

Table des matières

1	Introduction.....	3
1.1	Contexte de l'étude.....	3
1.2	Définition de la question de recherche.....	3
2	Méthodologie.....	5
2.1	Questionnaire.....	5
2.2	Entretiens.....	6
3	Les objectifs d'un bon travail pratique.....	8
3.1	Revue de la littérature.....	8
3.2	Quatre objectifs essentiels.....	9
3.3	L'avis des enseignants.....	10
4	Améliorer la compréhension de la théorie.....	13
4.1	Les pistes de la littérature.....	13
4.2	L'avis des enseignants.....	15
5	Favoriser l'apprentissage de la méthode scientifique.....	18
5.1	Les pistes de la littérature.....	18
5.2	L'avis des enseignants.....	18
6	Apprendre à manipuler les outils du laboratoire.....	21
6.1	Les pistes de la littérature.....	21
6.2	L'avis des enseignants.....	21
7	Augmenter la motivation des élèves.....	24
7.1	Les pistes de la littérature.....	24
7.2	L'avis des enseignants.....	24
8	Conclusion.....	27
9	Références.....	29
10	Annexes.....	31
10.1	Copie du questionnaire.....	31

1 Introduction

1.1 Contexte de l'étude

Les plans d'étude des écoles de maturité et de commerce du canton de Vaud regroupent chimie, biologie et physique sous la dénomination « sciences expérimentales ». Ce qui différencie ces disciplines, aux yeux du législateur, n'est donc pas leur approche scientifique du monde, qu'elles partagent avec les sciences humaines et sociales, mais bien la place que ces branches accordent à l'expérimentation. Cette vision n'est bien entendu pas une invention du législateur, mais valide au contraire une réalité épistémologique de ces sciences, pour lesquelles la génération de connaissances passe nécessairement par la vérification expérimentales des hypothèses étudiées. Les implications de ce fait pour l'enseignement de ces branches sont cependant conséquentes puisque, outre les périodes d'enseignement théorique traditionnel sous forme de cours, les grilles horaires prévoient également des séances de travaux pratiques en laboratoire dans presque tous les niveaux et années dans lesquelles ces disciplines sont étudiées.

Pour la chimie, l'origine de ce paradigme didactique, qui confine aujourd'hui à la tradition, remonte à l'initiative de Liebig dans les années 1830. Le chimiste allemand fut en effet le premier à proposer à ses étudiants un cours de chimie dans lequel les connaissances théoriques dispensées en cours étaient complétées par un apprentissage des méthodes pratiques liées à ces connaissances (Sheppard, 2006). Ce cours fut plébiscité par les étudiants, commençant ainsi la longue histoire des travaux pratiques dans l'enseignement de la chimie. Cette pratique est maintenant quasiment universelle, que ce soit au niveau du gymnase ou de l'université.

1.2 Définition de la question de recherche

Malgré l'importance accordée aux travaux pratiques dans l'enseignement de la chimie, peu d'auteurs francophones se sont intéressés à la didactique de cette forme particulière d'enseignement au niveau du secondaire II. La plupart des ouvrages qui traitent du sujet sont des catalogues d'expériences destinés à simplifier la vie de l'enseignant. On y trouve donc à l'intérieur des outils prêts à l'emploi, tels que protocoles expérimentaux, documents à distribuer aux élèves, support théorique ou pistes d'évaluation. Peu d'auteurs francophones se sont cependant penchés sur le travail pratique en tant qu'objet d'étude, au contraire de la littérature anglo-saxonne dans laquelle ce thème est plus régulièrement abordé. Du côté des enseignants du secondaire II du canton, la question de la didactique du travail pratique est souvent implicite. On s'échange des « bons » protocoles, des idées de « bonnes » expériences,

des trucs et astuces pour « améliorer » de vieux TP, mais bien souvent sans définir de manière claire ce que l'on entend par « bon ». Le présent travail aura donc pour but de se pencher sur le sujet en tentant de répondre à la question « qu'est-ce qu'un bon TP de chimie » ?

Derrière cette interrogation se cachent en fait deux problèmes différents. Le premier est celui des objectifs. En effet, avant de pouvoir juger de la qualité de quelque chose, il convient de définir les critères à employer, c'est à dire les objectifs qu'un bon TP devrait remplir. Cette question dépasse le cadre de la simple session de deux périodes en laboratoire pour toucher à la place des travaux pratiques dans le plan d'étude, la raison de leur intégration dans ce plan et ce que l'on espère accomplir en offrant aux élèves la possibilité d'y participer. Bien qu'une réponse absolue à cette question ne soit pas possible, nous avons constaté qu'un consensus émerge tout de même tant parmi les théoriciens que parmi les praticiens sur certains aspects. Le deuxième problème, une fois les objectifs définis, est de savoir comment les réaliser, comment transcrire la volonté d'accomplir certaines choses dans la conception et la conduite d'une séance de TP. Nous avons donc tenté d'identifier quelques pistes pour atteindre les objectifs retenus.

Afin d'étudier ces problématiques, deux approches complémentaires ont été utilisées. Dans un premier temps, puisque la littérature anglo-saxonne offre un certain nombre de ressources sur le sujet, une revue de cette littérature a été effectuée afin d'offrir une base de réflexion. Dans un deuxième temps, afin de confronter cette vision théorique à la réalité du terrain, une étude a été réalisée auprès d'enseignants de chimie du degré secondaire II du canton de Vaud à travers un questionnaire et des entretiens.

