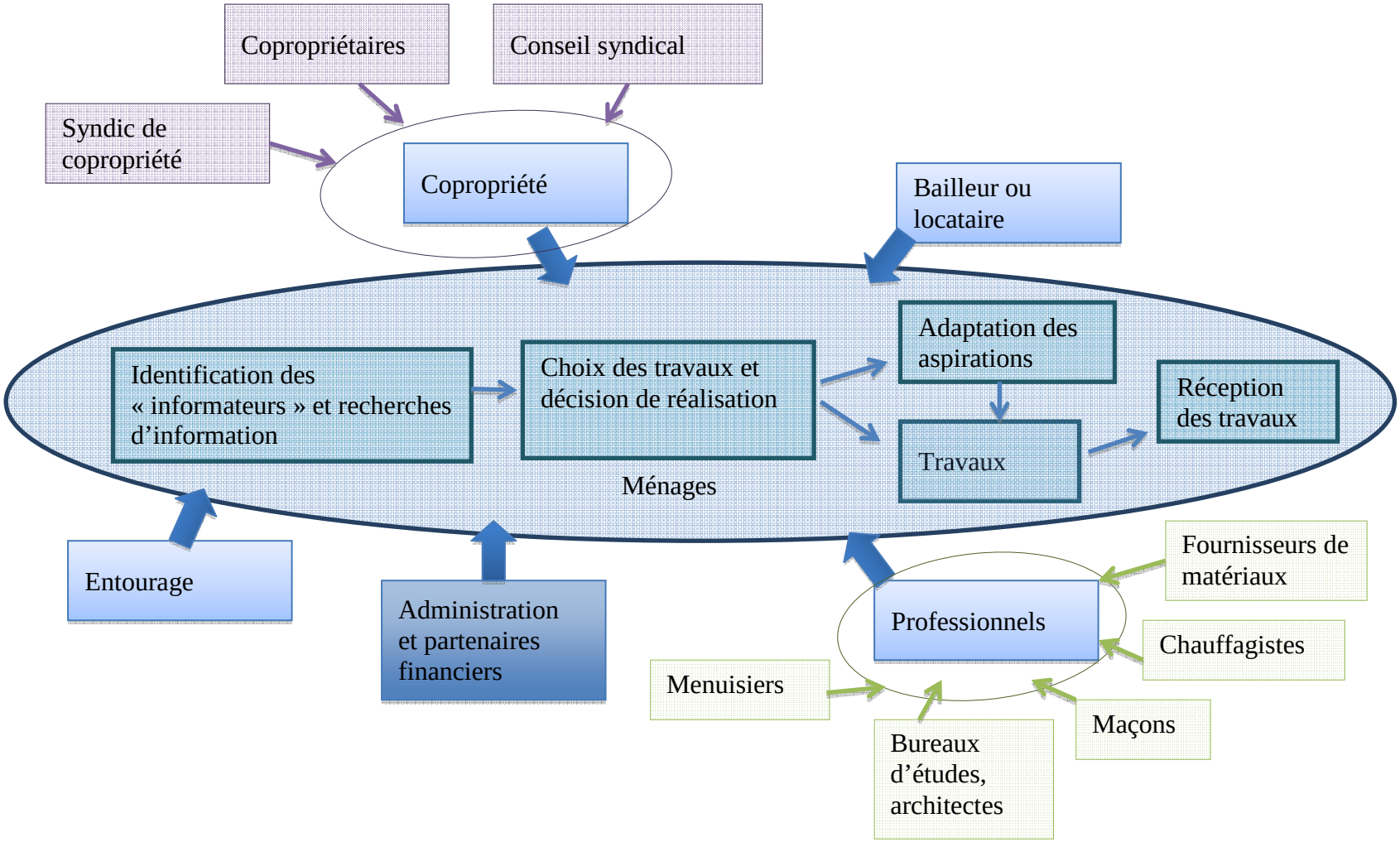
Face aux perspectives de croissance du marché de la rénovation, les opérateurs (fabricants d'isolants, acteurs du marché de la fenêtres, spécialistes des travaux d'isolation) ont mis en place des stratégies d'accroissement des capacités de production et de diversification horizontale en raison de l'augmentation de demande de solution de rénovation globale (Desruelles, 2010). Ils se tournent également de plus en plus vers la certification et l'obtention de label : pour les professionnels travaillant dans la rénovation, la CAPEB (Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment) a crée le label EcoArtisan (dont la certification est réalisée par Qualibat) et la FFB (Fédération Française du Bâtiment) le label « les Pro de la Performance Energétique » (après une certification auprès de Qualibat ou Certibat) (Desruelles, 2010).

Le marché de l'amélioration énergétique des bâtiments est relativement récent et les différents corps de métiers sont davantage habitués à réaliser des rénovations traditionnelles, c'est à dire portant sur l'amélioration esthétique, comme le ravalement des façades ou l'aménagement extérieur ou intérieur des logements, qui requiert une coordination moins poussée entre les différents corps de métiers que dans le cas de rénovations énergétiques, en particulier lorsqu'elles portent sur plusieurs ouvrages.

En définitive, les problèmes de coordinations entre les ménages et l'ensemble des parties susceptibles d'intervenir directement ou indirectement dans le projet d'amélioration énergétique peuvent constituer des barrières supplémentaires. En effet, un ménage qui désire réaliser des travaux d'efficacité énergétique doit se coordonner avec un ensemble d'acteurs :

les fournisseurs de biens et services d'efficacité énergétique, l'entreprise en charge de l'installation des nouveaux équipements, le propriétaire du logement qu'il occupe s'il est locataire, les autres occupants et copropriétaires de l'immeuble. Ainsi, il apparaît que le processus de décision des ménages (présenté dans la partie 2 de ce chapitre) et les échanges avec les différents acteurs qui entourent à la fois cette décision, le choix des travaux et leur réalisation (présentés dans la partie 3) sont étroitement liés (Figure 3, p.77).

Figure 3 : La relation entre les choix des ménages et les différentes parties-prenantes



Conclusion du chapitre

Les développements théoriques et les études empiriques réalisés pour comprendre le paradoxe de l'efficacité énergétique permettent d'expliquer pourquoi les ménages n'opèrent pas toujours des choix économiquement rationnels d'une part, en n'investissant pas massivement dans les mesures qui sont pourtant rentables et, d'autre part, en n'orientant pas nécessairement leur choix vers les options les plus coûts-efficaces. Cet écart entre les investissements optimaux et les investissements réels s'explique à la fois par la présence de barrières liés au fonctionnement imparfait des marchés mais aussi par le fait que l'acteur décentralisé utilise un processus de décision qui s'écarte de la maximisation de l'utilité décrite dans les modèles économiques standards. La coordination entre les différents partenaires impliqués dans la décision de réaliser les travaux et dans l'échange qui s'en suit, confronte également les ménages à des contraintes supplémentaires. Les principales explications du paradoxe de l'efficacité énergétique sont récapitulées dans le Tableau 3, p.78.

Tableau 3 : Récapitulatif des explications du paradoxe

Barrières	Impacts
Mauvais signal prix de l'énergie	Réduction de l'incitation à la maîtrise des consommations et donc aux travaux d'économie d'énergie
Externalité du learning by doing	Réduction de l'incitation à "innover" dans les pratiques de consommations et d'investissements
Imperfection du marché des capitaux : contrainte de liquidité	Difficulté de trouver les fonds nécessaires au financement des travaux
Information incomplète	Manque d'information sur les solutions techniques et leur mise en œuvre
Asymétrie d'information	Désincitation du fait de comportements opportunistes et d'intérêts divergents
Inséparabilité des caractéristiques et des services rendus	Influence d'autres caractéristiques que la seule efficacité énergétique dans les décisions d'investissement
Rationalité limitée	Préférences de court terme et ancrages importants qui conduisent à des résistances aux changements
Hétérogénéité des acteurs	Préférences individuelles différentes qui rendent difficile le consensus dans la copropriété
Processus décisionnel en copropriété	Structure organisationnelle complexe qui peut entrainer un processus de décision très long

La question des barrières à l'efficacité énergétique a fait et continu de faire l'objet d'un grand nombre de recherches qui renforcent l'idée que l'analyse de cette question ne peut se faire

qu'en se nourrissant de l'ensemble des disciplines en économie et en sciences humaines (Wilson et Dowlatabadi, 2007).

Les enquêtes sur la mise en œuvre des projets d'améliorations thermiques des logements montrent qu'ils sont générateurs de craintes et d'anxiété pour les ménages même lorsque les porteurs de projets sont très motivés (CAH, 2001, 2006 et 2008). Ceci s'explique notamment par le fait qu'il existe des incertitudes sur les solutions choisies et sur les relations de confiance avec les partenaires. Même si à terme, les résultats correspondent au moins au niveau de satisfaction recherché initialement, et au mieux à un niveau de satisfaction supérieur, toutes les phases qui précèdent la réception des travaux sont vécues comme « des épreuves ».

Des « coûts intangibles » viennent donc se greffer à toutes les étapes du processus de décision et peuvent décourager les ménages dès lors que l'idée de travaux d'amélioration de leur logement leur est suggérée. Comme le souligne Boulanger (2005), « *On songe par exemple aux travaux trop oubliés de Moles (1977)*[54] *sur l'écologie des actions et sa notion de coût généralisé "somme des temps, des efforts psychologiques, des prix et des énergies dissipés dans une action donnée"* » (p. 61). Mais parallèlement, les travaux d'amélioration énergétique entraînent des co-bénéfices qui valorisent certaines solutions techniques et qui peuvent dans une certaine mesure contrebalancer l'ensemble des coûts de mis en œuvre. Comme nous allons le voir dans le chapitre suivant, la prise en compte de l'ensemble des paramètres qui participent au processus de décision (coûts de l'investissement, coûts cachés et co-bénéfices) conduit les ménages à des choix d'investissements très différents d'un optimum collectif que la puissance publique cherche à promouvoir.

[54] MOLES, Abraham et Elizabeth ROHMER, (1977). Théorie des actes. Paris, Casterman, cités par Boulanger (2005).

Chapitre 2 – Un cadre d'analyse théorique et pratique pour la mesure du déficit d'efficacité énergétique dans le bâtiment

Introduction

Afin de comprendre en quoi le secteur du bâtiment constitue un enjeu majeur de la politique énergétique et climatique, les études ont d'abord cherché à dresser un état des lieux général de son rôle dans la consommation énergétique totale et les émissions de GES. Cette « photographie » à un moment donné du temps a ensuite été couplée à une analyse dynamique permettant de décrire l'évolution des consommations sur plusieurs décennies (voir Annexe 1). Les scénarios prospectifs viennent appuyer les politiques des gouvernements en testant l'impact des technologies existantes et des différents instruments sur l'évolution probable des consommations énergétiques et des émissions de GES. Si les réponses d'ordre technique – c'est à dire qui s'attachent seulement à montrer l'impact de solutions sur la consommation – nous informent sur les possibilités de réduire cette consommation, les réponses d'ordre technico-économique renseignent quant à elles sur le coût que peuvent engendrer les mesures de réduction. Ainsi, au delà du potentiel technique, défini comme le montant de réduction de GES qu'il est possible d'atteindre en mettant en place des technologies et des pratiques (IPCC, 2007), il est nécessaire se s'intéresser également au potentiel économique de ces technologies. Ce dernier tient compte en théorie des coûts sociaux, extérieurs aux marchés et des bénéfices associés aux options de réduction. Cependant, comme en pratique la plupart des études ne sont pas en mesure d'inclure tous les coûts et les bénéfices sociaux, le potentiel économique se réfère en général aux avantages économiques directs engendrés par les solutions de réduction (Levine et *al.*, 2007 ; Ürge-Vorsatz et Novikova, 2008). La prise en compte simultanée de ces deux volets – le potentiel technique et le potentiel économique – permet de voir dans quelle mesure l'efficacité environnementale est compatible avec l'efficacité économique.

Lorsque l'intervention se base sur un objectif unique, l'identification du critère d'efficacité ne pose pas de difficulté particulière. En effet, quand les autorités publiques implémentent une politique de réduction des émissions de GES, l'objectif est clair et un critère d'efficacité tel que la minimisation des coûts est aisément identifié. L'utilisation de l'analyse coût-efficacité (ACE) comme outil d'évaluation est alors pertinente. En revanche, lorsque les objectifs sont multiples, l'utilisation de cet outil nécessite de retenir un objectif principal. Dans le cas de la réduction des émissions de GES dans le logement, le décideur ultime, c'est à dire celui qui va investir dans les travaux, est le ménage. Ce dernier poursuit plusieurs objectifs lorsqu'il

entreprend une telle action. Il cherche d'abord à réduire sa facture énergétique et donc, sans poursuivre directement l'objectif de réduction des émissions de GES, il vise à réduire sa consommation. Mais il peut aspirer également à améliorer son confort, à réduire les nuisances sonores, etc. En décidant d'entreprendre ces travaux, il pondère cet ensemble d'objectifs qui sont chacun rattachés à un critère d'efficacité. Par ailleurs, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les ménages doivent faire face à plusieurs contraintes s'ils décident de s'engager dans des travaux de réhabilitation thermique. Certaines des barrières à l'efficacité énergétique, peuvent être considérées comme des coûts « cachés », non pris en compte dans les calculs économiques standard. L'utilisation du terme de coût pour exprimer les barrières à l'efficacité énergétique peut conduire à « reformuler » économiquement certaines d'entre elles (comme l'asymétrie informationnelle, les comportements opportunistes des agents) tel que le propose la théorie des coûts de transaction. Ces coûts peuvent également être exprimés par le taux d'actualisation révélé par les comportements d'investissement des ménages (Wilson et Dowlatabadi, 2007). Ils pourraient alors être intégré dans les modèles de prospectives pour « capturer » les facteurs comportementaux qui contribuent aux sous-investissements dans les biens et services d'efficacité énergétique (Jaccard et *al*., 2003 ; Giraudet, 2011). Cependant, la monétarisation de ces coûts peut échouer lorsqu'on reconnaît leur hétérogénéité autant que leur nature dynamique (Ramesohl, 2003). La traduction économique des barrières, effectuée avec l'objectif d'enrichir les modèles de prospective visant à calibrer les instruments de la politique énergie-climat renvoie alors à une opposition de deux approches centrales en économie politique : l'approche normative et l'approche positive.

La formulation de cette distinction peut être attribuée à John Neville Keynes[55] qui définit la science normative comme l'ensemble des connaissances et des règles relatives à ce qui doit être fait et qui appelle donc à la « logique », et la science positive comme l'ensemble des connaissances relatives à ce qui est factuel et qui est donc de type « heuristique » (Mongin, 2001). La première approche cherche à déterminer quels choix doivent être réalisés pour atteindre un objectif donné et aboutit alors à des prescriptions. Cela revient à considérer qu''il est possible de construire « un savoir directif » qui vise à déterminer la direction que la politique économique veut donner à la société (Nadeau, 1993). Cette mission est celle que le calcul économique public cherche à remplir, puisque le but est de rationnaliser les décisions et

[55] Keynes J. N. (1917), *The Scope and Method of Political Economy*, 1890 (4ème éd., 1917). Kelley Reprints of Economic Classics, New York, 1963.

de prescrire des solutions. Mais comme Godard, (2004) le souligne, « *le calcul économique public entretient aujourd'hui un rapport compliqué avec la démocratie et le débat public* » (p.127). Il poursuit alors ainsi : « *à quoi bon recourir à une technique d'analyse des projets conçue pour discerner les meilleurs d'entre eux si les parties prenantes du processus de décision […] ont de toute façon la capacité de faire obstacle à la mise en œuvre des choix ?*» (op. cit. p.128). Nous allons voir en effet que les choix des ménages concernant la question de l'amélioration énergétique de leur logement s'écartent des recommandations auxquelles aboutit une analyse normative.

La première partie de ce chapitre est consacrée à aborder la question de l'amélioration énergétique dans le logement sous l'angle normatif. D'abord, nous nous intéressons aux prérequis qu'implique le calcul économique public, notamment celui de déterminer le taux d'actualisation normatif ainsi que de choisir l'analyse la plus adéquate compte tenu des contraintes méthodologiques. Ensuite, nous présentons les résultats auxquels ce type d'analyse peut aboutir en présentant des travaux réalisés sur la question de la réduction des émissions de GES dans le secteur du bâtiment puis en estimant à partir d'un immeuble type le potentiel technico-économique de réduction de CO_2 et le coût de la tonne de CO_2 évité des différentes solutions d'efficacité énergétique. La seconde partie est davantage descriptive puisqu'après avoir aborder la question des taux d'actualisation implicites révélés par les choix d'investissements des ménages, nous cherchons à identifier et décrire leurs critères de décision en s'appuyant sur les enquêtes réalisés à ce sujet.

1. L'approche normative et les calculs en économie publique

L'investigation des conséquences économiques d'une décision permet d'identifier les mesures à entreprendre pour parvenir à une situation souhaitée. L'analyse normative vise ainsi à fournir des prescriptions concernant la démarche à suivre pour atteindre des objectifs préalablement déterminés. Dans le cadre des objectifs de réduction de GES, cela revient à déterminer quels sont les moyens et les mesures qui permettent de les atteindre. Cette approche implique des jugements éthiques et des jugements de valeur concernant plusieurs éléments et notamment le poids accordé au temps qui se traduit par un taux d'actualisation plus ou moins élevé (1.1) et aux choix des paramètres déterminants sur lesquels doit reposer l'analyse (1.2). Dans un contexte d'incertitude concernant les dommages engendrés par la consommation énergétique et les émissions de CO_2 associées, la logique choisie par plusieurs études de prospective qui viennent alimenter la réflexion des décideurs publics est de s'intéresser au potentiel technico-économique qu'offre le secteur du bâtiment en s'appuyant sur une analyse coût-efficacité (1.3). Nous verrons en effet à travers un exemple numérique qu'il est possible d'identifier les solutions à mettre en œuvre prioritairement pour parvenir à réduire les consommations énergétiques tout en maîtrisant les coûts (1.4).

1.1. Le choix du taux d'actualisation normatif

Le rôle du taux d'actualisation (r) est de calculer un bénéfice actualisé en monnaie constante : un euro aujourd'hui est équivalent à (1 + r) euro dans un an et à $(1 + r)^t$ euro dans t années. Le taux d'actualisation joue donc le même rôle que le taux d'intérêt réel utilisé dans le calcul économique privé. Il cherche à traduire la pondération relative du présent et du futur dans la construction des décisions économiques (Frederick et *al.*, 2002).

Le taux « normatif », qui est celui appliqué dans l'analyse économique des projets d'investissement publics, a pour objectif de refléter « le point de vue social » sur la façon dont devrait être évalué l'avenir par rapport au présent (il est parfois appelé « taux d'actualisation social »). Dans ce contexte, le choix du taux d'actualisation implique d'intégrer des éléments de prospective économique comme l'évolution de la croissance mais également des questions

d'ordre étique. Il s'agit donc d'un choix davantage social que technique (Hardelin et Marical, 2011).

Le taux d'actualisation intègre trois paramètres (Ramsey, 1928) :

- la préférence pure pour le présent (δ), qui traduit le fait qu'un euro aujourd'hui vaut plus qu'un euro dans l'avenir ;
- l'effet d'enrichissement ou croissance par tête (g), qui influence l'épargne dans la mesure où l'anticipation de l'augmentation de la richesse entraîne une réduction des besoins d'épargne ;
- l'élasticité de l'utilité marginale de la croissance par tête (n), qui montre le lien entre la variation de la richesse et le niveau de consommation : l'utilité marginale de la consommation diminue avec le niveau de consommation. Dans ce cas, la redistribution de la consommation entre les générations permet d'augmenter le bien être collectif de celles dont l'utilité marginale est élevée par rapport à celles dont l'utilité marginale est plus faible (Hardelin et Marical, 2011).

L'approche prescriptive consiste à déterminer les valeurs des paramètres de la formule de Ramsey ($r = \delta + n.g$) en se basant sur la prospective mais également des principes éthiques puisqu'il revient en partie à déterminer le poids accordé aux générations futures. Certains s'appuient sur le principe de responsabilité de Jonas[56] en montrant que la seule vision économique des choses n'est suffisante pour traiter de la question des choix actuels qui ont un effet à très long terme (Ferrari et Mery, 2007). La question de l'équité intergénérationnelle doit pousser les décideurs à choisir un taux d'actualisation faible, de sorte que les dommages futurs ne soient pas minorés, en considérant que dans la mesure où « *des phénomènes économiques irréversibles ont des effets à très long terme, le recours à des critères éthiques dans la procédure des choix économiques est une nécessité* » (op. cit., p. 252). Mais un taux très faible, voire nul, peut être perçu comme difficilement acceptable car il revient à faire consentir aux générations actuelles des sacrifices trop importants (Arrow, 1995). Ainsi en

[56] Pour Jonas, la technique moderne et l'utilisation des ressources naturelles constituent des menaces qui placent l'homme face à des défis importants et notamment celui d'anticiper désormais ces menaces. Le concept de responsabilité revient à placer l'éthique dans tous les actes et les décisions qui ont un impact sur l'avenir. L'éthique est alors fondée pour Jonas sur l'obligation de l'homme d'exister et donc de faire perdurer la civilisation en anticipant et renonçant à toute action qui serait susceptible d'aller à l'encontre de cette obligation (H. Jonas (1990), Le principe de responsabilité. Une éthique pour la civilisation technologique (traduction : J. Greisch), Paris, Ed. du Cerf.)

s'appuyant sur l'idée que l'homme peut s'adapter à tout nouveau contexte environnemental et que le niveau de richesse va s'accroître dans le futur, d'autres expliquent que, comme les populations à venir seront à même de trouver des solutions d'adaptation, ils constituent à eux seuls des facteurs d'atténuation des dommages et donc aucune mesure actuelle n'est réellement justifiée (Tol, 2007 ; Barett, 2007). Cette dernière thèse a été critiquée notamment par Godard (2007) qui explique qu'il n'y a aucune certitude qu'à l'avenir les acteurs parviennent mieux à gérer les défaillances et lever les barrières qu'aujourd'hui[57]. Anticiper sur du long terme l'adaptabilité des acteurs semble en effet difficilement envisageable et il peut être préférable de procéder à des réajustements successifs de ces anticipations. Lecocq et Hourcade (2004) préconisent un schéma de décision séquentielle permettant de réviser les anticipations au fur et à mesure de l'évolution des connaissances, ce qui revient à modéliser plus finement le court terme que le long terme. Philibert (1999) considère quant à lui que l'élasticité de la dépense environnementale par rapport à l'amélioration de l'environnement augmente dans le temps et donc que le taux d'actualisation doit décroître à long terme. C'est dans cette perspective que le rapport Lebègue (2005) a conduit à remplacer le taux d'actualisation utilisé pour les projets d'investissements publics en France initialement fixé à 8% par un taux de 4%, en préconisant également que ce taux soit réduit après 30 ans et décroisse jusqu'à 2% à un horizon de plusieurs siècles.

En définitive, même si le choix du taux d'actualisation normatif se veut le plus objectif et scientifique possible, les fondements sur lesquels reposent les taux qui sont choisis dans les calculs économiques des différentes études sont empreints à la fois d'éléments éthiques et de difficultés théoriques (Nicolaï, 2010) :

> « *Il existe chaque fois de nombreux arguments pour fonder in fine des taux d'actualisation très largement différents les uns des autres. La rigueur scientifique de ces travaux n'est pas à mettre en cause ; des a priori sont à l'œuvre dans la détermination de ce « paramètre clef » et certains problèmes théoriques soulevés ne sont pas totalement maîtrisés* » (Nicolaï, 2010, p. 5).

[57] « *Les objections […] contre la prévention et en faveur de l'adaptation seraient plus convaincantes si une même vision des imperfections du monde, des inerties, de l'imprévisibilité, des jeux à somme négative résultant des conflits, etc. sous-tendait l'approche du présent et du futur* » (Godard 2007 p. 23).

Ainsi, selon les hypothèses retenues pour chacun des paramètres de la formule de Ramsey, les taux d'actualisation choisis par les modélisateurs diffèrent, comme le montre la revue de littérature réalisée par Nicolaï (2010) (Tableau 4, p.88).

Tableau 4 : Exemples de taux d'actualisation retenus ou préconisés dans les études de prospectives

Auteurs	δ	n	g	r
Stern[58] (2007)	0,1	1	1,3	1,4
Cline[59] (1992)				1,5
Nordhaus[60] (2007)	3	1	1,5	4,5
Weitzman[61] (2007)	2	2	2	6
Gollier[62] (2005)			2	5
Lebègue[63] (2005)				4
Dasgupta[64] (2006)	0,1	2 à 4	1,3	2,7 à 5,3

Source : D'après Nicolaï (2010)

Malgré les difficultés rencontrées déterminer le taux « juste », il est nécessaire d'une part que tout calcul économique inter-temporel intègre un taux d'actualisation et, d'autre part, que le taux d'actualisation s'applique de façon uniforme à tous les projets considérés par la puissance publique et pour tous les secteurs afin de garantir la cohérence de l'allocation des ressources (Lebègue, 2005). Nous allons voir qu'au-delà de la détermination du seul taux d'actualisation, les décideurs publics, comme les modélisateurs, doivent aussi identifier le ou les outils d'aide à la décision qu'ils jugent les plus pertinents pour mesurer la rentabilité des projets et donc justifier leurs choix.

[58] Stern, N. (2006), *Stern Review on The Economics of Climate Change*. HM Treasury, London.
[59] Cline W.R. (1993), La lutte contre l'effet de serre, *Finance et Développement*, 30 (1): 231-257.
[60] Nordhaus W. (2007), *The Challenge of Global Warming : Economic Models and Environmental Policy*, Yale University, New Haven, Connecticut US, 253p.
[61] Weitzman, M.L. (2007). "A Review of the *Stern Review on the Economics of Climate Change*". *Journal of Economic Literature* 45 (3): 703–724.
[62] Gollier C. (2005), Quel taux d'actualisation pour quel avenir ?, *Revue Française d'Economie*, 19(4) : 59-81. Il préconise 5% pour un faible horizon de temps, mais à long terme il retient des taux décroissants avec le temps : 2.5 à 3 % à moins de 100 ans et de 1 à 2.5% à plus de 100 ans.
[63] Lebègue D. (2005), *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*. Rapport du groupe d'expert présidé par Daniel Lebègue, Commissariat Général au Plan, 112p.
[64] Dasgupta P. (2006) "Comments on the Stern Review's Economics and Climate Change", University of Cambridge, (comments prepared for a seminar on the Stern Review's Economics of Climate Change, organised by the Foundation for Science and Technology at the Royal Society, London, on November 8, 2006), 9 p.

1.2. Les outils d'aide à la décision en économie publique

En s'engageant à mettre en œuvre une politique climatique, les autorités publiques admettent que les consommations énergétiques et les émissions de CO_2 qu'elles entrainent, engendrent un coût social qui doit être réduit. L'enjeu pour le décideur est alors de choisir les mesures qui réduiront au maximum la perte de surplus total (ou qui maximiseront le surplus). Pour ce faire, il existe deux principales procédures de décisions en économie publique : l'analyse coût-avantage (ACA) et l'analyse coût efficacité (ACE).

1.2.1. L'analyse coût-avantage

L'ACA propose d'évaluer les coûts et les gains associés à la mise en œuvre de mesures en s'appuyant sur les évaluations monétaires des biens environnementaux. Cette méthode a pour objectif d'aider le décideur à arbitrer entre plusieurs options afin qu'il choisisse celle qui induit le bénéfice, soit la différence entre les avantages et les coûts, le plus important. Elle s'appuie sur l'idée qu'une décision est justifiée économiquement si l'ensemble des bénéfices qu'elle procure est supérieur à ses coûts et donc si elle est « socialement rentable » (Pearce et *al.*, 2006). Pour procéder à cette comparaison, les effets de chacune des options doivent être évalués. Il s'agit donc d'identifier les effets de la décision et de les exprimer monétairement, en intégrant la valeur économique totale du changement (Point, 1998). Pour cela, le décideur va s'appuyer sur des méthodes d'évaluation qui peuvent être directes, c'est-à-dire fondées sur la révélation des préférences d'un ensemble d'individus interrogés, ou indirectes, c'est-à-dire qui déduisent une évolution de surplus des individus à partir de l'observation de leurs comportements (Encadré 6, p.90).

Encadré 6 : Les méthodes d'évaluation et l'Analyse Coût Avantage (ACA)

Les méthodes indirectes ou ex-post

Il existe quatre principales méthodes indirectes qui ont pour objectif d'évaluer monétairement les biens environnementaux (Bontems et Rotillon, 2007) :

- Le calcul des dépenses de protection permet de fournir un indicateur de la perte de bien-être engendrée par la dégradation d'un bien environnemental : il s'agit de comptabiliser les dépenses que les ménages font pour s'en protéger (Desaigues et Point, 1993)
- La méthode des fonctions de dommages vise à établir un lien de causalité entre une modification de l'environnement et ses conséquences sur les agents (cela revient à l'utilisation d'une fonction dose-réponse). Ce type de méthode est le plus souvent appliqué aux effets de la pollution sur la santé, sur les matériaux ou encore sur les écosystèmes (Willinger et Masson, 1996).
- La méthode dite « des coûts de déplacement » mesure les dépenses de transport qu'engage un agent pour exercer un certain usage de l'environnement. Ces coûts comprennent à la fois les coûts « directs » dus par exemple à l'utilisation d'un véhicule (essence, péage etc.) et les coûts « du temps » passé sur le trajet. Réalisée à partir d'une enquête, cette évaluation permet de déterminer le surplus total procuré par un service environnemental, tel qu'un parc naturel (Brookshire et *al.*, 1981).
- La méthode des prix hédonistes permet également de calculer la variation du surplus à partir d'une fonction de demande mais qui dépend ici des caractéristiques d'un bien, telles que sa situation géographique. Cette méthode est utilisée par exemple pour le marché immobilier : il s'agit d'étudier, à partir de demandes observables, l'influence que peut avoir l'environnement sur le prix des logements (Lancaster, 1966 ; Brown et Rosen, 1982 ; Cavailhès, 2005).

La méthode directe ou ex-ante : l'évaluation contingente

Cette méthode consiste à demander directement aux agents combien ils sont prêts à payer pour une amélioration de leur situation (consentement à payer (CAP)) ou combien ils estiment devoir recevoir pour compenser une perte de bien-être (consentement à recevoir (CAR)). Après avoir établi un scénario de référence, qui correspond à une simulation d'un marché expérimental, une enquête auprès des agents est réalisée afin qu'ils révèlent leur préférence par la déclaration de leur consentement à payer ou à recevoir. Le CAP ou le CAR moyen est ensuite calculé et multiplié par la population totale (Hanemann, 1991 ; Carson, et *al*., 1997 ; Pearce et *al*., 2006).

La quantification des bénéfices d'une politique

En utilisant les méthodes de monétarisation des biens environnementaux que nous venons de présenter, il est possible de calculer un Taux de Rentabilité Interne Economique d'un projet (TIRE). La méthode d'évaluation est choisie selon le type de projet analysé mais aussi selon le contexte socio-économique et politique. Il s'agit dans un premier temps de déterminer quelle technique de monétarisation va être utilisée, quel horizon temporel est considéré et quel taux d'actualisation est choisi. Dans un second temps la valeur actuelle nette économique (VANE) et le rapport coût/avantage du projet sont calculés. Si la VANE est positive, le projet peut être engagé (dans certains cas, une VANE négative peut être acceptable si le décideur estime que plusieurs avantages n'ont pu être monétarisés). Le rapport coût (C)/avantage(A) peut être défini de la manière suivante (Floro, 2003) :

L'avantage net est donc maximisé. Si $\sum_t \frac{(A_t - C_t)}{(1+r)^t} > 0$, la décision est en théorie collectivement souhaitable, puisqu'elle permet d'accroître le surplus total de la société.

L'analyse coût-avantage permet ainsi d'affecter une valeur à l'environnement et de l'intégrer tout au long du processus de décision. Elle met en évidence les coûts sociaux engendrés par la pollution et, réciproquement, les coûts de l'inaction. Les travaux qui s'appuient sur l'ACA montrent que sans action d'atténuation majeure, les émissions de GES conduiraient à un dommage correspondant de 5% à 20% du PIB mondial selon Stern (2006). Le rapport de ce dernier sur les implications économiques du changement climatique a été critiqué, notamment par Nordhaus (2007) – qui estime le dommage à seulement 3% du PIB mondial (Nordhaus, 2008) – et est sujet à de nombreuses controverses qui témoignent de la difficulté d'estimer le coût social engendré par les émissions de GES en raison de la multiplicité des incertitudes, des biais inhérents à la méthode d'analyse coût-avantage concernant en particulier l'estimation des dommages, et du choix du taux d'actualisation[65].

Pour la méthode de révélation des préférences par exemple, lorsqu'ils sont interrogés sur leur consentement à payer pour un service environnemental, les individus sont placés en position fictive. Ils peuvent donc être amenés à formuler des réponses sans rapport avec les choix qu'ils auraient fait dans une situation réelle. Ces biais peuvent être évalués lorsque l'on place les individus dans une situation de révélation effective de leurs préférences (Bishop et Heberlein, 1979). D'autres critiques portent sur des aspects « éthiques » (Cohen de Lara et Dron, 1997) : une des conséquences possibles du changement climatique est l'augmentation de la morbidité et de la mortalité dans certaines régions. La valorisation économique de cet impact devrait alors s'appuyer sur le calcul de la valeur économique des maladies et des décès supplémentaires en intégrant donc le concept de valeur statistique de la vie humaine. Le fait d'attribuer une valeur à la vie humaine a fait l'objet de nombreuses controverses et la valeur statistique de vie est un concept qui « choque » particulièrement le monde médical et qui est rejeté par la sphère politique (Bontems et Rotillon, 2007). Certaines estimations, notamment lorsqu'elles se basent sur des évaluations contingentes (consentement à payer pour se prémunir contre le risque de décès ou consentement à recevoir pour accepter ce risque), aboutissent à des valeurs corrélées au niveau de revenu par habitant. Cette méthode revient alors à donner à la vie des habitants des pays développés une valeur statistique largement supérieure à celle des habitants des pays en développement (Blanchard et Criqui, 2000).

[65] Dans son rapport, Stern (2007) retient un taux d'actualisation quasiment nul (0.1%).

Au final, les incidences du changement climatique tels que la dégradation de la santé, la détérioration des écosystèmes ou encore les déplacements de populations sont difficiles à valoriser monétairement d'un point de vue méthodologique et posent des questions du point de vue éthique, alors qu'elles représentent pourtant, dans les études disponibles, une part significative du coût social du changement climatique (op.cit.).

Quand l'incertitude et l'irréversibilité sont évidentes, il est peut-être préférable de remplacer le « principe de compensation » par le principe de précaution (Munda, 2006). Le principe de compensation, énoncé par Kaldor et Hicks, selon lequel une politique est socialement bénéfique si les gagnants peuvent compenser les perdants, n'est en effet pas applicable, d'une part, s'il n'est pas possible de mesurer parfaitement les gains et les pertes, et d'autre part, si les perdants et les gagnants vivent à des périodes différentes et que le transfert ne peut être physiquement réalisé (De Canio, 2009).

1.2.2. L'analyse coût-efficacité

À défaut de pouvoir évaluer les dommages causés par les émissions de GES, la logique choisie par les autorités publiques est celle du principe de précaution (Blanchard et Criqui, 2000). Les autorités internationales, en se référant aux travaux d'experts scientifiques comme ceux du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), ont choisi de privilégier ce principe en fixant au préalable des objectifs de réduction d'émission de GES comme dans le protocole de Kyoto[66]. Ce principe est « *porté par la crainte de voir se réaliser des dommages graves et irréversibles, et donc des effets catastrophiques, sur lesquels une action tardive n'aurait pas de prise* » (Godard, 2006, p.3). Il a été reconnu au niveau international en 1992 lors du Sommet de la Terre à Rio (Principe 15 de la Déclaration de Rio sur l'environnement et de développement). En France, ce principe est devenu constitutionnel en 2005 avec l'article 5 de la Charte de l'environnement :

> « *Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de*

[66] En 1997, lors de la conférence qui s'est tenue à Kyoto, 188 pays signataires de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) se sont engagés à réduire leurs émissions de GES entre 2008 et 2012 par rapport à leurs niveaux de 1990, dont 38 pays d'au moins 5 %.

> *précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage »* (Charte de l'environnement, 2004).

Ainsi, les mesures qui doivent être engagées pour « *parer à la réalisation du dommage »* doivent être '*provisoires'* car les connaissances scientifiques sont amenées à évoluer et donc les prescriptions également, et '*proportionnées'*, c'est-à-dire que différentes options d'actions doivent être envisagées (Godard, 2006).

Les autorités publiques se sont donc saisies de la question climatique notamment en fixant des objectifs de réduction de GES sur les territoires qu'elles administrent. Pour les atteindre, elles doivent identifier les secteurs qui présentent un potentiel de réduction important et mettre en œuvre les mesures efficaces, tout en veillant à minimiser les coûts qu'elles engendrent. Les travaux menés sur cette question, y-compris dans le cadre du GIEC, montrent que le secteur du bâtiment constitue un gisement d'économie d'énergie important (IPCC, 2007). Les instances supranationales et les états ont donc élaboré des stratégies visant à favoriser les réductions des émissions de GES dans ce secteur.

En partant d'un objectif de réduction pris par les décideurs comme une donnée exogène, l'utilisation de l'analyse coût efficacité (ACE) permet alors de déterminer la voie la plus efficace du point de vue économique pour atteindre cet objectif (Baumol et Oates, 1988). Dans cette perspective, l'efficacité technique – la diminution des consommations énergétiques et des émissions de CO_2 – est mise en relation avec l'efficacité économique – la minimisation des coûts – puisque cette dernière revient à ce que l'on mobilise en priorité les procédés d'abattement les moins coûteux. Il est alors possible de déterminer la valeur du carbone qui correspond au coût du dernier procédé utilisé pour satisfaire le niveau d'émissions autorisé et de la retenir comme référentiel (Centre d'Analyse Stratégique, 2009).

La procédure est de calculer le ratio coûts/efficacité des différentes solutions d'abattement. A la différence de l'ACA, l'objectif n'est pas exprimé en valeur monétaire mais en unité environnementale, représentée dans notre cas par la tonne de CO_2. Dans un contexte de technologie constante et de contrainte unique, l'application de l'ACE revient donc à ce que,

pour un objectif donné, des options soient mises en concurrence au regard de l'efficacité économique.

Trois types de facteurs vont influencer les coûts marginaux de réduction (Criqui et *al*., 1999):

- Le niveau initial des prix (de l'énergie et des technologies)
- La source énergétique et la disponibilité des énergies propres : plus le contenu de carbone de l'énergie utilisée est élevé et plus les coûts de réduction des émissions sont faibles,
- Le montant des objectifs de réduction.

Si l'on considère par exemple un programme qui a pour objectif la réduction d'un volume donné d'émissions de CO_2 engendrées par la consommation énergétique des bâtiments, l'ACE vise à estimer le coût du projet, ou de la combinaison d'actions, permettant d'atteindre cet objectif, compte tenu du niveau des prix de l'énergie, de la source énergétique utilisée et du prix initial des options techniques envisageables. La comparaison entre plusieurs projets poursuivant un objectif de réduction d'émissions de CO_2, permet alors de sélectionner celui dont le coût induit par tonne de CO_2 réduite est le moins élevé.

L'analyse technico-économique revient donc à classer par ordre croissant les coûts marginaux de réduction de consommation énergétique des différentes technologies ou options existantes : à partir d'une analyse des flux de trésorerie actualisés, il est possible de déterminer les solutions qui permettent d'accroître l'efficacité énergétique, c'est à dire celles qui fournissent un service énergétique équivalent de celles utilisées traditionnellement, mais à un coût inférieur. Cela revient à analyser le « supplément d'investissement » par rapport aux technologies moyennes existantes sur le marché de la rénovation et d'évaluer les gains engendrés grâce au remplacement par un matériel plus innovant malgré le surcoût à l'achat (Orselli, 2008). Ce coût intègre à la fois les coûts en capital de la technologie plus efficiente et les coûts de consommation énergétique tout au long de la durée de vie de cette technologie.

Les études de prospective réalisées sur le potentiel de réduction de CO_2 dans les différents secteurs s'appuient sur cette méthodologie. Elles se concentrent essentiellement sur les aspects techniques et économiques pour analyser les opportunités qu'offre ce secteur à la fois du point de vue de l'efficacité technique et du point de vue de l'efficience économique (Amann, 2006) (voir Annexe 1). Comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant, ces

recherches ont permis de constater d'une part, que le secteur du bâtiment est celui qui présente le potentiel coût-efficace le plus important et, d'autre part, qu'au sein de ce secteur, certaines solutions comme l'isolation des murs ou le changement de chaudière sont coûts-efficaces alors que d'autres, comme le changement de fenêtre, ne le sont généralement pas.

1.3. Le potentiel technico-économique

Les études réalisées à l'aide des méthodes qui mettent en balance les coûts et l'efficacité des mesures, cherchent à répondre à la double question suivante : parmi l'ensemble des options de réduction, en existe-t-il certaines qui sont compatibles avec l'amélioration de l'efficacité économique, et dans quelles proportions ? Ces études sont donc, dans un contexte économique contraint par des budgets limités et dans une optique d'optimisation des dépenses et de maximisation du surplus global, tout à fait centrales pour aider les décideurs à orienter leur choix d'investissement.

1.3.1. Le coût de la tonne de CO_2 évitée

Cet indicateur sert à déterminer le volume de CO_2 que chacun des travaux permet d'éviter et à quels coûts. Il est donc possible d'identifier, d'une part quels sont les travaux les plus efficaces d'un point de vue technique, et d'autre part, quels sont leurs coûts pour une efficacité donnée.

En l'absence d'un marché de permis ou d'une taxe carbone et donc avec un prix nul de la tonne de CO_2, un investissement sera rentable si les économies qu'il génère dépassent le coût de l'investissement initial et ce, avant la fin de sa durée de vie. Si un prix du carbone est introduit via une taxe par exemple, l'investissement sera rentable si son coût final (coût des équipements - économies d'énergie) est inférieur au prix du carbone. Il est alors possible de déterminer un coût de la tonne évitée en utilisant les quatre principales informations ci-dessous qui permettent de calculer la Valeur Actuelle Nette de l'investissement et de la rapporter au volume de CO_2 évité :

- Les coûts totaux de l'investissement (prix des matériaux, de la main d'œuvre et de la maintenance)
- La durée de vie de l'équipement

- Le volume des émissions de CO_2 économisées
- Le montant des économies de facture engendrées par l'investissement

Ce coût sera positif si les économies de facture engendrées par les investissements tout au long de la durée de vie de l'équipement ne permettent pas de compenser le coût de l'investissement ; nul lorsque les économies d'énergie engendrées égalisent le coût l'investissement ; négatif si le montant des économies est supérieur au coût de l'investissement permettant ainsi de générer des ressources supplémentaires.

1.3.2. Analyse sectorielle

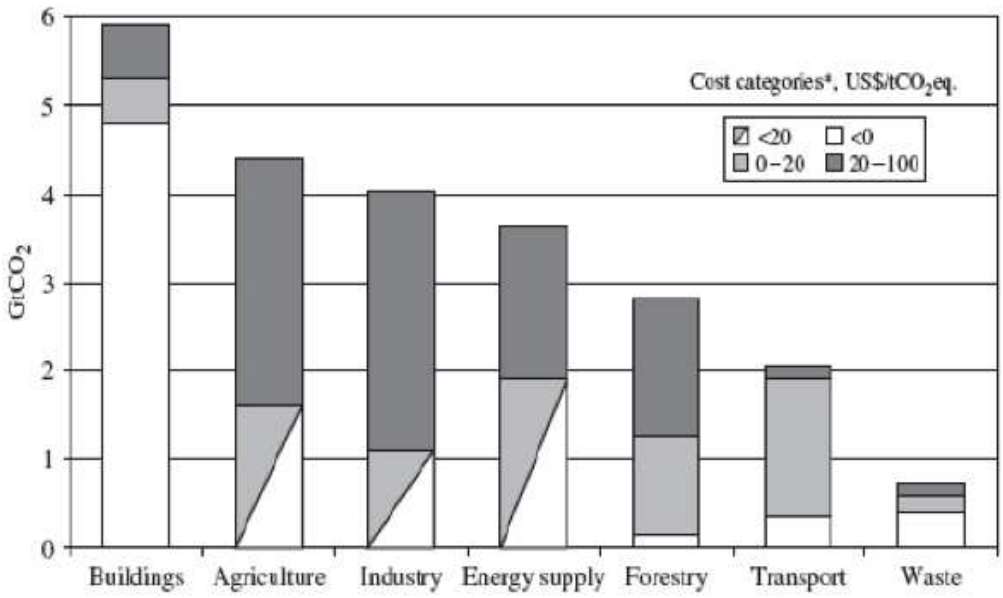
A partir d'un recensement et d'une analyse de plusieurs travaux d'estimations *bottom-up*[67] nationales et régionales du potentiel de réduction de CO_2 dans le bâtiment puis d'une agrégation des résultats dans une estimation globale, Ürge-Vorsatz et Novikova (2008) montrent que le secteur du bâtiment est de tous les secteurs celui dont le gisement de réduction est le plus large. De plus, il s'agit également du secteur dont le coût induit pour réduire une unité d'émission de CO_2 est le plus faible (Figure 4, p.97). Dans la mesure où il s'agit d'une synthèse de plusieurs études (estimations régionales) qui utilisent des taux d'actualisation différents, les auteurs ont sélectionné celles qui ont un taux compris entre 3 et 10% (p.646).

Les potentiels sont classés en trois catégories :

- Celle dont les coûts sont négatifs c'est-à-dire inférieur à 0 US$ / tCO_2
- Celle dont les coûts sont compris entre 0 et 20 US$/$tCO_2$
- Celle dont les coûts sont compris entre 20 et 100 US$/$tCO_2$

[67] Voir l'Annexe 1 pour la description des différentes approches de modélisation.

Figure 4 : Potentiel mondial de réduction de GES des différents secteurs selon les catégories de coûts.



Source : Ürge-Vorsatz et Novikova (2008), p. 652.

Les principales conclusions sont les suivantes : les pays en développement peuvent réduire entre 13 et 52% des émissions de CO_2 de façon coût-efficace, les pays industrialisés entre 12 et 25% et les économies en transition entre 13 et 37%. Globalement, au moins 29% des émissions prévues en 2020 peuvent être réduites à des coûts nuls ou négatifs. Même si c'est dans les pays en développement que la disponibilité de mesures coûts-efficaces est la plus large car les pays développés ont déjà « capturé » une partie des opportunités à bas coût, ce potentiel reste pour ces derniers non négligeable. Pour le seul secteur du bâtiment, près de 40% des émissions peuvent être réduites, dont environ 80% à des coûts nuls ou négatifs.

1.3.3. Analyse par options de réduction

L'étude de McKinsey & Company (2009) se base également sur une approche *bottom-up* pour estimer le potentiel de réduction entre 2005 et 2030 de 21 régions pour 10 secteurs. D'après les estimations, le potentiel de réduction dans le bâtiment pour les principaux postes de consommation énergétique (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, équipements et éclairage) est de 2,4 Giga tonnes (Gt) de CO_2 par an pour le secteur résidentiel et de 1,1 $GtCO_2$ pour le secteur commercial soit au total 3,5 $GtCO_2$ par an jusqu'en 2030, ce qui représente un niveau d'émission inférieur à celui de 2005 pour la plupart des pays développés.

Les conclusions générales corroborent celles de l'étude de Ürge-Vorsatz et Novikova (2008), puisqu'il apparaît que ce secteur présente un potentiel significatif de réduction à coûts négatifs. En effet, selon les auteurs du rapport, environ les trois quart du potentiel de réduction total du secteur du bâtiment offrent des bénéfices économiques nets, le reste étant accessible à des coûts très faibles. Au cours de la période analysée (2005-2030), le coût moyen de réduction est négatif puisque les dépenses de fonctionnement offrent à terme des économies d'énergie qui viennent plus que compenser la dépense en capital (Tableau 5, p.98).

Tableau 5 : Les mesures de réduction dans le bâtiment : coût moyen, dépense de capital et dépense de fonctionnement

Période	Coût moyen (€ par tCO_2eq)	Dépense de capital (milliard d'€ par an)	Dépense de fonctionnement (milliard d'€ par an)
2015	-21	124	-24
2020	-25	169	-83
2025	-28	187	-156
2030	-32	198	-235

Source : McKinsey & Company, 2009, p.109.

Dans cette étude, 26 options de réductions regroupées en six catégories permettant de réduire en tout 3,5 $GtCO_2$ par an ont été analysées :

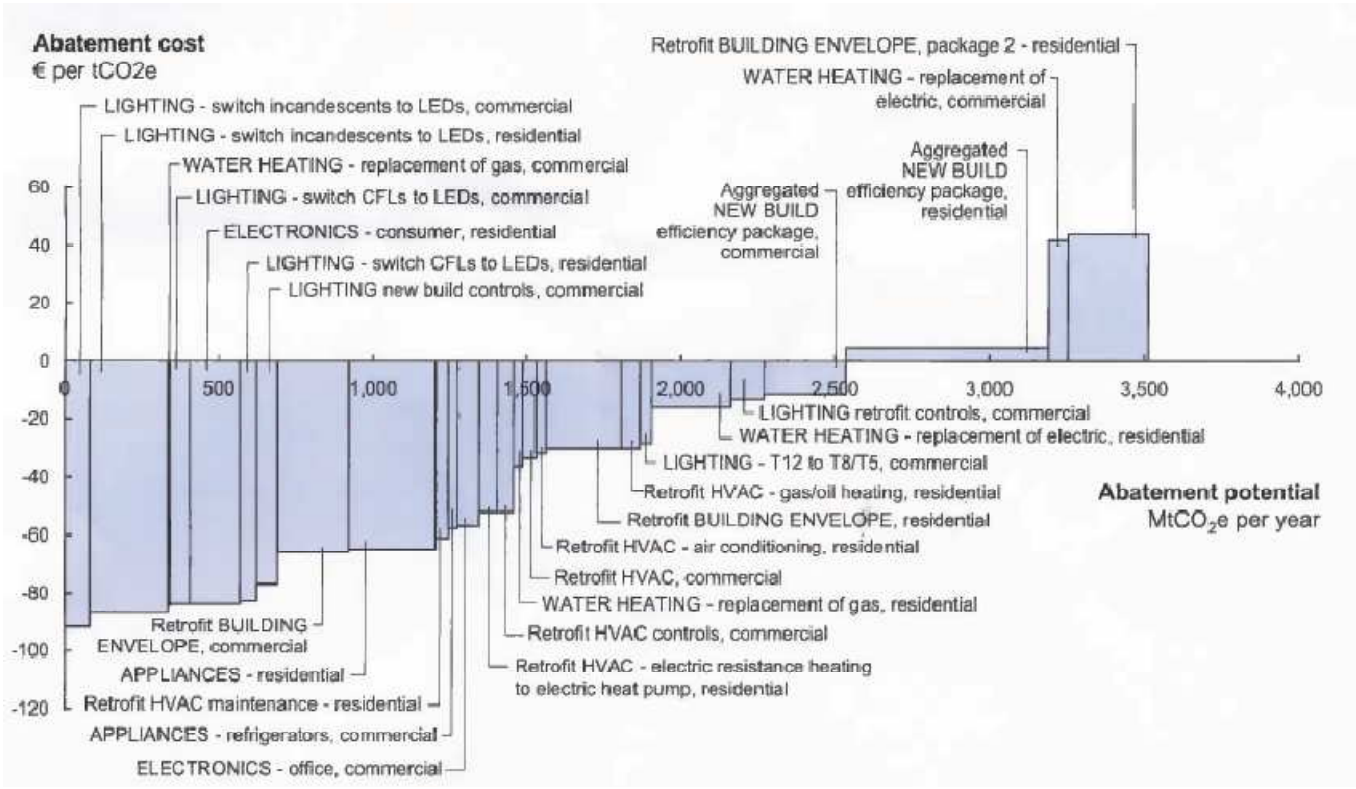
- Des bouquets d'efficacité énergétique pour les nouveaux bâtiments : en travaillant sur l'orientation, l'isolation, l'utilisation de nouveaux matériaux de constructions, etc., ces solutions pourraient permettre de réduire la consommation énergétique de 70% par rapport aux bâtiments récents (passant de 115kWh/m² à 35 kWh/m²).

- L'amélioration de l'enveloppe des bâtiments existants : deux bouquets de travaux sont identifiés. Un premier niveau comprend des mesures telles que l'isolation des murs creux et des combles, l'installation d'un système de ventilation mécanique simple, etc. Un second niveau comprend des mesures plus ambitieuses comme des fenêtres triples vitrages ou l'isolation des murs extérieurs, des toits et des planchers.
- L'amélioration des systèmes de chauffage, de refroidissement et de ventilation pour les bâtiments existants : ils sont remplacés par des systèmes plus efficaces, avec de meilleurs rendements et l'installation d'un système de contrôle qui permet d'ajuster les dépenses énergétiques en fonction de l'occupation et de minimiser le refroidissement de l'air.
- L'amélioration des systèmes d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) : les anciens systèmes en fin de vie seraient remplacés par des systèmes sans cuves ou à condensation (entrainant une réduction de la consommation de 30%) ou par un système de pompes à chaleur alimenté par du solaire thermique[68] (soit une diminution de 75 à 85%). Ces mesures devraient permettre de réduire les émissions d'environ 350 $MtCO_2$ par an.
- L'amélioration de l'efficacité énergétique de l'éclairage : les ampoules à incandescence et fluo compact (CFL) sont remplacées par des ampoules à diodes électroluminescentes (LED)[69]. Un système de contrôle d'éclairage est installé pour optimiser la lumière des pièces.
- L'amélioration de l'efficacité des équipements ménagers et électroniques (résidentiel et tertiaire).

En s'appuyant sur un raisonnement mobilisant une courbe de Coût Marginal de Réduction (CMR), qui vise à déterminer le coût d'une unité supplémentaire de CO_2 évitée et donc à classer l'ensemble des mesures de la moins coûteuse à la plus coûteuse tout en étant informé de l'efficacité technique de chacune d'entre elles, cette étude montre que sur les 3,6 $GtCO_2$ économisées, environ 2,7 peuvent l'être à coûts négatifs soit environ 75% (Figure 5, p.100).

[68] Le modèle intègre ici l'hypothèse d'une pénétration de cette technologie modérée dans les pays développés du fait de leur coût élevé.
[69] Les ampoules LED fournissent 150 lumens par watt (lm/W), les ampoules CFL 60 lm/W et les ampoules à incandescence 12 lm/W.

Figure 5 : Courbe de coût marginal d'abattement pour le secteur du bâtiment à l'échelle mondiale pour 2030



Source : McKinsey & Company (2009), p.107

Les actions qui figurent en dessous de l'axe des abscisses de la Figure 5 sont celles dont l'investissement initial est plus que compensé par les économies d'énergie, fournissant alors un bénéfice net, et celles au dessus de l'axe sont celles dont les économies d'énergie engendrées sont inférieures au coût du capital investi. Les mesures qui consistent à remplacer le système d'éclairage (« *lighting - switch incandescents to LEDs* ») sont les plus efficaces. A l'autre extrémité de l'axe horizontal, figurent les actions de réhabilitation thermique ambitieuses des bâtiments résidentiels (« *building enveloppe – package 2* »)[70]. De ce point de vue, la mesure la plus à gauche du graphique présente un intérêt particulier avec un coût de réduction de la tonne de CO_2 d'environ moins 90€/tCO_2 tandis que celle la plus à droite couterait plus de 40€/tCO_2.

L'atteinte d'un volume important de réduction nécessite de regarder également le volume de CO_2 total que chaque mesure permettrait de réduire. La largeur de chaque colonne indique le

[70] Dans cette étude, les potentiels d'amélioration reflètent les interdépendances entre les mesures et leurs effets afin d'éviter le double comptage des économies d'énergie. Par exemple, les différentes mesures d'isolation sont calculées de façon séquentielle, ce qui implique que le potentiel d'abattement et l'efficacité des mesures situées à droite de la courbe de coûts sont plus faibles que s'ils avaient été mis en place sans aucune mesure.

montant annuel de réduction que l'adoption d'une technologie peut engendrer. L'amélioration du système d'éclairage et de la performance des équipements électroniques permettent d'atteindre seulement environ 20% du potentiel total de réduction du secteur. La mise en place d'autres mesures, telles que l'amélioration des systèmes de chauffage et de l'enveloppe des bâtiments, présente certes un avantage moins important en termes d'euros par tonne de CO_2 évitée, mais permet d'atteindre une part importante du gisement et est donc d'autant plus nécessaire que les objectifs de réduction sont ambitieux.

Si les deux études présentées ici montrent des écarts sur le potentiel de réduction[71] (6GtCO2 en 2030 pour celle de Ürge-Vorsatz et Novikova (2008) et 3,6 GtCO2/an pour celle de McKinsey & Company (2009)), la part du potentiel qui peut être réduit à coût-négatif est sensiblement le même dans les deux, puisqu'elle est de 78% dans la première et 75% dans la seconde.

Afin de mieux cerner les enjeux de l'analyse coût efficacité et de la formaliser sur un cas concret portant exclusivement sur les investissements dans l'amélioration thermique des logements, nous avons réalisé des estimations sur un bâtiment-type.

[71] Les méthodologies utilisées dans les deux études sont différentes : l'étude de Ürge-Vorsatz et Novikova, (2008) se base sur l'aggrégation de plusieurs études régionales ou nationales utilisant une approche *bottom-up* alors que celle de McKinsey & Company (2009) fait une analyse générale des opportunités de réduction à un niveau global.

1.4. Simulation numérique de réhabilitation thermique pour un bâtiment-type

A l'aide d'un logiciel de simulation thermique, nous avons déterminé dans un premier temps la consommation énergétique initiale des logements pour un bâtiment-type construit dans les années 1960 et chauffé à l'aide d'un système de gaz collectif. Il s'agit d'un bâtiment de 28 logements avec une surface habitable (SHAB) de 1 700 m² et une surface hors œuvre nette (SHON)[72] de 2 120 m². Nous avons ensuite estimé les consommations obtenues une fois différents travaux d'amélioration énergétique réalisés. La méthodologie utilisée pour réaliser les estimations et la description des solutions techniques retenues sont détaillées en Annexes 3 et 4. L'objectif est ici de montrer, après avoir présenté les hypothèses choisies, quel est le potentiel technique de réduction de chaque solution et à quel coût chaque type de travaux permet de réduire une tonne de CO_2.

1.4.1. Hypothèses retenues

Les prix et les durées de vie des équipements, le choix du taux d'actualisation ainsi que la prise en compte d'hypothèses sur le prix de l'énergie influent substantiellement sur la rentabilité des projets. Nous présentons ici les hypothèses retenues concernant ces paramètres.

1.4.1.1. Coût et durée de vie des travaux

Les prix des travaux sont influencés par plusieurs éléments : l'entreprise qui les réalise, le volume de l'offre et de la demande des équipements, la disponibilité et la formation de la main d'œuvre, mais également la localisation des entreprises. Il est donc difficile de considérer des prix « universels » d'autant plus que le marché de la rénovation évolue assez rapidement (OPEN, 2009, ADEME 2010, CAH, 2006). Les prix que nous avons retenus sont ceux issus de la base de données des prix de la construction Bâtiprix[73], qui recense les coûts des différents ouvrages par corps d'état et sert donc de référence aux acteurs de la construction pour la réalisation des devis des travaux.

[72] Remplacée depuis le 1er mars 2012 par la « surface de plancher ».
[73] Bâtiprix est une base de donnée utilisée par les professionnels de la construction pour chiffrer et estimer leur projet. Elle est éditée par le Groupe Moniteur.

La durée de vie des équipements est issue des fiches des opérations standardisées pour l'obtention des certificats d'économies d'énergie (CEE) [74]. Ces durées de vie sont conventionnelles, mais il est évident que selon l'utilisation des technologies, leur entretien et la qualité de la maintenance réalisée, les durées de vie réelles peuvent varier de quelques années. Les estimations ont été réalisées pour l'ensemble des travaux ou bouquet de travaux présentés dans le Tableau 6, p.103.

Tableau 6 : Travaux et bouquets de travaux estimés

Travaux	Coût (€/m^2.SHON)	Durée de vie
1. remplacement des fenêtres	40	35
2. isolation toiture	14	35
3. isolation planchers	8	35
4a. isolation murs extérieurs (coût total)	105	35
4b. isolation murs extérieurs (coût additionnel)	53	35
5. VMC hygroréglable B	35	16
6. chaudière à condensation	21	21
7. PAC air/air (COP 5)	132	16
Bouquet 1 : 1+2+3+4a+5+6	278	35
Bouquet 2 : 1+2+3+4a+5+7	470	35
Bouquet 3 : 1+2+3+4a+5	254	35

Dans la mesure où les travaux d'isolation des murs extérieurs sont entrepris conjointement avec un ravalement de façade, nous avons, non seulement considéré un scénario tenant compte du coût de l'ensemble de l'ouvrage (4a), mais aussi un scénario qui intègre uniquement du coût additionnel, c'est à dire du coût lié à l'isolation (4b). En revanche, compte tenu de la large diffusion de certaines technologies, par exemple des chaudières à condensation ou des fenêtres en double vitrage, et le faible surcoût de ces dernières par rapport à des technologies moins performantes, nous avons choisi de prendre le coût dans sa globalité et non le coût additionnel.

En plus des différentes solutions concernant l'isolation des façades (travaux 1 à 4), nous avons testé l'impact de l'installation d'un système de Ventilation Mécanique Contrôlée (travaux 5) et de deux système de chauffage : le remplacement de la chaudière collective au gaz traditionnelle par une chaudière collective à condensation à haute performance (travaux 6)

[74] Disponible en ligne sur le site du Ministère de l'écologie, du développement durable, du transport et du logement : http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-Fiches-d-operations.html [consulté le 20/05/2010 et le 15/06/2011]

ou par un système de pompe à chaleur de type air/eau (travaux 7). Nous avons également estimé la rentabilité de 3 bouquets de travaux, en considérant pour les solutions ayant une durée de vie inférieure à 20 ans (système de ventilation et de chauffage), qu'elles étaient renouvelées à la fin de leur durée de vie, jusqu'à atteindre 35 ans[75].

1.4.1.2. Evolution des prix de l'énergie

Nous retenons dans nos calculs les hypothèses de l'Agence Internationale de l'Énergie (IEA, 2008) sur l'évolution moyenne des prix de l'énergie soit une augmentation de 3% par an toutes énergies confondues, bien qu'en pratique l'évolution des prix devrait tenir compte des différences entre les sources d'énergie (Orselli 2008)[76]. Les récents rapports sur les évolutions de prix à attendre au cours des cinq prochaines années, que ce soit pour le gaz ou pour l'électricité montrent que l'augmentation sera supérieure, puisqu'elle pourrait être de 4 % à 5% par an. Nous avons donc formulé un second scénario en estimant également la rentabilité des travaux avec une hypothèse d'augmentation des prix de l'énergie au consommateur de 5%.

1.4.2. Résultats

Le coût de la tonne de CO_2 réduite sert à déterminer le volume de CO_2 que chacun des travaux permet d'éviter et à quels coûts. Il est donc possible d'identifier, d'une part quels sont les travaux les plus efficaces d'un point de vue technique, et d'autre part, quels sont leurs coûts pour une efficacité donnée. Nous avons calculé pour chacune des options la valeur actuelle nette (VAN) et le volume de CO_2 réduit et ce, pour chaque bâtiment type.

La VAN correspond à la somme des valeurs actuelles des flux de trésoreries (FT) (ou « *cash flows* ») associé à un projet. Un projet d'investissement qui présente un revenu actualisé positif, permet de rembourser le capital investi, de le rémunérer à un taux égal au taux

[75] Nous avons soustrait la valeur résiduelle lorsque le renouvellement des équipements porte la durée de vie de l'ouvrage au-delà de 35 ans.

[76] En effet, le coût de production de l'énergie est relativement indépendant de la conjoncture énergétique mondiale, mais les prix du gaz et du pétrole sont soumis aux fluctuations sur le marché international. Les réseaux de chaleur ont eux aussi un coût de production relativement indépendant de la conjoncture, mais ont des parts importantes d'ordures ménagères ou de géothermie et des frais fixes relativement élevés.

d'actualisation et de dégager éventuellement un surplus. Le taux d'actualisation retenu est celui utilisé dans les calculs économiques publics en France issu du rapport Lebègue : 4%.

$$\text{Valeur actuelle nette (VAN)} = \sum_{t=1}^{n} \frac{FT}{(1+r)^t} - I$$

En rapportant la VAN au CO_2 évité (en tonne) nous avons ensuite calculé le coût d'une tonne de CO_2 évité pour chaque solution technique.

$$\text{Coût marginal de réduction (€/t}CO_2\text{)} = \frac{\text{VAN(€)}}{\text{CO2 évité (tonnes)}}$$

A la différence des indicateurs financiers de rentabilité traditionnels comme le temps de retour ou la VAN, l'analyse en terme de coût des réductions de CO_2 ne vise pas à déterminer en premier lieu s'il faut renoncer à certains travaux mais à évaluer pour chaque solution à quel coût revient la réduction d'une tonne de CO_2. L'intérêt de cet indicateur est qu'il permet d'une part, de comparer les solutions entre elles, c'est à dire indépendamment les unes des autres et, d'autre part, d'observer leur impact cumulé.

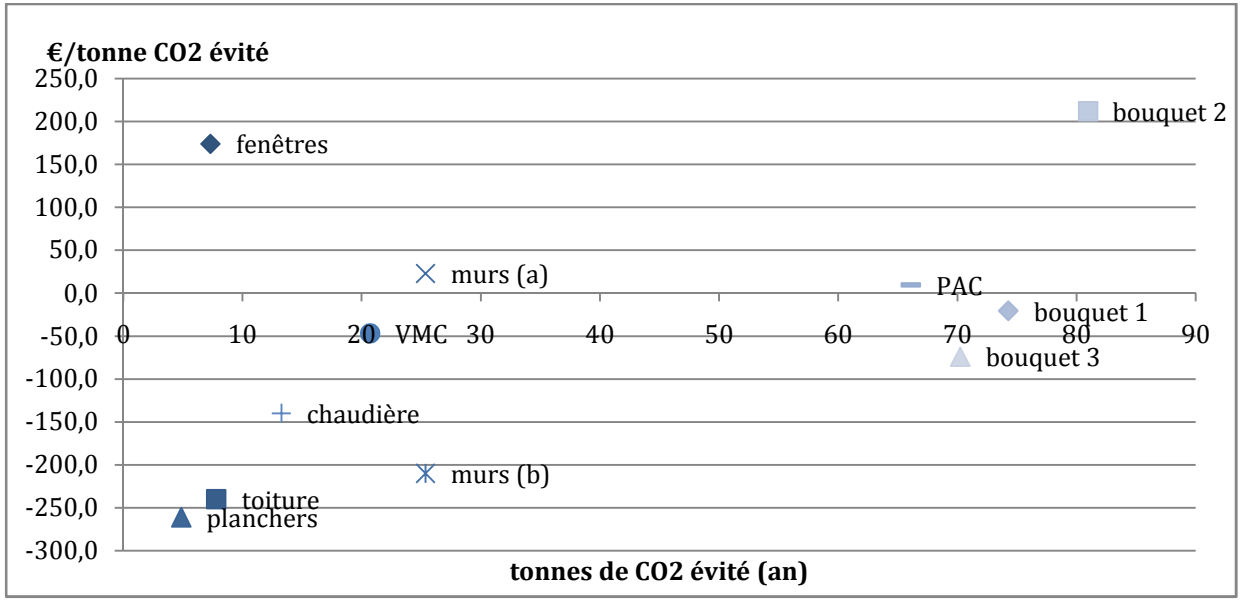
Il ressort de nos estimations que sur les 13 solutions retenues (dont une correspond à deux scénarios : 4a et 4b), plus de la moitié des solutions sont rentables avec une évolution du prix de l'énergie de 3%/an et seulement 3 ne sont pas coûts-efficaces avec une augmentation de 5%/an (Tableau 7, p.106). La figure 3 ci-dessous nous fournit également des informations concernant le volume de CO_2 que les différentes solutions permettent d'atteindre. Par exemple, malgré leur rentabilité plus faible, les PAC permettent en revanche de diminuer considérablement les besoins de chauffage et donc de réduire les émissions de CO_2.

Tableau 7 : VAN par m2 de logement et coût de la tonne de CO_2 évitée pour les différentes solutions de réduction

		Fenêtres	Toiture	Plancher	Murs (a)	Murs (b)	VMC	Chaudière	PAC	B 1	B 2	B3
VAN (€.m²)	r4, i3	-11,2	16,5	11,2	-5,1	46,9	5,3	12,2	-3,4	13,5	-150,9	45,9
	r4, i5	0,7	29,2	19,2	36,2	88,2	12,4	20,0	19,4	127,9	-19,1	160,3
coût de la tonne de CO2 évitée (€/tCO2)	r4, i3	173,7	-240,0	-261,1	22,9	-210,1	-46,9	-140,0	9,5	-20,6	211,8	-74,3
	r4, i5	-11,3	-425,0	-446,2	-162,1	-395,1	-110,4	-229,7	-54,0	-195,6	26,7	-259,3

r = taux d'actualisation ; i = évolution annuelle des prix de l'énergie

Figure 6 : Volume par m2 de logement et coût par tonne CO_2 évité pour les différentes solutions



D'après nos estimations avec une hypothèse « basse » concernant l'évolution des prix de l'énergie (i=3%), les travaux ou bouquets de travaux que nous avons retenus se répartissent en 4 catégories :

- ceux qui sont très coûts-efficaces (tCO_2 < -100€) : l'isolation des planchers bas, de la toiture et des murs extérieurs lorsque seul le coût additionnel est considéré ; le remplacement de la chaudière gaz traditionnelle par une chaudière à condensation ;
- ceux qui sont coûts-efficaces (-100€ < tCO_2 < 0€) l'installation d'un système de ventilation de type hygroréglable B ; le bouquet de travaux qui combine l'ensemble des solutions d'isolation de façades et l'installation d'un système de ventilation (B3) ; le bouquet qui combine les solutions de B3 avec le remplacement de la chaudière par un système à condensation (B1)
- ceux qui peuvent être mis en œuvre à des coûts relativement faibles (tCO_2 < 25€) : l'isolation des murs lorsque le coût de l'ensemble de l'ouvrage est pris en compte, l'installation d'une pompe à chaleur air/air ;
- ceux dont le coût de réduction est élevé (tCO_2 < 150€) : le remplacement des fenêtres par un système de double vitrage performant et le bouquet qui combine l'ensemble des solutions d'isolations de façades avec l'installation d'une VMC et un système de pompes à chaleur.

Si l'on considère une augmentation des prix de l'énergie de 5%, à part le bouquet 2 dont le coût de la tonne de CO_2 évité est relativement bas (26,70 €), l'ensemble des solutions sont coûts-efficaces.

La faible rentabilité des doubles vitrages (option rentable pour un taux d'actualisation inférieur à 4% ou pour une augmentation des prix de l'énergie annuelle de 5%) s'explique par le fait qu'elles représentent une part restreinte de la surface totale des parois (parois opaques + baies). Le taux de vitrage considéré pour l'immeuble type (années 1950 1960) est autour de 16%. Plus la surface des parois non isolées est importante et plus le logement est déperditif. Ainsi, si les murs ne sont pas isolés mais que les fenêtres le sont (et ce, même avec des portes fenêtres performants à rupture de ponts thermiques comme c'est le cas dans notre exemple), la surface de déperditions reste encore trop importante pour que la réduction des besoins soit notable et donc pour que ce type de travaux soit efficace lorsqu'il est réalisé de façon indépendante.

A partir des estimations réalisées avec le logiciel de simulation thermique, il est possible de schématiser le potentiel technico-économique des différentes solutions et de l'effort à consentir pour atteindre un objectif de réduction.

Deux principaux scénarios ont été retenus qui intègrent certaines options de réduction différentes identiques et d'autres différentes (Tableau 8, p.108)

Tableau 8 : Travaux pris en compte dans le scénario A et le scénario B

Travaux	Scénario A	Scénario B
1. remplacement des fenêtres	✓	✓
2. isolation toiture	✓	✓
3. isolation planchers	✓	✓
4a. isolation murs extérieurs (coût total)		✓
4b. isolation murs extérieurs (coût additionnel)	✓	
5. VMC hygroréglable B	✓	✓
6. chaudière à condensation	✓	
7. PAC air/air (COP 5)		✓

Le raisonnement à la marge permet de déterminer le coût d'une unité supplémentaire de CO_2 évitée et donc de classer l'ensemble des mesures de la moins coûteuse à la plus coûteuse, tout en étant informé de l'efficacité technique de chacune d'entre elles, c'est à dire du nombre d'unités supplémentaires qu'elles ont permis de réduire[77] (Figure 7 et Figure 8, p.109).

[77] Pour déterminer la réduction marginale, c'est à dire le volume de CO_2 que chaque solution supplémentaire permet de réduire, nous avons d'abord classé les solutions indépendamment entre elles de la plus rentable à la moins rentable, puis nous avons estimé à l'aide du logiciel de simulation thermique la nouvelle consommation énergétique obtenue à chaque fois qu'une nouvelle solution était mise en œuvre.

Figure 7 : Courbe de coûts marginaux d'abattement avec le scénario A

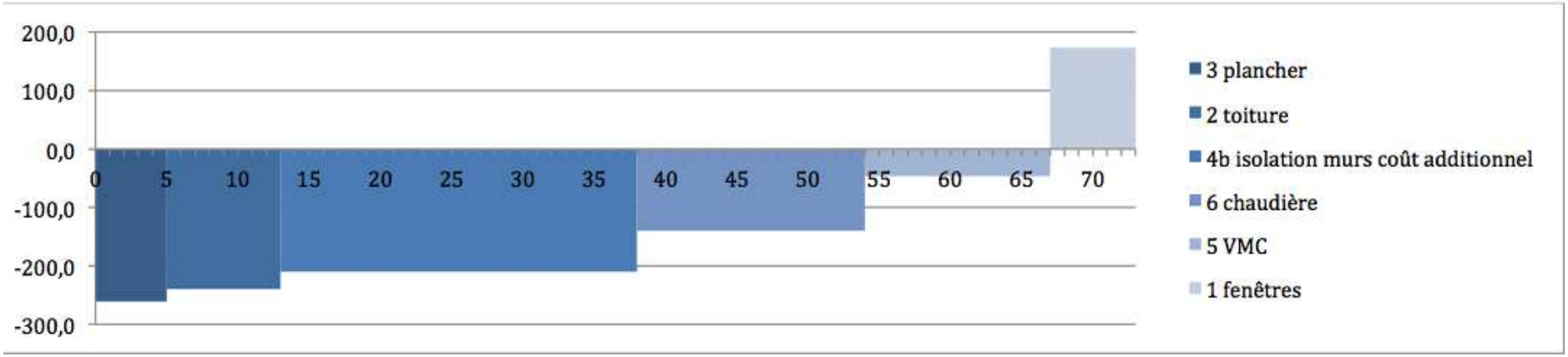
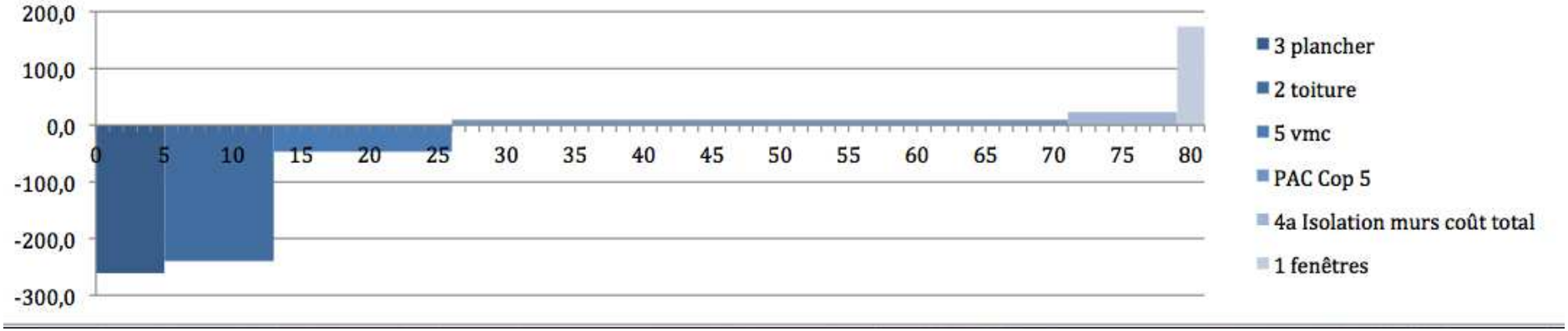


Figure 8 : Courbe de coûts marginaux d'abattement avec le scénario B



Avec le scénario A, le potentiel de réduction total est d'environ 73 tonnes de CO_2/an sur les 88 tonnes émises par l'immeuble à l'état initiale chaque année, soit une réduction de 83% des émissions total (ce qui représente un facteur 5,8). Sur l'ensemble de ce potentiel, il est possible d'atteindre un facteur 4,1 à coûts négatifs, représenté par l'ensemble des mesures en dessous de l'axe des abscisses dans la figure 4. Le coût moyen (€/t CO_2 évité) du cumul de l'ensemble des solutions est de -82 €. Il est inférieur au coût du bouquet 1 dans la mesure où dans ce scénario, seul le coût additionnel de l'isolation est pris en compte. Avec le scénario B, le système de chauffage retenu est la PAC et non plus la chaudière à condensation. Le cumul de l'ensemble des solutions permet de réduire les émissions d'environ 80 tonnes, ce qui représente un facteur 11. Sur l'ensemble de ce potentiel, seulement 20% peut être réduit à coûts négatifs.

Il est important de noter que l'efficacité technique et économique des solutions diffère selon le type de logements. Par exemple, les logements chauffés au chauffage urbain ont une consommation initiale inférieure (en volume) à ceux chauffés à l'électricité ou au gaz et il est donc plus rentable d'investir en priorité dans les catégories de logements les plus émetteurs. De même, nous avons considéré que tous les travaux pouvaient être mis en œuvre sans contrainte majeure sur le plan technique, c'est-à-dire en supposant que toutes les technologies étaient diffusées sur le marché de la rénovation et que la main d'œuvre était suffisamment formée et disponible pour que l'ensemble des travaux puisse être réalisé. Ces hypothèses sont restrictives car en pratique il existe de nombreuses contraintes, comme le fait que certaines technologies relativement nouvelles, telles que les PAC performantes, ne sont aujourd'hui pas suffisamment éprouvées pour être parfaitement diffusées. Toutefois, nous avons raisonné à technologie constante et il est fort probable que les innovations dans ce secteur, nombreuses ces dernières années, continuent à se développer, venant ainsi accroître le potentiel de réduction.

Les résultats exposés ici visent avant tout à illustrer le raisonnement utilisé dans certains travaux de modélisation et celui que les autorités publiques cherchent à mobiliser afin d'orienter les investissements de façon rationnelle. L'évaluation en terme de coût de la tonne de CO_2 évitée fournit des indicateurs tangibles, quantifiables et mesurables offrant au décideur la possibilité d'opérer un choix rationnel du point de vue économique en hiérarchisant les mesures à mettre en œuvre. Ces travaux servent ainsi à identifier les

solutions qui offrent la possibilité de réduire un volume de réduction donnée et dans lesquels il est préférable d'investir en premier. C'est en ce sens que nous avons considéré cette analyse comme normative, puisqu'elle constitue, du point de vue de la rationalité économique, celle que tout acteur, dont l'objectif est de réduire les consommations énergétiques et les émissions de CO_2, devrait mobiliser pour procéder à ses choix d'investissements. Toutefois, dans le secteur des logements, ceux qui vont concrétiser les investissements sont les ménages et, comme nous allons le voir, les critères de décisions de ces derniers s'écartent de cette rationalité collective.

2. L'approche positive et les comportements d'investissements effectifs des ménages

L'économie positive cherche à fournir des explications sur les choix des agents et à anticiper leurs conséquences sur le fonctionnement de la société. L'analyse des choix décisionnels des acteurs décentralisés permet de comprendre pourquoi le niveau d'investissement dans l'efficacité énergétique est inférieur à celui qui ressort de l'analyse normative. Afin d'évaluer l'ampleur des barrières décrites dans le chapitre précédent sur les décisions d'investissements, il est possible d'estimer les taux d'actualisation implicites qui sont révélés par les choix des acteurs (2.1). Ces taux, qui s'avèrent selon la plupart des études être très supérieurs aux taux prescriptifs utilisés dans les calculs économiques standard, traduisent le fait que les ménages intègrent dans leur processus de décisions tout un ensemble de facteurs qui font relativiser le poids du seul critère de « rentabilité » sur lequel se centrent les analyses normatives qui utilisent l'ACE (2.2). Les études et les enquêtes sur les investissements des ménages dans l'amélioration de leur logement témoignent en effet de l'existence d'un écart notable entre les choix des agents décentralisés et ceux auxquels la rationalité économique aboutirait (2.3). En reprenant l'exemple numérique présenté dans la partie précédente, nous illustrons l'ensemble de notre propos en montrant, à partir de différents jeux d'hypothèses, quels processus conduisent les ménages à ces choix différents (2.4).

2.1. L'analyse par les taux d'actualisation implicite

Cette analyse consiste à estimer le taux d'actualisation en se basant sur les préférences révélées des agents. Ces dernières correspondent à leur comportement, notamment de consommation et d'épargne. Le taux « positif » (ou descriptif) est donc utilisé pour refléter des comportements d'investissements des agents et « saisir » les éventuelles barrières auxquelles ils font face dans leurs décisions d'investir (Hassett et Metcalf, 1993 ; Sanstad et Howarth, 1994 ; Jaffe et Stavins, 1994 ; Train, 1996).

L' « appropriation » par la science économique d'analyses portant sur des aspects comportementaux – et donc fortement influencées par la psychologie ou la psychosociologie – a conduit, soit à nourrir les études économiques d'éléments qualitatifs permettant de discuter et enrichir les résultats, soit à tenter de convertir des données qualitatives en éléments quantitatifs[78]. En tant qu'outil fondamental de la décision économique, le taux d'actualisation a été fréquemment utilisé dans des études empiriques pour quantifier l'écart entre le niveau d'investissements optimum dans l'efficacité énergétique et le niveau effectivement observé (Henry, 1974, Stern, 1986, Hassett et Metcalf, 1993, Sanstad et al., 1995, Ansar et Sparks, 2009). Le fait que les ménages aient un taux d'actualisation implicite élevé est donc une nouvelle façon d'exprimer le paradoxe de l'efficacité énergétique, puisque cela revient à observer les comportements d'investissement des ménages. En effet, il s'agit de « traduire » une partie ou l'ensemble des barrières – c'est à dire des coûts intangibles – en un coefficient qui vient pondérer la rentabilité économique des investissements. Lors de la réalisation des estimations sur la rentabilité des investissements, le prix, la durée de vie des équipements et leur efficacité technique sont, a priori, connus. Les seuls paramètres « variables » car incertains sont le prix de l'énergie et le taux d'actualisation : pour le premier, l'utilisation d'un taux n'est justifié que pour traduire leur évolution possible qui est liée uniquement au marché de l'énergie. Le taux d'actualisation reste alors la seule variable mobilisable pour exprimer le paradoxe de l'efficacité énergétique ou traduisant l'ensemble des paramètres liés aux comportements des ménages et plus généralement aux coûts engendrés par la nécessité de surmonter les barrières. Le taux d'actualisation implicite – parfois associé au terme de « taux d'obstacles » (« hurdle rate ») (Hasset et Metcalf, 1993, Ansar et Sparks, 2009) – est alors

[78] Ces deux approches ne sont pas exclusives et concurrentes, bien que parfois empruntes d'idéologie concernant la « bonne » méthodologie à mobiliser et l'intérêt de reformuler des données qualitatives qui, par définition ne sont pas quantifiables.

utilisé pour évaluer le poids des barrières et éventuellement pour l'extrapoler afin de l'intégrer dans des études prospectives (Giraudet, 2011). Il reflète une préférence pour le présent et donc coût de l'investissement supérieur à ceux prévus dans les études techniques (Dennis, 2006).

En théorie, le taux d'actualisation mesure le consentement d'un individu à échanger une consommation présente contre une consommation future. Il sert avant tout, comme nous l'avons expliqué dans la première partie de ce chapitre, à exprimer la préférence pour le présent. Avoir des préférences intertemporelles cohérentes signifie que le décideur maximise l'utilité à partir des flux de valeurs courantes (cash flows) qui resteront optimaaux dans le futur (O'Donoghue et Rabin, 1999). La cohérence temporelle est donc garantie par l'arbitrage entre la consommation présente et future à un taux d'actualisation constant. Dans ce cas, les consommateurs sont conscients que leur volonté de consommer immédiatement impacte leur intérêt à long terme (Loewenstein et Prelec, 1992).

De nombreuses expérimentations montrent que les individus ne prennent pas toujours leurs décisions de façon temporellement cohérente et n'intègrent pas de taux d'actualisation dans leurs calculs de rentabilité, tels que le temps de retour (Frederick et al., 2002). C'est donc leur choix d'investissement qui révèle ces taux. Il apparaît alors que lorsque les coûts et les bénéfices sont tous deux dans le futur, les individus ont une vision de long terme qui se traduit par un taux d'actualisation relativement faible, mais que lorsque les bénéfices et les coûts sont décalés dans le temps, comme dans le cas des investissements dans l'efficacité énergétique où les coûts sont immédiats mais les bénéfices économiques sont lointains, leurs décisions sont davantage basées sur une vision de court terme et engendrent donc un taux d'actualisation plus élevé (Gintis, 2000). Ceci implique que même si l'on peut considérer qu'il existe différentes catégories d'acteurs – certains avec des préférences de court terme (« myopes ») et d'autres de long terme (« hypermétropes »), un seul et même acteur peut changer de catégorie selon la nature de l'investissement [79].

D'après certaines études, la comparaison entre les économies d'énergie produites par certains investissements et leur coût fait ressortir des taux d'actualisation élevés allant de 20 à 100%,

[79] Une fonction d'actualisation hyperbolique ou proportionnelle a été proposée comme plus représentative de la façon dont les individus valorisent les coûts et les bénéfices à travers le temps (Harvey, 1994). Cependant, un taux d'actualisation variable est rarement incorporé dans les modèles de la décision basés sur l'utilité car l'incohérence de temps crée des modèles difficiles à traiter (Tversky et Kahneman, 1992).

correspondant à des temps de retour de cinq ans à un an (Hausman, 1979, Train, 1985 ; Train, 1996). Selon Sutherland (2003), la littérature sur ce sujet montre que le taux d'actualisation implicite est au minimum de 21 % mais peut aller bien au delà. Selon une étude portant sur la période 1972-1980, l'effet rebond a été estimé entre 500 et 800 % pour un système de chauffe-eau au gaz, ce qui correspond à un temps de retour espéré de quelques mois (Geller et Attali 2005). Les études ont révélés en outre de fortes disparités entre les taux d'actualisation des différents catégories d'acteurs et les types d'investissements. Par exemple, Selon l'étude de Hausman (1975), les taux implicites vont de 5% pour les ménages les plus aisés à 90% pour les plus modestes pour des investissements dans un système de climatisation et de 14 à 56% pour un système de chauffage. D'autres études révèlent des différences de taux selon le statut de l'occupant : les propriétaires occupant ont un taux d'actualisation plus faible que les locataires (Sutherland, 2003).

Les principales explications avancées pour justifier l'importance de ces taux sont l'incertitude et les risques inhérents à de nombreuses transactions qui affectent alors la valeur des investissements dans l'efficacité énergétique en augmentant leur coût. Selon Hasset et Metcalf (1993), l'important taux d'actualisation attribué aux agents investissant dans la réduction de la consommation énergétique ne reflète en rien un comportement irrationnel des décideurs, puisqu'au contraire il exprime la reconnaissance de leur part de certains coûts cachés et de l'incertitude et reflète donc l'optimalité des choix. L'incertitude est liée à la longue durée de vie de l'équipement et au caractère irréversible des investissements dans l'efficacité énergétique qui, en l'absence de marché secondaire des équipements, crée un risque de « coûts échoués » (*stranded investment*). L'incapacité à prédire l'avenir n'est pas spécifique au marché des services énergétiques, mais l'impossibilité de diversifier les risques est quant à elle, caractéristique de ce marché. Comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent (1.3), la non-liquidité de ce type de bien engendre une valeur pour annuler ces investissements, appelée valeur d'option, qui se traduit par des taux d'actualisation élevés (Hassett et Metcalf, 1993). Cependant pour Sanstad et al. (1995), la valeur d'option ne permet pas totalement d'expliquer les taux d'actualisation implicites observés mais n'en représente seulement qu'une partie. En effet, on pourrait considérer que d'autres éléments expliquant le paradoxe de l'efficacité énergétique sont incorporés dans les taux d'actualisation élevés.

En définitive, parmi les recherches portant sur le taux d'actualisation implicite révélé par les choix de consommation dans l'efficacité énergétique, trois « théories » peuvent être

distinguées (Ansar et Sparks, 2009) : la première suggère que ce sont essentiellement les facteurs comportementaux tels la rationalité limitée, les biais de statu quo et l'aversion pour le risque, qui expliquent l'importance de ces taux ; la seconde considère qu'elle reflète la valeur d'option ; la troisième qu'elle reflète les défaillances de marché. Compte tenu du nombre important et de l'hétérogénéité des barrières à l'efficacité énergétique, mais également de l'hétérogénéité des acteurs, réussir à identifier clairement lesquelles d'entre elles « se cachent » derrière les taux implicites estimés semblent être un exercice périlleux. De même, l'extrapolation des taux trouvés dans certaines études empiriques – spécifiques à certains investissements et dans un contexte donné – et leur généralisation pour des exercices de prospective crée une marge d'erreur importante et ce, d'autant plus que l'influence du taux d'actualisation sur la rentabilité des actions est significative.

2.2. Les critères de décision des ménages

Lors du processus de décision qui conduit les acteurs à investir, ou au contraire à rejeter une idée ou projet d'investissement, plusieurs paramètres interviennent. Nous les avons segmentés en deux grands groupes : d'une part, les ménages portent leur attention sur l'ensemble des bénéfices (économiques et non-économiques) que les différentes solutions engendrent ; d'autre part, ils intègrent les difficultés et les contraintes auxquels ils sont ou estiment être confrontés.

2.2.1. La prise en compte des benefices non énergétiques

Les contraintes quantitatives d'émission ne pèsent aujourd'hui de façon directe que sur les gouvernements et les entreprises les plus émettrices. En l'absence d'un prix du carbone ou de contrainte de réduction, un ménage n'a pas d'intérêt propre à réduire ses émissions de CO_2 à moins d'avoir une certaine sensibilité au problème du changement climatique. Pourtant, dans le secteur du logement, c'est bien majoritairement l'utilisateur final qui est amené à réaliser les investissements permettant de rendre effectives les réductions que les gouvernements se sont engagés à atteindre. Un ménage n'est incité à investir dans des mesures de réduction que si elles lui permettent d'augmenter son utilité. En l'absence de transfert de contrainte des

décideurs publics vers les décideurs privés, les objectifs de réduction peuvent être atteints seulement si la maximisation du bien être des acteurs décentralisés les y conduit.

Les études réalisées sur cette question montrent que les intérêts publics et les intérêts privés peuvent, en théorie, se rejoindre car un certain nombre de solutions techniques, permettent à la fois de réduire les consommations énergétiques, mais également d'accroître à terme le surplus des ménages. Les logements présentent en effet, comme nous l'avons vu à travers l'illustration de la partie 1.4 de ce chapitre, de larges opportunités de réduction dites coût-efficaces. De plus, elles offrent également une grande variété de co-bénéfices tels que l'amélioration du confort, l'amélioration de la qualité de l'air, la réduction des nuisances sonores, etc. (Sathaye et Meyers, 1995 ; Harvey, 2006 ; Jakob, 2006 ; Levine et *al.*, 2007 ; McKinsey & Company, 2009 ; Novikova, 2010). L'analyse coût-efficacité ne considère seulement qu'une partie des bénéfices, car elle ignore la plupart des bénéfices non énergétiques qui influencent pourtant grandement la décision d'investir dans des mesures d'efficacité énergétiques (Knight et *al.*, 2006). La difficulté est de déterminer précisément la part du capital investi pour réduire la facture énergétique et celle correspondant aux autres bénéfices (Skumatz, 2002). La prise en compte de paramètres non énergétiques peut pourtant révéler que les ménages sont prêts à payer plus que ce qui peut être justifié par les seules économies d'énergie (Banfi et *al.*, 2008). Les bénéfices autres que les seules économies d'énergie excèdent même parfois, selon Skumatz et *al*. (2009), la valeur de ces dernières. Les bénéfices non-énergétiques peuvent représenter de 50% à 300% des économies de factures annuelles que permettent de réaliser les travaux d'amélioration énergétique (Skumatz, 2002 ; Amann, 2006)[80]. D'après les estimations réalisées par Clinch et Healy (2003), la relation confort-énergie montre que les bénéfices liés à l'amélioration du confort représentent 21% du total des bénéfices engendrés par des mesures d'amélioration énergétique.

La principale difficulté est ici de pouvoir pour estimer la valeur que les ménages accordent à l'amélioration du confort.

En effet, ce dernier est une notion complexe, difficile à appréhender de façon unique dans le sens où, sa définition peut revêtir plusieurs facettes.

[80] Ces parts ont été estimés notamment à partir des enquêtes basées sur la méthode du consentement à payer, des valeurs relatives (il est demandé aux ménages de comparer la valeur de chaque bénéfices non énergétiques par rapport aux économies d'énergie réalisées) ou encore sur une analyse statistique des préférences révélées (voir Amann, 2006).

D'abord, les besoins de confort varient selon la "vulnérabilité" des individus qui dépend de l'âge et des conditions physiques. La zone de confort thermique pour le corps humain se situe entre 18°C et 24°C. Le confort est donc appréhendé par sa dimension physiologique qui renvoie aux interactions entre le cops et l'environnement physique (Maresca et *al.* 2009).

Par ailleurs, Chappells et Shove (2005) ont montré que la notion de confort ne se limite pas à la température et à l'environnement immédiat mais dépend de la culture et des conventions. Les normes de confort sont « *des constructions sociales qui reflètent les croyances, les valeurs, les attentes et les aspirations de ceux qui les construisent* » (Cooper, 1982, p. 270). Dans ce contexte, le confort peut être considéré comme « *un concept socio-culturel parfaitement négociable* » (Chappells et Shove, 2005, p. 32)

Enfin, il dépend de la situation, de l'humeur et de la perception et évolue avec la satisfaction des besoins des individus (Marchand et Weiss, 2009). Ainsi, la définition du confort peut être mise en relation avec le progrès technique et l'augmentation du taux d'équipements (Maresca et *al.* 2009). La notion de confort s'apprécie donc ici à travers les préférences individuelles et l'expression d'un jugement et d'un ressenti. Oseland (1995) montre que selon l'endroit et les situations dans lesquels les individus se trouvent, le rapport entre la température et la sensation de confort varie : d'après son étude, pour un même niveau de température, un même type d'activité et une tenue vestimentaire identique, ils estiment avoir plus chaud dans leur logement que dans leur bureau En termes de température optimale, celle des logements est de 1,5°C plus faible que celle du bureau. Il apparaît donc que les attentes vis à vis du confort dépendent en grande partie de l'environnement dans lequel se trouvent les individus que du niveau de température (Encadré 7, p.118).