2 Méthodologie

2.1 Questionnaire

Afin d'étudier cette problématique chez les praticiens, nous avons fait passer un questionnaire à des enseignants de chimie du secondaire II. Il s'agissait d'un questionnaire en ligne Google Form, que les participants avaient la possibilité de remplir à leur guise entre le 27 avril et le 13 mai 2016. Le lien pour remplir le questionnaire a été envoyé à la liste de diffusion du Magyc (l'association vaudoise des maîtres de chimie du secondaire II) ainsi qu'aux étudiants du cours de didactique romande de chimie. En préparation de ce questionnaire, nous avons également réalisé une étude de la littérature (cf. chapitre 3.1) pour identifier quatre objectifs de travaux pratiques fréquemment mentionnés (cf. chapitre 3.2). Ces objectifs sont :

- Compréhension de la théorie.
- Apprentissage de la démarche scientifique.
- Apprentissage de techniques de manipulation.
- Motivation des élèves.

Dans la première partie du questionnaire, nous avons interrogé les enseignants sur les objectifs que devait avoir, selon eux, un bon travail pratique. Dans une deuxième partie, nous leur avons demandé, pour les quatre objectifs retenus suite à l'étude de la littérature d'identifier les facteurs qui permettaient d'atteindre ces objectifs. Il aurait été intéressant de pouvoir interroger les enseignants sur les objectifs mis en avant dans la première partie, mais cela aurait impliqué de réaliser le questionnaire en deux phases, ce qui était impossible pour des raisons pratiques. Enfin, une troisième partie comportait des questions sur des données personnelles, notamment l'âge et les années d'expérience dans l'enseignement. Une copie du questionnaire est disponible en annexe.

La première partie demandait aux enseignants de juger de l'importance qu'ils accordent à un certain nombre de critères proposés pour déterminer si un travail pratique est bon ou pas. La liste de critères incluait les quatre objectifs sélectionnés après l'étude de la littérature. Les enseignants avaient la possibilité de nuancer leur avis sur chaque critère selon cinq échelons : très important, assez important, indifférent, peu important et pas du tout important. Les enseignants avaient en outre la possibilité d'indiquer dans un deuxième temps d'autres facteurs qu'ils jugent importants mais qui ne se trouvaient pas dans la liste.

Pour pouvoir procéder à un traitement qualitatif des résultats, nous avons attribué une note à chaque échelon (très important = 2, assez important = 1, indifférent = 0, peu important = -1, pas du tout important = -2) et calculé pour chaque facteur l'importance moyenne attribuée par

les enseignants. Nous avons également déterminé l'écart-type de cette moyenne afin de différencier les facteurs qui faisaient l'unanimité de ceux qui polarisaient les enseignants.

Dans la deuxième partie, nous avons demandé aux participants d'évaluer l'influence d'une liste de facteurs sur l'atteinte des quatre objectifs retenus. Au vu de la longueur de cette partie, les participants ont été divisés en deux groupes. Le groupe A (15 personnes) devait évaluer l'atteinte des objectifs « compréhension de la théorie » et « motivation des élèves » tandis que le groupe B (17 personnes) devait évaluer l'atteinte des objectifs « apprentissage de la manipulation » et « apprentissage de la méthode scientifique ». Comme pour la première partie, les participants avaient ensuite la possibilité d'indiquer librement d'autres facteurs qu'ils jugent importants. Nous avons d'abord prévu de proposer les mêmes facteurs pour chaque objectif afin d'avoir l'étude la plus complète possible, mais nous avons finalement préféré adapter la liste de facteurs à chaque objectif afin de raccourcir la durée du questionnaire. Les enseignants avaient à nouveau la possibilité de nuancer leur avis selon cinq échelons: influence très positive, plutôt positive, indifférente, plutôt négative ou très négative. Pour le traitement des résultats, nous avons attribué une note à chaque échelon (très positive = 2, plutôt positive = 1, indifférente = 0, plutôt négative = -1, très négative = -2) et calculé pour chaque facteur l'influence moyenne attribué par les praticiens. Nous avons également déterminé l'écart-type de cette importance afin de différencier les facteurs qui faisaient l'unanimité de ceux qui polarisaient les praticiens.

32 enseignants ont répondu au questionnaire. La répartition des enseignants selon le nombre d'années d'expérience dans l'enseignement indique que ce sont majoritairement des enseignants peu à moyennement expérimentés (< 10 ans d'expérience) qui ont répondu au questionnaire (N = 22, 69 %). La tendance se retrouve également dans l'âge des participants, avec une majorité de répondants âgés de moins de 45 ans (N = 21, 66 %). Ces deux observations peuvent s'expliquer en partie par l'envoi du questionnaire aux étudiants du cours de didactique romande de chimie. En l'absence de données démographiques sur les enseignants de chimie du secondaire II du canton de Vaud, il est impossible de savoir si la répartition des répondants est représentative de la profession ou pas.

2.2 Entretiens

Le questionnaire a l'avantage de pouvoir facilement récolter l'avis de beaucoup de personnes. Il se prête cependant peu à l'étude en profondeur de sujets complexes et ne permet pas l'émergence de réponses imprévisibles. Afin de palier à ces défauts, nous avons choisi de

compléter les informations récoltées dans le questionnaire par des entretiens individuels d'environ une heure réalisés avec deux enseignants volontaires.

Pour guider la discussion, nous nous sommes basés sur une liste de questions qui suivaient la problématique définie dans le questionnaire. Nous avons commencé par chercher à déterminer les objectifs que les deux enseignants cherchaient à atteindre avec les travaux pratiques, puis nous avons cherché à savoir comment ces enseignants faisaient pour atteindre ces objectifs. Ces entretiens nous ont permis d'obtenir des réponses plus complètes et plus fouillées que le questionnaire.