Le confort, peut donc difficilement être mesuré directement et unilatéralement notamment en raison de sa subjectivité intrinsèque. La perception du confort thermique est un mélange de ressenti physiologique et psychologique et elle est influencée par le contexte socio-culturel.

Encadré 7 : Les exigences de confort thermique des ménages

Selon l'enquête menée par le CREDOC en 2009 sur les consommations d'énergie dans le logement, le niveau de température souhaitée par les ménages est de 20°C dans la pièce à vivre pour 40% des ménages, au delà pour 33% et en deçà pour les 27% restants (Dujin et Maresca, 2010). Selon cette enquête, les caractéristiques socio-économiques des ménages n'ont pas d'impact sur la température idéale du logement. La température idéale perçu par les ménages est donc en moyenne légèrement supérieur que les 19°C requis (aux Etats-Unis, le standard de confort est de 22°C). Cependant cette température idéale s'applique essentiellement aux pièces à vivre (séjour) et aux pièces dites « chaudes » (cuisine, salle de bain) alors que pour les pièces « fraîches » comme la chambre, la température idéale est de 18°C ou moins pour plus de 55% des ménages interrogés, mais elle varie selon l'usage que l'on en fait (pour ceux dont la chambre constitue une pièce à vivre à part entière – notamment dans les petits logements - , la température est supérieure). C'est donc davantage le « cycle de vie », l'organisation de la journée et l'intensité d'utilisation des différentes pièces qui influencent (liée à l'âge des occupants et à leur besoin physiologique : un retraité ou une famille avec des enfants en bas-âges chaufferont davantage leur logement) la température dans le logement plutôt que les revenus ou les considérations écologiques. Par ailleurs, il apparaît que ni l'énergie utilisée, ni les systèmes de chauffage (central ou individualisé) n'influencent le choix de la température. En revanche la date de construction a un impact puisque la difficulté des ménages vivant dans les logements anciens à obtenir la température qu'ils souhaitent semble les conduire à revoir à la baisse leurs exigences alors que dans les logements récents, les températures recherchées sont plus autour de 22°C que de 19°C.

Les enquêtes portant sur les motivations des ménages pour les travaux d'efficacité énergétique montrent qu'ils intègrent dans leur choix ces co-bénéfices (Clinch et Healy, 2001 ; Clinch et Healy, 2003 ; CAH, 2005, OPEN 2009 ; TNS-Sofres 2010 ; ADEME 2010). Aussi, nous pouvons considérer que, sans procéder à une évaluation quantifiée de l'ensemble des bénéfices que les investissements entraînent, les ménages empruntent d'une certaine manière la démarche de l'analyse coût-avantage présentées dans l'Encadré 1 (p.90). Selon les contextes de décisions dans lesquels les individus se trouvent, les critères peuvent varier, mais de façon générale, les motivations sont plurielles (Lagandré, 2007) : envie de confort, recherche d'économies de facture, proposition de subventions et de crédits d'impôts[81], pression médiatique, préoccupations environnementales, etc. D'après une enquête IPSOS de 2008 sur les motivations des ménages pour faire des travaux de rénovation, 34% cherchent en premier lieu à réduire leur facture énergétique, 29% à améliorer le confort et le reste à remplacer une installation obsolète ou à « rafraichir » leur logement (ADEME, 2010). Selon

[81] Nous présentons dans le chapitre suivant les dispositifs incitatifs mis en œuvre par les pouvoir publics, comme les crédits d'impôts et les prêts bonifiés.

l'enquête TNS-Sofres en revanche, la première motivation est l'amélioration du confort (31,2%) puis la réalisation d'économie d'énergie (31%). Selon l'étude de Roudil et Flamand (2012), « *la norme environnementale ne semble s'introduire dans le quotidien des habitants que très progressivement et de manière limitée, le besoin de confort restant déterminant par rapport à l'évolution des pratiques énergétiques des ménages* ».

Ainsi, lorsqu'ils décident d'investir dans un bien, les ménages cherchent à obtenir celui qui possède les attributs correspondant le plus à leur attente. L'inséparabilité des caractéristiques des produits peut alors les pousser à porter davantage leur attention sur les composantes non énergétiques et à arbitrer à partir de l'attribut « fonctionnalité » ou « prix » ou à choisir les produits qui permettent de maximiser le critère « esthétique » ou « amélioration du confort ». Les ménages qui décident d'entreprendre des travaux dans leur logement ne cherchent donc pas uniquement à améliorer l'efficacité énergétique et ils choisissent parfois d'investir pour d'autres raisons. Selon l'enquête TNS-Sofres, 42% des ménages qui réalisent des travaux de rénovation cherchent uniquement à améliorer l'esthétique et la fonctionnalité de leur logement (agencement, changement d'équipement, décoration, réparation) sans intégrer dans leur choix les potentielles améliorations d'efficacité énergétique que ces investissements pourraient permettre d'obtenir[82]. En 2006, la part de marché des travaux ayant un impact énergétique dans l'ensemble du marché de l'amélioration de l'habitat est de 31,6% dont 14,5% pour les ouvertures, 9,7% pour le chauffage, 4,1% pour l'isolation intérieur (murs, planchers, plafonds) et 3,3% pour la toiture (OPEN 2007). Selon une enquête réalisée auprès des ménages franciliens, les travaux d'isolation thermique concernent chaque année seulement 1,7% des propriétaires et ils portent essentiellement sur la toiture. Selon cette enquête, l'objectif d'économie d'énergie est la motivation qui est citée en dernier lieu. Ceci explique pourquoi, le changement de vitrage est l'opération la plus pratiquée[83] : les ménages disent chercher avant tout à se protéger contre le bruit et les courants d'air et ainsi améliorer leur confort (IAU Ile de France, 2010). Au niveau français, d'après l'enquête TNS-Sofres de 2010, 14,1% des ménages interrogés ont réalisé des travaux d'amélioration énergétique dans leur logement. Sur l'ensemble de ces travaux, 31% portent sur le changement de fenêtres en

[82] Selon le type de ménage, ces proportions varient : pour 64 % des ménages qui viennent d'emménager et qui réalisent des travaux, la motivation de réparer ou de rafraichir est plus importante que pour les ménages sédentaires alors que les économies d'énergie le sont moins. Pour ces ménages en mutation, la proportion de travaux « regrettables » est de 30%, mais la proportion de travaux exemplaires est également plus importante pour ces ménages que pour les sédentaires (11%).

[83] 64% des logements collectifs d'Ile de France en sont équipés.

double vitrage ou la pose de double vitrage, 18% sur l'isolation des toits ou des planchers et 15% sur l'amélioration du chauffage[84] (ADEME, 2012).

Le choix des travaux les moins rentables comme le changement de fenêtres témoigne de l'importance que les ménages accordent aux bénéfices non énergétiques, mais peut également s'expliquer par le fait que certains travaux sont moins lourds à mettre en œuvre que d'autres et les confrontent donc à moins de barrières[85]. Nous allons voir en effet, que les coûts « intangibles » peuvent les conduire à rejeter certaines solutions.

2.2.2. La prise en compte des coûts "intangibles"

Les barrières décrites dans le chapitre précédent, en particulier celles engendrées par la recherche d'informations et par la coordination avec les différentes parties prenantes peuvent être qualifiées de coûts cachés (« hidden cost »), non formellement quantifiables et donc considérés comme des coûts « intangibles ».

Pour certains économistes de l'énergie, ces coûts cachés sont un sous ensemble des coûts de transaction (Sanstad et Howarth, 1994, Sutherland, 1996). Il nous semble cependant acceptable d'inclure sous le terme de coûts cachés l'ensemble des coûts qui ne sont à aucun moment de l'échange exprimés explicitement en termes monétaires comme par exemple : le désagrément qu'engendrent des travaux d'efficacité énergétique ; les incertitudes crées pour les ménages (concernant l'évolution prix de l'énergie, l'efficacité des travaux etc.) ; la difficulté à se procurer immédiatement les fonds nécessaires à ce type d'investissement ; les efforts cognitifs requis pour identifier les solutions envisageables et procéder à un arbitrage, ou encore le temps passé à la négociation avec les différents partenaires etc.. Nous considérons donc que les coûts de transaction engendrés par la nécessaire coordination entre les différentes parties prenantes à un échange – par exemple, un ménage et un fournisseur de biens d'efficacité énergétique – ne représentent qu'une partie des coûts cachés, bien que leur

[84] Le reste est réparti de la façon suivante : 12% pour l'isolation des murs, 10% pour le changement de volets, 8% pour l'installation d'une chaudière, 4% pour l'amélioration du système de régulation, 1% pour le changement de fenêtres sans double vitrage et 1% pour la ventilation.

[85] Par ailleurs, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, les changements de fenêtres bénéficient, au même titre que les travaux plus efficaces, du dispositif de crédit d'impôt. Nous discuterons dans la suite de notre travail (chapitre 3 et conclusion générale) des implications en termes d'optimisation de l'utilisation des fonds publics.

poids puisse être significatif et ce, d'autant plus que le nombre de parties avec lesquels le ménage doit se coordonner est important.

Sans formellement utiliser une analyse coûts-avantages comme outil d'aide à la décision, les ménages vont arbitrer entre les avantages des travaux (les bénéfices énergétiques et non-énergétiques) et les contraintes que ces derniers engendrent. En l'absence de données évidentes sur les bénéfices escomptés, et dans la mesure où, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les agents ont tendance à donner un poids plus important aux pertes à court terme qu'aux gains (Tversky et Kahneman, 1992), certains coûts intangibles comme les coûts cognitifs ou les coûts de coordination, peuvent réellement décourager les ménages à engager des travaux. Les freins sont notamment dus à la « concurrence » d'autres priorités budgétaires, à la frilosité de l'offre bancaire de financement des travaux, à la difficulté d'identifier la ou les solution(s) adaptée(s) aux contraintes du ménage et au logement, à la difficulté d'accéder aux artisans et à comprendre le vocabulaire des professionnels, etc. (Lagandré, 2007). Par exemple, selon l'enquête OPEN (2007), la recherche d'artisans ou d'entreprises et la recherche d'informations et de demande de crédit est plus longue dans le cas des travaux ayant pour vocation des économies d'énergie : 80 % des travaux sont lancés au bout de 18 mois et 24 mois pour des projets d'économies d'énergie. Seulement 10% de ménages qui réalisent des travaux de rénovation de leur logement ont recours au crédit (IAU Ile de France, 2010).

Au final, en portant leur attention à la fois sur les contraintes liées à la réalisation de travaux d'amélioration énergétique et sur les co-bénéfices, les ménages procèdent à « une analyse multicritères implicite ». Ils pondèrent leur choix par des critères positifs comme l'impact des solutions en termes de confort, de réduction de facture… comme par des critères négatifs comme le coût des travaux, la recherche d'information, la coordination avec les acteurs, etc. Ainsi, selon le type de solution technique, le poids accordé à ces différents critères varie : le changement de fenêtres présente certes un coût initial élevé et une réduction de facture assez faible par rapport à d'autres travaux, mais il entraîne une amélioration en termes de sensation de confort. Par ailleurs, cette solution ne nécessite pas, dans le cadre de la copropriété, le vote en assemblée générale et elle est largement diffusée ce qui simplifie le processus de recherche d'informations des ménages. A l'inverse, les travaux d'isolation des façades ont un coût initial élevé, mais engendrent une réduction notable de la facture énergétique. Cependant, la mise en œuvre de cette solution nécessite une recherche d'information plus poussée et une

coordination avec un plus grand nombre d'acteurs : artisans, architectes et, dans le cadre de la copropriété, ensemble des copropriétaires.

Ainsi, lorsqu'un agent base sa décision sur un critère unique, il est aisé pour lui de choisir parmi plusieurs options. En revanche, lorsque plusieurs objectifs contradictoires et non mesurables doivent être considérés, le processus de décision se complexifie (Løken, 2007). De ce fait, il est impossible de trouver une solution unique qui soit optimale pour l'ensemble des décideurs (au sein d'une copropriété par exemple) et pour chaque critère considéré (Ehrgott et Gandibleux, 2002). De plus, si certains de ces critères sont objectivement mesurables et quantifiables (coût initial, rentabilité des options), d'autres, comme l'amélioration du confort, le temps passé à rechercher des informations et à se coordonner avec les acteurs, ne peuvent être clairement identifiés et évalués. L'ensemble de ces barrières ainsi que la prise en compte des co-bénéfices conduisent les ménages, comme nous allons le voir, à sous-investir par rapport au niveau d'investissement optimal estimé dans les études technico-économique ou bien à choisir les solutions qui ne sont pas les plus économiquement rationnelles.

2.3. Le niveau d'investissement réel

D'après les enquêtes OPEN de 2007 et de 2009[86], les travaux ayant un impact énergétique sur l'habitat représentent environ un tiers du marché total de la rénovation des logements. Parmi l'ensemble des travaux réalisés, certains sont des travaux d'entretiens permettant au mieux une faible amélioration énergétique (réparation d'appareil de chauffage, traitement de la charpente des toiture, pose d'une porte de garage, etc.) et d'autres sont des travaux de rénovation offrant des possibilités d'amélioration énergétique significatives (rénovation de la toiture, changement de fenêtre, rénovation de l'installation de chauffage, etc.) (Tableau 9, p.123).

[86] L'objectif de ces enquêtes est de fournir des données quantitatives sur le marché de la rénovation thermique des logements à la fois au niveau de l'offre et de la demande. Les enquêtes ont porté sur 32 000 ménages (voie postale) parmi lesquels 2500 ont été réinterrogés par courrier de façon plus approfondie pour l'enquête de 2006 et 2650 pour celle de 2008, 1000 industriels ont été interrogés (1300 en 2008) et 5000 professionnels du bâtiment ont été interviewés avec 5000 chantiers analysés.

Tableau 9 : Performance des travaux réalisés en 2008, selon l'enquête OPEN

	Rénovations à impact énergétique nul ou mineur : « niveau basic »	**Rénovations à impact énergétique modéré : « niveau medium »**	**Rénovations à fort impact énergétique : « niveau optimum »**
Toiture : charpente, couverture, étanchéité de terrasse (395 000)	Non isolée 59,5%	Toiture isolée 40,5%	
Intérieur : cloison, isolation, plâtrerie, chape et plafond (720 000)	Aucune ou une paroi isolée 63,5%	Deux parois isolées 27,5%	Trois parois isolées 9%
Ouverture : porte, portail, fenêtre, store, volet, véranda (1 285 000)	TH7 13,8%	TH8 à 10 74,6%	TH11 11,6%
Chauffage : chauffage, eau chaude, ventilation climatisation (900 000)	convecteur électrique, chaudière standard 35,6%	panneau ou plancher rayonnant, chaudière basse température, chaudière biomasse 31,7%	chaudière condensation, PAC, biomasse associée au solaire 32,8%
Façade : ravalement, crépis, bardage, isolation de la façade (ce poste a été intégré à partir de 2008) **(265 000)**	Non isolée 84,9%	Façade isolée 15,1%	

Source : OPEN 2009

En 2006, dans moins de 10 % des cas, les travaux sont « exemplaires » – c'est à dire à fort impact énergétique (dernière colonne du tableau) – ce qui correspond à 8 % des logements et à 3 % des chantiers du côté des professionnels : 75 % des chantiers portent sur des réalisations « insuffisantes » et 22 % sur des rénovations qui peuvent être qualifiées de « regrettables » dans la mesure où les travaux impliquent l'impossibilité de réaliser une rénovation exemplaire avant plusieurs années. En 2008, une augmentation de 18,2% des dépenses engagées pour les travaux ayant un impact énergétique est constatée par rapport à 2006, mais elle concerne un nombre de logements moins important.

Les rénovations ayant un impact significatif sur la facture énergétique sont les moins prisées par les ménages, notamment lorsqu'il s'agit de faire des travaux sur les façades. En effet, sur l'ensemble des travaux réalisés sur les parois extérieures, seulement 15,1% ont engendré une

isolation thermique. Pour les rénovations portant sur les ouvertures et notamment les vitrages, les ménages se sont davantage orientés vers des solutions plus efficaces, mais qui ne correspondent pas au meilleur niveau de performance disponible sur le marché et constituent des investissements qui peuvent être qualifiés de « regrettable » car la durée de vie de ces équipements est longue. Ainsi, si le fait que les ménages ne choisissent pas en priorité le « niveau basic » pour les ouvertures et le chauffage peut sembler encourageant, le fait que le niveau optimum soit peu choisi contribue à « *tuer le gisement* » pour le futur comme l'explique Sidler, (2007), p. 37, toute rénovation de qualité insuffisante annulant le potentiel d'économie d'énergie pour de très nombreuses années.

Selon le Club d'Amélioration de l'Habitat (CAH, 2006a), près de 10 millions de ménages réalisent au moins une fois par an des travaux d'amélioration de leur résidence principale, dont près de la moitié des opérations est inférieure à 1000 euros ce qui représente 6% des dépenses totales dans ce secteur, mais 4,4 millions de ménages ont engagé des dépenses entre 1000 et 10 000€ soit 52% de l'ensemble du marché en terme de dépenses. Les opérations de plus de 10 000€ sont peu nombreuses mais représentent 40% du marché de la rénovation[87]. Ces données ne distinguent cependant pas les travaux de rénovations et d'entretiens qui n'engendrent pas d'économie d'énergie de ceux qui ont un impact sur la consommation. D'après l'enquête du CAH (2008), les choix réalisés ne permettent d'atteindre qu'une partie du potentiel d'amélioration thermique : la préoccupation principale porte sur le système de chauffage et les changements de fenêtres, mais très peu sur les parois opaques et dans le cas d'isolation, l'attention est davantage portée sur les matériaux que sur les performances. La ventilation est quasiment absente du discours et des projets des ménages. Les chantiers intégrant l'ensemble des travaux sont donc rares. Sur l'ensemble des logements qui ont bénéficié des travaux ayant un impact d'amélioration énergétique, soit 2520 logements, ceux qui portent sur les ouvertures (portes ou fenêtres isolantes) ont été effectués dans 55% des cas, sur le chauffage dans 34% des cas (rénovation des installations principales), sur l'isolation des murs intérieurs, des plafonds ou des planchers dans 33% des cas et de la toiture dans 6% des cas.

En 2009, parmi l'ensemble des travaux d'amélioration énergétique réalisés, les travaux d'isolation concernent principalement la pose de doubles vitrages (28%) et les travaux de

[87] En 2008, le CA du marché de la rénovation est de 44 milliards d'euros. Il pèse donc plus lourd que celui de la construction qui est de 40,6Md€ (ADEME, 2010).

chauffage portent surtout sur une première installation ou le remplacement d'une chaudière (ADEME, 2010) (Tableau 10, p.125).

Tableau 10 : Part des différents travaux dans l'ensemble des travaux d'amélioration énergétique réalisés en 2009

Changement de fenêtres + doubles vitrages	28%
Isolations sols/toits	18%
Amélioration chauffage	15%
Isolations des murs	10%
Autre chauffage	10%
Changements de volets	7%
Amélioration régulation	5%
Pose de joints	4%
Changement de fenêtres sans double vitrage	2%
Ventilation	1%
Autres	1%

Le coût moyen d'une intervention est de 3 596 €. Ce coût a augmenté depuis 2005 car les travaux réalisés sont plus importants, les équipements sont plus performants et les prix proposés par les professionnels ont augmenté.

En définitive, les enquêtes réalisées sur les investissements des ménages dans la rénovation de leur logement montrent d'une part, que les solutions choisies ne sont pas celles qui entraînent une amélioration énergétique et, d'autre part, que parmi les travaux qui permettent de réduire les consommations de chauffages, ce ne sont pas toujours les plus efficaces du point de vue énergétique et économique qui sont les plus plébiscitées.

2.4. Suite de la simulation numérique, du point de vue des ménages

A partir des calculs effectués sur l'impact des travaux pour le bâtiment type que nous avons présentés dans la partie 1.4 de ce chapitre, nous regardons comment varie l'ordre de mérite

des différentes solutions lorsque l'on se place du point de vue des ménages. Cela revient ici à mobiliser des indicateurs de rentabilité simples, à les mettre en perspective avec différents taux d'actualisation ainsi qu'à utiliser une analyse multicritères.

2.4.1. Les critères de rentabilité

Il existe plusieurs types d'outils généralement utilisés en économie financière pour aider les décideurs dans leurs choix d'investissements. Certains, comme la Valeur Actuelle Nette, sont considérés comme étant plus représentatifs de la valeur d'un investissement mais peuvent être également perçus comme trop complexes par un décideur qui n'est pas familiarisé avec l'utilisation de ce type d'outil. Celui-ci s'attachera en effet davantage à la durée nécessaire à la récupération de son investissement ou à son taux de rémunération.

2.4.1.1. Le délai de récupération

Il est égal à la durée d'exploitation de l'équipement nécessaire pour que les revenus dégagés permettent de récupérer le montant de l'investissement. L'année de récupération correspond donc à l'année à partir de laquelle la somme des flux de trésoreries (soit la somme des encaissements moins la somme des décaissements) devient positive (Babusiaux et Pierru, 2002). Lorsque le temps de retour est le critère principal utilisé par le décideur, cela traduit sa préférence pour le présent dans la mesure où il néglige les revenus ultérieurs à l'année de récupération. En théorie, si le temps de retour est inférieur à la durée de vie de l'équipement, le projet doit être retenu. Si tel est le cas, dans le secteur de la rénovation énergétique des bâtiments, des investissements peuvent être réalisés malgré un temps de retour élevé, car la durée de vie des équipements est relativement longue. Le décideur peut également choisir de se fixer au préalable un temps de retour maximum de référence et investir seulement dans les projets qui permettent de récupérer l'investissement avant ce seuil. S'il a le choix entre plusieurs projets, il peut décider d'investir seulement ou prioritairement dans celui dont le temps de retour est le plus faible.

L'analyse à l'aide du délai de récupération n'est cependant pas la plus pertinente lorsqu'il s'agit de connaître la rentabilité d'un projet car cet indicateur ne tient pas compte de la rémunération du capital à travers le temps tout au long de la durée de vie de l'équipement et

néglige donc les bénéfices réalisés après l'année de récupération. Il ne constitue pas un outil d'analyse objectif, mais en tant qu'indicateur simple, il est largement utilisé dans les projets de réhabilitation notamment car il est « intelligible » par la majorité des parties-prenantes (bureau d'étude, ménages, administrations, etc.). Il permet de classer et de hiérarchiser différents projets et ainsi d'arbitrer rapidement entre plusieurs options. Le délai de récupération constitue souvent l'indicateur privilégié des décideurs territoriaux (Gayral, 2005). Il est également mobilisé dans les programmes de sensibilisation et d'information sur l'impact des travaux d'amélioration énergétique des logements (ADEME, 2009). Du côté des ménages, il est difficile de déterminer si ces derniers procèdent à des calculs de rentabilité pour estimer la profitabilité économique de leur investissement. Ils peuvent se baser sur les estimations réalisées par les bureaux d'études ou par les fournisseurs de biens d'efficacité énergétique. Il est probable cependant que s'ils font un calcul de rentabilité, celui-ci sera du type temps de retour de l'investissement.

2.4.1.2. Le taux de rendement interne

Le taux de rentabilité interne (TRI) permet de comparer le taux de rémunération des différentes solutions. Plus le taux d'actualisation augmente, plus le revenu actualisé diminue. A une certaine valeur du taux d'actualisation, le revenu actualisé s'annule. Cette valeur est égale au taux de rentabilité interne. Le projet est donc réalisé si le TRI est supérieur au taux d'actualisation. Le taux d'actualisation représentant le coût du financement, les revenus attendus de l'investissement doivent permettre de rémunérer le capital qui a servi à financer le projet à un TRI supérieur que le taux d'actualisation.

En théorie, le TRI est utilisé seulement pour comparer deux projets qui ont des VAN identiques. En pratique, le TRI peut servir à l'investisseur pour comparer les différentes solutions en les considérant comme un placement et choisir celui qui a le taux de rémunération, ou le rendement, le plus élevé.

2.4.2. L'analyse par les taux d'actualisation

Comme nous l'avons noté plus haut dans ce chapitre, la question du choix du taux d'actualisation est tout à fait centrale lorsqu'il s'agit d'analyser les décisions

d'investissements et la rentabilité des projets. Ici, il ne s'agit pas de débattre sur le choix du taux reflétant le mieux les comportements d'investissement, mais d'observer l'impact des différents taux sur la rentabilité des solutions techniques envisageables. Les taux d'actualisation peuvent être interprétés comme un temps de retour espéré. La formule ci-dessous permet de faire correspondre chaque hypothèse de taux d'actualisation (r) avec une vision de plus ou moins long terme, en fonction de la durée de vie des équipements (n) et en intégrant l'inflation des prix de l'énergie (i) qui est supposée être de 3% par an Tableau 11, p.128.

Temps de retour « espéré » = $\frac{1-(\frac{1+i}{1+r})^{n+1}}{1-(\frac{1+i}{1+r})}$

Tableau 11 : Temps de retour de l'investissement pour différentes hypothèses de taux d'actualisation et de durée de vie de l'investissement

Durée de Vie des équipements	Temps de retour espéré (en années) pour 3 taux d'actualisation		
	4%	15%	30%
35 ans	30,5	9,4	4,8
32 ans	28,9	9,3	4,8
21 ans	19,9	8,7	4,8
16 ans	15,7	8,1	4,7

Par exemple pour un investissement dans un équipement ayant une durée de vie 32 ans un taux d'actualisation de 15% correspond à un temps de retour sur investissement attendu de 9,3 ans. Plus le taux d'actualisation est élevé, plus les revenus procurés par l'investissement dans le futur sont négligés et plus le temps de retour espéré est faible. Ainsi, dans la mesure où nous nous plaçons du point de vue du ménage, nous n'avons pas intégré de taux d'actualisation dans nos calculs de rentabilité, mais nous les utilisons pour nuancer et mettre en perspective les résultats des indicateurs comme le TRI ou le temps de récupération.

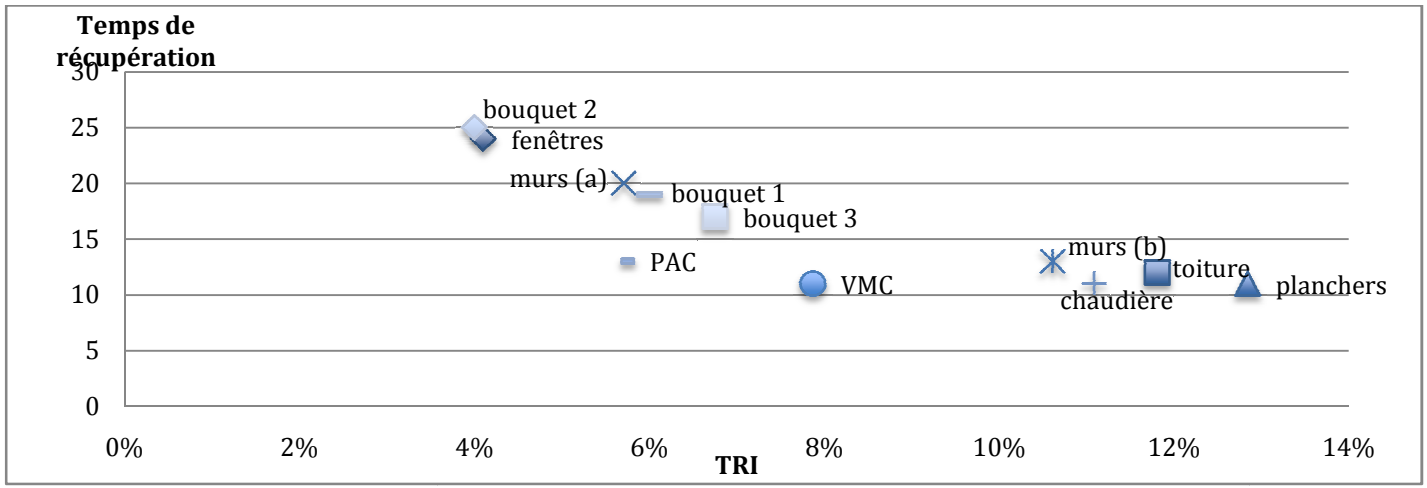
2.4.3. Résultats

L’ensemble des résultats concernant les délais de récupération et les TRI des différentes solutions et pour 3 hypothèses d’évolution annuelle des prix de l’énergie (0%, 3% et 5%) sont récapitulés dans le Tableau 12, p.130 et la Figure 9, p.130.

Tableau 12 : Délais de récupération et TRI des différentes solution d'amélioration énergétique

	€	Fenêtres	Toiture	Plancher	Murs (a)	Murs (b)	VMC	Chaudière	PAC	B 1	B 2	B3
(€/m² SHAB)		40,00	14,25	8,00	105,00	53,00	35,00	21,00	131,92	278,13	469,79	254,69
DR	0%	41	14	12	31	16	13	12	15	30	43	26
	3%	28	13	12	23	14	12	12	14	22	29	20
	5%	24	12	11	20	13	11	11	13	19	25	17
TRI	0%	-0,9%	6,5%	7,5%	0,7%	5,3%	2,7%	5,8%	0,7%	2,2%	-1,8%	1,7%
	3%	2,1%	9,7%	10,7%	3,7%	8,5%	5,8%	9,0%	3,7%	4,0%	1,9%	4,7%
	5%	4,1%	11,8%	12,8%	5,7%	10,6%	7,9%	11,1%	5,7%	6,0%	4,0%	6,7%

Figure 9 : Délais de récupération et TRI des solutions d'amélioration énergétique pour un bâtiment type et une évolution des prix de l'énergie de 5%/an



Lorsque aucune évolution des prix de l'énergie n'est intégrée, seules deux solutions ne sont pas rentables (le bouquet 2 et le remplacement des fenêtres) puisque les économies de facture qu'elles engendrent ne suffisent pas à rembourser le coût initial de l'investissement avant la fin de sa durée de vie. En revanche, si l'on intègre une évolution des prix de l'énergie de 3% ou de 5%, toutes les solutions ont un temps de retour inférieur à leur durée de vie. Toutefois, les délais de récupération restent assez longs puisqu'ils sont tous supérieurs à 10 ans. Ainsi, en considérant que les barrières à l'efficacité énergétique se traduisent par un taux d'actualisation implicite supérieur à 13% ou 14%[88], aucun investissement ne sera réalisé puisque d'après l'équivalence entre les temps de retour et les taux d'actualisations, des taux à 15% correspondent à un délai de récupération inférieur à 10 ans. (Tableau 11, p.128).

De la même façon, malgré le taux de rémunération intéressant de certaines solutions, comme le changement de chaudière (11%), ce TRI reste dans tous les cas inférieur à 15%. Les solutions comme la PAC, la VMC ou la chaudière sont en dessous de la courbe des autres solutions et ont donc des temps de retour plus courts pour des taux de rentabilité interne moins élevés que ceux des autres types de travaux car leur durée de vie est inférieur (16 ans pour les PAC et la VMC et 21 ans pour les chaudières).

Ainsi, en mettant en perspectives les taux d'actualisation – en considérant que ceux-ci sont « implicites » et qu'ils traduisent la présence des barrières à l'efficacité énergétique – avec les indicateurs de rentabilité plus généralement mobilisés, il apparaît clairement que les solutions d'amélioration énergétique présentent un intérêt limité au regard des coûts et des barrières à surmonter. Toutefois, ce type d'analyse se focalise uniquement sur les coûts (tangibles et intangibles) mais ne prend pas encore en compte les co-bénéfices des différentes options.

2.4.4. L'analyse multicritères "implicite"

Les ménages valorisent, comme nous l'avons vu, un ensemble de critères, certains positifs (la réduction de facture, l'amélioration du confort, etc.) et d'autres négatifs (le coût initial de l'investissement, la recherche d'information, etc.). En utilisant la démarche de l'analyse multicritère, qui consiste à pondérer les attributs d'un bien ou d'un service avec des critères

[88] Un taux implicite de 15% est relativement bas puisque les études sur les taux implicites révélés les estiment bien au-delà comme nous l'avons expliqué dans le § 2.1 de ce chapitre.

de décision, nous avons estimé à partir d'un ensemble d'hypothèses l'intérêt des différentes options. L'analyse présentée ici n'est donc pas une véritable optimisation multicritères (Encadré 8, p.132) aboutissant à des prescriptions, mais simplement une illustration de l'impact possible de la prise en compte par les ménages d'autres critères que la seule rentabilité économique.

Encadré 8 : L'analyse Multicritères

L'approche Multicritères (AMC) peut retenir le critère de coût-efficacité des mesures engagées mais elle intègre également d'autres indicateurs. Elle adopte donc un point de vue plus large que l'ACE (Pearce et al, 2006). L'enjeu est de tenir compte à la fois des aspects économiques qui sont quantifiables et d'aspects non quantifiables.

L'AMC peut ainsi être utilisée pour résoudre des problèmes d'optimisation en offrant la possibilité de trouver les solutions qui minimisent (par exemple les coûts de réduction) ou qui maximisent (par exemple le confort) un critère spécifique qui est alors représenté par une fonction dite 'objectif'. L'optimisation se fait ensuite sur la base de plusieurs fonctions 'objectif' et permet ainsi au décideur d'avoir une vision plus globale des enjeux qui se présentent à lui. Pour chacun des critères choisis, une analyse de leur impact est réalisée afin de pouvoir identifier les effets qu'ils entraînent.

Dans cette approche les objectifs ne sont pas pris comme une donnée exogène et ne sont pas uniques. L'AMC tient compte simultanément de différents objectifs qui sont mis en relation avec les décisions évaluées. Les objectifs doivent pouvoir se substituer les uns aux autres. Il s'agit en quelque sorte de constituer un « vecteur d'objectifs » (Floro, 2003). Les objectifs peuvent être contradictoires, la solution est alors fortement dépendante des préférences du décideur et doit être un compromis de ces dernières (Pohekar et Ramachandran, 2004).

Cette méthode présente donc, du point de vue de la théorie de la décision, l'avantage de simplifier des situations complexes. Les bases sur lesquelles s'effectuent les choix des critères et la notation des performances peuvent être simples. L'AMC permet de rationaliser le processus conduisant aux choix. Elle a pour objectif d'aider le décideur à synthétiser et organiser l'information qu'il a collectée de sorte qu'il devienne ainsi plus confiant dans ses décisions (Belton et Stewart, 2002).

Pour chaque critère (j), un poids est attribué (m) en fonction de l'importance que le décideur lui attribue. Chaque solution (a) présentent des attributs différents et a donc une valeur spécifique pour chaque critère (s). Pour le critère de rentabilité, de coût et de CO_2, nous avons utilisé les données issues de nos estimations. Pour ces trois attributs, les scores donnés sont donc objectifs. Pour les autres critères nous avons émis des hypothèses en nous basant notamment sur les données issues de manuels techniques (air intérieur, bruit et confort)

(Mortier, 2006) et sur les enquêtes (informations, coordination, désagrément des travaux) (CAH 2005 ; CAH 2008 ; ADEME 2012)

$$S(a) = \sum_{j} m_j . s_j\,(a)$$

Le score total (S) de chaque option (a) correspond à la somme du score obtenu pour chaque attribut (s) pondéré par le poids que le décideur accorde à cet attribut (m), et ce, pour chaque critère j.

Il est important de noter que les résultats issus du Tableau 13, p.134 servent seulement à illustrer notre propos, dans la mesure où il n'est pas possible de déterminer précisément l'impact des différentes options sur certains critères (comme le confort). Toutefois, cet exemple permet de comprendre en partie pourquoi certaines solutions moins rentables comme le changement des fenêtres sont préférées à d'autres comme l'isolation des murs extérieurs ou le remplacement de la chaudière.

Tableau 13 : Exemple d'une analyse multicritères « implicite » et impact sur le choix des options

CRITERES (j)		Pond. (m)	fenêtre	toiture	planchers	murs (a)	murs (b)	VMC	chaudière	PAC	B 1	B 2	B 3
Positifs	confort	5	9	3	2	5	5	2	7	7	10	10	9
	rentabilité	4	1	8	10	2	8	5	7	3	6	0	4
	air intérieur	3	4	2	1	2	2	10	2	2	10	10	10
	bruit	2	9	2	2	5	5	-1	0	-2	10	10	10
	CO_2	1	1	2	3	6	6	5	4	7	9	10	8
Négatifs	coût	-5	5	2	1	7	6	4	3	8	9	11	10
	information	-4	2	2	3	6	6	7	5	8	9	11	10
	coordination	-3	2	10	10	10	10	5	10	5	10	10	10
	désagrément	-2	4	2	2	5	5	7	3	5	8	10	9
total			33	7	9	-44	-15	-14	2	-41	6	-39	-19

Nous montrons ici que pour les fenêtres par exemple, même lorsque la rentabilité est faible (s = 1), dans la mesure où cette solution permet d'améliorer le confort (s = 9), de réduire les nuisances sonores (s = 9) et n'entraîne pas trop de coûts liés à la recherche d'information (s = 2), le score total obtenu (S) est supérieur par exemple à celui de l'isolation de la toiture. à l'inverse, certaines solutions plus rentables comme l'isolation des murs extérieurs, notamment lorsque celle-ci se fait au même moment qu'une obligation de ravalement, peuvent ne pas être choisies car moins de critères sont satisfaits (ou considérés ainsi par les ménages car les effets de ces travaux sont moins « saillants ») et ils engendrent plus de contraintes. Pour certaines solutions, il faut souligner que selon la localisation du logement au sein d'un immeuble, l'impact des travaux sera différent. En effet, comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent, un ménage situé au dernier étage n'a pas le même « statut » énergétique que celui situé au milieu de l'immeuble. Dans ce contexte, selon les notes attribuées concernant les bénéfices attendus par les propriétaires ainsi que l'importance accordé aux différents critères, le score de chaque solution peut grandement varier.

Cet exemple fournit une des illustrations possibles de la façon dont les routines décisionnelles des ménages peuvent soit les amener à ne pas investir dans l'efficacité énergétique, soit les conduire à choisir les solutions qui ne sont pas les plus rentables du point de vue économique. Les hypothèses formulées quand aux attentes des ménages sont intuitives et servent uniquement à éclairer notre propos. Cette méthode peut toutefois constituer un outil complémentaire à l'analyse des taux d'actualisation implicite puisqu'à la différence de cette dernière, elle peut permettre d'identifier plus précisément les motivations et les contraintes des ménages. En tant qu'outil d'aide à la décision, l'analyse multicritères pourrait être un outil de sensibilisation mais également de rationalisation des choix : en attribuant des scores 'objectifs', ou encore déterminés localement, aux différents critères pour chaque solution, les choix des ménages pourraient se rapprocher davantage de ceux prescrits par l'analyse normative.

Conclusion du chapitre

Pour J.N. Keynes, « il est *logiquement possible* de traiter les questions positives séparément des questions normatives et des questions d'application; il est *méthodologiquement désirable* d'examiner systématiquement les premières indépendamment des secondes » (Mougin, 2006, p. 6). Or, l'objectif ultime d'un grand nombre d'études sur l'observation des choix décisionnels des ménages – et notamment celles qui procèdent à la détermination des taux d'actualisation implicites – est de fournir des recommandations aux décideurs publics (voir B/ de l'Annexe 1). Dans cette perspective, l'économie positive, qui s'attache à observer les choix réalisés en pratique, constitue un socle sur lequel vont se fonder en partie les nouveaux acquis de l'économie normative (Bénassy-Quéré et *al*., 2009). En effet, si l'analyse des barrières à l'efficacité énergétique et leur quantification repose sur une approche descriptive, l'utilisation de ces données pour compléter les modèles de prospectives nécessite de formuler des postulats et conduit au final à des interprétations normatives.

Pour autant, la description des comportements d'investissements des ménages ne peut être que partiellement interprétée et reformulée. Les agents peuvent appuyer leurs choix sur différentes heuristiques et, « *pour une même personne physique, la diversité des situations et la pluralité des cadres d'interprétation et de coordination à partir desquels ces situations peuvent être abordées suscitent de la perplexité, de l'indécision, voir un sentiment de contradiction* » (Godard, 2004, p.132). L'utilisation de méthodes comme l'extrapolation des taux d'actualisation implicites à une échelle et un champ plus larges que ceux observés, risque alors de réduire l'objectivité présumée de l'approche normative. Nous avons donc choisi dans ce chapitre de distinguer clairement les deux approches. L'analyse normative nous a permis d'abord d'identifier la méthode dévaluation la plus adaptée au regard des enjeux de la politique énergie-climat et des contraintes budgétaires auxquelles la société, en tant qu'entité, est confrontée. Les résultats qui en ressortent montrent que les marges de manœuvres techniques pour réduire les émissions de CO_2 dans les logements sont importantes mais également que ces solutions sont pour leur majorité rentables. Toutefois, les ménages n'investissent pas massivement dans les solutions les plus économiquement profitables, d'une part car ils sont confrontés à de nombreuses barrières et, d'autre part, car leurs préoccupations et leurs attentes diverses ne sont pas toujours pleinement satisfaites par ces solutions.

La réduction de l'écart entre les prescriptions auxquelles conduit l'analyse normative et les investissements réalisés par les ménages va alors constituer le principal enjeu de l'intervention publique. Si la détermination des taux d'actualisation implicites permet de quantifier, pour des situations données, l'ampleur de cet écart, il ne permet pas en revanche d'identifier le poids des différentes barrières et donc la place à accorder aux outils d'intervention ciblés pour chacune d'entre elles. Or, comme nous allons le voir dans le chapitre suivant, la multiplicité des barrières invitent les décideurs publics à envisager des combinaisons d'outils dans le but de garantir que les décisions d'investissement s'orientent concrètement vers les solutions d'efficacité énergétique.

Chapitre 3 – Les dispositifs d'instruments nationaux permettant de lever les barrières à l'efficacité énergétique

Introduction

L'intervention publique est généralement envisagée lorsque les gouvernements considèrent que le marché ne peut fournir le niveau optimal d'investissement (Linares et Labandeira, 2010). Pour certains auteurs, la présence de barrières à l'efficacité énergétique, qui se traduit en particulier par des taux d'actualisation implicites élevés, n'implique pas nécessairement un besoin d'intervention publique si elles sont dues à d'autres facteurs que les défaillances de marché (Jaffe et *al.*, 2004). Selon la théorie économique standard, la puissance publique doit chercher exclusivement à corriger les défaillances de marchés comme la présence d'externalités négatives et doit intervenir seulement lorsque les coûts de l'intervention sont plus faibles que les bénéfices qu'elle engendre. Toutefois, ceci correspond à une solution de premier rang (*first-best setting*) qui n'est applicable que lorsque toutes les défaillances sont connues et quantifiables. Mais dans un contexte plus proche de la réalité où plusieurs défaillances et obstacles ne sont pas parfaitement identifiables et séparables, il peut être justifié de chercher à traiter l'ensemble des barrières en tenant compte des contraintes informationnelles (*second-best setting*) (Goulder et *al.*, 1999 ; Dennis, 2006 ; Bennear et Stavins, 2007 ; Fischer, 2008).

Plusieurs travaux suggèrent que la multiplicité de barrières impose une combinaison d'instruments (Stern, 1999 ; Levine et *al.*, 2007 ; T'Serclaes, 2007 ; Ryan et *al.*, 2011) avec, dans l'idéal, un instrument pour chaque barrière. En s'appuyant sur la règle de Tinbergen selon laquelle il doit y avoir au moins un instrument par objectif à atteindre (Tinbergen, 1952), Knudson (2009) explique que s'il y a moins d'outils d'intervention que de missions à relever, des barrières vont perdurer et les objectifs globaux ne seront pas atteints. Certains instruments peuvent toutefois remplir simultanément plusieurs missions voire dépasser le seul champ de la politique d'efficacité énergétique. Nous allons voir que pour conduire les ménages à investir dans l'amélioration de l'efficacité énergétique, la puissance publique dispose d'un panel d'outils assez large. Toutes les barrières à l'efficacité énergétique sont-elles aujourd'hui traitées par la puissance publique ? Cela nécessite-t-il un instrument pour chacune d'entre elles ou des outils transversaux peuvent-ils remplir plusieurs missions à la fois ?

Les instruments peuvent être séparés en deux grandes catégories (Lévêque, 2004 ; Botems et Rotillon, 2007) : ceux qui limitent l'action des individus en leur imposant des règles, comme la réglementation thermique ou les normes sur les performances des équipements ; ceux qui les incitent à modifier leur comportement mais en leur laissant une certaine flexibilité sur les moyens en les poussant à trouver les solutions eux-mêmes, comme les taxes environnementales ou les actions d'informations. Le choix par la puissance publique de rendre son intervention plus ou moins coercitive va être lié, d'une part au degré d'ambition des objectifs et, d'autre part à l'analyse de la réponse des acteurs aux différents instruments. Or, comme nous l'avons expliqué au premier chapitre, les sous-investissements s'expliquent notamment par la rationalité limitée des acteurs. L'enjeu des autorités publiques peut devenir, dans ce contexte, assez complexe : elles doivent concevoir des outils qui incitent les agents à réajuster leur comportement tout en tenant compte du fait que leur rationalité peut les conduire à rejeter ce réajustement. Ce présent chapitre vise à analyser les incitations destinées à réduire les barrières à l'efficacité énergétique en partant de la conception théorique des outils disponibles, pour ensuite s'intéresser aux conditions de mise en œuvre et à leur efficacité pratique.

Dans une première section nous décrivons l'intérêt des normes mais également les conditions nécessaires pour que leur mission soit pleinement remplie et qu'elles ne soient pas source d'inefficacité économique. Nous analysons ensuite dans une seconde partie, après avoir présenté les enjeux qui entourent le débat entre l'instrument prix et l'instrument quantité, les conditions d'application et d'efficacité de l'un ou de l'autre, à travers l'exemple des certificats d'économie d'énergie, de la taxe carbone et des subventions. Nous décrivons ensuite les solutions mobilisées par les pouvoirs publics pour réduire les problèmes d'information incomplète et montrons comment la puissance publique cherche à améliorer le niveau d'information pour conduire les ménages, sans les contraindre, à porter davantage leur attention sur l'efficacité énergétique. Enfin, la dernière section est consacrée à analyser les solutions qui existent aujourd'hui pour atténuer les obstacles liés à la coordination entre les différents acteurs qui sont amenés à se côtoyer lors des projets d'amélioration thermique des logements.

1. Fixer les règles : l'application de normes

Le secteur du bâtiment est depuis longtemps très réglementé par des normes de sécurité, mais les normes relatives à la santé des occupants (notamment sur la qualité de l'air intérieur), aux nuisances sonores et à l'énergie n'ont émergé qu'au milieu des années 1970. Depuis, elles constituent la voie privilégiée par la puissance publique pour orienter le marché. Nous verrons dans cette section qu'en encadrant les pratiques de construction et de rénovation, l'application de normes techniques constitue un outil puissant pour améliorer l'efficacité énergétique de ce secteur (1.1). Toutefois, il est nécessaire que les autorités publiques ne s'intéressent pas seulement qu'aux paramètres techniques mais également aux conditions d'application et de vérification afin que cet outil de régulation remplisse totalement son rôle, et ne soit pas source d'inefficience économique (1.2).

1.1. Les intérêts des normes

En termes d'efficacité (économique et/ou environnementale), tous les instruments ne sont pas équivalents (Beaumais et Chiroleu-Assouline, 2001). En effet, pour un volume de réduction d'émissions donné, l'application d'une norme indifférenciée à tous les pollueurs – telle qu'une norme de rénovation thermique – ne permet pas de minimiser les coûts totaux si leurs coûts de réduction sont différents. De plus, les agents choisiront de dépolluer jusqu'à atteindre le niveau maximal autorisé par la norme et ne seront donc pas incités à aller au-delà. En revanche, avec un système de taxe ou de permis échangeables, ceux dont le coût de dépollution est élevé réduiront moins leurs émissions que ceux dont le coût est plus faible, puisque ces derniers ont intérêt à continuer de réduire leurs émissions tant que le coût d'abattement est inférieur au prix de la taxe ou du permis. Cependant, ceci est vrai seulement si les pollueurs ont un comportement rationnel et ajustent parfaitement leur niveau d'émission selon des critères d'efficacité économique. Or, dans le cas de la réduction des consommations énergétiques dans les logements, nous avons vu que ce critère n'était pas le seul retenu par les ménages car leurs attentes vis à vis d'un service énergétique, notamment en termes de confort, peuvent les conduire à privilégier d'autres critères et donc à réajuster imparfaitement leur consommation en cas de variation de prix. En encadrant par la loi les pratiques de constructions et de rénovations, la puissance publique s'assure a priori l'atteinte des résultats.

Ainsi, les réglementations thermiques qui se sont succédées depuis les années 1970 (voir Annexe 2) garantissent que la consommation énergétique théorique d'un bâtiment ne dépasse pas un seuil maximum. Les normes constituent donc un outil puissant dans la mesure où elles excluent les pratiques jugées par les autorités publiques comme nuisibles pour la société et donc proscrites par la loi ou le règlement.

Par ailleurs, la transformation du marché à laquelle la réglementation conduit, permet aussi de réduire les problèmes de coordination entre les ménages et les entreprises du bâtiment, puisque ces dernières sont contraintes de respecter des normes. Cela limite les comportements de passager clandestin. En effet, nous avons vu dans le chapitre 1 qu'en raison de l'asymétrie d'information existante entre les ménages et les professionnels du bâtiment, ces derniers pouvaient être tentés de minimiser leur effort et de ne pas choisir les matériaux les plus performants. Dès lors qu'ils sont contraints par la réglementation, les ménages sont davantage préservés d'éventuels comportements opportunistes. En imposant des normes, les pouvoirs publics jouent donc ici le rôle d'une tierce partie qui rééquilibre la relation d'agence en régissant le rapport entre un ménage et ceux qui sont chargés d'accomplir la mission qui leur a été confiée.

Les normes permettent enfin de régler également, du moins en partie, les problèmes liés aux externalités d'innovation et de diffusion des technologies (Gold et *al.*, 2011). En effet, comme nous l'avons vu au chapitre 1, la recherche et l'utilisation des technologies performantes créent des externalités positives, qui sont liées au caractère de bien public que constitue la connaissance, mais qui, dans la mesure où elles ne donnent lieux à aucune rétribution, n'incitent pas les acteurs à innover ou à tester les nouveaux produits car ils ne veulent pas, à eux seuls, en supporter le coût. Avec l'application de standards plus exigeants, les entreprises fournissant le bâtiment, sont obligées de développer des produits plus performants et ce, dans un contexte où le risque d'une faible diffusion est imité, puisqu'un niveau minimum de demande est également induit. Ainsi, en excluant des pratiques ou des produits, les normes orientent le marché et stimulent l'innovation : dans le secteur du bâtiment, qui est très largement encadré par des normes et de façon toujours plus importante au fil des décennies, de nombreux brevets ont été déposés ces dernières années (Criqui et *al.*, 2009). Elles favorisent le développement et la diffusion de produits en les rendant accessibles à l'ensemble des consommateurs. L'obligation pour les entreprises de produire des équipements plus performants, comme des chaudières respectant des seuils de performances par exemple,

accroît la concurrence sur ce segment qui était auparavant réservé à un groupe restreint de consommateurs, puisque seuls quelques constructeurs de produits hauts de gammes y étaient positionnés. Par conséquent, ces produits ne sont plus réservés à certains, mais tous les ménages peuvent et doivent se procurer des produits performants – même s'il subsiste toujours une différentiation au niveau de la performance – ce qui simplifie leur choix d'investissement. Ceci ne s'applique pas seulement aux équipements, mais également aux bâtiments puisqu'en France, la réglementation thermique de 2005 a introduit des contraintes pour les projets de rénovations : toute rénovation d'un logement entreprise à partir de 2005 doit être conforme à la réglementation qui impose des seuils minimum de performance des matériaux choisis.

Nous allons voir toutefois que l'efficacité des normes ne peut être effective, tant du point de vue environnemental que du point de vue de l'efficience globale, que si certaines conditions d'applications sont respectées.

1.2. Les conditions d'efficacité des normes

Du point de vue de l'efficacité environnementale, pour que les normes remplissent parfaitement leur rôle, il faut qu'elles soient correctement appliquées ce qui impose aux pouvoirs publics de mettre en œuvre un système de contrôle voire de sanction en cas de non respect. Du point de vue de l'efficacité économique, il faut que les normes ne constituent pas une contrainte trop lourde pour les acteurs économiques ce qui nécessite d'une part qu'ils puissent s'y préparer et d'autre part que les marges de manœuvres pour s'y conformer ne soient pas trop restreintes. Nous allons voir qu'en pratique ces conditions d'efficacité ne sont pas toujours respectées.

1.2.1. Assurer la pérennité des résultats

Pour que les résultats attendus des normes en termes de niveau de consommation énergétique soient réellement atteints et perdurent au cours du temps, il faut que l'amélioration de l'efficacité énergétique se traduise par une réduction proportionnelle de la demande énergétique. Or en pratique, les économies d'énergie réalisées grâce aux travaux d'amélioration thermiques peuvent être en partie compensées par une augmentation de la

consommation. Cet « effet rebond » a été largement étudié dans la littérature en économie de l'énergie. Il mesure la différence entre l'efficacité énergétique, qui est une mesure relative, et les économies d'énergie, qui correspondent à la réduction en valeur absolue de la demande énergétique (Linares et Labandeira, 2010 ; Freire-Gonzalez, 2011). Il est généralement mesuré comme un pourcentage (ou en élasticité de la demande énergétique par rapport à l'efficacité énergétique) : quand l'effet rebond est de 0% cela signifie que la réduction de la demande énergétique correspond exactement à l'augmentation de l'efficacité énergétique ; lorsqu'il est positif mais inférieur à 100%, cela signifie que les mesures d'efficacité énergétique entrainent une réduction nette dans la demande énergétique mais moins que proportionnelle. Lorsqu'il est supérieur à 100%, cela signifie qu'elles entraînent à termes une augmentation nette de la demande énergétique[89].

L'effet rebond total peut être la conséquence de plusieurs phénomènes au niveau microéconomique et macroéconomique (Greening et *al.*, 2000 ; Oikomonou et *al.*, 2009 ; Linares et Labandeira, 2010) :

- Il peut être lié à la modification des besoins de consommations énergétiques des ménages engendrée par un effet-prix, la diminution du coût du service énergétique entraînant une augmentation des consommations. Il peut également être dû à un effet revenu, c'est à dire que la diminution de la facture entraîne une augmentation du revenu disponible et donc de nouveaux besoins. Nous avons vu dans le chapitre 1 (2.1.) que lorsque les besoins primaires sont satisfaits, d'autres besoins se créent, ce qui corrobore les études sur la notion de confort (encadré du chapitre 2) qui montrent que les besoins de confort évoluent avec la satisfaction des besoins.
- L'effet-rebond trouve également une explication au niveau macroéconomique : quand les coûts énergétiques diminuent, les prix relatifs des intrants baissent également. Ceci peut entraîner une augmentation de leur demande, de la production et donc stimuler la croissance économique qui a un effet négatif sur la maîtrise des consommations énergétiques totales.

[89] Effet Rebond (ER) = (économies d'énergie estimées – économies d'énergie réelles) / économies d'énergie estimées. Avec cette définition, il faut noter que l'effet rebond peut venir du fait que les économies réelles sont inférieures aux prévisions mais également que les prévisions ont surestimé les économies attendues : par exemple, en considérant une base 100 correspondant aux « véritables » économies d'énergie, on a soit ER = (100 – 60) / 60 = 40% ; soit ER = (110 – 100) / 110 = 10% ; soit les deux ER = (110 - 60) / 110 = 45%.

La question de l'ampleur de l'effet rebond a largement été débattue dans la littérature en économie de l'énergie et de nombreux travaux ont cherché à le quantifier. Pour certains, l'amélioration de l'efficacité énergétique a, à terme, un effet néfaste sur l'environnement puisqu'elle entraine une augmentation nette de la demande et donc de l'utilisation des ressources, ce qui correspond à un effet rebond supérieur à 100% (Khazzoom, 1989 ; Brookes, 1990 ; Saunders, 1992 ; Brookes, 2000). Ce fort effet rebond s'explique pour ces auteurs par le cumul des phénomènes micro et macroéconomiques expliqués ci-dessus. Pour d'autres, l'effet rebond est inférieur à 100%, ce qui signifie que même si la réduction de la consommation énergétique est moins que proportionnnelle à l'amélioration de l'efficacité énergétique, cette dernière reste socialement souhaitable (Grubb, 1990 ; Hinchliffe, 1995 ; Herring, 1999 ; Sorell, 2009 ; Madlener et Alcott, 2009). D'après les estimations de Frondel et *al*. (2007), l'effet rebond est compris entre 57% et 67%, selon Herring (2006), il est compris entre 10 et 20% et selon Greening et *al*., (2000) il est de 30%. L'effet rebond dépend en fait fortement du contexte, des élasticités- prix et revenu des ménages considérés et de la possibilité de changer d'énergie ou de cadre productif. Au sein du logement, l'effet rebond est différent pour les travaux sur le chauffage et pour les travaux sur les vitrages ou les équipements (Frondel et *al*., 2007).

1.2.2. Garantir un système de contrôle efficace

En l'absence d'un système de contrôle efficace, les acteurs sont moins incités à respecter la réglementation, notamment si elle leur coute cher. Ainsi, les normes ne sont correctement respectées et donc efficaces, que s'il existe une menace de sanction en cas de non respect. Si les professionnels du bâtiment sont susceptibles de voir leurs ouvrages contrôlés, ils vont davantage veiller à respecter la réglementation en vigueur.

Aujourd'hui, les experts jugent que dans plus d'un cas sur deux la réglementation thermique n'est pas correctement appliquée (Criqui et *al*, 2009). Cela s'explique par l'absence d'actions informatives, préventives et répressives (Elias, 2004) :

- informatives et préventives dans le sens où si l'ensemble des acteurs de chantiers et les consommateurs sont informés de l'éventuel mauvaise application des normes par une ou plusieurs parties-prenantes ils vont chercher à s'en prémunir contractuellement. Cela peut par exemple passer par l'obtention d'un label qui ne peut être donné sans la

certification par un contrôleur technique fournissant une attestation de conformité à la réglementation.

- répressives car dès lors qu'une menace de sanction pèse sur ceux qui sont tenus d'appliquer les normes, ces dernières devraient être respectées. Cependant, il faut pour cela que le nombre de contrôles et la pénalité en cas de non conformité soient suffisamment élevés, voire que les résultats des contrôles soient rendus publics.

Ainsi, comme le précise Elias (2004, p.9), "*la règle n'est pas seulement un texte qui stipule ce qui doit être fait. La justification de conformité doit en être une partie intégrante*". En France, il existe seulement des contrôles aléatoires qui, en raison du manque de moyen humains et financiers ne semblent pas être suffisamment incitatifs[90]. Les autorités publiques privilégient aujourd'hui la confiance envers les acteurs en leur proposant d'adhérer à un ensemble de règles de « bonnes conduites » avec la mise en œuvre du plan des « Règles de l'Art Grenelle Environnement ». Il consiste notamment à mettre à la disposition des acteurs des méthodes techniques d'auto-évaluation, à fournir tout un ensemble d'informations via un site internet spécifique[91] et à réviser les référentiels de formation du secteur.

Certains suggèrent de décentraliser les missions de surveillances comme cela est le cas en Allemagne, où le contrôle du respect de la réglementation thermique se fait au niveau des *Länder* qui sont libres de définir leur politique de contrôle. En Grande Bretagne, les contrôles peuvent soient être réalisés par les autorités territoriales (le Council de Westminster emploie par exemple 28 personnes sur les contrôles) ou les inspecteurs agrées qui sont des experts indépendants (Assourd et *al*., 2006). Pour Carassus (2007) la labellisation et le contrôle est un « *processus d'origine décentralisée dans lequel des collectivités territoriales jouent un rôle moteur* » (p.91). Les collectivités doivent donc jouer un rôle direct comme en Suisse ou en Espagne en fixant certaines règles à leur niveau territorial, ou indirect comme en Allemagne ou aux Etats-Unis, en aidant à la diffusion de labels et en créant des partenariats avec des acteurs privés locaux. Pour Debizet (2011) également, l'implication du niveau local dans la politique énergétique en particulier dans le secteur du bâtiment peut être un cadre pertinent pour fixer des normes et déployer des systèmes de vérification. En effet, dans la mesure où les communes et les agglomérations détiennent des compétences en matière d'urbanisme, elles

[90] Elias (2004) explique que pour déterminer pleinement la portée du caractère incitatif des contrôles à respecter la règle, il serait intéressant d'observer le comportement des maîtres d'ouvrage ayant été déjà contrôlés à plusieurs reprises.
[91] http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr/

peuvent par exemple favoriser la réalisation de travaux d'efficacité énergétique en même temps qu'elles imposent des ravalements de façades.

1.2.3. Optimiser le rythme d'évolution des normes

L'impact des normes sur les innovations et leur diffusion peut être, comme nous l'avons vu, assez significatif. Cependant, si les normes n'évoluent pas assez vite, elles peuvent être au contraire bloquantes pour l'innovation. En effet, par définition, les réglementations ne sont pas flexibles, et les acteurs économiques qui fournissent un effort pour s'y conformer, ne sont pas incités à aller au-delà, car cela nécessite des dépenses supplémentaires sans qu'il n'y ait de garantie sur les réponses de la demande (Jaffe et Stavins, 1994 ; Fischer et Newell, 2008). Ainsi, pour être efficace dans une perspective d'incitation à l'innovation, le niveau d'exigences de performances doit être relevé régulièrement, tout en laissant aux entreprises le temps de s'y préparer. En effet, s'il est important de les faire évoluer afin de stimuler continuellement l'innovation, il est tout aussi important de veiller à ce que l'offre puisse répondre aux évolutions réglementaires. Criqui et *al.* (2009) proposent deux moyens d'éviter les potentiels effets négatifs des normes sur l'activité des acteurs économiques : d'abord, il faut que les normes soient envisagées en concertation avec les professionnels du secteur, ensuite il faut les élaborer et les signaler suffisamment en amont de leur application afin que le secteur puisse opérer les transformations nécessaires.

L'évolution des règlementations thermiques françaises qui sont révisées en moyenne tous les sept ans, semble correspondre à un rythme relativement efficace dans la mesure où elle a favorisé la R&D dans le secteur de l'efficacité énergétique, bien qu'il subsiste des défaillances concernant la formation des acteurs de la filière. Cependant, de plus en plus de formations sont aujourd'hui dispensées par différentes structures, publique ou privées, et les grands traits des nouvelles réglementations à venir sont annoncés généralement à la même période que l'application de la précédente. Par exemple, les grands principes de la réglementation thermique 2020 ont commencé à être diffusés avant l'entrée en vigueur de la RT 2012, ce qui permet aux acteurs de se préparer mais également de négocier avec les décideurs publics les modalités de son application et aux chercheurs de réaliser des travaux de prospective pour estimer l'impact environnemental et économique des futures normes. A ce jour, il apparaît malgré tout qu'en raison d'une organisation du travail contrainte par le temps, les moyens financiers, mais surtout les moyens humains (en termes de nombre et de

compétences), la filière du bâtiment fait face à d'importantes difficultés d'adaptation aux nouvelles obligations réglementaires (Laurenceau et *al.*, 2011).

1.2.4. Préférer les obligations de résultats aux obligations de moyens

Le reproche souvent fait aux normes est que leur application ne tient pas compte de l'hétérogénéité des acteurs tant du point de vue des coûts de réduction, que du point de vue de leurs préférences. Ceci ne les rend pas socialement optimales puisqu'elles contraignent les acteurs à investir alors que cela peut réduire le surplus économique (Sutherland, 1996). Des normes différenciées seraient la solution aux problèmes d'hétérogénéité, mais il faudrait que les autorités publiques connaissent les coûts de réduction de tous les acteurs, ce qui, en situation d'information imparfaite dans des économies de plus en plus complexes, est impossible (Lévêque, 2004).

A défaut de parvenir à réaliser une analyse exhaustive *ex ante* des coûts de mise en conformité qui conduirait à une différenciation parfaite, les normes dans la rénovation se différencient essentiellement par la forme : elles peuvent soit porter sur les équipements utilisés, soit sur l'atteinte d'un seuil de réduction. Dans le premier cas, il s'agit d'une obligation de moyen puisque les ménages et les entreprises doivent utiliser des équipements qui respectent un seuil minimum de performance. Dans le second cas, il s'agit d'une obligation de résultat : ce qui importe ce ne sont pas les techniques et équipements utilisés, mais les résultats de consommation auxquels ils permettent d'aboutir. Cette dernière forme d'application s'avère plus performant du point de vue de l'efficacité économique dans la mesure où elle laisse place à une plus grande flexibilité : les acteurs choisissent, en fonction de l'état initial du bâtiment, les solutions qui permettent d'atteindre l'objectif fixé par la norme tout en veillant à minimiser les coûts (Orselli, 2008 ; Waide et Buchner, 2008). Cette flexibilité est d'autant plus importante que l'hétérogénéité des cas est large. En effet, les différences entre les consommations des logements et des immeubles ne rendent pas efficaces l'application de solutions universelles.

En France pour la réglementation sur la rénovation des bâtiments, les deux philosophies se côtoient : le décret n°2007-363 du 19 mars 2007 relatif au plan bâtiment Grenelle et à la RT 2005, encadre les choix techniques dans le cas des rénovations, soit en fixant des obligations sur la performance des équipements, ce qui correspond à une obligation de moyens si l'on se

place du point de vue de l'ensemble de l'ouvrage (« RT élément par élément »), soit en fixant des obligations sur le résultat global des travaux (« RT globale »). Pour les travaux qui sont réalisés dans une copropriété antérieure à 1948, ou bien lorsque la surface de l'immeuble est inférieure à 1 000 m², ou encore lorsque les travaux ne dépassent pas 322€/m².SHON, les éléments rénovés doivent respecter une performance prédéterminée. En revanche, lorsque les bâtiments sont construits après 1948 et ont une surface supérieure à 1 000 m² et un coût des travaux qui dépassent 322€/m².SHON, il faut que les travaux permettent d'obtenir une consommation inférieure à un seuil. Ces critères sont en principe choisis pour limiter l'impact des normes sur les coûts : plus les coûts sur l'ensemble de l'ouvrage sont élevés et plus la puissance publique laisse de flexibilité sur les moyens que les investisseurs mettent en œuvre pour atteindre la norme. A l'inverse, lorsque les coûts sont plus faibles, ou les solutions techniques limitées (comme par exemple pour les bâtiments construits avant 1948), ce sont sur les équipements que portent les contraintes. En pratique, les coûts de rénovation, même globale, excèdent rarement les 322€/m².SHON[92] et donc la réglementation actuelle pour la réhabilitation de l'existant est davantage orientée sur une obligation de moyen.

Ceci peut s'expliquer par le fait que l'obligation de résultat suppose des contrôles a posteriori, qui sont difficiles à mettre en œuvre. A l'inverse, avec l'obligation de moyens le mécanisme de contrôle est plus simple. Il suffit de ne pas laisser entrer sur le marché les équipements ne respectant pas les exigences. Comme nous l'avons vu plus haut, la mise en œuvre de contrôles *ex-post* s'avère lourde à prendre en charge pour la puissance publique. De plus, si la norme est trop sévère, même avec une obligation de résultat, elle peut conduire à une inefficacité économique si le coût de mise en conformité est trop important. Selon les études réalisées par Jakob (2006) sur la réglementation suisse et Galvin (2009) sur la réglementation allemande dans les logements, qui cherchent toutes les deux à explorer les effets de leur durcissement, il apparaît que plus la norme est stricte et moins elle est coût-efficace[93]. Jakob (2006) note toutefois, que malgré le coût élevé du passage aux normes les plus ambitieuses, la prise en compte des externalités positives qu'elles entraînent peuvent les rendre souhaitables voire

[92] Selon les estimations que nous avons réalisées dans le chapitre 2 ainsi que les fiches techniques réalisées par l'ADEME (disponibles à http://ecocitoyens.ademe.fr/financer-mon-projet/renovation/eco-pret-a-taux-zero), les coûts de rénovation globale des immeubles collectifs se situent en moyenne entre 220 et 300€/m².SHON.

[93] L'étude Galvin (2009) montre que pour un bâtiment consommant initialement 275 kWh/m².an (en énergie finale) le passage à la première norme (190 kWh/m².an) coûte 1,8 centimes d'€ (c€) le kWh d'énergie économisée, le passage à la seconde (70 kWh/m².an) 2,4c€, le passage à la troisième (40 kWh/m².an) 3,2 c€ et le passage à la dernière (28 kWh/m².an) 5c€[93] (Galvin, 2009, p. 841).

coûts-efficaces si l'on valorise monétairement l'ensemble des co-bénéfices publics et privés qu'elles génèrent.

Au final, en imposant des obligations sur la performance des équipements ou les résultats des ouvrages, la réglementation oblige les acteurs économiques à se tourner vers des investissements d'efficacité énergétique et règle donc, de ce point de vue, une grande partie de la question des barrières à l'efficacité énergétique. Toutefois, pour que les objectifs soient atteints, il est nécessaire qu'un système de contrôle incitatif soit élaboré et mis en œuvre – ce qui semble pour l'instant ne pas être le cas dans le système français – et que les ménages n'augmentent pas leur consommation par effet-rebond. Par ailleurs si les normes ont des effets positifs sur l'innovation et sa diffusion, elles peuvent être coûteuses, en particulier si aucune flexibilité n'est prévue. Enfin, la réglementation ne permet de lever que partiellement les problèmes de coordination entre acteurs et surtout, ne règle pas la question des contraintes de liquidité des ménages. Cet instrument doit donc être complété par d'autres outils.

2. Lever les barrières liées aux défaillances de marchés

Nous avons vu au premier chapitre que les barrières à l'efficacité énergétique peuvent provenir en partie des défaillances de marchés comme la non prise en compte dans les prix des externalités négatives liées à la production énergétique. Les premières recherches menées en économie publique sur les solutions d'internalisation des effets externes datent du début du 20ème siècle et sont généralement associés aux travaux de Pigou (1920) sur la taxe (dite « pigouvienne »). Depuis, les apports sur l'arbitrage entre cet outil et un autre outil d'internalisation, le système des droits d'émission devenus quotas échangeables, ont permis de mettre en exergue leurs intérêts spécifiques, bien que le choix pratique de l'un ou de l'autre instrument s'écarte souvent des prescriptions et analyses théoriques (2.1). Nous verrons en effet à travers des exemples concrets d'applications de ces deux groupes d'instruments – l'instrument quantité avec le système de Certificats d'Economie d'Energie (2.2.), l'instrument prix avec la taxe carbone (2.3.) et les dispositifs de subventions (2.4.) – que le contexte dans lequel ils sont envisagés et mis en œuvre influence grandement leur efficacité.

2.1. L'arbitrage prix versus quantité : de la théorie à la pratique

En théorie, quel que soit l'instrument utilisé, l'objectif de l'intervention est de restaurer l'optimum social en intégrant dans les prix les externalités négatives, engendrées par la production d'énergie. Cela revient dans un premier temps à déterminer un optimum de pollution. Comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent, la détermination de ce dernier suppose de connaître à la fois les dommages engendrés par la pollution et les coûts de dépollution et donc de faire face à des problèmes d'information et de méthode qui, en pratique, ne permettent pas aux décideurs publics de restaurer parfaitement l'optimum social. Cependant, ces difficultés ne conduisent évidemment pas à abandonner ces instruments. En effet, à défaut de pouvoir quantifier parfaitement les dommages et les coûts de dépollution, le régulateur choisit le plus souvent d'adopter – en vertu notamment du principe de précaution – des mesures visant à répondre à des objectifs quantifiés de réduction des émissions de GES et/ou des consommations énergétiques.

Une fois les objectifs déterminés, le décideur va devoir arbitrer entre différents outils qui s'offrent à lui pour parvenir à la satisfaction des objectifs. Il en existe deux principaux :

- L'instrument prix (taxe ou subvention), dont l'origine se trouve dans l'analyse pigouvienne de l'internalisation des effets externes et qui s'appuie sur le principe du « pollueur –payeur » (Pigou, 1932) ;
- L'instrument quantité (quotas) qui renvoie à l'analyse de Coase (1960) sur les droits de propriétés fondée sur le principe d'une négociation entre pollueurs et pollués, puis à celle de Dales (1968) qui propose leur mise sur le marché.

En situation d'information parfaite, ces deux types d'instruments sont identiques du point de vue de l'efficacité allocative puisqu'ils reposent sur le même mécanisme de prix. La forme d'allocation initiale des droits d'émissions n'influence pas l'efficacité économique puisque ces deux outils permettent indifféremment de minimiser les coûts pour un objectif donné. En situation d'incertitude en revanche, le choix de l'un ou de l'autre va dépendre de la sensibilité des coûts de réduction et des dommages marginaux à la quantité de CO_2 émise (Weitzman,

1974)[94]. Avec un système de quotas, les prix s'établissent en fonction des quantités déterminées préalablement. Avec un système de taxe en revanche, le régulateur ne connait pas le niveau d'équilibre à l'avance et donc sa conformité avec les objectifs quantitatifs attendus. Les quantités s'établissent en fonction de la valeur du carbone et donc des coûts de dépollution et non l'inverse. Les travaux de prospectives ont tenté de déterminer une valeur du carbone qui soit unique[95] et qui permette de répondre à des objectifs de réduction prédéfinis afin que cette valeur soit retenue comme référentiel pour la mise en œuvre des instruments d'incitations tels qu'une taxe sur les émissions de CO_2. La valeur d'équilibre dépend principalement du niveau des objectifs de réduction des émissions (plus l'objectif de réduction est ambitieux et plus la valeur du carbone est élevée) et des technologies disponibles pour réduire les émissions (plus les technologies sont performantes, plus les coûts marginaux d'abattement sont faibles, et donc plus la valeur du carbone est faible). La mission sur la valeur tutélaire du carbone présidée par Alain Quinet a envisagé, à l'issue de l'analyse des travaux de prospective, une valeur tutélaire de la tonne de CO_2 de 32 € qui atteindrait 100 € en 2030 et entre 150 et 300 € en 2050 (Centre d'Analyse Stratégique, 2009).

En pratique le choix par le régulateur de l'un ou l'autre instrument ne va pas reposer exclusivement sur une analyse des fonctions de coûts. En premier lieu, il n'a pas toutes les données nécessaires pour y parvenir. En second lieu, d'autres critères interviennent dans sa décision. Son attention va donc également se porter sur la prise en compte d'un ensemble d'éléments tel que l'acceptabilité d'un certain type de politique par les agents, le caractère incitatif de l'instrument choisi, ou encore les coûts de transaction que sa mise en œuvre engendre. Par exemple, la taxe peut être préférée par le régulateur pour le « double dividende » qu'elle procure puisqu'en plus de servir à atteindre un objectif environnemental (premier dividende), elle engendre des recettes qui viennent augmenter le budget de l'Etat

[94]L'approche par les prix est préférable lorsque la pente de la courbe de coûts marginaux de réduction est supérieure à celle de la courbe des coûts marginaux des dommages et inversement pour l'approche par les quantités (Criqui et Bureau, 2009). Cela signifie que si les dommages marginaux causés à l'environnement à la suite d'une unité supplémentaire de CO_2 émise sont prédominants et la sensibilité des acteurs économiques au coût de réduction des émissions faible, le recours à un instrument-quantité est préférable. Si, en revanche, la sensibilité aux coûts liés aux dommages est faible, mais que la sensibilité aux coûts de réduction des émissions de gaz à effet de serre est fort, il semble plus optimal de recourir à un instrument-prix pour donner aux acteurs économiques une certaine visibilité sur le coût marginal lié à la réduction de leurs émissions (Keller, 2009).

[95] L'intérêt d'avoir une référence unique réside dans le fait qu'il est nécessaire d'égaliser le coût marginal d'abattement du carbone dans toute l'économie et de minimiser les coûts engagés pour accomplir un effort global donné. « *S'en écarter, c'est accepter une inefficacité globale qui peut être très coûteuse pour la collectivité : on aurait pu atteindre un même objectif global de réduction à un coût moindre ; on aurait pu atteindre un objectif plus ambitieux de réduction avec le même niveau d'effort.* » (Centre d'Analyse Stratégique, 2008, p. 59)

(second dividende). Ainsi, le choix de son taux peut dépendre de la finalité recherchée (Bureau et Hourcade, 1998) : lorsque la finalité est essentiellement financière, le taux sera généralement trop faible pour modifier substantiellement les comportements, mais lorsque la finalité est également environnementale ou principalement environnementale, le décideur choisira un taux suffisamment élevé pour affecter les comportements. Cependant, la taxe peut par ailleurs poser des problèmes d'acceptabilité qui poussent les décideurs publics à se tourner vers d'autres dispositifs comme les subventions ou les systèmes de quotas.

Les raisons qui guident les décideurs publics à arbitrer entre l'instrument prix et l'instrument quantité sont en réalité éloignées de celles mobilisées par la théorie économique notamment par l'analyse de Weitzman. A travers des exemples concrets de l'utilisation de ces deux types d'instruments, le système de permis et la taxe, nous montrons leurs intérêts, leur mise en œuvre ou leur rejet.

2.2. Les Certificats d'Economie d'Energie

Il existe aujourd'hui en France deux principaux systèmes de permis qui visent à contraindre certains acteurs à maîtriser leurs émissions de CO_2 et/ou leur consommation énergétique : le système de permis d'émission négociables européen (*European Union Emission Trading System, EU ETS*)[96] et le système des Certificats d'Economie d'Energie (CEE) (également appelés certificats blancs) qui oblige un ensemble d'acteurs à réduire leur consommation énergétique directement ou indirectement. Nous détaillons ci-après ce dispositif dans la mesure où il vise en particulier la réduction de la consommation énergétique dans les logements.

2.2.1. Intérêts et fonctionnement du dispositif des CEE

Plusieurs pays européens ont instauré un système de CEE dont le fonctionnement rejoint sur certains points celui du marché des permis d'émissions négociables, bien qu'aucun marché de CEE ne soit encore développé à un niveau communautaire et qu'il existe entre les pays des différences dans le fonctionnement du mécanisme. C'est en Grande-Bretagne que les CEE

[96] Dans la mesure où ce système porte uniquement sur le secteur industriel, nous n'expliquons pas ici son fonctionnement. Nous renvoyons le lecteur au rapport de D. Ellerman, C. De Perthuis et F. Convery (2008) « Le Marché Européen du Carbone en Action : leçons de la première période d'échanges » ainsi qu'au site de la commission européenne : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

(*Energy Efficiency Commitment*, EEC) ont été mis en place pour la première fois. Le dispositif britannique présente un double objectif : celui de la réduction des GES ainsi que celui de la lutte contre la précarité énergétique, puisque 50 % des économies doivent être réalisées dans les foyers à bas revenus[97]. En France, le dispositif des CEE a été instauré par la loi du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique et a débuté le 1er juillet 2006.

Le principe des certificats d'économie d'énergie français repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie (électricité, gaz, chaleur, froid et fioul domestique) et, depuis janvier 2011, aux distributeurs de carburant, sur une période de trois ans. Ces acteurs, appelés « obligés » doivent chacun atteindre l'objectif d'économie d'énergie que les pouvoirs public leur ont imposé individuellement en début des périodes triennales directement ou indirectement (en fonction de leur part de marché) et donc récolter les CEE permettant de justifier des économies d'énergie réalisées[98]. Pour ce faire, trois principales solutions s'offrent à eux :

(i) atteindre les objectifs en entreprenant diverses opérations d'économies d'énergie auprès de leurs clients ou sur leur installation ;

(ii) acheter des CEE, en passant par un marché créé spécifiquement pour ce dispositif, à d'autres acteurs qui ont collecté plus de CEE que ce qui leur était imposé ;

(iii) établir un partenariat avec un tiers (installateurs d'équipements, bailleurs sociaux, collectivités territoriales etc.).

S'ils n'atteignent pas leur objectif, ils sont tenus de payer une pénalité de 2 centimes d'euros par kWh d'économie d'énergie non atteint. Le paiement de cette pénalité ne peut être considéré comme une quatrième alternative puisqu'elle n'est pas libératoire dans la mesure où les obligés sont tenus de réaliser les économies qui leur ont été demandées à la période suivante.

Afin de faciliter le montage d'opérations et le calcul des économies d'énergie attendues, les pouvoirs publics ont prévu la validation d'opérations dites standardisées[99]. Ils peuvent tout de même réaliser également des actions dites spécifiques, c'est à dire ne figurant pas sur les

[97] En Grande-Bretagne, un ménage est considéré en « situation de précarité énergétique » lorsqu'au moins 10% de son revenu est consacré au paiement de sa facture énergétique. Nous revenons sur cette question dans le § 2.3 de ce chapitre.

[98] Un CEE correspond à un kWh.

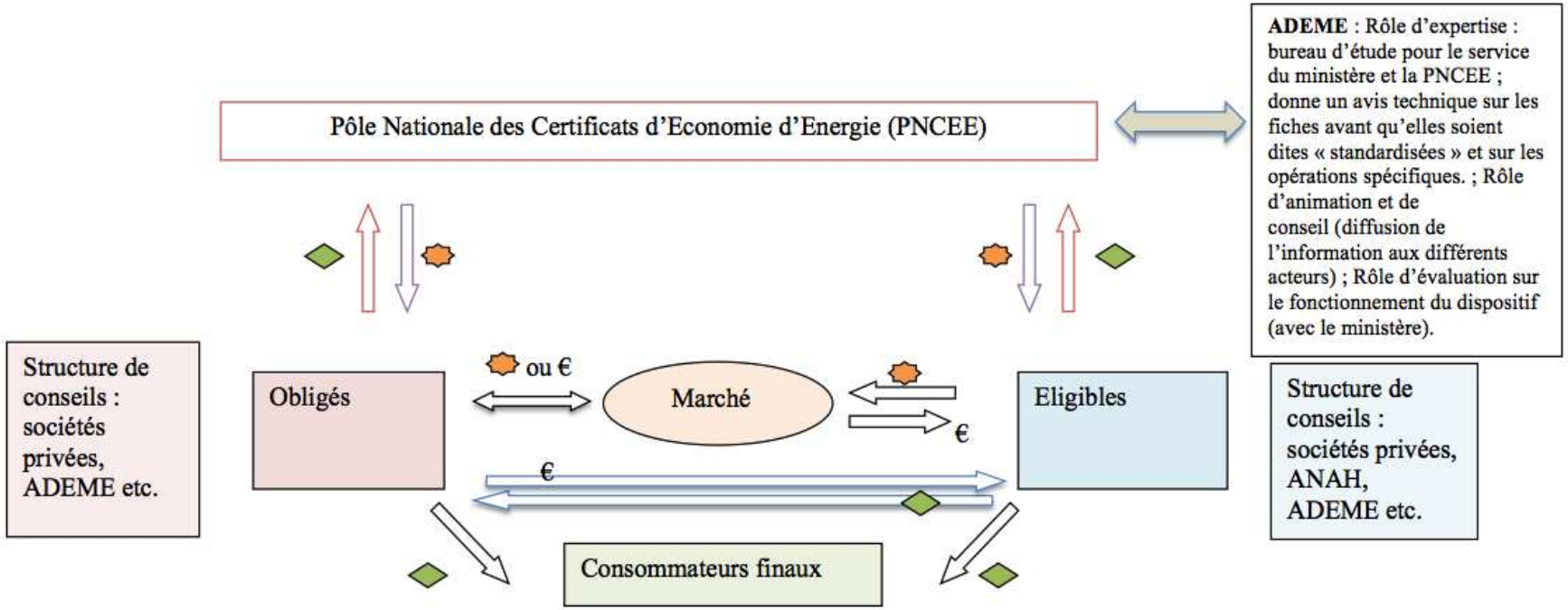
[99] L'ensemble des fiches relatives aux opérations standardisées est disponible sur le site du MEDDLT à l'adresse suivante : http://www.developpement-durable.gouv.fr/1-le-secteur-du-batiment

fiches standardisées mais pouvant après instruction du dossier donner droit à des CEE. Parmi l'ensemble des opérations, ils peuvent par exemple aider leurs clients à réaliser des économies d'énergie en leur apportant des informations sur les moyens à mettre en œuvre ou des incitations financières en relation avec des industriels ou des distributeurs : prime pour l'acquisition d'un équipement, aides aux travaux, service de préfinancement, diagnostic gratuit, etc. Ils ont également la possibilité de réaliser des économies d'énergie dans leurs propres bâtiments et installations, à condition que ces sites ne soient pas déjà soumis à des exigences au titre de la réglementation sur les quotas d'émission de gaz à effet de serre.
Parmi les trois options qui s'offrent aux obligés (mettre en œuvre des actions, acheter des CEE sur le marché ou payer la pénalité), c'est la première qui a été majoritairement choisit depuis la mise en œuvre du dispositif. A la fin de la première période, tous les acteurs avaient atteint leur objectif et très peu de transactions ont été répertoriées sur le marché. En effet, au 1er janvier 2009 (soit 6 mois avant la fin de la première période), 40 transactions de certificats d'économies d'énergie avaient été effectuées sur le marché, représentant 1,4 TWh soit un peu moins de 4% du volume d'économies d'énergie certifiées à la même date et pour un volume totale de réduction exigée de 54 TWh. Le prix moyen d'échange depuis le début des transactions en janvier 2008 est de 0,0032 euro/kWh[100] (DGEC, 2009).

En parallèle, un autre groupe d'acteur peut participer à ce dispositif : les « éligibles ». Ils disposent de deux moyens principaux pour valoriser les CEE : (i) ils peuvent les conserver pour les revendre sur le marché[101] ou (ii) établir un partenariat avec un obligé, notamment un fournisseur d'énergie, afin d'obtenir une participation financière en échange des CEE engendrées par les actions qu'ils ont engagées[102]. Toutefois, pour déposer des certificats en compte propre, un seuil d'économie d'énergie de 20 GWh doit être atteint. Pour y parvenir les éligibles peuvent se regrouper. Au-delà de ces deux groupes, les obligés et les éligibles, un ensemble d'acteurs institutionnels, tel que la DGEC, les DRIRE ou encore l'ADEME, assurent le fonctionnement de ce dispositif en réalisant l'instruction des demandes de certificats et leur délivrance, la gestion et la fixation des objectifs individuels etc. Le fonctionnement du dispositif, le rôle des différentes parties-prenantes et leurs interactions sont schématisés dans la Figure 10, p.157.

[100] La cotation des CEE est disponible sur le site du registre national des CEE [Consulté le 08 12 2011], Emmy: https://www.emmy.fr/front/cotation.jsf
[101] Dans ce cas, il prend à sa charge la constitution du dossier de demande, le suivi de la demande auprès des services de l'État et la vente des certificats correspondants.
[102] Dans ce cas, la charge administrative liée à la gestion des certificats ne repose plus sur la collectivité mais sur son partenaire.

Figure 10 : Fonctionnement du dispositif français des Certificats d'Economie d'Energie



Légende : Les « obligés » réalisent des économies d'énergie chez les consommateurs finaux qui leur donnent droit à des CEE : ils envoient à la PNCEE les dossiers attestant des économies d'énergie théoriques réalisées (factures des équipements installés, factures des actions de sensibilisation, etc.) qui leur fournit en échange des CEE. S'ils sont parvenus à réaliser les économies d'énergie qui leur étaient imposés, ils disposeront donc en fin de période du volume de CEE suffisant. Pour obtenir les CEE, ils peuvent également réaliser un partenariat avec des acteurs éligibles (qui eux n'ont aucune obligation de réduction imposée par l'Etat) qui vont leur céder les économies d'énergie réalisées en échange de financements des projets ou les acheter sur le marché aux vendeurs de CEE qui sont soit les obligés qui sont allés au delà de leur objectif ou les éligibles qui ont préféré mettre en vente les CEE que la PNCEE leur a donné en échange des attestations d'économies d'énergie.
En plus de ces quatre groupes d'acteurs (obligés, éligibles, ménages, et PNCEE), L'ADEME assiste la PNCEE dans l'élaboration des critères d'acceptabilité d'économies d'énergie. Au delà de ce rôle, l'ADEME ainsi que d'autres structures publiques (comme l'ANAH) ou privées (plusieurs sociétés de conseils se sont créées suite à la mise en place de ce dispositif, ou des grands groupes comme EDF ont développé une activité de conseil) fournissent aux obligés et aux éligibles des informations et des conseils et proposent de les aider à monter les dossiers pour la PNCEE, voire d'élaborer une stratégie visant à optimiser l'utilisation de ce dispositif.

2.2.2. Enseignement de la première période des CEE

2.2.2.1. Un instrument coût efficace

Ce système est considéré positivement par la puissance publique en raison de son efficacité potentielle pour atteindre les objectifs d'économie d'énergie, de sa bonne acceptabilité et de sa flexibilité (Perrels, 2008). En termes de résultats, les expériences de CEE en Grande Bretagne, en Italie et en France se sont avérées plutôt positives puisque les obligations fixées ont été atteintes par les acteurs obligés sans que ces derniers ne manifestent trop de réticences et n'engagent trop de dépenses (Mundaca, 2007 ; Eyre et *al.*, 2009 ; Giraudet, 2011).

Du point de vue de l'analyse statique, ce dispositif est en effet efficient, puisqu'en plus de permettre l'atteinte d'objectif de réduction, il entraîne des bénéfices sociaux nets (Giraudet, 2011, p.133) : pour la période 2006-2009, le coût unitaire du kWh évité est de 3,74ct € et est donc inférieur au prix du gaz mais aussi de l'électricité ; les coûts totaux sont de 2,019 Md €[103] et les bénéfices à 5,241Md €[104], soit des bénéfices sociaux nets de plus de 3 Md €.

Du point de vue de l'analyse dynamique, il entraîne le développement de nouveaux marchés et de nouveaux services qui s'accompagnent de l'évolution des métiers. Par exemple, en proposant de nouvelles formes de subventions aux particuliers comme les « primes à la casse des chaudières », les CEE, par le biais des fournisseurs d'énergie « obligés », favorisent le développement du marché des chaudières performantes. Ce dispositif peut en outre favoriser le développement des offres globales de solutions qui sont relativement complexes à mettre en œuvre en raison du cloisonnement des différents corps de métiers. La participation d'un acteur « superviseur » permet d'améliorer la coordination entre ces derniers et donc de favoriser les bouquets de travaux qui sont plus coûts-efficaces que l'empilement dans le temps des différentes solutions techniques.

[103] Les coûts totaux comprennent les coûts directs engendrés par le choix de solution technique plus performante et les coûts indirects engendrés par les coûts de transaction comme la gestion des actions, les formalités administratives, etc.
[104] Les bénéfices correspondent à la réduction de la facture énergétique et aux émissions de CO_2 évitées (aux prix de la valeur tutélaire du carbone issue du rapport Quinet de 32€/t CO_2).

2.2.2.2. Une utilisation partielle du dispositif

Nous avons vu qu'en théorie, cet instrument permettait de réduire l'impact négatif de l'hétérogénéité des agents, grâce à l'échange de quotas qui permet une égalisation des coûts marginaux de réduction (Bertoldi et Rezessy, 2008). En pratique, aucun marché n'a réellement émergé puisqu'il y a eu très peu d'échanges et que le prix moyen des CEE durant la première période était de 0,32 ct € soit 6.25 fois moins que le prix plafond (correspondant à la pénalité de 2 centimes d'euro) (Site internet "Emmy", 2011). Ceci peut s'expliquer par deux raisons principales :

- les obligations sont trop faibles ce qui permet à presque la totalité des obligés d'atteindre leur objectif à des coûts relativement bas et donc de ne consentir qu'un effort limité pour y parvenir. Le faible prix d'échange témoigne en effet de la présence d'un nombre d'offreurs (obligés étant allés au delà de leur objectif) bien supérieur au nombre de demandeurs (obligés n'étant pas parvenus à atteindre leur objectif). Ainsi, dans les pays de l'Union Européenne qui ont mis en place ce dispositif, des économies plus importantes que celles prévues initialement ont été réalisées puisque les obligés sont allés au delà de leurs obligations et le plus souvent à des coûts inférieurs à ceux anticipés par les décideurs politiques (Bertoldi et *al.*, 2010).

- les obligés ont la possibilité de faire des partenariats avec des acteurs éligibles qui ne connaissent pas toujours bien ce dispositif (les sociétés privées de conseils qui ont développé une expertise sur ce sujet sont essentiellement sollicitées par les obligés). Dans ce contexte, le pouvoir de négociation des éligibles est limité par l'asymétrie de l'information, ce qui profite aux obligés qui peuvent négocier des CEE à un prix assez bas. L'absence de marché permet aux obligés de conserver ce pouvoir de négociation face aux éligibles puisque ces derniers n'ont pas d'intérêt, dans ce contexte, à conserver leur CEE pour les vendre sur le marché.

Si la stratégie des obligés de conserver un pouvoir de négociation sur leurs partenaires potentiels est rationnelle, l'écart entre le coût moyen du CEE, évalué à 0,39 ct €, et le prix d'échange moyen sur le marché, évalué à 0,32 ct €, peut susciter des interrogations. En effet,

en termes de rationalité économique, un agent doit choisir d'utiliser le procédé lui permettant d'atteindre ses objectifs aux coûts les plus faibles. Ainsi, tant qu'il est moins coûteux pour un agent de passer par le marché ce dernier choisira ce mode. C'est seulement lorsque les prix de marché sont supérieurs aux coûts que l'agent devrait engager pour atteindre ses objectifs de production (dans notre cas il s'agit de production de CEE), que ce dernier choisi de réaliser lui même cette production (Coase, 1937). Dans ce cadre, les prix de marché et les coûts de production interne s'égaliseraient à termes. Le refus de passer par le marché de la part d'une grande partie des obligés peut donc a priori refléter une certaine incohérence. A ce stade, nous voyons alors deux principales explications : d'une part, les obligés ont peut-être fourni des coûts supérieurs à ceux réellement engagés afin que les autorités publiques n'augmentent pas de façon trop importante le volume d'obligations ; d'autre part les obligés refusent peut-être de passer par le marché car la réalisation directe d'économies d'énergie et/ou le développement de partenariats avec d'autres acteurs (les collectivités territoriales, les ménages, les entreprises du bâtiment, etc.) leur offrent des co-bénéfices et notamment une certaine pérennité dans les relations et un positionnement stratégique sur des nouveaux segments[105].

2.2.2.3. Un avis mitigé de la part des éligibles

Afin de comprendre l'enjeu que présente ce dispositif pour les éligibles, et en particulier pour les institutions locales, nous avons mené des entretiens auprès de trois acteurs différents « éligibles » qui sont détaillés en Annexe 5 (p. 343) : le Conseil Régional de Picardie, le bailleur social OPAC 38 et la Communaté d'Agglomération Grenoble Alpes Métropole.

La principale conclusion à laquelle ces entretiens aboutissent est que les éligibles interrogés regrettent que leur pouvoir de négociation avec les obligés concernant le prix du CEE soit relativement faible. Cela s'explique essentiellement par deux raisons : d'une part, aucun marché de CEE n'a réellement émergé et les éligibles considèrent alors que la valorisation des économies d'énergie, par le biais de ce dispositif, est davantage garantie s'ils réalisent un partenariat avec les obligés que s'ils les déposent « en propre » sur le marché ; d'autre part,

[105] L'hypothèse du refus des obligés de passer par le marché des CEE a émergé des propos que nous avons récoltés au cours de diverses événements : lors du colloque « énergie changeons d'air » organisé le 21 novembre 2008 à Paris par l'ADEME, certains obligés ont clairement expliqué qu'il ne souhaitaient pas payer à leurs concurrents, les économies d'énergie qu'ils ne seraient pas parvenus à réaliser par eux-mêmes ; lors d'un entretien en décembre 2008 avec Mélanie Marie, chargée de mission CEE à la DRIRE Ile de France, celle-ci a renforcé cette idée en précisant que les obligés préféraient réussir à atteindre les objectifs qui leur ont été assignés afin notamment de conserver leur image de marque.

les coûts de transaction – liés notamment à la collecte des informations nécessaires pour valoriser au mieux les CEE – sont trop élevés, ce qui conduit à une asymétrie informationnelle entre éligibles et obligés. Les premiers sont moins bien informés que les seconds et ont donc un pouvoir de négociation plus faible.

Toutefois, les éligibles soulignent que ce dispositif a permi une valorisation économique additionnelle des réductions de consommation énergétique, puisque dans les budgets initiaux (estimés avant la mis en œuvre du dispositif des CEE), cette source de revenus n'avait pas été prise en compte.

2.2.3. Evolution du dispositif

Pour la seconde période (2011-2013) le dispositif a été révisé sur deux points principaux : afin d'accroître le volume d'économies d'énergie réalisées, les objectifs ont été renforcés avec l'entrée de nouveaux acteurs obligés ; afin de réduire les coûts de transactions liés notamment au traitement des dossiers, le nombre de fiches standardisées a augmenté et le nombre d'acteurs éligibles a été réduit (Tableau 14, p.162).

Tableau 14 : Le dispositif des CEE en France : évolution entre les deux périodes d'application

	Première période (du 01/07/2006 au 30/06/2009)	Seconde période (du 1/01/2011 au 31/12/2013)
Acteurs obligés	Fournisseurs d'électricité, de gaz, de chaleur, de froid et de fioul	Fournisseurs d'électricité, de gaz, de chaleur, de froid et de fioul + distributeurs de carburants[106]
Objectifs	54 TWh cumac	255 TWh[107] cumac pour les fournisseurs d'énergie[108] + 90 347 TWh pour les distributeurs de carburants
Répartitions des objectifs	Au prorata des ventes respectives de chaque fournisseur, pour les années 2004 à 2006	Pour connaître son obligation annuelle, un obligé doit appliquer à ses ventes (restreintes aux secteurs résidentiel et tertiaire de l'année de référence) un coefficient propre à l'énergie considérée[109]
Pénalité	2 centimes d'euros par kWh non atteint	2 centimes d'euros par kWh non atteint
Acteurs éligibles	Les collectivités publiques ainsi que l'ensemble des personnes morales, à la condition que leurs opérations d'économies d'énergie n'entrent pas dans le champ de leur activité principale et ne leur procurent pas de recettes directes	Les collectivités publiques, l'Agence nationale de l'habitat, les organismes d'habitation à loyers modérés et les sociétés d'économie mixte exerçant une activité de construction ou de gestion de logements sociaux.
Nombre d'opérations standardisées	180	218 (au 28/01/11)
Coût moyen du dispositif pour les obligés	0.39 centimes d'euros par kWh	Pas d'étude réalisée pour l'instant

Source : DGEC et ADEME

L'évolution du dispositif devrait a priori permettre de contenir le pouvoir de négociation des obligés face aux éligibles dans la mesure où l'augmentation des obligations – qui n'est que partiellement due à l'augmentation du nombre d'obligés – les contraint à recueillir davantage de CEE. Durant cette période, les partenariats devraient donc être renforcés et le marché de certificats devrait être plus dynamique puisque les acteurs pour qui la réalisation d'économies d'énergie est la moins coûteuse pourront davantage les valoriser financièrement. A l'inverse, ceux pour qui l'effort financier est important trouveront sans doute un intérêt particulier à acheter des CEE sur le marché. Le dénouement de l'histoire de l'OPAC 38 (décrite en

[106] L'obligation envers les distributeurs de carburant concerne toute personne morale qui distribue du carburant pour automobiles d'un volume supérieur au seuil de 7.000 mètres cubes.
[107] Une partie de cet objectif a été réalisée pendant la période transitoire : environ 100 TWh depuis le 1er juillet 2009.
[108] Le volume d'économies d'énergie réalisées par les obligés aux delà de leur obligation de la première période, sera déduit de leur niveau d'obligation pour la seconde période.
[109] Compte tenu de ce nouveau mode de calcul, la liste complète des obligés de la deuxième période ne sera connue qu'en 2014.

Annexe 5, p.343) offre d'ailleurs un premier témoignage de la dynamisation de ce marché puisque cet office HLM est parvenu, en 2011, à vendre les CEE qu'il conservait jusqu'alors.

Malgré la volonté de réduire les coûts de transaction qui peuvent être jugés comme étant trop lourds (Transue et Felder, 2010), à la fois pour les administrations mais également pour les acteurs produisant les CEE, les marges de manœuvre des décideurs publics sont assez limitées. La principale mesure a donc été l'augmentation du nombre de fiches standardisées qui permet de réduire les coûts de vérification de l'atteinte des objectifs. En effet, ces dernières facilitent le comptage d'économie d'énergie et les choix techniques qu'elles représentent sont validés *ex-ante* par les autorités de vérification[110]. Les actions de réduction portant sur les fiches standardisées représentent la majorité des opérations réalisées : au 30 septembre 2011, sur les 216,8 TWh économisés, 212 TWh ont été obtenus dans le cadre des opérations standardisées et 4,8 TWh dans le cadre des opérations spécifiques[111].

Les enseignements que les autorités ont tirés de la première phase semblent donc avoir été mis à profit. La pérennisation de ce dispositif couplée avec des réajustements incrémentaux devrait permettre d'améliorer son efficacité et d'augmenter les co-bénéfices qu'il engendre en particulier sur le développement des technologies d'économie d'énergie performantes. La question de la vérification *ex-post* reste toutefois aujourd'hui en suspens puisqu'il n'existe aucun dispositif permettant d'attester en aval de l'efficacité réelle des actions réalisées (Langniss et Praetorius, 2006). En l'absence de mécanisme de contrôle lors de la première période, la DRIRE a demandé aux obligés de faire des contrôles en interne mais sans que des documents attestant de ce reporting ne leur soient exigés. Dans le dispositif anglais, des contrôles se font par enquêtes téléphoniques auprès des acteurs ayant bénéficiés des travaux[112].

En conclusion, grâce à son évolution et à l'intérêt croissant des parties-prenantes (obligés et éligibles), le dispositif de CEE est aujourd'hui assez efficace du point de vue des objectifs de la politique énergie-climat car il garantit l'atteinte d'un volume préétabli de réduction.

[110] Ces éléments ont été recueillis lors d'un entretien en janvier 2009 avec Luc Bodineau, chargé de mission CEE à l'ADEME.
[111] Site dédié au CEE : http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Certificats-d-economies-d-energie,188-.html
[112] Ces éléments ont été récoltés lors d'un entretien en décembre 2008, avec Mélanie Marie, chargée de mission CEE à la DRIRE Ile de France.

Toutefois, ce volume ne représente qu'une faible partie de l'objectif global de réduction que les autorités nationales se sont fixées, mais une augmentation très importantes des objectifs assignés aux obligés pourrait entraîner des coûts de transaction élevés. En effet, nous avons vu qu'une des caractéristiques des CEE est de toucher un gisement diffus d'économie d'énergie grâce à la multiplication des actions auprès des particuliers mais cela nécessitent de la part de l'administration publique le traitement d'autant de dossiers qu'il y a d'actions réalisées. L'accroissement des objectifs pourrait en outre conduire les obligés à reporter les coûts de conformité sur les prix de l'énergie en fonction de la variation de ces coûts, ce qui risque d'augmenter la volatilité des prix de l'énergie. Selon Nordhaus (2009), le système de permis peut être source d'inefficience (perte de revenu fiscal, volatilité des prix, coûts de transaction, etc.) et le seul instrument permettant de garantir l'atteinte d'objectifs ambitieux en minimisant les coûts globaux est un système de taxe. Nous discutons, dans le paragraphe suivant, les intérêts théoriques et pratiques de ce système.

2.3. La taxe carbone

A la différence des CEE, un système de taxe carbone porte, par définition, sur les émissions de carbone engendrées par l'activité économique et non directement sur la consommation énergétique. La finalité de ce système est alors de conduire les agents à limiter celles de leurs activités qui contribuent à émettre du CO_2 grâce à un réajustement de leur consommation énergétique (et/ou à se tourner vers l'utilisation de ressources décarbonées), en augmentant le coût de l'utilisation de ressources d'origine fossiles. Si certains pays européens ont mis en place cet instrument depuis plusieurs années, la France n'est pas parvenue à mener à terme le projet de contribution climat énergie en 2009. L'objectif de cette section n'est pas seulement de montrer les enjeux d'une taxe carbone par rapport à la politique énergie-climat, mais aussi de voir, à travers l'exemple de ce dispositif, en quoi la prise en compte du contexte économique, politique et social est centrale lorsqu'il s'agit d'envisager la mise en œuvre d'un tel instrument.

2.3.1. Le réajustement des consommations aux fluctuation des prix

En envoyant un signal prix aux ménages, la taxe carbone doit les amener à ajuster leur consommation (Pigou, 1920). Cela suppose que la consommation soit élastique aux prix de

l'énergie. Une des raisons invoquées pour justifier l'intérêt limité de ce dispositif est le faible impact que l'on peut en attendre à court terme sur les consommations énergétiques des ménages qui, en l'absence d'alternative immédiatement applicable, ne peuvent faire autrement que de maintenir leurs pratiques inchangées. Cet argument corrobore certaines analyses réalisées sur l'élasticité – notamment de court terme – de la demande par rapport aux prix de l'énergie. En revanche, d'autres analyses – notamment de long terme – montrent qu'en cas de changement structurel des prix de l'énergie, la réduction de la consommation est plus probante (Alberini et *al.*, 2011), bien que cette dernière reste moins que proportionnelle à l'augmentation du prix de l'énergie et varie différemment selon qu'il s'agisse du gaz ou de l'électricité (Hasset et Metcalf, 1993 ; Reiss et White, 2005)[113].

Les résultats des études concernant l'ajustement de la consommation énergétique aux variations des prix de l'énergie sont tout à fait centraux lorsqu'il s'agit d'examiner l'intérêt d'une taxe. Cependant, il est nécessaire de considérer également l'ampleur et le rythme de la variation des prix pour juger de la réponse des consommateurs à ces variations. En présence d'incertitude sur l'évolution des prix de l'énergie les ménages peuvent être découragés d'entreprendre des investissements permettant de réduire durablement leur consommation tant qu'ils constatent que des diminutions de prix surviennent régulièrement. Dans un contexte de forte volatilité des prix de l'énergie, le constat de la faible élasticité de la demande par rapport aux prix ne suffit donc pas pour rejeter un dispositif de taxe. L'anticipation par les ménages d'une augmentation structurelle des prix qui ne dépendrait plus uniquement de facteurs externes (comme le contexte économique ou les éventuels conflits politiques et les stratégies des pays exportateurs), pourrait mieux les conduire à réajuster structurellement leur consommation.

2.3.2. L'exemple de pays étrangers

L'exemple de la Suède témoigne de l'efficacité que peut avoir une taxe carbone sur les émissions de CO_2, puisqu'entre le moment où ce dispositif a été instauré, en 1991, et la fin des années 2000, les émissions de ce pays ont diminué de 9% alors que, selon le gouvernement suédois, sans l'utilisation de cet instrument les émissions seraient d'environ 20% supérieures à leur niveau de 1990. Le montant de la taxe est passé de 27€/t CO2 au début

[113] Nous renvoyons le lecteur aux études présentées au §1.4 du chapitre 1 dont certains résultats figurent dans le Tableau 1, p.37.

des années 1990 à 108 € en 2009, ce qui, grâce notamment à des ajustements et exonérations visant à protéger la compétitivité des entreprises suédoises, n'a pas empêché la croissance économique de progresser de 48% au cours de cette période. Les recettes de la taxe ont été reversées dans le budget global du pays, ce qui a permis d'alléger certaines charges, comme celles sur le travail[114].

L'impact positif sur la transformation des marchés de l'énergie et la compétitivité des technologies plus performantes décrit dans certains travaux (Newell et *al*., 1999 ; Sathre et Gustavsson, 2007) a également été constaté : par exemple, les énergies renouvelables se sont fortement développé, la biomasse a remplacé le fioul pour la majeur partie des chauffages urbains et les technologies de chaudières performantes ont été plus largement diffusées.

Le dispositif suédois est selon Speck (2008) le plus abouti et le plus ambitieux parmi ceux développés en Europe. Le système Finlandais et le système Danois ont également été mis en place au début des années 1990 (respectivement en 1990 et 1992) mais ils s'appuient tous deux sur un montant de la tonne de CO_2 bien moins élevé (20€/t CO_2 pour la Finlande et 12€/tCO_2 pour le Danemark). La taxe est également imputée à la consommation d'électricité à hauteur de 0,87 €/kWh pour les particuliers et les services en Finlande et de 0,81 €/kWh au Danemark. Ces deux pays veillent eux-aussi à maintenir la compétitivité de leurs industries puisque le montant de la taxe est réduit pour ces dernières.

Ces exemples de taxe carbone-énergie sont encourageants dans la mesure où les pays qui l'ont mis en œuvre sont parvenus à réduire leur émission de CO_2 sans toutefois nuire à leur compétitivité économique. La France a décidé de suivre les exemples de ces pays en proposant dans la loi de finance 2010, l'adoption d'une taxe carbone (ou plus exactement une Contribution Climat-Energie (CCE)[115]) visant à pousser les consommateurs à réduire leur consommation d'énergie d'origine fossile. Toutefois, si la préparation de ce dispositif via notamment la consultation de groupes d'experts et les engagements du gouvernement auraient dû permettre de concrétiser sa mise en œuvre, certaines barrières n'ont pu être surmontées, et les autorités ont dû finalement suspendre ce projet.

[114] Site actu-environnement, « taxe carbone : l'exemple suédois » 26 octobre 2009, http://www.actu-environnement.com/ae/news/taxe_carbone_suede_8682.php4.

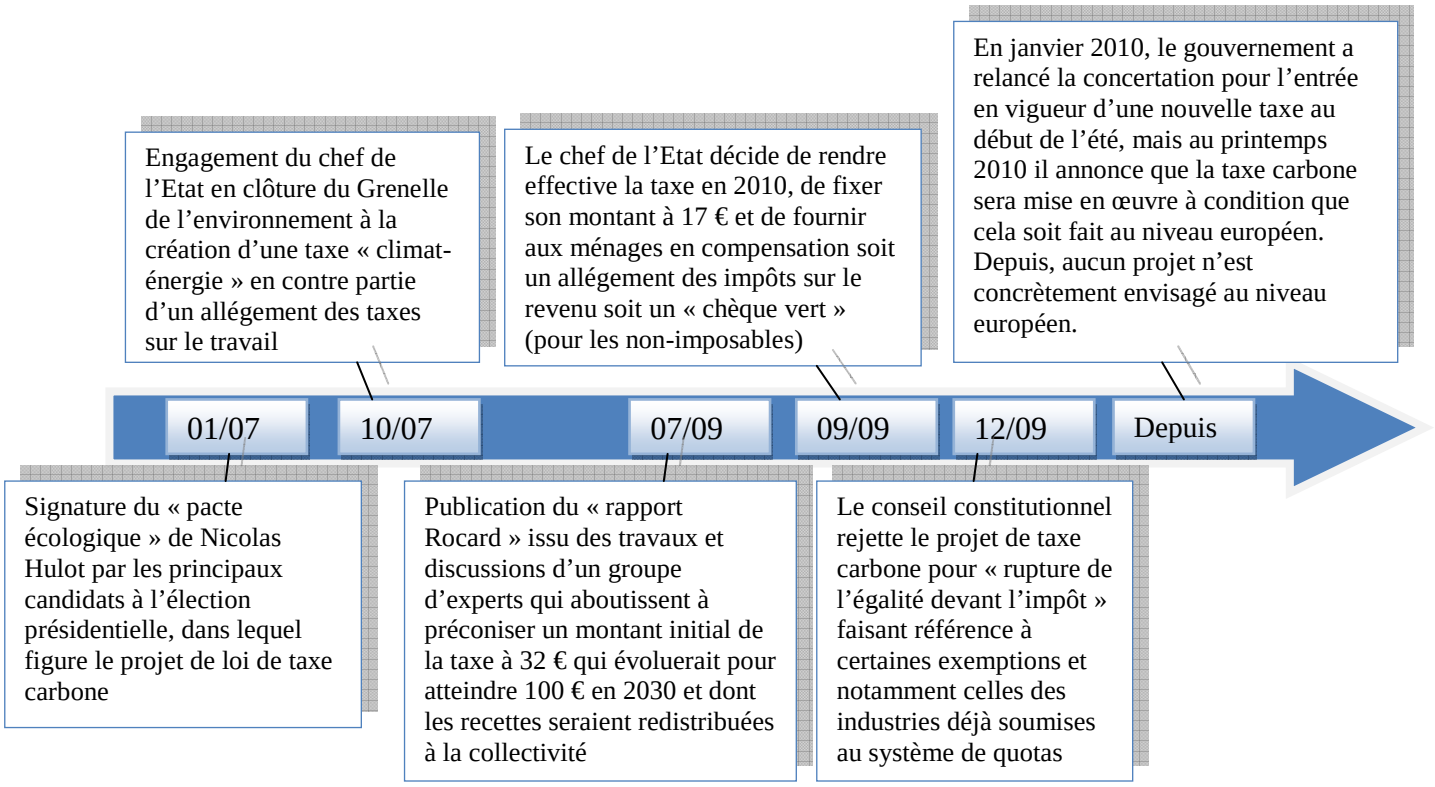
[115] Nous expliquons dans le paragraphe suivant en quoi la spécificité du dispositif lui a conféré la dénomination de Contribution Climat Energie.

2.3.3. Le projet de contribution climat énergie en France

Le projet de taxe carbone dans lequel la France s'est engagée en 2007 visait à introduire dans les prix de l'énergie une partie « des coûts sociaux » liés aux émissions de CO_2 engendrées par la production énergétique d'origine fossile et ce faisant à assurer le respect des engagements pris par la France en matière d'émissions. Ce prix devait être payé par les utilisateurs finaux, sous forme de contribution et les recettes de la taxe devaient permettre, selon les propositions des acteurs ayant participés à l'élaboration du projet, soit d'alléger les taxes sur le travail, soit de redistribuer aux ménages cette contribution sous forme « de chèque vert »[116] ou encore de réduire les impôts sur le revenu. C'est en raison de cette forme de redistribution qu'elle est appelée Contribution Climat Energie (CCE). La consultation des experts et les discussions qui ont suivi le « rapport Rocard » portaient essentiellement sur le taux de la taxe (Rocard, 2009). Les débats qui ont eu lieu autour de ce dispositif – qui a nécessité un dialogue et une coordination de plusieurs groupes d'acteurs (experts, industriels, représentants des consommateurs, etc.) ayant des points de vue et des intérêts qui peuvent diverger – ont finalement conduit à des décisions s'inscrivant dans un consensus (Criqui, 2009). La Figure 11, p.168 retrace les principales étapes qui se sont déroulées entre l'engagement des décideurs publiques à mettre en œuvre ce projet, et son abandon après le rejet du conseil constitutionnel.

[116] Dans le cas où les recettes de la taxe seraient entièrement affectées à des dépenses liées à la réduction des émissions de CO_2, le dispositif pourrait prendre davantage la forme de redevance et non plus d'une taxe. En effet, à l'image de la redevance sur l'eau qui sert à financer les équipements d'épuration, la « redevance » sur les émissions servirait à financer les équipements visant à maîtriser davantage cette consommation.

Figure 11: Chronologie du projet de la Contribution Climat Energie



Si le rejet de la taxe carbone par le conseil constitutionnel aurait pu être surmonté en revisitant le projet initial, son abandon par le gouvernement résulte d'une décision politique liée à l'absence de consensus autour de la réforme (rejet par la majorité parlementaire) et sans doute en partie à la faible acceptabilité sociale (rejet par l'opinion publique).

2.3.3.1. Le rejet du conseil constitutionnel

Le conseil constitutionnel a estimé qu'en raison des exonérations prévues par le texte de loi, ce projet s'écartait d'une part de son objectif de lutte contre le changement climatique et, d'autre part, rompait avec le principe d'égalité face à l'impôt. Les exonérations prévues par la loi[117] visaient de fait à ne pas pénaliser deux fois le secteur industriel déjà couvert par le système de quotas européen. La décision des Sages s'est traduite par l'annulation des articles 7, 9 et 10 de la loi de finances 2010 qui instituait cette taxe. En réponse à cette annulation, le premier ministre avait annoncé qu'une nouvelle loi intégrant les remarques du conseil

[117] Ces exonérations auraient représentées environ 90% des émissions de CO_2 hors carburant.

constitutionnel serait proposée en janvier 2010. En mars de la même année, le premier ministre annonce finalement l'abandon de la taxe carbone afin d'éviter une baisse de la compétitivité française. Il jugeait préférable d'attendre la mise en place d'une taxe carbone au niveau européen. Ce rejet initialement d'ordre juridique, s'est finalement transformé en rejet économique et politique, justifié principalement au nom de la nécessité de ne pas désavantager les industries françaises face à leurs concurrents européens.

2.3.3.2. Le rejet social et politique

Entre 2009 et 2010, plusieurs sondages ont été réalisés auprès des ménages afin de recueillir leur avis sur le projet de taxe carbone. Certains journaux et sites d'informations ont relaté une opposition de la majorité des français à ce projet : 66% selon une étude TNS-Sofres publiée le 3/09/09 au Journal du dimanche (JDD), 74% d'après une étude UFC-Que Choisir et CSA publiée le 4/09/09. De plus, 70% des sondés ont approuvé la décision du président d'abandonner le projet, selon une étude réalisée par Ipsos fin mars 2010. La principale raison invoquée est que la taxe carbone est injuste dans la mesure où elle pénalise davantage les ménages qui sont obligés d'utiliser un véhicule privé. Cependant, la façon dont les sondages ont été réalisés mais également relayés par certains médias ne semble pas être exempt de biais. En effet, d'autres sondages apportent deux principales nuances aux résultats des précédents : d'une part, ils pointent le fait que ces enquêtes portaient sur un projet qui n'était pas encore totalement finalisé[118] ; d'autre part, ils notent que la formulation des questions a pu orienter les réponses des interrogés. Selon ces sondages, lorsque le volet redistributif est inclus dans la question ou lorsque le projet est exposé au préalable, une majorité des personnes interrogées y est favorable (Encadré 9, p.169). Ainsi, en fonction de l'importance donnée au volet « taxation » ou au volet « redistribution » dans la question, l'opinion des personnes interrogées diffère. Comme nous l'avons expliqué au chapitre 1, les individus surévaluent les pertes potentielles par rapport aux gains et la manière dont les éléments leurs sont présentés influence leurs opinions (Tversky et Kahneman, 1981).

Concernant le lien entre la question de l'acceptabilité du dispositif et celle de l'efficacité énergétique dans les logements, il faut noter que le refus rapporté par certains sondages porte davantage sur l'impact présumé sur le budget déplacement des ménages que sur celui de

[118] Les sondages ont en effet été réalisés une semaine avant que le projet et son contenu ne soient annoncés publiquement par le chef de l'Etat.

consommation énergétique dans le logement. Si l'on se réfère aux données de l'INSEE, cette posture peut sembler étonnante puisqu'en moyenne le budget consacré à se chauffer est supérieur à celui consacré à se déplacer avec un véhicule personnel (respectivement de 4,8% et de 3,6%) (Merceron et Theulière, 2010).

Encadré 9 : Les sondages réalisés sur l'acceptabilité de la taxe carbone

Le sondage réalisé par TNS-Sofres Logica[a] montre que 66% des personnes interrogées sont contre la taxe carbone (« *diriez-vous qu'au global, vous êtes tout à fait favorable, plutôt favorable, plutôt opposé ou tout à fait opposé à la mise en place de cette taxe carbone ?* ») et que les plus informés sont les plus réticents (70% de ceux qui connaissent cette taxe y sont opposés contre 58% de ceux qui n'en ont pas entendu parler).

Le sondage réalisé par UFC-Que Choisir[b] à la même période, montre que lorsque la question met uniquement l'accent sur le volet taxe, les répondants sont majoritairement défavorables au projet, mais lorsque le volet redistribution est introduit, le nombre de personnes favorables dépassent les premiers :

- à la question « *Afin d'inciter les consommateurs à réduire leur consommation d'énergie, il est envisagé de mettre en place une taxe, appelée « taxe carbone », sur le prix des carburants et des énergies de chauffage (telles que le fuel, le charbon ou le gaz). Y êtes-vous tout à fait, plutôt, plutôt pas ou pas du tout favorable ?* », 6% sont tout à fait favorable, 18% plutôt favorable, 18% pas favorable et 56% pas du tout favorable (2% sans opinion), soit 74% de répondants défavorables.
- à la question : « *Et si les sommes collectées par la taxe carbone étaient entièrement redistribuées aux ménages par le biais d'un chèque variable en fonction de leurs dépenses énergétiques et de leurs usages contraints, seriez-vous tout à fait, plutôt, plutôt pas ou pas du tout favorable à cette taxe ?* », 16% sont tout à fait favorable, 36% plutôt favorable, 15% pas favorable et 30% pas du tout favorable (3% sans opinion), soit 52% de répondants favorables.

Les sondages commandés par la fondation Hulot[c] font ressortir un manque d'information sur ce projet : 81% des répondants au sondage collaboratif et 77% du sondage « population française » s'estiment mal informés sur la taxe carbone. Lorsqu'ils sont mieux informés (après leur avoir fourni un minimum d'informations), il apparaît, contrairement aux conclusions du sondage TNS-Sofres Logica, qu'une majorité de personnes est favorable au projet. En effet, à la question « *D'après ce que vous en savez ou imaginez, êtes vous très favorable, assez favorable, assez défavorable ou très défavorable à l'idée de Contribution Climat Energie (aussi appelée taxe carbone) dont l'objectif est de permettre la réduction de la consommation d'énergie pour lutter contre les changements climatiques ?* », 84% des répondants au sondage collaboratif et 65% des répondants au sondage « population française » sont favorables.

[a] Sondage TNS Sofres-Logica pour Europe 1 réalisé par téléphone les 1er et 2 septembre 2009, auprès d'un échantillon national de 1000 personnes représentatif de l'ensemble de la population française.
[b] Sondage réalisé les 2 et 3 septembre 2009 au domicile des personnes interviewées sur un échantillon national représentatif de 1006 personnes âgées de 18 ans et plus, constitué d'après la méthode des quotas (sexe, âge, profession du chef de ménage), après stratification par région et taille d'agglomération.
[c] Deux sondages réalisés par LH2 : l'un « collaboratif » réalisé auprès des 12 750 internautes qui ont répondu aux questions sur le site de la Fondation Hulot et l'autre auprès de 1000 personnes représentatives de la population française le 18 et 19 juin 2009.

Au final, il est difficile de confirmer l'hypothèse de rejet social de la taxe carbone dans la mesure où les résultats des différents sondages effectués sur cette question n'aboutissent pas aux mêmes conclusions.

2.3.3.3. La poursuite du projet

La CCE continue d'être mise en avant en France et présentée comme un outil nécessaire à l'application d'une politique climatique ambitieuse, comme en témoigne le rapport publié par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, du Transport et du Logement (MEDDTL) intitulé « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone ». Le comité d'experts ayant réalisé cette étude préconise en effet de généraliser la tarification du carbone dans l'économie en France mais qui « *devrait idéalement emprunter la voie européenne* » (De Perthuis, 2011, p. 12). Trois recommandations issues de ce rapport ont retenu l'attention du MEDDTL en conseil des ministres début novembre 2011 : la nécessité de renforcer les mesures de politique industrielle favorisant la transition vers une économie sobre en carbone ; la nécessité d'agir à la fois sur la demande en incitant à l'efficacité énergétique, et sur l'offre en encourageant les procédés de production sobres en carbone ; la nécessité de mettre en place des incitations économiques et réglementaires offrant une visibilité aux entreprises et en particulier la mise en place d'une taxe carbone et la fixation de nouveaux objectifs à l'horizon 2030.

Les autres travaux menés en parallèle de ce rapport aboutissent à des conclusions similaires puisqu'ils montrent que la mise en œuvre d'une taxe carbone pourrait permettre de garantir l'atteinte des objectifs de réduction sans que cela se fasse au détriment de la croissance économique. Les estimations de Callonnec et *al.* (2011) concernant les impacts d'une taxe carbone font ressortir une réduction modérée des émissions de CO_2 – les hypothèses d'ajustement de la consommation des agents retenues dans le modèle utilisé tiennent compte de l'imparfaite élasticité de la demande par rapport aux prix – ainsi qu'à l'amélioration de la situation économique de la France en termes d'emplois, de déficit et de croissance notamment à court et à moyen termes. Les recherches de Giraudet (2011) et Giraudet et *al*., (2011) centrées sur le secteur du bâtiment montrent que parmi les principaux dispositifs (réglementation, CEE, subvention), la taxe est l'instrument qui a le ratio coût-efficacité le plus

favorable : par rapport aux autres instruments économiques, pour un même volume de réduction de consommation énergétique, les coûts sociaux nets sont inférieurs pour ce dispositif par rapport à ceux des autres. De plus, ces auteurs montrent que sous l'hypothèse d'un accroissement successif de son taux et du maintien des autres dispositifs, les réductions de consommation et d'émissions se rapprocheraient des objectifs fixés à l'échelle nationale. Enfin, grâce à l'évolution structurelle des prix, un système de taxe permet, à la différence des autres incitations financières, de maîtriser l'effet rebond (Allibe et *al*. 2011).

Au plan communautaire, l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE) propose qu'une taxe carbone commune à l'ensemble des pays soit mise en œuvre. Selon elle, un tel dispositif permettrait d'une part de réduire les émissions de CO_2 de la zone, et d'autre part d'engendrer des effets positifs sur l'emploi, l'innovation et les revenus : en utilisant les recettes de cette fiscalité pour diminuer les charges sociales, l'impôt sur les revenus et pour financer l'innovation dans le domaine des énergies renouvelables (utilisation de 10% des recettes de la taxe), les pays européens pourraient renforcer leur compétitivité vis à vis du reste du monde. L'AEE précise qu'il est tout de même nécessaire que les Etats veillent à rééquilibrer les inégalités sociales que ce dispositif pourrait creuser (European Environment Agency, 2011). Pour l'OCDE, si l'efficacité globale de ce dispositif sur l'environnemet et l'économie ne doit pas être remise en cause, il est en effet nécessaire que les pouvoirs publics règlent la question des effets négatifs sur la distribution des revenus ainsi que sur la compétitivité de certains secteurs. Ces effets négatifs pourraient également être réduits avec l'augmentation du nombre de pays participants à ce dispositif (OECD, 2007).

Au final, il est essentiel de considérer que l'efficacité environnementale et économique d'un dispositif est davantage liée aux modalités de mise en œuvre (exemptions, ajustement des taux, nombre de pays, etc.) qu'au seul choix du système instrumental. Dans cette perspective, la taxe carbone peut s'avérer être le meilleur outil à la disposition des décideurs publics (Quirion, 2003 ; OECD, 2007 ; Combet et *al*., 2009 ; European Environment Agency, 2011). Pour autant, malgré les démonstrations théoriques du bien fondé de ce dispositif et les exemples concrets de son succès, la majorité des représentants politiques français semble avoir relégué le projet de taxe carbone, et plus généralement les enjeux environnementaux, au second plan. La crise économique qui perdure depuis 2008, explique en partie cette situation. Les impératifs énergétique et climatique, le fait que la question de l'acceptabilité sociale soit difficile à trancher et l'idée bien ancrée que les individus préfèrent « la carotte au bâton »

(T'Serclaes, 2007), ont conduit les décideurs à davantage privilégier les dispositifs de subventions.

2.4. Les subventions

Les dispositifs de subventions constituent, comme la taxe, un instrument-prix puisqu'ils répondent à la même démarche économique : leurs but est de modifier le comportement des agents en leur envoyant un signal-prix. En pratique, le choix par la puissance publique d'appliquer des dispositifs d'aides financières afin que les ménages entreprennent des travaux d'efficacité énergétique permet de répondre au problème d'acceptabilité que peut susciter la taxe, mais également à des problèmes d'ordre social. En effet, le taux de subventions versées est, pour certaines des aides que nous présentons dans cette section, lié aux revenus des ménages. Cependant, si les aides financières peuvent servir à la fois à traiter les problèmes énergétiques et des problèmes sociaux, nous verrons que son efficience globale est limitée notamment parce que le critère d'additionnalité n'est pas toujours respecté.

2.4.1. Le double objectif des subventions

2.4.1.1. L'incitation à la réduction de la consommation énergétique

En théorie, pour un même niveau de pollution recherché, il est équivalent d'un point de vue environnemental de taxer les agents qui polluent pour qu'ils réduisent la pollution ou de les subventionner pour les aider à dépolluer. En effet, en présence d'une taxe un agent va chercher à réduire ses émissions tant que le coût marginal d'abattement est supérieur au coût de la taxe. Réciproquement, en présence de subvention, il cherchera à les réduire tant que son coût marginal de réduction est inférieur au taux de subvention. En revanche, le coût social net de la subvention est supérieur à celui de la taxe, puisque si en théorie elle permet de réduire le même volume d'émission que la taxe, elle n'a pas de second dividende et n'entraine donc aucune recette pour l'Etat, au contraire.

Pour autant ce dispositif est l'un des plus utilisés par les pouvoirs publics pour orienter le comportement de leurs administrés, car en pratique, les deux instruments-prix semblent ne pas avoir les mêmes effets sur les décisions. Avec une taxe, l'agent a la possibilité de continuer à

polluer même si cela lui coûte plus cher et le réajustement des volumes de consommations énergétiques face à une augmentation des prix peut ne pas être parfaitement proportionnel. Avec un système de subventions, dans la mesure où le versement de ces dernières est conditionné par la preuve de la réalisation des travaux d'efficacité énergétique, les ménages qui en bénéficient ont forcément réalisé ces travaux. Ainsi, une large diffusion et utilisation des subventions implique nécessairement la réalisation de travaux et donc la réduction des consommations énergétiques.

Dans un contexte où les ménages n'utilisent pas, comme nous l'avons montré dans les deux chapitres précédents, les calculs les plus fidèles à l'évalaution économique de rentabilité des projets, notamment lorsque les estimations nécessitent des hypothèses d'évolution des prix et des projections à long terme, l'impact de la subvention sur la rentabilité des projets peut apparaître bien plus concret qu'une taxe carbone (le ménage déduira simplement la subvention du coût de l'investissement initial). « L'effet de saillance » d'un instrument plutôt qu'un autre – c'est à dire sa capacité à retenir l'attention des agents et susciter leur intérêt – ne peut être négligé lorsqu'il s'agit de comprendre l'impact des différents dispositifs d'incitations sur les comportements d'investissement des individus. De plus, à la différence de la taxe, un dispositif de subvention engendre bien moins de discussion autour de son acceptabilité puisqu'il est perçu comme incitatif et non comme punitif. Enfin et surtout, les subventions permettent de lever, du moins partiellement, les contraintes de liquidité qui, même en l'absence de toutes autres barrières à l'efficacité énergétique, peuvent bloquer les décisions d'investissement.

2.4.1.2. La lutte contre la précarité énergétique et la réduction des inégalités

Les ménages les plus défavorisés sont particulièrement contraints dans leurs choix de consommation car la part de leur budget – leur taux d'effort énergétique – que représentent les services énergétiques est très importante (15-25%) malgré un niveau de service énergétique bien inférieur aux ménages les plus aisés (Cayla et *al*., 2011)[119]. Le Taux d'effort énergétique est la part des ressources que consacre un ménage pour ses dépenses d'énergie dans le logement. Le taux moyen français en 2006 est de 5,5%, mais il est passé de 10 à 15% pour les ménages modestes entre 2001 et 2006, considérés alors en situation de précarité énergétique

[119] Ces auteurs trouvent un facteur 2 en termes de niveau de confort entre les 10 centiles opposés.

(que nous avons défini au chapitre 1 dans l'Encadré 2, p.30). La part des ressources consacrée à l'énergie par les ménages est inégalement répartie selon les niveaux de revenus notamment parce que les ménages les plus précaires vivent dans les logements les plus déperditifs (De Quero et Lapostolet, 2009). Pour réduire ces inégalités il existe en France plusieurs dispositifs et notamment les tarifs sociaux pour l'électricité et le gaz[120], les aides à la cuve ou encore les fonds de solidarité logement. Si ces aides permettent d'alléger la charge des ménages concernant la part budgétaire consacrée au chauffage, d'abord elles ne sont pas adaptées à l'ampleur du problème (Laurent, 2011) et ensuite, elles n'ont aucun effet, voire un effet contre-productif, sur la maîtrise de la consommation énergétique et l'amélioration de la qualité énergétique du logement.

Les opportunités d'introduire des politiques basées sur des prix de l'énergie élevés, sont donc contraintes par l'impact qu'elles peuvent avoir sur les faibles revenus. Dans ce contexte, la politique de l'offre qui vise à transformer le marché, doit être selon Boardman (2004), le principal mécanisme pour favoriser l'efficacité énergétique. Il peut toutefois être également envisagé de mettre en place de subventions différenciées dans le but de favoriser simultanément la lutte contre la précarité énergétique et la maîtrise des consommations énergétiques. Les stratégies d'efficacité énergétique dans l'habitat peuvent être multidimensionnelles et fonctionner en synergie avec les politiques sociales d'habitat et incorporer des principes d'équités (Golubchikov et Deda, 2011). Par exemple, la Grande-Bretagne a mis en place un programme de financement à destination des ménages en situation de précarité énergétique qui n'avaient pas les moyens de réaliser des travaux d'isolations (T'Serclaes, 2007). En France, une proposition de loi instaurant une tarification progressive de l'énergie a été enregistrée à la présidence de l'Assemblée Nationale le 6 septembre 2012[121]. Cette loi qui pourrait entrer en vigueur fin 2013 - début 2014, vise à appliquer un bonus aux consommations énergétiques en dessous d'un volume de base et un malus à celles qui dépassent ce volume (Encadré 10, p.177).

[120] Les ménages qui peuvent bénéficier des tarifs sociaux sont ceux qui ont un revenu mensuel inférieur à 620€. En 2008, 950 000 ménages en ont bénéficié pour le gaz et 325 000 pour l'électricité. La réduction moyenne est de 75€ par facture ce qui représente un coût global de 70 millions €/an qui sont financés par l'ensemble des clients.

[121] Proposition de loi disponible en ligne : http://www.assemblee-nationale.fr/14/propositions/pion0150.asp

Encadré 10 : Application du bonus-malus dans le cadre de la loi sur la tarification progressive de l'électricité

La proposition de loi concerne dans un premier temps les énergies en réseau (gaz et électricité en particulier) puis, dans un second temps, elle s'appliquera aux autres (fioul, gaz en cuves, bois de chauffage). Le tarif de base sera déterminé à partir d'un volume de consommation de référence pour un logement, modulé en fonction du nombre d'occupants, de la zone climatique et du mode de chauffage. Le croisement de ces trois paramètres donnera donc, pour chaque logement, un nombre de kWh de référence pour le gaz et l'électricité. Le prix de l'énergie sera réduit pour les consommations inférieures à ce niveau et sera majoré au delà[122] (tableau ci-dessous). La feuille d'impôt servira de support au recensement des ménages et au recueil d'informations. Le dispositif sera suivi par la Cnil (Commission nationale de l'informatique et des libertés), dont un membre rejoindra le collège de la CRE (Commission de régulation de l'énergie) et les bonus-malus seront gérés sur un compte de la Caisse des dépôts et consignations.

	Bonus, dans la limite du volume de base, compris entre :		Malus, entre 100 % et 150 % du volume de base, compris entre :		Malus, au-delà de 150 % du volume de base, compris entre :	
	Tarifs normaux[a]	Tarifs sociaux[b]	Tarifs normaux	Tarifs sociaux	Tarifs normaux	Tarifs sociaux
En 2013	-10 et 0	-20 et 0	0 et 3	-3 et 3	0 et 10	0 et 5
En 2014	-20 et 0	-40 et 0	0 et 6	- 6 et 6	0 et 20	0 et 10
En 2015	-30 et 0	-60 et 0	0 et 9	- 9 et 9	0 et 30	0 et 15

Les chiffres indiqués correspondent à des euros par mégawattheure

[a] Il s'agit des consommateurs qui paient le tarif au prix du marché

[b] Il s'agit des consommateurs qui benéficent de la tarification spéciale dite « produit de première nécessité »

Il ne s'agit pas d'un instrument budgétaire comme cela est expliqué dans la proposition de loi : « *Il reviendra au ministre de l'énergie, après avis de la Commission de régulation de l'énergie, de fixer chaque année les niveaux de bonus et de malus, de sorte que le dispositif*

[122] Pour le chauffage collectif dans lequel il n'y a pas de compteurs individuels, la loi prévoit à l'article L. 230-3*: « Il est attribué en outre, pour les immeubles collectifs à usage résidentiel pourvus d'un chauffage commun, au titulaire du contrat de fourniture d'énergie servant à son alimentation, des volumes de base au titre du chauffage. Ces volumes sont calculés à partir d'un volume de référence modulé en fonction de la surface chauffée en commun et de la zone climatique dans laquelle est situé l'immeuble. »*

soit équilibré financièrement ». Ce dispositif vise à répondre à deux objectifs[123] :

- accélerer la transition énergétique : cela dépend notamment du niveau de consommation énergétique qui peut être réduit à la fois par la sobriété et par l'efficacité énergétique.
- accompagner la hausse des prix de l'énergie et des problèmes d'équité que cela risque d'engendrer : si tous les ménages paient l'énergie au même prix, quels que soient leurs besoins, l'augmentation des prix de l'énergie risque d'accroître les inégalités.

Pour répondre au premier objectif, la loi prévoit en outre la creation d'un *« Service public de la performance énergétique de l'habitat » :* lorsqu'un consommateur résidentiel se voit appliquer un bonus-malus dont le montant dépasse un plafond fixé par décret, le fournisseur d'électricité ou de gaz naturel lui indique que, sauf opposition de sa part, il informera de sa situation l'Agence nationale de l'habitat. L'ANAH envisagera ensuite les mesures d'accompagnement pour faciliter la réalisation de travaux.

Pour Cahn (2007), parmi les trois principales voies que les autorités publiques peuvent choisir pour lutter contre la précarité énergétique – la révision des contrats d'approvisionnement en énergie, le paiement des factures des consommateurs modestes, l'amélioration de la performance énergétique des logements – c'est cette dernière qui est la plus prometteuse, comme en témoigne l'expérience de plusieurs pays anglo-saxons (notamment le Royaume-Unis, les Etats-Unis et l'Irlande). Selon cet auteur, « *la meilleure solution consiste alors en un savant dosage entre des travaux d'amélioration limités et peu onéreux et des subventions destinées à palier les coûts excessifs* » (p.12).

Aujourd'hui, le système progressif de redistribution est également partiellement appliqué à la question de l'amélioration de l'efficacité énergétique puisque pour certains des dispositifs de subventions que nous décrivons ci-dessous, le montant des aides est souvent conditionné par le niveau de revenu.

[123] Ces objectifs sont présentés dans le paragraphe « exposé des motifs » de la proposition de loi présentée par François Brottes et Bruno Le Roux.

2.4.2. Les différentes formes de subventions : intérêts et limites

Conscient de la nécessité d'aider directement les investisseurs à financer les éventuels travaux, compte tenu des objectifs de réduction ambitieux et à échéance relativement courte, les pouvoirs publics ont mis en place des systèmes de subventions qui peuvent être directes ou indirectes.

2.4.2.1. Les crédits d'impôts

Grâce à ce dispositif fiscal, les ménages qui entreprennent des travaux d'amélioration énergétique dans leur logement ou un logement qu'ils louent (qui dans les deux cas doit être occupée en tant que résidence principale), peuvent déduire de leur impôt[124] sur le revenu une partie correspondant aux dépenses réalisées. En France, ce système a été adopté dans la loi de finance de 2005. La réduction d'impôt sur le revenu est calculée à partir du prix des matériaux et équipements, hors main d'œuvre. Depuis 2009, elle porte également sur les frais de main d'œuvre relatifs à la pose de matériaux d'isolation thermique des parois opaques et l'ensemble des frais de diagnostic thermique, en dehors des cas ou la loi les rend obligatoires. Le crédit d'impôt « développement durable » est plafonné[125] et son taux varie selon les investissements réalisés (Tableau 15, p.179)

Tableau 15 : Taux de crédit d'impôt par type de travaux

Investissements	Taux (01/01/2011)
Isolations thermiques des parois opaques (pose et fourniture) et calorifugeage des installations	22%
Isolation thermique des parois vitrées (fourniture)	13%
Chaudière à condensation individuelle ou collective	13%
Appareil de programmation ou de régulation de chauffage	22%
Système solaire de chauffage ou de production d'ECS	45%
Pompes à chaleur pour le chauffage (air/eau)	22%
Pompes à chaleur pour le chauffage à capteurs enterrés (pose de l'échangeur souterrain inclue)	36%

Source : (ADEME, 2011)

[124] Qu'ils soient imposables ou non, tous les ménages peuvent bénéficier de ce dispositif : lorsque le montant du crédit d'impôt excède l'impôt, la différence est remboursée aux ménages.
[125] Il est plafonné, sur une période de 5 ans consécutifs, à 8000€ pour une personne seule, à 16 000€ pour un couple soumis à l'imposition commune, avec une majoration de 400€ par personne à charge. Pour les bailleurs, il est plafonné à 8000€ par logement dans la limite de 3 logements par an.

Les crédits d'impôts sont conditionnés par les performances de ces solutions techniques. Le crédit d'impôt 2012 introduit également la notion de « bouquets de travaux ». Certains travaux bénéficient d'une augmentation de 10 points du taux de crédit d'impôt s'ils sont réalisés en « bouquets de travaux », pour un logement de plus de 2 ans.

Entre 2005 et 2008, 5,4 millions de travaux ont ainsi été déclarés au titre du crédit d'impôt : deux tiers ont porté sur des équipements favorisant l'efficacité énergétique (installation de matériaux d'isolation ou de chaudières performantes), et un tiers pour l'installation d'équipements utilisant des sources d'énergie renouvelable (panneaux photovoltaïques, capteurs solaires thermiques, pompes à chaleur ou appareils fonctionnant au bois). Le montant total déclaré sur ces quatre années est de 23,6 milliards d'euros. Il a fortement augmenté entre 2005 et 2008, passant de 3,7 milliards d'euros à 8,2 milliards (Clerc et Mauroux, 2010).

Si ce dispositif a profité à certains ménages, l'analyse doit être nuancée, car il ne permet pas de lever directement la contrainte de liquidité : d'après l'étude de Clerc et Mauroux (2010), seulement 1,6 % des ménages du premier quintile[126] ont déclaré avoir réalisé en 2008 des travaux au titre du crédit d'impôt développement durable contre 9,1 % des ménages du dernier quintile. Ceci peut s'expliquer d'une part par le fait que le nombre de propriétaires est moins élevés parmi les ménages modestes, mais également par le fait que ces derniers ont évidemment plus de difficultés à se procurer les fonds nécessaires au financement des équipements performants. Lorsqu'ils décident de réaliser des travaux de rénovations, ils choisissent des solutions et des équipements moins coûteux mais aussi moins efficaces et donc inéligibles aux crédits d'impôts.

2.4.2.2. Les taux d'intérêt bonifiés

A travers des taux d'intérêts préférentiels qui vont jusqu'à annuler le coût de l'emprunt, les pouvoirs publics espèrent inciter les consommateurs à choisir les produits les plus performants du point de vue énergétique pour la rénovation thermique. Dans certains cas, ces taux sont construits à partir de partenariat public-privé : les gouvernements fournissent des incitations fiscales aux banques qui offrent des taux préférentiels à leurs clients.

[126] Il correspond au 20 % de la population dont le revenu déclaré par unité de consommation est le plus faible.

En France, les particuliers, les copropriétés et les bailleurs qui souhaitent engager des travaux permettant de réduire la consommation énergétique d'un logement utilisé comme résidence principale, peuvent bénéficier d'un « éco prêt à taux zéro » qui est cumulable avec les autres subventions. Avec ce dispositif, une banque peut prêter jusqu'à 30 000 euros sans intérêt, sur une période maximale de 10 ans jusqu'en 2011 et de 15 ans depuis 2012. Le plafond de la somme sur laquelle porte l'éco-prêt est conditionné, comme pour le crédit d'impôt, aux performances des solutions techniques. Après avoir identifié les travaux à réaliser avec une entreprise ou un artisan le ménage doit fournir à l'une des banques partenaires[127] un formulaire-type, accompagné des devis relatifs à l'opération retenue. Le dossier est ensuite examiné par la banque qui va décider, comme pour toute demande de prêt, en fonction de l'endettement préalable de l'emprunteur et de sa capacité de remboursement, de prêter la somme demandée. Si le prêt est accordé, aucun taux d'intérêt ne sera demandé jusqu'à 30 000€ d'emprunt.

En impliquant à la fois le secteur public et le secteur privé, les taux bonifiés poussent les acteurs du marché à s'adapter aux nouveaux enjeux (T'Serclaes, 2007) et notamment le secteur bancaire puisqu'avec ce dispositif, les banquiers doivent pouvoir juger de la conformité des demandes aux exigences techniques et doivent donc développer d'autres compétences techniques.

Lorsqu'un ménage décide de passer par l'emprunt bancaire, cet outil permet donc de ne pas alourdir le coût des investissements d'efficacité énergétique mais au contraire de réduire l'écart de coûts avec les solutions moins performantes qui ne peuvent bénéficier de ce dispositif. De ce point de vue, les taux d'intérêts bonifiés permettent d'orienter les décisions d'investissement des ménages, mais seulement s'il y a emprunt. Ainsi, au delà de la bonification des taux, le problème de l'accessibilité au crédit qui est reliée aux choix discrétionnaires de ceux qui portent le risque – c'est à dire les banques – doit lui aussi être traité. Toutefois, avec ce dispositif les connaissances et les compétences des prêteurs sur la question de l'efficacité énergétique sont amenées à évoluer. S'ils comprennent qu'ils peuvent contribuer à accroître la solvabilité des ménages et donc rendre l'emprunt moins risqué, ils seront plus disposés à octroyer des prêts pour ce type d'investissement que par le passé.

[127] La plupart des banques présentes sur le territoire national ont signé une convention de partenariat avec l'Etat.

Les ménages qui se voient refuser leur demande de crédit peuvent toutefois se tourner vers la Caisse d'Allocation Familiale qui propose un prêt aux ménages allocataires pour les travaux d'efficacité énergétique. Il dépend du coût des travaux et peut atteindre 80% de la facture mais dans la limite de 1 067 €. Le prêt se fait à un taux de 1% et est remboursable en 36 mensualités. La première moitié est versée à la signature du contrat sur présentation du devis et l'autre moitié à la fin des travaux. A la différence des conditions du crédit d'impôt et du prêt à taux zéro, il peut être accordé même si les travaux sont réalisés par le ménage. Si c'est aujourd'hui le seul dispositif qui permet de pallier aux difficultés d'accès au crédit, les conditions sous lesquelles il est accordé (plafond et versements) sont trop restrictives pour des investissements ambitieux dont le coût va bien au delà du plafond imposé par ce prêt.

2.4.2.3. La TVA réduite

Certains travaux et équipements ouvrent droit, depuis 1999 à une TVA à 5,5% jusqu'en fin 2011 et à 7% depuis 2012, s'ils sont facturés par une entreprise. Dans ce cas, l'entreprise qui vend le matériel et en assure la pose, applique directement la réduction de TVA. Contrairement à d'autres niches fiscales, celle-ci n'a pas été supprimée mais seulement modifiée car le secteur du bâtiment est lui aussi en crise. Selon la Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (Capeb), une normalisation du taux de la TVA vers 19,6% mettrait en péril 40 000 emplois. Ce dispositif est cependant coûteux pour l'Etat. D'après un rapport de la Cour des Comptes, il a représenté en 2010 une moins value fiscale de 5,15 milliards d'euros. Il est donc plus coûteux que le dispositif de crédit d'impôts, qui comme nous l'avons vu, a couté 7,8 milliards d'euros en 4 ans.

2.4.2.4. Les subventions directes

Il s'agit des aides financières versées directement aux acteurs (entreprises ou ménages) afin qu'ils privilégient les technologies sobres en carbone. Elles visent à prendre en charge une partie des coûts d'investissements afin d'alléger la charge financière que ces derniers représentent. Par exemple, en 2004, le gouvernement danois a conclu un accord avec les industries de la fabrication et du verre et des fenêtres, les fournisseurs et les installateurs, pour améliorer les solutions de vitrages proposées. Le gouvernement a fourni des aides financières pour les campagnes de formation et d'information, le développement des solutions efficaces

de fenêtres et des programmes de labellisation volontaire. Aujourd'hui la plupart des fenêtres sont labellisées et presque la totalité du marché est desservie par des fenêtres énergétiquement performantes (T'Serclaes, 2007).

En France, l'Agence National de l'Habitat (ANAH)[128], par le biais du programme national « Habiter mieux », offre des aides financières aux ménages afin de leur permettre de réaliser des travaux d'amélioration énergétique dans leur logement. Elles sont généralement versées sous forme forfaitaire et sont octroyées sur la base de critères sociaux. En 2010, L'ANAH a subventionné plus de 32 000 propriétaires occupants modestes pour la réalisation de travaux énergétiques pour un montant total de près de 85 million d'euros (ANAH, 2010). Les collectivités locales, compte tenu de leur rôle croissant dans la politique énergie-climat (voir 6), fournissent également des subventions qui visent généralement à répondre à la fois aux objectifs de la politique énergie-climat et de la politique sociale : lutte contre l'habitat précaire, amélioration des logements des propriétaires à faibles revenus, accessibilité et adaptation des logements et amélioration de la performance énergétique, etc. Elles offrent des subventions directes aux ménages, généralement dans le cadre de programme spécifique, qui peuvent aller au delà de celles fournies au niveau national. Dans ce contexte, les collectivités doivent elles-aussi trouver des solutions pour financer ces projets. Les exemples développés dans ce chapitre au §1.2.2. sur les CEE montrent en effet que les collectivités essayent de se saisir des opportunités de financement afin d'optimiser les mises en œuvre de programmes ambitieux[129]. En générale, les collectivités locales cherchent également à traiter de la question de la précarité énergétique puisque, comme pour les aides de l'ANAH, les subventions qu'elles octroient sont généralement dépendantes des niveaux de revenus.

Les acteurs soumis au dispositif de CEE sollicitent également directement les ménages pour obtenir à termes des certificats, en leur proposant par exemple la réalisation de diagnostics, la mise en relation avec un réseau d'acteurs, des prêts à taux bonifiés ou encore des primes comme des remises sur la facture des travaux ou la facture énergétique. L'avantage pour les « obligés » de « contracter » directement avec les ménages est que d'une part, les services ou

[128] L'Anah est un établissement public d'État créé en 1971. Elle a pour mission de mettre en œuvre la politique nationale de développement et d'amélioration du parc de logements privés existants.

[129] Le chapitre suivant (chapitre 4) traite de la mise en œuvre et de l'efficacité de deux programmes d'amélioration énergétique des logements qui ont été engagés sur le territoire grenoblois, l'un à l'initiative de la ville et l'autre à l'initiative de la communauté d'agglomération. Nous reviendrons donc plus en détails sur le rôle que peuvent jouer les collectivités locales sur la décision d'investissement des ménages, en particulier grâce aux subventions qu'elles octroient.

les subventions qu'ils proposent ne vont pas être négociés par les particuliers (et donc seuls les obligés déterminent le prix du CEE) et, d'autre part, ils fidélisent leur client qui ne connaissent pas forcément ce dispositif et perçoivent donc cette démarche comme un geste commercial. Cependant, le fait de passer directement par les clients peut engendrer des coûts de transaction bien plus importants que si les obligés passaient un partenariat avec une collectivité locale par exemple.

2.4.3. L'efficacité des subventions

Pour qu'un système de subventions soit socialement efficace, il faut que le critère d'additionalité soit respecté, c'est à dire que l'utilisation des fonds publics engendre une amélioration par rapport à une situation de référence et ainsi ne constitue pas un simple effet d'aubaine. En d'autres termes, le versement de subventions doit permettre d'amener les ménages qui n'avaient pas prévu de le faire, à investir dans l'efficacité énergétique de leur logement. Si ces derniers étaient déjà engagés dans une dynamique d'amélioration thermique mais qu'ils bénéficient des aides, ils profitent d'un effet d'aubaine, ce qui déprécie l'efficacité globale des aides. Selon Hasset et Metcalf (1995) les programmes de subventions ont statistiquement un effet significatif sur les investissements. Selon leurs estimations, un changement de 10% des subventions conduit à une augmentation de 24% de la probabilité des investissements dans l'efficacité énergétique. Cependant, ils constatent que les subventions sont obtenues par les ménages qui avaient déjà planifié de faire des investissements en l'absence d'aides.

Malm (1996) a analysé les choix révélés des achats de systèmes de chauffage très performants parmis différentes catégories de consommateurs. Il ressort de ses recherches que 89% des ménages auraient acheté des équipements énergétiquement efficaces même en l'absence de subvention. C'est également à ce type de conclusions qu'aboutissent Grösche et *al*. (2009). Selon leur étude, certains ménages bénéficiant d'une subvention étaient déjà engagés dans une dynamique d'investissements ce qui signifie que les subventions ont « absorbé » leur disposition à payer pour l'efficacité énergétique. Pour 50% des ménages, le consentement à payer pour les investissements dans l'efficacité énergétique exède les coûts liés à leur mise en œuvre. Ces auteurs suggèrent que dans ce contexte, il faudrait pouvoir estimer les déterminants de l'effet d'aubaine dans l'objectif de trouver les solutions pour exclure des programmes d'aides, les ménages qui ne respectent pas profite de cet effet d'aubaine. La

pratique courante consiste à mener une enquête auprès des participants au programme afin de déterminer s'ils avaient l'intention d'investir en l'absence des aides. Mais comme le soulignent Peters et McRae (2008) la fiabilité de cette méthode est controversée car elle suppose que les intentions correspondent exactement aux comportements. Si les répondants affirment qu'ils auraient réalisé de toutes façons les investissements cela signifie que la valeur du comportement d'opportunisme est de 100%. Mais selon ces auteurs, de nombreuses études en psychologies comportementales montrent que les intentions sont faiblement révélatrices des comportements. Même si des techniques plus sophistiquées que les réponses à des questionnaires ont été envisagées (Saxonis, 2007), déterminer la part du comportement opportuniste est un exercice qui comporte malgré tout des incertitudes et constitue pour certain un des plus grand défis de l'évaluation (Skumatz et *al*., 2009).

Par ailleurs, si l'utilisation des fonds publics vise uniquement à réduire les consommations énergétiques, il est peu probable que les ménages mobilisent ces aides uniquement pour satisfaire ce critère. En effet, nous avons vu au chapitre précédent que les décideurs finaux cherchent à satisfaire plusieurs critères lorsqu'ils investissent dans des travaux d'amélioration de leur logement. Or, comme le souligne (Blumstein, 2010) il est difficile de séparer les coûts engendrés par la seule réduction de la consommation des autres coûts. Par exemple, si un programme d'efficacité énergétique fournit une subvention correspondant à 20% des coûts additionnels liés à l'installation de double vitrage, le coût total inclut à la fois les 20% de subventions et les 80% de reste à charge. Or, sur l'ensemble des coûts une partie doit être imputée à la recherche d'autres bénéfices tels que l'amélioration du confort, la réduction du bruit etc. Dans ce contexte, les subventions peuvent bénéficier à d'autres attributs et ne permettent donc pas d'optimiser l'utilisation des fonds publics par rapport à l'objectif de réduction de consommation énergétique.

De plus, en offrant une solution immédiate à un problème donné, les subventions ont, comme la réglementation, un impact limité sur le marché : les opérations sont stimulées durant le temps du programme, mais elles risquent de se ralentir lorsque ce dernier se termine. Il faut qu'en parallèle des campagnes d'informations soient engagées, comme au Danemark, où les campagnes en direction à la fois des fournisseurs et des consommateurs lancées en même temps que le programme de subventions ont permis un impact durable de ce dernier (Tserclaes, 2007).

Enfin, le cumul de l'ensemble de ces subventions directes (en France aide de l'ANAH, aides des collectivités et subventions des acteurs au titre des CEE) peut certes permettre d'alléger considérablement la charge financière supportée par un ménage souhaitant réaliser des travaux, mais compte-tenu du nombre de logements qu'il faudrait rénover – l'objectif national est de 400 000 logements par an entre 2013 et 2020 – et le contexte de resserrement du budget de l'Etat et des collectivité locales[130], une large diffusion de ces subventions est difficilement envisageable à long terme et à grande échelle.

3. Lever les barrières liés au manque d'information

Le caractère coercitif des instruments d'intervention comme les normes, est, comme nous l'avons vu, nécessaire pour s'assurer d'une modification structurelle des pratiques et des choix d'investissements. Les actions de sensibilisation et d'information sont également importantes car la réglementation thermique actuelle et les incitations financières ne permettent à elles seules d'atteindre les objectifs ambitieux de réduction que se sont fixées les autorités publiques (3.1.). Toutefois, les ménages peuvent ne pas se sentir pleinement concernés par des messages trop généraux et ne pas faire la démarche de rechercher les informations spécifiques à leur situation. Les outils qui ont pour finalité de révéler des informations aux ménages sans que ces derniers n'aient cherché directement à les obtenir, peuvent, dans ce contexte, constituer des solutions efficaces (3.2.).

3.1. Les campagnes de sensibilisation et d'information

Nous avons vu dans les deux premiers chapitres de la thèse que le manque d'information sur l'intérêt d'améliorer l'efficacité énergétique des logements et la difficulté pour les ménages de connaître et choisir les solutions existantes, constituent des freins importants pour la politique énergie-climat. La puissance publique doit donc d'une part sensibiliser les ménages afin qu'ils prennent conscience des enjeux de la question de l'efficacité énergétique et d'autre part développer des outils qui leur permettent d'alléger la « charge cognitive » que représente les projets d'amélioration énergétique des logements et donc le passage à l'acte (Gillingham et *al.*, 2006).

[130] Les recettes des collectivités locales tendent à se réduire notamment depuis la suppression de la taxe professionnelle en 2009.

Les campagnes d'information peuvent être considérées comme la stratégie de base de tout programme de promotion de l'efficacité énergétique et les expériences passées ont montré que l'efficacité de cet instrument n'était plus à prouver (Weil et McMahon, 2003 ; Boardman, 2004 ; Abrahamse et *al.*, 2005 ; Reiss et White, 2005 ; Wilson et Dowlatabadi, 2007 ; Zografakis et *al.*, 2008). Il peut s'agir de campagnes générales sur la question énergétique ou de programmes spécifiques concernant les solutions. L'information doit être suffisament large pour toucher un maximum d'acteurs mais des outils de diffusions d'informations précises doivent également être mis à leur disposition afin que l'hétérogénité des cas soit traitée. Pour Craig et McCann (1978), il faut utiliser l'interlocuteur le plus crédible possible lorsque l'on cherche à persuader les acteurs de faire des économies d'énergie. Il est plus efficace d'avoir un message conforme et pertinent vis à vis de la requête que des messages non contrôlés et moins fiables. Ainsi, même si les ménages sont conscients des enjeux de la réduction de leur consommation, ils ont besoin d'informations spécifiques sur la façon dont ils peuvent agir en liaison avec leur situation personnelle (consommation énergétique, contrainte de liquidité, connaissances sur le sujet, etc.).

Que ce soit au niveau européen avec notamment le programme « *Intelligent Energy Europe* », ou au niveau français, avec les campagnes d'information réalisées par l'ADEME, la création des « Espaces Infos Energie », ou encore les actions menées au niveau territorial par les Agences Locales de l'Energie et du Climat (ALEC), les structures et dispositifs d'informations sont nombreux et plusieurs enquêtes montrent que les ménages ont aujourd'hui globalement compris les enjeux de la maîtrise de la consommation énergétique (ADEME, 2011). En plus de ces structures qui visent également à gérer les demandes spécifiques des ménages, le développement des informations sur cette question via tous les types de médias s'est fortement accru ces cinq dernières années.

La question de la sensibilisation semble aujourd'hui être correctement traitée et celle de l'information (au sens de la réponse à la demande de renseignements) est elle aussi bien maîtrisée grâce aux panels d'outils disponibles. Cette importante diffusion – à laquelle vient s'ajouter les messages commerciaux des entreprises – risque cependant de confronter la puissance publique et les ménages à un nouveau problème : si les informations permettent de réduire les coûts cognitifs supportés par les ménages qui souhaitent se renseigner sur les mesures d'efficacité énergétique, à l'inverse, le fait de devoir faire le tri parmi tout un ensemble de messages et de données pour parvenir à déterminer la solution optimale, peut

venir au final augmenter le coût cognitif. Ainsi, les problèmes d'informations ne sont plus aujourd'hui réellement dus à leurs absences, mais à leur surabondance (McNamara et Grubb, 2010). Les autorités publiques doivent continuer à veiller à ce qu'un nombre restreint d'acteurs comme l'ADEME, les espaces info-énergie ou les ALEC soient identifiés comme les interlocuteurs à privilégier.

Dans ce contexte, il peut être efficace, comme nous allons le voir, de conduire les acteurs vers un comportement de consommation et d'investissement vertueux sans le contraindre directement ou en le soumettant à des messages qui peuvent être perçus comme « culpabilisateurs », mais seulement en leur révélant des informations choisies.

3.2. Les programmes de « révélation » de l'information

L'idée de fournir des informations aux agents économiques afin qu'ils orientent leurs choix de consommation est, depuis longtemps, au centre des techniques de marketing. Ces dernières s'appuient sur le principe que plus un individu se sent concerné par le message qui lui est fourni et plus il est à même de l'intégrer dans ses décisions de consommation. L'utilisation de cette approche vise à conduire les ménages à porter davantage leur attention sur la question de l'efficacité énergétique de leur logement et a donc pour objectif final d'orienter leur investissement. A travers des outils comme les compteurs intelligents, les labels ou les étiquettes énergétiques, nous allons voir qu'il est en effet possible de transformer le marché sans contraindre directement les ménages dans leur choix.

3.2.1. Le concept de « nudge »

En matière d'environnement, il a été constaté que les comportements des citoyens ne sont pas toujours à l'image de leur posture écologique c'est-à-dire qu'ils affichent un niveau de préoccupation vis-à-vis des problèmes environnementaux qui est supérieur au réajustement de leur comportement (Costanzo et *al.* , 1986). Selon l'enquête Tns-Sofres de 2009, la pollution est la deuxième des préoccupations des français après le chômage et est perçue comme étant la deuxième action prioritaire que l'Etat doit mener. Le changement climatique est ainsi considéré comme un problème « sérieux » ou « très sérieux » par 93% des français. Pourtant,

lorsqu'ils décident de réaliser des travaux d'amélioration énergétique dans leur logement, l'objectif de diminution des GES n'est avancé que dans 5% des cas.

L'écart entre la connaissance par les citoyens de ce qu'est un comportement « écologiquement vertueux » et la mise en pratique de ce comportement va à l'encontre de l'idée, bien souvent acceptée en politique publique, qui consiste à considérer qu'une bonne diffusion de l'information permet aux citoyens de faire les bons choix. En réalité deux barrières principales apparaissent :

- l'information sur les pratiques environnementales est bien diffusée mais ces préoccupations viennent se heurter à d'autres préoccupations, parfois plus prégnantes, notamment lorsque des investissements financiers sont en jeux. Nous avons vu au chapitre 1 et au § 1.2.4 de ce chapitre, que les ménages, après avoir satisfait les besoins fondamentaux, choisissent d'allouer le budget restant à d'autres catégories de dépenses, qui ont des impacts écologiques différents (des travaux d'efficacité énergétique réduisent les émissions de GES alors qu'un voyage les augmente). La multiplicité et l'hétérogénéité des préoccupations peuvent être un élément explicatif de l'écart entre l'intérêt porté à la question écologique et le passage à l'acte.

- L'intérêt porté à la cause écologique fluctue en partie au gré des évènements, des débats et de leur médiatisation. Les récents débats sur l'impact de l'activité humaine sur le changement climatique constituent un exemple significatif, puisqu'en 2007, au moment du « pacte écologique » et de la médiatisation des problèmes environnementaux, la pollution constituait la première préoccupation des français (devant le chômage). En 2009, le débat lancé par les « climato sceptiques » et sa large médiatisation, les échecs des négociations sur le climat à Copenhague, le retrait de ces questions du devant de la scène politique mais également la crise économique et la montée du chômage ont relégué cette préoccupation en seconde position (ADEME, 2011). C'est donc ici la multiplicité et l'hétérogénéité des messages sur un seul et même sujet qui peut expliquer la faiblesse des comportements écologiques et/ou leur non-pérennité.

Pour faire face à la faible acceptabilité, voire au rejet, des messages « culpabilisateurs », des instruments coercitifs tels que les normes, ou des instruments perçus comme « punitifs » tels

que les taxes, les chercheurs se sont intéressés à la façon dont la puissance publique pouvait orienter le comportement des citoyens, sans que ces derniers ne le perçoivent, du moins directement (Thaler et Sunstein, 2008). Ces travaux s'inspirent des recherches menées en psychologie comportementale sur les différentes méthodes – souvent utilisées en marketing – qui permettent d'orienter les choix des individus dans un sens ou dans l'autre, sans toutefois leur « forcer la main » (Freedman et Fraser, 1966 ; Beauman, 1983 ; Burger, 1999 ; Beauvois et Joule, 2000 ; Beauvois, 2001 ; Joule et Beauvois, 2002).

Thaler et Sunstein (2008) regroupent ces méthodes dans un concept global, celui de « *nudge* »[131] qu'ils définissent (p.6) comme « *tout aspect de l'architecture du choix qui modifie de façon prévisible le comportement des gens, sans interdire aucune option ou modifier de façon significative les incitations financières* ». Il s'agit donc d'une stratégie qui s'appuie sur les apports des sciences comportementales pour amener les individus à faire des choix qui satisfassent l'intérêt général, sans les culpabiliser ou les obliger à agir dans ce sens (Ouillier et Sauneron, 2011). Ce concept met en jeu un acteur, « l'architecte du choix », qui doit organiser le contexte dans lequel les gens prennent leur décision. Cet acteur, qui peut être représenté par la puissance publique mais pas seulement, doit faire preuve de « *paternalisme libertaire* », c'est à dire influencer les choix et les comportements sans enfermer les individus dans des décisions irréversibles ou les pénaliser. Concrètement, il s'agit par exemple de révéler aux individus, dans quelles mesures leurs choix de consommation entraînent des émissions de GES. Les partisans de « la méthode douce » considèrent donc qu'en portant à la connaissance des individus, les impacts de leurs choix, ils seront tentés – sans y être contraints – de les réajuster.

En partant de ce principe, les outils apparentés à des « *nudges* » permettent de révéler les incohérences des choix des individus par rapport aux préoccupations qu'ils affichent, sans toutefois les culpabiliser ou les sanctionner s'ils décident de ne pas réajuster leur comportement. Nous allons voir, à travers deux dispositifs, comment, en portant clairement à la connaissance des ménages leur consommation énergétique et l'impact environnemental qu'elle engendre, la puissance publique espère les conduire à favoriser les choix les plus vertueux.

[131] L'expression « coup de coude » est généralement utilisée pour traduire le terme de « *nudge* » lorsqu'il est utiliser comme nom et « donner un petit coup de coude à » lorsqu'il s'agit du verbe « *to nudge* ».

3.2.2. Les feedbacks

Favoriser le retour d'expérience et les échanges de bonnes pratiques peut entraîner une modification des pratiques de consommations des ménages (McMakin et *al.*, 2002 ; Darby, 2006). En effet, selon Fischer (2008), les programmes d'information tels que ceux qui fournissent directement des données sur la consommation d'énergie entraînent des économies d'énergie allant de 5 à 12%. Ce type d'outil permet aux ménages de prendre pleinement conscience du lien entre leur comportement et leur choix d'investissement et les kWh consommés et donc les émissions de GES (Abrahamse et *al.*, 2005).

En avril 2009, le Parlement Européen a considéré qu'en 2020, 80% des consommateurs (ménages et entreprises) devraient être équipés de compteurs intelligents (également appelés les compteurs communicants ou « *smart meters* »). Si les technologies aujourd'hui sur le marché ont parfois eu des problèmes de fonctionnement, il s'agit d'une technologie nouvelle qui est amenée à se développer du point de vue technique et à se diffuser largement au sein des foyers. Aujourd'hui, les discussions autours de la diffusion des compteurs intelligents portent sur deux principaux points[132] :

- le coût et le paiement des compteurs : ERDF évalue le coût du compteur « Linky » qu'il a mis sur le marché, entre 120 et 240 €. L'opération pourrait être financée par le Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (Turpe), payé par les opérateurs. Ces derniers pourront alors augmenter la facture du consommateur de 1 ou 2 € par mois pour amortir le coût de l'installation sur 10 ans. Dans cette perspective, le gouvernement devra donc rendre compatible ce report des coûts sur la facture énergétique avec d'autres dispositifs liés à la tarification de l'énergie comme le système de bonus-malus présenté dans le § 2.4.1.2, p. 175 et l'Encadré 10, p.177.
- la sécurisation et la confidentialité des données : la précision de ces compteurs et la liaison constante qu'ils entretiennent avec le fournisseur d'électricité sont jugées

[132] Sources :
- site « 60 millions de consommateurs », article du 17/09/10 disponible : http://www.60millions-mag.com/actualites/articles/le_compteur_electrique_linky_en_six_questions [consulté le 11/12/11];
- site de la Commission Nationale des Liberté et de l'Informatique (CNIL), article du 02/12/10 disponible : http://www.cnil.fr/la-cnil/actualite/article/accessible/oui/article/des-recommandations-pour-la-mise-en-oeuvre-des-compteurs-electriques-intelligents/ [consulté le 11/12/11] ;
- site Euractiv.fr, article du 18/09/12, disponible : http://www.euractiv.fr/compteurs-intelligents-commission-envisage-rapport-2013-article [consulté le 14/10/12];
- site Actu-environnement, article du 12/06/12, disponible : http://www.actu-environnement.com/ae/news/avis-controleur-europeen-protection-donnees-compteur-intelligent-15911.php4 [Consulté le 14/10/12].

> préoccupantes en raison des possibles atteintes à la vie privée qu'ils permettent. En effet, les données de consommation d'énergie transmises par les compteurs sont très détaillées ce qui offre la possibilité aux distributeurs d'énergie de disposer d'un grand nombre d'informations sur les pratiques des ménages. Le Bureau Européen des Unions de Consommateurs (BEUC) s'inquiète des dérives possibles en matière policière et commerciale. En France, la Commission Nationale des Libertés et de l'Informatique (CNIL) demande aux distributeurs d'apporter des garanties sérieuses sur la sécurisation des données et leur confidentialité : les modalités d'exercice des droits des personnes devront être données par le biais du contrat d'abonnement et lors de l'installation des nouveaux compteurs.

Il semble nécessaire de réussir à surmonter ces difficultés et ainsi garantir le développement des compteurs intelligents qui sont des moyens efficaces de fournir des informations transparentes et immédiates de l'impact des diverses consommations énergétiques (McNamara et Grubb, 2010). Ces outils pourraient entraîner de fortes économies d'énergie mais également traiter le problème des pics de consommation en poussant les ménages à mieux répartir leur « activité énergétique »[133] (Zang et Nuttall, 2008 ; Traisnel et *al.* 2010, Bergaentzle, 2012).

3.2.3. Les indicateurs de performances : labels et étiquettes énergétiques

Les labels et les étiquettes énergétiques peuvent être considérés comme un moyen d'informer les consommateurs sur certains critères au moment de l'achat. La différence entre ces deux types d'indicateurs, du moins pour le cas français, est que les labels ne sont pas obligatoires et permettent en général d'attester d'un niveau de performance donné alors que les étiquettes énergétiques sont elles obligatoires et renseignent sur les performances, quel que soit leur niveau. Dans tous les cas, ces instruments peuvent être considérés comme des « *nudges* » dans le sens où aucune obligation d'achat d'un type de bien plutôt qu'un autre n'est imposée, c'est le ménage seul qui, compte tenu des informations dont il dispose, va finalement décider.

[133] Selon J-P Platt de la société ISTA, les « smarts meters » permettent de lisser la charge de distribution d'électricité, de réduire les pannes et les pics, et de réduire jusqu'à 30% des consommations (Intervention lors du colloque Planète Copropriété « la Copropriété et le développement durable en Europe », organisé le 01 et 02 juillet 2010 à Paris).

3.2.3.1. Les labels : garantir les moyens et/ou les résultats

La labelisation des bâtiments est le processus qui conduit à déterminer la conformité des caractéristiques énergétiques et environnementales d'un bâtiment à un seuil de performance.
Les labels peuvent être volontaires ou imposés par les autorités publiques. Dans le cas du volontariat, les gouvernements n'ont pas à faire face à des oppositions de groupes d'intérêts et n'ont pas à mettre en place un dispositif de contrôle. Les vérifications sont assurées soit en interne lorsqu'il s'agit d'un label privé spécifique à une entreprise, soit en externe lorsqu'il s'agit d'un label plus largement diffusé, conditionné par l'accréditation d'un organisme certificateur[134]. En France, les deux labels les plus reconnus pour les projets de rénovation et délivrés par des organismes certificateurs privés ayant passé une convention spéciale avec le ministère en charge de la construction, qui les autorise à les accorder, sont le label « Haute performance énergétique rénovation » (HPE)[135] et le label « bâtiment basse consommation énergétique rénovation » (BBC-rénovation)[136].

Les labels peuvent avoir des effets positifs sur l'innovation en stimulant l'arrivée de nouveaux produits et procédés plus performants, sous réserve que les critères de performances soient durcis régulièrement afin que les entreprises soient incitées à produire des équipements toujours plus performants (Menanteau, 2003). En outre, ils permettent de régler une partie du problème principal-agent qui entoure la relation d'échange entre les ménages et ceux qui réalisent les travaux ou vendent les produits puisque la conformité est assurée par la certification (Ryan et *al*., 2011).

Pour autant, d'après le groupe de travail « Signes de Qualité » du Plan Bâtiment Grenelle, il existe une cinquantaine de signes de qualité dans le secteur du bâtiment, distinguant à la fois les produits, les acteurs ou les ouvrages. Cette « myriade » de labels qui sont en réalité rarement liés à des objectifs de performance et dont l'obtention ne requiert pas systématiquement le recours à un organisme tiers certificateur, introduit de la confusion. Cela crée un manque de lisibilité et une mauvaise appropriation de la part de l'ensemble de la

[134] Les organismes certificateurs de bâtiments en France sont Cerqual, Cequami et Certivéa.
[135] Il atteste qu'un bâtiment respecte un niveau de performance énergétique élevé (ainsi qu'un niveau minimal de confort en été) qui correspond à une consommation d'énergie primaire de 150 kWh/m².an (modulée selon la zone climatique et l'altitude). Ces performances sont vérifiées grâce à des modalités de contrôle définies par le texte.
[136] Il correspond à une consommation d'énergie primaire de 80 kWh/m².an (également modulée selon la zone climatique et l'altitude)

filière et des consommateurs, notamment en raison de la difficulté de les comparer. Il apparaît donc nécessaire de faire le tri, d'identifier les initiatives les plus pertinentes et les plus crédibles – en se basant par exemple sur un label de référence afin de les harmoniser – et de les faire délivrer par un organisme tiers accrédité par le comité français d'accréditation (COFRAC). Ce constat a également été réalisé dans d'autres pays par IEA (2010b) qui conclue qu'il est essentiel que les systèmes de certification soient suffisamment adaptables pour qu'ils puissent évoluer dans le futur et qu'ils soient assez clairs pour être sollicités et correctement appréhendés par les acteurs.
Le suivi de la consommation énergétique réelle offre également une opportunité pour veiller à la crédibilité des labels qui repose au final sur leur capacité à parvenir réellement à atteindre de faibles consommations énergétiques et donc à garantir le caractère coût-efficace de l'opération (Perez-Lombard et *al.*, 2009). Or certaines études réalisées sur le lien entre les comportements de consommations énergétiques et les achats de logements labélisés ne relatent pas un rapport significatif entre les deux (Kjaerbye, 2008).

Par ailleurs, si ce type d'indicateur suscite un engouement croissant, le nombre de bâtiments certifiés suite à des travaux de rénovation reste aujourd'hui assez faible par rapport à l'ensemble des travaux de rénovations engagés. En l'absence d'obligation, les labels ne sont pas systématiquement exigés et un ménage peut choisir de se tourner vers d'autres procédés ou produits pour lesquels aucune information claire n'est fournie. Ils risquent alors de privilégier le critère de prix pour arbitrer entre les différents biens ou les différents ouvrages. Partant de ces constats, il existe aujourd'hui des obligations concernant l'information sur la performance énergétique et environnementale des logements et des équipements.

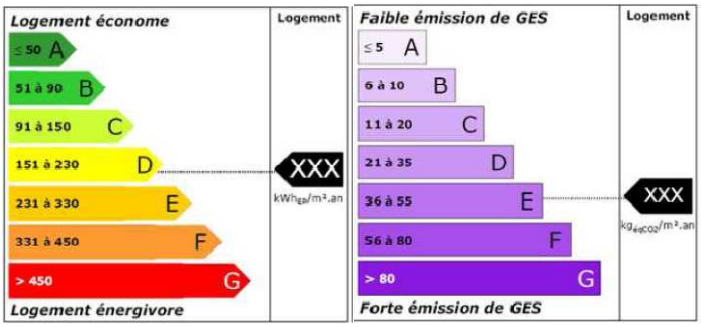
3.2.3.2. Les étiquettes énergétiques : informer sur la performance en usage des bâtiments

Les indicateurs de performance, comme les étiquettes énergétiques, récapitulent les informations concernant la consommation énergétique des équipements ou des logements et renseignent donc en partie sur les coûts de fonctionnement. Ils aident ainsi les consommateurs à s'informer sur ces caractéristiques avant de réaliser des choix (IEA, 2010a). Ainsi, la mise en place d'un système d'étiquette énergétique obligatoire permet aux consommateurs qui ne choisissent pas un bien certifié, de disposer malgré tout des informations sur la consommation

énergétique et les émissions de GES pour la plupart des équipements énergétiques et pour l'ensemble des logements.

En 2003, une directive européenne relative à la performance énergétique des bâtiments a été adoptée et transposée en droit français en 2004[137]. Cette loi introduit le Diagnostic de Performance Energétique (DPE) dont l'objectif est de fournir une information au futur locataire ou propriétaire sur la consommation énergétique du logement (en kWhep/m²/an). Il s'agit soit d'une évaluation théorique basée sur une méthode de calcul standardisée, soit d'une moyenne des relevés des consommations des trois dernières années. Le DPE a été créé afin de sensibiliser les futurs usagers d'un logement aux impacts environnementaux de leur consommation énergétique puisque en plus des données sur les kWh consommés, y figurent également des informations sur les émissions de CO_2 (en kg/m²/an). Il doit être obligatoirement affiché dans les annonces de vente et de location de biens immobiliers depuis le 1er janvier 2011.

Les DPE donnent donc un ordre de grandeur quant à la consommation énergétique et aux émissions de GES d'un logement en le désignant par une lettre selon sa performance (de A à G, A étant le plus et G le moins performant)[138].



Les besoins de chauffages théoriques peuvent correspondre seulement à une part de la consommation réelle : celle liée à la qualité de l'enveloppe des bâtiments et à la morphologie

[137] Directive européenne n°2002/91 transposée en droit français par la loi 2004-1343 et modifiée par l'ordonnance 2005-655. Les textes législatifs relatifs aux DPE sont codifiés aux articles L 134 -1 à -5 du code de la construction et de l'habitation.

[138] ADEME, MEDDM http://www.rt-batiment.fr/batiments-existants/dpe/presentation.html [Consulté le 18/01/2010]

urbaine (plus la forme urbaine est compacte c'est à dire dense, plus elle est énergétiquement performante). Certains DPE intègrent un nombre plus important d'informations[139].

Cet outil, reconnu comme élément stratégique pour la conduite de la politique d'efficacité énergétique dans les logements (Pelletier, 2008), est, depuis l'origine, sujet à controverses.
D'une part le DPE est en énergie primaire ce qui pénalise les logements chauffés à l'électricité puisqu'un coefficient de conversion de 2,58 est appliqué pour passer de l'énergie finale à l'énergie primaire (c'est à dire pour tenir compte des pertes d'énergie en réseau). L'Association française pour les pompes à chaleur (Afpac) demande l'ajout de l'affichage de la consommation en énergie finale qui, selon elle, correspond à « *la réalité des éléments de sa facturation* ». Cela permettrait notamment de ne pas pénaliser les systèmes performants de chauffage électrique par rapport aux systèmes fonctionnant au gaz et de les maintenir sur le marché immobilier du neuf puisqu'en l'état actuel, les textes de la RT 2012, combiné au seuil des 50kWhep/m²/an excluent la possibilité d'utiliser les systèmes électriques pour chauffer les bâtiments [140].
D'autre part, il a été constaté que selon la méthode utilisée et le diagnostiqueur, un même logement peut se voir attribuer une étiquette énergétique différente. Une étude réalisée par l'association UFC-Que choisir[141], montre en effet qu'une même maison a été classée, selon les diagnostiqueurs, en C, D ou E, avec une estimation de consommation de 134 kWh à 244 kWh par m² et par an, soit une facture annuelle variant de 1000 à 1800 euros. Ces écarts peuvent être expliqués par plusieurs raisons :

- la réalisation de diagnostics constitue pour la plupart des acteurs une nouvelle activité pour laquelle ils n'ont pas été correctement, ou pas du tout, formés ;
- pour les bâtiments existants la visite dans le logement n'est pas obligatoire et les diagnostiqueurs peuvent réaliser leur évaluation par téléphone et/ou à partir des

[139] Des éléments tels que les apports solaires (ils dépendent de la latitude et la longitude du lieu étudié, la date à laquelle on étudie l'ensoleillement, l'orientation de la façade par rapport au sud, les effets d'obstructions créés par la proximité des autres édifices, les différents rayonnements : rayonnement incident direct, rayonnement diffus, rayonnement réfléchi et nébulosité) et la ventilation (elle dépend elle aussi de la date de construction du logement).
[140] Source : article du site Le Moniteur.fr du 10/01/12, disponible : http://www.lemoniteur.fr/201-management/article/actualite/871294-dpe-les-fabricants-de-pac-veulent-un-affichage-en-energie-finale, [Consulté le 14/10/12] ; Article sur le blog Habitat-durable.com du 12/01/12, disponible : http://www.blog-habitat-durable.com/article-la-consommation-en-energie-finale-non-pas-celle-primaire-selon-l-afpac-96876166.html, [consulté le 14/10/12].
[141] Source : communiqué de QueChoisir.org du 21/02/11, disponible : http://www.quechoisir.org/immobilier-logement/achat-vente-travaux/communique-dpe-des-diagnostics-toujours-aussi-peu-performants [consulté le 20/03/2011]

relevés de factures des trois années précédentes, qui dépendent de l'occupation du logement ;

- même lorsqu'ils se déplacent, dans la mesure où les DPE ne sont pas opposables, les diagnostiqueurs peuvent être tentés de choisir les instruments de mesures les moins fiables s'ils sont aussi les moins coûteux.

Dans ce contexte, l'association UFC-Que choisir préconise d'adopter des mesures techniques pour fiabiliser les DPE et d'avoir la possibilité d'engager la responsabilité du diagnostiqueur en cas de diagnostic erroné, en rendant le DPE opposable. Ces préconisations sont également celles du groupe de travail « signes de qualité » du Plan Bâtiment Grenelle, qui préconise notamment d'améliorer la fiabilité et la rigueur des DPE en formant les diagnostiqueurs et d'harmoniser des méthodes de calcul. Il propose également que soit mis en place un système de contrôles et de sanctions. Le rapport Pelletier (2008) conclut qu' « *il est essentiel de renforcer la qualité des DPE correspondant aux différents types de bâtiment pour arriver à le doter d'une force juridique dans les rapports privés et dans les procédures administratives ou financières. Tout mécanisme d'incitation ou d'obligation qui reposerait sur lui doit donc tenir compte du degré de confiance qui peut lui être attribué* » (p115).

Il est donc nécessaire que les autorités publiques mettent en place un système qui permettent de crédibiliser les DPE sans que cela engendre des coûts trop lourds pour l'Etat ou pour les propriétaires. Or, comme nous l'avons vu pour les normes, les contrôles nécessitent des moyens humains et financiers. Le rapport Pelletier préconise notamment que les DPE soient au moins relus par des agents de l'ADEME afin que les incohérences les plus visibles soient décelées (par exemple un décalage entre la consommation moyenne du parc pour une période de construction et la consommation théorique indiqué sur le DPE d'un logement). Même si ce type de vérification ne constitue pas un contrôle poussé, il peut suffire à inciter les diagnostiqueurs à renforcer la qualité des DPE. En revanche, compte tenu des écarts possibles entre les consommations théoriques et les consommations réelles – même lorsque les estimations ont été réalisées de façon très sérieuse – il semble aujourd'hui délicat de rendre le DPE opposable.

En définitive, il est essentiel de régler les problèmes de fiabilité de ce dispositif, ou du moins de les atténuer, ainsi que de ne pas limiter les informations qui figurent sur les DPE aux seules consommations énergétiques et émissions de GES, mais d'y ajouter également des

informations concernant les travaux qui peuvent être effectués. Dans ce contexte, le DPE, tout comme les labels pourraient envoyer un signal fort aux futurs acquéreurs ou locataires sur les qualités thermiques du logement qui, en intégrant ces éléments dans leur critère de choix d'un logement, confèreraient une valeur supplémentaire aux logements ayant de bonnes étiquettes énergétiques (ou à l'inverse déprécieraient la valeur de ceux dont l'étiquette est mauvaise). En 2009, 84% des particuliers interrogés considèrent le DPE comme un critère important dans le cadre de la location ou de la vente d'un logement (alors qu'à cette époque, il n'est pas obligatoire) (ADEME, 2010).

3.2.4. Vers la création d'une valeur verte ?

Il existe aujourd'hui assez peu d'étude permettant de déterminer l'impact du DPE ou des labels sur la valeur patrimoniale ou locative des logements. L'étude réalisée par Chotard et *al.* (2011) montre que si les dispositifs d'incitations et les augmentations du prix de l'énergie créent des conditions favorables à la prise en compte par le marché de la performance énergétique des biens, cette dernière n'en est en France qu'à ces débuts :

- les sociétés de gestion immobilières n'intègrent pas réellement les critères d'éco-performances dans l'évaluation de leur patrimoine et ne constatent pas de lien entre les performances environnementales d'un logement et son prix de revente ou de loyer ;
- les experts en valorisation immobilière manquent de données et d'outils pour évaluer la composante énergétique des biens (Bullier et *al.*, 2010)
- les agents immobiliers soulignent que l'étiquette énergétique est un critère de différenciation négative lorsque le marché immobilier n'est pas tendu [142] et une mauvaise étiquette énergétique peut entraîner une décote de la valeur du bien allant jusqu'à 15% pour la vente ou la location. Ceci s'explique d'une part, car certains nouveaux propriétaires ne peuvent avoir accès aux prêts bonifiés en raison d'une mauvaise note énergétique et d'autre part car ils craignent des charges trop élevés en particulier au delà de la note F du DPE[143].

[142] Un marché est considéré comme « tendu », lorsqu'il y a peu d'offres et beaucoup de demandes, comme c'est le cas dans le centre des grandes villes. Dans ce contexte, la rareté des biens engendre des prix élevés et une forte demande, même pour les logements ayant de mauvaises performances environnementales. De plus, d'autres attributs comme la localisation et l'accès aux transports peuvent constituer un poids bien plus important dans la décision d'achat ou de location d'un logement que sa performance énergétique.

[143] Source : article de *Le Particulier* n°1060, avril 2011, pp 46-52, intitulé « L'étiquette énergétique fait-elle baisser les prix ? »

Ainsi, la faible prise en compte par le marché de la performance environnementale des logements est essentiellement due, sauf pour le cas des marchés tendus, à la difficulté d'évaluer la « valeur verte » (Novethic, 2010). Cette dernière qui est définie par Chotard et *al.* (2011) comme « *la valeur nette additionnelle d'un bien immobilier dégagée grâce à une meilleure performance environnementale (cette performance environnementale pouvant être liée à différents déterminants)* », peut, comme nous l'avons vu pour les labels, être évaluée sur la base de plusieurs critères et indicateurs s'appuyant sur des méthodologies différentes. Il s'agit en effet d'intégrer des éléments quantifiables tels que le montant des charges, les prix de ventes ou les loyers mais également des éléments qualitatifs comme le confort, l'impact environnemental ou la santé, ce qui rend complexe l'harmonisation des méthodes. Sans une évolution des modes de coordination entre l'ensemble des acteurs et une fiabilisation des méthodes, la question de la valeur verte risque de rester assez marginale dans les transactions immobilières (Bullier et *al.*, 2010 ; Brunel, 2010)

Toutefois, le benchmark international et les sondages réalisés par Chotard et *al.* (2011) tendent à montrer que dans un avenir proche, la valeur verte – et en particulier la valeur verte énergétique[144] – pourrait avoir un impact croissant en France. Il apparaît en effet qu'avec la mise en place de labels réglementaires, le développement de guides pour les professionnels de l'immobilier ou encore le renforcement de le sensibilisation des acteurs économiques sur ces questions, il existe une valeur verte allant de 2 à 7% par rapport aux prix de marché (en pourcentage de la valeur vénale du bien) dans des pays comme l'Allemagne, les Pays-bas, les Etats-Unis ou la Suisse. Par ailleurs, les sondages pour la France révèlent que les ménages et acteurs de l'immobilier sont de plus en plus enclins à payer plus cher des logements plus « durables » ou à délaisser ceux qui sont les moins performants. S'il est difficile aujourd'hui d'attester clairement de l'existence en France d'une valeur verte pour les logements plus performants du point de vue énergétique, les expériences étrangères d'une part, et l'évolution du marché, du contexte énergétique, réglementaire et incitatif d'autre part, tendent à montrer que les critères de « durabilité » et en particulier d'efficacité énergétique des logements commencent à être de plus en plus intégrés dans les décisions. Selon le rapport de Novethic (2010) un logement plus performant a une valeur additionnelle dans la mesure où, inversement, l'absence de qualité environnementale et sanitaire a un coût.

[144] Nous reprenons ici la distinction réalisée par (Chotard et *al.*, 2011) entre la valeur verte globale qui intègre les différents éléments qui caractérisent la durabilité de sa seule composante énergétique.