3 Les objectifs d'un bon travail pratique

3.1 Revue de la littérature

Boud, Dunn et Hegarty-Hazel (1986) proposent, dans leur ouvrage « teaching in laboratories », un guide exhaustif pour mettre sur pied un programme de travaux pratiques. Dans ce cadre, ils s'intéressent aux objectifs qu'un tel programme devrait viser. Pour les auteurs, l'objectif principal devrait être l'acquisition par les élèves de compétences en « scientific enquiry », soit l'apprentissage de la méthode scientifique. On entendra ici par méthode scientifique le processus itératif qui consiste à formuler des prédictions sur la base d'un cadre théorique, à concevoir des expériences destinées à tester la validité de ces prédictions, à observer et interpréter les résultats de ces expériences pour confirmer ou infirmer le cadre théorique. Selon Boud *et al.*, le laboratoire est l'endroit idéal, voire l'unique endroit possible, pour permettre aux étudiants de s'approprier cette méthode. Leur argument principal pour le choix de cet apprentissage en tant qu'objectif central d'un curriculum de travaux pratiques est qu'il s'agit pour eux de la compétence indispensable à toute forme de travail en laboratoire dans la vie réelle, en dehors du cadre scolaire :

« If one takes the view that laboratories are important places where knowledge is generated and validated in the experimental sciences, and if students are to gain an appreciation of these processes and to develop the abilities required to contribute to them, then scientific inquiry could be regarded as the *raison d'être* of laboratory-based learning. »

Ce but est également repris par Black et Ogborn (1979), qui proposent trois groupes d'objectifs pour les séances de travaux pratiques en laboratoire :

- « - Training in techniques
- Learning the ideas of the subject
- Learning how to carry out experimental inquiries »

Le troisième but correspond en effet, sous une formulation un peu différente, à l'apprentissage de la méthode scientifique déjà mentionné par Boud *et al.* (1986). Le premier but, « training in techniques », est celui de l'acquisition par l'élève de compétences en manipulation, qu'il s'agisse du maniement d'un appareil ou de la maîtrise d'une technique de séparation. Le deuxième but, « learning the idea of the subject », décrit l'idée d'aider l'élève à mieux maîtriser ses connaissances théoriques à travers leur application lors de travaux pratiques. Ces deux buts, apprentissage de la manipulation et compréhension de la théorie, sont très répandus dans la littérature, et sont mentionnés par de nombreux autres auteurs

(Domin, 1999a ; DeKorver & Towns, 2015 ; Pogačnik & Cigić, 2006 ; Galloway, Malakpa & Bretz, 2016 ; Moore, 2006).

Parmi les autres objectifs mentionnés dans les publications consultées, on trouve l'acquisition de compétences sociales ou de travail en équipe (DeKorver & Towns, 2015 ; Moore, 2006), la familiarisation des élèves avec le processus scientifique (DeKorver & Towns ; Moore), l'approfondissement de concepts vus en cours (Pogačnik & Cigić, 2006), les compétences cognitives et psychomotrices (Galloway *et al.*, 2016), une meilleure compréhension du fonctionnement de la science (DeKorver & Towns ; Moore) et un intérêt accru pour l'étude des sciences (Moore).

3.2 Quatre objectifs essentiels

Parmi tous les objectifs mentionnés, l'apprentissage de la méthode scientifique, la compréhension de la théorie et la maîtrise de techniques de manipulation semblent incontournables chez les auteurs qui s'intéressent au sujet. Bien que ces études s'intéressent généralement à l'enseignement de la chimie au niveau universitaire, il nous semble pertinent de focaliser notre étude sur ces objectifs, qui sont également applicables au niveau du secondaire II.

Nous avons choisi d'y ajouter un quatrième objectif, celui de l'intérêt ou de la motivation des élèves pour l'étude de la branche. Parmi les auteurs consultés, un seul mentionne cet objectif. Il nous paraissait cependant intéressant de l'étudier pour trois raisons. Premièrement, une étude sur les raisons qui ont poussé des étudiants de chimie à effectuer des études dans cette branche a montré que l'intérêt pour les travaux pratiques était la deuxième raison la plus souvent citée (George & Wystrach, 1985). Le rôle du laboratoire dans ce choix est donc important. Deuxièmement, il existe un lien fort entre la motivation d'un apprenant et ses résultats (Deci, Vallerand, Pelletier & Ryan, 1991), ainsi qu'entre la motivation des élèves et leur comportement en classe (Archambault & Chouinard, 2009). Agir sur cette motivation est donc un bon moyen de faciliter l'apprentissage. Enfin, à un niveau plus personnel, il nous semble qu'une partie de la satisfaction liée à l'exercice de notre métier découle de l'intérêt que nous parvenons à susciter chez nos élèves. Pour toutes ces raisons, nous avons choisi d'inclure cet objectif dans notre étude, malgré qu'il ne soit pas régulièrement cité dans la littérature.

3.3 L'avis des enseignants

Les résultats du questionnaire passé chez les enseignants montrent que, parmi les quatre objectifs que nous avons définis comme importants suite à l'étude de la littérature, trois sont également considérés comme importants par les praticiens. Il s'agit de la compréhension de la théorie (+ 1.56), de l'apprentissage de la démarche scientifique (+ 1.50) et de la motivation des élèves (+ 1.19). Ces objectifs sont également revenus dans les deux entretiens individuels effectués, à l'exception de la méthode scientifique qui n'a été mentionnée que par un des deux participants.

Objectif	Importance
Le TP permet aux élèves de mieux comprendre la théorie du cours	1.56
Le TP permet aux élèves de travailler en toute sécurité	1.55
Le TP permet aux élèves de mieux comprendre la démarche scientifique	1.50
Le TP permet aux élèves de développer leur autonomie	1.28
Le TP motive les élèves pour l'étude de la branche	1.19
Le TP comporte une marche à suivre claire et complète pour les élèves	0.88
Les résultats du TP sont reproductibles de manière fiable	0.88
Le TP permet d'apprendre aux élèves à réaliser une ou plusieurs manipulations	0.84
L'organisation du TP favorise les interactions entre les élèves (nécessité de s'entraider, travail en commun, etc)	0.84
Le TP favorise les interactions entre l'enseignant et les élèves	0.38
Le TP est facile à mettre en place et à ranger	0.38
Le TP génère peu de déchets	0.38
La performance des élèves est facile à évaluer	0.34
Le matériel nécessaire pour le TP est bon marché	0.19

Tableau 1: Importance moyenne accordée par les enseignants à différents critères et objectifs d'une séance de travaux pratiques. Echelle : 2 = très important, 1 = assez important, 0 = indifférent, -1 = peu important, -2 = pas du tout important.