En conclusion, la diffusion de l'information permet de lever certaines des barrières aux opérations de réhabilitaiton thermique en aidant les ménages à faire des choix d'investissements intègrant des critères qui sont sinon négligés. Ces types d'instruments non financiers sont davantage acceptés que les dispositifs plus coercitifs car ils laissent au final les acteurs libres de leur choix. Cependant pour certains, les méthodes tels que les *nudges* qui visent à influencer les agents ne sont pas viables à long terme dans la mesure où dès lors que ces derniers découvrent la stratégie des pouvoirs publics ils peuvent être tentés de revenir à leur choix initiaux (Ouillier et Sauneron, 2011). Elles peuvent en outre susciter des questionnements d'ordre éthique sur la légitimité de la puissance publique à utiliser des méthodes s'apparentant à de la manipulation (Treich, 2011). Enfin, selon le contexte socio-culturel, mais également l'idéologie politique des acteurs, leur impact peut être plus ou moins limité (Costa et Kahn, 2010). Pour autant, les dispositifs comme les DPE ou les labels sont trop récents pour pouvoir attester – ou à l'inverse remettre en cause – leur efficacité, mais les expériences d'utilisation des « *nudges* » dans d'autres domaines témoignent en revanche de l'impact positif que ce type d'outil peut avoir dans la conduite d'une politique (Thaler et Sunstein, 2008). De plus, en améliorant la diffusion de l'information, ces outils peuvent permettre de lever les difficultés de coordination entre les différents acteurs, en réduisant l'asymétrie informationnelle.

4. Lever les barrières liées à la coordination entre les acteurs

Nous avons vu au chapitre 1 que les ménages doivent se coordonner avec d'autres acteurs lorsqu'ils envisagent de réaliser des travaux d'efficacité énergétique et qu'ils les mettent en œuvre. Les recherches réalisées à ce sujet et le constat selon lequel les transactions entre les différentes parties prenantes engendrent des contraintes supplémentaires ont conduit les décideurs publics à envisager des solutions pour que les intérêts de ces acteurs se rejoignent. Nous allons voir que si le dilemme bailleur-locataire est, de ce point de vue, plutôt bien appréhendé (4.1), les problèmes coordination au sein de la copropriété sont bien plus complexes à traiter (4.2). Toutefois, l'apparition de nouveaux dispositifs émanant du secteur privé comme les contrats de performance énergétique semble tout à fait prometteuse d'abord car ils permettent de faciliter la relation de confiance entre les ménages et les acteurs de la

filière du bâtiment, mais également car ils pourraient à termes régler une partie non négligeable des barrières à l'efficacité énergétique (4.3).

4.1. Les incitations pour les propriétaires-bailleurs

Face au manque d'incitation des propriétaires bailleurs à réaliser des économies d'énergie, il est apparu nécessaire de mettre en place une clé de répartition de l'effort d'investissement de sorte que la situation économique du locataire soit améliorée par la baisse de la facture énergétique tout en veillant à ce que les travaux soit globalement rentables pour le propriétaire notamment grâce aux aides et subventions.

Des systèmes de répartition des charges du propriétaire vers le locataire ont été mis en place notamment dans des pays où les loyers sont encadrés, comme l'Allemagne et les Pays-Bas (Wellhoff, 2009). En Allemagne, par exemple, où les loyers sont limités à une fourchette haute d'un loyer de référence et où leur évolution ne peut dépasser les « loyers régionaux comparables », la loi autorise une augmentation du loyer au cours du bail, en cas de réalisation de travaux, jusqu'à 120 % du loyer régional comparable (Rougier et *al.*, 2011). En France, le loyer est fixé librement et pour la durée du bail et il faut donc procéder à une revalorisation exceptionnelle du loyer en cas de travaux d'amélioration. Ceci est juridiquement possible. Depuis fin 2009[145], un bailleur privé ou social, qui a réalisé des travaux d'efficacité énergétique peut demander à son locataire de contribuer au partage des économies de charges, en ajoutant à ce titre une ligne de quittance de loyer (appelée « contribution au partage de l'économie de charges »). Il faut au préalable que le propriétaire et le locataire se soient concertés sur les travaux envisagés, le montant de la contribution du locataire – qui ne peut excéder la moitié des économies de charges estimées (sur la base des estimations réalisées avec la méthode réglementaire TH-C-E ex) – ainsi que sa durée, qui doit être inférieure ou égale à 15 ans[146]. Cette contribution est conditionnée à certains travaux[147] ou à une certaine efficacité globale du logement[148] et s'applique uniquement aux logements

[145] Décret n°2009-1439 du 23 novembre 2009.
[146] Si le bailleur signe un bail avec un nouveau locataire avant la fin de la période de versement de la contribution, il doit lui apporter des éléments justificatifs des travaux, le terme du versement, etc.
[147] Les travaux et la performance des équipements sont globalement les mêmes que ceux qui conditionnent l'obtention des aides financières comme les crédits d'impôts. Il s'agit par exemple de l'isolation des murs extérieurs avec un $R \geq 5$, le remplacement d'une chaudière standard par un chaudière à condensation etc.
[148] Par exemple pour un logement dont la consommation initiale dépasse 180kWh/m^2.an d'énergie primaire, la consommation après travaux doit être inférieure ou égale à 150kWh/m^2.an.

construits avant 1990. Ce type de transfert est cependant aujourd'hui relativement rare et limité au parc social[149].

4.2. Les évolutions du statut de la copropriété

La multitude de parties-prenantes et l'hétérogénéité des profils, rendent très complexe la décision en copropriété et les instruments financiers d'incitation doivent être adaptés à cette complexité. Certains pays européens ont déjà mis en œuvre des mesures afin de favoriser la diffusion des solutions de rénovation ambitieuses dans les copropriétés. Au Pays-Bas par exemple, les copropriétés sont tenues de constituer et approvisionner un fond de réserve qui peut servir aux travaux de maintenance et/ou aux travaux de rénovation énergétique. Au Danemark, les certificats de performances énergétiques se font par immeuble et non par logement, en moyenne tous les cinq ans et un ensemble d'acteurs de la filière (architectes, ingénieurs en bâtiment, etc.) est formé à la méthode de diagnostic énergétique[150].

En s'appuyant sur ces expériences étrangères, la France a elle aussi très récemment modifié les modalités de réalisation des travaux en copropriété et adapté les incitations financières aux décisions collectives. Le pilotage au niveau national du « Chantier Copropriété » a été confié au directeur de l'Association des Responsables de Copropriété (ARC) et au président de l'Union des Syndicats de l'Immobilier (UNIS), deux structures fortement impliquées sur ces questions et qui constituent depuis plusieurs années un lobby important pour que les problèmes liées au fonctionnement des copropriétés et notamment ceux qui sont relatifs à l'amélioration énergétique, soient intégrés dans le débat public. L'objectif du « Chantier Copropriété » est de « *mettre en mouvement les copropriétés* », c'est à dire d'inciter les diverses parties-prenantes à s'engager de façon plus dynamique dans la vie de la copropriété et plus spécifiquement sur les questions d'efficacité énergétique. Dans cette perspective, le groupe de travail analyse les blocages, observe les expériences étrangères et formule des préconisations notamment sur les plans financiers et organisationnels, afin de faciliter les

[149] Les diverses recherches d'information que nous avons menées à ce sujet ont été infructueuses, puisque nous ne sommes pas parvenu à obtenir des retours d'expériences et à savoir dans quelle proportion ce dispositif a été utilisé et a permis de déclencher des décisions d'investissements de la part des propriétaires bailleurs dans les logements privés.

[150] Les expériences décrites ici sont issues des actes du colloque de Planète Copropriété « la Copropriété et le développement durable en Europe », organisé le 01 et 02 juillet 2010 à Paris).

votes. Le rapport Pelletier (2011) souligne les difficultés du montage de financement de travaux collectifs à partir d'éco-prêts à taux zéro qui sont distribués individuellement et précise qu'un tel système n'offre pas de solution opérationnelle de financement de travaux collectifs. En effet, dans la mesure où les travaux doivent être portés par les syndics, mais où ces derniers disent ne pouvoir s'engager dans la mise en place de financements que si le prêt est consenti à la copropriété et non à chaque copropriétaire, alors sans dispositif de prêts collectifs la mise en œuvre de travaux pour l'ensemble de l'immeuble s'avère complexe. Par ailleurs, l'obligation de DPE qui porte sur les logements n'est pas adaptée pour inciter les copropriétaires à voter des travaux portant sur l'ensemble de l'immeuble. Enfin, l'articulation entre les travaux sur parties communes et parties privatives est délicate et peut constituer un frein. Compte tenu de ces éléments, la loi Grenelle 2 a fait évoluer un certain nombre de dispositifs en 2012, afin de faciliter les travaux exemplaires en copropriété :

- à partir du 1er avril, le syndicat de copropriétaire pourra bénéficier de l'éco-prêt à taux zéro afin de financer les travaux entrepris sur les parties et les équipements communs de l'immeuble ainsi que les travaux d'intérêts collectifs sur les parties privatives[151] ;
- un DPE collectif pour les copropriétés de moins de 50 lots, et un audit énergétique pour celles de 50 lots ou plus devront être réalisés entre 2012 et 2017 pour toutes les copropriétés construites avant juin 2001, lorsque l'installation de chauffage est collective. A la suite du DPE ou de l'audit, un plan de travaux devra être soumis au vote de l'assemblée générale[152] ;
- les règles de majorité sont assouplies pour les votes de travaux d'efficacité énergétique et pour l'installation de compteurs d'énergie ou de répartiteurs de chaleur avec le passage à la majorité simple en deuxième instance ;
- certains travaux, comme le remplacement des fenêtres, peuvent être votés par la copropriété lorsqu'ils sont considérés comme d'intérêt collectif.

[151] Un seul éco-prêt pourra être consenti par syndicat de copropriétaires mais un copropriétaire pourra en outre bénéficier d'un éco-prêt complémentaire pour financer les travaux sur son propre logement. La somme des deux prêts ne pourra excéder 30000€ par logement.

[152] Article 7 LOI n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement : insertion d'un article 24-4 dans la loi modifiée n° 65-557 du 10 juillet 1965 fixant le statut de la copropriété des immeubles bâtis *: « Pour tout immeuble équipé d'une installation collective de chauffage ou de refroidissement, le syndic inscrit à l'ordre du jour de l'assemblée générale des copropriétaires qui suit l'établissement d'un diagnostic de performance énergétique prévu à l'article L. 134-1 du code de la construction et de l'habitation ou d'un audit énergétique prévu à l'article L. 134- 4-1 du même code la question d'un plan de travaux d'économies d'énergie ou d'un contrat de performance énergétique. Avant de soumettre au vote de l'assemblée générale un projet de conclusion d'un tel contrat, le syndic procède à une mise en concurrence de plusieurs prestataires et recueille l'avis du conseil syndical. »*

Mise à part l'évolution de certaines règles juridiques comme l'obligation de travaux sur partie privative et le passage de la double majorité à la majorité simple pour le vote de certains travaux, aucun instrument n'a été créé pour faciliter l'implication et les échanges entre les copropriétaires et entre ces derniers et le syndic. Les avancées permises par les évolutions récentes de la loi en matière par exemple d'obligation de DPE ou d'audit sont significatives, mais pas suffisantes. Il pourrait être intéressant, comme le propose l'ARC, d'adosser à ces diagnostics la mise en œuvre d'un éco-plan et la constitution d'un fond travaux qui garantiraient que les ressources financières nécessaires à la réalisation des travaux soient, du moins en partie, disponibles. Il semble également nécessaire de s'assurer que les travaux engagés soient assortis d'une garantie de performance, afin que, comme nous allons le voir, la confiance qu'ont les copropriétaires dans ce type de projets soit renforcée.

4.3. Les garanties de performance énergétique

Les problèmes de principal-agent qui régissent les relations entre les ménages désireux de faire des travaux et les entreprises de la filière du bâtiment peuvent engendrer, comme nous l'avons vu, des coûts de transactions importants et mener à des blocages. Malgré la présence d'incitations financières comme les crédits d'impôts ou les éco-prêts, une partie importante du gisement d'économie d'énergie n'est pas atteint car des barrières d'ordre organisationnel et transactionnel persistent. Le risque pour le ménage est de ne pas obtenir les réductions de factures escomptées en raison d'une mauvaise conception, de mauvais conseils concernant les équipements choisis, ou d'une mauvaise maintenance. Lorsqu'il décide de réaliser des travaux, un acteur cherche à obtenir des résultats en termes de consommation énergétique et en l'absence de garantie, il peut décider de ne pas prendre le risque d'investir. L'incertitude concernant les résultats attendus des travaux d'efficacité énergétique est un frein considérable qui peut en partie être levé par le recours à des services d'efficacité énergétique tels que les contrats de performances énergétiques.

4.3.1. La recherche de garantie de résultats

Face à ces enjeux, les sociétés de services énergétiques, traditionnellement focalisées sur la maintenance et la gestion des contrats pour les installations de chauffage se sont orientées vers la fournitures de services d'efficacité énergétique comme des offres de diagnostics

énergétiques, de financements de travaux, de conseils sur les économies d'énergie ou de suivi de consommation (Rosenstein et Wellhoff, 2008). Le développement de ces sociétés – appelées également ESCO pour « Energy Service Companies » – et de contrats garantissant les performances énergétiques des ouvrages, permettent d'améliorer la confiance des ménages quant à l'efficacité des travaux réalisés en encadrant notamment le jeu d'acteurs entre les différentes parties prenantes. Le rôle de base d'une ESCO est de fournir l'ensemble ou une partie des services suivants : l'audit, les recommandations de mesures, les arrangements financiers, la mise en place et la supervision de mesures, l'information aux résidents et à l'équipe, la mise en service d'équipement, la maintenance, le contrôle et la garantie d'économie. Ces services font, pour la plupart, partie des prestations inclues dans les contrats de performance énergétique (T'Serclaes, 2007). La société de service énergétique qui met en œuvre les travaux ou qui fournit les services visant à réduire les consommations énergétiques intervient alors comme cocontractante d'un maître d'ouvrage (Ortega, 2011).

Les nouveaux services comme le contrat garantissant la performance énergétique (Contrat de Performance Energétique : CPE), obligent l'agent (le prestataire qui peut être constitué d'un groupement de plusieurs entreprises) à agir dans l'intérêt du principal (le ménage ou la copropriété). La directive 2006/32/CE du Parlement Européen et du Conseil du 5 avril 2006 relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques définit le contrat de performance énergétique comme un « *accord contractuel entre le bénéficiaire et le fournisseur d'une mesure visant à améliorer l'efficacité énergétique, selon lequel des investissements dans cette mesure sont consentis afin de parvenir à un niveau d'amélioration de l'efficacité énergétique qui est contractuellement défini* ». Les sociétés de services énergétiques sont en effet tournées vers une approche en termes de performance, où ce sont essentiellement les résultats qui comptent et non les moyens (Catarina et Illouz, 2008).

4.3.2. Le fonctionnement et l'utilisation des Contrats de Performances Energétique

La définition adoptée par les principales organisations professionnelles est la suivante : « *Le CPE se caractérise par la mise en œuvre d'actions conduisant à améliorer l'efficacité énergétique de manière vérifiable et mesurable (ou estimable dans le cas où un comptage n'est pas adapté), assortie d'une garantie de résultats, dans la durée, apportée par l'opérateur* » (Drouet, 2009). Pour bien être appréhendé, l'ensemble des termes de cette

définition doit être développé (Le Borgne, 2010) : d'abord, la notion de garantie implique que des objectifs soient fixés contractuellement et qu'il existe des moyens de contrôle et de sanction en cas de non respect ; ensuite, la notion de durée impose que les termes des contrats soient suffisamment longs ; la question de l'amélioration nécessite de connaître la situation à l'état initial en identifiant l'ensemble des paramètres qui conduisent à cette consommation et de déterminer quelles solutions vont être choisies et quels sont leurs impacts.

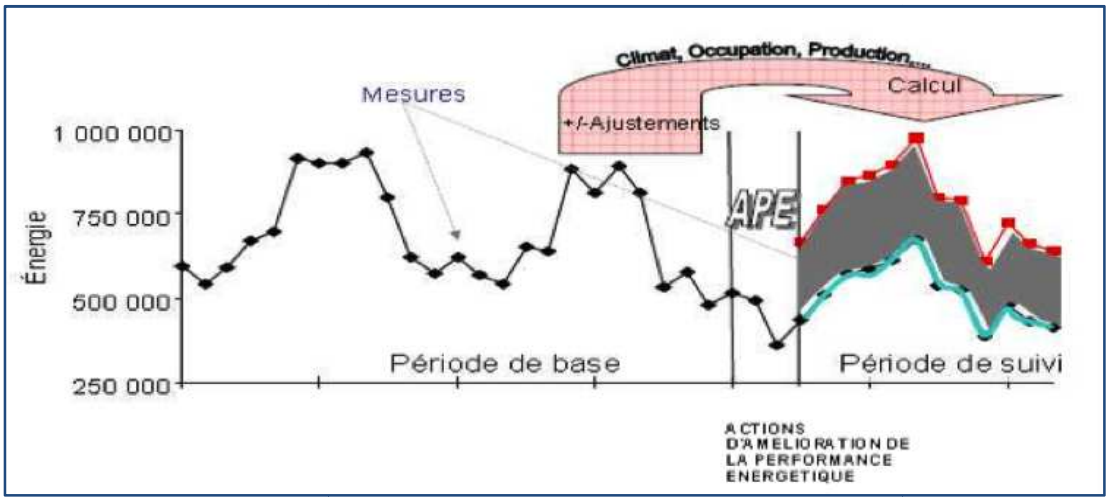
Le paiement des services est conditionné par l'atteinte des critères de performances qui ont été prévus par le contrat : l'opérateur s'engage dans le temps à atteindre un volume de réduction de consommation d'énergie et peut se rémunérer tout ou partie grâce aux économies d'énergie. Si les objectifs ne sont pas atteints, il est contraint de payer des pénalités aux bénéficiaires des travaux. Ainsi, même si une partie des gains de réduction de facture revient dans un premier temps à l'opérateur pendant la durée du contrat, d'une part les ménages vont profiter des co-bénéfices, et d'autre part, ils pourront à l'échéance du contrat, profiter de la réduction de la facture énergétique. Si les objectifs sont dépassés, selon la formulation du contrat initial, soit les économies additionnelles reviennent intégralement au propriétaire du logement soit elles sont partagées entre ce dernier et le prestataire.

Avec ce type d'engagement, la mesure de la conformité de la prestation fournie avec celle qui était prévue doit s'appuyer sur des indicateurs techniques auxquels est associé un décompte de points qui va faire varier la rémunération du prestataire (Catarina et Illouz, 2008). Il existe un cadre de référence international qui commence à être largement utilisé par les différents prestataires : le modèle IPMVP (Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance énergétique) (Encadré 11, p.207)

Encadré 11: La Méthode IPMVP

La méthodologie IPMVP a été développée par une l'ONG EVO (Efficiency Valuation Organization) qui crée et promeut des protocoles standardisés pour la gestion des consommations d'énergie (Fedene, 2011). L'IPMVP est le protocole le plus utilisé dans un contexte international et plusieurs groupements de professionnels français et européens constituent des membres de l'EVO. Il est recommandé par le MEDDLT et par l'ADEME (Reigner et Crinier, 2010, p.10) : *« Compte tenu de la filiation commune des quelques protocoles de mesure et de vérification de la performance énergétique existant actuellement sur le marché, le recours au protocole connu sous le nom d'IPMVP, dénominateur commun de la plupart des protocoles actuellement utilisés, est fortement recommandé »*. Il cherche à répondre au besoin d'évaluation de la pertinence des différents dispositifs et solutions d'efficacité énergétique. Le but est de spécifier des méthodes communes pour mesurer les évolutions des consommations énergétiques dans une approche qui se veut la plus objective possible.

Pour chaque projet d'amélioration énergétique, les utilisateurs peuvent s'appuyer sur des indicateurs de mesures et de vérifications. Il s'agit donc d'un « *processus d'utilisation du mesurage pour déterminer, de façon fiable, les économies réelles engendrées dans un établissement individuel par un projet de gestion de l'énergie. Les économies sont déterminées en comparant la consommation mesurée avant et après la réalisation d'un projet, tout en faisant des ajustements appropriés pour prendre en compte les changements de conditions* ». Pour rendre effective cette mesure, les partenaires doivent renseigner de façon précise les données historiques des consommations, la situation de référence, la situation de référence « ajustée » c'est à dire qui tient compte des évolutions constatées au cours du contrat (le niveau de service, les conditions de fonctionnement et le comportement des usagers), et la situation mesurée qui se réfère aux mesures de la consommation, du niveau de service et aux conditions de fonctionnement.



Source : (Reigner et Crinier, 2010, p.11)

Sources : site bnext energy, http://www.bnextenergy.com/2011/03/16/la-methodologie-ipmvp-evaluation-des-performances-des-solutions-d'efficacite-energetique/ [consulté le 21/06/11] ; Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, (2002) "International Performance Measurement & Verification Protocol: Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings", U.S. Department of Energy, www.ipmvp.org, disponible à http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/31505.pdf [consulté le 21/06/11].

Le système de CPE semble être une réponse assez pertinente aux problèmes d'incitation disjointe et de risque de comportement opportuniste que nous avons soulevés dans le premier chapitre de cette thèse. En effet, en liant la rémunération du contractant avec l'atteinte des objectifs, l'agent est contraint d'agir dans l'intérêt du principal [153]. Par ailleurs, en contractualisant le niveau d'économie d'énergie à atteindre, cet outil permet efficacement de lutter contre l'effet-rebond. Pour autant, ce type de contrat est, comme nous allons le voir, aujourd'hui est assez peu utilisé en France.

4.3.3. Les conditions de développement et d'efficacité des CPE

L'Allemagne est le pays européen au sein duquel les contrats de type CPE se sont le plus largement diffusés, avec aujourd'hui plus de 500 opérateurs présents sur le marché. Cependant, les contrats portent essentiellement sur la gestion des installations énergétiques et la modification des comportements des usagers, mais très peu sur la réhabilitation thermique des bâtiments (Rosenstein et Wellhoff, 2008). En France, les CPE commencent à se développer mais essentiellement dans le tertiaire privé et dans le secteur public par le biais de partenariats public-privé (PPP)[154] alors que les services énergétiques sont implantés depuis de nombreuses années sur le marché des installations énergétiques et de leur maintenance. La complexité de la mise en œuvre des CPE et les coûts de transaction qu'elle engendre poussent les opérateurs à traiter uniquement les projets ayant une taille minimale et à se détourner du marché des particuliers. Les CPE sont pour l'instant encore trop complexes pour s'appliquer au marché des logements privés, sauf pour des grandes copropriétés dont le volume

[153] Catarina et Illouz (2008) précisent qu'à la différence des prestations qui portent sur des obligations de moyens, l'obligation de résultats impose au prestataire de devoir faire la preuve des raisons indépendantes de sa volonté qui pourraient l'empêcher de les atteindre.

[154] Les PPP sont des contrats administratifs au croisement des marchés publics et des conventions de délégations de service public : une personne publique confie à un partenaire privé une mission globale, relative au financement, à l'installation, à l'exploitation et à l'entretien des équipements. Les risques d'investissements et de gestion sont transférés aux partenaires privés. Selon la Commission européenne, cette forme de partenariat a trois avantages principaux (Bougrain et *al*., 2005) :

- elle permet d'accélérer le financement, le montage et la mise en œuvre des projets d'infrastructures puisqu'elle allège le processus d'arbitrage et de répartition budgétaire.
- elle améliore l'efficacité des projets grâce à l'introduction des méthodes de gestion et d'incitation du secteur privé ainsi que la mobilisation de savoirs faire spécifiques.
- plus généralement, elle contribue à faire évoluer les relations entre le secteur public et le secteur privé, en renforçant les liens et les échanges entre ces deux sphères.

Malgré la forte croissance de cette forme de partenariat au cours des ces dernières années, elle reste assez marginale puisqu'elle représente en 2005 seulement 5% de l'ensemble des investissements publics,

d’opération dépasse une taille minimum (Pelletier, 2008). La temporalité, et le manque de visibilité qui s’y rattache, constituent la principale limite. Les CPE engagent les maîtres d’ouvrage pour plusieurs années, alors que de nombreuses incertitudes sont présentes (sociales, économiques, environnementales et politiques).

Aujourd’hui, le marché français des CPE est donc assez restreint puisqu’il est de l’ordre de 1% par rapport à l’ensemble des contrats de services énergétiques et les CPE incluant des solutions contractuelles dites « performantes » – c’est à dire qui portent sur les investissements sur les systèmes énergétiques et/ou le bâti – sont en nombre très limité et seulement un contrat CPE a, à ce jour, été passé entre une copropriété privée et un prestataire (Encadré 12, p 210).

Encadré 12 : Exemple du CPE conclut par une copropriété de Neuilly-sur-Marne

La copropriété date de 1964 et rassemble 60 logements. Le projet a débuté par un audit énergétique voté à l'unanimité en 2010 qui a permis d'identifier la situation de référence et d'envisager les différents scénarios de rénovation concernant les travaux et les niveaux de performances qu'ils permettent d'atteindre. A la suite de cet audit, il a été décidé de réaliser la pose de doubles vitrages pour les logements qui n'en disposaient pas encore, la réfection de la toiture, l'isolation des combes, l'isolation des façades et l'amélioration du système de chauffage. Le montant total des travaux s'élève à 805 475 € TTC, dont 45% sont pris en charge par l'ADEME et la Région Ile-de-France, dans le cadre de soutien aux projets exemplaires, soit un reste à charge moyen par logement d'environ 7 500 € pour lesquels les copropriétaires peuvent bénéficier des dispositif de crédits d'impôt et d'éco-PTZ. L'appel de fonds est assuré par le syndic qui, en tant que représentant de la copropriété auprès du prestataire, va reverser les fonds à ce dernier. Le prestataire est en fait un ensemble d'entreprises qui regroupent l'architecte et le bureau d'étude qui ont réalisé l'audit et la conception des travaux, l'entreprise de travaux et le chauffagiste chargé de la maintenance. Le cabinet Lefèvre Pelletier & associé, spécialisé notamment dans les CPE, est venu appuyer le groupement d'entreprise pour vérifier le contenu du contrat et sa conformité avec les exigences du dispositif CPE.

L'objectif visé en termes de consommation est l'obtention du label BBC Effinergie Rénovation (voir § 3.2.3.1.) qui correspond à une consommation d'énergie primaire de 80 kWh/m².an. Les travaux qui ont débuté au premier trimestre 2012, seront réalisés sur une durée de 8 mois et demi par l'entreprise Bati-renov. La maintenance après travaux sera assurée par la Cogemex pour une durée de 6 ans qui devra également pendant cette période réaliser le suivi des consommations énergétiques. C'est à partir de ces données que les contractants pourront s'assurer du respect des objectifs prévus. Le prestataire va donc être rémunéré sur la base de la différence entre les objectifs prévus et les consommations initiales. Si les objectifs ne sont pas atteints, il devra verser une pénalité correspondant à la différence entre les objectifs et les consommations constatées et qui sera reversée aux propriétaires en fonction de son tantième de copropriété. Si les objectifs sont dépassés l'intégralité des économies additionnelles profitera à la copropriété.

Sources : article sur Actu-environnement du 05/03/12, en ligne : http://www.actu-environnement.com/ae/news/itw-olivier-ortega-sidonie-fraiche-dupeyrat-cpe-15110.php4 [Consulté le 07/03/12] et article sur le site Info-énergie du Limousin, du 15/02/12, en ligne : http://infoenergielimousin.over-blog.com/article-premier-cpe-en-copropriete-privee-99378780.html [Consulté le 07/03/12]

La diffusion « raisonnablement optimiste » des CPE permettraient d'atteindre en 2020 de 10 à 20% des objectifs de réduction de consommation énergétique dans les bâtiments (Drouet, 2009). Pour que cet objectif soit atteint voire dépassé, plusieurs défis doivent être relevés (Rosenstein et Wellhoff, 2008 ; Pelletier, 2008 ; Catarina et Illouz, 2008 ; Drouet, 2009 ; Defigier et *al.*, 2009 ; Le Borgne, 2010 ; Bullier et *al*., 2011 ; Ortega, 2011) :

- Informer et former les maîtres d'ouvrages afin qu'ils se familiarisent avec ces nouveaux types de contrats et qu'ils puissent les proposer à leurs partenaires de façon plus systématique ;
- Fiabiliser le cadre contractuel, ce qui impliquerait notamment de caractériser précisément la situation de référence et de pouvoir mesurer et contrôler la performance. Cela permettrait d'instaurer une confiance dans ce dispositif à la fois du côté de l'offre et de la demande ;
- Inscrire les CPE dans les mécanismes publics de soutien pour les crédibiliser et pour les diffuser plus largement. L'Etat cherche à cet effet à promouvoir des partenariats avec les banques et les assurances, afin que l'ensemble des acteurs puisse bénéficier de ce dispositif (Defigier et *al*., 2009). Le rapport Pelletier (2008) préconise qu'un partenariat soit développé entre l'Etat, les sociétés de services énergétiques et les fournisseurs d'énergie afin que les CPE soient diffusés plus largement au sein des logements privés. Il propose notamment que les CPE soient éligibles aux certificats d'économie d'énergie via la création d'une fiche d'opération standardisée.
- Evaluer les CPE afin de tirer les enseignements nécessaires à leur perfectionnement et à garantir la pérennité de ce dispositif en favorisant les retours d'expériences et le recensement des CPE réalisés.

Selon O. Ortega (2011), tous les CPE conclus ont vu la performance initialement prévue atteinte et le comportement de l'utilisateur du bâtiment a été davantage un « bonus » qu'un risque. Par exemple, le CPE conclu en 2007 par la ville de Tours sur l'exploitation et la maintenance de 140 chaufferies a finalement dépassé ses objectifs (Bougrain, 2010). Pour les projets de taille plus petite – dont les investisseurs privés se désintéressent souvent – ils pourraient être traités avec succès par des ESCOs qui rassembleraient plusieurs projets similaires de petites tailles et les rendraient plus attractifs pour les investisseurs. Dans les copropriétés, l'utilisation des CPE est aujourd'hui faible car un certain nombre de freins juridiques et financiers persiste. Pourtant, leur développement permettrait de lever les problèmes d'incertitude sur les résultats des travaux et l'asymétrie d'information engendrant des risques de comportements opportunistes.

En conclusion, les barrières liées à la coordination des acteurs ne sont aujourd'hui que partiellement traitées. Les incitations visant à réduire les discordances entre le bailleur et le

locataire sont mieux appréhendées : avec la compensation d'une partie du coût des travaux par l'augmentation des charges du locataire, le propriétaire-bailleur peut trouver un intérêt, plus direct que la potentielle valorisation du logement, à réaliser des améliorations énergétiques du bien immobilier qu'il met en location. Les outils comme le CPE – même si des améliorations doivent être envisagées pour qu'ils soient diffusés plus largement – permettent de garantir que les entreprises de travaux agissent dans l'intérêt des ménages mais surtout d'alléger les coûts d'investissements de ces derniers. En revanche, aucun outil ne permet d'atténuer clairement les problèmes de coordination au sein de la copropriété puisque seuls quelques aménagements juridiques permettant de faciliter la prise de décision collective ont été appliqués.

Conclusion du chapitre

Cette revue des instruments qui sont appliqués en Europe et plus particulièrement en France indique que la question de l'efficacité énergétique constitue bien une préoccupation forte pour la puissance publique. La fixation de normes de plus en plus strictes au cours des dernières années et les nombreux dispositifs de subventions témoignent de l'ambition des gouvernements en matière de réduction des consommations d'énergie et des émissions de GES. La création du « Plan Bâtiment Grenelle » a permis, grâce à des échanges et des négociations entre plusieurs groupes d'acteurs, d'identifier les enjeux et les contraintes tout en intégrant des points de vue complémentaires. Suite aux discussions, le gouvernement a tenté de répondre à la multitude des préoccupations – que ce soit celles par exemple soulevées par les acteurs de la filières du bâtiment ou celles relayées par les représentants des associations de copropriétaires – et envisage, en concertation avec ces agents, les aménagements qui doivent être réalisés sur les outils existants et/ou la création de nouveaux dispositifs. Ceci explique pourquoi, au cours des dernières années beaucoup de nouveaux instruments ont fait leur apparition comme certaines formes de subventions, les DPE ou encore les CEE, mais également que de nouveaux marchés ont émergé du secteur privé comme les contrats avec garantie de performances énergétiques.

Pour autant, la multitude d'outils suscite un débat qui renvoie aux questions soulevées dans l'introduction de ce chapitre et que nous rappelons ici : Toutes les barrières à l'efficacité énergétique sont-elles aujourd'hui traitées par la puissance publique ? Faut-il un instrument pour chacune d'entre elles ou des outils transversaux peuvent-ils remplir plusieurs missions à la fois ?

L'analyse des dispositifs existants nous permet de constater que d'une part, pour presque chacune des barrières il existe un dispositif qui peut avoir un impact et, d'autre part, la plupart des instruments ont un impact sur plusieurs barrières à la fois (Tableau 16, p.214).

Tableau 16 : Synthèse de l'impact des instruments sur les barrières à l'efficacité énergétique

Barrières	Outils	Utilisation / Efficacité
Mauvais signal prix de l'énergie	Systèmes de permis et taxe énergie/carbone	La taxe carbone n'est pas en vigueur en France, mais les expériences étrangères témoignent de l'efficacité de ce dispositif. Les premiers résultats du système de CEE sont encourageants, mais son efficacité est conditionnée par un rehaussement régulier des objectifs.
Externalité du *learning by doing*	Normes, subventions, étiquettes énergétique	En orientant les décisions d'achat vers des solutions plus performantes, ces outils ont contribué à une transformation du marché. Les industriels et les acteurs de la filière sont davantage incités à se tourner vers des nouvelles techniques car l'intervention publique rassure l'offre sur les réponses de la demande.
contrainte de liquidité	Subventions : prêts bonifiés, crédit d'impôt et subventions directes	En réduisant le coût de l'investissement, les subventions permettent de régler une partie de la contrainte de liquidité. Cependant, tant que le reste à charge est élevé et que les aides sont versées après la réalisation des travaux, cette contrainte persiste. De plus, le risque d'effet d'aubaine entrave l'optimisation de l'utilisation des fonds publics.
Information incomplète	Information, labels, compteurs intelligents et étiquettes énergétiques	L'information est correctement diffusée, bien que parfois trop foisonnante, et même lorsque les agents ne font pas la démarche de la rechercher, les outils comme les DPE garantissent qu'ils disposent des informations de bases concernant l'efficacité énergétique de leur logement. La puissance publique doit aujourd'hui s'assurer de la crédibilité de ces outils.
Asymétrie d'information	Normes, actions d'information et CPE	Ces trois types d'instruments permettent de rééquilibrer les connaissances des différentes parties prenantes sur les enjeux et les techniques de réhabilitation thermique. Ils protègent alors les ménages contre les potentiels comportements opportunistes.
Inséparabilité des car. des produits	Ensemble des outils	Les normes, les subventions et les programmes d'information invitent les ménages à considérer en priorité la composante énergétique dans leur choix d'investissements. Cependant, en l'absence de taxe énergétique qui garantisse une évolution structurelle des prix, le risque d'effet rebond est important.
Rationalité limitée	Normes, Action d'information et de révélation d'information	Avec la mise en place des normes, la puissance publique traite des « effets négatifs » de la rationalité limitée, puisqu'elle limite le choix des ménages à un ensemble de solutions. Les programmes d'informations permettent de réduire la charge cognitive. Au final, ces outils « encadrent », dans un contexte précis, la rationalité des agents, mais on ne peut pas ici considérer qu'ils la modifient structurellement.
Hétérogénéité des acteurs	Subventions, information, *smart meters*, DPE, prêt collectif	Le conditionnement partiel des subventions aux revenus des ménages vise à réduire les écarts de contraintes de liquidité. Les DPE et les *smarts meters* renseignent les ménages sur leur situation énergétique ce qui peut les amener à vouloir « s'uniformiser » avec d'autres ménages. La possibilité de contracter des prêts collectifs dans la copropriété permet également de « confondre » ceux qui avaient accès au crédit avec ceux qui ne l'avaient pas. Toutefois, ces dispositifs ne permettent que partiellement de réduire cette hétérogénéité.
Processus décisionnel en copropriété	évolution des règles juridiques	L'intervention de la puissance publique sur cette question est très limitée et à part quelques aménagements juridiques sur les règles de décisions en AG, les difficultés soulevées dans les chapitres précédents, notamment concernant le rôle du syndic, ne sont aujourd'hui pas traitées.

La question du nombre d'outils et de leur impact sur l'efficacité globale du système instrumental est plus difficile à appréhender. Une combnaison d'instruments peut avoir un impact redondant et contribuer à accroitre les coûts administratifs pour une efficacité marginale plus faible. Selon Boonekamp (2006), la combinaison de deux ou trois mesures entraîne de 13 à 30% moins d'effets que la somme de l'impact des mesures prises séparément. Toutefois, il est également possible de considérer à l'inverse que l'utilisation d'un mix d'instruments peut renforcer leur efficacité mutuelle (Stern, 1992 ; OCDE, 2007 ; T'Serclaes, 2007). Dans la mesure où, les déterminants de l'investissement relèvent à la fois de facteurs personnels et de facteurs contextuels qui interagissent entre eux, la combinaison d'instruments peut sembler tout à fait nécessaire : les incitations financières peuvent permettre de surmonter certaines barrières et ont prouvé une certaine efficacité dans les décisions d'investissements, mais cette efficacité peut augmenter en les combinant avec des programmes appropriés d'information (Stern, 1999). De la même façon, l'installation de compteurs intelligents peut servir à renforcer l'impact d'une taxe énergie-climat en permettant aux ménages de mieux suivre leur consommation et donc de la réajuster en fonction de l'évolution des prix (Jessoe et Rapson, 2012).

L'évaluation quantitative de l'efficacité des instruments constitue également un enjeu central pour les autorités publiques, puisqu'elle peut permettre d'identifier ceux dont l'efficacité est la plus grande au regard des coûts engagés. Giraudet (2011) a évalué, à l'aide d'une modélisation hybride[155], l'impact de ces divers instruments sur la réhabilitation thermique des logements en y ajoutant une obligation de rénovation. Selon ses estimations l'instrument le plus efficace est la contribution climat énegie[156] (CCE) (réduction de 14,5% des consommations énergétique en 2020), suivie de l'obligation de rénovation (- 10,7%) puis du crédit d'impôt (-9,2%) et l'écoPTZ (-9%). Même avec un scénario volontariste et en tenant compte de la réglementation thermique dans le neuf (RT neuf + Crédit d'impôt + écoPTZ + CCE à 200€/TCO_2 en 2010 + obligations de rénovation), les économies d'énergie réalisées en 2020 serait de 36,9% et ne permettraient donc pas d'atteindre l'objectif de 38% de réduction en 2020 par rapport à 2005

[155] Il s'agit du modèle hybride énergie-économie Res-IRF, qui est le module residentiel France du modèle climatique IMACLIM-R, developpé par le CIRED. Le parc de bâtiments sur la période 2008-2050 est représenté à partir de sa structure actuelle. Les évolutions de la taille du parc dépendent de la démographie et des performances énergétiques. Des hypothèses sur les paramètres comportementaux sont également intégrées au modèle. Nous renvoyons le lecteur à la thèse de Giraudet (2011) et notamment au chapitre 3 pour le détail de la méthodologie et des résultats, ainsi qu'au rapport réalisé pour le CGDD (voir Giraudet et *al.*, 2011).

[156] Selon ses hypothèses, elle est fixée à fixée à 32€/tCO2 en 2010, puis augmente de 5,8% par an jusqu'en 2030. La variation des prix est ici parfaitement intégrée dans les décisions des ménages. Les recettes de la taxe sont reversées aux ménages de façon forfaitaire.

inscrits dans le Plan Bâtiment Grenelle. Selon lui, l'outil le plus coût-efficace est la taxe carbone, notamment car elle permet de maîtriser l'effet rebond qui, d'après ses estimations, peut varier de 5 à 55% selon les scénarios. Ces évaluations quantitatives sont tout à fait centrales pour aider les décideurs à optimiser les dépenses publiques mais peuvent se heurter à des problèmes méthodologiques comme la difficulté d'identifier clairement quel volume de réduction peut être attribué à tel ou tel instrument, compte-tenu d'une part, de la non-séparabilité parfaite des barrières et d'autre part, de l'impact d'un instrument sur plusieurs d'entre elles.

Il est de plus difficile de connaître la situation contrefactuelle, et conférer à un instrument un pouvoir différent de celui qu'il a vraiment peut conduire à des choix politiques inefficients (Blumstein, 2010). Pour déterminer l'influence des outils d'intervention, mais surtout pour identifier la persistance de certaines barrières, des enquêtes de terrain doivent être réalisés afin de recenser précisément les aides utilisées par les ménages, leur rôle dans la motivation de réaliser ou non les travaux et les nouveaux outils et/ou les aménagements des outils existants qui peuvent être envisagés compte-tenu des obstacles persistants. Le chapitre suivant a précisemment pour finalité de répondre à ces enjeux en analysant deux programmes ambitieux de réhabilitation thermiques de logements collectifs privés mis en œuvre sur le territoire grenoblois.

Chapitre 4 – Les enseignements des programmes de réhabilitation thermique du territoire grenoblois

Introduction

Les dispositifs d'incitation mis en place par le gouvernement français visant à lever les obstacles entravant les investissements d'amélioration de l'efficacité énergétique des logements sont, comme nous l'avons vu, nombreux. Pour autant, le rythme de réhabilitation ne s'est, depuis leur mis en œuvre, que faiblement accéléré, notamment parce que certaines barrières, comme celles liées à la prise de décision en copropriété ou aux contraintes de liquidité, persistent. Dans ce contexte, les objectifs ambitieux de réduction de consommations énergétiques et d'émissions de CO_2 que le gouvernement ainsi que les collectivités locales se sont fixés, ne peuvent être atteints. Cependant l'implication de ces dernières dans la politique environnementale et plus spécifiquement dans la politique énergie climat, s'est, depuis les années 2000, fortement accélérée (voir Annexe 6).

Les programmes de réhabilitation thermique des logements collectifs engagés par la ville et la Communauté d'agglomération de Grenoble, témoignent de cette implication active. Avec l'Opération Programmée d'Amélioration Thermique des Bâtiments (OPATB) des Grands Boulevards de Grenoble qui est portée par la ville, et la campagne d'isolation « mur / mur » qui lui succède et qui est portée par la communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole (« la Métro »), les collectivités du territoire grenoblois cherchent, comme nous allons le montrer, à lever les barrières qui persistent malgré les dispositifs nationaux. Ceci passe notamment par le versement d'aides financières et par l'intervention d'acteurs de terrain pour faciliter et accélérer le processus de prise de décision des propriétaires. Les incitations mises en œuvre par la Métro et par la ville viennent donc très largement compléter les instruments en place à l'échelle nationale. Toutefois, nous allons voir que malgré d'importantes subventions proposées et un travail d'accompagnement rigoureux, seulement une partie des copropriétaires a souhaité s'engager dans ces programmes. L'objectif de ce chapitre est de déterminer quelles ont été les forces de ces dispositifs et pourquoi certaines barrières ont persisté.

Dans une première section, nous présentons l'organisation générale de ces deux programmes – l'OPATB des Grands Boulevards et la campagne mur / mur – et les résultats de réduction de consommation énergétique et d'émission de CO_2 auxquels ils peuvent théoriquement aboutir. Dans la deuxième section, nous rapportons les témoignages des différents acteurs qui ont pris

part au projet, que ce soit des acteurs « institutionnels » comme les agents de la ville ou de la Métro ou les décideurs finaux, c'est à dire les copropriétaires. La mise en perspective des éléments quantitatifs présentés dans la première section avec les éléments qualitatifs de la seconde nous permettront dans une troisième section de tirer des enseignements sur l'efficacité de ces programmes notamment concernant leurs impact sur les différentes barrières à l'efficacité énergétique. En partant de ces enseignements, nous proposons ensuite quelques recommandations, d'abord sur ces programmes, puis, de façon plus générale, sur les nouveaux dispositifs qui pourraient être envisagés pour accélérer le rythme des rénovations thermiques dans les logements collectifs.

1. Organisation et résultats prévisionnels des programmes

L'organisation globale des deux programmes (OPATB des Grands Boulevards puis « mur / mur ») est assez similaire notamment car plusieurs des partenaires engagés dans le premier, le sont également dans le second (1.1.). Les principales différences résident dans le périmètre géographique et dans les exigences techniques concernant les travaux et conditionnant les aides. L'OPATB porte sur la zone des Grands Boulevards de Grenoble et touche donc un nombre plus restreint de logements que la campagne « mur / mur ». Les fonds publics mobilisés et les réductions de consommations attendues sont donc inférieurs pour le premier programme (1.2) que ceux qui sont prévus pour le second (1.3.).

1.1. Une approche multi-partenariale

Les deux dispositifs territoriaux d'amélioration énergétique des logements sont mis en place à l'initiative des collectivités locales mais associent un grand nombre d'acteurs. L'OPATB fonctionne selon une procédure d'appel à projet lancé par l'ADEME, où ce qui importe est avant tout la capacité du territoire à mettre en œuvre et à assurer le bon déroulement du projet (Cherel et Videau, 2010). La campagne d'isolation a quant à elle été envisagée essentiellement par la Métro et n'entre pas dans le canevas d'un dispositif créé au niveau national. Dans les deux cas, la collectivité territoriale qui pilote le projet s'associe à des acteurs institutionnels, en particulier pour l'obtention des financements, et à des acteurs de terrain pour accompagner les décideurs finaux dans leur processus de décision pour l'amélioration énergétique de leur logement.

1.1.1. Les acteurs institutionnels

Outre leur rôle dans l'organisation des projets, les acteurs institutionnels, à différentes échelles territoriales, fournissent une part importante des financements soit pour aider à l'organisation et au suivi du projet soit directement pour prendre en charge une partie du coût des travaux : L'Union Européenne, via le financement de projets exemplaires ; L'Etat via des agences spécialisées comme l'ADEME ou l'ANAH ; la Région ; le Département ; la

communauté d'agglomération et la ville. Les aides viennent compléter les dispositions fiscales nationales comme les crédits d'impôt et les prêts à taux zéro.

L'ADEME est chef de file des projets d'OPATB. Elle anime avec la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et du Paysage (DHUP)[157], le comité de pilotage, la production de cahiers des charges types pour les études pré-opérationnelles, les prestations de suivi-animation et d'évaluation, la production de guides à destination des collectivités et l'animation d'un réseau des collectivités engagées dans les OPATB (Réseau « Optinergie »). Pour chaque OPATB, son rôle porte essentiellement sur l'information et l'animation. Au niveau des financements, l'ADEME peut contribuer jusqu'à 50% des dépenses engagées pour les études préalables et pour les études pré-opérationnelles. Elle aide également au financement de l'équipe d'animation à hauteur d'un maximum de 76 000€ par an et aux campagnes de communication à hauteur de 40 000€ par an.

L'ANAH a signé la première Opération d'Amélioration de l'Habitat (OPAH) en 1977. Les OPATB s'inscrivent dans les modules OPAH mais ont pour objectif principal l'amélioration des performances thermiques des logements. La collectivité territoriale et l'ANAH fixent les limites territoriales, les objectifs et les critères de taux de subventions qu'elles sont en mesure d'octroyer aux ménages. Les aides de l'ANAH sont données uniquement aux propriétaires occupants modestes et aux propriétaires bailleurs qui pratiquent des loyers aux tarifs sociaux et varient selon le revenu des propriétaires. Les collectivités territoriales peuvent compléter les subventions de l'ANAH, comme cela a été fait par la ville de Grenoble et par la Métro.

La région Rhône-Alpes cofinance les diagnostics énergétiques et les travaux portant sur les énergies renouvelables (solaires pour l'ECS et photovoltaïque pour le chauffage). A Grenoble, la part de la région dans le montant total des travaux est d'environ 1% et 3 % du total des aides publiques pour l'OPATB. Pour la compagne mur / mur, la région apporte des financements pour les travaux les plus ambitieux, représentant en tout environ 400 000 €.

[157] La DHUP est rattachée au Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

L'Union Européenne, dans le cadre du programme européen CONCERTO-SESAC[158], a financé environ 10% de l'animation de l'OPATB Grenoble.

1.1.2. Les acteurs de terrain

Afin que les copropriétaires s'impliquent dans ces projets et décident de voter les travaux, une équipe d'animation chargée de prendre contact directement avec eux a été mobilisée. Le fait de débloquer des aides pour mener à bien ce type de projet n'est pas suffisant si, d'une part, les citoyens connaissent mal son existence, et d'autre part, s'ils ne parviennent pas clairement à identifier les aides qu'ils peuvent obtenir et comment les obtenir. La présence d'acteurs de terrains constituant le relais des décisions institutionnelles est, de ce fait, tout à fait centrale pour que les projets se concrétisent.

La campagne de sensibilisation et de communication sur l'OPATB a été essentiellement menée par les agents de la ville et de l'Agence Locale de l'Energie et du Climat (ALEC) de Grenoble. La première phase a consisté à communiquer via des tracts dans les boîtes aux lettres, des réunions publiques et la sensibilisation des syndics de copropriété ainsi que des architectes et les professionnels du bâtiment. Les copropriétés ciblées en premier lieu sont celles qui ont fait l'objet d'un arrêté de ravalement. Dans le cadre de la campagne mur / mur, le rôle de l'ALEC est renforcé, puisque pour toutes les copropriétés intéressées par le dispositif, les agents procèdent à un suivi personnalisé.

Pour l'OPATB, des audits énergétiques ont été diffusés et expliqués dans chaque copropriété lors d'une AG et plusieurs réunions avec les conseils syndicaux. Dès lors qu'une copropriété manifestait un intérêt pour le dispositif, le PACT de l'Isère[159] a pris contact avec chaque propriétaire pour leur faire savoir de quelles aides ils pouvaient bénéficier et pour quel

[158] Le programme européen CONCERTO est une initiative de la Commission européenne qui vise à démontrer que l'optimisation du secteur du bâtiment pour un ensemble de collectivités est plus efficace et moins coûteux que lorsque les initiatives sont développées par chacune des collectivités de façon indépendante. Le projet SESAC vise à montrer comment les économies locales sont capables de mettre en place des projets innovants et ambitieux dans le secteur du bâtiment. Voir le site internet dédié à ces projets : http://concerto-sesac.eu/spip.php?rubrique25

[159] Le PACT de l'Isère est une association départementale spécialisée dans l'accompagnement de projet et de mise en œuvre de travaux d'amélioration de l'habitat. Son rôle est notamment d'assurer la coordination des différentes parties prenantes aux projets (maître d'œuvre, propriétaires, bureau d'étude technique, etc.) et de fournir des informations aux investisseurs sur des aspects techniques, organisationnels et financiers. Le Pact de l'Isère est membre de la fédération nationale des PACT-ARIM qui est un réseau associatif au service de l'amélioration de l'habitat et qui regroupe 140 associations départementales et régionales.

montant. Il joue donc le rôle de guichet unique et permet aux copropriétaires de transférer à cet organisme les coûts de transaction engendrés par la recherche d'information sur les aides auxquelles ils peuvent prétendre et le montage des dossiers.

1.2. Déroulement et bilan de l'OPATB des Grands Boulevards

Ce dispositif a pour cible les bâtiments publics tertiaires, les petits commerces et l'habitat. Pour le volet habitat, sur lequel nous centrons l'analyse, le périmètre correspond aux îlots longeant la ligne de tramway (grands boulevards et rues adjacentes) dont les immeubles ont été construits entre 1948 et 1975 et qui affichent donc de mauvaises performances énergétiques. Le projet a débuté en 2002 et les derniers travaux sont aujourd'hui en cours d'achèvement.

1.2.1. Déroulement du projet

La ville de Grenoble a répondu en 2002 à l'appel à projet lancé par l'ADEME et a été rejointe en 2004 par la ville d'Echirolles. Ce projet s'insère dans une politique globale de requalification de la ville et de la politique du territoire en matière de climat qui passe notamment par la création d'une 3ème ligne du tramway, la création d'un éco-quartier (Bonne), le ravalement obligatoire des façades. Il s'insère plus généralement dans la politique énergie climat de la ville (Plan Grenoble facteur 4) et de la communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole (Plan Climat de la Métro).

Presqu'une dizaine d'années s'est écoulée entre la préparation de l'appel à projet et la finalisation des premiers travaux, avec deux principales étapes :

- L'étude pré-opérationnelle (de 2002 à 2005) : l'objectif est de préciser le potentiel de réduction, de déterminer les objectifs quantitatifs, les modalités de financement et d'action. Lors de cette phase, la collectivité territoriale qui décide d'engager ce projet doit faire face à deux difficultés principales. D'une part, elle doit trouver un bureau d'étude (BE) compétent pour réaliser ces tâches alors que les méthodes pour y parvenir ne sont pas encore élaborées, soit insuffisamment éprouvées. D'autre part, la collectivité prend acte du fait qu'il existe un gisement important sur son territoire,

mais ne sait pas à quels coûts ce gisement peut être atteint et quelles modalités de financement elle peut mettre en œuvre pour inciter les citoyens à agir dans son sens. L'étude pré-opérationnelle sert donc à identifier le périmètre sur lequel le projet va porter et le type de travaux, mais également à calibrer les niveaux de subvention et les enveloppes financières des partenaires qui s'engagent pour toute la durée de l'opération. Cette phase a également été l'occasion de choisir les prestataires qui assurent l'animation et le suivi du projet. Pour l'OPATB de Grenoble, à la suite de cette étude, une convention de mise en œuvre a été signée en octobre 2005 entre la ville, l'ADEME, l'Etat et la Métro (en son nom et au nom de l'ANAH en tant que délégataire), précisant les objectifs quantitatifs, les règles de subventions et les engagements financiers de chaque partie.

- La phase opérationnelle (de 2005 à 2010) : elle a commencé par un travail d'information et de sensibilisation des commerçants (pour le volet commerce), des syndics et des syndicats de copropriété (pour le volet habitat). Ces derniers sont accompagnés pendant deux ans jusqu'au vote des travaux en Assemblée Générale (AG). C'est durant cette phase que les audits énergétiques sont réalisés et les conseils personnalisés sont fournis. En principe, la décision de réaliser un audit avant travaux et le choix du prestataire qui sera chargé de remplir cette mission nécessitent également une AG. Grâce au dispositif OPATB, les audits ont été financés ce qui a permis d'accélérer le processus de décision en copropriété en supprimant cette étape. Parallèlement au suivi des décisions communes, l'équipe d'animation a élaboré un plan de financement individuel. Les aides versées correspondent en partie à une aide globale à la copropriété qui dépend du montant des travaux votés et en partie à une aide aux ménages en fonction de leur niveau de revenu et de leur statut (propriétaires occupants ou propriétaires bailleurs).

1.2.2. Les travaux réalisés

Ce dispositif porte davantage sur la copropriété dans son ensemble que sur le logement, car les travaux sont essentiellement réalisés sur les parties communes (isolation extérieure, amélioration du chauffage collectif, etc.). L'implication du conseil syndical a donc été un paramètre-clé de la bonne conduite des projets[160].

Sur les 40 copropriétés qui ont bénéficié de l'audit énergétique, du suivi personnalisé de la part de l'ALEC et du PACT de l'Isère et qui pouvaient prétendre aux aides financières, 23 ont décidé d'engager des travaux. Les principaux travaux réalisés ont été l'isolation des façades extérieures, des toitures et des planchers. Sur les 23 copropriétés, une seule a fait l'objet de travaux sur le système de chauffage avec un remplacement de la chaudière (seulement 2 immeubles ont un chauffage collectif : un au fioul et un au gaz), et une a fait l'objet de travaux sur les ouvertures, avec un remplacement de 50 % des menuiseries. En revanche, toutes ont fait l'objet de l'isolation d'au moins une des façades du bâtiment (Tableau 17, p.225).

Tableau 17 : Travaux réalisés dans le cadre de l'OPATB des Grands Boulevards, pour le secteur de l'habitat

Travaux	Nombre de copropriété
Isolation extérieure 1 façade	7
Isolation extérieure 2 façades	10
Isolation extérieure 3 façades	1
Isolation extérieure 4 façades	5
Isolation toiture terrasse	9
Isolation des planchers bas	2
Isolation du plafond du porche	2
Isolation du plafond du hall et des caves	1
Isolation des planchers sur hall	2
Remplacement de la chaudière	1
Remplacement des menuiseries (50%)	1

Source : Ville de Grenoble, 2010

[160] Chaque propriété intéressée par le projet a du signer avec la ville une charte précisant les engagements de chacune des parties.

1.2.3. Estimation des coûts et des réductions du volet habitat

Sur l'ensemble de l'OPATB (habitat, petits commerces et tertiaire), le secteur de l'habitat représente environ 77 % du montant total des travaux de l'opération, 98 % des aides totales accordées (soit 1.580 millions sur les 1.610 millions engagés), 66% des économies d'énergie (244 tep/an sur les 369) et 83 % de réduction des émissions de CO_2 totales (575 tonnes/an sur les 692).

Les aides ont été relativement importantes dans la mesure où certains ménages ont pu faire financer jusqu'à 80 % du coût hors-taxe des travaux. En plus de l'aide globale apportée à la copropriété (qui varie de 20 à 50 % du montant total des travaux), une aide individuelle a été offerte aux ménages et notamment les plus modestes, par l'ANAH, la Métro de Grenoble ainsi que la ville de Grenoble. Par ailleurs, les copropriétés devaient réaliser un ravalement obligatoire de leurs façades dans le cadre du programme de « requalification » de la ville. Pour certains ménages, grâce aux subventions, le fait de réaliser à la fois le ravalement et l'isolation, leur a coûté moins cher que de faire uniquement le ravalement. Le Tableau 18 (p.226) synthétise les principales informations concernant les coûts, les aides et les réductions de CO_2 attendues.

Tableau 18 : Bilan prévisionnel de l'OPATB des Grands Boulevards

Nombres d'audits énergétiques	40 copropriétés	4 000*40 = 160 k€
Animation et suivi	Ensemble du volet habitat	620 k€
Travaux engagés	23 copropriétés (637 logements)	5 230 k€
Subventions	De 20 à 80% (isolation : 40 à 150%)	1 580 k€
Economies d'énergie attendues	244 tep/an	240 €/an/logement
Coût moyen / logement	(coûts travaux - aides financières) / logement	5 730 €
Subvention moy. / logement		2 480 €
Réductions CO_2 attendues	575 tonnes/an	260 €/tCO_2 évitée

Sources : estimations effectuées à partir des données de la Ville de Grenoble (bilan de 2010 et documents fournis par S. Delmas) et de Debizet (2011)

Le coût total de l'animation (habitat, tertiaire, commerce) de l'OPATB des Grands Boulevards s'est élevé à 1 million d'euros (M€) dont plus de 60% ont été alloués au volet habitat, en raison notamment d'un faible intérêt des commerçants pour le projet. Concernant les aides directes aux travaux, 1,6 M€ ont été accordés pour un montant total de travaux d'environ 5,2 M€. Les copropriétaires ont en outre bénéficié de l'audit énergétique de leur immeuble entièrement financé par le programme pour un montant total de 160 000 € soit en moyenne 4 000 € par copropriété dont font partie les 17 qui n'ont finalement pas réalisé les travaux.

Les subventions moyennes par logements sont assez importantes puisqu'elles représentent 30% du coût total des travaux. Le coût moyen de travaux par logement payé par les propriétaires (c'est-à-dire une fois les subventions déduites) est de 5 730 €. Au total, 637 logements ont bénéficié de ces travaux avec une économie d'énergie moyenne de 80 kWh/m².an, soit une réduction moyenne de la facture énergétique de 240 €/an/logement

Dans le secteur de l'habitat, les objectifs initiaux ont été dépassés puisque les économies d'énergie prévues par l'étude pré-opérationnelle étaient de 127 tep/an alors que celles attendues une fois les travaux réalisés sont de 244 Tep/an. Le volume de réduction de CO_2 attendu est de 575 tonnes/an ce qui correspond à un coût brut de la tonne de CO_2 évitée (sans prise en compte des économies de facture et sans taux d'actualisation) de 260 €. Le volume total de réduction était initialement prévu à 112 t/an bien que certains des travaux figurant dans les objectifs initiaux, tels que le remplacement des menuiseries ou l'installation d'un système performant de ventilation, n'aient été réalisés que dans un seul cas. Debizet (2011) note que dans la mesure où les résultats attendus sont supérieurs aux objectifs initialement fixés mais que les aides octroyées ne sont que légèrement supérieures au budget initial, il apparaît que le dispositif a été plus efficace que ce qui était prévu.

1.3. Déroulement et résultats attendus de la campagne isolation « mur / mur »

Le périmètre sur lequel porte « mur / mur », la campagne d'isolation de la Métro est beaucoup plus large que celui de l'OPATB[161], puisqu'elle vise l'amélioration énergétique d'environ 150 copropriétés sur 4 ans, soit entre 4500 et 5000 logements, sur l'ensemble du territoire de la communauté d'agglomération. Ce dispositif se focalise lui aussi sur les bâtiments construits entre 1945 et 1975 mais ne porte en revanche que sur les logements.

1.3.1. Préparation du projet et référentiel technique

La phase de préparation du projet a été moins longue que celle de l'OPATB pour deux raisons principales : d'abord, la Métro a bénéficié de l'expérience de la ville de Grenoble concernant les solutions de financements, d'animations et d'accompagnement des copropriétés ; ensuite, en partant du constat que les diagnostics énergétiques aboutissaient généralement aux mêmes types de recommandations pour les différents immeubles, elle s'est appuyée sur 4 audits représentatifs pour élaborer les stratégies de rénovation. En conséquence, aucune évaluation des résultats à atteindre concernant la réduction des consommations énergétiques et des émissions de CO_2 n'a été réalisée spécifiquement pour chaque immeuble. De plus, les recommandations de travaux portent sur une obligation de moyens et non de résultats (Tableau 19, p.229). De la même façon que pour l'OPATB, durant cette phase, une convention de partenariat a été signée avec l'ADEME et l'ANAH, et des négociations ont été engagées avec les fournisseurs d'énergie dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie afin que la Métro puisse bénéficier de fonds supplémentaires[162].

[161] Sébastien Delmas et Philippe Bertrand qui ont piloté, respectivement, l'OPATB des Grands Boulevard et la campagne d'isolation mur / mur, nous ont tous les deux précisé qu'une OPATB se caractérise par un périmètre donné, ici celui des Grands Boulevards de Grenoble, et vise l'ensemble des bâtiments, que ce soit des commerces, des logements ou des bâtiments publics. En revanche, la campagne d'isolation n'entre pas dans un dispositif spécifique et déjà établi au niveau national, puisqu'elle est intégralement à l'initiative de la communauté d'agglomération. Pour cette dernière, il n'y a donc pas de contrainte concernant le périmètre géographique.

[162] Nous renvoyons le lecteur au paragraphe 2.2.2.3. du chapitre 3, dans lequel nous avons rapporté le témoignage de P. Bertrand, en charge du pilotage de la campagne mur / mur, sur la négociation entre la Métro de Grenoble et les fournisseurs d'énergie pour la cession des CEE.

Tableau 19 : Référentiel travaux de la campagne isolation et part des aides proposées

options	travaux	référentiels techniques (pour les matériaux)	aide globale
rénovation progressive	isolation extérieure d'une façade + 1 pignon + ravalement	R > ou = à 4m2.K/W	**15%**
rénovation complète	Isolations extérieures de toutes les façades + pignons + ravalement	R > ou = à 4m2.K/W	**30%**
	Isolation des toitures -terrasse + étanchéité	R > ou = à 5m2.K/W et > ou = à 7,5pour les toitures en pente	
	Isolation extérieure des planchers bas	R > ou = à 3m2.K/W et > ou = à 5 pour les planchers donnant sur l'extérieur	
rénovation exemplaire	Isolations extérieures de toutes les façades + pignons + ravalement	R > ou = à 4m2.K/W	**40%**
	Isolation des toitures -terrasse + étanchéité	R > ou = à 5m2.K/W et > ou = à 7,5pour les toitures en pente	
	Isolation extérieure des planchers bas	R > ou = à 3m2.K/W et > ou = à 5 pour les planchers donnant sur l'extérieur	
	Changement des fenêtres	Ug < 1,2 W/m^2.K pour les vitrages et Uw < 1,5 W/m^2.K pour les menuiseries	
	Intervention sur la ventilation	selon faisabilité : Ventilation hygroréglable ou ventilation double flux	

La phase opérationnelle, qui est aujourd'hui en cours, devrait s'étaler jusqu'en fin 2014, puisque la Métro espère qu'à cette période l'ensemble des copropriétés engagées dans l'opération aura commencé les travaux. Comme pour l'OPATB, durant cette phase l'ALEC et le PACT interviennent pour informer et sensibiliser les copropriétés à ce projet et pour aider celles qui manifestent un intérêt à aller jusqu'au bout de leur démarche. Un conseil personnalisé est fourni à chaque copropriétaire afin qu'il connaisse le montant de subventions qu'il peut obtenir.

1.3.2. Budget et objectifs de la campagne d'isolation

Comme pour l'OPATB, la copropriété bénéficie d'une aide globale financée à 2/3 par la Métro et à 1/3 par la commune où se trouve la copropriété, à laquelle s'ajoute les aides individuelles accordées aux copropriétaires en fonction de leur statut et de leur revenu. À la différence du dispositif précédent, le montant des aides dépend également de la solution de travaux choisie : plus les travaux sont ambitieux et plus la part d'aides accordées augmente. Dans ce contexte, le volume des aides ne dépend pas seulement du montant total des travaux,

mais également de leur caractère plus ou moins ambitieux (Tableau 19, p.229). La mise en place d'un guichet unique a été envisagé afin de faciliter la constitution des dossiers de financement. L'objectif de la Métro est en outre qu'une partie des subventions soit versée avant travaux pour faire face aux contraintes de liquidité immédiate des copropriétaires. Comme pour l'OPATB, ces derniers peuvent également bénéficier des dispositifs d'éco-prêts à taux zéro et de crédit d'impôt, mais uniquement sur la partie non subventionnée.

Le Tableau 20 (p.230) récapitule les dépenses totales par postes à partir des prévisions réalisées par la Métro sur la base d'un objectif de rénovation de 150 copropriétés avec les hypothèses suivantes :

- la réalisation de 60 rénovations complètes, 85 rénovations progressives et 5 rénovations exemplaires.
- 50% de propriétaires occupants (PO) et 50% de propriétaires bailleurs (PB)
- 27% de PO sans aide individuelle, 10% de PO majoré, 7% de PO sociaux et 7% de PO très sociaux
- l'obtention du crédit d'impôt sur la moitié du reste à charge pour l'ensemble des ménages

Tableau 20 : Dépenses Publiques pour la campagne isolation

Aides aux travaux (K €)	Métro	8 253
	Communes	4 854
	ANAH	1 336
	Fournisseurs énergie (CEE)	1 455
	Région	400
	Etat (Crédit d'impôt)	4 063
	Total aides	20 509
Accompagnement Communication Fonctionnement (Métro) (K €)	Communication	200,25
	Suivi/animation (ALEC)	452
	Suivi/animation (PACT)	1 510
	Guichet Financier	1 590,35
	Total fonctionnement	3 752,6
Total		24 261,6

Sur l'ensemble des dépenses publiques, la Métro assume 50%, avec la prise en charge de 40% de l'ensemble des aides versées par les différents acteurs et de l'intégralité des coûts liés à la conduite du programme : la communication, l'accompagnement des copropriétaires et la mise en place du guichet unique. Le reste des aides est financé par les communes sur lesquelles se trouvent les copropriétés réhabilitées, l'ANAH pour les propriétaires modestes, les

fournisseurs d'énergie au titre des certificats d'économie d'énergie, la région Rhône-Alpes et l'Etat à travers le dispositif de crédit d'impôt[163]. Au total, l'ensemble du dispositif devrait entraîner une dépense publique de plus de 24 millions d'euros.

1.3.3. Résultats prévisionnels et estimation des bilans coût-efficacité

Dans la mesure où la campagne isolation de la Métro n'est qu'à son commencement, nous ne disposons pas de données sur les travaux réalisés mais seulement sur des hypothèses sur ceux qui sont prévus. Nous avons donc réalisé un travail de modélisation visant à estimer le coût des travaux ainsi que leur impact en termes d'économies d'énergie et de CO_2 évité. La méthodologie et les informations utilisées sont les suivantes :

- le détail des dépenses publiques et leur répartition par poste (animation, subvention etc.) qui sont présentées dans le Tableau 20, p. 230. Pour la répartition des coûts d'animation nous avons considéré que plus les rénovations étaient ambitieuses et plus le travail d'animation par copropriété était important. Nous avons donc retenu les hypothèses suivantes : 52% alloués à la rénovation progressive, 45% à la rénovation complète et 3% à la rénovation exemplaire.

- les hypothèses de rénovation (progressive, complète et exemplaire) qui sont présentées dans le Tableau 19, p. 229.

- le travail de simulation que nous avons réalisé sur l'impact des différents travaux d'amélioration énergétique sur les consommations (qui sont présentés en Annexe 3, p. 328) et les émissions de CO_2 à partir du logiciel de simulation thermique (qui est présenté en Annexe 4, p. 339). Nous avons conservé les données utilisées pour le travail de modélisation du chapitre 2 concernant les prix des matériaux et fait les estimations en considérant une évolution annuelle des prix de l'énergie de 3% et un taux d'acualisation de 4%. Les estimations sont réalisées sur 35 ans.

- la répartition des bâtiments construits entre 1948 et 1975 sur le territoire grenoblois en fonction du système énergétique (détaillée dans le Tableau 33, p.363 de l'Annexe 7). Nous avons donc considéré 30% de logements fonctionnant au chauffage urbain, 25% au gaz collectif, 32% au gaz individuel et 13% à l'électricité. En considérant que 4500

[163] Les estimations réalisées par la Métro se basent sur l'hypothèse que l'ensemble des ménages va chercher à bénéficier de crédit d'impôt sur la moitié des coûts supportés, une fois les autres aides déduites.

logements particperont à ce programme, nous aboutissons à la répartition suivante du nombre de logements par type de chauffage et par options de travaux :

Système de chauffage	Options de rénovation	Nombre de logement
chauffage urbain	Progressive (RP)	765
	Complete (RC)	540
	Exemplaire (RE)	45
gaz collectif	Progressive	638
	Complete	450
	Exemplaire	38
gaz individuel	Progressive	816
	Complete	576
	Exemplaire	48
électricité	Progressive	331
	Complete	234
	Exemplaire	19
Total logements	**4500 dont 2550 RP, 1800 RC et 150 RE**	

Les résultats concernant les économies d'énergie, le coût des travaux et les tonnes de CO_2 évitées en fonction des différents bouquets de travaux proposés par la Métro sont récapitulés dans le Tableau 21, p.232.

Tableau 21 : Estimation du bilan prévisionnel de la campagne mur / mur

	Progressive	Complète	Exemplaire	Total
économie (MWh/an)	7 207, 8	11 599, 6	1 828, 2	20 635, 6
coût travaux (k€)	17 850	22 402,1	3 728,5	43 980,6
CO_2 évitées (tonnes/an)	1 183	1 962	223	3 368
économie facture totale (k€)	19 854,5	31 964,3	3 631,5	55 450,4
éco facture moy/an/lgt (€)	222	507	692	352 (moy)
Animation (k€)	1 951	1 688,4	112,6	3 752
Subventions totales (k€)	6 052,7	10 978,1	1 873,3	18 904,1
a. Aides moyennes / lgt (€)	2 374	6 099	12 489	4 201 (moy)
b. Coût moyen /lgt (€)	7 000	12 446	24 856	9 773 (moy)
Coût final (b-a) /logement (€)	4 626	6 347	12 368	5 573 (moy)

Au total, ce programme devrait permettre d'économiser plus de 20,6 GWh par an soit environ 1 800 tep/an[164]. Malgré un nombre plus important de logements bénéficiant de la rénovation progressive, c'est évidemment la rénovation complète qui permet d'atteindre le gisement le plus important. La rénovation exemplaire est également très efficace puisque pour seulement 5 copropriétés, environ 1,8 G Wh sont réduits au total. Ces économies d'énergie se traduisent par une réduction des émissions de CO_2 d'environ 3 370 T/an. Les économies de factures s'élèvent à 352 € en moyenne par an et par logement : elles sont de 222 € pour la rénovation progressive, de 507€ pour la rénovation exemplaire et de 692 € pour la rénovation exemplaire. Les aides totales, qui dépendent du bouquet de travaux choisi et des hypothèses sur la part des ménages en fonction de leur profil, devraient s'élèver en tout à près de 19 M €. Elles représentent plus de 50% du coût total moyen des travaux pour la rénovation Exemplaire, l'aide individuelle venant s'ajouter à l'aide globale initial de 40%.

A partir de ces estimations, nous avons estimé le coût de la tonne de CO_2 actualisée et de coût du kWh évité actualisé sous plusieurs angles et en tenant compte du prix des différentes énergie et de l'évolution annuelle de 3% (Tableau 22, p.233) :

- le point de vue public : le coût supporté par les pouvoirs publics en raison des subventions versées et de l'animation du programme.
- le point de vue privé : le coût supporté par les copropriétaires moins les économies de factures et l'ensemble des aides accordées
- le point de vue social : il représente le coût total (coût des travaux et animations) moins les économies de factures

Tableau 22 : Coûts prévisionnels de la campagne « mur / mur » par tonne de CO_2 et MWh réduits

		progressive	complète	exemplaire	moyenne
Coût public	€/ tCO_2	91,9	87,7	120,9	91,1
	€/MWh	15,1	14,8	20,5	15,2
Coût privé	€/ tCO_2	-92,5	-142,1	-108,2	-112,9
	€/MWh	-15,2	-24,0	-18,3	-18,8
Coût social	€/ tCO_2	-0,6	-54,5	12,8	-21,7
	€/MWh	-0,1	-9,2	2,2	-3,7

[164] 1 Tep = 11,6 MWh.

Ces estimations nous permettent de dégager un certain nombre d'informations concernant l'efficacité globale à attendre de cette opération mais également l'efficacité de l'utilisation des fonds publics.

Le coût de la tonne de CO_2 évitée est de 91,1 € en moyenne si l'on se place du point de vue public, c'est à dire si l'on considère les montants investis par les différentes structures publiques[165]. En comparant le bilan des différentes stratégies de rénovation, il est possible de déterminer, au regard des montants d'aides octroyées pour chacune d'entre elles, lesquelles ont nécessité les plus grandes dépenses de la puissance publique par tonne de CO_2 et de MWh évités. La rénovation complète est l'option pour laquelle le coût public par tonne de CO_2 réduite est le plus bas, suivi de la rénovation progressive puis de la rénovation exemplaire. Pour cette dernière, le coût plus élevé peut s'expliquer par le fait que les réductions de CO_2 additionnelles par rapport à la rénovation complète sont proportionnellement inférieures aux aides additionnelles. Ceci s'explique notamment par le fait que ce qui différencie cette dernière stratégie avec la rénovation exemplaire est le remplacement des menuiseries qui est la solution la moins coût-efficace. Toutefois, si l'on se réfère uniquement au volume de CO_2 réduit par logement, c'est la rénovation exemplaire qui permet d'atteindre le gisement le plus important.

Du point de vue des copropriétaires, toutes les stratégies de rénovation sont particulièrement rentables puisque le coût moyen du MWh heure évité est -18,8 €. Cela signifie que les stratégies de rénovation engendrent en moyenne une économie de 18 € à chaque MWh réduit, allant de - 15,2 € pour la rénovation progressive à - 24 € pour la rénovation complète. Compte-tenu de l'importance des aides apportées par la puissance publique, la réalisation de la rénovation exemplaire est, du point de vue privé, la plus rentable malgré l'important coût initial des travaux.

En termes de coût social net, l'opération « mur / mur » présente un bilan moyen positif puisque pour une tonne de CO_2 réduite, le coût moyen est de -21,7 €. Cela signifie que l'initiative de la Métro a un impact positif sur le surplus total. En effet, les économies de factures que permettent d'engendrer ces investissements sont supérieures à la somme du coût moyen des travaux et du coût moyen de l'animation. Il existe toutefois des différences entre

[165] Nous avons exclu de ces coûts, les financements apportés par les fournisseurs d'économies d'énergie au titre des CEE, dans la mesure où ils ne correspondent pas à des investissements de la puissance publique.

les options de rénovation, et nos estimations montrent que la rénovation exemplaire à un coût social net positif. En revanche, le coût social net de la rénovation complète est proche de -55 € par tonne de CO_2 réduite.

En prenant en charge une grande partie des coûts de transaction engendrés par la mise en œuvre des travaux en particulier dans les copropriétés, mais également une partie du montant des travaux, la puissance publique offre la possibilité aux ménages de dépasser les barrières présentées aux chapitres 1 et 2 ce qui revient à rendre positif une Valeur Actuelle Nette qui serait restée négative avec le taux d'actualisation implicite des ménages. Dans ce contexte, cette opération est profitable pour les propriétaires puisque d'une part ils n'ont pas eu ou, presque pas eu, à supporter les coûts de transactions et les coûts cognitifs relatifs à la recherche d'informations et à la coordination avec les différents acteurs et d'autre part, le coût des travaux a été allégé.

En définitive, si les éléments présentés ici permettent d'avoir un ordre de grandeur sur l'efficacité environnementale et économique de la campagne mur / mur, il est important de noter que l'ensemble des sources permettant d'aboutir à ces résultats s'appuie sur des estimations et non sur des mesures : d'une part, il s'agit des prévisions de la Métro concernant la réponse des copropriétés aux stratégies de rénovation proposées ainsi que la mobilisation des aides compte-tenu des profils des ménages ; d'autre part, ce travail s'appuie sur les simulations d'efficacité des travaux qui sont sujettes à plusieurs limites que nous avons déjà soulignées dans le second chapitre. Toutefois, compte-tenu des objectifs de réduction d'émission de CO_2 que se sont fixées les collectivités locales et de l'importance de chercher à optimiser les dépenses publiques, ce type d'évaluation reste aujourd'hui tout à fait nécessaire et doit, selon nous, faire partie intégrante de la conception de ces dispositifs. Par ailleurs il est tout aussi nécessaire de s'interroger sur la réceptivité des décideurs finaux, qui, en raison de leur rationalité limitée, peuvent rendre totalement contre-intuitifs les résultats attendus des aides publiques, même lorsqu'elles l'ont été dans un souci d'optimisation des dépenses.

À travers les témoignages des différentes parties-prenantes au dispositif OPATB, mais aussi à la campagne « mur / mur » puisque celle-ci a débuté, la section suivante a pour objectif de montrer en quoi les choix et le rôle des différents acteurs peut expliquer les écarts entre les prévisions et les résultats effectifs.

2. Point de vue des parties-prenantes

Afin d'analyser l'expérience de l'OPATB des Grands Boulevard dans sa globalité, sans se limiter à des données factuelles, nous avons choisi de mener des entretiens auprès des acteurs directement concernés par ce projet[166]. Ces entretiens ont eu pour objectif de recueillir les informations utiles pour mettre en perspective l'analyse des barrières à l'efficacité énergétique réalisée dans le chapitre 1, les routines décisionnelles des ménages présentées dans le chapitre 2 et l'impact des incitations nationales et locales, présentées dans le chapitre 3. Il s'agit donc de déterminer dans quelle mesure ce dispositif, couplé aux instruments nationaux, a permis de combattre les facteurs qui désincitent les ménages à investir dans l'efficacité énergétique et ainsi de faire converger les stratégies publiques avec les stratégies privées.

2.1. Méthode d'entretien

Il existe trois principales méthodes pour conduire un entretien (Bellenger et Couchaere, 2000 ; Béaud et Weber, 2003) : l'interrogatoire ou entretien directif, qui consiste à formuler une succession de questions fermées ; l'entretien non directif, qui s'apparente davantage à une conversation ; et, entre ces deux modèles, l'entretien semi-directif qui combine des questions ouvertes et fermées et dont l'enchainement peut dépendre des réponses de l'interviewé. Le choix de la technique de questionnement dépend des informations recherchées et nécessite pour chacune d'entre elles une posture spécifique de la part de l'enquêteur. La première méthode vise à obtenir des informations essentiellement formelles et est davantage utilisée pour l'élaboration de bases de données permettant un travail d'analyse statistique. C'est donc essentiellement sur la qualité instrumentale du canevas des questions que l'enquêteur doit s'attarder (Bellenger et Couchaere, 2000). La seconde, vise à créer les conditions favorables à l'échange pour faciliter la libre expression de la personne interviewée et accéder ainsi au ressenti de cette dernière. Dans ce cas, c'est l'attitude et « l'empathie » de l'enquêteur qui conditionnent le succès de l'échange. L'entretien semi-directif autorise l'adaptation de l'ordre ou de la nature des questions initialement prévues tout en veillant à ce que les thèmes prédéfinis soient conservés, ce qui impose de construire un canevas de questions sans toutefois s'y enfermer afin de récolter d'autres informations.

[166] Certains témoignages portent également sur la campagne d'isolation de la Métro, car elle suit l'OPATB et que des acteurs comme les agents de l'ALEC ou du PACT Isère ont travaillé sur les deux projets.

Nous avons choisi de réaliser des entretiens semi-directifs afin de recueillir un maximum d'informations qualitatives en s'appuyant sur des thèmes et des questions-guides relativement ouvertes. Pour tous les acteurs interviewés, il nous a semblé plus pertinent de ne pas poser des questions fermées, le but étant de récolter des informations à la fois sur des faits et notamment sur le rôle de chacun des acteurs, mais également sur des opinions et en particulier leur perception des enjeux de l'opération. Ainsi, les entretiens permettent de faire ressortir des données objectives récoltées lors des réponses de types informatives (généralement lorsque la personne interrogée parle au nom de l'institution qu'elle représente) mais également des données subjectives souvent relevées lors des prises de position de la personne interviewée (généralement lorsqu'elle parle en son nom). Nous avons également pris note d'éléments qui pouvaient sembler a priori anecdotiques, mais qui reflètent en réalité aussi les facteurs influençant les choix, les pratiques sociales ou encore les motivations, et, parce que l'enquêté a tenu à les relater, ils peuvent fournir de précieuses informations.

Initialement, l'objectif était de comprendre la mise en œuvre globale de l'OPATB et le rôle des différents acteurs institutionnels. Par la suite, compte-tenu des retours des premiers entretiens et de l'évolution de notre problématique, il nous est apparu judicieux d'interroger également les syndics de copropriété et les copropriétaires ayant participé à l'opération. Les premiers entretiens sont donc d'ordre exploratoire dans la mesure où ils ont permis de dégager des informations de cadrage, d'identifier le type d'acteurs à interroger, puis d'orienter les questions en fonction des informations recherchées. Nous avons donc interrogé plusieurs groupes d'acteurs, chacun concerné par un aspect particulier de l'opération :

- « les porteurs de projet » : ceux qui ont contribué à sa conception et sa mise en œuvre à la ville de Grenoble et à la Métro.
- « les animateurs » : ceux qui sensibilisent et informent les copropriétaires et assurent le suivi de l'opération : l'ALEC et le PACT de l'Isère
- « les intermédiaires » : ceux qui sont par leur rôle également liés au projet : les syndics de copropriété
- « les décideurs finaux » : ceux qui sont directement concernés puisqu'ils sont à l'origine de la décision d'investissement : les copropriétaires

Si nous avons choisi un seul type de méthode pour conduire l'ensemble des entretiens auprès des différentes catégories d'acteurs interrogés, en revanche les questions « guides » diffèrent

pour chaque groupe. Ainsi, dans les parties suivantes, avant l'analyse des informations recueillies pour chaque catégorie d'acteurs, nous rappelons leur rôle dans l'opération, les informations recherchées et/ou le jeu d'hypothèses formulées en amont et le nombre d'échanges qui ont été réalisés. Pour chaque entretien, les éléments récoltés sont présentés par thème et, pour des raisons de lisibilité, les échanges que nous avons eus avec les différents acteurs ne sont pas retranscrits tel quel, mais reformulés[167].

2.2. Les pilotes de projets

Rôle	Assurer le pilotage de l'opération, faire le lien entre les différents acteurs, distribuer les budgets
Entretiens réalisés	Entretien à Grenoble le 30/10/09 avec Philippe Bertrand, agent de la Métro, en charge du pilotage de la campagne mur / mur. Deux entretiens avec Sébastien Delmas, agent de la ville de Grenoble, qui a piloté l'OPATB des Grands Boulevards : le premier le 23/03/10 afin de connaître le déroulement général de l'opération et le second, le 13/07/10 afin d'approfondir certains éléments du premier entretien. Le second entretien a donc été davantage directif que le premier, puisque les informations recherchées étaient plus précises.
Informations recherchées	Organisations générales de l'opération, rôle des différents acteurs, financement, répartition des aides, contraintes et freins rencontrés. Concernant l'organisation et le déroulement de l'opération, les informations récoltées figurent dans la première partie de ce chapitre qui présente l'OPATB des Grands Boulevards. Le présent paragraphe vise surtout à analyser le point de vue de l'interviewé sur l'efficacité de l'opération, les choix réalisés et les freins rencontrés.

2.2.1. La ville de Grenoble

2.2.1.1. Déroulement global et résultat de l'opération

Pour l'OPATB des Grands Boulevards, la ville de Grenoble a saisi l'occasion de l'obligation de rénovation des façades d'immeuble des grands boulevards qui fait suite à la création de la troisième ligne de tramway, pour inciter les copropriétaires à réaliser également des travaux d'isolation. L'objectif initial était d'atteindre au moins 20 copropriétés, 40 commerces, 11 bâtiments tertiaires avec un objectif global de 500 T de CO_2 réduites. La phase préparatoire a

[167] Nous avons juste gardé certaines parties de phrases ou expressions qui figurent entre guillemets et en italique.

consisté à réaliser 40 diagnostics, à estimer les coûts des travaux à monter les dossiers de subventions et à communiquer sur l'opération. Au total seul 12 commerces et 23 copropriétés ont engagé des travaux, mais l'objectif de réduction a été dépassé, puisqu'il est de 700 t CO_2/an évitées théoriques. Le travail de suivi et d'animation réalisé par le PACT Isère et un agent de la ville de Grenoble a été évalué à 10 jours/homme par copropriété et a coûté environ 1 millions d'euros. Pour S. Delmas, agent de la ville de Grenoble, qui a piloté l'OPATB des Grands Boulevards, le temps passé auprès des copropriétaires et de leur représentant – et donc les coûts que cela engendre – est incompressible car, pour lui, sans cet accompagnement les ménages ne se seraient pas intéressé au dispositif.

2.2.1.2. Aspects techniques, éléments par travaux

Pour S. Delmas un des ouvrages qui présente le potentiel de réduction le plus intéressant est l'isolation des toitures-terrasses, car les équipements sont faciles à poser, ne se heurtent pas à des problèmes techniques majeurs et leur rentabilité est élevée, notamment lorsque l'isolation se fait à l'occasion des travaux d'étanchéité. Les travaux d'isolation des murs extérieurs peuvent également s'avérer très rentables dans la mesure où le surcoût entraîné par la pose d'isolant par rapport à un simple ravalement de façade n'est que de 30 à 50%. De plus, indépendamment du retour sur investissement de l'isolation, une fois les aides accordées il est moins coûteux pour certains ménages de réaliser l'isolation que le ravalement seul, puisque cette opération seule ne donne droit à aucune aide, sauf pour les ménages les plus modestes.

En revanche, les travaux sur les équipements de ventilation sont plus complexes et moins rentables, ce qui explique le fait qu'il n'y en ait pas eu dans le cadre de l'OPATB. En effet, les travaux sur la ventilation se font surtout au titre de la qualité de l'air intérieur, et la pose de système comme les VMC double-flux [168] peut d'une part entraîner une consommation énergétique supérieure aux gains générés grâce à la maîtrise de l'aération manuelle, et d'autre part, peut s'avérer impossible à mettre en œuvre dans certains immeubles anciens car elle nécessite l'installation de deux conduits et un placement des bouches distinctes d'entrée et de sortie d'air.

[168] Voir la description dans l'Annexe 3

Pour les fenêtres, il y a eu une seule opération collective car il a été difficile de mettre d'accord l'ensemble des copropriétaires sur cette question. Certains ménages avaient déjà procédé au changement de leur fenêtre et ne souhaitaient pas, même si les équipements proposés étaient plus performants, en changer à nouveau. À ce sujet, S. Delmas souligne qu'il semble nécessaire que les ouvrants soient considérés comme des parties communes à usage privatif [169] afin que la performance globale de l'immeuble puisse être garantie grâce à l'harmonisation de l'efficacité des vitrages dans les différents logements. Il précise également que le marché des fenêtres est hétérogène et que les ménages ont tendance à se tourner vers les offres qui semblent les plus avantageuses économiquement mais qui ne sont pas les plus performantes du point de vue énergétique. Face au déploiement d'offensives commerciales sur ce marché, impulsé notamment par le dispositif des crédits d'impôts, les ménages se sont facilement laissés tenter par des solutions qui n'étaient pourtant pas les plus efficaces, ce qui a contribué à « *tuer* » une partie du gisement. En effet, dans la mesure où ils ont déjà procédé à des investissements dans des équipements qu'ils estiment plus performants, ils ne sont pas enclins à les renouveler quelques années après.

Pour s'assurer de la conformité des travaux préconisés et de la compétence des entreprises choisies par les copropriétés, la ville a favorisé la formation des ouvriers et a vérifié l'ensemble des devis proposés. Pour l'évaluation de l'opération, un contrat a été passé avec l'ALEC afin que des relevés de factures énergétiques soient fournis par la compagnie de chauffage GEG et qu'un rapport soit réalisé. Selon S. Delmas, les premiers relevés de facture réalisés sur une copropriété qui a été réhabilitée montre que les économies réelles pour la première année sont inférieures à celles attendues, puisqu'elles sont de 13% et non de 30%. S. Delmas justifie en partie cet écart en expliquant qu'avant les travaux, le manque de confort dans certains immeubles était sans doute très important, ce qui a conduit les ménages à privilégier l'amélioration du confort sur les économies d'énergie. C'est un exemple-type d'effet-rebond.

[169] Quelques temps après l'entretien, une loi a été promulgué, rendant cette suggestion effective, comme nous l'avons expliqué dans le paragraphe 4.2. du chapitre 3.

2.2.1.3. Principaux freins

Selon S. Delmas, il est difficile de travailler sur les copropriétés car cela revient à s'attaquer au « *dogme de la propriété privée* » en suggérant aux ménages des choix d'investissements sur un bien qui leur appartient. Ensuite, il faut impliquer l'ensemble des acteurs qui participent à la vie de la copropriété mais qui ne sont pas tous sensibles à la question des économies d'énergie. Par exemple, les réunions informatives proposées aux syndics n'ont pas connu le succès espéré, puisque parmi l'ensemble des syndics qui gèrent les copropriétés concernées par le projet, peu sont venus y assister. Enfin, les agents chargés de contacter et de sensibiliser les copropriétés doivent s'adapter à « *l'histoire* » de chacune d'entre elles, c'est à dire au climat qui y règne, aux éventuels conflits passés ou en cours, au point de vue et à l'influence du conseil syndical sur les différentes questions qui entourent la copropriété, etc. S. Delmas souligne par exemple que, lorsque le conseil syndical est contre le vote des travaux, il y a peu de chance pour que ces derniers soient réalisés. Il note également que l'implication des propriétaires est faible, notamment parce qu'il y plus de 60% de propriétaires bailleurs pour les bâtiments situés sur les grands boulevards. Ils connaissent un fort turn-over au niveau des occupants pour ce qui est des étudiants, alors que la forte proportion de personnes âgées conduit à des comportements énergétiques très hétérogènes. Il souligne également que les personnes âgées qui sont propriétaires ont été dans l'ensemble assez peu motivées par le projet. Concernant les profils « économiques » des copropriétés, il note que ce sont moins celles qui regroupent les copropriétaires les plus aisés qui ont décidé de voter les travaux que celles qui regroupent des ménages plus modestes. Il explique cela, d'une part par le fait que ces derniers pouvaient bénéficier d'aides plus importantes, mais également par le fait que les copropriétaires plus modestes semblaient, d'après les échanges qu'il a eus lors des réunions d'informations, se préoccuper davantage des enjeux environnementaux.

2.2.2. La Métro de Grenoble

2.2.2.1. Contexte de mise en œuvre

Ce programme se fait au titre du Plan Climat Territorial de la Métro qui s'est fixé des objectifs de réduction ambitieux et P. Bertrand, agent de la Métro en charge du pilotage de la

campagne « mur / mur », souligne qu'il faut donc pour y répondre trouver les solutions les plus efficaces. Il nous précise qu'il est aujourd'hui admis que pour cela, le secteur prioritaire est celui du bâtiment et plus particulièrement celui de la rénovation du parc existant. Selon lui, dans le secteur des transports les modifications semblent moins efficaces et nécessitent d'importants investissements sur les infrastructures, alors que dans la rénovation « *c'est techniquement et économiquement faisable immédiatement* ».

La Métro s'est appuyé sur l'expérience de l'OPATB lancée par la ville de Grenoble et a décidé d'élargir le périmètre tout en continuant de se focaliser sur les bâtiments construits entre 1945 et 1975. Pour P. Bertrand la campagne « mur / mur » s'attache surtout à atteindre un large gisement et non pas seulement à concevoir des opérations exemplaires. Il nous précise que l'objectif central est d'amorcer une dynamique territoriale concernant la rénovation des bâtiments existants en allant vers un volume significatif de réalisation de travaux. Que ce soit pour les aides ou pour l'animation et le suivi, la Métro s'est fortement inspirée de l'organisation et des arbitrages de l'OPATB. P. Bertrand souligne que cette opération a montré que des subventions significatives étaient nécessaires pour conduire les copropriétaires à réaliser les travaux et qu'ils devaient être « *pris par la main* » afin que les décisions soient facilitées.

2.2.2.2. Spécificités du programme

Ce qui différentie ce projet de celui de la ville de Grenoble est qu'il se focalise uniquement sur l'habitat collectif privé et vise prioritairement les travaux d'isolation. L'objectif est de réduire au maximum les besoins de chauffage grâce aux travaux sur le bâti car, comme le précise P. Bertrand, le remplacement des systèmes de chauffage doit se faire dans un second temps, une fois que le bâtiment a réduit au maximum ses besoins. Cette campagne vise donc pour lui un des points de la démarche « négaWatt » qui est la maîtrise des besoins. Il ajoute que la singularité de cette campagne est de se centrer sur une obligation de moyens et non de résultats, puisque des seuils minimums de performance par poste de travaux sont fixés. Le procédé retenu est que pour chaque poste de travaux, il y a un référentiel avec un cahier des charges qui stipule les impératifs techniques à respecter pour être éligible aux aides.

Un des autres points qui différencie la mise en œuvre de cette campagne de celle de l'OPATB des Grands Boulevards est que les immeubles ne bénéficient pas d'audit énergétique spécifique. Ce choix s'explique pour P. Bertrand par le fait que les diagnostics qui ont été réalisés pour l'OPATB ont tous mis en évidence le même type de préconisations. De ce fait, le coût engendré par la réalisation d'un audit par immeuble s'avère trop important par rapport aux bénéfices que les informations permettent de retirer, puisque selon lui « *les préconisations qui sont liées aux diagnostics sont souvent connues d'avance* ». Au final, seule une étude technique avec des audits de 4 copropriétés a été commandée à la ville de Grenoble : la situation initiale de ces immeubles a été détaillée et décrite (contrôle avec des caméras infrarouges), puis des propositions concernant les solutions et les exigences techniques ont été formulées. Des bureaux d'études, des architectes et des économistes de la construction ont étudié ces propositions, d'une part pour valider leur faisabilité du point de vue technique et économique, et d'autre part pour évaluer les potentiels d'économie d'énergie. Cette étude conclut que si une copropriété suit le référentiel technique proposé pour la rénovation complète, la consommation énergétique finale du bâtiment peut être inférieure à 96kWh/an/m² et est donc conforme avec les exigences du label Effinergie BBC réhabilitation[170].

Par ailleurs, P. Bertrand nous explique que cette campagne d'isolation a également un objectif social, puisqu'en offrant des subventions élevées aux ménages les plus modestes, elle vise à sortir ces derniers de la précarité énergétique. Il nous précise que la Métro « *n'a pas attendu* » la campagne d'isolation pour mener des actions sociales au niveau de l'habitat, puisqu'il existe déjà des mesures qui visent à promouvoir le logement social et à réhabiliter les copropriétés « très fragilisées ». Mais la campagne « mur / mur » constitue un bon outil pour créer une adéquation entre les politiques sociales et les politiques énergie-climat. Ainsi, P. Bertrand nous précise que la Métro ne tient pas à ce que la politique climatique soit « *un facteur supplémentaire d'exclusion des populations fragiles vers des banlieues insalubres* ». C'est pourquoi, comme pour l'OPATB des Grands Boulevards, en plus des aides globales à la copropriété, il a été envisagé un dispositif d'aides complémentaires basé sur les revenus des copropriétaires et qui s'appuie en particulier sur les dispositifs mis en place par l'ANAH, bien que les plafonds de revenus des aides de la Métro soient un peu moins stricts que ceux de l'ANAH. Les subventions vont donc de 30% pour les plus aisés, à 80% pour les ménages les

[170] Le label vise une exigence de 80 kWh/m^2.an qui est modulée selon la zone géographique, ce qui porte ce seuil à 96 kWh/m^2.an pour le territoire grenoblois.

plus fragiles, avec des échelles intermédiaires entre ceux qui ne sont pas du tout aidés à titre individuel et ceux qui le sont presque entièrement.

Pour P. Bertrand, il est également important de noter que ces opérations permettent aux acteurs de la filière du bâtiment et notamment aux acteurs locaux, de dynamiser fortement leur activité et il souligne que le coût total des travaux représente un chiffre d'affaire important pour ces acteurs.

2.2.2.3. Difficultés rencontrées

Dans la mesure où la campagne isolation était en cours de réalisation au moment de la rencontre avec P. Bertrand, les difficultés qu'il a identifiées portent essentiellement sur le montage du projet.

D'abord, il souligne que la constitution du guichet unique est très complexe dans la mesure où, chaque institution est, du point de vue de la loi, la seule à pouvoir fournir aux copropriétaires les aides qu'il propose. Dans ce contexte, la mutualisation de l'ensemble des aides se heurte à d'importantes contraintes administratives.

Ensuite, le fait que les aides soient versées après la réalisation des travaux constitue un frein notable, puisque dans ce contexte, les subventions ne permettent pas de régler au bon moment les contraintes de liquidité. Pour la mise en œuvre de la campagne isolation, il a donc été envisagé de fournir en amont aux copropriétaires les subventions auxquelles ils ont droit. Mais cela pose des difficultés du point de vue de la trésorerie de la Métro qui elle, ne peut obtenir les financements des autres partenaires qu'une fois les travaux réalisés. Elle doit donc supporter pendant 1 à 3 ans l'ensemble des coûts liés au paiement des subventions.

Enfin, il nous explique qu'il est difficile de faire des prévisions et d'estimer l'impact du dispositif sur les réductions de CO_2 d'une part, car les calculs théoriques issus des logiciels de simulation thermique ne sont pas parfaitement fiables et d'autre part, parce que la variable comportementale joue un rôle très significatif. Dans la mesure où les mutations au sein des immeubles sont fréquentes et que chaque occupant à un comportement énergétique qui lui est

propre, il est selon lui presque impossible de déterminer avec précision les réductions à attendre.

2.3. Les animateurs

2.3.1. L'Agence Locale de l'Energie et du Climat de Grenoble

Rôle	Le rôle de l'ALEC dans l'OPATB et plus particulièrement dans la campagne « mur / mur » est d'assister la ville de Grenoble et la Métro dans les discussions avec les conseils syndicaux et des copropriétaires et de présenter les comptes rendus des audits énergétiques avec les bureaux d'études qui les ont réalisés.
Entretien	Entretien direct à l'ALEC avec François Sivardière le 10/03/11, chargé d'informer et d'accompagner les copropriétaires pour la campagne « mur / mur » et entretien téléphonique avec Arnaud Segon le 01/08/11, qui s'est davantage occupé de l'OPATB des Grands Boulevards.
Informations recherchées	Rôle de l'ALEC dans l'OPATB et la campagne mur / mur, point de vue sur les dispositifs, sur les blocages et sur les motivations des copropriétaires dans la décision de voter les travaux

2.3.1.1. Rôle de l'ALEC

Dans le cadre de l'OPATB des grands boulevards l'Agence Locale de l'Energie n'était pas un acteur de sensibilisation comme c'est le cas pour la campagne d'isolation mur / mur. Selon Arnaud Segon, agent de l'ALEC chargé de l'animation de l'OPATB, elle a joué essentiellement un rôle d'assistant de maître d'ouvrage plutôt que d'acteur de terrain. Elle a participé à une quinzaine de réunions de rendu des diagnostics avec le bureau d'étude (BE) afin de rendre plus pédagogique les éléments techniques présentés par le BE. La ville a fait appel à l'ALEC, suite au constat qu'il était nécessaire de compléter le discours « technique » des bureaux d'études afin que les copropriétaires puissent saisir tous les enjeux des travaux d'améliorations énergétiques.

La ville de Grenoble a également confié à l'ALEC l'évaluation de l'efficacité de l'OPATB. Elle doit donc réaliser un retour d'expérience concernant la perception des propriétaires sur le déroulement de l'opération et l'impact des travaux sur leur qualité de vie, ainsi que sur leur

facture énergétique. Pour l'évaluation quantitative, l'ALEC a réalisé un partenariat avec le CSTB de Grenoble pour le travail de récolte des données et d'analyses et la compagnie GEG afin qu'elle fournisse les relevés de consommations réelles après travaux. Concernant le retour d'expérience, A. Segon souligne l'intérêt indéniable de s'attacher à l'évaluation ex-post de l'opération, mais regrette qu'il ne soit pas prévu de récolter des informations sur les occupants, la taille des ménages, leur pratique, etc., compte-tenu de l'influence de ces caractéristiques sur la consommation énergétique des logements, rendant la comparaison de facture délicate.

2.3.1.2. Critères de décisions des copropriétaires

Pour A. Segon, c'est avant tout l'importance des subventions qui a conduit les copropriétaires à voter les travaux, dans le sens où, ils avaient conscience que les aides fournies constituaient une opportunité risquant de ne pas se renouveler à l'avenir. Lors des réunions de sensibilisation, François Sivardière, agent de l'ALEC chargé de l'animation de la campagne « mur / mur », nous dit avoir utilisé beaucoup l'argument de l'opportunité que constitue ce dispositif en expliquant aux ménages qu'à l'avenir ces aides ne seraient certainement plus disponibles et même, la réglementation pourrait les contraindre tôt ou tard à faire les travaux et ce, sans subvention. Pour lui aussi les subventions directes sont au cœur des motivations des ménages car sans elles, ils ne réaliseraient pas les travaux. Selon les premiers retours des copropriétés, le côté progressif du système d'aide qui avantage le bouquet de travaux le plus ambitieux (la rénovation exemplaire) incite les ménages à choisir cette option. Il nous précise qu'il est finalement moins coûteux de réaliser la rénovation exemplaire que la rénovation progressive compte-tenu du montant des aides apportées dans le premier cas. En revanche, concernant le crédit d'impôt, il dit peu en parler car il ne sait pas comment ce dispositif va évoluer et s'il sera toujours en place à la fin de la campagne.

D'après A. Segon, ce n'est pas l'argument de la rentabilité qui motive les ménages, car, comme il le précise, même si le temps de retour est inférieur à la durée de vie des équipements, un retour sur investissement supérieur à 7 ou 10 ans reste trop élevé pour les copropriétaires. Selon lui, pour l'OPATB des Grands Boulevards, c'est surtout l'obligation de ravalement qui a joué un rôle-clé dans la décision de réaliser les travaux d'isolation, car sans cela, une partie des copropriétés n'aurait sans doute pas décidé de se lancer spontanément

dans des travaux de l'ensemble du bâti. F. Sivardière précise que la question du temps de retour lui est souvent posée lors des réunions puisqu'elle revient dans près d'un cas sur deux. Il nous explique qu'il est d'ailleurs difficile d'y répondre car plusieurs paramètres entrent en jeu et certains copropriétaires soulèvent parfois la question de l'incertitude. Dans ce contexte, il nous dit communiquer assez peu de façon précise sur cette question car il n'est pas certain des chiffres qu'il avance. Lorsqu'il explique au copropriétaire que le temps de retour du surcoût lié à la pose de l'isolant varie de 3 à 7 ans, certains copropriétaires lui répondent que ce sont quand même des temps de retour trop longs.

Le paramètre sur lequel F. Sivardière dit insister est la valorisation du patrimoine et il appuie son propos en expliquant aux copropriétaires que d'après des études étrangères, les travaux d'isolation permettent d'augmenter la valeur du logement de 10 à 15 %, ce qui représente trois fois le prix de l'investissement. Il nous précise que ce sont certes des informations « *à la louche* » mais qui visent à « l*eur faire prendre conscience que dans tous les cas, ils y gagnent* » et ce pour plusieurs raisons : baisse de la facture, valorisation du patrimoine, confort, etc.. Sur la question de la valeur verte, il souligne que les personnes âgées ne sont pas très réceptives car elles ne comptent plus louer ou revendre leur logement. Il nous avoue utiliser l'argument de la valorisation du bien sans vraiment savoir dans quelle mesure les travaux d'isolation valorisent le patrimoine ou s'ils permettent seulement de ne pas le dévaloriser, mais il est certain d'impacts non neutres de ce paramètre.

Le confort est également un des critères utilisés pour inciter les copropriétaires à faire des travaux, même si les ménages ne semblent pas considérer ce critère comme central dans leur décision d'investir. Pour F. Sivardière, cela vient du fait qu'ils n'ont pas réellement de problème de confort car ils se chauffent en général au-delà de ce qui est préconisé.

Au cours des 80 réunions d'informations que F. Sivardière a animées, seulement deux ou trois personnes ont mis le critère environnemental en avant. Il nous précise que lors de la sensibilisation il n'en parle pas ou très peu car il s'est aperçu que c'était loin d'être la préoccupation principale des ménages. Il estime donc qu'il est bien plus « *productif* » de parler de la question économique que de la question environnementale.

Pour lui au final, parmi les trois principaux arguments – économie d'énergie, valorisation du patrimoine, amélioration du confort – c'est le premier qui est principalement énoncé, à la fois par les copropriétaires et par les agents de l'ALEC.

2.3.1.3. Principaux freins

- Au niveau du travail des agents de l'ALEC

Pour A. Segon, une des principales difficultés a été de rendre « lisible et intelligible » cette opération auprès des copropriétés. Concernant la connaissance de l'OPATB, il explique qu'il y a eu assez peu de communication générale car le périmètre était limité à une zone géographique donnée et donc la communication a été essentiellement de proximité, ciblée aux bâtiments concernés par ce périmètre. Au niveau des procédures à suivre par les copropriétaires pour participer à cette opération et pour connaître les aides auxquelles ils pouvaient prétendre, il note que le travail d'information a parfois été complexe. En effet, il souligne que lors des premiers contacts, il était impossible d'annoncer en amont de combien allait être le montant des aides, d'une part, car lorsque l'opération a été lancée toutes les modalités de financement n'étaient pas clairement définies, et d'autre part, car une fois définies, les règles se sont avérées complexes en raison du cumul de financements (Ville, ADEME, ANAH etc.) reposant sur des assiettes différentes. Il précise toutefois que vers la fin de l'opération, l'ALEC était davantage en mesure d'informer globalement les copropriétaires sur le montant des aides qu'ils pouvaient obtenir.

Pour F. Sivardière, les copropriétaires « *se méfient* » parfois des informations fournies par les animateurs qui peuvent être par moment perçus comme « *des commerciaux qui cherchent à vendre quelque chose* ». Selon lui, les retours d'expérience d'autres ménages tels que ceux qui ont bénéficié du dispositif OPATB peuvent avoir plus d'impact que le message des agents de l'ALEC. F. Sivardière précise qu'il a été parfois confronté à « *la mauvaise foi de certains* » qui cherchent tous les arguments pour invalider un à un les éléments qui leur sont présentés ou pour mettre en avant des effets négatifs même lorsqu'ils sont vraiment secondaires voire pas du tout avérés. Par exemple, il a été confronté à une situation où l'un des copropriétaires avait expliqué aux autres ménages que l'isolation des murs allait réduire l'ensoleillement des logements en raison du décalage des fenêtres en profondeur. F. Sivardière souligne que s'il est

important de tenir compte de ce type d'argument, il est encore plus important de « *mettre en balance* » des arguments qui se valent et donc de ne pas rendre trop saillants des éléments qui sont secondaires. Ainsi pour lui, le fait que les aides soient très importantes, que ces travaux offrent la possibilité de réduire la facture énergétique, d'améliorer le confort et de valoriser le logement, sont des points « *qui devraient faire pencher la balance vers une acceptation des travaux* », et il regrette que l'ensemble de ces avantages soient « *mis en concurrence* » avec le type d'argument avancé dans son exemple. Il estime que pour réaliser ce travail d'animation, des compétences de psychologues seraient sans doute tout autant, voire davantage, nécessaires que des compétences de thermicien car les décisions des ménages dépendent plus de la force de conviction et de la façon dont les messages sont diffusés que des arguments en tant que tel.

Pour lui, il y a trois catégories de copropriétaires concernant l'acceptabilité des travaux : ceux qui sont « pour » dès le début, mais qui sont en faible nombre ; ceux qui sont indécis et qui représentent la majorité des cas ; et ceux qui sont fondamentalement opposés et qui sont en faible nombre également. Concernant ces derniers, F. Sivardière considère que quels que soient les arguments apportés, ils ne changeront pas d'avis. Le travail d'information et de sensibilisation doit donc surtout se concentrer sur les « *indécis* » tout en créant « *une dynamique de groupe* », de sorte que ceux qui sont « contre » ne les influencent pas dans le mauvais sens.

- Au niveau des copropriétaires

Du côté des ménages, pour F. Sivardière, le principal blocage est la somme à débourser pour les travaux. Pour beaucoup de ménages, ce sont des dépenses perçues comme « *superflues* ». Ce qui l'étonne, c'est que d'après les échanges qu'il a eus avec eux, il apparaît qu'ils ne remettent pas en question le besoin de ravaler les murs mais en revanche, ils s'interrogent plus longuement sur la nécessité de faire de l'isolation et ce, malgré les subventions. Le fait que les aides ne soient versées qu'après les travaux renforce ce blocage, notamment chez ceux qui n'ont pas de fonds disponibles et qui ont déjà atteint leur capacité d'endettement.

L'autre difficulté, soulignée par A. Segon, concerne les barrières qui entourent la prise de décision en copropriété. En tant que gestionnaires, les syndics de copropriété jouent un rôle notable dans l'aboutissement du projet, mais un nombre restreint de ceux qui étaient concernées par le dispositif s'y sont intéressés. Il note que dans ce contexte, il est primordial

de ne pas seulement accompagner les copropriétaires dans leur démarche, mais de mettre également en place un dispositif d'accompagnement des syndics. Ceci est pour lui d'autant plus nécessaire que les changements de syndics se font en moyenne tous les 4 ou 5 ans dans la région grenobloise, ce qui laisse supposer que les copropriétaires ne sont que partiellement satisfaits et qu'il n'y a pas de réelle relation de confiance entre ces deux groupes d'acteurs. En revanche, il remarque que lorsque ce sont des syndics bénévoles non professionnels qui gèrent la copropriété, leur implication est plus grande et ils parviennent mieux à motiver les copropriétaires pour qu'ils s'intéressent au dispositif. Concernant le conseil syndical, pour F. Sivardière son influence est importante, mais, dans la mesure où les membres sont souvent des personnes retraitées, ils ne sont pas toujours favorables à la réalisation de travaux d'amélioration énergétique. Il souligne également qu'au sein de la copropriété, un élément a priori susceptible d'être un facteur positif, comme la solidarité entre les copropriétaires, s'avère en réalité être un point bloquant pour le vote des travaux. En effet, il précise avoir entendu à plusieurs reprises des copropriétaires lui expliquer que si eux pouvaient financer les travaux, cela n'était pas le cas pour l'ensemble des habitants de l'immeuble et que s'ils ne voulaient pas voter les travaux c'est parce qu'ils ne souhaitaient pas mettre en difficulté certains de leurs voisins.

2.3.2. Le PACT de l'Isère

Rôle	Assurer l'animation en aidant les copropriétaires à réaliser leur dossier de demande de subvention
Entretiens	Entretiens téléphoniques le 15/03/11 avec Carole Marc puis avec Monique Guégan, agents du PACT de l'Isère.
Informations recherchées	Rôle du PACT ; Solutions de financements utilisées par les ménages ; Solutions en cas d'impossibilité pour un copropriétaire de payer les travaux lorsque la copropriété les a votés ; Principaux freins ; Critères de décision des ménages dans la réalisation des travaux.

2.3.2.1. Rôle du PACT

Le PACT a répondu à l'appel d'offre lancé par la ville (OPATB) et par la Métro (mur / mur) pour l'accompagnement des copropriétés. À la différence de l'ALEC qui a davantage un rôle d'accompagnement à la maîtrise d'ouvrage, le PACT à un rôle de sensibilisation et d'accompagnement complet des copropriétés, du début à la fin de l'opération :

- il aide les copropriétés à voter lors des AG, après qu'ils aient rencontré l'ALEC. La première mission du PACT est donc de faire en sorte qu'ils choisissent le maître d'ouvrage à la suite de réunions d'informations avec les copropriétaires, le syndic et le conseil syndical. Le PACT suit également le maître d'ouvrage pour veiller à ce qu'il respecte le cahier des charges.
- il prépare les dossiers de subventions afin que la ville sache quel est le montant à verser pour les aides globales.
- il évalue le montant d'aides individuelles en fonction des plafonds de revenus et des types de logements des différentes catégories de propriétaires.
- une fois les travaux votés, il monte un plan de financement avec un comité technique.

2.3.2.2. Montage des dossiers de subventions

Monique Guégan, agent du PACT de l'Isère, souligne qu'avant le vote des travaux certains copropriétaires avaient contacté le PACT pour connaître approximativement le montant d'aides qu'ils pouvaient obtenir, mais d'autres, n'ont pas cherché cette information en amont. Ils ont donc voté les travaux sans savoir réellement dans quelle proportion ils allaient être subventionnés. En revanche, une fois les travaux votés, le PACT a envoyé un courrier à tous les copropriétaires pour leur demander un ensemble d'informations (livret de famille, avis d'imposition etc.) afin de déterminer le montant d'aides auquel ils avaient droit. M. Guégan note en fait que les copropriétaires n'ont pas du tout eu à chercher les informations à ce sujet, puisque le PACT s'est intégralement chargé de cette tâche.

Pour les propriétaires occupants, les aides individuelles ont été octroyées par la ville et par l'ANAH en fonction de leurs revenus. Pour les ménages très modestes, représentant environ 5% des copropriétaires engagés de l'OPATB, les aides sont allées jusqu'à 100% du coût total des travaux. Pour les propriétaires-bailleurs, les aides n'ont été données que par l'ANAH,

pour un maximum de 15% du coût des travaux et sous certaines conditions, notamment la pratique d'un loyer conventionné et le maintien du logement en location pendant au minimum 9 ans.

Concernant l'obtention de prêts bancaires, le rôle du PACT a été seulement de faire de l'information notamment, comme le souligne M. Guégan, pour les personnes plus âgées qui connaissent mal leur fonctionnement. Cependant, d'après elle, peu de personnes ont utilisé l'emprunt pour financer les travaux et n'ont donc au final pas non plus utilisé le dispositif d'éco-prêt à taux zéro, qui était pourtant cumulable avec les aides versées dans le cadre de l'OPATB.

L'importance des subventions a permis, selon M. Guégan, de garantir la solvabilité de l'ensemble des copropriétaires. Il n'y a pas eu, d'après elle, de cas où les travaux ont été votés alors qu'un copropriétaire n'avait pas les moyens de payer. Elle précise que toutes les solutions ont été utilisées pour éviter cette situation comme l'étalement par le syndic de l'appel de fonds sur deux ans au lieu de quatre mois ou la demande d'aides complémentaires auprès de la fondation Abbé Pierre. Carole Marc, également agent du PACT Isère, a cependant relevé un cas où un propriétaire a dû vendre son logement car il ne pouvait pas payer les travaux, mais elle précise que ce dernier n'a pas répondu aux sollicitations du PACT pour le montage des dossiers de subventions. Il a au final laissé passer l'échéance concernant la demande d'aides, qui ne sont pas rétroactives. Or, sa quote-part était importante puisqu'il possédait deux logements dans un immeuble qui en compte dix au total et le coût qu'il devait supporter pour payer les travaux était élevé. C. Marc tient à préciser que les ventes d'appartements sont rarement la seule solution et que cela relève davantage d'une stratégie que d'un choix contraint. Certains copropriétaires vendent soit avant les travaux pour ne pas les payer, soit après parce que le logement a pris de la valeur. Elle remarque que l'obligation de ravalement est souvent une période charnière dans la vente de logements.

2.3.2.3. Les facteurs bloquants

Pour C. Marc, le principal facteur bloquant pour la décision de voter la mise en œuvre des travaux est lié à l'impossibilité pour les copropriétaires d'emprunter ou d'utiliser leur épargne pour les travaux. Elle note que ce sont paradoxalement les ménages ayant des revenus moyens

qui ont le plus de difficultés à payer les travaux, notamment car les aides qui leur sont accordées représentent moins de la moitié du coût total des travaux. Par exemple, les propriétaires-bailleurs qui utilisent les revenus de la location comme un complément de retraite ne peuvent prétendre à beaucoup d'aides, alors que leurs revenus ne sont pas toujours élevés.

Le second frein à l'investissement est, selon C. Marc, lié à la perception qu'ont les ménages de leur « *situation énergétique* ». Dans certains logements, les factures énergétiques sont relativement basses et les ménages estiment d'une part, que le budget chauffage n'est pas assez important pour chercher à le faire diminuer, et d'autre part, que leur niveau de confort est satisfaisant. Ainsi, pour certains, les travaux d'amélioration énergétique nécessitent de dégager des fonds trop importants par rapport aux bénéfices qu'ils engendrent et ils représentent donc des investissements plus que secondaires.

2.3.2.4. Critères de décision des copropriétaires

Pour C. Marc, les motivations des ménages à voter favorablement les travaux dépendent de leur profil socio-économique et de leur statut : un propriétaire bailleur n'aura pas les mêmes motivations qu'un propriétaire occupant et au sein de cette dernière catégorie, une personne âgée ne s'appuiera pas non plus sur les mêmes critères de décision qu'un jeune ménage. Ainsi, des tendances générales se dégagent concernant les critères de décisions et C. Marc les hiérarchise de la façon suivante :

(1) C'est selon elle, d'abord l'obligation de ravalement, couplée à l'obtention d'aides, qui a le plus pesé dans les décisions d'engager les travaux d'amélioration thermique. En effet, toutes les copropriétés qui choisissaient de faire le ravalement de façade de leur immeuble sans ajouter de l'isolation n'avaient pas le droit aux subventions, ce qui finalement pouvait être plus coûteux pour certains ménages. L'argumentaire du PACT était donc d'expliquer aux ménages que sans travaux d'isolation, ils seraient tenus malgré tout d'engager des dépenses liées à l'obligation de ravalement, mais que s'ils décidaient de voter les travaux d'isolation, ils pouvaient obtenir des aides allant au minimum de 50% à 150% (pour les ménages les plus modestes) du surcoût lié à l'isolation. Pour ces derniers, ils étaient donc moins coûteux de choisir la solution de ravalement + isolation que celle du ravalement seul.

(2) Ensuite, l'amélioration du confort d'hiver mais également d'été a semblé être la seconde motivation d'une grande partie des ménages. Les animateurs ont fortement insisté sur ce point pour les inciter à voter les travaux.

(3) Le troisième critère de décision est la valorisation du logement. Les agents en charge de la sensibilisation se sont aperçu que les copropriétaires étaient sensibles à cet argument. Carole Marc remarque que c'est encore plus significatif pour les propriétaires-bailleurs qui ne bénéficieront pas des réductions de leur facture et de l'amélioration du confort, mais qui savent que l'amélioration de l'étiquette DPE, qui est désormais obligatoire, peut leur donner la possibilité de mieux valoriser leur logement pour les prochaines locations.

(4) La réduction de la facture énergétique est l'un des arguments qu'ils mettent le moins en avant lors des réunions d'information car, comme elle le précise, ils ne sont pas en mesure de donner des valeurs exactes sur les économies d'énergie à attendre, compte-tenu des facteurs a priori « *non maîtrisables* » comme l'effet-rebond ou l'augmentation du prix de l'énergie. Elle précise à ce titre que « *les détracteurs du dispositif* » utilisent justement la question de l'impossibilité de déterminer la réduction de la facture pour fournir des contre-arguments au vote des travaux.

(5) Enfin, la protection de l'environnement semble d'après elle n'intéresser qu'une infime partie des copropriétaires. Les animateurs présentent donc cet argument seulement comme étant « *la cerise sur le gâteau* », mais aucunement comme un mobile d'incitation. Elle précise qu'il n'est pas opportun de culpabiliser les ménages sur l'impact environnemental de leur activité, sachant que ces derniers estiment que ce ne sont pas eux les plus gros pollueurs. Elle note toutefois que les jeunes sont plus sensibles à cette question et sont en général plus motivés que les personnes âgées à s'intéresser à l'amélioration de l'efficacité énergétique, ce qui est pour elle, plutôt bon signe pour l'avenir.

2.4. Les intermédiaires : les syndics de copropriété

Rôle	Faire le montage des dossiers pour le choix et le paiement des bureaux d'architectes et fournir les informations aux copropriétaires. Organiser les appels de fonds pour le paiement des travaux par les propriétaires.
Entretiens	La liste des syndics gérant les 40 copropriétés qui ont bénéficié de l'audit énergétique nous a été fournie par S. Delmas. Nous avons sélectionné parmi cette liste, les agences qui géraient à la fois des copropriétés qui ont voté les travaux et des copropriétés qui ne les ont pas votés. Au total, 6 syndics ont accepté de répondre à nos questions, représentant en tout 23 copropriétés (639 logements) dont 10 d'entre elles ont voté les travaux d'amélioration énergétique (pour un montant total de 2,385 millions €) (Tableau 23, p.256). Nous avons procédé à 2 entretiens téléphoniques et à 4 entretiens directs. L'ensemble des entretiens s'est déroulé au cours du mois de septembre 2010. Dans le cadre des entretiens que nous avons conduits auprès des ménages, dont l'analyse est présentée dans le prochain paragraphe, nous avons en outre rencontré, de façon imprévue, un syndic bénévole qui gère une copropriété de 10 logements. Nous relatons donc également l'échange que nous avons eu avec lui, et, compte-tenu du grand nombre d'informations qu'il nous a fourni concernant le déroulement de l'opération dans son immeuble (préparation des travaux, avis des différents copropriétaires, premiers suivis après travaux, etc.)[171], nous présentons plus en détail le cas de cette copropriété dans l'Encadré 13, p.261.
Informations recherchées	Profils des copropriétaires, intérêt et implication des copropriétaires dans la vie de la copropriété en générale et dans le dispositif OPATB en particulier. Rôles (officiel et non officiel) que les syndics ont joués dans la décision finale concernant le vote des travaux.

Nous avons choisi de ne pas révéler l'identité des syndics dans la mesure où ils ont tous parlé autant en leur nom qu'en celui de leur société et que certains ont émis des avis assez tranchés sur l'intérêt du dispositif. Chaque interviewé est donc désigné par un nom d'arbre[172] : Mme Bouleau, M. Cyprès, Mme Saule, M. Sapin, Mme. Mimosa et Mme Châtaigner (pour les syndics professionnels), et M. Cèdre (syndic bénévole).

[171] En plus de l'entretien que nous avons réalisé avec lui, il nous a fourni un document récapitulant les réponses détaillées à un questionnaire que lui avait envoyé Nicolas Tropini de l'ALEC. Nous utilisons donc également dans ce paragraphe et dans l'Encadré 13, p.268, des points issus de ce document.

[172] Parce que les arbres contribuent à la séquestration du carbone mais aussi parce que nous ne pouvions pas leur donner des noms d'oiseaux …

Tableau 23 : Caractéristiques des copropriétés gérées par les syndics interviewés

	nombre de copropriétés gérées	nombre de copropriétés qui ont fait les travaux d'amélioration thermique	montant des travaux (HT)	moyenne aides globales par copropriété
M. Sapin	6 (195 logements)	4 (114 logements)	826 000 €	de 28% à 32%
Mme Mimosa	6 (102 logements)	4 (59 logements)	612 000 €	de 19% à 53%
Mme Cyprès	2 (19 logements)	0		
Mme Bouleau	3 (77 logements)	1 (27 logements)	315 000 €	49%
Mme Saule	2 (121 logements)	1 (84 logements)	632 000 €	33%
Mme Châtaigner	4 (125 logements)	0		
M. Cèdre	1 (10 logements)	1	158 000 €	35%

2.4.1.1. Profil et implication des copropriétaires et du conseil syndical

Mme Mimosa indique qu'il y a beaucoup de retraités dans les immeubles dont elle a la gestion. Elle considère toutefois que l'argument du manque de liquidité que ces derniers avancent pour expliquer leur refus des travaux n'est pas toujours justifié car lorsque les travaux sont décidés par la copropriété, ils n'ont pas de difficulté pour débloquer les fonds, parce qu'ils disposent généralement d'une épargne.

Mme Mimosa note que les copropriétaires-occupants sont davantage présents aux Assemblées Générales (AG) que les propriétaires-bailleurs et que même dans les immeubles où la part de ces derniers est la plus large, ce sont les propriétaires-occupants qui sont présents en plus grand nombre. Elle précise que la participation des copropriétaires est plus importante lorsqu'il y a une « vie de copropriété », mais que ce sont des cas assez rares. Mme Bouleau et M. Sapin la rejoignent sur ce point, puisqu'ils notent que le taux de participation aux AG est en moyenne tout juste supérieur à 50% des copropriétaires, avec une majorité de propriétaires occupants.

M. Cèdre note que les spécificités de la copropriété qu'il gère ont largement favorisé le vote positif : d'abord, il s'agit d'une copropriété de petite taille donc avec peu de personnes à convaincre ; ensuite il y a peu de propriétaires-bailleurs et « *la composition sociale est favorable* » ; enfin, les copropriétaires ont plutôt confiance en leur syndic et il règne « *une ambiance respectueuse* » dans l'immeuble.

Concernant le rôle du conseil syndical, Mme Bouleau considère qu'il joue un rôle central dans le choix du vote des travaux et que s'il est pour, le projet a de forte chance d'aboutir, notamment parce qu'il procède à « *une préparation psychologique* » auprès des copropriétaires. M. Cyprès témoigne cependant du cas d'une des copropriétés qu'il gère, où le conseil syndical était fortement impliqué, mais où les travaux n'ont pas été votés, ce qui a conduit ses membres à démissionner.

2.4.1.2. Principaux freins

Une des copropriétés n'a pas tenu à faire l'isolation pour des raisons architecturales. Le bâtiment est en gravillons lavés et l'isolation du pignon nord aurait empiété sur la surface cadastrale de l'immeuble voisin. De plus les copropriétaires craignaient que l'isolation au niveau des balcons ne dénature l'architecture globale de l'immeuble. Mme bouleau constate en général dans les copropriétés qu'elle gère, une appréhension de certains copropriétaires concernant la faisabilité technique des travaux.

Pour Mme Saule, il y a eu deux principaux freins dans l'immeuble où les travaux n'ont pas été votés : les contraintes de liquidité et l'influence de deux copropriétaires qui étaient « *absolument contre* » ces travaux, même si selon elle, ce n'était pas ceux qui auraient eu le plus de difficultés à les financer. Elle regrette que les ménages les plus modestes n'aient pu profiter des importantes subventions proposées – représentant pour l'ensemble de l'immeuble 80 000 € – pour pouvoir améliorer leur confort et réduire leur facture.

Pour M. Cyprès et Mme Châtaigner le refus des travaux dans les immeubles dont ils ont la gestion s'explique par la part prépondérante de propriétaires-bailleurs et par la présence de foyers modestes, puisque les propriétaires-occupants étaient majoritairement pour. Pour un des biens dont M. Cyprès a la gestion, le ravalement a été réalisé mais pas les travaux d'isolation alors qu'il y a avait une majorité de ménages qui pouvaient bénéficier de subventions importantes, et même dans certains cas où il était moins coûteux de réaliser le ravalement et l'isolation, que le ravalement seul. Cette incohérence s'explique pour lui par le fait que la majorité des aides n'est donnée qu'après la réalisation des travaux, mais qu'en amont, les ménages n'ont pas les liquidités suffisantes pour faire l'avance. Ils choisissent donc la solution initialement la moins coûteuse.

Pour Mme Bouleau et Mme Châtaigner, une des principales difficultés est qu'il y a un fort turn-over au sein des copropriétés, avec d'un côté des ménages qui ne souhaitent pas investir dans les travaux car ils comptent déménager ou, pour les personnes âgées, car elles ne sont pas sûr de pouvoir récupérer leur investissement, et de l'autre, des ménages qui viennent d'emménager et qui ont contracté un emprunt pour l'achat de leur nouveau logement et n'ont plus de marges de manœuvre au niveau financier.

Mme Bouleau et M. Sapin ont tous les deux souligné qu'il y avait toujours d'autres affaires courantes à gérer, comme les travaux et les factures d'ascenseurs, qui sont pour eux prioritaires et c'est seulement une fois que ces frais sont payés par les propriétaires, que des travaux dont l'importance est moins imminente, peuvent être envisagés. Le problème est que, selon eux, il y a en permanence des dossiers plus pressants à gérer.

M. Cèdre souligne également le fait que les travaux de l'OPATB ne sont pas obligatoires ce qui les rend secondaires par rapport aux obligations de ravalement et de remise aux normes des ascenseurs. Dans la copropriété dont il a la gestion, il considère que le report de l'échéance du paiement de la première tranche pour la mise aux normes de l'ascenseur a été un élément facilitateur pour le vote des travaux d'amélioration énergétique.

Une des difficultés que M. Cèdre a rencontrées est le fait qu'il y ait un fort écart entre les coûts prévisionnels, issus des audits énergétiques et les devis réels, mais également au niveau des aides de l'ADEME. Pour son immeuble, sur l'ensemble des travaux, le chiffrage de l'audit énergétique portait en 2007 le coût total à 141K€ avec un taux de subvention de 50% alors que sur le devis de l'entreprise ce coût était de 170K€ et le taux d'aides finalement accordées de 34,3%. Compte-tenu de ces difficultés, M. Cèdre a senti que les copropriétaires commençaient à remettre en cause le projet. Il souligne également que si le taux de subvention – bien qu'inférieur au taux prévu – restait « *motivant* », le fait que les aides ne soient pas fournies avant les travaux pouvait constituer un véritable frein. Il précise que 75% des aides fournies par la ville de Grenoble ont été versées en amont, mais que celles-ci ne représentent que 13% du total de la subvention, le reste étant fourni par l'ADEME, seulement une fois les travaux réalisés. Il note que pour lui (qui est syndic bénévole et également propriétaire d'un logement de l'immeuble qu'il gère) et pour deux autres copropriétaires, le dispositif d'éco-prêt a, dans ce contexte, été un atout en amont des travaux. Il a d'ailleurs été à l'initiative d'une forte sensibilisation sur ce dispositif auprès des copropriétaires de son immeuble (Encadré 13, p.261).

M. Cyprès explique que lorsque les copropriétaires sont hésitants concernant leur décision de voter pour ou contre les travaux, tous les arguments et les évènements peuvent « *faire pencher la balance* » d'un côté ou de l'autre. Il illustre son idée en nous rapportant que, lors d'une AG au cours de laquelle la décision de réaliser les travaux d'isolation devait être a priori votée, une copropriétaire « *a expliqué tout en pleurant* » qu'elle n'aurait jamais les fonds pour pouvoir tout payer et qu'elle serait obligée de vendre son logement. Pour M. Cyprès cet événement a sans doute poussé certains copropriétaires hésitants à reconsidérer leur point de vue et à décider de ne pas voter les travaux d'amélioration énergétique, qui finalement n'ont pas eu lieu.

2.4.1.3. Implication et influence des syndics

Pour Mme Mimosa le fait que la ville ait offert le bilan énergétique était une occasion à ne pas manquer. Elle a donc veillé à ce que les copropriétés dont elle avait la gestion puissent en bénéficier. Elle considère que compte-tenu des aides proposées, les travaux d'isolation étaient un moyen d'améliorer la situation des ménages les plus modestes. Elle a eu connaissance de cette opération grâce à « *l'importante* » communication réalisée par la ville. Elle note que le compte rendu des audits énergétiques fait par le bureau d'étude et les réunions d'informations ont été un des points forts de l'opération. Elle regrette d'ailleurs que ce système ne soit pas maintenu dans la campagne mur / mur, car selon elle il permet aux copropriétaires de bien comprendre les enjeux spécifiques à leur immeuble et contribue ainsi à les sensibiliser. Mme Mimosa considère que l'avis du syndic n'est pas neutre et qu'elle s'est clairement positionnée comme « *prescripteur* » afin que les copropriétés dont elle a la gestion acceptent de s'engager dans l'opération. Elle s'est de ce fait, beaucoup impliquée et compte garder la même posture pour la campagne mur / mur. Ceci peut expliquer en partie pourquoi sur les 6 copropriétés dont elle a la charge, 4 ont réalisé des travaux d'amélioration thermique, sachant que les deux autres n'avaient pas d'obligation de ravalement de façade.

Pour M. Cèdre, qui est un syndic bénévole, le rôle du syndic est absolument déterminant et il doit être convaincu des enjeux pour « *porter à bras le corps* » le projet et avoir suffisamment d'énergie pour lever une à une les difficultés rencontrées. Selon lui, le syndic doit se positionner auprès du conseil syndical comme « *leader, accompagnateur et interprète des aspects techniques, organisationnels et financiers* ». Il souligne, qu'en tant que syndic

bénévole et aussi copropriétaire, le fait que les travaux sur l'ensemble de l'immeuble permettent à la fois de servir les intérêts de ses voisins mais également les siens, a favorisé son implication. Il précise qu'il a passé « *plusieurs centaines d'heures* » sur la gestion de cette opération, et il est convaincu que sans cette implication, le projet n'aurait pas abouti (Encadré 13, p. 261). Selon lui, un syndic professionnel n'a aucun intérêt à s'engager de cette façon si la rémunération qu'il obtient en échange n'est pas suffisante. Ainsi, il considère que le fait que les syndics soient bénévoles accroît fortement les chances de succès des projets.

Concernant l'opportunité de l'OPATB, M. Cèdre précise qu'il a fortement été intéressé par ce dispositif car il en a « *tout de suite perçu le caractère exceptionnel* » du point de vue de son organisation et du plan de subventions *« dans un contexte de forte augmentation des prix du gaz et d'accroissement des impératifs de protection de l'environnement »*. Pour lui, l'accompagnement de la ville, du PACT et de l'ALE a joué un rôle déterminant notamment parce qu'il a créé « *un climat sécurisant* ». Sans cela, il n'aurait pas pris le risque « *d'entraîner la copropriété dans une aventure économiquement risquée* ». La gratuité du diagnostique énergétique a également été un atout majeur.

Encadré 13 : Chronologie de mise en œuvre des travaux et implication du syndic : l'exemple d'une copropriété.

L'immeuble contient 10 logements identiques de 91m^2 avec des locaux au rez-de-chaussée accueillant une activité professionnelle. Le chauffage est au gaz collectif et la chaudière est d'origine et date du début des années 1960 (elle était initialement au fioul, puis est passée au gaz). Les travaux ont porté sur l'isolation de la façade nord qui se trouve côté rue, le remplacement de la chaudière par une chaudière à condensation, le remplacement des menuiseries dans 5 logements (fenêtre PVC, double vitrage à faible émissivité) et l'isolation des planchers bas. Le coût total des travaux est de 166 871 €TTC et la part des aides (hors fenêtres) est de 34,3%.

2006 : M. Cèdre, syndic bénévole, a découvert le dispositif OPATB début février dans le cadre d'une démarche personnelle de recherche d'informations sur les subventions qu'il pouvait obtenir pour le remplacement de ses fenêtres. Il a alors envisagé de faire participer sa copropriété à ce dispositif. Il a contacté le PACT de l'Isère et obtenu un rendez-vous avec Mme Marc pour obtenir des informations plus précises. Il a ensuite préparé les documents pour faciliter le travail du bureau d'étude (BE) chargé de réaliser l'audit énergétique (historiques des consommations, plan de l'immeuble, etc.).

2007 : Une réunion a été organisée en janvier, en présence du BE et de Carole Marc pour le rendu du diagnostic énergétique. Il a contacté Arnaud Segon de l'ALEC pour obtenir la liste des BE pouvant réaliser la maîtrise d'œuvre des travaux. Sur les cinq BE contactés, un seul était intéressé, le cabinet Guillemard, qui est celui qui a également réalisé tous les audits énergétiques de l'OPATB et donc celui de son immeuble. Les autres lui ont expliqué soit qu'ils ne faisaient que du neuf, soit qu'ils ne traitaient pas les petites copropriétés. Il a donc, en mars, demandé des devis à ce BE. En avril, il a présenté le résultat des premières simulations de travaux en réunion de conseil syndical et a convoqué, en fin mai 2007, une AG extraordinaire en présence de Arnaud Segon de l'ALEC, au cours de laquelle les copropriétaires ont voté l'engagement de la maîtrise d'œuvre pour l'obtention des études techniques et des devis.

2008 : Au mois de mars, il a contacté et rencontré l'entreprise de travaux pour l'isolation de la façade. Compte-tenu des dates limites fixées par la ville au 30/06/08, pour le dépôt des dossiers de ravalement et de subvention, il a demandé à la ville un délais supplémentaire qui a accepté de le reporter au 31/12/08. Tout le premier semestre a globalement été consacré à une mise au point avec les entreprises sur la faisabilité des travaux proposés et de leur éligibilité aux subventions. En septembre, il a envoyé une lettre aux propriétaires occupants afin qu'ils fournissent au PACT leur avis d'imposition de 2006 et de 2007, et donc que les aides individuelles soient spécifiées précisément. En octobre, il a obtenu, par l'intermédiaire du maître d'œuvre, trois devis pour le remplacement de la chaudière.

2009 : Fin février, une réunion du conseil syndical a été organisée en présence de Carole Marc et Sébastien Delmas au cours de laquelle des points en suspend concernant certains travaux ont été éclaircis. En mars, il a élaboré un document pédagogique sur l'éco prêt à taux zéro afin de montrer aux copropriétaires quelles étaient les démarches à faire pour l'obtenir. Le 26/06/09 a eu lieu l'AG concernant la décision finale pour les travaux au cours de laquelle ils ont été votés. En juillet 2009, un des copropriétaires ayant décidé de changer les fenêtres a pris en charge l'achat groupé afin d'obtenir des réductions de prix. C'est finalement le 16/07/09 que le dépôt final du dossier a eu lieu et l'avis officiel d'attribution des aides a été fourni par la ville le 09/09/09. Au dernier trimestre 2009, il a sollicité les entreprises de travaux afin qu'ils remplissent les formulaires type pour l'obtention des éco PTZ, qu'il a ensuite diffusés à l'ensemble des copropriétaires.

2010 : Les premiers travaux ont commencé au mois de janvier avec le remplacement des fenêtres et ont été suivis au cours du premier semestre par les travaux d'ensemble.

Depuis : les travaux sont terminés et un système de compteur individuel de chaleur a également été mis en place dans les logements ce qui a permis d'individualisé les factures de chauffage afin que les ménages soient responsabilisés. M. Cèdre qui réalise régulièrement un relevé de consommation depuis plusieurs années, a constaté que la consommation de gaz pour le mois de janvier et de février 2011 a diminué de 50% par rapport à celle de janvier et février 2010 se traduisant par une réduction de facture de 43,5%.

Selon Mme Bouleau, le rôle du syndic dans cette opération est de faire comprendre l'intérêt qu'elle présente notamment du point de vue des subventions proposées, mais également au niveau de la valorisation du logement, puisqu'elle considère qu'un logement isolé devrait être plus valorisé qu'un logement qui ne l'est pas. Mais le travail de gestion que ces projets demandent est trop lourd puisqu'il faut gérer les AG, les réunions exceptionnelles, la maîtrise d'œuvre, les devis et enfin les appels de fonds. Elle estime que le service rendu n'est pas assez payé puisqu'il est facturé de 1 à 2% du montant des travaux, dans le cas où ils sont votés. Elle considère que les syndics devraient être assistés dans cette tâche, d'autant plus que la ville, et en particulier son service urbanisme, formule des demandes « pointues » concernant la constitution des dossiers. Elle souligne également que dans la mesure où la durée des contrats de gestion est d'un an et que la concurrence est importante, les syndics peuvent chercher à connaître le point de vue du conseil syndical sur le projet avant de donner le leur, mais également à ne pas prendre le risque d'appuyer un projet dont ils ne sont pas certains des résultats.

Pour Mme Châtaigner, le rôle officiel du syndic est seulement de présenter les choses mais pas d'influencer les décisions. Elle nous a toutefois expliqué que dans son agence la règle est « *d'agir un peu en 'bon père de famille' et de conseiller les clients en veillant à ne pas les induire en erreur* ». Pour elle, il n'était pas opportun d'insister pour que les copropriétaires votent les travaux dans la mesure où les coûts étaient élevés et qu'il n'y avait pas de garantie concernant les retours sur investissement. Elle nous a ensuite fait part plus amplement de son avis sur l'OPATB et la campagne « mur / mur » en nous expliquant que « *sous prétexte de l'effet de mode qui entoure l'environnement, la ville pousse les ménages à s'endetter* » et qu'il était « *anormal que les deniers publics soient utilisés pour financer ce genre d'opération* ». Elle considère que les subventions versées, parce qu'elles proviennent de la ville ou des structures de l'Etat, sont en réalité payées par les contribuables et elle regrette que les impôts soient utilisés de cette façon. Selon elle, le fait qu'une partie des travaux soit financée par les fonds publics ne pousse pas les ménages à vouloir les entreprendre. Elle nuance toutefois son propos en précisant que cette opération peut avoir un intérêt si les subventions permettent d'aider les ménages à sortir de la précarité. Elle nous rapporte, d'une part qu'elle est très dubitative concernant l'intérêt de cette opération, et notamment des retours sur investissement qui sont annoncés dans les réunions d'information puisque les calculs ne peuvent être fiables, et d'autre part que les messages et les programmes « *culpabilisateurs* » qui visent à expliquer

aux gens qu'ils ne peuvent chauffer leur logement comme ils le souhaitent sont aujourd'hui trop nombreux et commencent à être « *pesants* ».

M. Cyprès et Mme Saule disent quant à eux avoir veillé à garder un avis neutre sur la question et à jouer seulement le rôle qui leur était demandé, celui de gérer les dossiers et d'informer les copropriétaires. M. Sapin dit s'en être tenu « *au strict minimum* » compte-tenu de l'importance des autres affaires courantes à gérer.

2.4.1.4. Impact des travaux

Mme Mimosa note que plusieurs copropriétaires ont constaté une amélioration de leur confort et une diminution des besoins de chauffage. Elle remarque qu'à la fin de l'hiver, les ménages ont arrêté d'utiliser le chauffage plus tôt dans les immeubles réhabilités que dans ceux qui n'ont pas été isolés. Les retours que M. Sapin a eu des copropriétaires concernant le premier hiver qui a suivi les travaux concluent également à une amélioration du confort et à une diminution des besoins.

Concernant la valorisation du bien, il note qu'un bien isolé, et donc confortable du point de vue thermique, ne se vendra pas plus cher, mais se vendra en revanche plus vite. Mme Mimosa et Mme Saule considèrent quant à elles que ce sont surtout les travaux de ravalement qui peuvent donner une valeur supplémentaire à l'immeuble, mais qu'à l'avenir il est probable que le fait qu'il soit isolé puisse être un argument de vente supplémentaire.

2.5. Les décideurs finaux : les copropriétaires

Rôle	Prendre part aux décisions lors des assemblées générales concernant le choix et le vote des travaux, et répondre aux appels de fond du syndic.
Entretiens	Pour réaliser les entretiens avec les ménages nous avons pris la liste et les adresses des bâtiments sur lesquels des travaux d'amélioration énergétique ont été réalisés et nous avons procédé à du porte à porte au cours du mois de mars 2011. Nous avons choisi cette méthode pour plusieurs raisons : d'abord, cela nous a permis de visiter les immeubles et d'analyser les éventuelles contraintes architecturales relatées par certains syndics ; ensuite, nous avons pu rencontrer différents profils de ménages – dont certains étaient pour les travaux et d'autres contre – et de pouvoir approfondir certains points ; enfin, cela nous a permis d'éviter les biais de sélection, puisque même les ménages qui a priori ne souhaitaient pas répondre à nos questions – et avec qui nous n'aurions pu obtenir un rendez-vous si nous avions utilisé un autre moyen pour entrer en contact avec eux – nous ont tout de même fourni quelques informations. Il est évident toutefois dans ce contexte que tous les ménages interrogés sont des propriétaires occupants puisque les locataires ne participe pas à la décision en AG. Au total, nous avons visité 8 copropriétés qui ont voté les travaux d'amélioration énergétique (Tableau 24, p.265) et nous sommes parvenus à recueillir les témoignages de 24 copropriétaires dont 17 ont voté pour les travaux. Parmi l'ensemble des copropriétaires, nous avons rencontré deux membres de conseil syndical dont un qui, en tant qu'architecte, était également le maître d'œuvre des travaux dans sa copropriété et un syndic bénévole dont le témoignage a été présenté dans le paragraphe précédent.
Informations recherchées	Eléments qui ont motivé les propriétaires à voter soit pour, soit contre les travaux d'amélioration énergétique ; mode de financement des travaux ; Ressenti global sur l'opération

Tableau 24 : travaux réalisés dans les copropriétés interrogées

Nombre de logement/ copropriété	Travaux réalisés	Montant total des travaux	Pourcentage d'avis favorables*
16	Isolation de 3 façades	125 000 €	70%
10	Isolation de 2 façades + remplacement de la chaudière + isolation du plancher	158 000 €	80%
10	Isolation d'1 façade + isolation de la toiture + isolation du plafond et du hall de la cave + remplacement de 50% des fenêtres	159 000 €	70%
18	Isolation de 2 façades + isolation des combles	150 000 €	66%
20	Isolation des 4 façades+ isolation des terrasses + isolation des planchers	138 000 €	-
10	Isolation de 2 façades + isolation de la toiture et du porche	175 000 €	-
19	Isolation des 4 façades	175 000 €	70%
84	Isolation des 4 façades	632 000 €	-

* Nous avons recueilli ces informations auprès des copropriétaires, c'est pourquoi les valeurs sont approximatives pour certains immeubles et inconnues pour d'autres. Les parts sont estimées en nombre de propriétaires et non en tantième ou en nombre de lots.

2.5.1.1. Motivations de ceux qui étaient pour les travaux

Pour déterminer les critères qui ont poussé les ménages à voter favorablement aux travaux d'amélioration énergétique, nous avons d'abord posé une question ouverte : « *pourquoi étiez-vous pour les travaux ?* », puis nous leur avons demandé de noter de 0 à 5, les critères suivants, en mettant 0 lorsque le critère donné n'a pas du tout influencé leur choix, et 5 lorsque le critère a été déterminant : la recherche de l'amélioration du confort, les économies de facture, la valorisation du logement, la réduction des émissions de GES, la possibilité d'obtenir des subventions, la protection contre les nuisances sonores, l'obligation de ravalement.

À la question ouverte, l'ensemble des ménages nous a répondu spontanément que sans l'obligation de ravalement et sans les subventions, les travaux d'amélioration énergétique n'auraient pas été réalisés. Certains ont avancé également qu'ils espéraient faire des économies d'énergie et en particulier deux retraités, qui nous ont précisé qu'ils étaient présents dans leur appartement tout au long de la journée et qu'ils étaient donc obligés de chauffer en permanence. D'autres ménages étaient en revanche plus sceptiques sur l'impact réel des travaux sur leur facture.

Trois propriétaires (chacun dans des immeubles différents), tous les trois assez âgés, nous ont expliqué qu'ils avaient voté favorablement aux travaux mais qu'ils n'avaient pas eu le choix puisque selon eux c'était obligatoire. Lorsque nous leur avons fait remarquer que sans l'accord de la majorité des copropriétaires les travaux d'isolation n'auraient pas eu lieu, deux d'entre eux ont précisé qui leur avait juste été dit que les travaux étaient obligatoires. Il nous a donc semblé que ces copropriétaires n'avaient pas réellement fait la distinction entre le ravalement et l'isolation notamment car ils ont qualifié tout au long de l'entretien les travaux de « *travaux de peinture* » ou « *de ravalement* », sans mentionner la question de l'isolation. La troisième personne nous a répondu que même si ce n'était pas obligatoire, elle aurait tout de même voté pour les travaux d'isolation.

Les notes attribuées aux différents facteurs ayant encouragé les ménages à voter les travaux d'amélioration énergétique sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25 : Notes attribuées par les ménages pour les différents critères de décisions

	confort	facture	Valeur	CO_2	bruit	subventions	ravalement
1	4	4	1	4	0	2	5
2	4	5	3	0	4	5	5
3	2	3	4	0	0	3	5
4	3	5	5	4	1	5	5
5	5	5	4	1	1	5	5
6	2	5	4	3	0	5	5
7	4	4	3	0	4	3	5
8	3	3	3	2	4	5	5
9	5	5	1	0	2	4	5
10	4	5	5	2	0	5	5
11	5	5	1	0	1	5	5
12	4	5	4	1	0	5	5
13	1	2	4	0	0	3	5
14	4	5	5	4	0	4	4
15	4	4	3	2	2	5	5
moyenne	3,6	4,3	3,3	1,5	1,3	4,3	4,9

Le facteur qui a le plus influencé les ménages est donc l'obligation de ravalement, suivi de la possibilité d'avoir des subventions et de la volonté de réduire la facture énergétique. L'amélioration du confort a semble-t-il également joué sur la décision de voter les travaux d'efficacité énergétique, bien que certains ménages aient souligné qu'ils n'avaient pas de problème de confort auparavant et qu'ils chauffaient leur logement au-delà des 19°C préconisés. Trois d'entre eux nous ont même dit qu'ils maintenaient la température de leur logement au minimum à 24°C. En revanche, à part pour trois ménages – dont deux habitent l'immeuble qui a procédé au remplacement des vitrages – la protection contre le bruit n'a pas été un facteur déterminant. L'impact des travaux sur la réduction des émissions de GES ne

constitue pas non plus un critère prépondérant dans la décision des ménages, à part pour deux ménages qui nous ont dit être particulièrement sensible à cette question.

Une des copropriétaires interrogés nous dit qu'elle était depuis plusieurs années en attente de travaux d'isolation de la toiture, car elle habite au dernier étage et avait du mal à chauffer son logement.

Concernant la valorisation des logements, la plupart des copropriétaires interrogés nous ont signalé que c'est, selon eux, essentiellement le ravalement qui permet d'accroître la valeur de l'immeuble et non ses qualités thermiques[173]. L'un d'entre eux a souligné qu'un immeuble ravalé envoie un signal de propreté et de qualité et assure le potentiel acheteur qu'il n'aura pas d'investissement à faire dans ce domaine pendant plusieurs années. La question du bénéfice de la valorisation du logement a également été abordée par deux copropriétaires sous l'angle du legs. En effet, deux retraitées nous ont expliqué que si la rentabilité des investissements est trop longue pour qu'elles puissent en bénéficier de leur vivant, cela profitera à leurs enfants ou petits-enfants. L'une d'entre elles a souligné que si elle n'avait pas d'enfants à qui léguer son logement elle n'aurait sans doute pas voté la réalisation des travaux. C'est justement l'argument qu'une autre copropriétaire retraitée a avancé pour justifier son choix de ne pas voter les travaux, en nous expliquant qu'elle n'avait pas d'enfant et qu'elle ne pourra certainement pas profiter de son vivant de la rentabilité de l'investissement. Dans ce contexte, elle a perçu ce type de dépense comme « *du gaspillage* ».

2.5.1.2. Motivations de ceux qui étaient contre les travaux

Sur les 7 ménages que nous avons interrogés et qui ont voté contre les travaux d'amélioration énergétique, tous invoquent un problème de contrainte financière. L'un d'entre eux nous explique que les subventions n'ont pas suffi et qu'aujourd'hui il n'est toujours pas en mesure de payer les travaux et ne répond donc pas aux appels de fonds émanant du syndic. Ce dernier ne récupère pour l'instant que les subventions qui, compte-tenu de la situation, lui sont versées directement à lui et non au ménage. Selon ce copropriétaire, le montant des subventions proposées n'est pas suffisant au regard de sa situation économique. Il nous explique que les aides ont été calculées par rapport à son revenu et sa situation familiale de

[173] A ce sujet, il est important de noter qu'au moment où les travaux ont été votés, le DPE n'était pas obligatoire.

deux ans auparavant (avis d'imposition et nombre d'enfants à charge), mais que depuis, il a eu un second enfant et sa femme s'est arrêtée de travailler et qu'il est donc le seul à avoir un revenu au sein de son foyer. Il nous précise que dans ce contexte, il n'a pas pu prendre de crédit, et ce, d'autant moins qu'il continue à payer l'emprunt contracté pour l'achat du logement.

Un des copropriétaires nous a expliqué que cette opération l'a mis en difficulté financière et regrette fortement d'une part que les subventions n'aient pas été versées avant les travaux et d'autre part que celles versées par l'ADEME soient, selon lui, inférieures à celles qui lui avaient été annoncées. Pour lui, les exigences de la mairie de Grenoble concernant le ravalement des façades et la méthode utilisée pour « *quasiment imposer* » des travaux d'amélioration énergétique ne sont pas cohérentes avec la politique sociale qu'elle « *prétend mettre en avant* ».

2.5.1.3. Financement des travaux

Sur les 24 copropriétaires interrogés, 21 ont intégralement financé les travaux sur leurs fonds propres et deux les ont en partie financés en contractant un emprunt et en bénéficiant du dispositif d'éco prêt à taux zéro. Mis à part le copropriétaire qui nous a dit ne pas avoir pour l'instant payé les travaux, les six personnes qui nous ont dit avoir voté contre les travaux en raison d'un manque de liquidité, ont toutes entièrement financé le reste à charge des travaux à partir de leurs fonds propres. Certains d'entre eux, en particulier les personnes âgées, nous ont précisé qu'ils ne pouvaient faire autrement puisqu'ils n'avaient pas la possibilité de faire un emprunt. Que ce soient ceux qui étaient pour les travaux ou ceux qui étaient contre, beaucoup nous ont expliqué que le problème n'était pas l'absence de fonds propres mais le fait de devoir utiliser les quelques réserves dont ils disposaient pour ce type de dépense, les contraignant à « *faire une croix* » sur d'autres projets. Un copropriétaire nous a en revanche expliqué qu'il avait auparavant constitué une épargne car son immeuble n'avait pas été ravalé depuis plusieurs dizaines d'années et qu'il avait donc anticipé ces frais.

2.5.1.4. Retours après travaux

Plusieurs copropriétaires nous ont rapporté une amélioration du confort depuis que les travaux ont été réalisés[174]. L'un d'entre eux précise que cette amélioration a surtout été ressentie en été. À l'époque où nous avons réalisé les entretiens, les ménages n'avaient pas reçu l'ensemble de leurs factures énergétiques de la période hivernale et ils n'ont pu nous dire précisément si celles-ci avaient diminué et dans quelle proportion. Cependant, plusieurs d'entre eux, ont constaté que leur besoin de chauffage avait diminué puisque soit, ils allumaient moins leur convecteur, soit, ils avaient baissé le thermostat. Une copropriétaire nous a précisé qu'auparavant en hiver le thermostat était toujours réglé sur 7 alors que depuis la fin des travaux, elle le laissait sur 5. D'autres copropriétaires regrettent quant à eux que l'isolation ait « *fortement* » empiété sur l'espace dont ils disposaient sur leur balcon. Sur l'ensemble des témoignages apportés par les copropriétaires interrogés sur l'impact des travaux, seulement deux ne constatent pour l'instant aucun changement par rapport aux années précédentes.

3. Succès et limites des dispositifs : enseignements et recommandations

Les entretiens que nous avons conduits avec les différents acteurs sont riches d'enseignements notamment parce qu'ils permettent de faire ressortir les motivations des ménages et les contraintes qui persistent. L'analyse des entretiens ainsi que des documents fournis par les agents de la ville de Grenoble sur les copropriétés et les travaux réalisés nous permettent de fournir une évaluation de l'impact des incitations sur les barrières à l'efficacité énergétique (3.1). En partant de cette analyse, nous fournissons deux principales recommandations concernant la conduite de ce type de programme (3.2). La synthèse des éléments présentés tout au long de cette thèse et des enseignements de notre travail de terrain, nous conduisent, enfin, à proposer la mise en œuvre de nouveaux outils qui permettraient, selon nous, d'accélérer le rythme des rénovations à une échelle plus large (3.3).

[174] Pour la plupart des immeubles, il s'est passé environ un an entre le moment où les travaux ont été achevés et le moment où nous avons réalisé les entretiens. Seul un immeuble débutait seulement les travaux quand nous avons interrogé les copropriétaires.

3.1. Impacts sur les barrières à l'efficacité énergétique

A partir des données quantitatives sur la réalisation des travaux et des données qualitatives récoltées lors des entretiens, nous analysons dans ce paragraphe, en reprenant la grille de lecture des Tableau 3 (p.78) et Tableau 16 (p.214), l'impact des dispositifs d'incitation de ces deux programmes sur les barrières liées aux défaillances de marché, au manque d'informations et aux problèmes de coordination.

3.1.1. Impacts sur les barrières liées au marché

Ces dispositifs ne jouent pas, a priori, directement sur les barrières qui sont liées aux défaillances de marché concernant les prix de l'énergie notamment parce qu'ils sont pilotés par des collectivités locales qui ne peuvent influencer que les choix sur leur territoire. Ainsi, à moins d'envisager une modification des taxes locales ou une négociation avec les fournisseurs de chauffage urbain, il n'existe pas de levier leur permettant de modifier globalement les prix de l'énergie et donc d'intégrer dans ces derniers les externalités négatives engendrées par la production ou la consommation énergétique.

Concernant les défaillances de marché des biens d'efficacité énergétique, une collectivité locale peut jouer un rôle dans la stimulation de l'innovation. Par le biais de programmes de recherche décentralisés, elle peut apporter des financements et contribuer à leur orientation. Dans le cadre de l'OPATB et de la campagne mur / mur, leur rôle a cependant été bien plus indirect. En effet, ces dispositifs ne visent pas en premier lieu à faire évoluer le marché de l'offre, mais, dans la mesure où ils ont constitué un effet levier important pour le marché de la rénovation, ils ont contribué à favoriser son développement. Dans ce contexte, les perspectives des acteurs locaux de la filière concernant leur positionnement sur les marchés à venir, évoluent, et l'augmentation du nombre de chantiers d'amélioration énergétique contribue à favoriser l'apprentissage par la pratique. Ainsi, grâce à ces dispositifs, les perspectives économiques ont conduit un ensemble d'acteurs à se positionner davantage sur ce marché, ce qui a été en outre favorisé par la mise en place de formations des professionnels, en partie financées et organisées par les porteurs de projets.

Les importantes subventions accordées dans le cadre de ces deux programmes, si elles ont permis de lever une partie des contraintes de liquidité, n'ont pas en pratique véritablement permis de lever les barrières liées aux défaillances du marché des capitaux. Nous avons vu au chapitre 1 que la contrainte de liquidité des ménages n'est en théorie pas le problème central tant qu'ils peuvent financer leurs investissements grâce à l'emprunt. Dans la mesure où ces investissements permettent à terme d'améliorer leur revenu, les ménages devraient pouvoir accéder au crédit. Cependant, les incertitudes qui entourent la rentabilité de ces investissements et le manque d'information des créanciers, excluent une partie des ménages de cette solution de financement.

Les subventions versées dans le cadre de l'OPATB et de la campagne « mur / mur » ont pour objectif d'aider les copropriétaires à disposer des liquidités suffisantes, mais, parce qu'elles sont versées majoritairement après les travaux, elles ne permettent pas de lever les contraintes de liquidité immédiates. Cependant, elles auraient dû servir de garantie supplémentaire auprès des créanciers et ainsi favoriser le recours à l'emprunt, pour lequel ils peuvent profiter en outre du dispositif d'éco-prêt à taux zéro. En réalité, les témoignages que nous avons récoltés lors de nos entretiens montrent que malgré l'assurance de l'obtention des aides, l'absence de solvabilité des ménages au moment du vote des travaux joue un rôle prépondérant dans l'accessibilité à l'emprunt. Cela s'explique en partie par les refus des banquiers, mais également par le fait que certains ménages n'ont tout simplement pas essayé de faire appel à l'emprunt bancaire et de négocier avec les banques, en considérant d'avance qu'ils devraient faire face à un refus. En définitive, l'importance des aides accordées a joué un rôle notable dans les décisions d'investissement des copropriétaires, puisque, comme en témoignent les résultats du Tableau 25 (p.266), les subventions les ont largement poussés à voter favorablement pour la réalisation des travaux. En revanche, pour une partie des copropriétaires, les témoignages à la fois des ménages, des syndics et des animateurs, font ressortir que pour ceux qui, au moment des travaux, n'avaient pas les fonds ou ne voulaient pas faire l'avance, les aides ne suffisent pas à les conduire à voter favorablement aux travaux.

3.1.2. Impacts sur les barrières liées à la rationalité limitée des ménages et sur le manque d'informations

Le travail d'information et de sensibilisation des copropriétaires semble avoir été tout à fait central dans le succès de ces dispositifs. La réalisation des audits énergétiques dans le cadre de l'OPATB a été particulièrement efficace selon les témoignages des animateurs et de

certains syndics, car ils ont permis aux copropriétaires de bien cerner les enjeux concernant l'amélioration énergétique de leur copropriété. Un syndic a d'ailleurs souligné que l'abandon de la réalisation d'un audit pour chaque immeuble dans le cadre de la campagne « mur / mur » risquait de réduire l'efficacité de la sensibilisation. Si les copropriétaires n'ont pas directement relevé, lors des entretiens que nous avons réalisés, l'impact de la diffusion d'information sur leur décision d'investissement, les travaux présentés dans les chapitres 1 et 2 de la thèse, montrent que la charge cognitive est importante lorsqu'il s'agit de prendre des décisions de ce type et le travail d'animation a, semble-t-il, fortement permis de la réduire. En plus de porter à la connaissance des copropriétaires un ensemble d'informations, les animateurs ont également fait un travail de « traduction », ce qui permet aux ménages de comprendre plus facilement les aspects techniques et financiers.

Les hypothèses de la théorie post-keynésienne concernant la façon dont les ménages procèdent pour budgétiser les différentes catégories de dépenses, se vérifient si l'on se réfère aux témoignages de certains propriétaires. En effet, ils considèrent les travaux d'amélioration énergétique comme secondaires par rapport à d'autres dépenses. Ce point de vue est également celui de certains syndics qui nous ont expliqué que d'autres questions, notamment celles qui touchent aux ascenseurs, sont plus considérées comme plus urgentes et doivent donc être traitées en premier lieu, même si cela implique de reporter voire de refuser les travaux d'amélioration thermique. De plus, il a été souligné que même lorsque les ménages disposaient d'une épargne leur permettant de satisfaire des besoins secondaires, ils n'étaient pas tous en mesure de l'utiliser pour ce type de dépenses. Ainsi, le fait que les besoins fondamentaux relatifs au logement soient correctement satisfaits, c'est à dire se chauffer et donc atteindre un certain seuil de confort, conduit les ménages à mettre en concurrence les travaux d'efficacité énergétique avec d'autres dépenses.

Nous avons recueilli plusieurs témoignages des copropriétaires et des syndics montrant que les ménages ne voulaient pas voter les travaux par solidarité avec les personnes fragiles de la copropriété. Mais il est difficile de juger ici s'il s'agit vraiment de solidarité dans la mesure où aucun copropriétaire n'a témoigné dans le sens inverse, c'est-à-dire en justifiant un vote favorable par la volonté de permettre aux ménages les plus fragiles de bénéficier de subventions très importantes et donc, à terme, de réductions de leur facture énergétique et de l'amélioration de leur confort. Les aides et la diffusion des informations ont sans doute permis de limiter les effets négatifs que peuvent entraîner le critère de « solidarité » sur la décision de

mise en œuvre des travaux, puisque, comme l'ont souligné les porteurs de projet, l'objectif des dispositifs était également d'ordre social. En revanche, l'importance des liens familiaux a été soulignée à trois reprises par des personnes âgées montrant que le fait que les propriétaires aient l'opportunité de léguer leur logement pouvait les encourager à voter favorablement aux travaux et inversement.

Au final, les subventions proposées et le travail d'animation ont contribué à donner un poids supplémentaire aux travaux d'efficacité énergétique, par rapport à la satisfaction des autres besoins secondaires. Ils ont par ailleurs contribué à « rationnaliser » le processus de décision, notamment grâce aux référentiels techniques et à la conditionnalité des aides à certains travaux qui ont de fait encadrer les choix et les critères des ménages.

3.1.3. Impact sur les barrières liées à la coordination des acteurs

3.1.3.1. Les relations avec les acteurs de la filière

Le suivi du travail des bureaux d'études, puis de celui des artisans permet de fiabiliser leurs propositions auprès des copropriétaires. En effet, les agents de la ville et de l'ALEC constituent de ce point de vue une tierce partie qui garantit simultanément les intérêts des deux groupes de contractants : les acteurs de la filière du bâtiment et les copropriétaires. De plus, le référentiel technique assure une efficacité théorique des matériaux choisis pour la réalisation des travaux.

3.1.3.2. Le dilemme propriétaires bailleurs – locataires

Selon les témoignages apportés par les différents acteurs, et notamment les « institutionnels » et les syndics de copropriétés, la présence d'une part importante de propriétaires-bailleurs constitue un facteur bloquant. Toutefois, les syndics de copropriété nous ont informé que les bailleurs ne participaient pas de façon assidue aux assemblées générales et ne prenaient donc pas toujours part aux décisions. Ainsi, en s'intéressant de plus près à la part des propriétaires-bailleurs dans les immeubles où les travaux ont été votés dans le cadre du volet habitat de l'OPATB des Grands Boulevards, nous constatons qu'elle est très importante dans certains

immeubles et que les immeubles dans lesquels les travaux d'amélioration énergétique ont été votés sont majoritairement composés de propriétaires-bailleurs. Le Tableau 26, p.274, récapitule la répartition des propriétaires selon leur statut – propriétaire occupant (PO) ou propriétaire bailleur (PB) – mais également selon la catégorie sociale à laquelle ils appartiennent par rapport aux grilles d'aides de l'ANAH et de la ville de Grenoble (pour les propriétaires occupants) et les types de loyers pratiqués (pour les propriétaires bailleurs). Le détail de cette répartition par immeuble, le type de travaux mis en œuvre, leur coût total et la part d'aide totale figurent en Annexe 6.

Tableau 26 : Statut des copropriétaires des immeubles ayant réalisés les travaux d'amélioration énergétique dans le cadre de l'OPATB des Grands Boulevards

	Type de propriétaires	Nombre par type de PO-PB	Total	Part
PO	PO très sociaux	16	229	36%
	PO sociaux	27		
	PO majorés	65		
	PO hors plafond	121		
PB	PB loyer libre	402	410	64%
	PB loyer intermédiaire	7		
	PB loyer conventionné	1		
Total			639	100%

Sur l'ensemble des copropriétaires possédant un logement dans les immeubles qui ont voté les travaux, 64% sont des propriétaires-bailleurs. Ce constat est a priori surprenant compte-tenu des résultats d'autres études[175], mais également les témoignages que nous avons recueillis qui soulignent que la présence importante de propriétaires-bailleurs dans un immeuble peut être un facteur bloquant. De plus, les aides versées aux propriétaires-bailleurs sont moins importantes que celles versées aux propriétaires-occupants, notamment lorsque ces derniers ont fixé un loyer dit « libre », c'est à dire ni plafonné (loyer intermédiaire), ni social (loyer conventionné), ce qui correspond à 98% des cas. Si l'on tient compte de la part des propriétaires-occupants et des propriétaires-bailleurs dans quatre immeubles qui n'ont pas voté les travaux[176] – qui sont intégrés dans le tableau de l'annexe 6 –, la part des propriétaires-bailleurs diminue légèrement, la portant à 63%.

[175] Nous renvoyons le lecteur aux études qui sont présentées dans le paragraphe 3.2. du chapitre 1.
[176] Parmi l'ensemble des documents nous ont été fournis par la ville de Grenoble, la majorité porte sur les copropriétés qui ont réalisé les travaux. Nous ne connaissons donc la répartition des propriétaires selon leur statut seulement pour quatre copropriétés qui n'ont pas voté les travaux sur les 17.

Compte-tenu de la part importante des bailleurs, il n'est pas possible de considérer que si les travaux ont été votés c'est parce qu'ils n'ont pas pris part aux AG et que la décision s'est faite sans eux. Selon nous, la barrière que constitue le dilemme bailleur/locataire est contrebalancée par d'autres éléments liés justement au statut de bailleur : disponibilité de liquidité et accès au crédit, importance de la valorisation du patrimoine et processus de décision plus rationnel, compte-tenu de leur statut de « gestionnaire de bien ».

3.1.3.3. Les relations au sein de la copropriété

Les subventions permettent d'atténuer l'hétérogénéité des profils des ménages et donc a priori d'harmoniser les choix de ces derniers. Cependant, comme les témoignages des agents de l'ALEC et de certains ménages le montrent, les arguments en faveur ou en défaveur des travaux sont parfois éloignés de la seule question du financement. Par exemple, certains ne perçoivent pas de problème de confort alors que d'autres cherchent avant tout à améliorer ce paramètre, d'autres se focalisent sur les contraintes techniques et architecturales alors que d'autres mettent en avant la valorisation du logement, etc. Dans ce contexte, le travail des acteurs de terrains et leur participation aux assemblées générales ont joué un rôle indirect de médiation entre les copropriétaires puisqu'ils ont permis d'apporter des informations objectives sur les travaux et, de ce fait, ont tenté de fournir une vision commune à l'ensemble des copropriétaires. Ils ont également contribué à contrecarrer les arguments de ceux qui étaient contre les projets.

Concernant le rôle du syndic, même si ce dernier doit garder son indépendance et n'influe a priori à aucun moment dans le vote des travaux, certains admettent agir envers leurs clients en « *bon père de famille* » et les conseiller de façon à ce qu'ils ne soient pas lésés. Dans la mesure où les calculs de rentabilité effectués par la société qui a réalisé les diagnostics énergétiques n'ont pas été analysés de près par les syndics et que ces derniers ne sont pas toujours convaincus du bien fondé du projet, leur objectivité peut être ici remise en question. Ainsi, s'ils n'ont pas directement influencé la décision, on peut penser qu'au détour de discussions avec les copropriétaires ou tout simplement soit en s'impliquant fortement, soit en ne s'impliquant que très peu, les syndics ont joué un rôle dans les décisions finales. Par ailleurs, il apparaît que le système de rémunération de ces acteurs n'est pas particulièrement incitatif : les frais de gestion des dossiers sont facturés en pourcentage du montant des

travaux, ce qui, compte-tenu du coût élevé des investissements, peut représenter des sommes importantes, mais si les travaux ne sont pas votés, le travail effectué lors de la préparation n'est pas rémunéré.

L'ensemble des objectifs initiaux des deux dispositifs quant à leurs impacts attendus sur les différentes défaillances de marchés, de « comportements » et de coordinations et leur impact réel sont récapitulés dans le Tableau 27, p. 277.

Tableau 27 : Synthèse de l'impact de l'OPATB sur les barrières à l'efficacité énergétique

Barrières	Impacts attendus	Impacts réels
Mauvais signal prix de l'énergie	Les décideurs locaux n'ont pas de pouvoir sur ce paramètre	
Externalité du *learning by doing*	L'offre n'est pas a priori la cible de ces dispositifs	Les formations proposées aux artisans améliorent leur connaissance et la dynamisation du marché de la rénovation, notamment au niveau local, ce qui favorise l'apprentissage par la pratique
Imperfection du marché des capitaux : contrainte de liquidité	Les aides financières permettent de prendre en charge jusqu'à 80% de l'ensemble du coût des travaux	La contrainte de liquidité immédiate persiste car les aides sont fournies après les travaux. L'obtention des aides ne semble pas améliorer l'accès au crédit des ménages les plus modestes
Inséparabilité des caractéristiques des produits	Ce sont les travaux les plus efficaces du point de vue énergétique qui sont favorisés (notamment dans la campagne mur / mur) et les obligations de moyen visent à placer cette caractéristique au centre des décisions.	En raison notamment des incertitudes concernant la rentabilité des projets, les acteurs s'intéressent à plusieurs caractéristiques, comme l'impact architectural, l'amélioration du confort, etc.
Information incomplète	Les audits énergétiques permettent aux propriétaires de connaître en amont le type de travaux, leur coût et la rentabilité attendue.	Si l'ensemble des copropriétaires dispose des informations nécessaires concernant les travaux, leur coût et leur faisabilité, en revanche, les incertitudes qui entourent les estimations de la rentabilité des projets ne peuvent être levées
Asymétrie d'information	Les animateurs interviennent pour « traduire » de façon pédagogique les informations techniques, les devis sont vérifiés et les travaux sont suivis.	Les propositions des professionnels sont vérifiées et les informations sont diffusées à l'ensemble des acteurs
Rationalité limitée	Le travail d'animation permet en partie de « rationaliser » les choix des ménages en les poussant à utiliser une grille de lecture particulière	Si pour certains ménages, les informations fournies et la façon dont elles sont présentées les poussent « à rationaliser » leur processus de décision, pour d'autres, certains critères théoriquement secondaires sont en réalité prépondérants dans leur choix et dans l'ensemble c'est une vision de court terme qui prédomine.
Hétérogénéité des acteurs	Les aides différenciées permettent de « gommer » les écarts de revenus et le conseil personnalisé permet d'atténuer les différences en termes de connaissances et d'efforts cognitifs	Dans la mesure où les aides sont appropriées de façon imparfaite, et que le travail des animateurs ne permet pas de « gommer » les situations énergétiques des différents occupants d'un immeuble, des écarts persistent à plusieurs niveaux et conduisent les propriétaires à avoir des avis parfois différents
Processus décisionnel en copropriété	L'organisation de réunion avec les différents acteurs de la copropriété permet de favoriser le dialogue entre eux.	Modérés : les réunions et les conseils personnalisés ont permis d'impliquer davantage les acteurs dans la vie de la copropriété, mais les règles décisionnelles restant les mêmes le processus est long.

Ainsi, ces programmes incitatifs « renforcés » par rapport aux instruments nationaux, permettent de déclencher davantage d'investissements, mais ne suffisent tout de même pas à lever totalement les barrières. Par la suite nous tenterons d'identifier les solutions qui peuvent être envisagées pour optimiser ce type de dispositif mais également pour que soit généralisée

la rénovation thermique dans les logements privés dans une optique de maîtrise des dépenses publiques.

3.2. Enseignements pour la mise en œuvre des programmes locaux de réhabilitation

Grâce à l'implication de plusieurs acteurs porteurs du projet, présentant des compétences multiples et provenant de fonctions et d'institutions différentes, l'OPATB des Grands Boulevards et la campagne « mur / mur » ont bénéficié de fonds importants et de l'expertise de différentes parties-prenantes. L'engagement des élus et des agents territoriaux a constitué un enjeu notable dans la conduite et dans la concrétisation des projets, en particulier lorsqu'il a fallu rencontrer les copropriétaires et leur représentant. Chaque acteur, des institutions étatiques comme l'ADEME ou l'ANAH, aux structures locales comme l'ALEC ou le PACT de l'Isère, a joué un rôle spécifique sans lequel les projets n'auraient sans doute pas pu connaître le succès qu'ils ont rencontré. Toutefois, le nombre important de parties-prenantes et les différentes sources de financements a nécessairement engendré des coûts administratifs liés aux besoins de coordination entre des agents centralisés et décentralisés. Cela s'est traduit en particulier par un temps assez long dans le montage des projets et parfois quelques difficultés de transmission d'information entre les acteurs lors de la constitution des dossiers de financement.

Du côté des professionnels du bâtiment, l'effet levier que ces dispositifs constituent pour les acteurs locaux de la filière est significatif, puisqu'il a permis aux entreprises de travaux qui ont été choisies de remplir une grande partie de leur carnet de commande et de se positionner sur le marché de la rénovation thermique, qui est en plein développement. Cependant, il est apparu que les professionnels du bâtiment avaient besoin de formation pour remplir au mieux leur mission et effectuer des travaux de qualité avec des équipements qu'ils n'ont pas encore l'habitude d'utiliser. Il semble donc nécessaire de déterminer au préalable un référentiel technique, comme l'a proposé la Métro dans le cadre de la campagne mur / mur, et de former les acteurs de la filière sur les nouvelles techniques et l'atteinte de ces référentiels.

Concernant l'implication des copropriétaires et de leurs représentants, la campagne de communication et l'accompagnement tout au long du projet par les acteurs de l'ALEC et du PACT ont été un des facteurs clés du succès de cette opération. Le fait que les copropriétaires

n'aient pas eu à chercher toutes les informations relatives aux travaux envisageables, au déroulement de ce type de projet et à la constitution des dossiers de subventions, leur a permis de s'émanciper d'un grand nombre de contraintes. Le travail d'animation a donc consisté à « traduire » de façon pédagogique tout un ensemble d'informations via la diffusion de documents récapitulant les travaux, leur rentabilité et les aides pour chaque copropriété. Les coûts associés au travail d'accompagnement de chaque copropriété sont donc perçus par les porteurs du projet comme incompressibles. En revanche, comme l'a constaté la Métro, le coût consacré à la réalisation des diagnostics peut être réduit car ces derniers montrent que les économies d'énergie potentielles par bâtiment portent généralement sur les mêmes types de travaux, et les coûts de ces travaux ne varient pas substantiellement. Cependant, le fait que les audits ne soient pas spécifiques à chaque immeuble peut, comme l'a souligné un syndic, réduire le processus d'identification et d'appropriation des copropriétaires.

La création d'un guichet unique qui facilite le montage des dossiers pour les particuliers s'est avérée complexe, mais elle constitue une bonne réponse à la réduction des coûts de coordination, dans la mesure où elle offre la possibilité aux ménages d'avoir un seul interlocuteur pour les dossiers de subventions. Par ailleurs, malgré les nombreuses aides, le reste à charge est important pour certains propriétaires, et nous avons vu que les recours aux prêts sont relativement peu nombreux. Ainsi, malgré l'enquête de terrain assez large que nous avons menée, il est difficile d'affirmer que les subventions versées ne sont assorties d'aucun effet d'aubaine : d'un côté, la plupart des ménages considèrent que sans les subventions ils n'auraient pas décidé de réaliser les travaux, ce qui signifie que les aides versées ont été efficaces du point de vue de l'objectif que la collectivité s'est fixé ; d'un autre côté, le fait que les aides soient versées après le paiement des travaux a obligé la plupart d'entre eux à mobiliser leur épargne, et pour un montant assez important. Beaucoup disposaient donc des fonds nécessaires mais, soit ils ne souhaitaient pas les utiliser pour ce type d'investissements, soit ils n'avaient pas connaissance de l'intérêt des travaux. Dans ce dernier cas, le fait que la sensibilisation et l'information sur les travaux et les propositions d'aides soient survenues en même temps, amène à considérer un lien potentiel entre l'impact de l'effet d'annonce des subventions et un effet d'aubaine. Dans ce contexte, les autorités publiques ne doivent pas, selon nous, seulement s'en tenir à verser ces subventions, mais veiller d'abord à ce que les informations soient correctement diffusées et ensuite à ce que les dispositifs existants tels que les éco-prêts soient mobilisés par les particuliers. Il est donc nécessaire de faire participer les

banques en les incitant à octroyer les prêts plus systématiquement et en envisageant par exemple un transfert du risque de la banque vers la collectivité.

Au niveau des fonds publics investis et de l'efficacité espérée, ces projets se sont avéré très coûteux puisque le montant de l'animation et des aides directes aux travaux (hors crédit d'impôt, éco prêt et dispositif CEE) s'est élevé à 2,2 M€ pour l'OPATB et à 18,3 M€ pour la campagne « mur / mur ». Les estimations que nous avons réalisées pour l'une et l'autre des opérations montrent que pour les copropriétaires les investissements sont rentables, compte-tenu des aides octroyées. Du point de vue social, c'est-à-dire en intégrant les coûts privés et les coûts d'animation, les estimations révèlent qu'en moyenne la campagne « mur / mur » est une opération dont le coût moyen total est négatif (-22€/TCO_2 réduite) (Tableau 22, p.233). Cependant, dans le premier cas, le bilan est entièrement basé sur les données recueillies auprès de la ville concernant les prévisions de réduction de consommations (tep), d'émissions (CO_2) et de factures (€/logement/an). Dans le second, nous avons réalisé l'ensemble des estimations en évaluant, à l'aide d'un logiciel de simulation thermique, l'impact des travaux sur les consommations, les factures et les émissions, le tout, selon des hypothèses sensiblement différentes. Les écarts qui apparaissent entre les résultats des deux programmes peuvent donc s'expliquer par un grand nombre de paramètres : pour l'OPATB les tep réduites (244) se traduisent par un volume plus important de CO_2 évité (575) soit 2,2tCO_2/tep réduite alors que pour « mur / mur », le ratio moyen est de 1,8 tCO_2/tep. Cela peut être justifié par le fait que dans nos estimations nous avons tenu compte de la part des immeubles chauffés à partir des réseaux de chaleur qui émettent, pour une même quantité d'énergie produite, moins de CO_2 que les immeubles chauffés au gaz. Par ailleurs, pour chaque tep réduite, les économies de factures sont plus importantes selon nos estimations pour « mur / mur » (environ 880 €/tep réduite) que selon les données OPATB (environ 800 €/tep réduite). Ceci s'explique sans doute en partie par le fait que nous avons intégré dans nos calculs une évolution du prix de l'énergie de 3%/an.

Dans ce contexte, il ne nous semble pas judicieux de comparer l'efficacité de ces deux dispositifs puisque la méthodologie est différente et qu'il n'est donc pas pertinent de mettre en concurrence leurs ratios coût-efficacité respectifs. En revanche, les estimations réalisées pour les trois stratégies de la campagne « mur / mur » s'appuient sur une méthodologie uniforme et autorise donc la comparaison. Il apparaît que le ratio coût-efficacité est différent selon les trois stratégies de réhabilitation ce qui invite à se questionner sur l'optimisation de

l'utilisation des fonds publics. Toutefois, si dans un souci de minimisation des coûts sociaux il semble plus rationnel de conduire les ménages à choisir uniquement la rénovation « complète », voire ne proposer que celle-ci, la stratégie consistant à laisser le choix aux copropriétés peut permettre d'accroître leur intérêt pour le dispositif et donc d'en faire participer davantage.

Les analyses de ces dispositifs peuvent permettre de tirer plusieurs enseignements à la fois sur des éléments précis de mise en œuvre, mais également sur la méthodologie globale. Sur ce dernier point il nous semble que deux procédures devraient systématiquement être réalisées :

- la première est d'ordre qualitatif : afin de bien pouvoir déterminer quelles aides et quels modes d'intervention doivent être envisagés et/ou réorientées, le travail qui consiste à recenser les différentes barrières et les impacts espérés des outils sur ces dernières, doit non seulement être réalisé en amont de tous les projets de type OPATB, mais également être alimenté régulièrement au cours des phases opérationnelles. Ainsi, les contraintes peuvent être mieux ciblées, et les fonds mobilisés et répartis en fonction de l'importance des différentes barrières. Le recensement initial doit s'appuyer sur une première enquête de terrain réalisée durant la phase pré-opérationnelle et sur les retours d'expériences des programmes déjà mis en œuvre ;
- la seconde est d'ordre quantitatif : la réalisation d'une analyse coût-efficacité prévisionnelle nous semble également nécessaire afin de déterminer les meilleures stratégies d'amélioration énergétique au regard du critère d'efficience. Ce travail doit également être poursuivi dans les années qui suivent la fin des travaux afin d'évaluer l'efficacité réelle des dispositifs. Cela implique de réaliser un suivi systématique des consommations énergétiques.

3.3. Recommandation pour le développement des projets de réhabilitation thermique

Tirer des enseignements de la mise en œuvre de dispositifs spécifiques comme l'OPATB ou la campagne « mur / mur » est nécessaire pour que les nouveaux programmes de ce type puissent accroître leur efficacité. Toutefois, les coûts supportés par les collectivités qui les mettent en œuvre, mais également par l'Etat, à travers les aides présentées au chapitre précédent, invitent à se questionner sur la possibilité de les généraliser à l'ensemble des logements et sur l'impact pour les finances publiques. Le coût public total pour la campagne

« mur / mur » est de 24,26 millions d'euros pour la réhabilitation d'environ 4 500 logements. Si ces dépenses devaient être réalisées pour répondre à l'objectif national de rénovation fixé à 400 000 logements/an et en prenant l'hypothèse que les coûts d'animation peuvent être divisés par deux grâce aux économies d'échelles et à l'expérience, il faudrait près de 2 milliards d'euros par an, soit un cumul de 16 milliards d'ici à 2020. Compte-tenu du contexte économique actuel, il apparaît donc nécessaire de trouver les moyens de maîtriser les coûts d'intervention sans trop compromettre les possibilités d'atteindre les objectifs de rénovation. Nous présentons ici deux types de solutions complémentaires : la première, propose le développement d'un nouveau métier, celui « d'accompagnateur – médiateur », découle de notre analyse des dispositifs présentés dans ce chapitre et des éléments relatif à la rationalité des agents développés dans les différents chapitres de la thèse ; la seconde, l'obligation pour les copropriétés de constituer un « fonds travaux » est issue des recommandations de l'Association des Responsables de Copropriété (ARC).

3.3.1. Accompagner et impliquer les propriétaires

Les expériences présentées plus haut ont montré que les dispositifs d'accompagnement des ménages dans les projets de réhabilitation sont tout à fait centraux car ils permettent notamment de réduire la « charge cognitive » liée à ces projets, d'encadrer le processus de décision et de faciliter la coordination avec les différentes parties-prenantes. L'intervention d'un « accompagnateur » au sein des copropriétés doit être, selon nous, généralisée. Sa mission serait dans un premier temps de prendre contact avec les copropriétés et les syndics pour obtenir des informations générales sur des aspects techniques, sociaux et organisationnels puis de participer à une assemblée générale afin de réaliser une première sensibilisation des copropriétaires sur l'intérêt des travaux d'amélioration énergétique. Son rôle serait également de favoriser une participation active des copropriétaires aux projets potentiels.

L'analyse réalisée au chapitre 2 de notre travail sur l'utilisation « implicite » d'une grille multicritère dans le processus de décision et les éléments récoltés lors de nos entretiens nous ont conduit à envisager la mobilisation de ce type d'outil pour accroître l'intérêt des ménages : en se renseignant, via un questionnaire, sur le niveau de satisfaction concernant le la facture énergétique, le confort, les nuisances sonores, etc., puis sur les améliorations

auxquelles ils aspirent, il serait possible, d'une part d'identifier les différences d'exigences et de perception au sein de la copropriété, et d'autre part d'impliquer mieux les copropriétaires. Selon Stern (1999), l'intervention est plus efficace lorsqu'elle est envisagée du point de vue des consommateurs. Il est donc important d'utiliser des méthodes de participation afin de connaître le point de vue du ménage, mais également de renforcer la motivation. La mise en œuvre d'outils participatifs tel que celui proposé ici permettrait donc, dans un premier temps, d'engager une « prise de conscience » individuelle puis dans un second temps, en synthétisant les éléments récoltés au niveau de la copropriété, une « prise de conscience collective ». Depuis les travaux fondateurs de Kurt Lewin sur la dynamique de groupe (Faucheux, 1957) et de Charles Kiesler sur la psychologie de l'engagement (Joule et Beauvois, 2002) « *plusieurs décennies de recherche* [ont montré] *que l'on peut influencer autrui, dans ses convictions, ses choix, ses actes, sans avoir à recourir à l'autorité, ni même à la persuasion* » (Joule, 2000, p.279). En proposant aux ménages de remplir une grille multicritère sur leur niveau de satisfaction actuel concernant différents critères, l'accompagnateur contribuerait à un premier niveau d'implication de leur part. En parallèle il entamerait des discussions avec les représentants des copropriétaires (conseil syndical et syndics) afin de récolter de nouvelles informations sur les spécificités de la copropriété et de leur présenter des projets « exemplaires » de réhabilitation.

Selon les résultats de ces grilles, il pourrait alors constater des divergences et/ou des enjeux communs au sein de la copropriété. Il pourrait ensuite approfondir certains éléments, identifier et recenser les principales contraintes liées d'une part, au statut de chaque copropriétaire et d'autre part, à la copropriété dans son ensemble. En partant de cette analyse, commencerait une sensibilisation approfondie et plus orientée sur les aspects techniques et financiers. Sur ce dernier point, nous avons vu que, même en présence de plusieurs dispositifs de subvention, des contraintes persistent, soit parce que les ménages ne disposent pas de liquidité immédiate pour faire une avance de fonds, soit parce que lorsqu'ils disposent d'une épargne, ils souhaitent la conserver pour d'autres dépenses. Nous allons voir qu'un système d'épargne collective pourrait devenir un socle sur lequel s'appuierait le travail de l'accompagnateur.

3.3.2. Assurer la constitution de fonds travaux

Les entretiens que nous avons conduits nous ont permis de mettre en évidence l'absence de visibilité à long terme et la façon dont les ménages segmentent leur budget, en vertu notamment des principes de séparabilité et de subordination des besoins (voir §2.1 du chapitre 1). Ces deux facteurs conduisent les ménages à considérer les investissements dans l'efficacité énergétique comme secondaires et leurs impacts comme incertains. Ce type de dépenses est au mieux classé dans la catégorie des besoins secondaires, dans laquelle les budgets des différents postes sont en concurrence, et au pire pas du tout intégrés dans leur besoin. Pourtant, les dépenses de chauffage entrent, quant à elles, dans la catégorie des besoins primaires. Il existe donc une dichotomie entre les dépenses de fonctionnement du logement et les dépenses de travaux d'efficacité énergétique, alors même que ces dernières servent principalement à réduire les premières. L'identification d'une solution pour (ré-)intégrer les dépenses de travaux d'efficacité énergétique dans la catégorie des dépenses fondamentales peut alors permettre de « rationaliser » le rapport aux besoins et ainsi favoriser les projets d'amélioration énergétique des logements[177].