Parmi les autres critères considérés comme très importants, on trouve la sécurité des élèves (+ 1.55) et le développement de leur autonomie (+ 1.28). Il est probable que la sécurité des élèves ne soit pas mentionnée dans la littérature car les auteurs considèrent qu'elle va de soi. Quant au développement de l'autonomie des élèves, son absence dans la littérature s'explique vraisemblablement par le fait que plusieurs des articles consultés traitent de la problématique des travaux pratiques à l'université, où les élèves ont déjà en grande partie appris à travailler de manière autonome.

L'importance moindre accordée par les praticiens à l'apprentissage de techniques de manipulations (+ 0.84) s'explique probablement également par cette différence de public. Les travaux pratiques de chimie au secondaire II n'ont pas toujours vocation à être professionnalisants, contrairement à ceux effectués à l'université. Cette distinction a été mise

en avant par l'une des personnes interrogées lors de l'entretien, qui ne vise à atteindre cet objectif que pour les classes dites « scientifiques » (OS math-physique ou biologie-chimie).

Cette première partie nous permet tout de même de valider *a posteriori* le choix de nos quatre objectifs pour une analyse détaillée, puisque tous ont été généralement considérés comme plutôt importants ou très importants par les enseignants. Parmi les autres objectifs mentionnés comme plutôt importants (> 0.50), si les moyens d'atteindre certains semblent évidents (sécurité des élèves, clarté de la marche à suivre et reproductibilité des résultats), d'autres auraient certainement mérités que l'on s'y intéresse également (développer l'autonomie des élèves et favoriser les interactions entre élèves).

Outre les objectifs prédéfinis soumis à l'appréciation des enseignants, ces derniers avaient également la possibilité de suggérer d'autres objectifs ou critères qu'ils jugent importants. Cette possibilité a été utilisée par 16 d'entre eux. Certains ont suggéré des objectifs ou des critères qui rejoignent les objectifs de motivation, de compréhension de la théorie ou d'apprentissage de la démarche scientifique, ce qui illustre encore l'importance accordée à ces critères par les enseignants.

Parmi les autres objectifs mentionnés, on trouve la durée des travaux pratiques (notamment dans l'idée d'avoir le temps de réaliser les activités prévues sans stress), le fait d'avoir un lien avec le thème du cours, la possibilité d'utiliser le travail pratique pour faire découvrir un nouveau sujet abordé plus tard en cours et la possibilité de pouvoir rédiger un rapport traitant du travail pratique.

Enfin, deux enseignants ont mentionné l'importance de travailler des objectifs différents lors de séances successives. Cette idée a également été mentionnée comme particulièrement importante lors de l'un des deux entretiens. L'enseignante interrogée considère en effet que « c'est difficile de répondre « qu'est-ce qu'un bon TP », on devrait plutôt dire « qu'est-ce qu'un bon ensemble de TP ». Cette opinion est basée sur le fait que l'on ne peut pas travailler tous les objectifs voulus lors d'une seule séance de travaux pratiques, et qu'il est donc important de considérer l'ensemble des sessions pour atteindre les objectifs généraux fixés pour le curriculum. Les deux enseignants interrogés soulignent par ailleurs que certains objectifs sont généralement mutuellement exclusifs. Ils font par exemple la différence entre les travaux pratiques à visée motivationnelle, voire ludique, et les travaux pratiques qui visent à aider l'élève à mieux comprendre la théorie du cours. Il semble donc nécessaire de considérer les travaux pratiques comme un ensemble dont les différentes unités peuvent et doivent avoir des buts variés.

Au-delà des objectifs différents qui peuvent être recherchés, la variation des travaux pratiques dans les thèmes abordés, dans les techniques utilisées et dans les modes de travail (procédure détaillée ou plus libre) a été mentionnée comme objectif en soi pour augmenter la motivation de l'enseignant.

Il est à noter que les enseignants interrogés en entretien ont tous deux mentionné adapter les objectifs selon le public cible. Pour les travaux pratiques réalisés dans les classes de 1C ou de discipline fondamentale, les objectifs sont plutôt la motivation des étudiants et l'illustration de la théorie vue au cours, tandis que la compréhension de la théorie, l'apprentissage de techniques de manipulation et la maîtrise de la méthode scientifique sont mis en avant plutôt pour les classes d'option spécifique biologie/chimie.

4 Améliorer la compréhension de la théorie

4.1 Les pistes de la littérature

Bien que cet objectif soit un des plus répandus dans la littérature, et qu'il semble intuitivement faire partie des buts évidents d'une séance de travaux pratiques, il semble que cette forme d'enseignement soit une méthode peu efficace pour l'apprentissage de faits et de concepts (Boud *et al.*, 1986, p. 134). Deux problèmes sont souvent mentionnés dans la littérature pour expliquer ce phénomène : le côté « recette de cuisine » souvent utilisé dans les protocoles fournis aux élèves et la quantité élevée d'informations que ceux-ci contiennent.