La proposition de l'Association des Responsables de Copropriété (ARC) de constituer un fonds travaux obligatoire apparaît très judicieuse au regard des éléments que nous venons de développer. En effet, l'obligation pour les copropriétaires d'alimenter régulièrement un fonds de réserve destiné à financer des travaux d'amélioration énergétique ferait « redescendre » cette catégorie de dépenses dans celle des dépenses primaires. Cette part budgétaire ne pourrait plus dans ce cas être mise en concurrence avec d'autre type de dépenses. Dhont et *al*. (2008) proposent d'utiliser l'article 18-5 de la loi du 10 juillet 1965 qui prévoit la « *constitution des provisions spéciales en vue de faire face aux travaux d'entretien ou de conservation des parties communes* ». Il est donc juridiquement possible pour une copropriété de réaliser une épargne collective. Cependant, dans les conditions actuelles de la loi, la constitution d'un fonds travaux se heurte à plusieurs difficultés (Dhont et *al*., 2008 ; Dhont et Dauchez, 2009) :

- La loi impose que les sommes épargnées soient utilisées dans les trois ans et que les propriétaires récupèrent leur part lorsqu'ils vendent leur logement. Compte-tenu des sommes importantes qui sont requises pour réaliser des travaux ambitieux de

[177] Nous renvoyons le lecteur à la Figure 1, p.26, qui permet d'illustrer ce mécanisme.

réhabilitation thermique, il est nécessaire que la durée de l'épargne ne soit pas limitée. De plus, si à chaque changement de propriétaire une partie du fonds travaux s'amenuise, l'épargne globale risque de ne jamais être suffisante pour recouvrir le coût des travaux, sans compter la lourdeur de gestion que cela implique Les copropriétés peuvent toutefois voter en AG une résolution qui prévoit que les sommes épargnées ne sont pas des avances de fonds mais des provisions, ce qui implique qu'elles sont acquises au lot et non au propriétaire. Mais comme Dhont et *al*. (2008) le soulignent, il est fortement souhaitable que le texte de loi soit modifié, à défaut de quoi, seules quelques copropriétés motivées vont utiliser ce dispositif.

- L'autre contrainte soulevée par ces auteurs est relative aux difficultés de coordination et aux problèmes d'incitations discordantes entre les copropriétés et les syndics. Ces derniers facturent des frais, pour la gestion des fonds d'épargne de la copropriété, qui servent notamment pour payer une prime à la caisse de garantie à laquelle ils sont rattachés. Les syndicats de copropriété doivent donc négocier ces frais de gestion sans connaitre précisemmnent les coûts supportés par le syndic. L'asymétrie informationnelle laisse place à un risque de comportement opportuniste de la part du syndic, puisqu'il peut facturer les frais de gestion à des prix supérieurs aux coûts réels[178].

- Enfin, il n'existe aujourd'hui aucune fiscalité adaptée à cette forme de placement, et tant que le prélévement des impôts sur les intérêts perçus ne peut se faire à la source, chaque copropriétaire devra déclarer individuellement ces intérêts. Cela impose au syndic de nouvelles tâches de gestion qu'il va facturer à la copropriété sans que cette dernière ne puisse vérifier que les frais exigés correspondent au coût réellement supporté.

Les expériences étrangères comme celles des Pays-Bas ou du Québec ont montré qu'un dispositif d'épargne collective dédiée aux travaux d'efficacité énergétique permettait de « lisser » dans le temps l'effort financier des copropriétaires et de faciliter ainsi la mobilisation des capitaux au moment du vote des travaux (Braye, 2012). En France, des aménagements juridiques doivent être envisagés pour rendre ce dispositif concrètement

[178] Dhont et *al*. (2008) soulignent à ce sujet que certaines sociétés de gestion immobilière appartiennent à des groupes bancaires et ne payent aucune prime de garantie en cas de dépôt d'épargne collective.

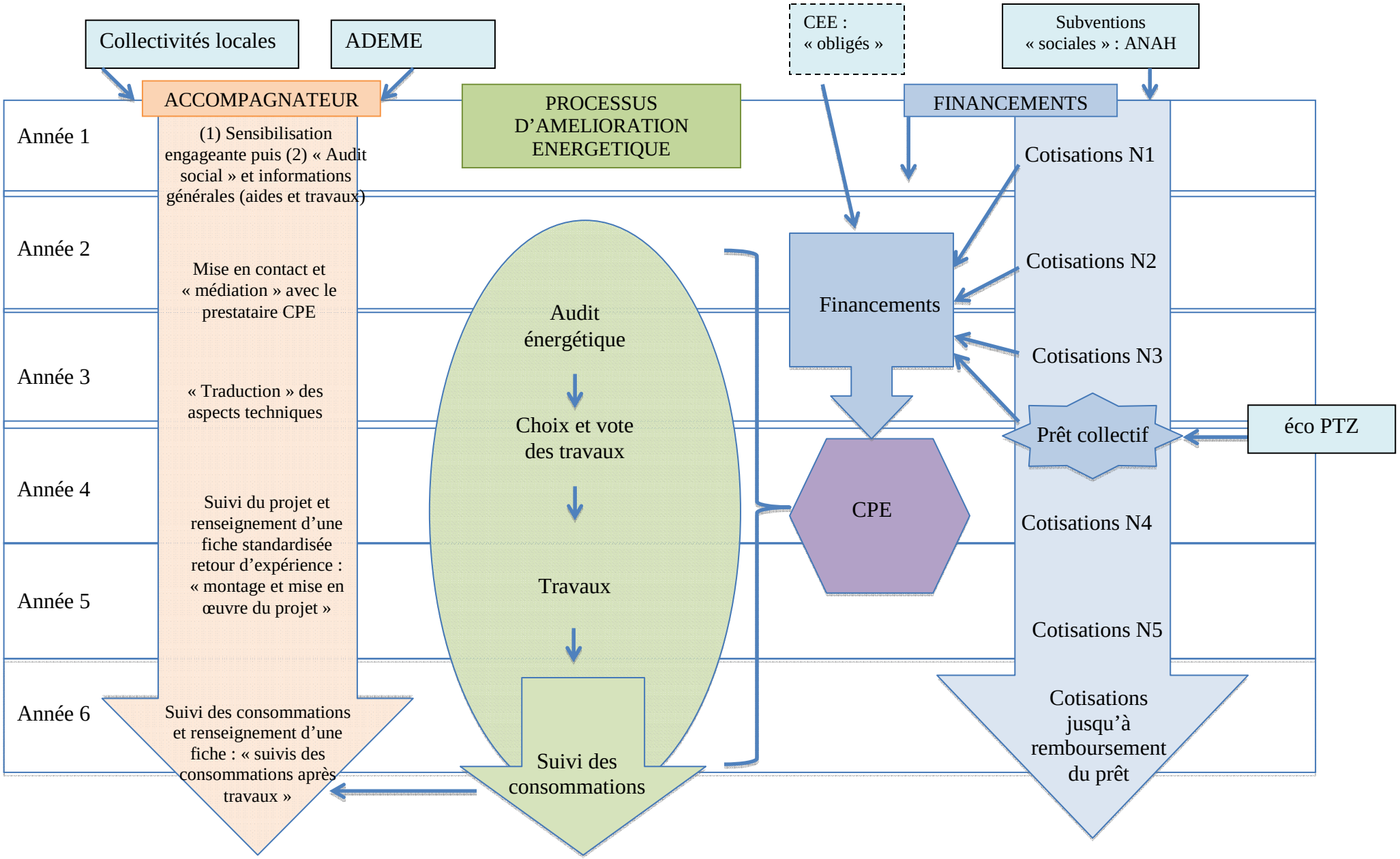
applicable : le plafonnement de la durée de l'épargne doit être relevé et les fonds doivent être attachés au lot et non au propriétaire. Dans l'idéal, ce dispositif doit être obligatoire afin que l'ensemble des copropriétés soit assuré de pouvoir réaliser les travaux au cours des prochaines années. Concernant le montant des cotisations, l'ARC propose de s'inspirer du modèle hollandais qui incite les copropriétaires, sans les obliger, à épargner un montant qui correspond à environ 15 à 20% des charges annuelles soit en moyenne 500 € par an pour un logement de 70 m^2. En partant de cette base, il faudrait entre 16 et 18 ans pour financer intégralement une rénovation ambitieuse. Compte-tenu des échéances relativement proches des objectifs de la politique énergie-climat et des besoins urgents de rénovations de certaines copropriétés, il faut que ce dispositif soit appuyé par un recours au prêt collectif qui pourrait être remboursé par les cotisations destinées au fonds travaux. Cela offrirait en outre une garantie supplémentaire au créancier concernant la solvabilité des emprunteurs. Une fois qu'un certain seuil de consommation énergétique serait atteint suite aux différents travaux, l'obligation de cotisation pourrait être levée. Cela créerait une valeur verte additionnelle, puisqu'en plus de profiter d'une facture énergétique plus basse, les acquéreurs d'un logement déjà réhabilité et respectant le seuil de consommation, n'auraient plus à cotiser pour le fonds travaux. Cela pourrait donc inciter les copropriétaires à s'engager rapidement dans un projet de réhabilitation.

Le caractère obligatoire de ce dispositif nous semble nécessaire, mais les cotisions ne doivent pas accroître la précarité dans laquelle certains ménages se trouvent déjà. Les aides de l'ANAH et la part du budget de l'Etat utilisé pour les crédits d'impôts pourraient être mobilisées pour aider les ménages les plus fragiles à cotiser pour l'épargne collective. Le dispositif des certificats d'économies d'énergie pourrait également être utilisé pour abonder l'épargne commune[179]. Nous avons également vu au chapitre 3 (§ 4.3.) que les contrats de performance énergétique peuvent constituer une réponse au problème de principal-agent qui régit la relation ménages-entreprises de travaux mais surtout aux problèmes d'incertitude et de manque de visibilité. En outre, les contrats qui prévoient que le titulaire (le fournisseur) se rémunère sur les économies d'énergie, permettent aux ménages de ne pas engager de coûts supplémentaires liés à ce partenariat.

[179] Dans le cas où elle serait mise en œuvre, le second dividende d'une taxe énergie-climat pourrait également être mobilisé à cet effet.

Au final, l'obligation d'un fonds travaux constituerait la mesure structurante sur laquelle viendrait se greffer les autres dispositifs existants comme les CPE, les diverses subventions et les CEE. Le processus de décision et l'engagement des copropriétaires dans le projet d'amélioration énergétique seraient facilités par la présence de l'accompagnateur (Figure 12, p.288).

Figure 12 : Processus de mise en œuvre des travaux et rôles des dispositifs



Accompagnement et processus de travaux (partie gauche de la figure 11)

La première année, lorsque la copropriété commence à cotiser pour le fonds travaux, l'accompagnateur entre en contact avec les copropriétaires afin de faire « une sensibilisation participative », par exemple en les questionnant sur leur satisfaction concernant plusieurs critères (principalement la facture énergétique et le niveau de confort) et sur les solutions d'amélioration qui pourraient être, selon eux, envisagées. Par la suite, il les informe sur les contrats de performances énergétiques et les solutions de financement comme les éco-prêts collectifs. Lorsque l'audit énergétique – qui est obligatoire pour les immeubles disposant d'une chaudière collective[180] – est voté, l'accompagnateur devient davantage « un médiateur » entre le prestataire et la copropriété. Il peut également, comme l'ont fait les agents du PACT et de l'ALEC pour les programmes de réhabilitation grenoblois, faire un travail de « traduction » des aspects techniques de l'audit énergétique. Lorsque les travaux sont décidés, son implication est moins directe dans le cas où un CPE est signé, puisque la mission de suivi des travaux et d'intermédiaire entre les différents acteurs de la filière revient à la société de service énergétique. Si aucun CPE n'est signé, il peut se voir attribuer cette mission d'intermédiation entre les entreprises de travaux et la copropriété. Il constitue alors « la tierce partie » à laquelle font référence la théorie de l'agence et la théorie des coûts de transaction, puisque d'une part il va chercher à réduire l'asymétrie informationnelle entre les deux parties, et d'autre part, il va s'assurer que l'agent (l'entreprise de travaux) agisse dans l'intérêt du principal (la copropriété). Ainsi, après avoir rempli dans un premier temps une mission d'information et de sensibilisation qui permet « d'absorber » une partie de la charge cognitive supportée par les copropriétaires, il va ensuite « absorber » les coûts de transaction liés à la coordination avec les différents acteurs.

Ce travail d'accompagnateur-médiateur doit, selon nous, être confié par les collectivités à des associations locales en raison de l'impact sur la conduite de la mission des spécificités territoriales (objectifs de la politique énergie-climat des villes et des agglomérations,

[180] L'article 24-4 de la LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 7 dispose : « *Pour tout immeuble équipé d'une installation collective de chauffage ou de refroidissement, le syndic inscrit à l'ordre du jour de l'assemblée générale des copropriétaires qui suit l'établissement d'un diagnostic de performance énergétique prévu à l'article L. 134-1 du code de la construction et de l'habitation ou d'un audit énergétique prévu à l'article L. 134-4-1 du même code la question d'un plan de travaux d'économies d'énergie ou d'un contrat de performance énergétique.* »

structuration et développement de la filière du bâtiments[181], politique de l'habitat et politique sociale, spécificités architecturales et « âge » de la ville, etc. (voir Annexe 6)). Le financement de ce nouveau métier pourrait donc revenir aux collectivités territoriales à tous les échelons (de la ville à la région) et serait complété par des subventions de l'ADEME dans le cadre de leur mission d'appui aux dispositifs d'information et d'animation des programmes de réhabilitation.

Financement des travaux (partie droite de la figure 11)

Les cotisations réalisées les premières années avant l'audit énergétique et l'engagement des travaux vont constituer un apport au prêt collectif qui va servir à financer le « processus d'amélioration énergétique » qui débute par un audit et qui se termine par le suivi des consommations. Dans le cas du CPE, le prestataire chargé de réaliser cette mission doit fournir les données à l'accompagnateur afin que puisse être réalisée une évaluation globale des économies d'énergie et de CO_2 réellement obtenues. Dans l'autre cas (sans CPE), c'est le syndic qui pourrait être chargé de récolter directement les données.

Avec l'obligation de la constitution d'un fonds travaux et la possibilité pour la copropriété de contracter un prêt collectif, l'Etat, notamment par le biais de l'ANAH, pourrait recentrer sa mission sur l'aide aux ménages les plus précaires, en supportant une partie des cotisations que ces derniers doivent verser pour le fonds travaux. Les économies budgétaires générées par la suppression du dispositif de crédit d'impôt[182] pourraient être mobilisées pour financer le dispositif d'écoPTZ qui serait plus largement diffusé qu'à l'heure actuelle. Les acteurs contraints par le dispositif de CEE (« les obligés ») pourraient quant à eux récolter des certificats leur permettant d'atteindre leurs objectifs de réduction en échange d'une participation financière aux projets de réhabilitation.

[181] Comme le souligne Lagandré (2007) p.95, « *C'est à l'échelle de la ville (ou du territoire rural), dans une proximité certaine entre artisans et dans l'espace des spécialisations commerciales et des cheminements urbains que se joue pour une large part la communication avec les professionnels et avec leurs client. […]. Dans la problématique du marché de la rénovation thermique, c'est donc d'abord une fonction de « place de marché» que joue la ville* ».

[182] Le système de crédit d'impôt développement durable a été créé pour inciter les ménages à investir dans l'efficacité énergétique. Avec l'obligation de constituer un fonds travaux, le maintien de ce dispositif, serait assorti d'un effet d'aubaine de 100%.

Conclusion du chapitre

Les programmes de réhabilitation mis en œuvre sur le territoire grenoblois ont permis de lever un grand nombre de barrières et notamment celles engendrées par la charge cognitive que représentent la recherche d'information et les coûts de coordination avec les différents acteurs. Les nombreuses subventions ont, quant à elles, permis d'inciter les ménages à s'engager dans ce programme, puisque selon les témoignages récoltés, elles sont perçues comme une « aubaine » qui pourrait ne plus se renouveler. Toutefois, elles n'ont permis que partiellement de lever les contraintes de liquidité puisqu'elles ont été versées principalement après les premiers appels de fonds, obligeant ainsi les ménages à puiser dans leur épargne. En revanche, la question du dilemme bailleur/locataire, souvent mis en avant dans les recherches sur les barrières à l'efficacité énergétique, n'a pas, semble-t-il, constitué un obstacle majeur aux votes des travaux. En effet, les propriétaires n'ont dans l'ensemble pas perçu d'aides et la répercussion d'une partie des coûts de l'investissement sur les charges locatives n'a pas été appliquée. Pour autant, ils représentent la plus grande partie des copropriétaires dans les immeubles qui ont engagé les travaux. Ces résultats sont donc contre-intuitifs et laissent entendre que ces derniers peuvent trouver un intérêt particulier à améliorer les qualités thermiques de leur(s) bien(s) immobilier(s).

De façon plus générale, l'analyse des dispositifs engagés par les autorités grenobloises (ville et communauté d'agglomération) montre que sans de fortes incitations et avec seulement les instruments mis en œuvre à l'échelle nationale, la réalisation de travaux ambitieux de réhabilitation thermique en copropriété serait probablement compromise. La généralisation des aides présentées dans ce chapitre à l'ensemble des logements collectifs français imposerait des coûts très importants, que le contexte économique actuel rend difficilement envisageables. La proposition de l'ARC de constituer un fonds travaux, combiné à une large diffusion du dispositif d'éco-PTZ et au mécanisme de CPE pourrait alors constituer une réponse adaptée.

Par ailleurs, le rôle central qu'ont joué « les animateurs » des programmes que nous avons présenté montre qu'une généralisation de ce « nouveau métier », permettrait de lever plus efficacement les barrières liées à la rationalité limitée des ménages, à leur hétérogénéité ainsi qu'au processus de décision au sein des copropriétés, qui, comme nous l'avons vu au chapitre

précédent, est un problème qui n'est quasiment pas traité au niveau national. Or, même si le processus de décision est plus long en copropriété qu'en maison individuelle puisqu'il nécessite le consensus, une fois que les solutions sont trouvées et que les projets sont mis en œuvre, le nombre de logements engagés simultanément est important. Le statut de la copropriété impose donc des contraintes de coordination, qui une fois levées, laissent place à d'importantes économies d'échelles.

Conclusion générale

Le travail de recherche que nous avons conduit, nous a permis d'avoir une vision globale des enjeux de la définition et de la mise en œuvre des dispositifs d'incitations à l'efficacité énergétique : dans le premier chapitre, les barrières à l'efficacité ont été identifiées et expliquées ; dans le deuxième chapitre l'impact de ces barrières sur les stratégies d'investissements a été analysé ; dans le troisième chapitre nous avons décrit les dispositifs mis en œuvre ou envisagés qui permettent de lever ces barrières en intégrant également le rôle que peut jouer le secteur privé et nous avons en outre discuté leur intérêt au regard de leur utilisation en pratique ; enfin dans le quatrième chapitre nous avons étudié le déroulement et analysé l'impact des programmes de réhabilitation thermique engagés sur le territoire de l'agglomération de Grenoble dans les dernières années. L'objectif de cette conclusion est de synthétiser et réorganiser les éléments développés pour répondre plus directement aux questions soulevées dans l'introduction générale et que nous rappelons ici : les systèmes d'incitations envisagés permettent-ils de lever toutes les barrières identifiées ? La logique de l'approche coût-efficacité est-elle bien mobilisée dans la conception et le choix des outils ? Les performances constatées des dispositifs correspondent-elles à celles attendues lors de leur conception ?

En partant du cadre analytique que nous avons développé et en nous appuyant sur l'étude de cas menée sur l'agglomération grenobloise, cette conclusion générale nous permettra de montrer que ce n'est pas uniquement la question du nombre d'instruments qui est en jeu, mais avant tout celle de leur ordonnancement et de leur capacité à se compléter mutuellement. Nous verrons en particulier que les dispositifs économiques pourraient être plus directement efficaces si au préalable des dispositifs non financiers adaptés étaient mis en œuvre.

1. Retour sur la démarche et principales observations

L'évaluation des dispositifs d'incitations et de leurs impacts se heurte à des difficultés méthodologiques concernant la quantification du déficit d'efficacité énergétique, que l'analyse par les taux d'actualisation implicites ne permet de lever que partiellement. Une analyse plus qualitative permet de préciser les impacts respectifs de chaque dispositif sur les différentes barrières et ainsi d'identifier celles qui ne sont que partiellement voire aucunement traitées. Cela permet en outre d'observer la façon dont ces dispositifs sont mobilisés par les agents et ainsi de déceller les potentiels décalages entre leur conception et leur utilisation.

Ainsi, comme le souligne Godard (2004, p.16), « *avoir le souci d'utiliser des techniques maniables et appropriables par les différentes parties concernées est [...] une contrainte à considérer sérieusement* ». Le rapprochement des méthodes d'évaluation des conditions réelles de prise de décision permet en effet de comprendre pourquoi l'essence théorique des dispositifs d'intervention et en particulier des instruments économiques, doit être distinguée de son existence pratique.

1.1. Le choix d'une évaluation ex-post essentiellement qualitative

L'analyse de l'impact des mesures d'efficacité énergétique sur l'atteinte des objectifs de réduction peut être réalisée sous deux modalités qui sont, à notre sens, tout à fait complémentaires. Les estimations quantitatives offrent aux décideurs des ordres de grandeur nécessaires pour comparer différents scénarios de réduction ainsi que l'efficacité globale des instruments. Les analyses qualitatives permettent d'observer les conditions pratiques de diffusions et d'appropriation de ces instruments.

La nécessité pour les pouvoirs publics de déterminer – à l'échelle du pays ou à l'échelle de la collectivité territoriale pour les décideurs locaux – l'intensité de l'effort à déployer, impose de se référer à des scénarios prospectifs ou à des projections. Le principal enjeu pour les décideurs publics est alors de parvenir à la fois à saisir la portée des enseignements de ces scénarios pour identifier et dimensionner les mesures d'intervention les plus efficaces et en parallèle, à les mettre en perspective avec les enseignements de l'analyse économique. La conclusion de Hourcade et Kostopoulo (1994) à propos de la réaction des pays aux chocs énergétiques semble également être appropriée ici : « [*A*]*lors qu'au niveau strictement technico-économique les marges de manœuvre apparaissent plus importantes qu'on ne le reconnaît généralement, leur utilisation va dépendre de la façon dont, dans ses processus de coordination interne, chaque société sélectionne les données de la prospective, de la science et de l'analyse économique* » (p.26). Les évaluations technico-économiques issues de la prospective sont en effet précieuses pour guider les décideurs publics dans leur choix d'intervention : financer ou aider au financement de mesures les plus coûts-efficaces dans les mêmes proportions que celles qui ne le sont pas peut conduire à une mobilisation sous-optimale des fonds publics. Cependant, les modèles prospectifs ne parviennent qu'imparfaitement à inclure à la fois des détails sur les aspects comportementaux et

technologiques. Même si les recherches se poursuivent dans cette perspective (Hourcade et *al*., 2006), ces limites des modèles persistent encore aujourd'hui.

Nous avons vu aux chapitres 2 et 3 que les taux d'actualisations implicites – en exprimant l'impact de plusieurs barrières et notamment la présence des coûts additionnels – permettent, sous réserve qu'ils soient correctement évalués, de quantifier le déficit d'efficacité énergétique. Toutefois, l'analyse par les taux d'actualisation implicites ne permet pas, par exemple, de comprendre les causes du déficit, de donner un poids à chacune des barrières et donc, de tester l'impact des instruments sur elles. De plus, les estimations qui se focalisent sur l'impact des instruments économiques ne permettent pas de saisir les effets du développement du marché des services d'efficacité énergétique ou l'impact possible sur les investissements des nouvelles formes de contrat comme les CPE. Enfin, cette méthode est difficilement envisageable pour évaluer l'impact à attendre des dispositifs non-financiers d'accompagnement qui sont pourtant de plus en plus nombreux, en particulier depuis l'implication croissante des collectivités territoriales dans la politique énergie-climat. Une évaluation basée sur une analyse positive notamment grâce à la collecte de données de terrain et aux retours d'expériences nous a permis dans ce travail, à défaut d'en déterminer pécisemment l'ampleur, de comprendre l'impact et les limites des différents dispositifs et d'identifier les aménagements envisageables.

1.2. Des instruments d'incitations manquants

Nous avons recensé dans un premier temps les barrières puis identifié le rôle que peuvent avoir les outils existants ou en cours de définition, sur chacune d'entre elles. Cette démarche nous permet d'apporter des réponses à la première quesion soulevée dans notre travail :

> **Les systèmes d'incitations envisagés permettent-ils de lever toutes les barrières identifiées ?**

De notre analyse, qui met en rapport les causes du faible niveau d'investissement et les instruments mis en œuvre, il ressort qu'il existe plusieurs dispositifs cherchant à réduire le déficit d'efficacité énergétique. Certains sont spécifiquement ciblés sur une barrière (par exemple, la modification de la règle sur la quittance de loyer) alors que d'autres peuvent avoir

un impact direct ou indirect sur plusieurs causes de ce déficit (par exemple les subventions ou les actions d'information). Cependant, la règle de Tinbergen qui suppose qu'il existe au moins un dispositif par facteurs de blocages n'est, aujourd'hui, pas parfaitement appliquée :

(1) Aucun dispositif n'a été envisagé pour traiter le problème de l'accès au crédit, puisque si l'éco-PTZ permet de lever une des défaillances du marché des capitaux décrites au chapitre 1, à savoir le coût du financement, cela ne garantit pas toujours que les ménages vont pouvoir financer les mesures d'efficacité énergétique par l'emprunt.

(2) Le projet de contribution climat-énergie qui a été envisagé ces dernières années, n'a pas encore pu être mis en œuvre en France. Il n'existe donc aucun instrument qui permette de modifier directement les prix de l'énergie et donc d'envoyer un signal clair aux ménages sur l'évolution à attendre de ces prix.

(3) Les aménagements des règles qui régissent le fonctionnement des copropriétés ne semblent pas suffire à lever les barrières à la coordination des différents acteurs participant, directement ou indirectement, à la prise de décision dans les projets d'investissements de rénovation thermique.

(4) Sauf dans le cas des programmes spécifiques et renforcés tels que ceux présentés dans le chapitre 4, les mesures d'information et d'accompagnement nécessitent que les ménages fassent la démarche de receuillir et traiter les informations. Cela implique qu'ils soient déjà engagés dans une dynamique d'investissement, ce qui exclut ceux qui n'envisagent aucun travaux.

1.3. Des écarts entre l'essence théorique des outils et leur efficacité pratique

Comme nous l'avons souligné dans le chapitre 2, l'évaluation d'une politique nécessite de quantifier en amont l'ensemble des avantages qu'elle engendre, qu'ils soient économiques ou non. Or, l'amélioration de l'efficacité énergétique est génératrice de plusieurs avantages : d'une part de nombreuses mesures de réduction permettent d'obtenir un bénéfice économique net puisqu'elles sont rentables ; d'autre part, ces mesures sont assorties de co-bénéfices qui entraînent une augmentation du bien-être. Si les calculs technico-économiques permettent globalement d'estimer la rentabilité des investissements, les difficultés à mesurer certains co-

bénéfices comme l'amélioration du confort peuvent conduire les décideurs publics à ne porter leur attention que sur un objectif principal : les économies d'énergie[183]. La logique choisie est alors de fixer au préalable des objectifs de réduction des consommations d'énergie. L'intervention publique devrait alors être envisagée dans une logique de coût-efficacité, c'est à dire que les dispositifs qui conduisent les agents à investir dans les mesures les plus rentables et qui sont les moins coûteux pour un même volume de réduction, devraient être mis en œuvre en priorité. L'analyse des différents instruments nous a conduit à étudier cette question et donc à répondre à l'interrogation suivante :

La logique coût-efficacité est-elle bien mobilisée dans la conception et le choix des outils ?[184]

Il y a trois principales conditions pour que les aides financières à l'investissement soient socialement efficaces : il faut qu'elles soient à l'origine de la décision ; qu'elles permettent d'obtenir les liquidités nécessaires à l'achat ; qu'elles soient différenciées en fonction de l'efficacité technico-économique des travaux. Or, en l'absence d'une taxe énergétique et/ou de l'utilisation par les ménages d'indicateurs de rentabilité, des subventions forfaitaires (par exemple un crédit d'impôt correspondant à 30% du coût de l'investissement quelque soit les travaux réalisés) peuvent conduire les ménages à ne pas choisir les solutions les plus coût-efficaces. Ces dernières années, le système de crédit d'impôt a majoritairement été utilisé dans le cadre des investissements dans des vitrages plus performants alors que, comme nous l'avons vu, cette solution n'est pas la plus coût-efficace[185].

Ainsi, dans un contexte où la rentabilité économique des projets n'est que partiellement prise en compte, où les co-bénéfices sont valorisés par les ménages et où l'attention est portée sur les coûts initiaux et l'opportunité de percevoir des subventions, ces derniers peuvent en effet être amenés à ne pas choisir les mesures les plus efficientes au sens normatif et les incitations publiques ne permettent pas de combler le déficit d'efficacité énergétique dans une logique d'optimisation de l'utilisation des fonds publics.

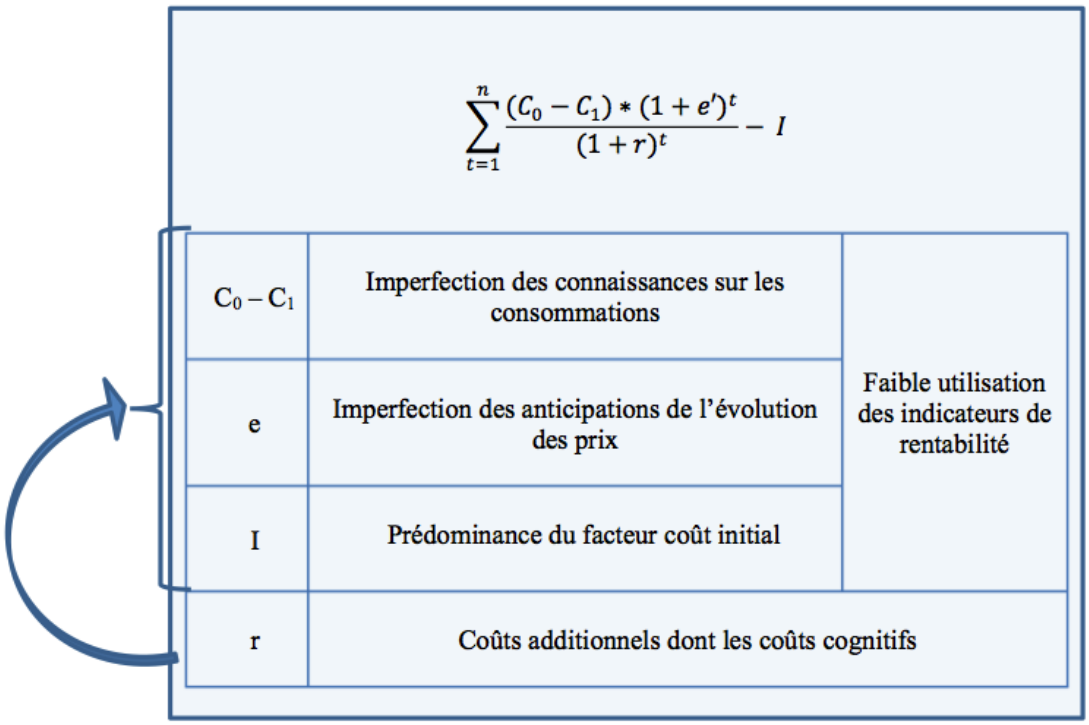
[183] En réalité il s'agit d'un double objectif : il est également lié à la volonté de réduire les émissions de CO_2 puisque comme nous l'avons montré dans l'introduction de la thèse, les mesures de réduction de la consommation énergétique concourent à la réduction des émissions de CO_2.
[184] Les contraintes liées à l'évaluation des incitations non financières que nous avons soulevées plus haut, restreignent le champ de cette analyse aux incitations économiques.
[185] Selon une enquête de TNS-Sofres, sur les 67% des ménages qui ont déclaré vouloir demander un crédit d'impôt en 2009, 35% souhaitaient le faire pour le remplacement des fenêtres.

L'impact des dispositifs visant à modifier les décisions d'investissements des ménages par l'introduction de normes ou d'instruments économiques pour l'amélioration de la rentabilité des investissements dépend de la capacité de ces ménages à s'approprier ces dispositifs. En effet, s'ils ne mobilisent pas les indicateurs de rentabilité et réajustent imparfaitement leur décision, la performance des instruments envisagées, et donc de l'utilisation des fonds publics, peut être remise en cause. Ce qui conduit à poser la question de l'adéquation des performances aux attentes initiales :

Les performances constatées des dispositifs correspondent-elles à celles attendues lors de leur conception ?

Nous avons vu aux chapitres 1 et 2 qu'en raison, d'une part de la non-séparabilité des caractéristiques des biens et services d'efficacité énergétique, et d'autre part de l'habitude des ménages de se focaliser prioritairement sur les coûts initiaux sans mobiliser systématiquement les critères de rentabilité les plus pertinents, un biais systématique était introduit dans les décisions : l'importance accordée au coût initial de l'investissement peut conduire les agents à ignorer les autres paramètres qui influent sur la Valeur Actuelle Nette comme la réduction des consommations énergétiques ou l'évolution de prix de l'énergie (Figure 13, p.300).

Figure 13 : Influence des coûts cognitifs sur l'appropriation des instruments économiques



L'analyse des choix des acteurs dans un « monde de second rang » conduit à la conception d'outils dont le fonctionnement est sous-optimal car leur appropriation et leur utilisation se font également dans un monde de second rang :

(1) Même si un investissement devient rentable grâce à l'introduction d'une taxe énergétique car les flux de trésorerie augmentent par rapport à un scénario de référence, l'investissement ne sera pas réalisé si les coûts initiaux sont trop élevés et donc les flux de trésorerie ne seront pas correctement valorisés. Dans ce contexte, les subventions peuvent avoir un effet plus direct sur le déclenchement des investissements. Cependant, si elles sont versées après l'achat (crédit d'impôt, subventions des collectivités), « l'effet de saillance » du coût initial n'est que partiellement réduit. Au moment de l'achat, les ménages doivent débloquer des liquidités relatives au coût total, non diminué du montant des subventions qui seront versées[186]. Par ailleurs, si le ménage a

[186] Le coût au moment de l'achat n'est diminué seulement si le paiement se fait en plusieurs fois et que le versement des subventions survient avant la dernière échéance, ou lorsque les acteurs obligés (fournisseurs et distributeurs d'énergie) participant au dispositif des CEE subventionnent directement des achats sous forme de « prime énergie » (bon d'achat).

prévu de réaliser des travaux et dispose des fonds nécessaires pour les financer, le versement des subventions en t+1 peut constituer un effet d'aubaine et le critère d'additionnalité de l'utilisation des fonds public n'est pas respecté. De plus, l'amélioration des revenus en t+1 risque d'accroître l'effet-rebond. A l'inverse, si le ménage n'avait pas prévu d'investir dans des travaux et décide, dans la perspective de recevoir des subventions, de les réaliser mais ne dispose pas des liquidités au moment de l'achat et n'a pas d'accès au crédit, le système de subvention ne permettra pas finalement de déclencher l'investissement.

(2) Les coûts cognitifs témoignent de la difficulté pour les ménages à se procurer et s'approprier des informations. Dans le cadre des investissements d'efficacité énergétique, ces informations portent sur les différentes solutions existantes. Avec l'introduction des dispositifs d'incitations et notamment les incitations économiques, de nouveaux coûts cognitifs apparaissent, puisque les ménages doivent se procurer aussi des informations sur ces dispositifs. Nous avons vu au chapitre 4 que le travail du PACT Isère, qui a consisté à accompagner rigoureusement les ménages dans la constitution de leur dossier de subventions, a favorisé le déclenchement des investissements. Ainsi, si les aides financières permettent d'améliorer la rentabilité économique des investissements, les coûts de transaction liés à la constitution des dossiers de subvention par les ménages peuvent venir quant à eux augmenter le taux d'actualisation implicite et donc réduire l'impact des aides sur l'amélioration de la rentabilité globale des investissements.

(3) Nous avons vu par ailleurs au chapitre 3 que si, à la différence des instruments économiques tels que les taxes, les normes ne permettaient pas une minimisation des coûts de réduction, elles garantissent cependant davantage l'atteinte d'un résultat et influencent très positivement la création/transformation du marché de l'efficacité énergétique. Toutefois ceci est vrai seulement si des mesures de contrôle sont mises en œuvre et si l'amélioration de l'efficacité énergétique n'est pas suivi d'effet-rebond. C'est également le cas pour certaines règles juridiques comme la possibilité pour les bailleurs de transférer une partie de la charge des travaux d'efficacité énergétique aux locataires. En effet, sans solution permettant de mesurer l'évolution des consommations et de raisonner à service énergétique rendu égal (laisser le logement chauffé à 19°C par

exemple), il est difficile pour les deux parties de vérifier si les réductions de charges sont conformes à celles qui étaient prévues dans le contrat.

(4) L'obligation d'associer un DPE à toutes les annonces immobilières peut inciter les propriétaires, qu'ils soient bailleurs ou occupants, à réaliser des travaux d'efficacité énergétique dès lors qu'ils considèrent qu'une meilleur classe énergétique confère une valeur supplémentaire au logement (« valeur verte »). Toutefois, les controverses sur la fiabilité des DPE ainsi que la faible considération donnée à cet indicateur, notamment dans les lieux où le marché immobilier est « tendu » (peu d'offres, mais beaucoup de demandes) remettent sensiblement en cause l'efficacité de cet outil.

Ainsi, en se focalisant sur des outils économiques et réglementaires la puissance publique suppose que les ménages vont répondre « rationnellement » à l'introduction de ces dispositifs. Or, cela revient à considérer que les acteurs décentralisés ont à la fois une rationalité limitée lorsqu'il s'agit d'élaborer des stratégies d'investissement d'efficacité énergétique mais également une rationalité « parfaite », ou substantielle, lorsqu'il s'agit d'intégrer dans ces stratégies les dispositifs publics. Mais comme nous l'avons montré dans le chapitre 4 de la thèse, pour que ces instruments fonctionnent, encore faut-il favoriser en amont les conditions de leur appropriation.

2. Propositions

Dans la mesure où les coûts cognitifs réduisent l'efficacité des aides, les pouvoirs publics doivent donc veiller en priorité à ce que des dispositifs ambitieux soient mis en œuvre pour réduire ces coûts. La détermination du nombre de dispositifs économiques, l'identification et le calibrage des instruments de flexibilité pourraient dans ce contexte être facilités et envisagés dans une logique de maximisation du surplus total. Le lien étroit entre les différentes barrières et les rétroactions des unes sur les autres doivent conduire en effet à ne pas seulement chercher à savoir si pour chaque barrière il existe un instrument, mais aussi s'il n'est pas nécessaire de lever au préalable certaines d'entre elles pour que les instruments économiques fonctionnent. Avant de mettre en place des dispositifs d'incitation économique, il faut donc s'assurer qu'ils sont correctement diffusés et intégrés dans le processus de décision des ménages. Cela nécessite d'élaborer et de développer en premier lieu des instruments non financiers permettant de réduire les coûts additionnels et de « rationaliser »

les stratégies de décisions puis de calibrer et d'introduire des instruments économiques.

2.1. Préparer le terrain

Proposer un accompagnement systématique

Les retours d'expériences présentées au chapitre 4, montrent que sans un accompagnement plus poussé les préférences des agents, leurs routines décisionnelles et le mode de décision des copropriétés peuvent conduire à une inertie que les dispositifs d'incitation économique ne suffisent pas à réduire. Les expériences de l'OPATB des Grands boulevards de Grenoble et de la campagne « mur / mur » témoignent du rôle-clé joué par les agents que nous avons qualifiés « d'accompagnateurs », voire de « médiateurs », dans le succès des projets. En portant à la connaissance des copropriétaires un grand nombre d'informations à la fois sur les aspects techniques, organisationnels et économiques des travaux d'efficacité énergétique, ces acteurs prennent en charge une partie importante des coûts cognitifs que les ménages auraient dû supporter. La facilité d'appropriation par les ménages des informations qui leur ont été diffusées est notamment liée à la proximité de ces accompagnateurs, qui a permis de traiter au cas par cas les difficultés des diverses copropriétés.

Selon nous, sans le développement à grande échelle de dispositifs d'information de proximité renforcés, les outils aujourd'hui en place ne peuvent suffire à combler le déficit d'efficacité énergétique. La principale raison provient du fait que les ménages utilisent imparfaitement ces outils car leurs routines décisionnelles ne sont pas suffisamment préparées à les intégrer. Ils ne procèdent pas spontanément à des estimations intertemporelles, valorisent un ensemble de critères autres qu'économiques, et sont confrontés à des coûts de transaction importants lorsqu'ils doivent prendre des décisions. Cela ne remet pas en cause l'utilité des instruments économiques mais pointe le fait qu'avant leur mise en œuvre ou en parallèle, « le terrain doit être préparé ». La collectivité locale est selon nous, comme nous l'avons expliqué au chapitre 4, l'échelle territoriale la plus appropriée pour prendre en charge et réaliser ce travail. Cela peut se justifier en particulier par le fait que la proximité pemet la prise en compte des spécificités locales susceptibles de conditionner favorablement le succès de ce mode d'intervention. Les Contrats de Performance Energétique pourraient également venir en appui ou en relai de ce travail d'accompagnement, mais cela nécessite que l'Etat et les sociétés de services énergétiques poursuivent leur effort pour favoriser leur développement tout en

veillant à ce que cette forme de partenariat n'engendre pas des coûts de transaction trop élevés.

Favoriser la diffusion des technologies de mesures des consommations

Il y a plus de 25 ans Dard (1986) écrivait : « *[O]n a voulu voir chez les pionniers du solaire d'il y a cinq ans une préfiguration de l'homo-climaticus, habile à jouer des saisons, du soleil, des vents ; on voudrait à présent croire en l'homo-technicus, fin opérateur d'instruments de contrôle automatisés et de programme de gestion* » (p.167). Aujourd'hui, l'installation dans les logements de boîtiers communicants semble nécessaire pour aider « *l'homo-œconomicus* » à considérer les potentiels de réduction de consommations énergétiques dans son logement. La possibilité de segmenter et de mesurer les différents postes de dépenses énergétiques pourrait sans doute constituer une condition préalable à une réponse appropriée des agents aux instruments économiques. La diffusion de ces technologies permettrait d'une part, d'améliorer l'appropriation des informations sur les consommations énergétiques, et d'autre part, d'assurer le succès des différents dispositifs d'incitation. En effet, en ayant la possibilité de suivre et de « rationaliser » leur consommation, les ménages peuvent répondre plus justement à l'introduction d'instruments économiques et réglementaires.

Garantir une valeur verte énergétique

Sous réserve que le DPE soit fiabilisé, il faudrait aussi contraindre le marché à intégrer cette valeur additionnelle dans les prix par le biais, par exemple, d'un bonus-malus sur les droits de mutation lors de l'achat d'un logement en fonction de sa performance énergétique (Grandjean, 2011). Cela permettrait d'envoyer un signal fort mais également d'améliorer la rentabilité des investissements puisque le bonus serait intégré dans le calcul. Toutefois, si ce dispositif constitue une bonne réponse au sous-investissement dans l'efficacité énergétique pour les maisons individuelles, il s'avère plus complexe à mettre en place au niveau d'une copropriété. En effet, les travaux sur le bâti requièrent l'accord de la majorité des copropriétaires et si une partie d'entre eux refusent de financer des mesures d'isolation ou un changement de chaudière collective, les travaux ne pourront être entrepris. Dans ce cas, le DPE des différents logements (ou le DPE collectif) pourrait engendrer le paiement d'un malus même pour les ménages qui sont favorables aux travaux.

En tant que structure organisationnelle et décisionnelle spécifique, l'existence des copropriétés impose aux pouvoirs publics de concevoir des outils adaptés. L'instauration d'un fonds travaux obligatoire pour l'ensemble des copropriétaires d'un immeuble, tel qu'il est proposé par l'ARC et que nous l'avons décrit au chapitre 4, reviendrait à accorder un malus aux logements non rénovés : lors de la vente du logement, l'acheteur va anticiper le paiement des cotisations pour le fonds travaux si ce logement n'est pas réhabilité. En cas de cession en cours de cotisations, il paiera au vendeur l'équivalent des versements déjà réalisés. Ainsi, l'aquisition d'un logement déjà réhabilité ou ayant une consommation inférieur à un certain seuil (par exemple, celui qui correspond à un niveau « *BBC Effinergie* ») ne serait pas assortie du paiement des cotisations à la différence d'un logement dans une copropriété non rénovée. La contrainte du fonds tavaux étant collective, on échapperait alors à la difficulté évoquée plus haut pour le bonus-malus.

C'est, selon nous, à partir de cette obligation de financement associée à un accompagnement poussé de la part des acteurs de terrain mais également à une diffusion des technologies de mesures des consommations que des systèmes d'incitations économiques peuvent être envisagées.

2.2. Optimiser les dispositifs d'incitation économiques

Le recours aux instruments qui modifient le contexte économique dans lequel les agents prennent leurs décisions, tels que les taxes ou les systèmes de permis/certificats échangeables, est depuis plusieurs années présenté comme une solution plus efficiente que le recours aux dispositifs réglementaires tels que les normes (Godard et Henry, 1998). Ceci est justifié par le fait que les instruments économiques offrent une certaine flexibilité concernant la stratégie que vont mettre en œuvre les acteurs afin de maximiser leur utilité sous la contrainte d'une modification des prix ou d'une obligation de maîtrise des quantités de consommations énergétiques. Nous avons vu qu'en France, le seul instrument-prix qui existe est un système de subventions à l'investissement. Mais il nécessite d'être aménagé pour ce qui concerne l'échéancier des versements, comme pour éviter les effets d'aubaine. De plus, les subventions doivent être calibrées en fonction de l'efficacité technico-économique des solutions, de sorte que l'objectif d'économie d'énergie et les coûts de réduction soient les premières variables d'arbitrage de la part des ménages. Avec un système de taxe énergétique, l'objectif

d'efficacité porte uniquement sur la composante énergétique ce qui limite les risques de sur-représentation des co-bénéfices dans les décisions.

Par ailleurs, les entretiens que nous avons conduit dans le cadre des opérations de réhabilitation du territoire grenoblois on montré que la cohérence du signal-prix peut impacter les décisions des agents : face à l'argument de l'intérêt de mener des actions d'efficacité énergétique compte-tenu des augmentations de prix de l'énergie à venir, plusieurs acteurs ont mis l'accent sur le fait que dans le passé les prix de l'énergie ont fluctué parfois à la hausse mais également parfois à la baisse. Dans ce contexte, et parce que, comme nous l'avons montré au premier chapitre, les routines de décisions des agents sont influencées par une analyse historique des faits (ancrage et dépendances), ils considèrent parfois que les prix peuvent encore à l'avenir diminuer et/ou que la hausse peut être contenue par l'intervention publique. La fiabilité des estimations de rentabilité des investissements est alors remise en cause et face à l'incertitude, les agents peuvent décider de ne pas investir. L'absence d'un signal-prix stable et temporellement cohérent est donc en partie à l'origine des sous-investissements dans l'efficacité énergétique. Une évolution structurelle et régulière des prix de l'énergie pourrait à l'évidence contribuer à réduire l'incertitude en fiabilisant les résultats des estimations de rentabilité. Cela permettrait en outre de maîtriser l'effet-rebond qui peut survenir une fois les travaux réalisés.

Cependant, son efficacité est conditionnée par la réponse des ménages au signal-prix. En effet, l'efficacité de la taxe sur la réduction des consommations énergétiques dans une logique de minimisation des coûts suppose que les agents « répondent » rationnellement à l'évolution des prix de l'énergie en réajustant leur consommation grâce à la sobriété et/ou l'efficacité énergétique. Les études que nous avons présentées au chapitre 1 sur l'élasticité de la demande en énergie par rapport au prix montrent qu'une augmentation des prix de l'énergie n'entraîne pas une diminution proportionnelle de la consommation. Cela peut s'expliquer par le fait que les ménages ne connaissent pas le détail de leur consommation et en l'absence de technologie de mesure, ils ne peuvent identifier précisément les raisons de l'augmentation des coûts et réajuster parfaitement leur demande. A supposer qu'un travail d'accompagnement et de médiation a été entrepris au niveau local, et que la technologie des compteurs intelligents se diffuse, les coûts additionnels liés aux efforts cognitifs que doivent fournir les ménages pour s'approprier les informations (options de réduction, mesures de rentabilité, suivi des consommations, etc.) ainsi que ceux liés aux difficultés de coordination avec les différentes

parties-prenantes, pourraient être considérablement réduits. Dans ce cas, les taux d'actualisation implicites des ménages pourraient se rapprocher des taux normatifs.

Pour éviter que ce mécanisme soit source d'inégalités, il faut s'assurer que les ménages disposent des marges de manœuvres nécessaires pour financer les investissements. En effet, face à une augmentation des prix, les ménages les plus modestes vont généralement répondre par la sobriété alors que les plus aisés peuvent davantage procéder à des investissements dans l'efficacité énergétique. Ce n'est donc pas sur la base des coûts marginaux de réduction que s'opèrent les choix mais davantage sur les marges de manœuvre dont disposent les agents. Certains vont investir dans des mesures d'efficacité énergétique et d'autres non, même si les coûts marginaux de réduction des premiers sont supérieurs à ceux des seconds. Les pouvoirs publics doivent donc, d'une part veiller à ce que les ménages parviennent à collecter les montants nécessaires à l'investissement en passant par le prêt bancaire, et d'autre part diminuer la charge des ménages les plus modestes, en leur octroyant des subventions suffisamment importantes. L'utilisation des recettes de la taxe et/ou le maintien des aides de l'ANAH et du dispositif des CEE, doivent être envisagés pour répondre à cet objectif.

3. Perspectives de recherche

Nous venons de voir que, sous réserve que des instruments non financiers élaborés et efficaces soient préalablement mis en œuvre et que des aides en direction des ménages les plus précaires soient prévues, un système de taxe énergétique pourrait constituer la solution pour combler le déficit d'efficacité énergétique résiduel et conforter la dynamique de maîtrise de l'énergie à long terme. Nos recherches pourraient alors être développées pour identifier plus précisément les enjeux autour de l'utilisation du second dividende mais également de se compatibilité avec d'autres dispositifs comme les CEE. Il conviendrait également de quantifier les coûts des nouveaux dispositifs envisagés comme le développement du métier « d'accompagnateur de projet » au regard des économies qui pourraient être rendues possibles par la suppression des dispositifs dont l'efficacité est discutable, comme par exemple le système de crédit d'impôt.

L'autre voie qui doit être explorée consiste à s'interroger sur la capacité de l'offre à répondre à l'augmentation de la demande de biens et services d'efficacité énergétique et ainsi d'évaluer l'impact en termes d'emplois et d'augmentation de la valeur ajoutée de ce secteur. Il nous

semble également nécessaire de positionner notre analyse sectorielle dans une approche plus systémique et de s'intéresser à la coordination de la politique d'efficacité énergétique dans les bâtiments avec les politiques conduites dans le secteur de la production énergétique et celui des transports. Un travail d'analyse pourrait également être réalisé sur la coordination entre les différents niveaux d'intervention publique (européen, national et local) et la répartition des rôles et des missions dans la conduite de la politique énergie-climat, en particulier pour l'efficacité énergétique. Ces éléments sont autant de pistes de recherches envisageables dans la continuité de nos travaux.

Au delà des objets de recherches, la question du dialogue entre les différentes sphères concernées par ces objets (dans notre cas, les ménages, les acteurs de terrains, les porteurs de projets et le monde de la recherche) demeure probablement le champ le plus original et le plus fécond, et nous n'aurons que commencé à l'explorer. En effet, il nous semble que l'élaboration d'un projet de politique environnementale qui implique ces différents groupes d'acteurs, doit également s'attacher à prévoir les conditions favorables à un « dialogue » permanant entre les besoins du terrain, les intérêts théoriques des instruments et leur mise en œuvre pratique. « *La révolution environnementale* »[187] prévue dans les années soixante, pourrait alors réellement prendre forme, dès lors que les acteurs de ces différentes sphères auront suffisamment dialogués pour être prêts à agir de concert.

[187] Nous faisons à nouveau référence ici à la première phrase de l'ouvrage de Baumol et Oates (1988) que nous avons citée dans l'introduction de cette thèse : « *Lorsque la révolution environnementale survint dans les années 1960, les économistes étaient prêts et attendaient* ».

Annexes

Annexe 1 : Etat initial, scénarios d'évolution et potentiels techniques

L'identification et la quantification des potentiels de réduction peuvent se faire à l'aide de différentes approches de modélisation intégrant divers jeux d'hypothèses (A). Si ces différences engendrent des écarts de résultats entre les études existantes, toutes font ressortir un potentiel de réduction de consommations énergétiques et d'émissions de CO_2 significatif dans le secteur des logements (B).

A/ Les modèles de prospective

Les modèles intégrés de simulation sont utilisés pour établir des scénarios d'évolution de la consommation énergétique dans les prochaines décennies. Il existe différentes méthodes de modélisation dans le champ de la prospective énergétique et des politiques climatiques. Toutes les approches présentées ci-dessous ont pour objectif d'évaluer l'évolution de la demande énergétique tendancielle – c'est-à-dire sans changement majeur dans la politique et sans rupture technologique – et de comparer cette évolution avec un ou des scénarios intégrant la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique et l'utilisation de technologies visant à réduire la demande énergétique et les émissions de CO_2. Ces travaux cherchent donc à estimer les incidences sur un secteur voire, pour certains, sur l'ensemble de l'économie, des mesures de régulation publique visant à répondre à ces objectifs. Ils constituent donc un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques. Ces modèles diffèrent selon l'échelle temporelle et spatiale et le choix des solutions technologiques. A partir d'un jeu d'hypothèses sur des évolutions possibles du contexte économique et réglementaire (évolution des prix, fiscalité, introduction de nouvelles technologies, etc.), les simulations aboutissent à des situations plus ou moins éloignées de la situation de référence (Beaumais et Chiroleu-Assouline, 2001).

Il existe trois grandes familles de modèle dont le choix d'utilisation est en général justifié par l'objectif recherché (Bataille et *al*., 2006 ; Hourcade et *al.*, 2006 ; Mathy et *al*., 2010 ; Novikova, 2010) :

- Les modèles *bottom-up* (synthèse) ou technico-économiques ont pour objectif de représenter l'évolution du système énergétique, fondée sur les choix d'investissements et les comportements économiques des agents, aboutissant à un équilibre sur les marchés énergétiques. Ils définissent l'offre à travers une description des technologies, des flux d'énergie et des équipements ainsi que la demande, en se basant sur des hypothèses de comportements et d'évolution de la croissance économique et démographique. Les études qui traitent de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment utilisent pour beaucoup d'entre elles une approche *bottom-up* (Levine, et *al*., 2007). La principale critique faite à ces modèles est qu'ils ne permettent pas de fournir une représentation réaliste des décisions microéconomiques des acteurs

(consommateurs et firmes) et des impacts macroéconomiques des choix énergétiques et politiques (impacts sur les prix, sur le marché du travail, etc.).

- Les modèles *top-down* (décomposition) ou macroéconomique ont pour objectif de représenter l'ensemble des interactions de l'économie avec une représentation agrégée du système énergétique. A la différence des précédents modèles, ils permettent de traiter les conséquences des politiques énergétiques et climatiques sur les finances publiques, la compétitivité économique, l'emploi, etc. Mais ces modèles ne représentent les technologies que de façon abstraite et les élasticités de substitution qui apparaissent suite aux changements techniques sont estimées à partir de données historiques. Rien ne garanti alors que les valeurs inclues dans les modèles seront effectives dans un avenir plus ou moins proche dans lequel les critères de choix et les comportements des différents acteurs peuvent évoluer[188].

Les divergences de point de vue entre les premiers et les seconds sont liées à deux principales hypothèses sous-jacentes à ces modèles (Hourcade et *al.*, 2006) :

- les modèles *top-down* – en particulier les modèles d'équilibre général – supposent que les marchés allouent automatiquement toutes les ressources de façon efficiente et donc qu'aucune barrière ne vient entraver le fonctionnement du marché. Le sous-investissement dans l'efficacité énergétique constaté dans la réalité s'explique pourtant, comme nous le montrons dans cette thèse, par la présence de nombreuses barrières ;
- les modèles *bottom-up* sous-tendent qu'il y a un large potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique dit « *sans regret* » dans la mesure où certaines options technologiques permettent à terme de réduire la consommation énergétique par rapport à un scénario sans action. Or, des études montrent que l'amélioration de l'efficacité énergétique dans un secteur peut être source d'augmentation de la consommation énergétique dans d'autres secteurs – en raison du report des ressources économisés dans le premier secteur vers les seconds – et donc négative au niveau macroéconomique.

Afin de compenser les limites des deux modèles présentés ci-dessus, un troisième type de modèle a été développé : les modèles hybrides. Ils ont pour objectif de garantir une cohérence des scénarios prospectifs en couplant un modèle technico-économique et un modèle macroéconomique. Le but est de représenter les interactions entre les systèmes énergétiques – avec des représentations explicites des technologies – et les mécanismes macroéconomiques. Dans cette perspective, les

[188] Par exemple, les nouvelles technologies plus efficaces d'un point de vue énergétique offrent des choix nouveaux aux consommateurs et aux entreprises. Les réponses des acteurs à ces nouveaux produits sont reflétées par des élasticités de substitution différentes de celles observées dans le passé, pour d'autres produits et peuvent avoir des implications significatives sur l'économie (Hourcade et *al.*, 2006).

modèles *bottom-up* vont chercher à intégrer des paramètres micro et macro, et, les modélisateurs qui utilisent l'approche *top-down* vont tenter de définir de façon explicite les technologies. En partant de la structure générale des différents modèles, Hourcade et *al.* (2006) distinguent ceux qui partent de modèles *top-down* et renoncent à certaines hypothèses standards, telles que la constance des élasticités de substitution et/ou améliorent le niveau de désagrégation, de ceux qui partent de modèles *bottom-up* et introduisent des paramètres micro, comme par exemple les choix technologiques des ménages et des paramètres macro, tels que les budgets des gouvernements. Selon ces auteurs, l'idéal serait alors d'obtenir le modèle suivant :

> « *A composite hybrid model that includes all of the major theoretical and structural characteristics of the most advanced TD (top down) models along with the major characteristics of the most advanced BU (bottom-up) models, with technological detail in all sectors and behavioral parameters that are empirically estimated from micro-economic and macro-economic research. While such a model would present the greatest challenge in terms of theoretical consistency, mathematical complexity and empirical estimation, it nonetheless represents an objective that some modelers might aspire to, and has been colloquially referred to as the "Holy Grail"*. » (Hourcade et *al*., 2006, p. 9)

Les modélisateurs poursuivent donc aujourd'hui la « *quête du Graal* » en enrichissant toujours plus leurs modèles afin que ces derniers se rapprochent au mieux de la complexe réalité. Mais sans être parvenu pour l'instant à atteindre cet « *optimum* » de modélisation, les travaux existants permettent tout de même de répondre aux questionnements de la puissance publique, en offrant des ordres de grandeurs sur les potentiels de réduction.

B/ Les résultats des modèles de prospective

Les résultats qui découlent de travaux de prospective peuvent, on l'a montré, en raison des différentes approches, présenter des différences majeures. Mais ils offrent, au-delà d'un ordre de grandeur sur les potentiels de réduction, une estimation de l'effort à consentir pour y parvenir. Quelle que soit l'ampleur de ces divergences, toutes les études concluent que le secteur du bâtiment présente de larges gisements pour réduire la consommation énergétique comme en témoignent notamment les rapports des institutions internationales chargées d'étudier la question du potentiel de réduction de CO_2 et/ou de synthétiser les principales études (OECD, 2003 ; UNEP, 2007 ; IPCC , 2007 ; IAE, 2009). L'échelle géographique sur laquelle va porter l'étude a une influence notable sur les résultats, d'une part en raison du contexte économique et institutionnel spécifique à chaque pays/zone, et d'autre part en raison du lien entre l'échelle spatiale et la possibilité pour les modélisateurs d'affiner les données d'entrée des modèles.

Les scénarios globaux permettent d'évaluer le potentiel de réduction de la demande d'énergie provenant du secteur du bâtiment au niveau mondial et ainsi de comprendre les enjeux de ce secteur pour les différentes régions de la planète (Encadré 14, p.315).

Encadré 14 : L'évolution de la demande mondiale selon les scénarios du GIEC

Plusieurs travaux partent des scénarios élaborés par le GIEC pour estimer différents chemins concernant l'évolution des émissions mondiales de GES en séparant les secteurs (principalement l'industrie, le transport et le bâtiment) et les régions du monde[189] (Price et *al.*, 1998 ; Ürge-Vorsatz et Novikova, 2008 ; De la Rue du Can et Price, 2008).

Par exemple, dans l'étude de De la Rue du Can et Price (2008), les données sur les consommations d'énergie et les émissions de CO_2 des trente dernières années dans différentes régions du monde sont examinées puis comparées avec des projections sur les trente prochaines années à partir des scénarios A1 et B2[190] du GIEC. Ils réalisent une évaluation sectorielle de la consommation énergétique et des émissions de GES mondiales et montrent que pour le secteur du bâtiment le scénario A1 fait ressortir une croissance de la demande pour toutes les régions alors que pour le scénario B2, la croissance de la demande a lieu essentiellement en Amérique du nord et ce, du fait de l'augmentation de la demande de climatisation. En revanche, dans le scénario A1, la croissance des émissions de CO_2 se ralentit dans cette zone et en Europe de l'ouest mais s'accélère dans deux régions d'Asie qui dépasseront en 2030 les émissions de l'Amérique du nord. La consommation de l'Europe de l'ouest reste donc relativement stable grâce à l'introduction et au développement de technologies permettant d'accroitre l'efficacité énergétique dans un contexte de croissance économique rapide et de croissance démographique relativement lente.

Les scénarios réalisés à l'échelle d'un pays présentent l'intérêt de pouvoir évaluer le potentiel de réduction en tenant compte du contexte institutionnel et notamment des réglementations thermiques.

Des scénarios d'évolution de la consommation énergétique et des émissions de CO_2 provenant du secteur du bâtiment ont été réalisés pour le secteur tertiaire et résidentiel[191] français. Ils diffèrent selon le jeu d'hypothèses et les modèles sur lesquels ils s'appuient. Certains sont à un horizon 2030 (Laurent et *al.*, 2006 ; LEPII-EPE et Enerdata, 2005) et d'autres à 2050 (Maiza et Traisnel, 2006 ; Association

[189] Le GIEC a élaboré 4 grandes familles de scénarios (A1, A2, B1, B2, détaillé dans IPCC, 2007) représentants l'état futur du monde autour de la gouvernance et du développement intégrant l'échelle spatiale et les dimensions économiques et environnementales (Faucheux et Joumni, 2005).

[190] Le scénario A1 prévoit une croissance économique rapide avec une augmentation de la population relativement lente et l'introduction de plusieurs technologies efficaces. Dans ce scénario, les régions convergent grâce à une réduction des disparités régionales : l'efficacité des technologies et des institutions se renforcent. Le scénario B2 prévoit une croissance économique plus modérée que pour le scénario A1, mais une croissance démographique également assez lente bien que plus rapide que dans A1. Dans B2, c'est essentiellement des solutions locales qui se développent avec des évolutions technologiques plus diversifiées que dans les autres scénarios mais moins rapides. L'intégration régionale est donc relativement faible mais le développement local est important.

[191] Les modèles et les résultats présentés dans la suite de ce paragraphe portent uniquement sur l'objet de recherche qui nous intéresse : le secteur résidentiel.

NégaWatt, 2006 ; Syrota, 2007 ; Acket et Bacher, 2007 ; Meunier et Tessier, 2008 ; Enerdata, 2010 ; Traisnel et *al.*, 2010).

L'objectif commun à ces travaux est d'estimer la réduction des émissions de CO_2 en utilisant une approche *bottom-up*. Les différences portent sur les hypothèses choisies à la fois sur la situation de référence, sur la diffusion des technologies et sur la contrainte (niveau de référence, évolution des prix de l'énergie, options technologiques, « sévérité » de la réglementation thermique, etc.). Ils aboutissent donc à des résultats différents en termes de volume de CO_2 réduit allant d'un facteur 8 par rapport au niveau de 2000 pour les plus optimistes (LEPII-EPE et Enerdata, 2005) à 2,4 pour ceux qui le sont moins (Syrota, 2007). Les hypothèses de ces modèles et les résultats sont récapitulés dans le Tableau 28, p.317.

Tableau 28 : Facteurs de réduction des émissions de CO_2 dans le résidentiel selon différents modèles de prospectives

Modèles	Hypothèses principales	Emissions en 2050 ($MtCO_2$)	Facteur /2000 (121Mt CO_2)
POLES-MEDEE (Enerdata-LEPII, 2005)	taux de rénovation du parc de 1,5%/an, taux de démolition de 0,5%/an, amélioration de la performance thermique des bâtiments (-30% sur la consommation de chauffage pour les bâtiments avant 1980), 100% des logements construits en 2030 sont basse consommation (20kWh/m²), développement de chauffe eau solaire, augmentation de raccordement au réseau de chaleur (20% en 2050)	15	8,1
NégaWatt (2006)	rénovation de 90% des logements construits avant 1975, isolation des bâtiments, mesures d'efficacité énergétique, développement des énergies renouvelables (ENR) et de l'usage de la biomasse, développement des chaufferies collectives etc.	21,8	5,6
BEAM (Teissiet et Meunier, 2008)	amélioration des performances thermiques de rénovation, systèmes de chauffage plus sobres en CO_2, diffusion des ENR (système bois-énergie, système de chauffage à condensation), développement de l'eau chaude solaire (30% de l'ECS en 2040), version plus ambitieuse que la Réglementation Thermique RT 2005 pour les constructions neuves	30	4
Négatep (Acket et Bacher, 2007)	recours aux ENR (bois, déchets agricoles et ménagers pour le chauffage individuel et les réseaux de chaleur, développement du solaire thermique, des pompes à chaleur PAC et de la géothermie), isolation des bâtiments	31,6	3,8
Markal (Syrotat, 2007)	taux de renouvellement de 100 000 logements/an, isolation de 75% du parc ancien, généralisation des PAC, baisse des besoins de chauffage de 15% tous les 5 ans pour le neuf	28	3,1
Maiza, Traisnel, 2006)	taux de rénovation du parc de 2,5%/an, amélioration du bâti (vitrage, mur etc.) des performances thermiques de rénovation, systèmes de chauffage plus sobres en CO_2, diffusion des ENR (bois, PAC, réseau de chaleur au bois etc.)	50	2,42
Medpro (Syrotat, 2007)	taux de renouvellement du parc de 5 000 logements/an, baisse des besoins de chauffage de 0,8%/an dans le neuf et dans l'ancien grâce à l'isolation, développement de l'usage de la biomasse	53	2,4

Source : Mathy et *al.*, (2010) ; LEPII-EPE et Enerdata (2005) ; Maiza et Traisnel (2006) ; Teissier et Meunier (2008)

Les écarts importants dans les résultats entre ces sept modèles s'expliquent par des divergences concernant les scénarios de base et les jeux d'hypothèses sur les contraintes et options techniques mais également sur l'évolution des prix de l'énergie :

- Les fortes disparités sont constatées entre les niveaux de consommation énergétique et d'émissions de CO_2, puisque certains, comme le scénario NégaWatt, prolongent seulement les tendances des années 2000, alors que d'autres, comme les scénarios réalisés avec les modèles Markal et Medpro, intègrent déjà certaines mesures (Mathy et *al*., 2010).
- Les contraintes et options techniques dans les scénarios volontaristes sont également différentes selon les modèles. Par exemple le modèle Markal considère un taux de renouvellement du parc de 100 000 logements/an alors que le modèle Medpro de 50 000 (Syrota, 2007, p. 155). Dans le modèle POLES-MEDEE le taux de rénovation du parc ancien est de 1,5%/an, alors qu'il est de 2,5%/an dans le scénario de Maiza et Traisnel (2006).
- La prise en compte de l'évolution des prix de l'énergie et l'intégration d'un prix du carbone n'est pas systématique à tous les modèles. Par exemple, les scénarios NégWatt et Négatep ne proposent pas d'hypothèse à ce sujet. Ils se basent uniquement sur une analyse de données existantes.

Ainsi, sans avoir participer à la production de ces modèles, il est difficile de déterminer lequel de ces trois groupes d'hypothèses est le plus influant dans l'écart de résultats constaté et donc d'identifier précisément le meilleur chemin à suivre en termes de contraintes règlementaires pour atteindre les objectifs de la politique climat-énergie. Pour autant, l'ensemble de ces modèles permet de faire ressortir les grandes orientations pour aller vers une réduction significative de la consommation énergétiques et des émissions de CO_2 dans les logements : améliorer la performance thermique des bâtiments existants grâce notamment à l'isolation ; accélérer le renouvellement du parc grâce à la construction de logements neufs performants ; modifier le mix énergétique en renforçant l'usage des énergies propres. La question de la modification du mix énergétique au niveau national est tout à fait centrale et doit venir compléter l'analyse du potentiel qu'offrent les solutions techniques sur le bâti.

C'est à ce double objectif que l'étude de Traisnel et *al.* (2010) tente de répondre. Cette dernière est basée également sur une méthode *bottom-up* et vise à identifier différentes trajectoires d'une division par 4 des émissions de CO_2 engendrées par la consommation énergétique des résidences principales françaises (chauffage et Eau Chaude Sanitaire uniquement). Quatre scénarios sont envisagés et s'appuient sur trois leviers principaux, proches des trois piliers du scénario « négaWatt »[192] : la diminution de la demande de chauffage (sobriété), l'amélioration de l'efficacité énergétique grâce au recours à des équipements énergétiques plus performants

[192] L'association négaWatt a identifié trois piliers pour réduire les consommations énergétiques : la sobriété énergétique, l'efficacité énergétique et la promotion des énergies renouvelables. L'utilisation du terme « scénario négaWatt » sous tend ces trois dimensions.

(efficacité) et l'utilisation d'énergie moins intense en carbone (substitution)[193]. Les quatre scénarios, leurs hypothèses et leurs résultats sont résumés dans le Tableau 29, p.319.

Tableau 29 : Scénarios et résultats de l'étude « Habitat facteur 4 »

Scénarios	Sobriété et efficacité	Substitutions	Résultats (facteur de réduction CO_2 en 2050)
1 : B/G/E	Un scénario unique : - Pour le neuf, les performances du bâti sont callées sur la RT 2012 (Bâtiment Basse Consommation (BBC)) puis 2020 (Bâtiment à énergie positive (Bepos)). - Pour la réhabilitation, un seul chemin est proposé : application totale des gestes de rénovation d'ici à 2050 avec un facteur moyen de 2 à 2.5.	Bois : 43% Gaz : 26% Electricité : 31%	Facteur 4
2 : B/E/G		Bois : 43% Electricité : 57% Gaz : 0%	Facteur 16
3 : G/B/E		Gaz : 43% Bois : 25% Electricité : 32%	Facteur 2,5
4 : E/B/G		Electricité : 94% Bois : 6% Gaz : 0%	Facteur 12

Source : Traisnel et *al.*, 2010

Par rapport au mix énergétique de référence[194], sur les quatre scénarios proposés, trois parviennent à atteindre le facteur 4 en 2050 et le scénario B/E/G qui suppose l'abandon total du gaz permettrait même d'atteindre un facteur 16. Dans cette étude, l'impact de la réhabilitation thermique des bâtiments existants étant lié aux différents scénarios concernant le mix énergétique, il n'est pas possible de déterminer précisément, pour un mix énergétique équivalent à l'actuel, la part de réduction qui peut être attribuée à ce type de mesures. Il est cependant précisé que l'approche retenue pour la rénovation est l'application de mesures sur le bâti (toitures, planchers bas, façades et ouvertures) et sur les systèmes (chauffage, ECS et ventilation) et que ces gestes de rénovation conduisent à une réduction en moyenne de 60% des besoins que ce soit pour le collectif ou les maisons individuelles.

En conclusion, la multiplication de ce type d'exercice de modélisation permet d'approfondir la question du potentiel de réduction des émissions de GES en offrant une grille de lecture et d'analyse propre à chaque méthode, et permet ainsi aux décideurs de mobiliser celle qui lui semble la plus pertinente et intelligible. Toutefois, l'hétérogénéité des résultats induits par des différences de méthodologie peut

[193] Les auteurs précisent que le calcul des gains en termes de CO_2 est bien entendu dépendant de la méthodologie adoptée qui ici écarte les émissions indirectes et ne propose pas de prospective concernant le contenu CO_2 du kWh électrique à 2050, qui peut pourtant fortement varier d'ici là.

[194] La répartition actuelle des énergies dans les logements est la suivante. Pour le chauffage : 44% au gaz ; 32,5% à l'électricité ; 15,5% au fioul ; 4% au chauffage urbain ; 3,6% au bois et 0,3% au charbon ; pour l'ECS : 45% électricité ; 39% gaz et les 16% restants au fioul, GPL, ENR, etc. (ADEME, 2010, p. 40).

constituer une barrière si les prescriptions fournies varient selon les études, et que les autorités publiques, à différentes échelles (notamment Europe, France et villes), mobilisent chacune « leurs propres » études pour orienter leur politique. Il est donc difficile de déterminer exactement l'ampleur du potentiel de réduction, mais il est en revanche possible d'affirmer qu'il existe aujourd'hui, avec les technologies existantes, d'importantes marges de manœuvre pour réduire les consommations énergétiques.

Annexe 2 : L'évolution des périodes de construction et le rôle des réglementations thermiques

A/ Evolution des grandes périodes de construction

La date de construction des bâtiments permet de fournir des informations clés sur les matériaux utilisés et les caractéristiques thermiques du bâtiment[195]. La délimitation de chaque période peut se faire en fonction (Lahrech, 2009 ; Fery et Lahrech, 2010) :

- des grandes périodes historiques qui marquent l'histoire urbaine telles que la Révolution, les guerres, la période des trente-glorieuses, les chocs pétroliers, etc.
- des modifications de politique urbaine telles que la politique de l'après-guerre, l'arrêt de la construction des tours, etc. (Tableau 30, p.322).
- des changements de réglementation de construction et des normes qui se sont succédés depuis 1975 (section A).
- des matériaux utilisés au cours des différentes périodes de construction (section B).

Ces facteurs permettent notamment de prendre en compte deux éléments fondateurs du tissu urbain : la configuration parcellaire (mitoyen ou non) et les types d'édifices (implantation, forme générale et modes de construction).

[195] Cette segmentation est spécifiquement liée au cas français. Les grandes dates de construction et les réglementations pouvant être différentes dans les autres pays, les classes d'âges des bâtiments et les consommations énergétiques qui s'y rattachent diffèrent donc également. En Finlande par exemple, les bâtiments construits dans les années 1930 et 1940 sont considérés comme plus efficaces du point de vue énergétique que ceux construits plus récemment (UNEP, 2007).

Tableau 30 : Evolution des types de bâtiments au cours du XX^{ème} siècle.

période	Type d'habitat
Avant 1914	- immeuble de bourg - immeuble historique - immeuble ouvrier - immeuble haussmannien et post haussmannien - immeuble type Habitation Bon Marché (HBM)[196]
Entre 1914 et 1948	- immeuble post-haussmannien (suite et fin) - immeuble HBM (suite et fin) - immeubles « modernes »
Entre 1949 et 1968	- collectifs isolés type Pouillon ou MRU[197] - barres - immeubles bourgeois des années 1950
Entre 1968 et 1974	- barres (suite et fin) - grands collectifs - petits collectifs[198] - début de l'habitat intermédiaire[199] - tours ponctuelles
Depuis 1975	- habitat intermédiaire - petits collectifs - grands collectifs

Source : Lahrech (2009)

Bâtiments avant 1945

Ces bâtiments ne sont pas très performants d'un point de vue thermique car ils sont construits en pierre ou en brique, mais les déperditions sont raisonnables car les méthodes constructives génèrent peu de ponts thermiques[200] et ils présentent des atouts vis-à-vis du confort d'été car ils ont une bonne inertie.

Les matériaux utilisés dépendent des régions car ce sont généralement des matériaux locaux. À Paris par exemple, il s'agit pour les bâtiments d'avant 1920 de la pierre de taille, de moellons de meulières et de briques. À partir de 1920, la structure en béton armé commence à être utilisée (APUR, 2007).

[196] Les habitations bon marché ont été instituées par la loi Siegfried le 30 novembre 1894. Les HBM correspondaient - jusqu'en 1949 - aux actuels HLM (habitats à loyers modérés).
[197] Fin 1944, le Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme (MRU) est créé pour engager la reconstruction du pays après la guerre. L'architecte et urbaniste français Fernand Pouillon fut un des grands bâtisseurs durant ces années en France.
[198] Le terme de « petits collectifs » qualifie les immeubles ne dépassant pas 3 niveaux au dessus du rez-de-chaussée (R+3) et celui de grands collectifs les immeubles R+4 minimum.
[199] Il s'agit d'immeubles collectifs à faible volumétrie. Ce type de logement dit « intermédiaire » - c'est à dire à mi-chemin entre le petit collectif et l'individuel – se sont développés suite à la circulaire de la Direction de la Construction du 9 août 1974. Il est généralement réalisé sur deux niveaux avec un accès sur jardin ou terrasse privatisée et correspond à la construction de 20 à 40 logements par hectare.
[200] Un pont thermique est une zone se situant à la jonction de deux parois de l'enveloppe d'un bâtiment qui présente un défaut de conductivité thermique et ce, car les matériaux utilisés pour les deux parois présentent des résistances thermiques différentes. Il entraine donc des déperditions thermiques et réduit la qualité d'isolation des parois.

Le parc de logement construit avant 1949 est donc relativement hétérogène ce qui rend difficile sa caractérisation. Il semble peu judicieux de proposer des solutions standard. La rénovation de ces bâtiments doit davantage s'appuyer sur une approche « au cas par cas » qui tient compte des spécificités de chaque bâtiment plutôt que sur une démarche basée sur des recommandations types. De plus, l'architecture des édifices anciens ne peut être transformée de façon visible car ils appartiennent souvent à des Zones de Protection du Patrimoine Architectural Urbain et Paysager (ZPPAUP)[201]. Les travaux proposés sur ce type de bâti vont davantage porter sur le système de chauffage et sur les vitrages.

Bâtiments entre 1945 et 1974

C'est la période de construction la moins performante, particulièrement « énergivore » car les murs en béton sont peu épais, avec des ponts thermiques non traités et d'importantes surfaces de vitrages.

Jusque dans les années 1950-1960, il y a eu un ralentissement de la construction lié notamment à l'absence de programme organisé. Il a fallu attendre les années 1960 pour une reprise du programme de construction. Pour pallier la crise du logement de cette époque, les programmes de construction ont principalement concerné la réalisation de logements collectifs avec notamment la mise en œuvre des grands ensembles (habitat collectif « tour / barre ») (Richards, 1968). Ces grands ensembles ont été construits jusqu'en 1973. À partir de 1973-1975, il y a eu un développement de maisons individuelles, notamment en milieu péri-urbain.

La multiplication des logements HLM a joué un rôle actif quand à l'amélioration de la productivité et à l'expérimentation des nouvelles technologies. À partir de 1953 près de 80 000 logements par an sont construits. À partir de 1962, la construction en îlot urbain[202] laisse place aux barres, notamment avec l'avènement des Zones à Urbaniser en Priorité (ZUP)[203]. Ces « grands ensembles » sont construits en préfabriqués. Le chauffage électrique est en augmentation dans les logements collectifs. L'isolation thermique de ces bâtiments est très faible. Cette famille de bâtiment présente donc un potentiel de réduction important.

[201] La constitution d'une ZPPAUP est une procédure, inscrite dans l'article L 642 du code du patrimoine, qui donne aux communes la possibilité de mener, conjointement avec l'État, une démarche de protection et d'évolution harmonieuse de certains quartiers.

[202] L'ilot urbain désigne un ensemble de bâtiments formant une structure ramassée. Les immeubles sont mitoyens avec une cour intérieure.

[203] Il s'agit d'une procédure administrative utilisée en France entre 1959 et 1967 dans le but de répondre à la croissance de la demande de logements durant cette période. Ces zones prennent la forme de grands ensembles composés d'immeubles en forme de barre, avec un nombre d'étages élevé. Par exemple à Grenoble, l'arrêté de création de 1961 a entrainé la construction du quartier de la Villeneuve avec 6 650 logements répartis sur la commune de Grenoble (4 200) et la commune voisine d'Echirolles (2 450).

À partir du début des années 1970, on commence à parler de « saturation des grands ensembles ». Ces modèles architecturaux sont remis en cause et la construction des barres et des tours est condamnée[204]. C'est le début des villes nouvelles avec la construction des petits et moyens collectifs. La construction est traditionnelle pour les petits collectifs et on assiste à une forte augmentation des maisons individuelles, une majorité des français aspirant aux pavillons individuels suite à la multiplication des « cités dortoirs ». À cette période, environ 90% des fenêtres sont encore en simple vitrage. L'isolation des parois lors de la construction est réservée à quelques procédés préfabriqués et ne dépasse pas 6 cm pour les murs et 7 cm pour les toitures.

Bâtiments après 1975

Bâtiments entre 1975 et 1981

Avec le choc pétrolier de 1973, le gouvernement lance les premières mesures d'économie d'énergie. Elles donnent lieu notamment à la mise en place en 1974 de la première réglementation thermique (RT) qui porte sur l'isolation des parois et la ventilation pour les constructions neuves[205]. Sur le plan technique, différents systèmes préfabriqués ont été utilisés durant cette période.
Malgré la première RT, les améliorations de la performance énergétique restent tout de même nécessaires.

Bâtiments entre 1982 et 1999

En 1982, la seconde RT est mise en place pour les nouvelles constructions[206]. Les familles d'habitation sont réduites et simplifiées. Les matériaux utilisés et mis en œuvre sont quasi identiques et les morphologies de bâti sont très proches.

L'état lance des opérations expérimentales pour la réhabilitation de l'ancien et l'utilisation du bois dans la construction ; les systèmes de préfabriqués sont en forte baisse. La construction neuve diminue par rapport aux années précédentes, mais la réhabilitation dynamise le marché du bâtiment. Les premières certifications de matériaux sont créées[207], le double vitrage se généralise et le PVC (Polychlorure de

[204] La circulaire du 20 mars 1973 interdit toute construction d'ensembles de logements de plus de 500 unités dans le but de « prévenir la réalisation des formes d'urbanisation dites " grands ensembles " et à lutter contre la ségrégation sociale par l'habitat ».
[205] Cette loi introduit le Coefficient G pour le calcul des déperditions totales des logements. Il correspond aux déperditions thermiques d'un logement pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur, divisées par son volume habitable.
[206] Le coefficient B est introduit pour calculer les besoins volumiques de chauffage. Il correspond à la différence entre les déperditions (coefficient G) et les apports gratuits d'énergie interne et externe (apport solaire notamment).
[207] Par exemple, certification ACERMI (Association pour la CERtification de Matériaux Isolants) en 1985.

Vinyle) gagne une place prépondérante dans le bâtiment (menuiserie, fermetures, etc.). En 1996, une nouvelle réglementation acoustique impose également une meilleure isolation des bâtiments en façade. Étant donnés ces éléments, ce segment présente un potentiel d'économie d'énergie moins important que les deux précédents.

Bâtiments 2000 – aujourd'hui

Ce segment de parc a connu la mise en place de la troisième et quatrième réglementation thermique (RT 2000 et RT 2005) qui ont introduite, en plus de l'isolation de l'enveloppe et de la réduction des besoins de chauffage, la maîtrise des consommations d'énergie à travers la performance des équipements. La RT 2000, puis la RT 2005, correspondent à l'application de la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. Elle fixe principalement les caractéristiques thermiques minimales, la méthode de calcul de la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment (méthode TH-C-E) et les caractéristiques thermiques de référence pour le calcul de la consommation conventionnelle d'énergie. Parallèlement à la RT 2005, de nombreux labels ont été créés pour certifier des performances thermiques des bâtiments, tels que le label Haute Qualité Environnementale (HQE) ou le label Bâtiment Basse Consommation (BBC).

La RT 2012, impose la construction de bâtiments ayant une performance comparable à celle des BBC, soit une consommation énergétique inférieure ou égale à 50 kWh/m²/an. Aujourd'hui quelques bâtiments dits « à énergie positive » (Bepos) commencent à voir le jour, notamment dans le tertiaire mais il est prévu qu'ils se généralisent à l'ensemble du secteur avec la RT 2020.

B/ Description des techniques de construction et des matériaux utilisés par ouvrage et par période pour les logements collectifs

		Murs	Planchers bas	Planchers hauts	Baies vitrées
Avant 1949	Avant 1914	Techniques et épaisseurs qui varient selon la façade du bâtiment : structure béton et remplissage brique (pour HBM), pierres, briques pleines, mixte, pan de bois, moellons, pierres de taille, meulières.	Dallage sur terre-plein, planchers bois sur cave, planchers à poutrelles en métal et entrevous en brique	Charpente bois avec lattis et plâtre	Menuiserie bois avec simple vitrage. Fermetures en bois ou persiennes métalliques
	1914-1948	Ossature béton et remplissage : briques pleines ou creuses, pierres, parpaings, ciment mâchefer.	Planchers à poutrelles en métal et entrevous en brique	Charpente bois avec lattis et plâtre	Menuiserie bois avec simple vitrage. Fermetures en bois ou persiennes métalliques
1949-1974	1949-1968	Murs banchés et panneaux porteurs préfabriqués. Début de l'isolation intégrée (1 à 4 cm) contre l'effet de paroi froide. Utilisation de la brique pleine et creuse, du béton et du parpaing.	Dallages ou planchers sur cave	Isolation des plafonds jusqu'à 7 cm de laine minérale. Démarrage de l'aménagement des combles. Toitures terrasses avec des problèmes liés à l'étanchéité jusqu'au 1974.	Menuiserie bois avec simple vitrage. Du PVC en fin des années 60. Persiennes métalliques.

	1968-1974	Construction traditionnelle (brique pleine et creuse, du béton et du parpaing). Systèmes préfabriqués (béton, murs 'sandwich', etc.) Début de l'isolation (1 à 4 cm) contre l'effet de paroi froide. 1<U<2 W/(m².K)	Dalle avec 3 cm de fibre-agglo.	Toitures-terrasses majoritaires avec isolation jusqu'à 4 cm avec et sans forme de pente.	Menuiserie bois et PVC en hausse. Persiennes métalliques.
1975-1981		Béton banché et systèmes préfabriqués. Parpaing de ciment ou brique creuse avec doublage rapporté jusqu'à 7 cm ou contre cloison.	Dallage isolé et plancher isolé sur cave ou vide sanitaire.	Toitures terrasses majoritaires avec isolation jusqu'à 6 cm.	Menuiserie bois et PVC en hausse. Généralisation progressive du double vitrage. Persiennes, volets roulants PVC et Alu.
1982-1989		Solutions préfabriquées marginales. Prédominance du béton banché. Ensuite viennent les blocs béton et les blocs de terre cuite. Doublage isolant de 6 cm d'épaisseur.	Dallage isolé et plancher isolé sur cave ou vide sanitaire. Epaisseur d'isolant de 5 cm environ.	Toitures terrasses isolées pour la moitié des bâtiments collectifs. Isolation des combles habités ou des planchers hauts. Fermette industrialisée dans le secteur social et charpente traditionnelle dans le secteur privé.	PVC majoritaire dans le secteur social. Aluminium et bois dans le secteur privé.
1990-1998		Maçonnerie courante avec doublage plaque de plâtre et isolant PSE de 8 cm ou avec risque plâtrière de 4 cm et isolant intermédiaire. Pour le grand collectif on retrouve également de l'isolation par l'extérieur.	Poutrelles et hourdis PSE sinon béton avec isolation en sous face de 4/5 cm.	Combles isolés avec 16 à 20 cm de laine minérale pour petit collectif. Toiture terrasse isolée avec 8 cm pour le grand collectif.	Majoritairement du PVC sinon bois. Volet roulant PVC et double vitrage.

Source : (Lahrech, 2009)

Annexe 3 : Description des travaux de réhabilitation thermique utilisés dans les estimations

Il existe un panel de travaux assez large pour réaliser des économies de chauffage avec pour chaque type de travaux, un ensemble de technologies. Nous avons restreint cet ensemble en portant notre attention sur le critère d'efficacité pour chaque type de travaux (A). Ces derniers portent sur différents postes tels que l'amélioration de l'isolation des façades (des murs, des toitures, des planchers des menuiseries, etc.) (B), l'amélioration de la performance du système de chauffage (C), du système de ventilation (D). Il s'agit donc ici d'identifier et de choisir les travaux à partir de technologies existantes qui permettent de réduire les consommations de chauffage dans les logements.

A/ Le choix des solutions : entre obligation de résultats et obligation de moyens

Lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre des travaux de réhabilitation thermique, deux voies peuvent être suivies : s'attacher à une obligation de moyens, en portant son attention sur les solutions techniques choisies, ou s'attacher à une obligation de résultats en veillant à ce que le logement après travaux atteigne une consommation énergétique donnée. Pour certains, l'idée d'imposer à tout le monde les mêmes règles constructives de rénovation en s'appuyant sur le principe d'une « Solution Technique Universelle » (STU) est le moyen le plus efficace de parvenir à atteindre des objectifs ambitieux à l'échelle d'un pays (Silder, 2007). Silder propose que cinq dispositions soient adoptées obligatoirement : ajouter aux murs et aux planchers une résistance thermique (R) de 4,3 m²K/W ; ajouter en combles ou toitures une R de 7,5 ; remplacer les menuiseries par du triple vitrage (Uw $\leq$ 1,1 Wm² °C) ; installer une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) double flux ; utiliser pour la production de chaleur soit une chaudière gaz à condensation, soit une chaudière fioul à haut rendement, soit une Pompe à Chaleur (PAC), soit une chaudière bois (rendement > 70%). L'obligation de résultat serait donc fixée au niveau national avec une moyenne de 50kWh/m².an (énergie finale). Pour y parvenir, chaque logement doit appliquer la STU qui se base donc sur une obligation de moyens. Certains logements atteindraient ainsi des performances meilleures et d'autres moins bonnes que l'objectif de 50 kWh/m².an, mais en moyenne à l'échelle du pays, il serait respecté.

Pour Orselli (2008), la STU ne propose pas comme solution la substitution d'énergie non émettrices de CO_2 qui peut favoriser la production autochtone qui, par définition est corrélée au contexte local et donc difficilement reproductible sur l'ensemble du territoire. De plus, il explique qu'« *une telle vision, résolument anti-libérale, serait aussi, si on la prenait au pied de la lettre, totalement anti-économique* » (Orselli, 2008, p.17). La STU pose en effet un problème d'efficacité économique dans le sens où, pour certains logements, les travaux préconisés sont inappropriés car trop chers

pour le résultat fourni ou tout simplement pas réalisables[208]. Ce principe va à l'encontre de la logique de coût-efficacité qui suppose qu'entre les bâtiments, les mesures de réduction soient différenciées de sorte que pour une efficacité globale donnée, par exemple une moyenne de 50 kWh/m².an, les plus ambitieuses soient implémentées là où c'est le moins coûteux. Les tenants de la STU et ceux la différentiation des mesures se rejoignent donc sur l'objectif global, mais pas sur les moyens pour y parvenir.

Dans notre travail, nous sommes au croisement de ces deux approches :

- Pour des raisons de simplification, nous proposons un ensemble fini de solutions techniques avec des objectifs préétablis (résistance thermique prédéfinie pour les diverses isolations, choix d'une VMC hygro B, etc.), mais qui sont compatibles avec la majorité des bâtiments.
- Nous appliquons l'approche coût-efficacité et donc rejetons au final l'obligation de moyen, dans la mesure où nous cherchons à évaluer l'ordre de mérite des options techniques en tenant compte de leur coût. Ceci vise à montrer le volume de solutions à mettre en œuvre en fonction des objectifs de réduction et non pas de déterminer quelles technologies doivent absolument être choisies.

Les solutions techniques identifiées ici sont ambitieuses car la durée de vie des équipements dans le bâtiment est longue, et lorsque de lourds travaux sont entrepris il est peu probable qu'ils soient réitérés rapidement.

B/ L'isolation des façades

Les déperditions énergétiques dues à une mauvaise isolation des parois et des menuiseries dépendent des caractéristiques thermiques d'un bâtiment. Si les parts peuvent varier selon la date de construction des logements, les principaux postes déperditifs sont souvent les mêmes : les murs et les menuiseries. Les solutions proposées par les artisans suite à la réalisation des diagnostics thermiques, portent soit sur l'ensemble de ces postes, soit sur une partie.

L'isolation des murs

L'isolation des murs extérieurs par l'extérieur constitue la première option de travaux possibles sur ce poste de déperdition. Mais elle est encore peu développée en

[208] L'installation d'une VMC double flux par exemple peut s'avérer, dans certains bâtiments, difficile à mettre en œuvre sauf à des coûts extrêmement élevés.

France[209] car complexe à mettre en œuvre (Orselli, 2008). Toutefois, le ravalement de façade est l'occasion d'engager ce type de travaux et constitue une opportunité gagnant-gagnant (Petersdorff *et al.*, 2004). À la différence de l'isolation intérieure, elle permet de traiter un plus grand nombre de ponts thermiques, de ne pas perdre de surface habitable et de ne pas réduire l'inertie du bâtiment. Elle entraine également moins de désagréments pour l'occupant pendant la durée des travaux et permet de protéger les murs des aléas climatiques.

Il existe plusieurs techniques d'isolations, la principale étant la pause d'un matériau isolant recouvert d'un enduit[210]. Les isolants sont principalement des plastiques alvéolaires[211] ou de la laine de roche. L'efficacité de l'isolation dépend de la résistance thermique (R)[212] du matériau utilisé. Une résistance thermique ≥ 4 est préconisée pour assurer une bonne isolation. Un R > ou = 4 est notamment requis dans la campagne « mur / mur » lancée par la Métro de Grenoble. Dans le cadre des Opérations Programmées d'Amélioration Thermique des Bâtiments (OPATB), l'ADEME impose également pour les caractéristiques des parois un coefficient de conductivité thermique $U \leq 0.22$ W/m².°C[213] (soit un R = 4,5).

Le polystyrène expansé (PSE) semble être le matériau le plus utilisé dans la réalisation d'isolation thermique par l'extérieur (tel est le cas notamment pour l'OPATB des Grands Boulevards à Grenoble). Nous retenons pour l'isolation des façades extérieures un objectif de R = 5[214], qui correspond par exemple à la pose de

[209] Le marché de l'isolation est pourtant en progression assez forte ces dernières années. La livraison des matériaux isolants pour l'isolation extérieure a augmenté de 149,5 % entre 2006 et 2007 et de 14,3% entre 2008 et 2009 (Aliti et al., 2009). Mais cette forte augmentation s'explique essentiellement par le durcissement de la réglementation thermique sur le neuf qui impose une bonne isolation des parois de toutes les nouvelles constructions.

[210] Il existe également des enduits où les mortiers sont incorporés directement aux matériaux isolants. Cette solution technique est moins performante que les poses de matériaux isolants, mais sert davantage comme complément d'isolation.

[211] Les plastiques alvéolaires sont de 3 types :
- le polystyrène expansé (PSE) qui peut avoir de hautes performances thermiques (appelés "PSE Th"), mais aussi des polystyrènes élastifiés acoustiques, baptisés "PSE dB" qui ont subi un traitement spécial lors de leur fabrication. Aujourd'hui, les "PSE dB 35" sont parmi les meilleurs complexes de doublage thermo-acoustique.
- le polystyrène extrudé (XPS) est meilleur isolant thermique que le polystyrène expansé, mais il est également plus coûteux (CSTB, Bâtiprix).
- la mousse rigide de polyuréthane (PUR) est encore meilleur isolant thermique que le polystyrène extrudé, mais est encore un peu plus onéreuse.

[212] La résistance thermique dépend de la conductivité thermique du matériau λ (elle représente la quantité d'énergie traversant 1 m² de paroi, par mètre d'épaisseur du matériau et pour une différence de 1 degré Kelvin entre les deux faces) et de l'épaisseur du matériau e (exprimé en mètre). $R = e/\lambda$

[213] Le coefficient de transmission thermique U se caractérise par la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi. Plus il est faible et plus la construction sera isolée. Il est l'inverse du coefficient R. Le coefficient choisi ici correspond à celui requis dans les référentiels techniques de programmes ambitieux de réhabilitation thermique comme celui de la campagne mur / mur de la Métro.

[214] Le référentiel choisi est plus ambitieux que celui exigé par l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

plaques de polystyrène expansé classique d'environ 15 cm d'épaisseur avec un coefficient de conductivité thermique $\lambda = 0,03$.

La seconde option de travaux est l'isolation des murs extérieurs par l'intérieur. Cette solution est difficile à mettre en œuvre dans le cas des logements collectifs où l'uniformisation et la généralisation des solutions sont indispensables pour s'assurer de l'efficacité et de la rentabilité des mesures[215]. D'autre part, cette solution ne permet pas de supprimer tous les ponts thermiques. Enfin, se sont des travaux qui peuvent certes permettre d'accroître l'efficacité énergétique du logement, mais s'avèrent peu ou pas rentable si l'on retient la perte de surface habitable que cette solution entraine. En effet, l'isolation par l'intérieur entraine une perte de surface utile qui peut être comprise entre 6 et 8% pour les murs et une perte de hauteur sous plafond pour les combles aménagés (Orselli, Economies et substitutions d'énergie dans les bâtiments, 2008). La solution est de rechercher une faible épaisseur d'isolants mais qui, pour une même performance finale que les isolants plus épais, ont un coût supérieur (isolants minces et souples dits « produits minces réfléchissants »). Cette solution est intéressante uniquement dans les bâtiments d'avant 1945 pour lesquels il est difficile d'agir sur le bâti extérieur en raison des contraintes architecturales, tels que les immeubles de type haussmannien en pierres de taille. Nous ne l'utilisons donc pas dans notre travail puisque nous traitons uniquement des bâtiments construits entre 1945 et 1974.

L'isolation des toitures terrasses

Les toitures terrasses sont soumises aux variations climatiques tels que le gel, la pluie, les chocs thermiques, etc., ce qui en détériore la couverture et l'étanchéité. Les déperditions thermiques de ce poste représentent en moyenne 9 à 11% des déperditions totales pour les immeubles. L'isolation des toitures ou toitures terrasses[216] présente un potentiel d'économie d'énergie important et sa mise en œuvre est moins lourde que l'isolation des façades. Elle permet de réduire la consommation d'énergie et d'améliorer le confort surtout pour les habitants du dernier étage.

Comme pour l'isolation des façades, il existe plusieurs solutions techniques pour réaliser l'isolation d'une toiture-terrasse. Elle peut se faire à l'aide de différents types de plastique alvéolaire, de plaque de mousse de polyuréthane ou de la laine de roche. La RT « bâtiment existant » préconise un R de 2,5 pour ce type de travaux. Cependant les référentiels techniques imposés par l'ADEME pour les OPATB et autres programmes de réhabilitation nécessitent la pose d'isolant ayant un $R \geq 5$. Pour cette référence, l'épaisseur des isolants peut varier de 10 à 19 cm. Etant donnée la contrainte imposée par la hauteur de l'acrotère de certains immeubles, il est préférable

[215] Il faudrait inciter l'ensemble des occupants à engager une isolation de leur logement et s'assurer que celle-ci a bien été réalisée.
[216] Forme de toits largement représentés pour les immeubles construits après 1945.

de choisir un matériau ayant un λ et une épaisseur relativement faible (10 à 14 cm). Le R retenu dans notre travail est de 5 et correspond, par exemple, à la pose de plaques de polyuréthane d'environ 14 cm d'épaisseur avec un coefficient de conductivité thermique $\lambda = 0{,}028 W/m^2.°C$.

En copropriété, dans le cas d'une production de chauffage individualisée, le coût de la réfection de l'étanchéité d'une toiture terrasse est réparti selon les tantièmes généraux de l'immeuble mais les bénéfices d'économies d'énergie concernent principalement les occupants du dernier étage, ce qui peut être un facteur bloquant au vote des travaux. Mais inversement, si les murs extérieurs d'un immeuble sont isolés mais pas les toitures, les occupants du dernier étage ne peuvent profiter pleinement des bénéfices de ces travaux car les déperditions en toiture viennent altérer les performances thermiques. Nous avons donc choisi d'estimer l'impact moyen des travaux d'isolation pour l'ensemble de l'immeuble.

L'isolation des planchers

Les déperditions totales d'un immeuble par les planchers bas vont de 5 à 7 % pour les bâtiments indépendants et jusqu'à 9 % pour les bâtiments mitoyens. Pour les logements situés au rez-de-chaussée, l'isolation du plancher sur locaux est une source d'économie d'énergie et d'amélioration de confort. Pour l'isolation des planchers, il est possible d'intervenir par-dessus ou par-dessous la dalle de béton. Le choix de l'une ou l'autre technique va dépendre de l'accessibilité du dessous de la dalle.

Nous retenons un R de 2,6 ce qui correspond par exemple à la pose d'un isolant de type laine de verre de 10 cm avec un coefficient de conductivité thermique $\lambda = 0{,}039 W/m^2.°C$.

Le changement de fenêtres

Dans un logement, les fenêtres ont plusieurs fonctionnalités : elles permettent d'améliorer la qualité de l'air intérieur par ventilation naturelle, elles offrent un éclairage et une source de chaleur naturelle par la récupération des apports thermiques du soleil et elles isolent le logement du bruit et de la température extérieure.

Les déperditions thermiques provenant des vitrages peuvent représenter jusqu'à 40% des déperditions thermiques totales d'un logement[217]. Pour les réduire, il est possible soit d'améliorer les fenêtres existantes, soit de les changer entièrement. La première

[217] En plus des déperditions, les fenêtres à simple vitrage créent un « effet de paroi froide » en hiver qui donne la sensation à l'occupant que la température de son logement est inférieure à la température réelle, et peut donc entrainer une température de consignes de chauffage au-delà de celle nécessaire.

solution est envisageable si les menuiseries d'origine sont encore en bon état[218]. Le remplacement peut se faire soit en conservant le dormant, soit en remplaçant l'huisserie complète. Les menuiseries peuvent être en bois, en PVC ou en métal. L'encadrement en PVC est le plus répandu car il résiste aux intempéries et ne nécessite pas d'entretien à la différence de l'encadrement en bois. Celui en métal (aluminium) est généralement réservé aux baies vitrées de grandes surfaces.

Dans le cadre des projets de rénovations bénéficiant de financements extérieurs, tels que les financements de l'ADEME ou les subventions publiques, les menuiseries doivent avoir un coefficient de transmission thermique (Uw)[219] ne dépassant pas les 1,4 W/m².°C. Nous retenons pour le changement de vitrage un Uw de 1,2 W/m².°C avec une étanchéité à l'air des ouvrants élevée (c'est-à-dire des joints de haute qualité), ce qui correspond par exemple à la pose de fenêtre en double virage, avec des encadrements en PVC avec des entrées d'air[220].

Il existe également des triples vitrages renforcés avec argon mais qui sont peu commercialisés auprès des grands distributeurs et qui, selon Orselli (2008), ont un surcoût par rapport au « double vitrage à isolation renforcée avec argon » qui est difficilement voire jamais rentabilisé. La solution que nous avons retenue correspond donc à un système performant de double vitrage.

C/ Le système de chauffage

Le chauffage peut être électrique ou au gaz individuel ou collectif. Nous présentons ici pour chaque système, les technologies plus performantes qui peuvent venir en remplacement des systèmes initiaux, mais également une solution alternative à l'ensemble des systèmes, les pompes à chaleur.

Chauffage électrique

D'après la règlementation thermique de 2005 pour la réhabilitation de l'existant, les radiateurs électriques installés ou remplacés doivent être régulés par un dispositif électronique intégré performant, présenter au moins quatre mode de fonctionnement (« confort », « réduit », « hors-gel », « arrêt ») et, s'ils possèdent d'autres fonctions (soufflante, sèche-serviettes etc.), doivent être équipés de minuterie. Les convecteurs

[218] Dans ce cas, plusieurs solutions existent : la pose d'un survitrage ; le remplacement d'un simple vitrage par un double vitrage mais en conservant l'ouvrant et le dormant ; remplacement de l'ouvrant mais avec conservation du dormant ; la juxtaposition d'un deuxième châssis dans l'épaisseur du mur de façade (à l'intérieur ou à l'extérieur)

[219] Le coefficient de transmission thermique d'une fenêtre (Uw) traduit sa capacité à conserver la température intérieure : plus le Uw est faible, plus la fenêtre est isolante.

[220] Lors du remplacement des menuiseries, les pièces sont moins ventilées car les infiltrations d'air diminuent et des problèmes de condensation peuvent apparaître. Elles doivent donc être équipées d'entrées d'air correctement dimensionnées.

standards présentent des consommations électriques très élevées. Les panneaux rayonnants offrent une chaleur plus homogène et des consommations plus réduites. Lorsque le changement des émetteurs se fait en même temps ou après l'isolation du bâtiment, la puissance nécessaire des radiateurs sera moins élevée. La régulation et la programmation permettent de régler la température de chauffage en fonction des conditions extérieures et des apports gratuits d'énergie. Un radiateur électrique performant, équipé d'un thermostat, peut donc permettre de réduire de 5 à 15% la consommation d'énergie par rapport à un vieux convecteur sans thermostat.

Pour les logements chauffés à l'électricité, nous retenons comme solution le remplacement des convecteurs initiaux par des panneaux rayonnants avec thermostat intégré.

Le changement de chaudière gaz (individuelle et collective)

Nous traitons ici indifféremment des chaudières collectives et des chaudières individuelles car elles fonctionnent de la même manière et les technologies disponibles sont équivalentes. La seule différence réside dans la taille, la puissance et les réseaux de distribution qui sont évidemment plus importants pour la première catégorie. Pour le système collectif, il y a une chaudière unique[221] qui subvient aux besoins de l'ensemble de la copropriété et peut atteindre plusieurs centaines de kW selon la taille et les caractéristiques thermiques de l'immeuble. Dans le cadre du remplacement du générateur, le choix doit être réalisé en fonction des besoins du bâtiment et non pas uniquement par rapport au générateur existant, qui peut s'avérer inadapté. Avant de remplacer une chaudière il faut donc déterminer la puissance réellement nécessaire[222], vérifier les circuits hydrauliques, analyser l'eau du réseau (éventuellement : désembouage ou installation de clarificateurs).

Des progrès considérables ont été faits au cours des dernières années concernant les chaudières. Elles offrent un meilleur rendement et permettent donc de réduire les consommations énergétiques. Les deux principales innovations en matière de chaudière sont :

- Les chaudières basse température : elles ont un rendement de 80 à 90 % et permettent de réaliser 12 à 15 % de gains par rapport à une chaudière traditionnelle
- Les chaudières à condensation : elles atteignent un rendement sensiblement supérieur à celui des chaudières basse température grâce à la récupération de la chaleur résiduelle contenue dans la vapeur d'eau des gaz de combustion qui s'évacuent par la cheminée. Elles permettent de réaliser 15 à 20% de gain par

[221] Il est possible également d'avoir en système collectif des chaudières dites « en cascade », c'est-à-dire avec plusieurs chaudières en parallèle. Ce système présente l'avantage de rester fonctionnel en cas de panne des chaudières mais est plus coûteux à l'installation et à l'entretien qu'une chaudière unique.
[222] Selon l'ADEME, la majorité des chaudières sont surdimensionnées de plus de 20 %.

rapport à une chaudière traditionnelle récente. En condensant la vapeur d'eau des gaz de combustion, elles récupèrent de l'énergie, ce qui permet une diminution des besoins de combustibles. En raison de leur faible taux de CO_2 et d'oxydes d'azote, ces chaudières sont également moins émettrices de GES.

Nous retenons comme solution technique le remplacement des chaudières (dans le cas des systèmes collectifs et individuels) par des chaudières à condensation. Nous n'avons pas agi sur leur dimensionnement (même puissance avant et après travaux[223]) ni sur les émetteurs qui restent inchangés.

Les pompes à chaleur (PAC)

Il existe différentes technologies de pompes à chaleur. Elles sont classées en fonction du milieu dans lequel elles puisent la chaleur et celui dans lequel elles la transmettent :

- On peut prélever la chaleur dans l'air, le sol et l'eau
- On peut la transmettre dans l'habitat via de l'eau (radiateurs ou planchers chauffants à l'eau), de l'air (ventilo convecteurs) ou par fluide frigorigène du circuit (plancher chauffant gaz)

Pour un système collectif, une PAC air/eau en relève de chaudière existante (système bivalent), est dans certains cas préconisée. Ce système permet pendant les périodes de grand froid d'utiliser l'ancienne chaudière. En moyenne, le Coefficient de Performance (COP)[224] d'une PAC air/eau est plus élevé que celui d'une PAC air/air mais moins que celui d'une PAC sol/eau. Mais cette dernière technique entraîne un surcoût lié au terrassement et aux capteurs. La PAC eau/eau est celle dont le COP est le plus élevé mais nécessite la présence d'une nappe d'eau à proximité avec un débit minimum et entraine une installation plus lourde. En pratique, le choix de la solution la plus appropriée doit se faire au regard des éléments présentés ci-dessus. Par simplification, nous avons conservé dans nos estimations uniquement les systèmes air/air et air/eau et avons testé pour chacune d'entre elles deux COP différents : l'un de 2,5 et l'autre de 5, à la fois pour les systèmes collectifs et les systèmes individuels[225].

[223] Nous avons conservé la puissance de la chaudière car lorsque les travaux sur le système de chauffage sont entrepris indépendamment des travaux d'isolation il n'est pas forcément pertinent de la redimensionner. En revanche, lorsque les travaux sont présentés par « bouquets », le logiciel tient compte de la diminution des besoins.

[224] Le COP correspond au rapport entre l'énergie électrique utilisée pour faire fonctionner la pompe à chaleur et l'énergie thermique fournie par le chauffage. Par exemple, un COP de 5 correspond à 1kWh consommé pour 5 kWh fournis. Toutefois, le COP des PAC (en particulier les PAC air/air) varie avec la température et peut fortement chuter lorsqu'elle descend en dessous de 0°C.

[225] Pour les systèmes de chauffage individuel, il faut toutefois noter qu'en pratique, l'installation d'une PAC air/air ou air/eau est soumise aux règlements de copropriété et d'urbanisme.

D/ Le système de ventilation

L'activité humaine dans un logement (poussières, odeurs, etc.), l'utilisation de produits chimiques (produits d'entretiens notamment), des matériaux employés dans la construction, et le développement des micro-organismes, entraînent la pollution de l'air intérieur d'un logement. Le renouvellement de l'air par introduction d'air neuf extérieur est donc impératif pour préserver la qualité de l'air et la santé des occupants, mais également pour assurer une bonne conservation du bâtiment, en régulant le taux d'hygrométrie (humidité) et en gérant la pression atmosphérique du lieu clos. Lorsque le bâtiment est bien isolé, les infiltrations d'air sont moins importantes. Le renouvellement d'air uniquement par ouverture des fenêtres est déconseillé car il ne permet pas de maîtriser le débit d'air et peut altérer l'efficacité des travaux d'isolation engagés.

L'amélioration du système de ventilation doit être prise en considération dès que l'on cherche à optimiser les performances énergétiques de l'installation de ventilation (c'est une mesure d'économie d'énergie à part entière, puisque le renouvellement de l'air engendre dans les bâtiments collectifs des déperditions de l'ordre de 30%), mais également dès que l'isolation thermique du logement est améliorée (en complément de l'isolation). En effet, lors de la rénovation thermique d'un immeuble, le renouvellement de l'air par les entrées parasites n'est plus assuré, notamment lors du remplacement de toutes les menuiseries extérieures et de l'isolation des mur qui rendent le bâtiment étanche à l'air. Ainsi, le recours aux ventilations mécaniques contrôlées (VMC) devient indispensable pour contrôler les débits d'air nécessaires aux conditions sanitaires des résidents.

Un système de VMC permet ainsi de renouveler l'air des locaux tout en maîtrisant le débit nécessaire. L'air est introduit en façade, circule dans les locaux puis est repris dans les pièces humides (cuisine, salle de bain) avant d'être rejeté[226]. En immeuble collectif, il est possible de rénover ou de changer de système de ventilation par un système centralisé mais également par des systèmes individuels. Dans la mesure où nous considérons ici la rénovation pour l'ensemble de l'immeuble, nous avons envisagé comme solution, seulement la mise en place/le remplacement d'un système centralisé.

Il existe différents types de VMC :

- Les VMC hygroréglables : ce système utilise des bouches d'entrée d'air, des bouches d'extraction et un caisson d'extraction d'air qui s'adapte au taux d'humidité des pièces. Si seuls les bouches d'extraction d'air sont installées/changées, il s'agit d'une VMC hygro A, mais si les bouches d'entrée sont également installées/changées, il s'agit d'une VMC hygro B. Cette

[226] Un système de VMC est composé de quatre éléments : les bouches d'entrée d'air, les bouches d'extraction, les conduits et le caisson d'extraction. C'est ce caisson qui contient le ventilateur et le moteur du système et assure ainsi la maîtrise du débit.

dernière permet des gains thermiques plus importants que l'hygro A en raison d'une meilleure régulation des débits.

- Les VMC double flux : l'extraction et l'entrée d'air sont mécanisées et contrôlées. Par le biais d'un échangeur de chaleur, 90% des calories de l'air chaud évacué peuvent être théoriquement récupérées[227].

L'objectif recherché dans notre étude est d'avoir un système de ventilation efficace compte-tenu des contraintes de faisabilité mais également des coûts d'investissement et de maintenance[228]. Nous retenons comme solution la VMC hygro B car elle permet de réaliser une économie du volume d'air renouvelé d'environ 30% par rapport à un système classique et qu'elle offre, dans le cadre de la rénovation, des facilités de pose mais également des coûts moins élevés qu'une VMC double flux. Plus le système installé est performant (récupération de chaleur, modulation du débit), plus le niveau de maintenance nécessaire (et donc son coût) est élevé. D'autre part, la consommation électrique d'une VMC double flux est 2 fois supérieure à celle d'une VMC hygroréglable. Enfin, le double flux dans le cadre du remplacement d'une VMC existante peut être difficile à mettre en œuvre car elle suppose le doublement des réseaux de ventilation.

Il faut toutefois noter que le calcul de rentabilité des équipements de ventilation est complexe puisqu'il dépend des hypothèses d'ouverture des fenêtres en situation de référence. Dans notre travail, nous nous appuyons sur les hypothèses intégrées dans le logiciel de simulation thermique.

L'ensemble des solutions retenues pour estimer le potentiel de réduction de consommations énergétiques et d'émissions de CO_2 sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

[227] L'air extrait traverse un échangeur de chaleur avant d'être rejeté dehors. L'air neuf est filtré puis traverse l'échangeur, récupérant ainsi jusqu'à 90% des calories de l'air extrait avant d'être diffusé dans les pièces de vie.

[228] L'échangeur thermique doit être placé en intérieur, parce qu'il est bruyant et de grande dimension. Il faut donc envisager de réserver un espace, si possible isolé au niveau phonique pour l'installer. D'autre part, l'installation d'une VMC double flux impose de doubler le nombre de conduits de circulation d'air, ce qui peut poser des problèmes de positionnement des tuyaux. Les espaces cachés étant généralement de dimension réduite, les circulations d'air d'une VMC double flux en rénovation sont souvent apparentes et entrainent un inconfort visuel et sonore. Enfin, ce système nécessite un entretien régulier et le doublement des ventilateurs consomme de l'énergie.

Tableau 31 : Solutions retenues pour estimer le potentiel de réduction de consommations énergétiques

Solutions	Efficacité	Exemple de techniques
Isolation des murs	R = 5	Plaques de Polystyrène (15 cm, λ = 0,03)
Isolation des toits	R = 5	Plaques de Polyuréthane (14 cm, λ = 0,028)
Isolation des planchers bas	R = 2,6	Laine minérale (10 cm, λ = 0,039)
Remplacement des fenêtres	Uw = 1,2	Double vitrage, joints de haute qualité, cadres PVC
Panneaux rayonnants	Grande efficacité	Nouveaux radiateurs avec thermostats intégrés
Chaudières gaz	Grande efficacité	Chaudière à condensation
Système de ventilation	Maîtrise des flux	VMC hygro B
Pompes à chaleur	COP de 2,5 à 5	PAC air/air

Annexe 4 : Estimation de l'impact des travaux d'efficacité énergétique : méthodologie et description du logiciel

Pour réaliser l'estimation de la consommation énergétique et des émissions de CO_2 des bâtiments et l'impact des différentes solutions techniques, nous avons utilisé un logiciel de simulation thermique : le logiciel BAO Promodul Version Tertiaire et Collective[229]. Il permet d'évaluer la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour cinq postes : le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire (ECS), les ventilateurs locaux et centraux, l'éclairage des locaux.
Un coefficient Cep (Consommations d'énergie primaire) est calculé et exprimé en kWh/m² d'énergie primaire pour le bâtiment initial, c'est-à-dire tel qu'il existe avant les travaux de réhabilitation. Il est calculé en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques du bâtiment et de ses équipements avant travaux, ou les valeurs par défaut et conventionnelles fournies par le moteur de calcul. Lorsque des modifications sont réalisées, un nouveau Cep est estimé pour le bâtiment en projet, c'est-à-dire tel qu'il est conçu suite aux travaux de réhabilitation (Encadré 15, p.340).

À partir de ces données sur les consommations, le coût des consommations énergétiques peut alors être déduit (le montant des factures est calculé à partir des prix de l'énergie en vigueur). Dans la mesure où nous nous intéressons uniquement aux consommations de chauffage, nous tenons compte seulement de l'évolution de cette dernière et donc du coût de consommation sans l'abonnement.

[229] Il permet de fournir des études "rénovation" approfondies sur les bâtiments tertiaires et collectifs (grands ensembles immobiliers) en s'appuyant sur une méthode thermique combinant la méthode Th-C-E ex et une méthode de calcul originale qui doit permettre un meilleur calage avec les consommations réelles. Prioritairement destiné aux bureaux d'études thermiques, il permet d'établir un audit énergétique, d'effectuer tous les contrôles réglementaires et d'avoir des informations sur le coût et la rentabilité des travaux.

Encadré 15 : Données d'entrée et de sortie du logiciel utilisé pour les estimations

Description du bâti

Dans un premier temps, des données concernant l'enveloppe du bâtiment doivent être décrites. Les principales sont :
- Les données concernant la zone climatique (département, altitude et DJU[230]).
- La surface hors œuvre nette (SHON), la surface habitable (SHAB), la hauteur sous plafond.
- Pour les parois opaques : la surface, le coefficient de transmission surfacique (U), le coefficient de réduction de la température (b), l'inclinaison et l'orientation.
- Pour les liaisons linéiques : la longueur, le coefficient de transmission linéique (Psi), le coefficient de réduction de la température (b) et le facteur solaire (S).
- Pour les baies : la surface, le coefficient U, le coefficient b, l'inclinaison et l'orientation, les masques.
- Pour l'émission de chaleur (et de froid) : le type de générateur, sa puissance, son rendement, l'énergie utilisée, le type d'émetteurs et le mode de régulation.
- Pour l'ECS : le mode de production d'ECS et le mode de stockage.
- Pour la ventilation : le mode de ventilation et les types de débits.

Les données climatiques sont intégrées et exprimées en heure solaire. Pour chaque zone climatique, les données d'une année météorologique complète sont constituées sur une base horaire.

Les données relatives à l'occupation sont en temps légal, qui correspond au temps solaire avec une heure de plus en hiver et deux heures de plus en été.

Calcul des consommations

Une fois les caractéristiques du bâtiment initial renseignées, en fonction de scénarios concernant l'occupation, des consignes de températures, de ventilation et d'utilisation possible de l'éclairage ; les apports internes de chaleur et d'humidité ; et l'inertie thermique[231], le logiciel réalise un calcul :
- Du Ubat et des déperditions par les parois (HT) et par le renouvellement d'air (Hv).
- Des besoins d'éclairage (la puissance d'éclairage conventionnelle est de 2W/m²).
- Des besoins d'ECS : ils sont calculés au pas de temps horaire et correspondent à l'énergie pour l'eau chaude sanitaire en fonction du type d'usage de la zone[232] et du mois considéré.

[230] La valeur des Degrés Jour Unifié (DJU) correspond à la différence entre la température moyenne de la journée et 18°C, qui correspond à la température extérieure à laquelle il n'est plus nécessaire de chauffer un immeuble pour obtenir 19°C à l'intérieur. Les DJU sont égaux à la somme des écarts entre la température extérieure et 18°C durant la saison de chauffe.

[231] L'inertie thermique est la prédisposition d'un matériau à garder longtemps sa température initiale lorsqu'intervient une perturbation d'un équilibre thermique. La température à l'intérieur du bâtiment suit plus ou moins les variations de températures extérieures en fonction de l'amortissement, qui permet d'atténuer les effets des canicules ou des grands froids, et du déphasage, qui permet de retarder les effets (en été : le front de chaleur pénètre dans la maison en fin de journée plutôt qu'en matinée, etc.). L'amortissement et le déphasage sont d'autant plus marqués que l'inertie thermique est grande.

[232] Un bâtiment peut être découpé en zone ayant des usages différents (logements, bureaux, commerces etc.). Chaque usage définit un scénario de chauffage et un scénario de refroidissement, caractérisés par des températures de consigne et des horaires conventionnels de maintien de température. Pour notre étude, nous avons intégré une seule zone par bâtiment, en ne considérant qu'un seul et même usage, celui de logement.

Les estimations de la consommation énergétique peuvent être réalisées suivant deux méthodes :

- La méthode TH-C-E ex : elle correspond à celle en vigueur dans la réglementation thermique 2005 et elle est utilisée pour l'obtention du label BBC-Effinergie-Rénovations[233]. Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de la consommation réelle du bâtiment, compte-tenu des conventions retenues pour le climat, des apports gratuits, des températures de consigne et des horaires d'occupation qui sont forfaitaires. Cette méthode ne permet donc pas de rendre compte exactement de la consommation réelle d'un bâtiment comme cela est précisé sur le site internet dédié au logiciel BAO Promodul. Toutefois, pour qu'un projet rénovation soit validé, il faut qu'il soit conforme aux exigences de la réglementation thermique 2005, ce qui impose que cette méthode soit utilisée pour tout projet.

- La méthode mensuelle ou comportementale : elle correspond à une norme européenne (EN 13790) qui se rapproche de la méthode utilisée pour la RT 2000. Elle contient des informations assez larges sur les données climatiques basées sur des données météorologiques mensuelles. Elle est, d'après le concepteur du logiciel, également calée sur quelques études de consommations réelles de bâtiments. Comme la première méthode, elle intègre les facteurs d'apport solaire mais de façon moins importante. Cette méthode est celle utilisée pour la certification Minergie®[234].

Dans un premier temps, les estimations ont été réalisées avec les deux méthodes, d'une part pour voir s'il y avait des différences et d'autre part pour déterminer celle qui est la plus proche des données réelles. Il résulte de cette comparaison qu'une différence existe entre les deux méthodes, à la fois pour les données sur la consommation initiale mais également pour les données sur l'impact des travaux : la seconde montre une consommation initiale des logements et des impacts des travaux plus importants que la première.

Les résultats présentés dans le chapitre 2 sont ceux obtenus avec la première méthode (dite réglementaire). Initialement nous avions prévu d'utiliser la seconde méthode qui se veut, au dire du concepteur, plus proche de la réalité. Cependant, lorsque nous avons voulu avoir davantage d'informations, notamment sur les paramètres

[233] Pour obtenir cette labellisation, il faut attester, avec la méthode TH-C-E-ex, d'une consommation maximale en énergie primaire après rénovation de 80kWh/m²shon.an (elle comprend le chauffage, le refroidissement, la ventilation, les auxiliaires, la production d'eau chaude et l'éclairage et cette consommation est pondérée selon les régions).

[234] Il s'agit d'un label développé initialement en Suisse et dont l'obtention est conditionnée par une consommation maximale en énergie primaire après rénovation de 60kWh/m²shon.an (elle comprend le chauffage, le refroidissement, l'ECS et la ventilation).

comportementaux intégrés dans cette méthode, nous ne sommes pas parvenus à obtenir des éléments précis[235].

Il est tout de même nécessaire de souligner que quelle que soit la méthode utilisée dans ce logiciel mais également dans d'autres (il existe de nombreux logiciels de simulation thermique qui utilisent des méthodes sensiblement différentes), aucune n'est aujourd'hui en mesure de rendre compte précisément des consommations énergétique d'un logement, car les comportements énergétiques des ménages et leur hétérogénéité sont des paramètres difficilement saisissables et les concepteurs peinent encore à trouver les informations qui leur permettraient d'introduire des hypothèses relativement fiables dans les moteurs de calculs. Celles-ci pourraient porter par exemple sur le choix des consignes de chauffe, des disparités comportementales de consommation entre chauffage collectif et chauffage individuel, etc. Les données techniques sont donc ici largement prépondérantes dans les calculs effectués et donc dans les résultats.

[235] Nous avons en revanche pu avoir davantage de détails pour la première, puisque celle-ci a été conçue par le CSTB et avons de ce fait pu faire valider la conception des bâtiments par les ingénieurs.

Annexe 5 : Entretiens avec trois acteurs éligibles au dispositif des Certificats d'Economie d'Energie (CEE)

A/ Témoignage du Conseil Régional de Picardie

Entretien réalisé en janvier 2009 avec le Chargé de mission à la Direction de l'environnement du Conseil Régional de Picardie.

Le Conseil Régional offre aux ménages un système de bonification de prêt qui évolue avec la performance énergétique des logements. Les CEE engendrés grâce aux économies d'énergie réalisées sont cédés à un intermédiaire bancaire, Domofinance, qui négocie avec les obligés la contre partie financière qu'ils devront lui verser. Celle-ci se matérialise ensuite par la prise en charge d'une partie de la bonification des prêts ou le versement d'un montant prédéterminé selon les opérations d'économie d'énergie réalisées. Les montants récoltés représentent pour le Conseil Régional un effet d'aubaine puisque ce dernier aurait, sans ce dispositif, procédé tout de même aux investissements. Cependant, le chargé de mission que nous avons rencontré regrette qu'il n'y ait pas réellement de place pour la négociation avec les obligés sur la valeur des CEE. Ces derniers sont en effet en position de force car le coût administratif pour rechercher l'information sur les revenus que les CEE peuvent engendrer est trop important pour une collectivité territoriale qui dispose de ressources humaines limitées et qui ne réalise pas un volume de transaction suffisamment important pour accomplir systématiquement cette tâche.

Au delà de la place du Conseil Régional de Picardie dans les négociations, le chargé de mission que nous avons rencontré nous explique que le critère d'additionnalité est assez déterminant dans le dispositif. La technologie de base (ou « standard »), qui sert de référence pour juger du caractère additionnel de la technologie proposée dans le cadre des CEE (correspondant principalement aux fiches standardisées) doit évoluer rapidement : la technologie « additionnelle » au temps t doit normalement devenir la technologie de base en temps t+1. Selon notre interlocuteur, le regroupement d'une grande partie des obligés sous forme de lobby vise notamment à altérer ce critère d'additionnalité en permettant à des technologies qui ne sont pas forcément les plus efficaces d'être incluses dans les opérations standardisées et d'être maintenues même lorsqu'elles ont été dépassées par des technologies plus performantes.

En conclusion, les CEE ont permis d'apporter au Conseil Régional de Picardie des financements supplémentaires à ceux initialement prévus, mais dans une quantité relativement limitée compte tenu des faibles marges de négociation face aux obligés.

B/ Témoignage de l'OPAC 38, bailleur social en Isère

Entretien réalisé en janvier 2009 avec le responsable développement durable et une ancienne stagiaire à OPAC 38, en poste dans la société AKOE.

Lorsque les CEE ont été mis en œuvre, ce bailleur social, qui avait envisagé de réaliser des travaux de réhabilitation thermique sur son parc immobilier, s'est attentivement penché sur ce dispositif afin de récolter des fonds pour l'aider à financer davantage de travaux. A cette époque (2007), aucun prix des CEE n'existait puisque le dispositif était trop récent. Les obligés proposaient alors un prix d'environ 0,20 ct par CEE. Il a donc été décidé de les conserver pour les revendre sur le marché dès lors qu'ils atteindraient des prix jugés suffisamment hauts (ces prévisions portaient sur le prix d'un CEE autour de 50% du prix plafond soit environ 1 ct d'euros par certificat). Pour les 80 GWh de réductions prévues à termes sur l'ensemble du parc, l'OPAC 38 espérait donc percevoir jusqu'à 800 000 euros.

Lors de notre entretien, soit environ un an et demi après avoir fait part d'un vif intérêt pour ce dispositif, notre interlocuteur regrette qu'aucun prix « correct » de certificats n'ait émergé et qu'il ne puisse donc pas les valoriser. Selon lui, les objectifs fixés par l'Etat de 54 TW/h ramenés à la consommation énergétique annuelle du pays ne représentent que 0,1% de la consommation d'énergie finale et sont donc trop peu ambitieux. De plus, il nous fait part de ses inquiétudes concernant les changements attendus pour la seconde période du dispositif qui envisage une suppression de son éligibilité. Ceci rendrait d'autant plus difficile la cession des certificats à un bon prix.

En février 2011, l'OPAC 38 est parvenu à vendre, par l'intermédiaire d'un cabinet de conseil, 100 GWh (sur les 172,813 déposés sur le registre des CEE) à un prix de 20% supérieur au moyennes constatées, lui rapportant ainsi 400 000 euros. Si ce bailleur n'est pas parvenu à récolter les fonds qu'il aurait souhaité (le CEE a été cédé à 0,40 ct et non au prix d'1ct espéré), il a tout de même pu les vendre sur le marché puisque l'Etat a finalement décidé de conserver l'éligibilité des bailleurs sociaux pour la seconde période du dispositif (Tableau 14, p.162). Les CEE ont donc permis à l'OPAC 38 de bénéficier de ressources financières qui n'étaient pas prévues initialement lorsque la décision de travaux a été engagée (dès 2005), puisqu'ils n'existaient pas à cette époque[236]. Selon notre interlocuteur, « *quel que soit le dispositif, les économies d'énergie auraient été réalisées. Tant mieux si les CEE permettent de réaliser des travaux supplémentaires : la stratégie d'OPAC 38 est 'plus il y a de moyens et plus il y a d'investissements'.* »

[236] Il faut toutefois noter que cette valorisation a été rendue possible d'une part par la présence d'un intermédiaire et d'autre part par un contexte spécifique puisque la transaction s'est effectuée dans le cadre d'un concours (source : article du Moniteur du 03/02/11, disponible en ligne : http://www.lemoniteur.fr/201-management/article/actualite/831089-l-opac-38-a-revendu-pour-400-000-euros-de-certificats-d-economies-d-energies).

En conclusion, les revenus issus de la vente de CEE sont inférieurs à ceux que l'OPAC 38 espérait initialement, et ce, en raison du faible nombre de demandeurs sur le marché. La stratégie de cet acteur de conserver les CEE en compte propre et de ne pas passer de partenariat avec les obligés était risquée, notamment en considérant l'évolution du dispositif quant à la place des éligibles, mais a finalement était payante puisque les CEE ont été vendus à un prix supérieur à celui du marché mais également au coût moyen du CEE évalué comme nous l'avons vu à 0,39ct €.

C/ Témoignage de Grenoble-Alpes Métropole (la Métro)

Entretien réalisé en septembre 2009 avec le Chargé de mission énergie-environnement qui a piloté la campagne « mur / mur ».

Dans le cadre de la campagne isolation « mur / mur », qui vise à la réhabilitation thermique d'environ 150 copropriétés[237], la Métro a choisi de négocier directement avec les fournisseurs d'énergie jusqu'à la signature d'une convention de partenariat afin qu'ils cofinancent une partie des aides globales (qui correspondent à 30% du coût des travaux) en contre partie des CEE. La convention de partenariat est signée pour 4 ans, mais tous les ans, la Métro et ses partenaires signent un avenant qui permet la reformulation du tarif CEE, l'ajustement des volumes, et le partage des CEE entre les différents acteurs « obligés » participants au financement[238]. Selon notre interlocuteur, la Métro n'a pas souhaité déposer pour compte propre les CEE engendrés par cette opération, considérant que les fournisseurs « *ne jouent pas le jeu puisqu'ils ont clairement expliqué qu'ils ne rachèteraient pas les CEE sur le marché* ». Il précise que s'il y avait une certitude sur la possibilité de les valoriser sur le marché, la Métro n'aurait pas hésité à choisir cette solution mais que tant que les obligations ne se durcissent pas, le pouvoir de négociation des éligibles est trop faible.

Par ailleurs, comme pour le Conseil Régional de Picardie, l'anticipation des coûts de transaction engendrés par ce dispositif (en particulier la recherche d'information) a dissuadé la Métro de conserver les CEE en vue d'une valorisation future. Si les coûts administratifs sont trop importants, les économies d'énergie réalisées risquent alors de devenir trop chères et il est dans ce cas préférable de ne pas passer par le marché (Bertoldi et *al*., 2010). Notre interlocuteur souligne une autre « défaillance » de ce système : les attestations des entreprises de travaux permettant de constituer le dossier exigé par la DRIRE (aujourd'hui la PNCEE) pour la délivrance des certificats, ne sont fournies qu'une fois les travaux effectués. La valorisation économique ne peut donc être faite qu'à partir de ce moment, alors que les dépenses ont déjà été engagées. Entre le moment où les financements sont nécessaires et le moment où les retombées économiques des CEE arrivent, il peut alors se passer deux ans. La collectivité territoriale doit donc faire une avance de fonds. La Métro envisage de négocier avec

[237] Ce dispositif est présenté plus en détail dans le chapitre suivant.
[238] Les fournisseurs d'énergie ont accepté d'avoir un prix identique de CEE.

le ou les partenaire(s) obligés afin qu'il(s) prenne(nt) en charge *ex-ante* un montant minimum des travaux.

Pour la Métro, le dispositif des CEE représente, de façon plus nuancée que dans les cas précédent, un effet d'aubaine dans la mesure où l'élaboration de la campagne isolation s'est faite au même moment que la mise en œuvre du dispositif des CEE et a eu un effet incitatif, bien que modéré. Pour autant, le faible pouvoir de négociation relaté par la Métro, montre ici encore, que les financements obtenus (le prix du CEE a été négocié à environ 0,30ct €) sont inférieurs à ceux qui étaient espérés.

Annexe 6 : Le rôle croissant des collectivités territoriales dans la politique énergie-climat

Les disparités existantes entre les différentes régions du monde et même entre les différents territoires à l'intérieur d'un pays (A), l'engagement croissant des territoires dans la politique énergie-climat (B) qui se fixent désormais à leur niveau des objectifs de réduction (C), nécessitent qu'en parrallèle des modèles globaux, soient réalisés des travaux de prospectives portant sur une échelle géographique plus restreinte comme celle de l'agglomération (D).

A/ Les spécificités territoriales

Selon le niveau de développement économique et le climat de la zone géographique étudiée, les opportunités de réduction peuvent être différentes. Le potentiel de réduction du secteur du bâtiment dans les pays développés correspond pour une grande part à la réduction énergétique des bâtiments existants et à l'augmentation de l'efficacité énergétique alors que, dans les pays en développement, les opportunités de réduction portent davantage sur la conception de nouveaux bâtiments[239], dans un contexte d'amélioration de l'accès à l'énergie[240].

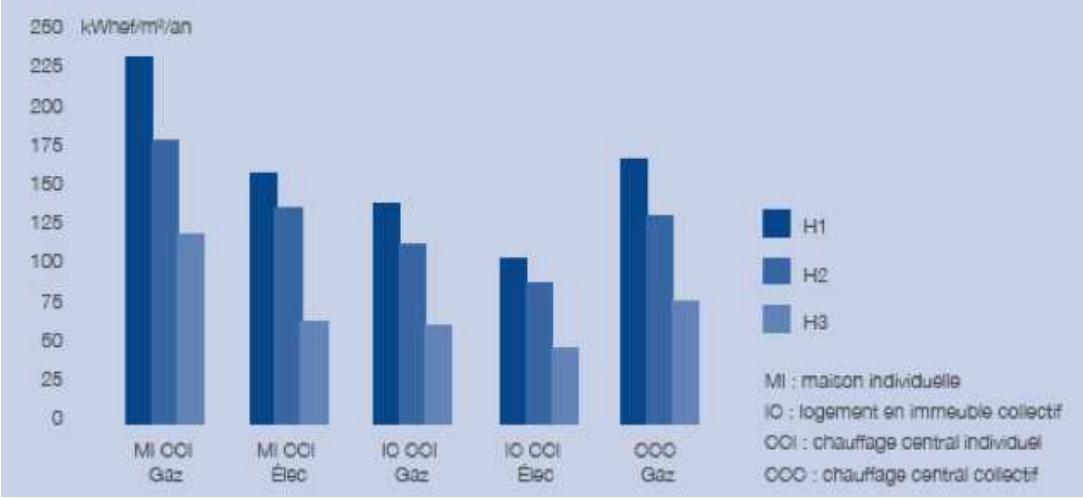
La consommation énergétique dans les bâtiments est principalement liée au type de bâtiment et à la zone climatique dans laquelle il se trouve (Encadré 16, p.348).

[239] A elle seule, la Chine devrait voir croitre son parc de bâtiments de 2 milliards de m² par an d'ici à 2020 soit plus de 6 fois que ce qui est prévu au Etats-Unis pour la même période (McKinsey & Company, 2009)

[240] Sur l'ensemble de la population mondiale un tiers des habitants n'a pas accès à l'électricité et 80% d'entre eux vivent en Asie du sud et en Afrique sub-saharienne (IEA 2008).

Encadré 16 : Les zones climatiques en France et la consommation de chauffage

Les zones climatiques sont définies en fonction de degré jours de chauffe et de refroidissement. Les degrés de chauffe sont calculés en additionnant la différence entre la demande de température intérieure considérée à 19°C, et la température extérieure pour chaque jour durant la période de chauffe. Parallèlement, les degrés jours de refroidissement correspondent à la demande de refroidissement. Les usages sont différents selon la zone climatique sur laquelle se situe le bâtiment. La réglementation thermique française répartie le territoire en 8 zones climatiques, qui sont regroupées en trois zones hiver (période de chauffe) : H1, H2 et H3, et quatre zones d'été (période de non chauffe) : a, b, c et d.
Selon la zone climatique, la consommation énergétique varie et peut être plus de deux fois plus importante en zone H1 qu'en zone H3 (Figure ci-dessous)



Source : Traisnel, 2010, p. 28

La source énergétique utilisée est elle aussi en partie lié aux territoires : en France, le bois représente une part plus importante dans la consommation de chauffage en zone H2 qu'en zone H1 (respectivement 28% et 20%). A l'inverse le gaz est davantage utilisé en zone H1 (35%) qu'en zone H2 (25%) en raison notamment de la plus forte densité urbaine et des besoins de chauffage plus important dans ces régions qui ont entrainé l'extension des réseaux de gaz dans les communes. L'électricité est plus utilisée en zone H3 que dans les deux autres car les besoins sont plus faibles (Traisnel et *al*. 2010).

La localisation et le contexte dans lequel le bâtiment a été construit jouent donc un rôle sur son efficacité énergétique. Historiquement les techniques de constructions et les matériaux utilisés étaient fortement liés aux territoires, aux héritages culturels et aux ressources disponibles. Le climat local (température, vent, humidité, etc.), la morphologie urbaine et les constructions individuelles, mais également le niveau de

vie des ménages[241] conduisent à des diffrénces de consommations énergétiques de bâtiment entre les zones.

Par ailleurs il apparaît que les ménages sont plutôt attachés à leur territoire, et même si ces derniers connaissent des évolutions démographiques, l'ancrage territorial semble, du moins en France, assez important. En effet, lors des déménagement, la migration se fait le plus souvent à l'intérieur de l'agglomération : par exemple, d'après le recensement de la population 2008 de l'INSEE, sur l'ensemble des personnes vivant sur le territoire de l'agglomération grenobloise, 41 % occupaient un autre logement 5 ans auparavant que celui dans lequel ils vivent actuellement, mais sur l'ensemble de ces déménagements, 33% se sont faits au sein de la même commune et 35% au sein de la communauté d'agglomération ou du département de l'Isère[242].

B/ L'engagement des territoires dans la politique énergie-climat

Il y a à peine une quinzaine d'année, Menanteau et Magnin écrivaient que les initiatives des villes et des territoires en matière de maîtrise de la demande en énergie (MDE) étaient relativement rares alors même que l'interface entre les villes et l'énergie pouvait constituer « *un champ fertile et propice à l'encouragement d'initiatives locales novatrices dans le domaine de l'énergie* » (Menanteau et Magnin, 1995, p. 806). Les programmes nationaux de maîtrise de la demande en énergie (MDE) des années 1980 en France avaient montré des limites quant à leur capacité d'adaptation au contexte et aux spécificités locales, malgré la volonté politique de constituer des relais locaux et de réaliser des opérations locales de MDE, notamment dans le secteur du logement (Bonaiti, 1988). Historiquement, la France est connue pour sa politique centralisée, et ce n'est que depuis les récentes lois sur la décentralisation[243] que les autorités locales se sont vues confier des compétences plus importantes. Dans le domaine de l'efficacité énergétique, jusqu'au milieu des années 1990 les autorités locales étaient donc essentiellement le relai des politiques

[241] Selon l'étude de Petrick et *al.* (2010) réalisée sur 157 pays et sur 3 décennies, la consommation de chauffage est non seulement dépendante du climat mais également du niveau de revenus des ménages. Elle est élastique à la température et ce d'autant plus que le niveau de revenu est élevé. Les auteurs traitent dans cette étude seulement de la demande de chauffage et non de la demande de refroidissement. La différence de revenu repose ici sur une analyse macroéconomique, les auteurs distinguant uniquement les disparités de revenus entre les pays étudiés et non entre les ménages.

[242] Les résultats de l'enquête distinguent uniquement quatre principaux flux : au sein de la même commune (33%), dans une autre commune au sein du même département (35%), dans un autre département au sein d'une même région (11%), dans une autre région en France (15%), dans une autre région dans un DOM et à l'étranger (6%). Les résultats ne détaillent pas les flux au sein de la communauté d'agglomération.

[243] Notamment, la Loi du 12 juillet 2009, relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale, dite « loi Chevènement », et la Loi du 28 mars 2003 qui pose le principe de l'autonomie financière des collectivités territoriales.

nationales [244] . Pour Beaurain (2003) « *la focalisation sur cette notion* [le développement durable] *et le caractère mondial des problèmes d'environnement entretiennent l'illusion que le discours sur l'environnement s'est imposé selon une logique descendante, et a-territoriale, à partir des organismes internationaux. Le volontarisme des collectivités locales au niveau international invite à nuancer cette impression* » (p. 47).

Aujourd'hui, le transfert de compétence de l'Etat vers les collectivités territoriales, favorise la concrétisation de l'intervention des autorités locales dans ce domaine. Les marges de manœuvre au niveau local se sont également accrues avec l'ouverture à la concurrence des marchés de l'énergie, car cela les a amené à avoir leur propre « *terminal de distribution énergétique* » (Adnot et *al.*, 2005).
Les lois Grenelle 1 et 2[245] sont venues renforcer leur rôle en matière de politique énergétique et climatique. L'Etat admet ainsi le rôle que le niveau local peut jouer dans ce domaine. Dans ce contexte, les initiatives locales sont donc en partie le fruit d'une politique territorialisée impulsée par un niveau plus large et sont élaborées à partir d'un cadre général, mais sont également une politique territoriale à part entière, qui se construit à partir de logiques territoriales d'acteurs[246]. En effet, l'engagement des territoires dans des politiques environnementales et plus précisément dans les politiques énergie-climat s'est fortement accéléré ces dix dernières années alors même qu'aucune contrainte émanant du gouvernement centralisé n'était encore appliquée. La création de service environnement et énergie dans certaines administrations territoriales, les démarches locales d'Agenda 21 ou encore la signature de charte de l'environnement, témoignent de cette volonté des gouvernements locaux[247]. Selon, l'étude de Adnot et *al*. (2005) les autorités locales sont impliquées dans les trois-quarts des opérations de MDE que ces auteurs ont étudiées.

[244] Dans le rapport d'évaluation sur l'efficacité énergétique en France, entre 1973 et 1993, la dimension locale des activités n'apparaît pas (Martin et *al*. (1998), La Maîtrise de l'énergie – Rapport de l'instance d'évaluation. La Documentation Française, Paris. Cité par Broc (2006).
[245] Art. L. 229-26 de la loi Grenelle 2 : « Les départements, les communautés urbaines, les communautés l'agglomération ainsi que les communes ou communautés de communes de plus de 50 000 habitants doivent avoir adopté un plan climat-énergie territorial pour le 31 décembre 2012 ».
[246] Nous utilisons ici la distinction faite par Mancebo (2003) entre une politique territoriale et une politique territorialisée lorsqu'il traite des Contrat de Projets Etats-région : « *Les politiques territoriales (…) correspondent à une logique rattachée à un territoire, et les politiques territorialisées (*sont*) appliquées certes à un territoire, mais à partir d'un canevas général englobant* » (p.6).
[247] Dans le 1er recueil d'expériences sur les plans climat locaux réalisé par la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre en 2007 – soit avant l'adoption de la loi dite Grenelle 1 – sur les 19 collectivités territoriales recensées, 12 étaient déjà engagées dans une démarche de type agenda 21 et ce, pour 10 d'entre elles, avant 2005. Par exemple, la commune de Chalon-sur-Saône, à créer une cellule énergie dès 1991 et a ratifié une charte de l'environnement en 1994. La ville de Mulhouse a signé son premier contrat cadre avec l'ADEME sur un projet spécifique air-énergie en 1991 et la communauté d'Agglomération de Mulhouse Sud Alsace s'est engagée depuis 2003 dans une démarche agenda 21. La Métro de Grenoble a élaboré son plan climat depuis 2004 et le Grand Lyon depuis 2005 (MIES, 2007).

Au niveau international, le premier sommet mondial des maires sur le changement climatique à l'initiative du réseau ICLEI[248] et en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a été organisé en 1993. Depuis de nombreux sommets ont eu lieux, réaffirmant toujours plus le potentiel et le rôle des villes dans ce domaine. Au niveau européen, le potentiel des villes a également été reconnu dans les années 1990 : la Commission européenne a mis en place dès 1991 un groupe d'experts sur l'environnement urbain et a initié la « *campagne des villes européennes pour un développement durable* » qui vise à encourager et soutenir les villes souhaitant s'engager dans cette dynamique. La déclaration d'EUROCITIES[249] sur le changement climatique illustre la volonté des élus locaux d'être au cœur des engagements sur le climat. Elle « *réaffirme l'importance du niveau local, mettant en œuvre les villes comme partenaires privilégiés en coopération avec les institutions européennes et les Etats membres* »[250]. Dans certains pays européens le rôle des territoires dans la MDE a aussi été reconnu à cette période. Par exemple, les « *Stadwerke* » (entreprise communale) en Allemagne ont engagé depuis les années 1990 des programmes de MDE à la fois pour des raisons d'efficacité économique mais également dans le but de réduire la pollution.

Aux Etats-Unis, les villes et les Etats sont les principaux acteurs de la politique environnementale et climatique du pays. En l'absence d'un véritable engagement au niveau fédéral, les efforts locaux sont vus comme une sorte de « *gouvernance bottom-up* » (Wheeler, 2008). Les villes et les Etats sont venus impulser la politique environnementale et climatique avant le gouvernement fédéral : 28 Etats ont lancé des plans climat et 170 gouvernements locaux ont rejoint le réseau « *Cities for Climate Protection* » qui requiert la mise en œuvre d'un Plan climat (Wheeler, 2009). A la différence du gouvernement fédéral, les villes et les états ont fixé leurs propres objectifs de réduction. Le total de ces objectifs couvre plus de la moitié des émissions du pays (Nicholas et Sperling, 2008).

Les mesures prises par les collectivités territoriales sont donc bien plus que le simple relai d'une politique énergie-climat plus globale (Bardou, 2009 ; Yalçin et Lefèvre, 2012). Leurs initiatives sont souvent liées à une spécificité territoriale et les Plans Climat Energie dans lesquels elles sont désormais engagées viennent s'insérer dans un contexte propre à chacune d'entre elle.

[248] L'*international Council for Local Environmental Initiatives* est une association crée en 1990, chargée de soutenir les villes dans des projets de développement durable.
[249] EUROCITIES est un réseau des grandes villes européennes.
[250] Déclaration d'EUROCITIES sur le changement climatique (Lyon, 2005)
http://www.eurocities.eu/main.php

C/ Des objectifs de réduction fixés à l'échelle des territoires

Selon Peltzman et Tideman (1972), une charge uniforme de la pollution au niveau national n'est pas optimale et il peut être préférable que les objectifs émergent sous le contrôle local. Dans la mesure où les agglomérations sont hétérogènes à la fois du point de vue de l'activité économique qui s'exerce sur leur territoire, mais également, comme nous l'avons vu, en raison de différences climatiques, architecturales et morphologiques, la demande énergétique et le montant des émissions de CO_2 produites ne sont pas uniformes d'un point de vue spatial au niveau national. Dans ce contexte, des objectifs de réduction uniformes à l'ensemble des territoires peuvent être économiquement inefficaces. L'analyse coût-efficacité montre en effet que pour garantir la minimisation des coûts, il est préférable d'investir en priorité dans les options les plus rentables. Ce raisonnement peut être transposé à l'échelle des territoires (Baumol et Oates, 1988). Les fonctions de coûts d'abattements vont varier, par exemple, selon l'ancienneté des bâtiments, ce qui rend significativement plus coûteux pour certaines zones le fait de limiter les émissions.

L'intérêt de recommander un contrôle au niveau local réside également dans la minimisation des coûts d'informations, ces dernières pouvant être d'autant plus facilement accessibles que l'échelle géographique est restreinte. Dans ce contexte, la décentralisation de la politique énergie-climat peut avoir un impact bénéfique pour la MDE puisqu'elle permet d'accroitre les potentiels d'actions et d'impliquer davantage d'acteurs. Toutefois, comme le soulignent Baumol et Oates (1988), le niveau local approprié doit avoir une administration d'une taille suffisamment importante pour inclure les coûts et les bénéfices associés à la pollution et à son contrôle et les échelons supérieurs ont un rôle structurant à jouer pour permettre notamment une cohésion générale des politiques et des actions des différents territoires. Une meilleure cohérence entre les différents échelons décisionnels pourrait alors renforcer l'efficacité des politiques climat-énergie locales. Par ailleurs, les gouvernements centraux peuvent jouer un rôle clé dans la diffusion des connaissances dispersées sur les nouvelles techniques de réduction et les aspects pratiques de mise en œuvre.

Aujourd'hui, l'engagement des territoires dans la politique énergie climat et la fixation d'objectifs de réduction plus ou moins ambitieux dépendent principalement de l'implication et de la motivation des élus à l'heure des Plans Climat Energie Territoriaux (PCET) mais également aux cours des années précédentes, ainsi que de l'existence de structures permettant de faire le lien entre les mesures et les habitants, tels que les Agence Locales de l'Energie (Yalçin et Lefèvre, 2012). L'engagement plus ou moins fort ne dépend donc pas réellement du potentiel de réduction existant sur le territoire. La détermination de ce dernier pourrait pourtant venir renforcer l'efficacité des plans d'actions des autorités locales soit en réaffirmant et affinant leurs choix, soit en les réorientant.

D/ Les enjeux des scénarios à l'échelle des territoires

Les recherches sur le potentiel de réalisation d'économie d'énergie en vue de réduire les émissions de CO_2 nécessitent de collecter un grand nombre de données, et ce, d'autant plus que l'échelle spatiale et les objets traités sont larges. En effet, une étude qui traite de la réduction des émissions de CO_2 dans le secteur du bâtiment au niveau mondial n'aura pas le même degré de précision qu'une étude qui analyse les potentiels de réduction dans le secteur des logements à l'échelle d'une agglomération. Les résultats n'auront pas non plus le même impact en termes de représentation et d'appropriation pour les décideurs publics et pour les citoyens.

Les études réalisés à l'échelle de la ville peuvent offrir la possibilité de spécifier un certain nombre de données permettant ainsi d'une part, de partir d'une situation de référence bien renseignée, et d'autre part, de tenir compte dans la définition des différents scénarios d'éléments liés contexte local et à son évolution. L'enjeu est alors de trouver la méthodologie la plus adéquate pour aider les élus locaux dans la conduite de leur politique climatique[251]. En effet, comme le précise Criqui et *al*. (2010), p. 19, « *[l]'émergence de la ville / du territoire comme niveau approprié de mise en œuvre des politiques climatiques, impose aux chercheurs de renouveler outils et approches méthodologiques afin de pouvoir rendre compte des nouvelles options techniques et organisationnelles et éclairer la décision publique* ». En effet, aujourd'hui, compte-tenu de l'existence limitée de données et d'indicateurs spécifiques aux territoires, les objectifs de réductions sont généralement fixés sans que les décideurs ne soient certains de la possibilité de les atteindre (Yalçin et Lefèvre, 2012). En pratique, les objectifs qui émanent des autorités locales dépendent avant tout de la volonté politique des élus et des préoccupations des populations. C'est pourquoi, certaines villes visent l'atteinte d'un facteur 2,5 pour 2030, d'autres pour 2050, et les plus ambitieuses comme Genève aspire à devenir en 2050 une ville « zéro carbone » (Gomi et *al*., 2010).

Toutefois, pour certaines villes comme Londres, une étude technico-économique du potentiel de réduction a été réalisé afin d'aider les décideurs locaux à orienter leurs investissements dans le but d'atteindre au moindre coût les objectifs de réductions préalablement fixés. L'étude de McKinsey & Company (2008) pour Londres utilise la même approche sectorielle que l'étude réalisée au niveau mondial (McKinsey & Company 2009), et s'appuie sur la méthodologie suivante :

- Un niveau de référence est déterminé sur la base de l'hypothèse d'une adoption constante des technologies. Il prend en considération l'augmentation de l'adoption des technologies aujourd'hui disponibles, mais n'intègre pas les

[251] Lors d'un bref entretien avec Ronan Dantec, vice-président de la communauté d'agglomération Nantes Métropoles, lors du club Ville Territoire et Changement Climatique (VITeCC) (organisé par la Caisse des dépôts à Paris, le 22/01/10), celui-ci nous a fait part des attentes des élus locaux – soucieux de connaître les actions les plus efficaces mais également les plus efficientes – sur la question des coûts de réduction des émissions de CO_2.

améliorations d'efficacité attendues dans le futur et aucune mesure additionnelle mise en œuvre au-delà de ce qui avait été décidé n'est prise en compte.

- A partir d'une approche analytique détaillée des technologies disponibles (plus de 200 leviers technologiques sont identifiés au total dont la mise en œuvre aurait un effet avant 2025), des courbes de coûts de réduction sont déterminées pour chaque secteur et le potentiel d'amélioration tient compte des interdépendances entre ces secteurs afin d'éviter les doubles comptages.

Les conclusions de ce rapport vont dans le sens de celles des travaux réalisés à un niveau plus global puisqu'elles révèlent que d'une part, il existe un certain nombre de leviers à la disposition des élus permettant d'accroitre l'efficacité énergétique, et que d'autre part, ces leviers sont rentables d'un point de vue économique. En effet, il apparaît que Londres peut atteindre, sans d'important changement de style de vie des citoyens, une grande partie de ses objectifs de réduction de GES fixés à 60 % d'ici 2025 par le *London Climate Change Action Plan*. Les technologies identifiées permettent de parvenir à une réduction de 44 %, passant de 44 Mt de CO_2 en 1990 à 26 Mt en 2025. Pour atteindre les objectifs fixés par la ville, il est donc nécessaire d'aller au-delà de la mise en place de ces leviers, en les combinant avec des changements dans la réglementation, des changements comportementaux de la part des citoyens et des innovations technologiques. Concernant les seuls leviers technologiques, 2/3 des actions identifiées pourraient être financées par elles-mêmes, la majorité de ces solutions permettant à termes, grâce à une diminution de la consommation énergétique, de réaliser des économies qui vont au-delà de l'investissement initial qu'elles ont nécessité. En 2025, le coût moyen de réduction pourrait être nul. Dans le secteur du bâtiment, le potentiel d'économies d'énergie a été estimé à 10,6 Mt de CO_2 (soit 24% du potentiel total de réduction sur l'ensemble des secteurs). Environ ¾ de ces changements sont contrôlés par les consommateurs et la plus part des mesures dépendent donc des choix privés des individus. Les gouvernements doivent alors veiller à une plus grande adoption de ces technologies par les citoyens en s'appuyant sur la réglementation, en mettant en place des taxes et/ou des subventions, en facilitant l'accès au capital et à l'information. La principale difficulté réside dans la réallocation des ressources, car en réalité les économies réalisées ne reviennent pas toujours aux investisseurs. A Londres, 42 % des habitants ne sont pas propriétaires de leur logement.

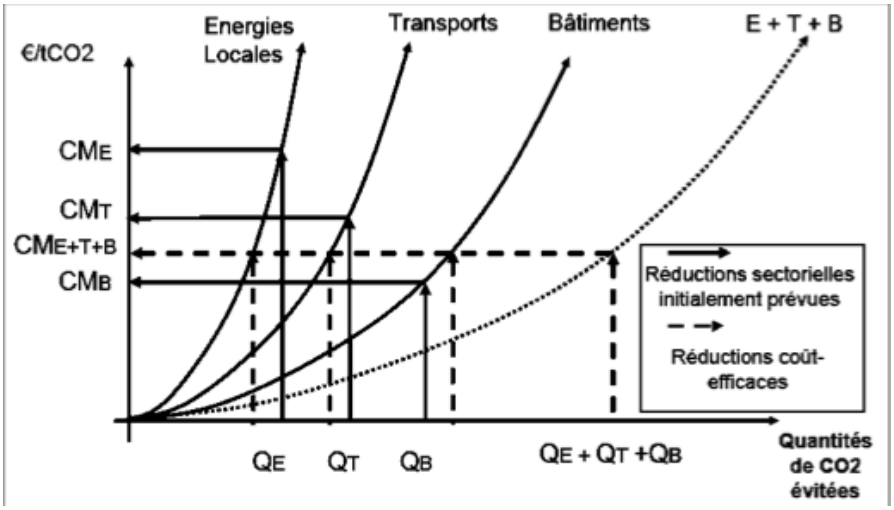
Pour les territoires locaux français, il n'existe à notre connaissance aucune étude de ce type. C'est dans ce contexte que le projet AETIC (Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat) a été engagé. Il vise à fournir un ensemble de données et de raisonnements pour la réalisation de Plan Climat-Energie Territorial, en étudiant, dans une perspective *bottom-up*, le potentiel et les coûts de réduction pour trois secteurs : le transport, la production et la distribution d'énergie et le bâtiment (Encadré 17, p.355).

Encadré 17 : Le projet AETIC

Le projet « Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat » (AETIC) se propose de reproduire la démarche coût – efficacité appliquée traditionnellement à l'échelle des politiques climatiques plus globales, en particulier internationales et européennes, au niveau des collectivités locales.

Il s'agit dans un premier temps de rassembler des méthodes et de collecter des données nécessaires à la construction des politiques climat-énergie mis en œuvre par les autorités locales notamment dans le cadre des PCET. Cela passe par l'identification de trois secteurs clés :
- le secteur des transports qui, parce qu'il est en lien avec l'usage des sols, doit constituer une dimension systémique structurante des autres politiques,
- le secteur des bâtiments et en particulier le parc existant,
- le secteur de la production et la distribution des énergies renouvelables et locales

Dans un second temps, l'objectif est de s'intéresser à la cohérence économique des stratégies de réductions identifiées en organisant les éléments collectés dans un jeu de courbes de coûts marginaux de réduction et permettant au final d'obtenir un modèle intégré (cf. schéma ci-dessous).



Courbes marginales sectorielles et globale du projet AETIC (Criqui et *al*., 2010, p. 36)

La méthode consiste donc à considérer la ville comme un système complexe de production et de consommation d'énergie qui nécessite, de relier les trois secteurs. L'objectif ultime du projet AETIC est de fournir des recommandations aux décideurs locaux afin qu'ils orientent les investissements en priorité dans les solutions les plus coûts-efficaces, compte-tenu des objectifs de réduction fixés à l'échelle de leur territoire.

Le territoire grenoblois constitue le premier terrain d'étude pour ce projet (2010-2013) qui est porté par le laboratoire EDDEN et réalisé par les cinq partenaires suivants : EDDEN, ENERDATA, IDDRI, CSTB, VEOLIA, PACTE.

Site internet : http://projet-aetic.upmf-grenoble.fr/

En définitive, si ces recherches sont aujourd'hui tout à fait nouvelles en France, elles sont amenées à se développer fortement dans les années à venir compte-tenu des

attentes des décideurs locaux. En effet, nous avons vu que les territoires présentent des spécificités et le transfert de compétence de l'Etat vers les collectivités locales leur confère un rôle prépondérant pour mener des actions en faveur de l'énergie et du climat. Le fait que la politique énergie-climat soit conduite au niveau local nécessite de dimensionner les travaux de prospective à cette échelle. Cela permet en outre d'enrichir les données d'entrées en procédant à une segmentation plus fine des typologies des bâtiments et offre ainsi aux décideurs la possibilité de mieux identifier les segments sur lesquels agir en priorité.

Annexe 7 : Structure du parc de logements collectifs privés de la Métro et estimations des consommations

A partir de deux critères principaux qui ont une influence significative sur la consommation énergétique lié au chauffage[252] – l'année de construction des bâtiments et le système de chauffage (A) – il est possible de réaliser une estimation de la consommation énergétique et les émissions de CO_2 des logements collectifs sur le territoire de la Métro (B).

A/ Les déterminants de la consommation énergétique

A1/ L'âge des batiments

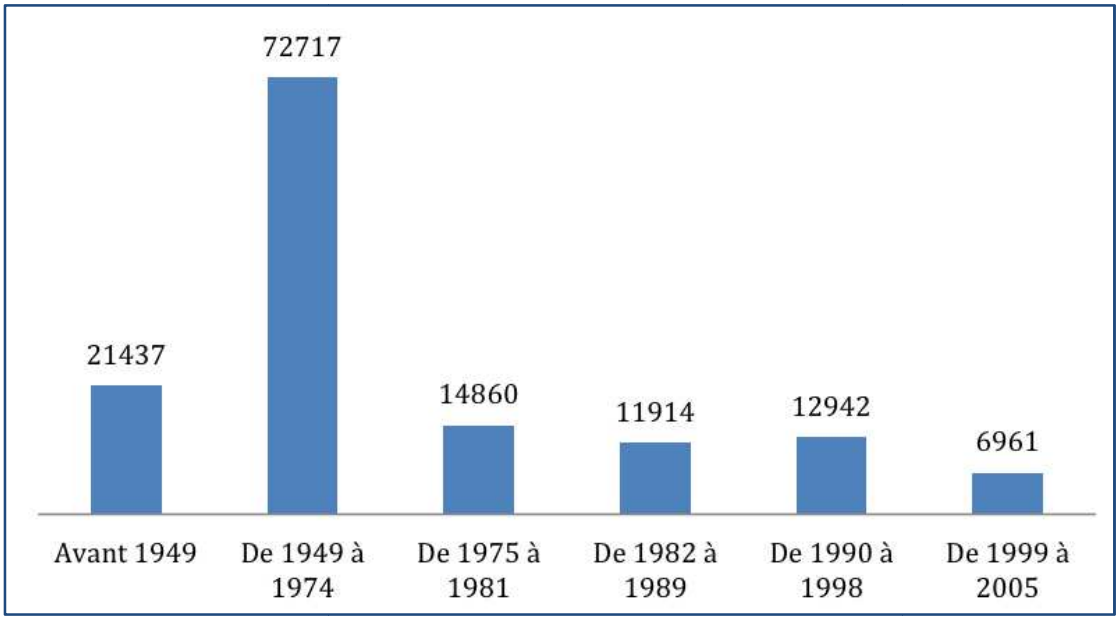
Les informations fournies par le dernier recensement de l'INSEE (INSEE, 2008)[253], permettent de réaliser une segmentation du parc de logement sur le territoire de la Communauté d'Agglomération Grenoble Alpes Métropole (la Métro). Il apparaît que sur les 176 505 résidences principales (190 040 logements au total) que compte ce territoire, 140 830 sont des logements collectifs, soit environ 80 % du parc total de logements. Les logements anciens, construits avant la première réglementation thermique (RT), sont largement représentés (Figure 14, p.358) :

- environ 67% des logements on été construits avant 1975
- environ 52% des logements ont été construits entre 1949 et 1975

[252] Plusieurs autres paramètres pourraient être identifiés afin de réaliser une segmentation du parc comme le statut de l'occupant et le type d'acteur décisionnaire[252], les équipements électroménagers, les pratiques de consommation des ménages, etc. Nous ne les retenons pas ici, car l'objectif de cette Annexe est de monter l'influence des paramètres techniques liés au bâti, indépendamment des aspects comportementaux et organisationnels.

[253] Nous avons d'abord utilisé les données du recensement de 2006 puis avons actualisé ces éléments avec les données du dernier recensement de 2008.

Figure 14 : Répartition des logements collectifs (résidences principales) de la Communauté d'Agglomération de Grenoble par période de construction



Source : d'après INSEE (2008)

La large part de logements anciens construits avec les matériaux et les techniques utilisés durant la période 1949-1974 (murs en brique ou béton, sans isolant : voir Annexe 2) montre dans un premier temps que le potentiel d'économie d'énergie sur ce territoire est important (Daniel et *al.*, 2007).

A2/ Le chauffage

Le chauffage se caractérise par deux principaux éléments : son mode de diffusion et la source énergétique utilisée. Nous verrons par la suite en quoi ces deux paramètres influent sur les émissions de CO_2 provenant de la consommation de chauffage.

Le système de chauffage

Le système de chauffage peut être individuel, central ou urbain :

- Un système est décentralisé lorsque la production et la diffusion de chaleur se font dans la même ambiance. Chaque appareil doit être alimenté en combustible ou en énergie. On parle d'appareils indépendants ou autonomes. Notons toutefois que par souci de clarté, dans le cas des immeubles collectifs nous parlons de système de chauffage individuel pour qualifier également les chaudières à gaz lorsqu'elles servent à un seul et même logement, même si elles permettent d'alimenter tous les émetteurs de ce logement. Ceci permet de distinguer les solutions qui s'appliquent

seulement aux logements de celles qui touchent l'ensemble de l'immeuble comme dans le cas d'une chaudière collective qui alimente tous les émetteurs d'un bâtiment.

- Le système de chauffage est dit central lorsque la chaleur est produite à un endroit donné comme par exemple une chaufferie, avant d'être distribuée dans d'autres pièces. La chaleur est produite par un générateur tel qu'une chaudière qu'il faut alimenter en combustible et qui chauffe l'eau du circuit de chauffage. Celle-ci est ensuite dirigée vers les émetteurs de chaleur (radiateurs, planchers chauffants), via le réseau de distribution, et revient, plus ou moins refroidie, vers le générateur. Le générateur et les émetteurs sont donc indissociables.

Un réseau de chaleur urbain est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs immeubles. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur[254] et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire (Encadré 18, p.360).

[254] Un fluide caloporteur est un fluide chargé de transporter la chaleur entre deux ou plusieurs sources de température.

Encadré 18 : Les réseaux de chaleur

Tout réseau de chaleur comporte les principaux éléments suivants :

- L'unité de production de chaleur qui peut être, par exemple, une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM), une chaufferie alimentée par un combustible (fioul, gaz, bois...), une centrale de géothermie profonde, etc. Généralement un réseau comporte une unité principale qui fonctionne en continu et une unité d'appoint utilisée en renfort pendant les heures de pointe, ou en remplacement lorsque cela est nécessaire.

- Le réseau de distribution primaire composé de canalisations dans lesquelles la chaleur est transporté par un fluide caloporteur (vapeur ou eau chaude). Un circuit aller (rouge) transporte le fluide chaud issu de l'unité de production. Un circuit retour (bleu) ramène le fluide, qui s'est délesté de ses calories au niveau de la sous-station d'échange. Le fluide est alors à nouveau chauffé par la chaufferie centrale, puis renvoyé dans le circuit. La conception du réseau vise à assurer une densité thermique (nombre de bâtiments raccordés par kilomètre de conduite posée) aussi élevée que possible, afin de permettre la viabilité économique du réseau (coût d'investissement fortement liée au linéaire de conduite ; recettes liées au nombre d'usagers).

- Les sous-stations d'échange, situées en pied d'immeuble, permettent le transfert de chaleur par le biais d'un échangeur entre le réseau de distribution primaire et le réseau de distribution secondaire qui dessert un immeuble ou un petit groupe d'immeubles. Le réseau secondaire ne fait pas partie du réseau de chaleur au sens juridique, car il n'est pas géré par le responsable du réseau de chaleur mais par le responsable de l'immeuble.

En France, il existe 432 réseaux répartis sur 350 villes et s'étendant sur 3 452 km. La puissance totale installée est de 17 086 MW. Un réseau peut également distribuer du froid : sur les 432 réseaux identifiés, 14 sont des réseaux de froid. Celui de Paris est le plus important d'Europe.

Au total, les réseaux de chaleur distribuent aujourd'hui 6% de la chaleur consommée dans le résidentiel et le tertiaire en France. Dans certains pays d'Europe, essentiellement au nord et à l'est, les réseaux de chaleur assurent une part bien plus importante des besoins de chauffage : 60% au Danemark, 95% en Islande, 52% en Pologne, 50% en Suède et en Norvège. En France, les réseaux de chaleur desservent environ 2,1 millions d'équivalents logements, essentiellement dans des zones urbaines denses. Le logement représente 57% de la chaleur livrée par les réseaux, tandis que le tertiaire (privé et public) en reçoit 36%.

Les énergies fossiles (fioul, gaz, charbon) sont aujourd'hui prépondérantes dans l'approvisionnement des réseaux français. Les énergies renouvelables et de récupération représentent 31% des sources. En excluant la chaleur issue de l'incinération d'ordures ménagères et en ne considérant donc que le bois et la géothermie, ce pourcentage tombe à 8%.

Source : Marlier et *al.* (2011)

Dans la détermination de l'état initial des bâtiments, nous avons considéré que les chaudières les plus anciennes datent du milieu des années 1980, en faisant l'hypothèse qu'étant donné leur durée de vie d'environ une trentaine d'année, elles ont été changées au maximum il y a 30 ans.

La source d'énergie utilisée pour le chauffage

On distingue trois principales catégories de sources d'énergie utilisées pour le chauffage auxquelles se rattachent des facteurs d'émissions de CO_2 (Tableau 32).

Tableau 32 : Facteurs d'émissions de CO_2 selon la source énergétique

	Sources énergétique	Facteurs d'émissions (g eq CO_2 par kWh)
Combustibles	Fuel domestique	302
	Gaz naturel	230
	Charbon	334
Electricité	Chauffage	180
	Froid et ECS	40
	Cuisson, lavage	60
	Eclairage	100
Réseau chaleur	Moyenne française	190
	Grenoble	154

Source : ADEME (2007) ; site du CETE de l'Ouest [consulté le 09/06/10], Marlier et *al.* (2011).

Selon la source énergétique utilisée, l'empreinte carbone va être plus ou moins importante. La valeur nationale des émissions de carbone par habitant et par an pour le chauffage est de 340 kg. Dans certaine ville comme Paris, les émissions de carbone engendrées par l'utilisation du chauffage se situent dans cette moyenne alors que la consommation énergétique est bien en deçà de la moyenne nationale. Ceci s'explique par le fait que la biomasse est très peu utilisée dans cette ville (APUR, 2007). La différence entre les émissions de CO_2 engendrées par des consommations énergétiques issues de diverses sources d'énergie explique pourquoi il est possible qu'un logement relativement performant en termes de consommation énergétique le soit moins en termes d'émissions de CO_2 et inversement.

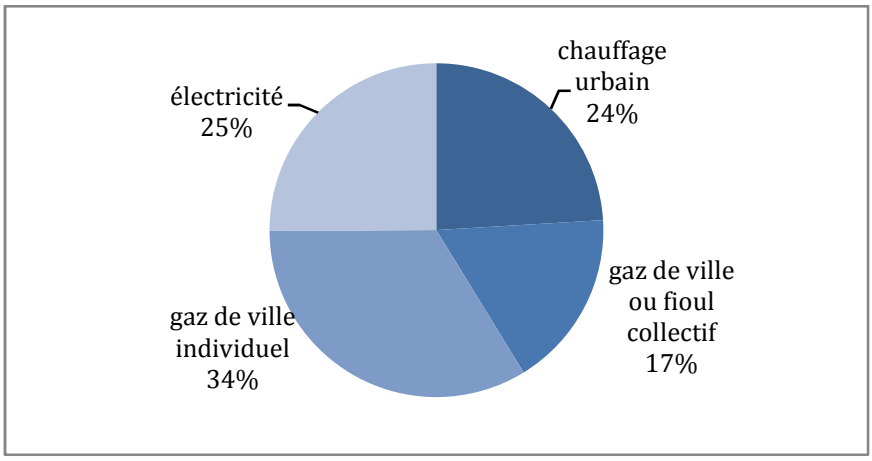
La source énergétique et le mode de chauffage utilisé ont un impact sur les consommations du logement. La différence entre celles engendrées par l'utilisation du gaz et par l'électricité s'explique principalement par le fait qu'elles ne sont pas exprimées en énergie finale (ef) (énergie effectivement utilisée par la consommation) mais en énergie primaire (ep) qui inclut l'énergie perdue entre la production et la fourniture d'énergie dans les bâtiments. Le facteur de conversion de l'énergie finale à l'énergie primaire est de 1 pour tous les combustibles (ici, fioul et gaz naturel) et de 2,58 pour l'électricité[255], de façon à prendre en compte le rendement de production et de transport de l'électricité. Exprimés en énergie finale, les logements chauffés à l'électricité apparaissent comme bien moins énergivores que ceux

[255] Ce facteur de 2,58 correspond à une convention internationale. Il a pour objectif de comparer les consommations énergétiques en fonction des différentes sources utilisées. En France, il existe une controverse quant à ce facteur car l'électricité est produite en grande partie (entre 70% et 90%) à partir du nucléaire et de l'hydroélectricité et peut sembler ne pas refléter la réalité en exagérant les pertes liées à la production et au transport. Toutefois lors des pointes de consommations, la production marginale se fait à partir d'énergie fossile (soit en France par le producteur historique EDF, soit dans un autre pays comme l'Allemagne qui l'exporte à la France).

chauffés à partir d'autres sources énergétiques. Nous avons choisi d'exprimer les consommations en énergie primaire d'une part car la production et le transport de l'électricité sont directement liés à la demande et d'autre part car c'est l'unité conventionnelle utilisée dans les études thermiques. En revanche, si l'on raisonne seulement en termes de CO_2 émis, les facteurs d'émissions sont plus « favorables » à l'électricité, du moins en France, car la part du nucléaire dans la production d'électricité est importante.

D'après l'enquête logement de l'INSEE de 2008, dans les logements collectifs du territoire grenoblois l'énergie la plus utilisée pour le chauffage est le gaz de ville, suivi de l'électricité et du chauffage urbain (Figure 15, p.362).

Figure 15 : Part des énergie utilisées pour le chauffage et des systèmes énergétiques sur le territoire de la Métro



Sur les 17% de logement chauffés avec un système collectif, plus de 15% le sont au gaz et le reste au fioul. Cette énergie tant à disparaître pour le chauffage, puisque les chaudières fabriquées depuis la fin du siècle dernier fonctionnent exclusivement au gaz. Il y a une part plus importante de logements chauffés au gaz à l'aide de chaudière individuelle (34%) que de logements chauffés à l'électricité (17%).

Selon la période de construction des logements, ces parts varient sensiblement : les logements construits dans les années 1980 et 1990 fonctionnent majoritairement au chauffage électrique, alors que ceux construits entre 1945 et 1975 sont essentiellement chauffés au gaz (60%) (Tableau 33, p.363).

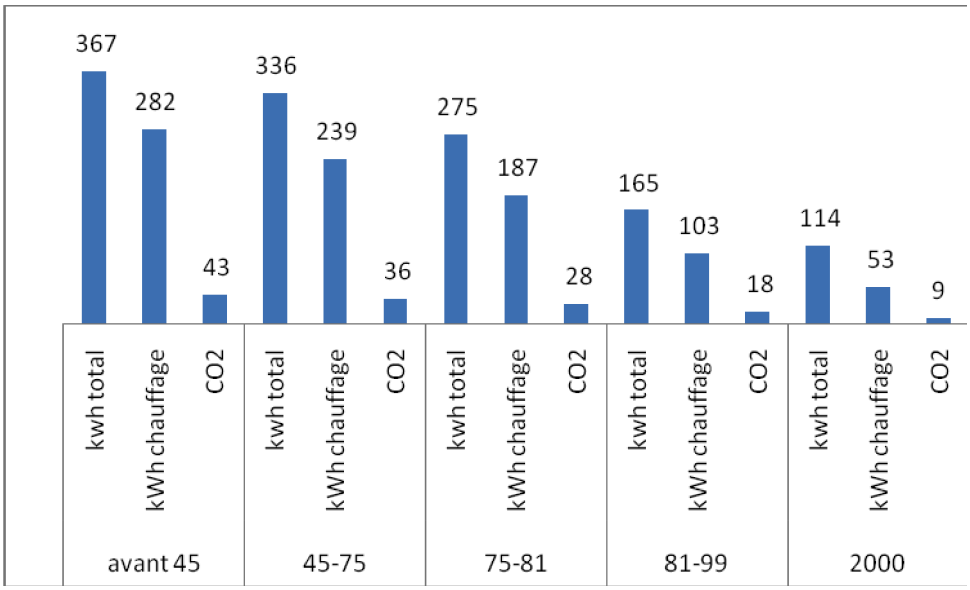
Tableau 33 : Nombre et part des logements collectifs de la Métro par période de construction et par mode de chauffage.

	électricité	gaz naturel (collectif)	gaz naturel (individuel)	chauffage urbain	total	part
avant 1945	8 287	1 433	8 397	840	18 957	14%
1945-1974	9 058	17 077	22 132	19 792	68 059	50%
1975-1981	2 323	3 332	2 758	5 641	14 054	10%
1982-1999	13 157	973	8 130	3 582	25 842	19%
après 2000	1 476	702	4 653	3 032	9 863	7%
total	34 301	23 517	46 070	32 887	136 775	100%
part	25%	17%	34%	24%	100%	

L'analyse croisée (âge et système de chauffage) permet alors d'estimer les consommations et les émissions moyennes des bâtiments par période de construction et par mode de chauffage (Figure 16, p.363 ; Figure 17, p.364 ; Figure 18, p.365).

La Figure 16 fait ressortir des différences significatives de consommation entre les périodes de constructions. Plus les bâtiments sont anciens et plus leurs consommations énergétiques et les émissions de CO_2 sont importantes.

Figure 16 : Consommation énergétique moyenne et émissions de CO_2 par classe d'âge



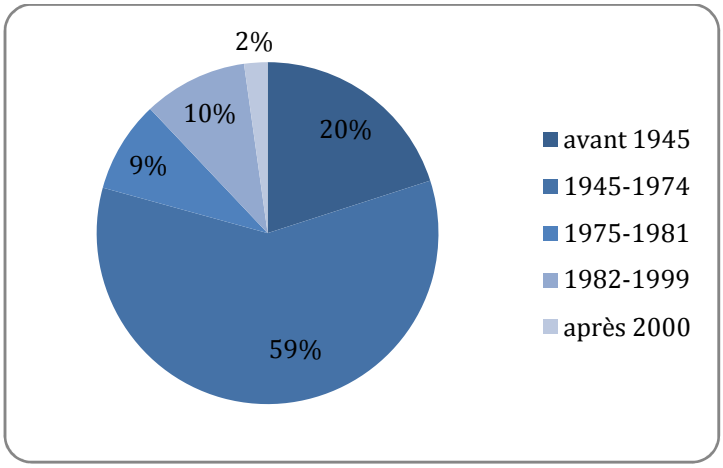
La consommation moyenne de chauffage passe de 282 kWhep/m².an pour les immeubles construits avant 1945 à 53 kWhep/m².an pour ceux construits après 2000. La part de la

consommation de chauffage dans la consommation conventionnelle totale[256] est d'autant plus importante que le bâtiment est ancien. Elle est d'environ 70% pour les immeubles construits entre 1945 et 1974 puis décroît jusqu'à 46% pour ceux construits après 2000. La variation des consommations d'énergie hors chauffage entre les classes d'âge est relativement faible. Elle est principalement due aux hypothèses concernant le taux d'équipements des auxiliaires et aux nombres de logements par immeubles. Les différentes réglementations thermiques, imposant notamment un renforcement de l'isolation des parois, ainsi que les progrès techniques ont donc permis de diminuer la consommation de chauffage des logements de 81% entre 1945 et 2000.

B/ Consommation énergétique et émissions de CO2 des logements collectifs sur le territoire de la Métro

Si l'on croise les consommations par segments issues de la simulation théorique (estimations réalisés à l'aide du logiciel Promodul présenté en Annexe 4) avec le nombre de logements collectifs par segment sur le territoire de la Métro nous pouvons (i) estimer les consommations énergétiques et les émissions de CO_2 totales du parc de logements collectifs du territoire de la Métro et surtout (ii) identifier les segments qui constituent les principaux gisements de réductions (Figure 17, p.364).

Figure 17 : Part des émissions de CO_2 de la Métro de Grenoble par classe d'âge



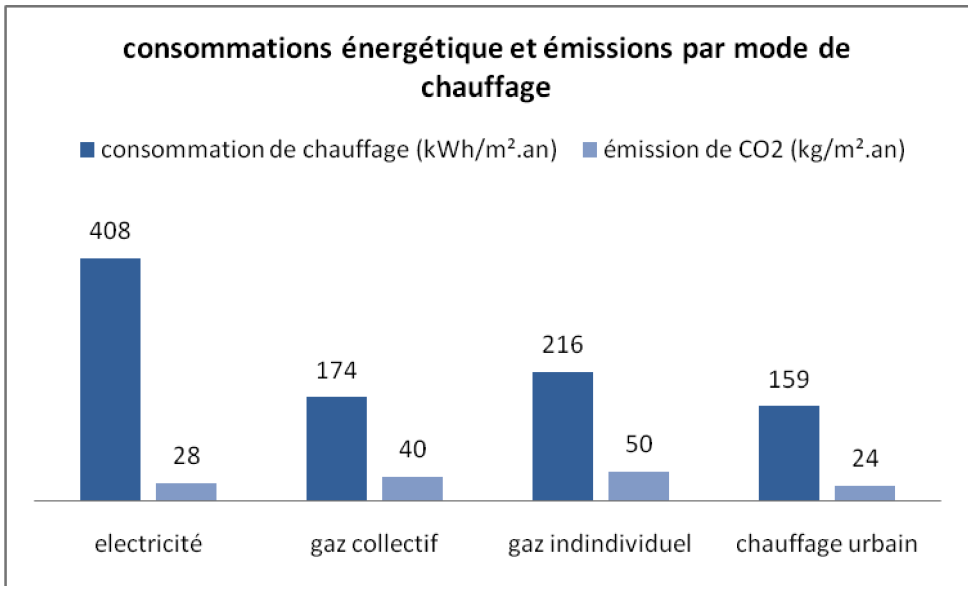
Sur les figures ci-dessus, il apparaît que le segment des bâtiments 1945-1974 est celui qui est à l'origine de la part la plus importante de consommation énergétique et d'émissions de CO_2. Ceci s'explique d'une part par le fait que ce segment représente le nombre de logements le plus important sur ce territoire (Figure 14, p.358) mais également par le fait que, les logements de cette époque présentent des mauvaises caractéristiques thermiques et sont donc très déperditifs. En effet, le nombre élevé de logements construits à cette époque ne suffit pas à expliquer les 59% d'émissions de CO_2, puisque ce segment représente la

[256] La consommation conventionnelle des logements comprend la consommation de chauffage, d'ECS, des auxiliaires de chauffage et de ventilation et l'éclairage.

moitié du parc total de logements collectifs. Il ressort également de nos estimations une différence entre les parts de CO_2 et les parts de consommation énergétique qui s'explique par le mix énergétique à chaque période de construction. Par exemple, 51% des bâtiments construits entre 1982 et 1999 sont chauffés à l'électricité alors que ceux de 1945-1974 sont majoritairement chauffés au gaz.

Pour une même source énergétique (ici le gaz naturel), le mode de chauffage (individuel, collectif) a également une influence sur la consommation énergétique des logements (Figure 18, p.365).

Figure 18 : Consommations énergétiques moyennes (énergie primaire) et émissions de CO_2 par mode de chauffage



Lorsque les logements sont chauffés au gaz individuel – c'est à dire que chaque logement est équipé d'une chaudière à gaz qui dessert les émetteurs dans les différentes pièces – la consommation est théoriquement plus importante que lorsqu'ils sont chauffés avec une chaudière collective. Cette différence s'explique principalement par le dimensionnement des chaudières [257]. La puissance d'une chaudière collective desservant 28 logements est d'environ 360 kW tandis que celle d'une chaudière individuelle est d'environ 24 kW par logement soit au total plus de 670 kW pour l'ensemble de l'immeuble.
Le chauffage urbain apparaît comme le mode de chauffage le plus performant, puisqu'il engendre une consommation inférieure à celle des chaudières individuelles de presque 30%. Le dimensionnement des besoins et la puissance des installations permettent d'expliquer cette différence.

[257] Nous traitons ici seulement de la question du potentiel technique indépendamment du comportement des ménages quant à leur pratique de consommation de chauffage en fonction du mode de chauffage et de facturation.

Chaque année, un inventaire des émissions est réalisé sur le territoire de la Métro dans le but d'assurer un suivi et de déterminer les priorités d'actions (Encadré 19, p.367). Si l'on compare nos estimations du total des émissions avec celles réalisées par l'ASCOPARG dans le cadre de l'inventaire des émissions du territoire pour l'année 2007, nous constatons que les deux sont relativement proches. D'après l'inventaire des émissions réalisé dans le cadre du Plan Climat de la Métro – qui combine la méthode cadastrale et le bilan des consommations énergétiques (Encadré 19, p.367) – le secteur résidentiel a émis en 2007 plus de 550 000 tonnes de CO_2 dont plus de deux tiers provenant des logements collectifs[258], soit environ 385 000 tonnes. Même si la part des maisons individuelles sur l'ensemble du parc de logement du territoire grenoblois est faible (17%), leurs consommations en m² sont en moyenne plus élevées (Arènes et Weiss, 2007, Marchal 2008, Orselli 2008). D'après nos estimations, 255 662 tonnes de CO_2 par an proviennent du chauffage des logements collectifs. La différence entre nos estimations et celles de l'ASCOPARG vient des autres postes de consommations (auxiliaires, ECS) qui représentent en moyenne 1/3 des consommations énergétique totales[259].

[258] Informations récoltées lors d'un entretien téléphonique avec Hervé Chanu de l'ASCOPARG en charge de l'inventaire des émissions de la Métro (janvier 2011).

[259] Cette part est moins importante pour les logements anciens, mais plus grande pour les logements récents, comme le montre la Figure 16, p.371.

Encadré 19 : L'inventaire des émissions d'un territoire : objectifs et méthodes

Les principaux objectifs de l'inventaire des émissions (ADEME, 2007, Bailey, 2007, Desjardin, Llorente, 2009, Cochran, 2010) :

- Mesurer : évaluer l'impact des activités et définir des priorités d'actions.
- Communiquer : sensibiliser des agents territoriaux et des élus et rassembler des parties-prenantes.
- Vérifier : évaluer si les mesures engagées permettent effectivement de réduire les émissions[260].

C'est à partir d'un calcul théorique des flux de polluants provenant de toutes les sources d'émissions que les inventaires sont réalisés. Des données primaires (statistiques, enquêtes, etc.) sont croisées avec des facteurs d'émissions :

$E_{s,a,t} = A_{a,t} \times F_{s,a}$

Avec : E : émission relative à la substance « s » et à l'activité « a » pendant le temps « t » ; A : quantité d'activité relative à l'activité « a » pendant le temps « t » ; F : facteur d'émission relatif à la substance « s » et à l'activité « a ».

Ces facteurs d'émissions sont issus d'expérience métrologique ou de modélisation[261].

Il existe trois principales méthodes :

- Le bilan des consommations énergétiques du territoire : il est élaboré à partir des données obtenues auprès des producteurs et distributeurs d'énergie (EDF, GDF, compagnies pétrolières, compagnies de réseau de chauffage) qui sont consolidées avec des données d'activités sur le territoire et des coefficients de consommations unitaires. Ces données peuvent être ventilées :
  - par secteur d'activité : résidentiel, tertiaire, transport, industrie, agriculture.
  - par type d'énergie : charbon ; gaz ; produits pétroliers ; électricité ; biogaz, bois, autres énergies renouvelables.
  - par type d'usage : chauffage, eau chaude sanitaire, électricité spécifique, énergie motrice.

Le bilan des consommations énergétiques a pour objectif de déterminer globalement l'énergie consommée sur un territoire et d'identifier la part de chaque secteur et de chaque énergie dans cette consommation globale. Dans la mesure où aucun facteur d'émission n'est associé à ces consommations, le bilan énergétique des consommations ne constitue pas un diagnostique des émissions, mais il peut alimenter les données et les résultats de ce dernier.