La forme la plus courante des protocoles de travaux pratiques fournis aux élèves est celle d'une suite d'instructions plus ou moins complètes que l'élève doit suivre pour effectuer l'expérience. Cette forme a pour principal risque que les étudiants se concentrent sur l'application de cette recette, et sur l'obtention du « bon » résultat prévu par l'expérience, plutôt que sur la compréhension de la science qu'ils sont en train d'étudier (Domin, 1999a, 1999b ; DeKorver & Towns, 2015). Il est souvent peu aisé pour l'élève de comprendre la raison de certaines manipulations, et bien souvent cette compréhension n'est de toute façon pas nécessaire pour compléter la tâche requise : la simple application de la recette suffit. Il est d'ailleurs frappant que, dans ce type de laboratoire, les étudiants se souviennent souvent mieux des étapes effectuées que de la conclusion à laquelle ils sont arrivés (DeKorver & Towns). Par peur de l'échec, par frustration ou simplement par confort, bon nombre d'élèves choisissent donc de ne pas s'engager dans une réflexion poussée, mais plutôt de jouer leur rôle d'exécutant (Galloway *et al.*, 2016). Hors, l'apprentissage demande une certaine activité mentale (Driver, 1988), l'élève ne peut pas apprendre en suivant simplement une procédure.

Suivre ces protocoles minutieusement détaillés peut d'ailleurs généralement se faire sans s'engager dans des niveaux de réflexion élevés (Domin, 1999a). Une étude sur le niveau taxonomique selon Bloom des tâches requises des élèves dans une dizaine de manuels d'expériences de TP a montré une très nette prédominance de tâches correspondant aux trois niveaux taxonomiques les plus bas (Domin).

Shiland (1999) propose un certain nombre de solutions à ce problème, axées sur une implication plus élevée de l'étudiant dans la conception de l'expérience : on peut par exemple lui laisser le choix des variables à étudier, de la procédure à utiliser, ou de la méthode de présentation des résultats, et lui demander des suggestions pour diminuer les erreurs après les avoir identifiées. Il est possible d'aller encore au-delà, en proposant uniquement à l'élève une question ou un problème à résoudre, voire simplement une problématique à explorer. Cette

philosophie de travaux pratiques ouverts, axés sur une certaine liberté offerte à l'élève pour traiter une question ou un problème, trouve de nombreux échos dans la littérature. Ces approches sont regroupées sous le terme « inquiry based laboratory » (travaux pratiques basés sur l'investigation). Smith (2012a), par exemple, propose le même type de solutions, et a ainsi conçu dix expériences axées sur ce principe susceptibles d'être implémentées dans un cours de niveau secondaire II (Smith, 2012b). Ce type de travaux pratiques trouve un bon écho auprès des étudiants, qui rapportent une meilleure compréhension de la matière comparé aux travaux pratiques traditionnels, notamment parce qu'ils sont plus engagés dans la compréhension et ne se contentent pas de suivre la procédure (Deters, 2005).

Il semble exister, selon la littérature, une réticence des maîtres de chimie à mettre sur pied ce type d'exercices, notamment en raison d'une complexité perçue accrue de la conception et de l'encadrement de ce type de travaux pratiques (Cheung, 2011). Les travaux pratiques utilisant un protocole détaillé distribué aux élèves ont évidemment l'avantage de simplifier considérablement la logistique et l'organisation des séances. Heureusement, la littérature propose également des ressources et des outils pour aider à l'implantation de ce genre de travaux pratiques (Smith, 2012b ; CollegeBoard, 2013). L'ordinateur peut également être un outil logistique intéressant, par exemple en simplifiant les phases de collecte ou d'analyse des données à travers un programme ou un script dédié (Domin 1999a).

Un autre problème rencontré avec les protocoles de type « recette » fournis aux élèves est qu'ils contiennent souvent énormément d'informations, beaucoup trop pour que l'élève puisse les traiter efficacement et en tirer une compréhension de ses actions. En effet, la quantité d'informations que nous pouvons traiter dans notre mémoire de travail est limitée (Johnstone, 1984, 1997). Des études sur la cognition ont montré que la performance des élèves diminuait drastiquement dès que le nombre d'informations à traiter simultanément dépassait 5 ou 6 (Johnstone). Il est clair que le nombre d'informations contenues dans une instruction d'un protocole peut facilement dépasser ce nombre. L'expert dans un domaine, lui, ne traite pas plus d'informations, mais en regroupe automatiquement plusieurs en une seule afin de faciliter le processus de réflexion, un processus appelé chunking (Johnstone, 1997). Le processus étant automatique, il est particulièrement difficile pour l'enseignant de repérer ce type de problème. C'est une des raisons pour lesquelles des choses qui nous semblent simples peuvent poser des problèmes insurmontables à nos élèves.

Afin de limiter ces problèmes cognitifs, Johnstone (1984) suggère plusieurs angles d'amélioration. L'expérience, et le protocole qui va avec, peuvent être simplifiés par le retrait d'informations non-pertinentes et une meilleure mise en valeur des informations importantes.

Le matériel utilisé doit aussi correspondre à ce souci de simplicité : du matériel simple et directement adapté à l'expérience est préférable à du matériel compliqué, par exemple offrant plusieurs unités de mesure, ou plusieurs types de fonctionnements.

Le même auteur suggère également l'utilisation de ce qu'il nomme « pre-labs », c'est-à-dire des activités que l'élève doit réaliser avant le laboratoire afin d'acquérir une partie des concepts et de la théorie pertinents pour le travail pratique. Cette manière de faire permet à l'élève d'étaler l'effort intellectuel dans le temps et d'avoir déjà réalisé une partie du travail de compréhension avant son entrée dans le laboratoire (Johnstone, 1997). Plusieurs expériences ont montré un accroissement significatif des performances des élèves suite à la mise en pratique de ce concept (Johnstone). Cette idée de « pre-labs » a également été reprise par Pogačnik et Cigić (2006) qui ont observé, au niveau universitaire, un apprentissage significativement meilleur des étudiants ainsi qu'une motivation accrue pour les travaux pratiques. Smith (2012a) a également observé une meilleure compréhension des sujets traités en travaux pratiques chez des étudiants du secondaire II après l'utilisation de ce type de système.

4.2 L'avis des enseignants

Nous avons également demandé aux enseignants de se prononcer sur les facteurs qui peuvent aider les élèves à atteindre cet objectif (cf. Tableau 2). Trois des cinq facteurs considérés comme les plus positifs sont liés à l'évaluation. Celle-ci devrait se faire sous forme de rapport (+ 1.07), dans lequel l'élève commente ses résultats (+ 1.73) et la procédure utilisée pour y parvenir (+ 0.93). Les deux autres facteurs mentionnés sont un lien entre l'expérience et le cours (+ 1.53), et une explication de la théorie par l'enseignant pendant le travail pratique (+ 1.07).

Facteur	Effet
Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter leurs résultats	1.73
L'expérience réalisée est en lien avec le cours	1.53
Lors du TP, l'enseignant explique les éléments théoriques	1.07
L'évaluation se fait sous forme de rapport	1.07
Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter la procédure utilisée	0.93
L'expérience réalisée est liée à la vie quotidienne	0.73
Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience	0.67
Le protocole contient des questions portant sur la théorie	0.47
Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes	0.47
Le protocole contient des explications pour la réalisation des manipulations (comment utiliser un appareil ou une pièce de verrerie, etc)	0.40
Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser	0.40
L'évaluation comprend une partie théorique	0.40
Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)	0.27
Le protocole contient un rappel de la théorie	0.20
L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)	0.13
L'évaluation se fait sous forme de test théorique	-0.40
L'évaluation se fait sous forme de rapport pré-rédigé à compléter par l'élève	-0.40

Tableau 2: Effet moyen de différents facteurs sur la compréhension de la théorie par les élèves lors d'une séance de travaux pratiques. Echelle : 2 = très positif, 1 = plutôt positif, 0 = indifférent, -1 = plutôt négatif, -2 = très négatif.

Les pistes qui se dégagent ici sont donc différentes de celles suggérées par la littérature. En effet, le fait que les élèves doivent établir eux-mêmes la marche à suivre, point essentiel de l'approche par investigation suggérée par de nombreux auteurs pour améliorer la compréhension de la théorie, est considéré par les enseignants comme ayant seulement un effet faiblement positif (+ 0.47). Les enseignants considèrent même qu'un protocole détaillé a un effet plus positif sur la compréhension (+ 0.67). Ce point semble toutefois polariser les enseignants, puisque l'écart-type pour ces deux items est relativement élevé. L'une des enseignantes interrogée en entretien a par exemple rejoint la littérature en mentionnant l'approche par investigation comme une des pistes utilisées pour améliorer la compréhension des élèves.

L'utilisation de « pre-labs », autre piste mentionnée dans la littérature, est considérée comme n'ayant quasiment pas d'influence sur la compréhension de la théorie par les élèves (+ 0.27). Dans les entretiens, les enseignants interrogés nous ont confirmé n'utiliser que rarement cette possibilité. Quand ils le font, c'est uniquement pour des raisons de temps, parce que la séance est trop courte pour réaliser les tâches de préparation à ce moment. Une enseignante interrogée mentionne cependant essayer de faire des expériences simples, qui « doivent [...] »

prendre dix minutes [à l'enseignant] », afin de diminuer le stress des élèves pour faciliter leur compréhension. On retrouve ici, sous une forme un peu modifiée, la suggestion de Johnstone (1984, 1997) de diminuer le nombre d'informations à traiter par l'élève. A la place de diminuer le nombre d'informations contenues dans une instruction, on diminue le nombre d'informations à traiter dans la séance entière de travaux pratiques.

La prévalence d'éléments liés à la rédaction d'un rapport ou à la discussion d'éléments précis lors de l'évaluation semble suggérer que, pour les enseignants, une bonne partie de la compréhension de la matière se fait après la séance de travaux pratiques, au moment où l'élève revient sur ce qu'il s'est passé pour tenter d'en faire sens. Cette piste, bien que différente de celles mentionnées dans la littérature, n'est pas incompatible avec l'approche par problème et les « pre-labs », mais pourrait être utilisée en complément à ces techniques.

Les deux enseignants interrogés en entretien utilisent également volontiers les travaux pratiques pour faire découvrir aux élèves un nouveau chapitre du cours. Ces séances ont pour but de faire découvrir une partie de la théorie du nouveau chapitre par les élèves. L'un des enseignants a par exemple mentionné la possibilité de faire un travail pratique sur la miscibilité avant de traiter ce thème en cours pour que les élèves découvrent par eux-mêmes la règle du « qui se ressemble s'assemble ». Pour utiliser les travaux pratiques de cette façon, il importe, selon le même enseignant, d'utiliser une expérience simple, nécessitant peu voire pas de prérequis. Le protocole doit également contenir une liste de questions qui peuvent servir à guider la réflexion de l'élève vers la découverte d'un principe général.

5 Favoriser l'apprentissage de la méthode scientifique

5.1 Les pistes de la littérature

Pour atteindre cet objectif, il existe un très large consensus dans la littérature pour éviter les manipulations de type « recette », déjà considérées comme peu efficaces pour aider les élèves dans la compréhension de la théorie. La nature fermée de ces procédures, avec une réponse « juste » à trouver ou un résultat « juste » à obtenir, validé non pas par les vérifications de l'élève mais par l'autorité extérieure du maître, est trop éloignée de la perspective ouverte de la recherche scientifique. De plus, comme nous l'avons vu plus haut, ce type de travaux pratiques se caractérise généralement par l'utilisation de niveaux taxonomiques bas (Domin, 1999a), alors que le concept même de méthode scientifique est au contraire une activité de niveau taxonomique élevé. Une meilleure approche pour travailler cet objectif est d'inviter les élèves à concevoir une procédure pour résoudre un problème ou étudier une problématique qui leur est fournie, donc utiliser une approche par investigation (Domin, 1999b ; Green & Elliott, 2004). Il est important que ce type d'activité se fasse sur un sujet que les élèves maîtrisent déjà au niveau théorique. En effet, pour être capable d'appliquer des stratégies de résolution de problèmes, d'étudier de manière critique des résultats et de formuler une conclusion logique, voire de décider soi-même de la problématique à traiter, il est indispensable de maîtriser les aspects théoriques du problème de manière satisfaisante. La maîtrise de la méthode scientifique est difficile à mesurer, mais Gupta, Burke, Mehta et Greenbowe (2015) ont montré que le type d'approche décrit plus haut permettait aux étudiants d'accroître de manière significative leur sens critique, un composant essentiel de la méthode scientifique. Ils ont également montré que la méthode procédurale d'enseignement des travaux pratiques ne permettait pas un apprentissage sur ce plan là.