- Le cadastre des émissions : il permet d'identifier les émissions qui sont produites seulement sur le territoire. Il existe deux façons de réaliser un inventaire des émissions à partir de la méthode cadastrale :
  - par la méthode *top-down* : elle utilise des données globales à un niveau géographique assez large (national, régional et départemental) qui peuvent être désagrégées au niveau territorial choisi (à partir des mailles d'un cadastre par exemple) en fonction d'indicateurs de répartition spatial tels que la population, l'utilisation des sols, les zones bâties, etc.
  - par la méthode *bottom-up* : elle utilise des données locales et précises à partir des mailles d'un cadastre puis sont agrégées jusqu'à l'espace territorial sur lequel doit porter l'inventaire.

Ces deux méthodes sont généralement combinées. Si l'on souhaite un niveau de détail assez fin, l'approche *bottom-up* est privilégiée, mais le nombre de données à collecter est important et certaines d'entre elles ne sont pas toujours disponibles. C'est pourquoi cette approche est utilisée

[260] Compte tenu des différences de méthode et d'hypothèses utilisées par les bureaux d'études pour réaliser l'inventaire des territoires, il ne semble pas pertinent aujourd'hui de considérer que l'un des objectifs des inventaires est également de comparer les territoires entre eux. Ceci pourrait néanmoins être possible à l'avenir si les méthodes s'harmonisent.

[261] Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Émissions Atmosphériques en France OMINEA (Février 2006), CITEPA.

simultanément avec l'approche *top-down* qui permet un inventaire plus rapide et moins coûteux mais également moins précis. Cette méthode peut également être croisée avec l'inventaire des émissions (méthode utilisée pour le bilan de la Métro de Grenoble).

- La méthode Bilan carbone® ADEME : elle intègre toutes les émissions imputables à un territoire mais nécessite de ce fait la récolte d'un très grand nombre de données.

Cette méthode est composée de deux modules : un module « Patrimoine et service » qui comptabilise les émissions provenant des bâtiments administratifs d'une collectivité, des activités des agents, mais concerne également l'ensemble des domaines d'interventions (éducation, culture, voirie, collecte des ordures ménagères, etc.) ; d'un module « Territoire » qui comprend les émissions de l'ensemble des activités du territoire. Cette approche Territoire comprend 10 postes d'émission : Production d'énergie, Procédés industriels, Tertiaire, Résidentiel, Agriculture et pêche, Frêt, Transport de personnes, Constructions et voirie, Fin de vie des déchets, Fabrication des futurs déchets.

Avec cette méthode, la comptabilisation est étendue à toutes les émissions provenant du territoire même lorsque celles-ci sont produites à l'extérieur de son périmètre géographique, dans la mesure où elles alimentent l'activité du territoire. La prise en compte à la fois des émissions directes et indirectes prône donc une indifférence quant à la localisation des émissions qui sont comptabilisées. Un ensemble de tableurs et un guide des facteurs d'émission sont nécessaires à la mise en œuvre de la méthode (ADEME, 2007).

En conclusion, la segmentation par période de construction et mode de chauffage nous permet d'avoir une représentation assez fine d'un parc de logement et d'identifier les segments sur lesquels il est nécessaire de réaliser en priorité des travaux de réhabilitation thermique. Il apparaît que les bâtiments construits entre 1945 et 1974 sont ceux sur lesquels il est le plus opportun d'agir, d'une part car ils sont très « énergivores » et, d'autre part, parce qu'à la différence des bâtiments d'avant 1945 qui peuvent présenter des contraintes architecturales, des travaux lourds tels que l'isolation des façades extérieures sont possibles.

Annexe 8 : Travaux, statut des propriétaires et aides globales pour les immeubles « OPATB »

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
vote travaux	non	279000	150000	264000	632000	506000	non	175000	138000	193000
Isolation Mur Extérieure		2	2	2	4	4		2	2	1
Isolation Toitures		1	1	1	0	0		1	1	1
Isolation Planchers		1	1	1	0	0		1	0	0
Fenêtres		0	0	0	0	0		0	0	0
Chauffage		0	0	0	0	0		0	0	1
PO très sociaux	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
PO sociaux	1	0	0	1	6	7	1	0	0	0
PO majorés	1	0	1	6	7	13	1	2	4	1
PO hors plafond	4	3	0	1	14	5	4	3	2	6
PB loyer libre	5	40	17	37	56	37	2	5	14	3
PB loyer intermédiaire	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PB loyer conventionné	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total PO	6	4	1	8	28	25	6	5	6	7
Total PB	6	41	17	37	56	37	2	5	14	3
Total PP	12	45	18	45	84	62	8	10	20	10
part PO	50%	9%	6%	18%	33%	40%	75%	50%	30%	70%
part PB	50%	91%	94%	82%	67%	60%	25%	50%	70%	30%
coût moy travaux/PP		6200	8333	5867	7524	8161		17500	6900	19300
aides globales		0	1	0	0	0		1	1	1
coûts - aides		184140	72000	147840	423440	339020		87500	64860	94570
coût moy travaux-aide/PP		4092	4000	3285	5041	5468		8750	3243	9457

PO= propriétaire occupant ; PB = propriétaire bailleur ; PP = propriétaire

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
vote travaux	138000	non	154000	114000	190000	175000	280500	209000	187000
Isolation Murs Extérieurs	4		2	4	1	4	2	1	1
Isolation Toitures	1		1	1	0	0	1	0	0
Isolation Planchers	1		1	0	0	0	0	0	0
Fenêtres	0		0	0	0	0	0	0	0
Chauffage	0		0	0	0	0	0	0	0
PO très sociaux	0		1		1	3	1	1	1
PO sociaux	0		1		2	1	0	2	1
PO majorés	1		3		2	1	4	2	5
PO hors plafond	4	2	3	4	8	5	3	9	8
PB loyer libre	15	8	10	18	5	9	13	5	2
PB loyer intermédiaire	0		2		0	0	0	2	0
PB loyer conventionné	0		0		0	0	0	0	0
Total PO	5	2	8	4	13	10	8	14	15
Total PB	15	8	12	18	5	9	13	7	2
Total PP	20	10	20	22	18	19	21	21	17
part PO	25%	20%	40%	18%	72%	53%	38%	67%	88%
part PB	75%	80%	60%	82%	28%	47%	62%	33%	12%
coût moy travaux/PP	6900		7700	5182	10556	9211	133571	9952	11000
aides globales	0		0	0	0,19	0,62	0,46	0,3	0,34
coûts - aides	89700		92400	63840	153900	66500	1514700	146300	123420
coût moy travaux-aide/PP	4485		4620	2902	8550	3500	72129	6967	7260

PO= propriétaire occupant ; PB = propriétaire bailleur ; PP = propriétaire

	20	21	22	23	24	25	26	27	28
vote travaux	215000	215000	125000	non	223000	non	179000	315000	159000
Isolation Mur Extérieure	1	1	3		2		1	2	1
Isolation Toitures	0	0	0		0		0	0	1
Isolation Planchers	0	0	0		0		0	0	1
Fenêtres	0	0	0		0		0	0	0,5
Chauffage	0	0	0		0		0	0	0
PO très sociaux	0	1	1	1	2	1	2	1	0
PO sociaux	0	1	3	2	1	1	1	3	0
PO majorés	3	1	5	2	1	3	2	4	1
PO hors plafond	9	4	2	8	9	13	5	3	3
PB loyer libre	24	30	5	5	13	26	22	16	6
PB loyer intermédiaire	0	0	0	0	2	1	1	0	0
PB loyer conventionné	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total PO	12	7	11	13	13	18	10	11	4
Total PB	24	30	5	5	15	27	23	16	6
Total PP	36	37	16	18	28	45	33	27	10
part PO	33%	19%	69%	72%	46%	40%	30%	41%	40%
part PB	67%	81%	31%	28%	54%	60%	70%	59%	60%
coût moy travaux/PP	5972	5811	7813		7964		5424	11667	15900
aides globales	0,28	0,32	0,42		0,37		0,49	0,49	0,2
coûts - aides	154800	146200	72500		140490		91290	160650	127200
coût moy travaux-aide/PP	4300	3951	4531,25		5018		2766	5950	12720

PO= propriétaire occupant ; PB = propriétaire bailleur ; PP = propriétaire

Bibliographie

Abell P., (2003), On the prospects for a unified social science: economics and sociology. *Socio-economic review, 1* (1), 1-26.

Abrahamse W., Steg L., Vlek C. et Rothengatter T., (2005), A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology, 25*, 273-291.

Acket C. et Bacher P., (2007), *Diviser par 4 nos rejets : le scenario Négatep.* Association Sauvons le Climat. Actualisé en 2011. 45 p. Disponible en ligne : http://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/pdf_files/best_of/negatep%202012.pdf

ADEME (2007), *Guide des facteurs d'émissions. Version 5.0. Calcul des facteurs d'émissions et Sources bibliographiques utilisées*. Bilan carbone®.

ADEME, (2010), *Les chiffres clés du bâtiment 2010.* ADEME - MEEDM. 112 p.

ADEME, (2011b), *Les chiffres clés du bâtiment 2011.* ADEME - MEDDLT. 97 p.

Adnot J., Bourges B., Broc J.-S. et Hartmann S., (2005), Local energy efficiency and demand-side management activities in France. *ECEE Summer Study, "Energy savings: what works and who delivers?",* pp 183-194. Mandelieu.

Ajzen I., (1991), The Theory of Planned Behavior. *Organization behavior and human decision process, 50,* 179-211.

Akerkof G., (1970), The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *Quaterly Journal of Economics, 84,* 488-500.

Alberini A., Gans W. et Velez-Lopez D., (2011), Residential consumption of gas and electricity in the U.S.: The role of prices. *Energy Economics, 33* (5), 870-881.

Allibe B., Laurent M.-H. et Osso D., (2011), Bound the rebound! How the combination of progressive energy tariffs and adapted soft loans can curb rebound effect and promote energy sufficiency. *ECEEE 2011 Summer Study, Energy efficiency first: The foundation of a low-carbon society.*

Amann J., (2006), *Valuation of Non-Energy Benefits to Determine Cost-Effectiveness of Wole-House Retrofits Programs: A Literature Review*. Washington DC: American Council of an Energy-Efficiency Economy.

ANAH, (2010), *Les Chiffres clés de l'Anah 2010.* Agence Nationale de l'Habitat.

Anderson S. et Newell R. G., (2004), Information programs for technology adoption: The case of energy efficiency audits. *Resources and Energy Economics* (26), 27-50.

ANIL, (2001), *Les copropriétés vues par les copropriétaires.* Agence Nationale pour l'Information sur le Logement. 31 p. Disponible en ligne : http://www.anil.org/fileadmin/ANIL/publications/Etudes/3329.pdf

Ansar J. et Sparks R., (2009), The experience curve, option value, and the energy paradox. *Energy Policy, 37*, 1012-1020.

APUR (Atelier Parisien d'Urbanisme), (2007), *Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes.* Paris. 48 p.

Asensio A, Charles S. et Lang D., (2011), Les développements récents de la macroéconomie post-keynésienne. *Revue de la régulation, n° 10*, 2e semestre 2011.

Assourd P., Follenfant P. et Slama R., (2006), *Comparaison européenne sur les mesures destinées à améliorer la performance énergétique des bâtiments.* Conseil Général des Ponts et Chaussées. Paris : La Documentation Française. 67 p.

Association NégaWatt. (2006). Scénario négaWatt 2006, pour un avenir énergétique sobre, efficace et renouvelable. Paris. Synthèse disponible en ligne : http://www.negawatt.org/telechargement/Scenario%20nW2006%20Synthese%20v1.0.2.pdf

Arènes J.F., Weiss N. (2007). *Réhabilitation énergétique de l'existant (R2E). Le parc de logements existants – note de synthèse*. CSTB, 7p.

Ariely D., Loewenstein G. et Prelec D., (2003), "Coherent arbitrariness": stable demand curves without stable preferences. *Quaterly Journal of Economic, 118*, 73-106.

Arrow K., (1995), Effet de serre et actualisation. *Revue de l'énergie* (471), 631-636.

Arrow K. (1962), The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Sudies, 29 (3)*, 155-173.

Ayres I., Raseman S. et Shih A., (2009), Evidence from two large field experiments that peer comparison feedback can reduce residential energy use. *NBER Working Paper n°15386*, 36 p.

Baumol W. J. et Oates W. E., (1988), *The Theory of Environmental Policy* (2nde éd.). Cambridge: Cambridge University Press. 299 p.

Babusiaux D. et Pierru A., (2003), *Décision d'investissement et création de valeur : problèmes, exercices et études de cas.* Technip.

Banfi S., Farsi M., Filippini M. et Jakob M., (2008), Willingness to pay for energy savings measures in residential buildings. *Energy economics, 30* (2), 503-516.

Barett S., (2007). *Who Should Foot the Bill on Climate Change ?* Article en ligne sur Yale Center for the Study of Globalization. Yale Global: http://yaleglobal.yale.edu/content/who-should-foot-bill-climate-change

Bardou M., (2009), Politiques publiques et gaz à effet de serre. Pour le climat : mieux vivre ensemble en ville ? *Ethnologie Française, 39* (4), 667-676.

Bataille C., Jaccard M., Nyboer J. et Rivers N., (2006), Towards General Equilibrium in a Technology-Rich Model with Empirically Estimated Behavioral Parameters. *The Energy Journal, Hybrid Modeling* (Special Issue 2), 93-112.

Bailey J., (2007), *Lessons from the pioneers: tackling global warming at the local level*, Institute for local self-reliance, pp 1-17.

Béaud S. et Weber F., (2003), *Guide de l'enquête de terrain.* Paris: La Découverte. Coll. Repères.

Beaumais O. et Chiroleu-Assouline M., (2001), *Economie de l'environnement.* Bréal. Coll. Grand Amphi Economie.

Beauman A., (1983), Fifteen years of foot-in-the-door research: a meta-anaysis. *Personality and Social Psychology Bulletin* (9), 181-196.

Beaurain C., (2003), Economie et développement durable dans les discours de la production territoriale. *Mots. Les langages du politique (72),* 44-58.

Beauvois J-L., (2001), Rationalization and internalization: the role of internal explanations in attitude change and the generalization of an obligation. *Swiss Journal of Psychology* (60), 223-239.

Beauvois J-L.et Joule R-V., (2000), *Capacités de mobilisation des ménages en matières d'économie d'énergie.* Région PACA : Contrat de recherche ARENE.

Bellenger L. et Couchaere M-J., (2005), *Les techniques de questionnement : Poser et se poser les bonnes questions.* Issy-les-Moulineaux: ESF éditeur. 172 p.

Belton V. et Stewart T., (2002), *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach.* Boston: Kluwer Academic Publications.

Bénassy-Quéré A., Coeuré B., Jacquet P. et Pisani-Ferry J., (2009), *Politique économique* (2nde édition). Séries : Ouvertures économiques. Bruxelles: De Boeck.

Bennear L. S. et Stavins R. N., (2007), Second best theory and the use of multiple policy instruments. *Environmental and Resource Economics, 37* (1), 111-129.

Besson D., (2008), Consommation d'énergie : autant de dépenses en carburants qu'en énergie domestique. *INSEE Première* (1176), 4 p.

Bergaentzle C., (2012), Liberalization of Metering Activities and Competition in a Smart Meters Deployment Context: the Case of Germany. Communication à la *IIIe Journée doctorale d'économie*. Association des Doctorants de Grenoble en Économie, Saint-Martin-d'Hères, 15 juin 2012. 25 p.

Bertoldi P. et Rezessy S., (2008), Tradable white certificate schemes: Fundamental concepts. *Energy Efficiency, 1*, 237-255.

Bertoldi P., Rezessy S., Lees E., Baudry P., Jeandel A. et Labanca N., (2010), Energy supplier obligations and white certificate schemes: Comparative analysis of experiences in the European Union. *Energy Policy, 38* (3), 1455-1469.

Bishop R. et Heberlein T., (1979), Measuring Value of extra-market goods: Are indirect measures biased? *American Journal of Agriculture Economics, 61* (5), 926-939.

Blumstein C., (2010), Program evaluation and incentives for administrators of energy-efficiency programs: Can evaluation solve the principal/agent problem? *Energy Policy, 38* (10), 6232-6239.

Blanchard O. et Criqui P., (2000), La valeur du carbone : un concept générique pour les politiques de réduction des émissions. *Economie Internationale* (82), 75-102.

Boardman B., (2004), New directions for household energy efficiency: evidence from the UK. *Energy Policy, 32* (17), 1921-1933.

Bonaiti J-P., (1988), Politiques nationales de maîtrise de l'énergie dans l'habitat : une innovation à l'épreuve du terrain. *Politiques et management public, 6* (4), 1-23.

Bontems P. et Rotillon G., (2007), *L'économie de l'environnement.* Paris: La Découverte. Coll. Repère.

Boonekamp P. G., (2006), Actual interaction effects between policy measures for energy efficiency – A qualitative matrix method and quantitative simulation results for households. *Energy, 31*, 2848–2873.

Borenstein S. et Holland S., (2005), On the efficiency of competitive electricity markets with time-invariant retail prices. *RAND Journal Economics, 36* (3), 469-493.

Bougrain F., (2006), *Les gestionnaires d'immeubles résidentiels privés face aux enjeux de la maîtrise des consommations d'énergie et de la diffusion des services énergétiques.* Paris : CSTB, Département Economie et Science humaine, CSTB DESH/FB/projet ADEME – ALPHEEIS. 35 p.

Bougrain F., (2010), *L'énergie dans les contrats de partenariat.* CSTB, DESH, LSPI. Paris : CSTB, pour la DHUP. 90 p.

Bougrain F., Carassus J. et Colombard-Prout, M. (2005). *Partenariat publi-privé et bâtiment en Europe: quels enseignements pour la France ?* Paris : Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées. 271 p.

Boulanger P-M., (2005), Les barrières à l'efficacité énergétique. *Reflets et Perspectives*, 49-62.

Braye D., (2012), *Prévenir et guérir les difficultés des copropriétés. Une priorité des politiques de l'habitat.* ANAH.

Bressand F., Farrell D., Haas P., Morin F., Nyquist S., Remes J., Roemer S., Rogers M., Rosenfeld J., Woetzel J. (2007), *Curbing Global Energy Demand Growth: The Energy Productivity Opportunity*. McKinsey Global Institute. McKinsey&Company, 289 p.

Brisepierre G. (2011), *Les conditions sociales et organisationnelles du changement des pratiques de consommation d'énergie dans l'habitat collectif.* Thèse de Sociologie, soutenue publiquement le 19 septembre 2011. Sous la direction de Dominique Desjeux, Université Paris - Descartes. 847 p.

Broc J.-S. (2006). *L'évaluation ex-post des opérations locales de maitrise de la demande en énergie : état de l'art, méthodes bottom-up, exemples appliqués et approche du développement d'une culture pratique de l'évaluation.* Thèse de sciences des métiers de l'ingénieur, soutenue publiquement le 8 décembre 2006. Sous la direction de Bernard Bourges, Ecole des Mines de Paris. (Vol. 1), 280 p.

Brookes L. G., (1990), The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution. *Energy Policy, 18* (2), 199-201.

Brookes L. G., (2000), Energy efficiency fallacies revisited. *Energy Policy, 28* (6-7), 355-366.

Brookshire D., D'Arge R., Schulze W. et Thayer M., (1981), Experiments in valuing publics goods. In K. Smith, *Advances in Applied Microeconomics* (Vol. 1). Greenwich: JAI Press.

Brown J. et Rosen H., (1982), On the Estimation of Structural Hedonic Price Models. *Econometrica* (50), 765-768.

Brown M. (2001). Market failures and barriers as a basis for clean energy policies. *Energy Policy* (29), 1197-1207.

Brunel M. et Celerier J-M., (2010), *Rapport du groupe de travail Valeur Verte sur le parc tertiaire.* Plan Bâtiment Grenelle, 37 p.

Bullier A., Carassus J., Ernest D., Pancrazio L. et Sanchez T., (2010), Evaluer et garantir la valeur verte immobilière. *IEIF Réflexions Immobilières* (53), 1-7.

Bullier A., Lefèvre C., Madoulé D., Azan W. et Bigot E., (2011), *Contrat de Performance Energétique en logement social : guide de mise en oeuvre.* Groupe ICF. 107 p.

Bureau D. et Marical F., (2012), Comment concilier la vérité des prix écologique et le pouvoir d'achat ? *Conseil économique pour le développement durbale. Paroles d'économistes*. pp. 93-96.

Bureau D. et Hourcade J-C., (1998), Les dividendes économiques d'une réforme fiscale écologique. In A. Lipietz, D. Bureau, J.-C. Hourcade, O. Godart et C. Henry, *Fiscalité de l'environnement* (pp. 41-83). Paris: La Documentation Française, Les rapports du Conseil d'analyse économique.

Burger J., (1999), The foot-in-the-door compliance procedure: A multiple-process analysis review. *Personality and Social Psychology Review* (3), 303-325.

CAH, (2001), Mesurer et comprendre les marchés de l'amélioration de l'habitat. *Le point sur le marché de l'amélioration de l'habitat n°9.* Club de l'Amélioration de l'Habitat.

CAH, (2005), Les craintes environnementales et leur impact sur la qualité énergétique des logements. *Le point sur le marché de l'amélioration de l'habitat n°10*, Club de l'Amélioration de l'Habitat. 4 p.

CAH, (2006a), Marché de l'amélioration de l'habitat. *Club de l'Amélioration de l'Habitat, Données Chiffrés*, 6p.

CAH, (2006b), Les résultats du rénoscope. *Le point sur le marché de l'amélioration de l'habitat n°12*, 4p.

CAH, (2008), Les 20 chantiers de rénovation thermique du club de l'amélioration de l'habitat. *Le point sur le marché de l'amélioration de l'habitat n°13*, 6 p.

Cahn M., (2007), *Lutter contre la précarité énergétique dans l'habitat.* Rapport Final, Energie-cités ADEME. 48 p.

Cahuc P., (1998), *La nouvelle microéconomie.* Paris: La Découverte. Coll. Repères.

Callonnec G., Reynès F. et Tamsamani Y. Y., (2011), Une évaluation macroéconomique et sectorielle de la fiscalité carbone en France. *Revue de l'OFCE / Débats et politiques* (120), 32 p.

Carassus J., (2010), *Etude exploratoire sur l'efficacité énergétique des copropriétés à chauffage collectif.* Club de l'Amélioration de l'Habitat. 40 p.

Carassus J., (2007), Trois modèles de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments : une comparaison internationale. *Les Annales de la recherche urbaine* (103), 86-94.

Carson R., Hanemann W., Kropp R., Krosnick J., Mitchell R., Presser S., Baud A., Smith V.K., Conaway M. et Martin K., (1997), Temporal Reliability of Estimates from Contingent Valuation. *Land Economics, 73* (2), 151-163.

Catarina O. et Illouz S., (2008), *Services d'efficacité énergétiue avec garantie de performance.* Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Laboratoire Service Process et Innovation. Paris: CSTB, Rapport Final. Convention n°0507C0057, Appel à Projet PREBAT, Cofinancement ADEME. 109 p.

Cavailhès J., (2005), Le prix des attributs du logement. *Economie et Satistique* (381-382), 91-123.

Cayla J.-M., Maizi N. et Marchand C., (2011), The role of income in energy consumption behaviour: Evidence from French households data. *Energy Policy, 39* (12), 7874-7883.

Centre d'Analyse Stratégique, (2009), *La valeur tutélaire du carbone.* Rapport de la commission présidée par Alain Quinet, Conseil d'Analyse Stratégique, La Documentation française, Paris. 421 p.

CGDD., (2009), *Compte du logement : résultats provisoires 2007 et premières estimations 2008.* Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, SOeS, Commissariat Général au Développement Durable. Paris : Références, MEDDTL. 110 p.

Chabaud D., Parthenay C. et Perez Y., (2005). "Évolution de l'analyse northienne des institutions". La prise en compte des idéologies, *Revue économique, 56* (3), 691-703.

Chappells H. et Shove E., (2005), Debating the future of comfort: Environmental sustainability, energy consumption and the indoor environment. *Building research & Information, 33* (1), 32-40.

Cherel D. et Videau S., (2010), *2002-2010, OPATB : Retour d'expériences et pistes pour l'avenir.* Valbonne: ADEME. 40 p.

Chotard D., Million M., Berthon C., Laurenceau S. et Giraudet L-G., (2011), *Analyse préliminaire de la valeur verte pour les logements.* ADEME. Paris: ADEME, Rapport Final. 93 p.

CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) (2010), Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto.

Clerc M. et Marcus V., (2009), Elasticité-prix des consommations énergétiques des ménages. *Document de travail,* INSEE, Direction des Etudes et Synthèses Economiques.

Clerc M-E. et Mauroux A., (2010), Le recours au crédit d'impôt en faveur du développement durable : une résidence principale sur sept rénovée entre 2005 et 2008. *INSEE Première n°1316,* 4 p.

Clinch J. P. et Healy J. D., (2001), Domestic energy efficiency in Ireland: Correcting market failure. *Energy Policy, 29* (2), 113-124.

Clinch J. P. et Healy J. D., (2003), Valuing improvements in comfort from domestic energy-efficiency retrofits using a trade-off simulation model. *Energy Economics, 25* (5), 565-583.

Clodic S., (2009), *Inciter à améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment à l'aide de la finance carbone. Etat des lieux, barrières et perspectives post-Kyoto.* Thèse professionnelle du Mastère Spécialisé en Ingénierie et Gestion de l'Environnement, Institut Supérieur d'Ingénierie et Gestion de l'Environnement - Mines ParisTech : Mission professionnelle réalisée sous la direction de M. Florent Le Strat (EDF R&D) et M. Clément Chenost (ONF International).

Coase R. H., (1960), The problem of social cost. *Journal of Law and Economics, 3,* 1-44.

Coase R. H., (1937), The nature of the firm. *Economica,* 386-405.

Cochran Y., (2010), A Use-based Analysis of Local-Scale GHG Inventories, *CDC Climat research Working paper* n° 2010-7., 37p.

Cohen de Lara M. et Dron D., (1997), *Evaluation économique et environnement dans les décisions publiques.* Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Cellule de prospective et stratégie. La Documentation française. 416 p.

Cohen W., et Levinthal D., (1989), Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. *Economic Journal,* (99), 569-596.

Colin F. et Loewenstein G., (2004), Behavioral Economics: Past, Present, Future. In C. Colin F, *Advances in Behavioral economics* (pp. 3-51). Princeton University Press.

Combet E, Ghersi F. et Hourcade J-C., (2009), Taxe carbone, une mesure socialement régressive ? Vrais problèmes et faux débats. *CIRED, Document de travail*, 25 p.

Conlisk J., (1996), Why Bounded Rationality? *Journal of Economic Literature, 34*, 669-700.

Cooper G., (1982), Comfort theory and practice: Barriers to the conservation of energy building occupants. *Applied Energy, 11*, 243-288.

COSEI, (2011), *Soutenir la compétitivité de la filière française du bâtiment à faible impact environnemental.* Comité Stratégique des Eco-Industries, groupe de travail "bâtiment à faible impact environnemental". 62 p.

Costa D. et Kahn M., (2010), Energy Conservation "Nudges" and Environmentalist Ideology: Evidence from a Randomized Residential Electricity Field Experiment. *NBER Working Paper 15939*.

Costanzo M., Archer D., Aronson E. et Pettigrew T. (1986), Energy Conservation Behavior: The Difficult Path from Information to Action. *American Psychologist, 41* (5), 521-528.

Craig C. S. et McCann J. M., (1978), Assessing Communication Effects on Energy Conservation. *Journal of Consumer Research, 5* (2), 82-88.

Criqui P., (2009), La Contribution Climat Energie : enfin un prix pour le carbone ! *Economies et Sociétés.* Série Economie de l'énergie (10), 1681-1688.

Criqui P. et Bureau D., (2009), Ecotaxes et quotas d'émissions échangeables CO_2. *Conseil économique pour le développement durable, n°6,* 4 p.

Criqui P., Faraco B. et Grandjean A., (2009), *Les Etats et le carbone.* Paris : Presses Universitaires de France. 192 p.

Criqui P., Menanteau P. et Avner P., (2009), Quels outils pour éclairer les décisions des collectivités locales dans le domaine du climat ? Dans J. Carassus et B. Duplessis, *Economie et développement urbain durable* (pp. 19-39). Presses des Mines ParisTech.

Criqui P., Mima S. et Viguier L., (1999), Marginal abatement costs of CO_2 emission reductions, geographical flexibility and concrete ceilings: an assessment using the POLES model. *Energy Policy 27* (10), 585-601.

Dahl C., (1993), *A Survey of Energy Demand Elasticities in Support of the Development of the NEMS.* Colorado School of Mines; United States Department of Energy.

Dahlman C. J., (1979), The Problem of Externality. *The Journal of Law and Economics, 22* (1), 141-162.

Dales J. (1968), *Pollution, Property and Prices.* Toronto: University Press. 117 p.

Daniel J., Meglia D., Ren X., Porral G. (2007) « Préparation d'une campagne isolation 2007 », projet réalisé dans le cadre du Master 2 « Maîtrise d'Ouvrage et Management du patrimoine bâti » (Université Joseph Fournier, Université Pierre-Mendès France, école d'architecture de Grenoble), en collaboration avec l'Agence d'Urbanisme de Grenoble (AURG) et l'Agence Locale de l'Energie de Grenoble (ALE). 67 p.

Darby S., (2006), Social learning and public policy: Lessons from an energy-conscious village. *Energy Policy, 55(2),* 2929-2940.

Dard, P. (1986). *Quand l'énergie se domestique … Observatoire sur dix ans d'expériences et d'innovations thermique dans l'habitat*. Plan Construction. 175p.

Debizet G., (2011), La rénovation énergétique des bâtiments en France entre marché, actions territoriales et dispositions nationales. Retour d'expérience des OPATB de l'agglomération grenobloise. *Développement durable et territoires.* En ligne : http://developpementdurable.revues.org/8856 [Consulté le 27 juin 2011], *2* (1).

De Canio S., (2009), The political economy of global carbon emissions reductions. *Ecological Economics, 68* (3), 915-924.

Defigier A., Dereu E., Martinoni S., Vidal T., Savtchenko N. et Ducout S., (2009), *Analyse des politiques de rénovation énergétique du parc de bâtiments existants dans trois pays européens : Allemagne, Suède et Espagne. Enseignements titrés pour la France.* Paris: Rapport de Mastère d'action publique, école des Ponts ParisTech, sous la direction de Jean Carassus. 140 p.

De la Rue du Can, S. et Price L., (2008), Sectoral trends in global energy use and greenhouse gas emissions. *Energy Policy, 36* (4), 1386-1403.

Dennis K., (2006), The compatibility of economic theory and proactive energy efficiency policy. *The Electricity Journal, 19* (7), 58-73.

De Perthuis C. Buba J., Million A., Scapecchi P. et Tessier O., (2011), *Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone.* Paris: La Documentation française. 331 p.

De Quero A. et Lapostolet B., (2009), *Rapport Final du Groupe de travail Précarité Energétique.* Plan Bâtiment Grenelle. 52 p.

Desjardin X., Llorente M., (2009), « *Revue de la littérature scientifique sur le lien entre les formes d'organisation territoriale, les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre : quelle contribution de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire à l'atténuation du changement climatique ?* » Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, Plan Urbanisme Construction et Architecture. Décision attributive de subvention du 23 juin 2008 numéro M 08-02.

Desaigues B. et Point P., (1993), *Economie du patrimoine naturel : la valorisation des bénéfices de protection de l'environnement.* Paris: Economica.

Desruelles V., (2010). *La filière du bâtiment face aux enjeux environnementaux.* XERFI. Paris: XERFI Research. 195 p.

Devalière I. (2009), De l'inconfort thermique à la précarité énergétique, profils et pratiques des ménages pauvres. *Informations sociales n°155*. 90-98

Devalière I., Briant P. et Arnaud S., (2011), La précarité énergétique : avoir froid ou dépenser trop pour se chauffer. *INSEE Première n°1351*. INSEE, Division logement. 4 p.

DGEC, (2009), *Rapport sur le fonctionnement du dispositif des certificats d'économies d'énergie.* Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, Direction Générale de l'Energie et du Climat. 12 p.

Dhar R. et Nowlis M., (1999), The Effect of Time Pressure on Consumer Choice deferral. *Journal of Consumer Research 25* (4), 369-384.

Dhont B. et Dauchez J., (2009), Les 17 axes de travail du « CHANTIER Copropriété » du Grenelle Bâtiment. *Note pour le Plan Bâtiment Grenelle*, 17 p.

Dhont B., Allix J., Dhont R., Dobro C., Daniel M., Martineau A., et Saffrey S., (2008), *Copropriété : le temps des économies d'énergie et du développement durable.* Paris: ARC/Vuibert. 349 p.

Drouet D., (2009), *L'émergence des "Contrats de Performance Energétique" sur le marché français : Quelles conditions pour une contribution accrue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à l'efficience énergétique des bâtiments ?* Paris : Marché N°0700467 PREBAT - Comité Socio - Economie, Rapport Final. 127 p.

Dujin A. et Maresca B., (2010), La température du logement ne dépend pas de la sensibilité écologique. *CREDOC Consommation et modes de vie* (227), 4 p.

Ehrgott M. et Gandibleux X., (2002), Introduction. Dans M. E. Gandibleux, *Multiple criteria optimization: State of the art annotated bibliographic surveys.* Series: International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 52. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Elias P., (2004), *Le respect du règlement de construction en habitat neuf.* Paris : CSTB, Laboratoire Economie et Statistique. 11 p.

Enerdata, (2010), *Scénarios de rénovation énergétique du parc existant.* Contrat de recherche partenariale CSTB-Enerdata-LEPII.

European Environment Agency, (2011a), *Environmental tax reform in Europe: Implications for income distribution.* Copenhagen: EEA Technical report n°16. 66 p.

European Environment Agency, (2011b), *Environmental tax reform in Europe: Opportunities for eco-innovation.* Copenhagen: EEA Tecnical report n°17. 46 p.

European Commission, (2003), *ExterneE: Externalities of Energy*. Figures of the National Implementation phase. En ligne : http://www.externe.info/externe_2006/ [consulté le 27/09/12].

Eyre N., Pavan M. et Bodineau L., (2009), Energy company obligations to save energy in Italy, the UK and France: What have we learnt? *Proceedings of the ECEEE summer study*, pp. 429-439.

Faucheux C., (1957), La dynamique de groupe. *L'année psychologique, 57* (2), 425-440.

Faucheux S. et Joumni H., (2005), *Economie et politique des changements climatiques.* Paris : La Découverte. Coll. Repères.

Faucheux S. et Noël J.-F., (1995), *Economie des ressources naturelles et de l'environnement.* Paris : Armand Colin.

Fedene (Fédération des services énergie environnement), (2011), *Mesure et Vérification de la performance énergétique.* IPMVP (International Performance Mesurement and Verification Protocol), Mememto. 12 p.

Fery A. et Lahrech, R., (2010), *Base de connaissances bâtiments existants. Recensement de bâtiments types ou types de bâtiments issus d'études réalisées au CSTB.* CSTB, ESE. Champs sur marne : CSTB, Diffusion restreinte. 41 p.

Ferrari S. et Mery J., (2007), Equité intergénérationnelle et préoccupations environnementales. Réflexions autour de l'actualisation. *Cahier du GRETHA*.

Fischer C., (2008), Emissions pricing, spillovers, and public investment in environmentally friendly technnologies. *Energy Economics, 30* (2), 487-502.

Fisher C. et Newell R. G., (2008), Environmental and technology policy for climate change. *Journal of Environmental Economics and Management, 27*, 142-162.

Floro M., (2003), *Guide de l'analyse coûts-avantages des projets d'investissements.* Préparé pour l'Unité chargée de l'évaluation, DG Politique régionale. Commission européenne, 152 p.

Freedman J. et Fraser S., (1966), Compliance without pressure : the foot-in-the-door technique. *Journal of Personality and Social Psychology* (4), 195-202.

Frederick S., Loewenstein G. et O'Donoghue T., (2002), Time discounting and time preference: A critical review. *Journal of Economic Litterature, XL*, 351-401.

Freire-Gonzalez J., (2011). Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households. *Ecological Modelling, 223* (1), 32-40.

Frey B. S., Benz M. et Stutzer A., (2004), Introducing Procedural Utility: Not Only What but also How Matters. *Journal of Institutional and Theoretical Economics* (160), 377-401.

Frondel M., Peters J. et Vance C., (2007), Identifying the Rebound – Evidence from a German Household Panel. *Rhur Economic Paper* (32), 30 p.

Galvin R., (2009), Thermal upgrades of existing homes in Germany: The building code, subsidies, and economic efficiency. *Energy and Buildings, 42* (6), 834-844.

Gayral, L. (2005). *Gestion de l'énergie au sein du patrimoine bâti des collectivités territoriales européennes dans le cadre de la libéralisation des marchés : étude économique des mécanismes financiers favorisant l'investissement dans l'efficacité énergétique.* Thèse de Doctorat en sciences économiques, sous la direction de Jean-Marie Chevalier, Université Paris-Dauphine. Tome 1, 461 p.

Geller H. et Attali S., (2005), *The Experience with Energy Efficiency Policies and Programmes in IEA Countries: Learning from the Critics.* IEA Information Paper. Paris: OECD/IEA. 43 p.

Geoffron P. et Monjon S., (2012), Les scénarios énergétiques pour la France en 2050. *Cahiers Français, n°366,* 61-65.

Georgescu-Roegen N., (1954), Choice, expectations and measurability. *Quaterly Journal of Economics* (48), 503-534.

Ghertman M., (2003), Oliver Williamson et la théorie des coûts de transaction. *Revue française de gestion* (142), 43-63.

Gillingham K., Newell R. G. et Palmer K., (2006), Energy Efficiency Policies: A Retrospective Examination. *Annual Review of Environment and Resources, 31,* 161-192.

Gillingham K., Newell R. G., et Palmer K. (2009), Energy Efficiency Economics and Policy. *Discussion Paper, Ressources for the Future,* 1-36.

Gintis H., (2000), Beyond homo economicus: Evidence from experimental economics. *Ecological Economics, 35* (3), 311-322.

Giraudet L-G., (2011), *Les instruments économiques de maîtrise de l'énergie : une évaluation multidimensionnelle*. Thèse de Doctorat en économie, soutenue le 28 mars 2011. Sous la direction de Dominique Finon et Philippe Quirion, Ecole des Ponts ParisTech, Université Paris-Est, école doctorale "Ville, Transports et Territoires". 283 p.

Giraudet L-G., Guivarch C., Quirion P. et Penot-Antoniou L., (2011), *Evaluation des mesures du Grenelle de l'Environnement sur le parc de logements.* Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), Service de l'Economie, de l'Evaluation et de l'Intégration du Développement Durable. Paris : Etudes & documents n°58. 75 p.

Godard O., (2004), Autour des conflits à dimensions environnementale. Evaluation économique et coordination dans un monde complexe. *Cahiers d'économie politique* (147), 127-153.

Godard O., (2006), Pour une éthique de la modélisation économique en situation d'expertise. Le cas de la modélisation de l'avenir énergétique à moyen et long terme. *Cahier n°2006-3,* 24 p.

Godard O., (2007), Climat et générations futures – Un examen critique du débat académique suscité par le rapport Stern. *Cahier du Laboratoire d'Econométrie de l'Ecole Polytechnique* (13).

Golubchikov O. et Deda P., (2011), Governance, technology, and equity: An integrated policy framework for energy efficient housing. *Energy Policy, (In Press, Corrected Proof). [Consulté le 28 novembre 2011]*.

Gold R., Nadel S., Laitner J. A. et DeLaski A., (2011), *Appliance and Equipment Efficiency Standards: A Moneymaker and Job Creator*. Research Report ACEEE.

Golove W., et Eto J. H. (1996), *Market Barriers to Energy Efficiency: A Critical Reappraisal of the Rationale for Public Policies to Promote Energy Efficiency*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, LBL-38059, UC-1322.

Gomi K., Shimada K. et Matsuoka Y., (2010), A low-carbon scenario creation method for a local-scale economy and its application in Kyoto city. *Energy Policy, 38* (9), 4783-4796.

Goulder L. H., Parry I. W., Williams R. C. et Burtraw D., (1999), The cost effectiveness of alternative instruments for environmental protection in a second best setting. *Journal of Public Economics, 72* (3), 329-360.

Goux J.-F, (1996), Une explication monétaire non monétariste : la théorie post-keynésienne. *Revue française d'économie, 11* (11-3), 69-94.

Greening L. A., Green D. L. et Difiglio C., (2000), Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey. *Energy Policy, 28* (6-7), 389-401.

Grösche P., Schmidt C. M. et Vance C., (2009), Identifying free-riding in energy-conservation programs using revealed preference data. *Ruhr Economic Paper* (99), 20 p.

Grossman S. et Hart O., (1986), The costs and benefits of ownership: A theory of vertical integration. *Journal of Political Economy*, 691-719.

Grubb M., (1990), Energy efficiency and economic fallacies. *Energy Policy, 18* (8), 783-785.

Hanemann W., (1991), Willingness to Pay and Willingness to Accept: How Much Can they Differ? *American Economic Review, 81* (3), 635-647.

Hassett K. A. et Metcalf G. E. (1993), Energy conservation investment: Do consumers discount the future correctly? *Energy Policy, 21* (6), 710-716.

Hassett K.A. et Metcalf G.E., (1995), Energy tax credits and residential conservation investment: Evidence from panel data. *Journal of Public Economics, 57* (2), 201-217.

Harvey C. M., (1994), The reasonableness of non-constant discounting. *Journal of Public Economics, 53* (1), 31-51.

Harvey D. (2006), *A Handbook on Low-Energy Buildings and District Energy Systems: Fundamentals, Techniques, and Examples.* London: Earthscan Publications.

Hardelin J. et Marical F., (2011), Taux d'actualisation et politiques environnementales : un point sur le débat. *Etudes et documents n°42*, 14 p.

Hardin G. (1968), The tragedy of the commons. *Science* (162), 1243-1248.

Hausman J. A., (1979), Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables. *The Bell Journal of Economics, 10* (1), 33-54.

Health C. et Soll J., (1996), Mental budgeting and consumer decisions. *Journal of consumer Research, 23*, 40-52.

Henning A., (2005), Climate change and energy use: The role for anthropological research. *Anthropology Today, 21* (3), 8-12.

Henry C., (1974), Option values in the economics of irreplaceable assets. *The Review of Economic Studies, 41*, 89-104.

Herring H., (1999), Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences. *Applied Energy, 63* (3), 209-226.

Hinchliffe S., (1995), Missing culture: Energy efficiency and lost causes. *Energy Policy, 23* (1), 93-95.

Hjorth K., et Fosgerau M., (2011), Loss Aversion and Individual Characteristics. *Environmental and Resource Economics, 49* (4), 573-596.

Hourcade J-C. et Kostopoulos M., (1994), Quelles politiques face aux chocs énergétiques. France, Italie, Japon, RFA : quatre modes de résorption des déséquilibres. *Futuribles, 189*, 7-27.

Hourcade J-C., Jaccard M., Bataille C. et Ghersi F., (2006), Hybrid Modeling: new Answers to old Challenges. *The Energy Journal* (Special issue 2: Hybrid Modeling of Energy Environment Policies), 1-12.

Howarth R. B. et Andersson B., (1993), Market Barriers to Energy Efficiency. *Energy Economics, 15* (4), 262-272.

IAU Ile de France, (2010), *L'amélioration énergétique du parc résidentiel francilien : les enjeux socio-économiques.* Paris : Comité Socio-économique du PREBAT, PUCA-MEEDDM.

IEA, (International Energy Agency) (2007), *Mind the Gap: Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency.* IAE Paris. 219 p.

IEA, (2009), *World Energy Outlook.* Paris: International Energy Agency. 696 p.

IEA, (2010a), *Energy Efficiency Governance.* Paris: OCDE/IEA. 223 p.

IEA, (2010b). *Energy Performance Certification of Buildings A policy tool to improve energy efficiency.* Paris: OCDE/IEA.

INSEE (2008). *Résultats du recensement de la population 2008, EPCI à fiscalité propre : CA Grenoble Alpes Métropole - 243800901*. INSEE:

http://www.recensement.insee.fr/tableauxDetailles.action?zoneSearchField=GRENOBLE&codeZone=243800901-GFP&idTheme=17&idTableauDetaille=28&niveauDetail=1

IPCC (2007), *Climate Change. Fourth Assessment Report of the IPCC.* Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Jaccard M., Nyober J., Bataille C. et Sadownik B., (2003), Modeling the cost of climate policy : distinguishing between alternative cost definitions and long-run costs dynamics. *Energy Journal* (24), 49-73.

Jaffe A. B. et Stavins R. N. (1994), The energy paradox and the diffusion of conservation technology. *Resource and Energy Economics, 16* (2), 91-122.

Jaffe A. B., Newell R. G. et Stavins R. N., (2004), Economics of energy efficiency. In C. Cleveland (Ed.), *Encyclopedia of Energy* (Vol. 2, pp. 79-90). San Diego and Oxford, UK: Elseiver.

Jakob M., (2006), Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments: The case of the Swiss residential sector. *Energy Policy, 34* (2), 172-187.

Jensen M. et Meckling W., (1986), Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs, and Capital Structure. *Journal of Financial Economics, 3*, 305-360.

Jessoe K. et Rapson D., (2012), Knowledge is (Less) Power: Experimental Evidence from Residential Energy Use. UC Center for Energy and Environmental Economics *Working Paper Series, E3 WP-046*, pp. 1-45, August.

Jevons S., (1985), *The coal question – can Britain survive?* London: Macmillan.

Johnson F. et Bowie R., (1994), Transactions Costs, Energy Efficiency and Institutional Design. *17th Annual International Energy Conference: Conference Proceedings.* Cleveand OH: International Association for Energy Economics.

Joskow P. L. et Tirole J., (2007), Reliability and competitive electricity markets. *RAND Journal of Economics, 38* (1), 60-84.

Joule R-V., (2000), Pour une communication organisationnelle engageante. Vers un nouveau paradigme. *Science de la Société* (50/51), 279-295.

Joule R.-V. et Beauvois J.-L., (2002). *Petit traité de manipulation à l'usage des honnêtes gens.* Grenoble : Presse Universitaire de Grenoble. 286 p.

Kahneman D. et Tversky A., (1979), Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. *Econometrica, 47*, 263-292.

Keller F., (2009), *Rapport d'information fait au nom de la commission des finances par le groupe de travail sur la fiscalité environnementale, sur l'instauration d'une contribution "climat-énergie", le fonctionnement et la régulation des marchés de quotas de CO_2.* Sénat, Commission des finances. Paris: La Documentation française. 98 p.

Kempton W. et Layne L., (1994), The Consumer's Energy Analysis Environment. *Energy Policy, 22* (10), 857-866.

Kempton W. et Montgomery L., (1982), Folk quantification of energy. *Energy, 7* (10), 817-827.

Khazzoom J. D., (1989), Energy Savings from More Efficient Appliances: A Rejoinder. *The Energy Journal, 10* (1), 157-166.

Kjaerbye V. H., (2008), Does energy labelling on residential housing cause energy savings? *ECEEE 2009 Summer study* (pp. 527-537).

Knight R. L., Lutzenhiser L. et Lutzenhiser S., (2006), Why comprehensive residential energy efficiency retrofits are undervalued. *ACEEE Summer Study, Session 7,* 10 p. Asimolar, CA.

Knudson W. A., (2009), The Environment, Energy, and the Tinbergen Rule. *Bulletin of Science Technology Society, 29* (4), 308-312.

Lagandré E., (2007), L'amélioration énergétique des logements existants. *Les annales de la recherche urbaine* (103), 95-99.

Lahrech R., (2009), *Base de connaissance des bâtiments existants : cartographie du parc.* Champs-sur-Marne : Centre Scientifique du Bâtiment (CSTB). 73 p.

Lancaster K. (1966), A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy, 84*, 132-157.

Langniss O. et Praetorius B., (2006), How much market do market-based instruments create? An analysis for the case of "white" certificates. *Energy Policy, 34* (2), 200-211.

Laurenceau S., Catarina O. et Colombard-Prout M., (2011), *Surinestissement et effets d'apprentissage pour les bâtiments à très faible consommation énergétique. Rapport final, Tome 1 : une démarche d'évaluation des potentialités de réduction des surinvestissements par les effets d'apprentissage : l'exemple des bâtiments à basse consommation.* Paris : CSTB, DESH, Laboratoire Service Process et Innovation.

Laurent E., (2011), Pour une justice environnementale européenne : le cas de la précarité énergétique. *Revue de l'OFCE / Débats et Politiques* (120), 22 p.

Laurent M.-H., Osso D., Mandrou P. et Bouia H., (2006), Scénarios de rénovation du parc résidentiel à 2030 en France dans un contexte « MDE ». *IBPSA 2006 conference (International Building Perform- ance Simulation Association)*, (8p.). Saint-Denis, La Réunion.

Lavoie M., (2004a), Post Keynesian consumer theory: Potential synergies with consumer research and economic psychology. *Journal of Economic Psychology , 25* (5), 639-649.

Lavoie M., (2004b), *L'économie postkeynésienne.* La Découverte. Coll. Repères.

Lazear E., (2000), Performance Pay and productivity. *American Economic Review, 90*, 1346-1361.

Lebègue D., (2005), *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*. Rapport du groupe d'expert présidé par Daniel Lebègue, Commissariat Général au Plan.

Le Borgne P., (2010), Le contrat de performance énergétique en copropriété. *Planète copropriété*. Paris : Acte du colloque. 5 p.

Lecocq F. et Hourcade J-C., (2004), Le taux d'actualisation contre le principe de précaution ? Leçons à partir du cas des politiques climatiques. *L'actualité économique, Revue d'Analyse Economique, 80* (1), 41-65.

Lévêque F., (2004), *Economie de la réglementation.* Paris : La découverte. Coll. Repères.

Levine M., Ürge-Vorsatz D., Blok K., Geng L., Harvey D., Lang S., Levermore G., Mongameli Mehlwana A., Mirasgedis S., Novikova A., Rilling J., Yoshino H., (2007). Residential and commercial buildings. Dans B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer, *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of working group III to the fourth Assessment Report of the Intergouvernemental Panel on Climate Change* (pp. 387-447). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Levine M., Hirst E., Koomey J. G., McMahon J. E. et Sanstad, A. H. (1995), Energy Efficiency Policy and Market Failures. *Annual Review of Energy and the Environment* (10), 535-555.

LEPII-EPE, Enerdata. (2005). *Etude pour une prospective énergétique concernant la France : rapport pour le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.* Grenoble. 89 p.

Lijesen M. G., (2007), The real-time price elasticity of electricity. *Energy Economics, 29* (2), 249-258.

Linares P. et Labandeira X., (2010), Energy Efficiency: Economics and Policy. *Journal of Economic Survey, 24* (3), 573-592.

Loewenstein G. et Prelec D., (1992), Anomalies in intertemporal choice: Evidence and an interpretation. *The Quaterly Journal of Economics* (107), 573-597.

Løken E., (2007), Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11*, 1584–1595.

Lutzenhiser L., (2002), Marketing household energy conservation: the message and the reality. In T. Dietz et P. Stern, *New Tools for Environmental Protection: Education, Information, and Voluntary Measures* (pp. 49-75). Washington DC: National Acadmies Press.

Lutzenhiser L. et Lutzenhiser S., (2006), Looking at lifestyle: the impacts of american way of life on energy/resource demands and pollutions patterns. *ACEEE Summer Study Energy Efficiency Building.* Asilomar.

Madlener R. et Alcott B., (2009), Energy rebound and economic growth: A review of the main issues and research needs. *Energy, 34* (3), 370-376.

Maiza M. et Traisnel J.-P., (2006), Prospective à l'horizon 2030 et 2050 des consommations d'énergie dans le secteur résidentiel français. *Colloque organisé par LTMU/UTC et CSTB, 18-19 mai 2006* (11p.). Champs sur Marne.

Malm E., (1996), An actions-based estimate of the free rider fraction in electric utility DSM programs. *Energy Journal, 17* (3), 41-48.

Mancebo F., (2003), Interterritorialités et nouvelles territorialités : quand l'enfer est pavé de bonnes intentions. *Recompositions Territoriales et TIC. Actes du colloque.* Caisse des Dépôts et Consignations, CEN@, Castres.

Marchal J. (2008), *Modélisation des performances du parc de logements.* Agence Nationale de l'Habitat (ANAH). 26 p.

Marchand D. et Weiss K., (2009), Représentations sociales du confort dans le train : vers une conceptualisation de la notion de confort social. *CIPS n°84*, 107-124.

Maresca B., Dujin A. et Picard R., (2009), La consommation d'énergie dans l'habitat : entre recherche de confort et impératif écologique. *Cahier de Recherche n°264*, Département « Evaluation des Politiques Publiques ».

Marlier Y., Le dû S. et Bertron J., (2011), *Comparaison économique des systèmes de production de chaleur centralisée/décentralisée.* CETE de l'Ouest et CETE Nord Picardie. Ministère d l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.

Maruejols L., et Young D., (2011), Split incentives and energy efficiency in Canadian multi-family dwellings. *Energy Policy, 39*, 3655-3668.

Mathy S., Bibas R. et Fink M., (2010), *Scénarios de reduction d'émissions de gaz à effet de serre pour la France.* CIRED - Action Réseau Climat France. Low Carbon Societies Network. 124 p.

Mazzota M. et Opulach J., (1995), Decision making when choices are complex: A test of Heiner's hypothesis. *Land Economics, 71*, 500-515.

McFadden D., (1999), Rationality for Economists? *Journal of Risk and Uncertainty, 19*, 73-105.

McKinsey & Company, (2008), *Sustainable Urban Infrastructure, London edition – a view to 2025.* London: A research sponsored by Siemens. 72 p.

McKinsey & Company. (2009), *Pathways to a Low-Carbon Economy. Version 2 of the Greenhouse Gas Abatement Cost Curve.* McKinsey. 189 p.

McMakin A. H., Malone E. L. et Lundgren R. E., (2002), Motivating residents to conserve energy without financial incentives. *Environment and Behavior Journal* (34), 848-856.

McNamara S. et Grubb M., (2010), *The Psychological Underpinning of the Consummer Role in Energy Demand and Carbon Abatement.* Cambridge: EPRG Working Paper 1110 - Cambridge Working Paper in Economics 1126. 33 p.

Menanteau P., (2003), Can negotiated agreements replace efficiency standards as an instrument for transforming the electrical appliance market? *Energy Policy*, *31* (9), 827-835.

Menanteau P. et Magnin G., (1995), Ville et énergie : faut-il redéfinir la place des collectivités locales dans les politiques énergétiques ? *Revue de l'Energie* (473), 806-813.

Merceron S. et Theulière M., (2010), Les dépenses d'énergie des ménages depuis 20 ans : une part en moyenne stable dans le budget, des inégalités accrues. *INSEE Première* (1315), 5 p.

Meunier, L. et Tessier, O. (2008). Scénarios de forte réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les transports et les bâtiments à l'horizon 2050. *Note de synthèse de SESP*, 5-15.

MIES (Mission Interministérielle de l'effet de serre), (2007), Plans Climat Territoriaux : des territoires en action. 1er recueil d'expérience. 68p.

Mills E., Kromer S., Weiss G. et Mathew, P. A., (2006), From volatility to value: Analysing and managing financial and performance risk in energy savings projects. *Energy Policy, 34* (11), 188-199.

Mongin P., (2001), Le positif et le normatif en économie. Dans C. Jessua, C. Labrousse, D. Vitry et D. Gaumont, *Dictionnaire des sciences économiques.* Presse Universitaire de France. pp 701-708.

Mongin P., (2006), Normes et jugements de valeur en économie normative. *Les Chahiers de la Recherche, HEC*, 1-32.

Mortier E., (2006). *Amélioration énergétique des bâtiments existants : les bonnes solutions.* (Broché, Éd.) FFB.

Mouillart M., (2009), *L'enquête sur les charges de copropriété en 2008. L'observatoire National des charges de copropriétés.* UNIS (Union des Syndicats de l'Immobilier. Disponible en ligne http://www.unis-immo.fr/zi/ftpagences/unis/pdf/UNIS-Charges-copropriete2008.pdf

Mullainathan S. et Thaler R., (2000), Behavioral Economics. *Massachusetts Institute of Technology, Working Paper 00-27*, 14 p.

Munda G., (2006), Social multi-criteria evaluation for urban sustainability policies. *Land Use Policy, 23* (1), 86-94.

Mundaca L., (2007), Transaction costs of tradable white certificate schemes: The energy efficiency commitment as case study. *Energy Policy, 35* (8), 4340-4354.

Murtishaw S. et Sathaye J., (2006), *Quantifying the Effect of the Principal-Agent Problem on US Residential Use.* Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-59773, Berkeley CA.

Nadeau R., (1993), Milton Friedman et son discours de la méthode. Dans M. Lavoie et M. Seccareccia, *Milton Friedman et son oeuvre* (pp. 131-150). Montréal: Presses de l'Université de Montréal.

Newell R. G., Jaffe A. B. et Stavins, R. N., (1999), The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics, 114* (3), 941-975.

Nicholas L. et Sperling D., (2008), America's bottom-up climate change mitigation policy. *Energy Policy, 36* (2), 673-685.

Nicolaï J-P., (2010), Actualisons, il en restera toujours quelques choses … . *La lettre d'OTC Conseil, Point de vue*, 2-7.

Nordhaus W., (2007), A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature, 45* (3), 686-702.

Nordhaus W., (2008), *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies.* New Haven et London: Yale University Press.

North D., (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance.* Cambridge: Cambridge University Press.

Novethic, (2010), *Baromètre 2010 du reporting sur l'éco-performance des bâtiments.* Novethic (Groupe Caisse des Dépôts) en partenariat avec l'ADEME. 16 p.

Novikova A., (2010), Methodologies for Assessment of Building's Energy Efficiency and Conservation: A Policy-Maker View. *Discussion Papers* (1086), 60 p.

OECD, (2003), *Environmentally Sustainable Buildings: Challenges and Policies.* Paris: OECD Publishing. 193 p.

OECD, (2007), The Political Economy of Environmentally-Related Taxes,. *Policy Brief*, 1-8.

O'Donoghue T. et Rabin M., (1999), Doing it now or later. *American Economic Review, 89*, 103-124.

Oikomonou V., Becchis F., Steg L. et Russolillo D., (2009), Energy saving and energy efficiency concepts for policy making. *Energy Policy, 37* (11), 4787-4796.

OPEN, (2007), *Observatoire permanent de l'amélioration énergétique du logement, Campagne 2007.* Etude réalisée pour le compte de l'ADEME, Synthèse BIIS, CAH et ADEME.

OPEN, (2009), *OPEN, Observatoire permanent de l'amélioration énergétique du logement. Campagne 2009.* Marché N°0604C0043, étude réalisée pour le compte de l'ADEME, Décembre 2009, Aliti F., Lagandre E., Moricard C., et Trotignon, R. Rapport Final BIIS

(Business Information Intelligence Services), Club de l'Amélioration de l'Habitat, ADEME.

Oseland N. A, (1995), Predicted and reported thermal sensation in climate chambers, offices and homes. *Energy and Building, 23*, 105-115.

Orselli J., (2008), *Economie et substitution d'énergie dans les bâtiments.* à destination du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, Conseil général des ponts et chaussées. 174 p.

Ortega O., (2011), *Les contrats de performance énergétique.* Rapport à Mme Nathalie Kosciusko-Morizet, Ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement. 126 p.

Ouillier O. et Sauneron S., (2011), « Nudges verts » : de nouvelles incitations pour les comportements écologiques. *Centre d'Analyse Stratégique, la note d'analyse, n°216*, 10 p.

Parthenay C., (2005), Herbert Simon : rationalité limitée, théorie des organisations et sciences de l'artificiel. *Working Paper 2005-07*, 28 p.

Pearce D., Atkinston G. et Mourato S., (2006), *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments.* OECD Publishing.

Pelletier P., (2011), *Pour une meilleure efficacité des aides à la performance énergétique des logements privés.* Plan Bâtiment Grenelle. 74 p.

Pelletier P., (2008), *Rapport du Comité Opérationnel "Rénovation des Bâtiments Existants".* Rapport au ministre d'Etat, ministre de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, 247 p.

Peltzman S. et Tideman T. N., (1972), Local versus National Pollution Control: Note. *The American Economic Review, 62* (5), 959-963.

Perebois J. et Mandil, C., (2012), *Energie 2050*, Rapport pour le Ministère de l'énergie, de l'industrie et de l'économie numérique, La Documentation française, Paris. 532 p.

Perez-Lombard L., Ortiz J., Gonzalez R. et Maestre I. R., (2009), A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Building, 41*, 272-278.

Perrels A., (2008), Market imperfection and economic efficiency of white certificate systems. *Energy Efficiency, 1* (4), 349-371.

Peters J. S. et McRae M., (2008), Free-Ridership Measurement Is Out of Sync with Program Logic…or, We've Got the Structure Built, but What's Its Foundation? *Proceedings of the 2008 ACEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, (pp. 219-234). Washington DC.

Petrick S., Redhanz K. et Tol R., (2010), The Impact of Temperature Changes on Residential Energy Consumption. *Kiel Working Papers*, 33p.

Philibert C., (1999), The economics of climate change and the theory of discounting. *Energy Policy, 27*, 913-927.

Pigou A. C., (1920), *The Economics of Welfare* (1ère edition). London: Macmillan.

Pohekar S. et Ramachandran M., (2004), Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning — A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8*, 365–381.

Point P., (1998), La place de l'évaluation des biens environnementaux dans la décision publique. *Revue de l'institut d'économie publique* (1-1998), 13-45.

Price L., Michaelis E., Worrell M. et Khrushch M., (1998), Sectoral trends and driving forces of global energy use and greenhouse gas emissions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 3*, 263-319.

Quirion, P. (2003), *Les effets des politiques environnementales sur la compétition internationale.* Rapport pour l'Institut français de l'énergie. 43 p.

Ramesohl S., (2003), Social interactions and conditions for change in energy-related decision-making in SMCs: An empirical socio-economic analysis. *Advances in Global Change Research, 8* (1), 207-226.

Ramsey F., (1928), A mathematical theory of savings. *Economic Journal, 38*, 543-559.

Régnier A. et Crinier R., (2010) *Guide du contrat de performance énergétique.* RéférenceS, Commissariat Général au Développement Durable. 20 p.

Reiss P. C. et White, M. W., (2005), Household electricity demand revisited. *Review of Economic Studies, 72* (3), 853-883.

Rocard M., (2009), *Rapport de la conférence des experts et de la table ronde sur la contribution Climat et Energie.* Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. Paris : La Documentation française. 84 p.

Rosenstein F. et Wellhoff M., (2008), Services énergétiques et Contrats de performance énergétique : des outils pour la mise en œuvre du Grenelle. *ADEME & Vous, Starégie & études* (14), 1-6.

Rothschild M. et Stiglitz J., (1976), Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information. *Quaterly Journal of Economics* (90), 629-650.

Roudil N., Flamand A., (2012), Face à la crise : l'habitant-consommateur d'énergie, stratégies et économies, in Desjeux D., Moussaoui I. (dir), *Le consommateur (malin?!) face la crise*, l'Harmattan, Paris. Série : Consommations et Société (à paraître fin 2012).

Rougier I., Girometti L., Couëtoux du Tertre I. et Vorms B., (2011). *Marché transparent, marché pacifié ? Le rôle des miroirs de loyers en Allemagne.* ANHIL - ANAH. 12 p.

Ruber E. et Schleich J., (2003), Barriers to energy efficiency – an econometric analysis of determinants. *ECEEE 2003 Summer Study proceedings*, (pp. 1033-1039).

Ryan L., Moarif S., Levina E. et Baron R., (2011), Energy Efficiency Policy and Carbon Pricing. *IEA, Information Paper*, 38 p.

Samuelson P. A., (1954), The Pure Theory of public Expenditure. *Review of economics and statistics* (36), 387-389.

Sanstad A. H. et Howarth R. B., (1994), 'Normal' markets, market imperfections and energy efficiency. *Energy Policy, 22* (10), 811-818.

Sanstad A. H., Blumstein C. et Stoft S. E., (1995), How high are option values in energy-efficiency investments? *Energy Policy, 23* (9), 739-743.

Sathaye J. A. et Meyers S., (1995), *Greenhouse Gas Mitigation Assessment: A Guidebook.* (chapter 5). AH Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Sathre R. et Gustavsson L., (2007), Effects of energy and carbon taxes on building material competitiveness. *Energy and Buildings, 39* (4), 488-494.

Saunders H., (1992), The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal, 13* (4), 130-148.

Saussier S. et Yvrande-Brillon A., (2007), *Economie des coûts de transaction.* Paris: La Découverte. Coll. Repères.

Saxonis W. P., (2007), Free ridership and spillover: A regulatory dilemma. In *Reliable Program Results? You Betcha! International Energy Program Evaluation Conference*, (pp. 533-545). Chicago. Illinois.

Seligman C., Darley J. et Becker L., (1978). Behavioral approaches to residential energy conservation. *Energy and Buildings, 1* (3), 325-337.

Sellier, D. et Taïeb, J.-L, (2010), *Rénovation énergétique des copropriétés : le guide des bonnes pratiques.* Paris : Association Planète Copropriété. 1ère édition – tirage spécial pour le colloque du 1er et 2 juillet 2010 « La Copropriété et le Développement Durable en Europe ».

Selten R., (1999), What is Bounded Rationality? *SFB Discussion Paper B-454*, 1-25.

Sen A. K., (1977), Rational fools: A critique of the behavioral foundations of economic theory. *Philosophy and Public Affairs, 6* (4), 317-344.

Shove E., (2003), *Comfort, cleanliness and convenience: the social organization of normality.* Oxford, UK: Berg Publishers.

Shrogen L. O. et Taylor J. F., (2008), On Behavioral - Environmental Economics. *Review of Environemental Economics and Policy, 2*, 26-44.

Sidler O., (2007), *Rénovation à basse consommation d'énergie des logements en France.* Enertech. Projet "Renaissance", Programme Européen Concerto.

Simon H. A., (1955), A Behavioral Model of Rational Choice. *Quaterly Journal of Economic, 1* (52), 35-55.

Simon H. A., (1956), Rational Choice and The Structure of the Environmenet. *Psychological Review,* 129-138.

Simon H. A., (1959), Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science. *American Economic Review,* 49, 253-283.

Simon H. A., (1976), From Substantive to Procedural Rationality. In S. J. Latsis, *Method and Appraisal in Economics* (pp. 129-148). Cambridge: Cambridge University Press.

Simon H. A., (1997), *Empirically Grounded Economic Reason.* Cambridge, MA: MIT Press.

Skumatz L. A., Khawaja S. M. et Colby J., (2009), *Lessons Learned and Next Steps in Energy Efficiency Measurement and Attribution: Energy Savings, Net to Gross, Non-Energy Benefits, and Persistence of Energy Efficiency Behavior.* California Institute for Energy and Environment. Berkeley: White Paper prepared for the California Public Utilities Commission.

Skumatz L. A., (2002), Comparing Participant Valuation Results Using Three Advanced Survey Measurement Techniques: New Non-Energy Benefits (NEB) Computations of Participant Value. *ACEE Summer Study.* Washington DC: American Council for an Energy Efficient Economy.

Sorell S., (2009), Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy, 37* (4), 1456-1469.

Speck S., (2008), The Design of Carbon and Broad-based Energy Taxes in European Countries. In J. E. Milne (sous la dir.), *The reality of Carbon Taxes In the 21st Century* (pp. 31-60). Vermont: Vermont Journal of Environmental Law.

Stern N., (2006), *The Economics of Climate Change: the Stern Review.* London: HM Tresury.

Stern P., (1986), Blind spots in policy analysis: What economics doesn't say about energy use. *Journal of Policy Analysis and management, 5,* 200-227.

Stern P., (1999), Information, Incentives, and Proenvironmental Consumer Behavior. *Journal of Consumer Policy, 22* (4), 461-478.

Stern P., (2000), Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues, 56* (3), 407-424.

Stiglitz J., (1974), Incentives and risk sharing in sharecropping. *Review of Economics Studies, 41,* 219-255.

Sutherland R. J., (1996), The economics of energy conservation policy. *Energy Policy, 24* (4), 361-370.

Sutherland R. J., (2003), The High Costs of Federal Energy Efficiency Standards for Residential Appliances. *Policy Analysis, n°504*, 1-15.

Syrota J., (2007), *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050.* Centre d'Analyse Stratégique, 266 p.

Thaler R., (1985), Mental accounting and consumer choice. *Marketing Science, 27* (1), 199-214.

Thaler R., (1999), Mental accounting matters. *Journal of Behavioral Decision Making* (12), 183-206.

Thaler R. et Sunstein C., (2008), *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness.* Yale University Press. 320 p.

Tinbergen J., (1952), *On the Theory of Economic Policy.* Amsterdam: North Holland Publishing.

TNS-Sofres (2009), *Maîtrise de l'énergie Bilan 2009 - Phase 1 et 2. Attitudes et comportements des particuliers.* Note de Synthèse, TNS Sofres - ADEME.

Todd P. M. et Gigerenzer G., (2003), Bounding rationality to the world. *Journal of Economic Psychology, 24* (2), 143-165.

Tol R., (2007), Europe's long-term climate target: a critical evaluation. *Energy Policy, 35*, 424-443.

Train K., (1985), Discount rates in consumer's energy-related decisions: a review of the literature. *Energy, 10* (12), 1243-1253.

Traisnel J.-P., Joliton D., Laurent M.-H., Caffiaux S. et Mazzenga A, (2010), Habitat Facteur 4. Étude d'une réduction des émissions de CO_2 liées au confort thermique dans l'habitat à l'horizon 2050. *Les cahiers du Club d'Ingénierie Prospective Énergie et Environnement* (n°20), 104 p.

Transue M. et Felder F., (2010), Comparison of energy efficiency incentive programs: Rebates and white certificates. *Utilities Policy, 28* (2), 103-111.

Treiner J., (2009), Pour un catastrophisme raisonné : réflexion sur l'identité de Kaya. *Natures Sciences Sociétés, 17* (4), 402-405.

Treich N., (2011). *Comment influencer les citoyens sans en avoir l'air...* Consulté le 15/04/2011, Article sur Telos du 13/04/11: http://www.telos-eu.com/fr/societe/education/comment-influencer-les-citoyens-sans-en-avoir-lair.html

T'Serclaes P. (2007), *Financing Energy Efficiency Homes: Existing policy responses to financial barriers.* International Energy Agency, OCDE/IEA.

Tversky A., (1972), Elimination by aspects: A theory of choice. *Psychological Review* (79), 281-299.

Tversky A. et Kahneman D., (1981), The Framing of decisions and the Psychology Choice. *Science* (211), 452-458.

Tversky A. et Kahneman D., (1986), Raional Choice and the Framing of Decisions. *Journal of Business, 59*, 251-278.

Tversky A. et Kahneman D., (1992), Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk Uncertainty, 5*, 297-323.

UFC-Que choisir, (2011), *Logement locatif : des pratiques bien peu louables.* 17 p. http://image.quechoisir.org/var/ezflow_site/storage/original/application/80a36e91bcca98fadc0712261a173135.pdf

UNEP, (2007), *Buildings and Climate Change. Status, Challenges and opportunities.* UNEP SBCI. 80 p.

UNEP, (2009), *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers*. UNEP SBCI. 56 p.

Ürge-Vorsatz, D., et Novikova, A., (2008), Potentials and costs of carbon dioxide mitigation in the world's buildings. *Energy Policy, 36* (2), 642-661.

Ville de Grenoble, (2010), *OPATB des Grands Boulevards : les résultats.* Grenoble. 32 p.

Waide P. et Buchner B., (2008), Utility energy efficiency schemes: savings obligations. *Energy Efficiency, 1* (4), 297-311.

Weil S. et McMahon J., (2003), Governments should implement energy-efficiency standards and labels – cautiously. *Energy Policy, 31* (13), 1405-1415.

Weitzman M., (1974), Price versus quantities. *Review of Economic Studies, 41* (4), 477-491.

Wellhoff M., (2009), Réhabilitation du parc locatif privé. *ADEME & Vous, Stratégie & Etudes* (18), 6 p.

Wheeler S., (2009), California's Climate Change Planning: Policy innovation and structural Hurdles. *Strategic Planning Response*, 125-135.

Wheeler S., (2008), State and Municipal Climate Change Plans: The First Generation. *Journal of the American Planning Association, 74* (4), 481-496.

Wilhite H., Shove E., Lutzenhiser L. et Kempton W., (2000), The Legacy of Twenty Years of Energy Demand Management: We know more about Individual Behaviour but next to Nothing about Demand. *In* E. Jochem, J. Sathaye et D. Bouille, *Society, Behaviour, and Climate Change Mitigation* (pp. 109-126). Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers.

Williamson O. E., (1981), The economics of organization: The transaction cost approach. *The American Journal of Sociology, 87* (3), 548-577.

Williamson O. E., (1989), Transaction Cost Economics. In Schmalensee, et Willig, *Handbook of Industrial Organization* (Vol. 1, pp. 135-142). New York: Elseiver Science Publishers.

Willinger M. et Masson S., (1996), *Evaluation des coûts de la pollution atmosphérique sur la santé en Ile-de-France.* Strasbourg: rapport pour l'ADEME.

Wilson C., et Dowlatabadi H. (2007), Models of Decision Making and Residential Energy Use. *Annual Review of Environment and Resources*, 169-203.

Yalçin M. et Lefèvre B., (2012), Local climate action plans in France : Emergence, limitations and conditions for success. *Environmental Policy and Governance*, *22* (2), 104-115.

Yates S. et Aronson E., (1983), A social psychological perspective on energy conservation in residential buildings. *American Psychologist, 38,* 435-444.

Zhang T. et Nuttall W. J., (2008), Evaluating Government's Policies on Promoting Smart Metering Diffusion in Retail Electricity Markets via Agent-Based Simulation. *Cambridge Working Paper in Economics* 0842 & EPRG Working Paper 0822. 25 p.

Zografakis N., Menegaki A. N. et Tsagarakis K. P., (2008), Effective education for energy efficiency. *Energy Policy, 36* (8), 3226-3232.

Table des illustrations

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Elasticités de la demande énergétique par rapport aux prix de l'énergie 29
Tableau 2 : Relation propriétaire – locataire et incitations à la réalisation de travaux énergétiques..... 56
Tableau 3 : Récapitulatif des explications du paradoxe 78
Tableau 4 : Exemples de taux d'actualisation retenus ou préconisés dans les études de prospectives . 88
Tableau 5 : Les mesures de réduction dans le bâtiment : coût moyen, dépense de capital et dépense de fonctionnement 98
Tableau 6 : Travaux et bouquets de travaux estimés..... 103
Tableau 7 : VAN par m2 de logement et coût de la tonne de CO_2 évitée pour les différentes solutions de réduction 106
Tableau 8 : Travaux pris en compte dans le scénario A et le scénario B 108
Tableau 9 : Performance des travaux réalisés en 2008, selon l'enquête OPEN 123
Tableau 10 : Part des différents travaux dans l'ensemble des travaux d'amélioration énergétique réalisés en 2009 125
Tableau 11 : Temps de retour de l'investissement pour différentes hypothèses de taux d'actualisation et de durée de vie de l'investissement 128
Tableau 12 : Délais de récupération et TRI des différentes solution d'amélioration énergétique..... 130
Tableau 13 : Exemple d'une analyse multicritères « implicite » et impact sur le choix des options .. 134
Tableau 14 : Le dispositif des CEE en France : évolution entre les deux périodes d'application..... 162
Tableau 15 : Taux de crédit d'impôt par type de travaux..... 179
Tableau 16 : Synthèse de l'impact des instruments sur les barrières à l'efficacité énergétique..... 214
Tableau 17 : Travaux réalisés dans le cadre de l'OPATB des Grands Boulevards, pour le secteur de l'habitat..... 225
Tableau 18 : Bilan prévisionnel de l'OPATB des Grands Boulevards 226
Tableau 19 : Référentiel travaux de la campagne isolation et part des aides proposées 229
Tableau 20 : Dépenses Publiques pour la campagne isolation..... 230
Tableau 21 : Estimation du bilan prévisionnel de la campagne mur / mur 232
Tableau 22 : Coûts prévisionnels de la campagne « mur / mur » par tonne de CO_2 et MWh réduits . 233
Tableau 23 : Caractéristiques des copropriétés gérées par les syndics interviewés 256
Tableau 24 : travaux réalisés dans les copropriétés interrogées..... 265
Tableau 25 : Notes attribuées par les ménages pour les différents critères de décisions 266
Tableau 26 : Statut des copropriétaires des immeubles ayant réalisés les travaux d'amélioration énergétique dans le cadre de l'OPATB des Grands Boulevards..... 274
Tableau 27 : Synthèse de l'impact de l'OPATB sur les barrières à l'efficacité énergétique 277
Tableau 28 : Facteurs de réduction des émissions de CO_2 dans le résidentiel selon différents modèles de prospectives 317
Tableau 29 : Scénarios et résultats de l'étude « Habitat facteur 4 »..... 319
Tableau 30 : Evolution des types de bâtiments au cours du $XX^{ème}$ siècle..... 322
Tableau 31 : Solutions retenues pour estimer le potentiel de réduction de consommations énergétiques 338
Tableau 32 : Facteurs d'émissions de CO_2 selon la source énergétique..... 361
Tableau 33 : Nombre et part des logements collectifs de la Métro par période de construction et par mode de chauffage. 363

Liste des Figures

Figure 1 : La pyramide de Maslow appliquée aux dépenses liées au logement 37
Figure 2 : Les trois étapes des choix d'investissement 41
Figure 3 : La relation entre les choix des ménages et les différentes parties-prenantes 77
Figure 4 : Potentiel mondial de réduction de GES des différents secteurs selon les catégories de coûts. 97
Figure 5 : Courbe de coût marginal d'abattement pour le secteur du bâtiment à l'échelle mondiale pour 2030 100
Figure 6 : Volume par m2 de logement et coût par tonne CO_2 évité pour les différentes solutions ... 106
Figure 7 : Courbe de coûts marginaux d'abattement avec le scénario A 109
Figure 8 : Courbe de coûts marginaux d'abattement avec le scénario B 109
Figure 9 : Délais de récupération et TRI des solutions d'amélioration énergétique pour un bâtiment type et une évolution des prix de l'énergie de 5%/an 130
Figure 10 : Fonctionnement du dispositif français des Certificats d'Economie d'Energie 157
Figure 11: Chronologie du projet de la Contribution Climat Energie 168
Figure 12 : Processus de mise en œuvre des travaux et rôles des dispositifs 288
Figure 13 : Influence des coûts cognitifs sur l'appropriation des instruments économiques 300
Figure 14 : Répartition des logements collectifs (résidences principales) de la Communauté d'Agglomération de Grenoble par période de construction 358
Figure 15 : Part des énergie utilisées pour le chauffage et des systèmes énergétiques sur le territoire de la Métro 362
Figure 16 : Consommation énergétique moyenne et émissions de CO_2 par classe d'âge 363
Figure 17 : Part des émissions de CO_2 de la Métro de Grenoble par classe d'âge 364
Figure 18 : Consommations énergétiques moyennes (énergie primaire) et émissions de CO_2 par mode de chauffage 365

Liste des Encadrés

Encadré 1 : Les externalités en économie 27
Encadré 2 : La précarité énergétique : définition et mesure 30
Encadré 3 : La théorie Post-Keynésienne 33
Encadré 4 : Les charges de copropriété 61
Encadré 5 : La filière du bâtiment face au marché de la rénovation thermique 75
Encadré 6 : Les méthodes d'évaluation et l'Analyse Coût Avantage (ACA) 90
Encadré 7 : Les exigences de confort thermique des ménages 118
Encadré 8 : L'analyse Multicritères 132
Encadré 9 : Les sondages réalisés sur l'acceptabilité de la taxe carbone 171
Encadré 10 : Application du bonus-malus dans le cadre de la loi sur la tarification progressive de l'électricité 177
Encadré 11: La Méthode IPMVP 207
Encadré 12 : Exemple du CPE conclut par une copropriété de Neuilly-sur-Marne 210
Encadré 13 : Chronologie de mise en œuvre des travaux et implication du syndic : l'exemple d'une copropriété. 261
Encadré 14 : L'évolution de la demande mondiale selon les scénarios du GIEC 315
Encadré 15 : Données d'entrée et de sortie du logiciel utilisé pour les estimations 340
Encadré 16 : Les zones climatiques en France et la consommation de chauffage 348
Encadré 17 : Le projet AETIC 355
Encadré 18 : Les réseaux de chaleur 360
Encadré 19 : L'inventaire des émissions d'un territoire : objectifs et méthodes 367

Table des matières

Remerciements ..... **ii**

Liste des abréviations ..... **vii**

Sommaire ..... **ix**

Introduction générale **1**

1. Les enjeux de la réhabilitation thermique du bâtiment dans les politiques énergie-climat *2*

2. Le déficit d'efficacité énergétique : un défi reconnu depuis les chocs pétrolier… mais non surmonté *6*

3. De l'identification à l'évaluation des dispositifs d'incitation à l'efficacité énergétique dans un monde de second rang *8*

3.1. Cadre théorique général 8

3.2. Problématique 9

3.3. Démarche 10

3.4. Structure de la thèse 12

Chapitre 1 – Le déficit d'efficacité énergétique : une analyse générale des barrières et des contraintes à l'investissement **15**

Introduction *16*

1. Les défaillances de marché *19*

1.1. L'imperfection de l'information 19

1.2. Le marché de l'efficacité énergétique 20

1.2.1. Les rendements d'adoption des technologies 20

1.2.2. L'inséparabilité des caractéristiques des produits 22

1.2.3. L'irréversibilité des investissements 23

1.3. Le marché des capitaux 24

1.4. Le marché de l'énergie 25

2. L'absence de rationalité parfaite des agents *31*

2.1. Le rapport aux besoins 31

2.2. La rationalité procédurale 38

2.3. Les dépendances 42

2.3.1. Les dépendances individuelles : les « points d'ancrage » 43

2.3.1.1. Les biais de « statu quo » 43

2.3.1.2. L'effet de saillance 44

2.3.2. Les dépendances à l'environnement externe et l'influence « socio-culturelle » 47

2.3.2.1. Le point de vue psychosociologique 47

2.3.2.2. Le point de vue sociologique et anthropologique 48

3. Les limites du pouvoir décisionnel du ménage *50*

3.1. L'analyse par les coûts de transaction et la théorie de l'agence 50

3.2. La relation propriétaire – locataire 54

3.3. Les relations au sein de la copropriété 58

3.3.1. Gouvernance et acteurs : impact sur la mise en œuvre de travaux d'efficacité énergétique 59

3.3.1.1. Le mode décisionnel 59

3.3.1.2. Le rôle du syndic de copropriété 62

3.3.1.3. Le mode de rémunération du syndic 62

3.3.1.4. Les systèmes d'incitation 64

3.3.2. L'hétérogénéité des ménages 66

3.3.2.1. L'hétérogénéité des profils sociaux et des préoccupations … 66

3.3.2.2. … et l'hétérogénéité des profils énergétiques… 67

3.3.2.3. … conduisent à une hétérogénéité des choix 68

3.4. La relation offreur – demandeur 69

3.4.1. La relation vendeur de bien d'efficacité énergétique – ménage ... 70
3.4.2. La relation ménage – entreprise de travaux ... 71
3.4.3. Les relations au sein de la filière ... 74
Conclusion du chapitre ... *78*

Chapitre 2 – Un cadre d'analyse théorique et pratique pour la mesure du déficit d'efficacité énergétique dans le bâtiment ... 81
Introduction ... *82*
1. L'approche normative et les calculs en économie publique ... *85*
1.1. Le choix du taux d'actualisation normatif ... 85
1.2. Les outils d'aide à la décision en économie publique ... 89
1.2.1. L'analyse coût-avantage ... 89
1.2.2. L'analyse coût-efficacité ... 92
1.3. Le potentiel technico-économique ... 95
1.3.1. Le coût de la tonne de CO_2 évitée ... 95
1.3.2. Analyse sectorielle ... 96
1.3.3. Analyse par options de réduction ... 98
1.4. Simulation numérique de réhabilitation thermique pour un bâtiment-type ... 102
1.4.1. Hypothèses retenues ... 102
1.4.1.1. Coût et durée de vie des travaux ... 102
1.4.1.2. Evolution des prix de l'énergie ... 104
1.4.2. Résultats ... 104
2. L'approche positive et les comportements d'investissements effectifs des ménages ... 111
2.1. L'analyse par les taux d'actualisation implicite ... 112
2.2. Les critères de décision des ménages ... 115
2.2.1. La prise en compte des benefices non énergétiques ... 115
2.2.2. La prise en compte des coûts "intangibles" ... 120
2.3. Le niveau d'investissement réel ... 122
2.4. Suite de la simulation numérique, du point de vue des ménages ... 125
2.4.1. Les critères de rentabilité ... 126
2.4.1.1. Le délai de récupération ... 126
2.4.1.2. Le taux de rendement interne ... 127
2.4.2. L'analyse par les taux d'actualisation ... 127
2.4.3. Résultats ... 129
2.4.4. L'analyse multicritères "implicite" ... 131
Conclusion du chapitre ... *136*

Chapitre 3 – Les dispositifs d'instruments nationaux permettant de lever les barrières à l'efficacité énergétique ... 139
Introduction ... *140*
1. Fixer les règles : l'application de normes ... *142*
1.1. Les intérêts des normes ... 142
1.2. Les conditions d'efficacité des normes ... 144
1.2.1. Assurer la pérennité des résultats ... 144
1.2.2. Garantir un système de contrôle efficace ... 146
1.2.3. Optimiser le rythme d'évolution des normes ... 148
1.2.4. Préférer les obligations de résultats aux obligations de moyens ... 149
2. Lever les barrières liées aux défaillances de marchés ... *151*
2.1. L'arbitrage prix versus quantité : de la théorie à la pratique ... 152
2.2. Les Certificats d'Economie d'Energie ... 154
2.2.1. Intérêts et fonctionnement du dispositif des CEE ... 154
2.2.2. Enseignement de la première période des CEE ... 158
2.2.2.1. Un instrument coût efficace ... 158
2.2.2.2. Une utilisation partielle du dispositif ... 159
2.2.2.3. Un avis mitigé de la part des éligibles ... 160
2.2.3. Evolution du dispositif ... 161
2.3. La taxe carbone ... 164
2.3.1. Le réajustement des consommations aux fluctuation des prix ... 164
2.3.2. L'exemple de pays étrangers ... 165

2.3.3. Le projet de contribution climat énergie en France ... 167
2.3.3.1. Le rejet du conseil constitutionnel ... 168
2.3.3.2. Le rejet social et politique ... 169
2.3.3.3. La poursuite du projet ... 172
2.4. Les subventions ... 174
2.4.1. Le double objectif des subventions ... 174
2.4.1.1. L'incitation à la réduction de la consommation énergétique ... 174
2.4.1.2. La lutte contre la précarité énergétique et la réduction des inégalités ... 175
2.4.2. Les différentes formes de subventions : intérêts et limites ... 179
2.4.2.1. Les crédits d'impôts ... 179
2.4.2.2. Les taux d'intérêt bonifiés ... 180
2.4.2.3. La TVA réduite ... 182
2.4.2.4. Les subventions directes ... 182
2.4.3. L'efficacité des subventions ... 184
3. Lever les barrières liés au manque d'information ... 186
3.1. Les campagnes de sensibilisation et d'information ... 186
3.2. Les programmes de « révélation » de l'information ... 188
3.2.1. Le concept de « nudge » ... 188
3.2.2. Les feedbacks ... 191
3.2.3. Les indicateurs de performances : labels et étiquettes énergétiques ... 192
3.2.3.1. Les labels : garantir les moyens et/ou les résultats ... 193
3.2.3.2. Les étiquettes énergétiques : informer sur la performance en usage des bâtiments 194
3.2.4. Vers la création d'une valeur verte ? ... 198
4. Lever les barrières liées à la coordination entre les acteurs ... 200
4.1. Les incitations pour les propriétaires-bailleurs ... 201
4.2. Les évolutions du statut de la copropriété ... 202
4.3. Les garanties de performance énergétique ... 204
4.3.1. La recherche de garantie de résultats ... 204
4.3.2. Le fonctionnement et l'utilisation des Contrats de Performances Energétique ... 205
4.3.3. Les conditions de développement et d'efficacité des CPE ... 208
Conclusion du chapitre ... 213

Chapitre 4 – Les enseignements des programmes de réhabilitation thermique du territoire grenoblois ... 217
Introduction ... 218
1. Organisation et résultats prévisionnels des programmes ... 220
1.1. Une approche multi-partenariale ... 220
1.1.1. Les acteurs institutionnels ... 220
1.1.2. Les acteurs de terrain ... 222
1.2. Déroulement et bilan de l'OPATB des Grands Boulevards ... 223
1.2.1. Déroulement du projet ... 223
1.2.2. Les travaux réalisés ... 225
1.2.3. Estimation des coûts et des réductions du volet habitat ... 226
1.3. Déroulement et résultats attendus de la campagne isolation « mur / mur » ... 228
1.3.1. Préparation du projet et référentiel technique ... 228
1.3.2. Budget et objectifs de la campagne d'isolation ... 229
1.3.3. Résultats prévisionnels et estimation des bilans coût-efficacité ... 231
2. Point de vue des parties-prenantes ... 236
2.1. Méthode d'entretien ... 236
2.2. Les pilotes de projets ... 238
2.2.1. La ville de Grenoble ... 238
2.2.1.1. Déroulement global et résultat de l'opération ... 238
2.2.1.2. Aspects techniques, éléments par travaux ... 239
2.2.1.3. Principaux freins ... 241
2.2.2. La Métro de Grenoble ... 241
2.2.2.1. Contexte de mise en œuvre ... 241
2.2.2.2. Spécificités du programme ... 242
2.2.2.3. Difficultés rencontrées ... 244

2.3. Les animateurs ... 245
2.3.1. L'Agence Locale de l'Energie et du Climat de Grenoble ... 245
2.3.1.1. Rôle de l'ALEC ... 245
2.3.1.2. Critères de décisions des copropriétaires ... 246
2.3.1.3. Principaux freins ... 248
2.3.2. Le PACT de l'Isère ... 250
2.3.2.1. Rôle du PACT ... 251
2.3.2.2. Montage des dossiers de subventions ... 251
2.3.2.3. Les facteurs bloquants ... 252
2.3.2.4. Critères de décision des copropriétaires ... 253
2.4. Les intermédiaires : les syndics de copropriété ... 255
2.4.1.1. Profil et implication des copropriétaires et du conseil syndical ... 256
2.4.1.2. Principaux freins ... 257
2.4.1.3. Implication et influence des syndics ... 259
2.4.1.4. Impact des travaux ... 263
2.5. Les décideurs finaux : les copropriétaires ... 264
2.5.1.1. Motivations de ceux qui étaient pour les travaux ... 265
2.5.1.2. Motivations de ceux qui étaient contre les travaux ... 267
2.5.1.3. Financement des travaux ... 268
2.5.1.4. Retours après travaux ... 269
3. Succès et limites des dispositifs : enseignements et recommandations ... 269
3.1. Impacts sur les barrières à l'efficacité énergétique ... 270
3.1.1. Impacts sur les barrières liées au marché ... 270
3.1.2. Impacts sur les barrières liées à la rationalité limitée des ménages et sur le manque d'informations ... 271
3.1.3. Impact sur les barrières liées à la coordination des acteurs ... 273
3.1.3.1. Les relations avec les acteurs de la filière ... 273
3.1.3.2. Le dilemme propriétaires bailleurs – locataires ... 273
3.1.3.3. Les relations au sein de la copropriété ... 275
3.2. Enseignements pour la mise en œuvre des programmes locaux de réhabilitation 278
3.3. Recommandation pour le développement des projets de réhabilitation thermique 281
3.3.1. Accompagner et impliquer les propriétaires ... 282
3.3.2. Assurer la constitution de fonds travaux ... 284
Conclusion du chapitre ... 291

Conclusion générale ... 293
1. Retour sur la démarche et principales observations ... 294
1.1. Le choix d'une évaluation ex-post essentiellement qualitative ... 295
1.2. Des instruments d'incitations manquants ... 296
1.3. Des écarts entre l'essence théorique des outils et leur efficacité pratique ... 297
2. Propositions ... 302
2.1. Préparer le terrain ... 303
Proposer un accompagnement systématique ... 303
Favoriser la diffusion des technologies de mesures des consommations ... 304
Garantir une valeur verte énergétique ... 304
2.2. Optimiser les dispositifs d'incitation économiques ... 305
3. Perspectives de recherche ... 307

Annexes ... 311
Annexe 1 : Etat initial, scénarios d'évolution et potentiels techniques ... 312
A/ Les modèles de prospective ... 312
B/ Les résultats des modèles de prospective ... 314
Annexe 2 : L'évolution des périodes de construction et le rôle des réglementations thermiques 321
A/ Evolution des grandes périodes de construction ... 321
Bâtiments avant 1945 ... 322
Bâtiments entre 1945 et 1974 ... 323
Bâtiments après 1975 ... 324
Bâtiments entre 1975 et 1981 ... 324

Bâtiments entre 1982 et 1999 ... 324
Bâtiments 2000 – aujourd'hui ... 325
B/ Description des techniques de construction et des matériaux utilisés par ouvrage et par période pour les logements collectifs ... 326
Annexe 3 : Description des travaux de réhabilitation thermique utilisés dans les estimations ... 328
A/ Le choix des solutions : entre obligation de résultats et obligation de moyens ... 328
B/ L'isolation des façades ... 329
L'isolation des murs ... 329
L'isolation des toitures terrasses ... 331
L'isolation des planchers ... 332
Le changement de fenêtres ... 332
C/ Le système de chauffage ... 333
Chauffage électrique ... 333
Le changement de chaudière gaz (individuelle et collective) ... 334
Les pompes à chaleur (PAC) ... 335
D/ Le système de ventilation ... 336
Annexe 4 : Estimation de l'impact des travaux d'efficacité énergétique : méthodologie et description du logiciel ... 339
Annexe 5 : Entretiens avec trois acteurs éligibles au dispositif des Certificats d'Economie d'Energie (CEE) ... 343
A/ Témoignage du Conseil Régional de Picardie ... 343
B/ Témoignage de l'OPAC 38, bailleur social en Isère ... 344
C/ Témoignage de Grenoble-Alpes Métropole (la Métro) ... 345
Annexe 6 : Le rôle croissant des collectivités territoriales dans la politique énergie-climat ... 347
A/ Les spécificités territoriales ... 347
B/ L'engagement des territoires dans la politique énergie-climat ... 349
C/ Des objectifs de réduction fixés à l'échelle des territoires ... 352
D/ Les enjeux des scénarios à l'échelle des territoires ... 353
Annexe 7 : Structure du parc de logements collectifs privés de la Métro et estimations des consommations ... 357
A/ Les déterminants de la consommation énergétique ... 357
A1/ L'âge des batiments ... 357
A2/ Le chauffage ... 358
Le système de chauffage ... 358
La source d'énergie utilisée pour le chauffage ... 361
B/ Consommation énergétique et émissions de CO2 des logements collectifs sur le territoire de la Métro ... 364
Annexe 8 : Travaux, statut des propriétaires et aides globales pour les immeubles « OPATB » .. 369

Bibliographie ... 373

Table des illustrations ... 401
Liste des Tableaux ... 401
Liste des Figures ... 402
Liste des Encadrés ... 402

Table des matières ... 403