5.2 L'avis des enseignants

Parmi les facteurs jugés comme ayant une influence positive sur l'apprentissage de la démarche scientifique par les élèves, on trouve, en accord avec la littérature, le fait que les élèves doivent établir eux-mêmes la marche à suivre (+ 0.88). L'importance accordée à ce facteur est cependant étonnamment basse. Parmi les autres facteurs jugés importants, on trouve le fait que l'élève doive commenter la procédure utilisée (+ 0.82) et les résultats obtenus (+ 1.29), mais également le fait que l'expérience soit en lien avec le cours (+ 1.24) et la vie quotidienne (+ 0.88). De plus, le facteur jugé comme le plus important est que l'enseignant s'assure que les élèves réalisent correctement les manipulations (+ 1.29). Les

pistes données ici semblent par conséquent ne suivre que partiellement celles données dans la littérature.

Facteur	Effet
Lors du TP, l'enseignant vérifie que les élèves réalisent correctement les manipulations	1.29
Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter leurs résultats	1.29
L'expérience réalisée est en lien avec le cours	1.24
L'expérience réalisée est liée à la vie quotidienne	0.88
Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes	0.88
Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter la procédure utilisée	0.82
Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)	0.59
Lors du TP, l'enseignant explique les éléments théoriques	0.59
Le protocole contient un rappel de la théorie	0.53
L'enseignant s'assure que tous les élèves atteignent le but prévu	0.47
L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)	0.41
Le protocole contient des questions théoriques	0.41
L'enseignant laisse les élèves libres d'échouer	0.41
L'évaluation se fait sous forme de test pratique direct (l'enseignant observe l'élève)	0.35
Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience	0.29
Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser	0.29
L'évaluation se fait sous forme de rapport	0.12
L'évaluation se fait sous forme de test pratique indirect (l'enseignant juge les résultats de l'élève)	-0.35
L'évaluation se fait sous forme de test	-0.41
L'évaluation se fait sous forme de rapport prérédigé à compléter par l'élève	-0.65

Tableau 3: Effet de différents facteurs sur l'apprentissage de la méthode scientifique par les élèves lors d'une séance de travaux pratiques. Echelle : 2 = très positif, 1 = plutôt positif, 0 = indifférent, -1 = plutôt négatif, -2 = très négatif.

Le haut score des facteurs “lien avec le cours” et “lien avec la vie quotidienne” s’explique peut-être par un souci de motiver les élèves à l’étude du problème (voir aussi chapitre 7.2). Un commentaire d’un enseignant est particulièrement intéressant à ce sujet : « L’élève doit avoir un but motivant qui nécessite l’usage de la méthode scientifique. Ce but n’est pas forcément la méthode scientifique en soi. » Cette piste, qui n’est pas forcément mise en avant dans la littérature, nous semble intéressante pour son utilité pratique dans la conception de travaux pratiques qui viseraient cet objectif.

L’importance accordée par les enseignants au guidage de l’élève lors des manipulations s’explique peut-être par le temps limité disponible pour une séance de travaux pratiques dans le cadre du secondaire II. Il peut en effet sembler peu constructif de laisser l’élève utiliser du temps à recommencer une manipulation qu’il aurait échouée lorsque le but du travail est de provoquer une réflexion générale sur la manière d’agencer des manipulations pour arriver au résultat voulu. De plus, l’impact de l’échec et de la répétition des manipulations sur la

motivation de l'élève est probablement négatif. Il peut donc sembler raisonnable de sacrifier la possibilité d'échouer, et donc la nécessité de comprendre ses échecs pour les corriger, même si ces événements font partie intégrante du processus scientifique.

Les pistes développées par les enseignants semblent donc viser principalement à créer de la motivation chez les élèves pour l'étude d'un phénomène. Cette motivation pourrait être nécessaire pour amener les élèves à fournir l'investissement requis pour ce type de travail pratique, plus élevé que lorsqu'il s'agit simplement de suivre une procédure (Galloway *et al.*, 2016).

6 Apprendre à manipuler les outils du laboratoire

6.1 Les pistes de la littérature

La littérature sur ce sujet est étonnamment peu fournie. Doub *et al.* (1986) suggèrent de proposer avant la séance de travaux pratiques des vidéos ou des animations pour présenter et expliquer les techniques de manipulation qui seront utilisées lors de la séance. Une autre suggestion est de proposer sur le protocole expérimental un dessin ou un schéma des appareils utilisés pouvant servir de référence à l'élève. L'idée générale est donc de fournir un support visuel à l'élève afin de le guider dans l'usage des éléments peu familiers que sont les pièces de verrerie et les appareils de mesure que l'on trouve en laboratoire

De plus, contrairement aux deux objectifs précédents, l'utilisation de procédures claires et de laboratoires traditionnels de type « recette » sont mis en avant comme positifs pour l'apprentissage d'une technique de manipulation (Deters, 2005). En effet, si le but de la séance est pour l'élève d'apprendre à maîtriser un appareil en particulier, il vaut mieux que l'élève n'ait pas à se soucier d'autres aspects susceptibles de le distraire de ce but.

6.2 L'avis des enseignants

Pour cet objectif, les facteurs mis en avant par les enseignants sont notamment centrés sur le protocole. Celui-ci devrait en effet contenir des illustrations du matériel utilisé (+ 1.12), détailler la marche à suivre de l'expérience (+ 1.06) et proposer des explications pour la réalisation des manipulations (+ 0.94). On retrouve ici la piste suggérée par la littérature, qui est d'utiliser pour cet objectif des travaux pratiques procéduraux soutenus par un protocole détaillé. L'enseignant interrogé distribue fréquemment des feuilles contenant le nom et une représentation schématique des objets les plus couramment utilisés en laboratoire, notamment en début d'année, pour faciliter l'acclimatation des élèves au laboratoire.

Facteur	Effet
Lors du TP, l'enseignant vérifie que les élèves réalisent correctement les manipulations	1.71
Le protocole contient des illustrations du matériel utilisé	1.12
Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience	1.06
L'évaluation comprend une partie pratique	1.00
Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter la procédure utilisée	1.00
Le protocole contient des explications pour la réalisation des manipulations (comment utiliser un appareil ou une pièce de verrerie, etc)	0.94
Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser	0.76
L'évaluation se fait sous forme de test pratique direct (l'enseignant observe l'élève)	0.71
Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, lire un document ou regarder une vidéo sur l'appareil ou la méthode utilisé, ...)	0.65
Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter leurs résultats	0.65
L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)	0.41
L'évaluation se fait sous forme de rapport	0.18
L'évaluation se fait sous forme de test pratique indirect (l'enseignant juge les résultats de l'élève)	0.18
Le protocole contient un rappel de la théorie	0.00
Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes	-0.06
L'évaluation se fait sous forme de rapport pré-rédigé à compléter par l'élève	-0.29
L'évaluation se fait sous forme de test	-0.53

Tableau 4: Effet de différents facteurs sur l'apprentissage des techniques de manipulation en laboratoire par les élèves lors d'une séance de travaux pratiques. Echelle : 2 = très positif, 1 = plutôt positif, 0 = indifférent, -1 = plutôt négatif, -2 = très négatif.

Il est intéressant de constater que pour cet objectif, et contrairement à celui de la compréhension de la théorie, les enseignants jugent plus important que les explications initiales soient contenues dans le protocole, comme décrit plus haut, plutôt que transmises par l'enseignant (+ 0.76). Le rôle de ce dernier est ici plutôt d'observer les élèves pour corriger leur façon de faire (+ 1.72). L'enseignante interrogée en entretien offre une explication possible. Elle mentionne en effet qu'elle a de la peine à savoir quand donner les explications pratiques lors de la séance. Donner toutes les explications concernant la manipulation au début n'est pas satisfaisant, puisque les élèves ont de la peine à tout retenir, mais interrompre régulièrement le travail des élèves pour leur donner les informations au fur et à mesure n'est pas non plus efficace. Avoir des explications illustrées des manipulations à réaliser semble donc une piste intéressante à cette enseignante.

Comme dans la littérature, les pistes développées ici sont très éloignées de celles suggérées pour les autres objectifs. Il semble donc clair que le développement de compétences de manipulation chez l'élève nécessite des séances travaux pratiques dédiées à cet objectif.

7 Augmenter la motivation des élèves

7.1 Les pistes de la littérature

Pour atteindre cet objectif, une possibilité mentionnée dans la littérature est de lier le travail pratique à l'environnement de l'élève (Green & Elliott, 2004). Par exemple, lors d'une séance sur la dureté de l'eau, il est possible de demander aux élèves d'apporter un échantillon de leur robinet plutôt que de travailler avec l'eau du gymnase. Dans le même ordre d'idée, un travail pratique lié à la vie quotidienne augmente également l'attrait des étudiants pour la séance (Galloway *et al.* 2016). De plus, les travaux pratiques organisés selon l'approche par investigation plutôt que celui de la procédure à suivre semblent causer une hausse de motivation chez les élèves (Smith, 2012a ; Deters, 2005).

De manière générale, les travaux pratiques semblent être des moments appréciés des participants. Ils sont par exemple une des motivations les plus souvent citées parmi les étudiants de chimie à l'université (George *et al.* 1985). Aucune étude n'est malheureusement disponible au niveau du secondaire II. De plus, la question de savoir si une motivation accrue en séances de travaux pratiques se traduit par une motivation accrue pour l'étude de la branche en général, y compris au niveau théorique, reste ouverte.

7.2 L'avis des enseignants

Parmi les facteurs qui, selon les enseignants, influencent positivement la motivation des élèves, un certain nombre concerne le choix de l'expérience. Idéalement, celle-ci doit être en lien avec la vie quotidienne (+ 1.47), en lien avec le cours (+ 1.33) et amusante ou spectaculaire (+ 0.73). Deux autres facteurs montrent qu'il est important pour la motivation de l'élève qu'il évite l'échec. Ainsi, l'enseignant doit s'assurer que les élèves réalisent correctement les manipulations (+ 0.93), afin qu'ils atteignent le but prévu (+ 1.00). Un des enseignants interrogés souligne qu'il choisit volontiers des travaux pratiques qui possèdent une réponse correcte clairement identifiable avec le but de pouvoir motiver les élèves à travers l'obtention de cette réponse juste. Il s'assure donc que chacun puisse l'atteindre. De plus, l'enseignant vient valider cette réponse auprès de chaque binôme, afin de mettre en valeur ce résultat.

Facteur	Effet
L'expérience réalisée est liée à la vie quotidienne	1.47
L'expérience réalisée est en lien avec le cours	1.33
L'enseignant s'assure que tous les élèves atteignent le but prévu	1.00
Lors du TP, l'enseignant vérifie que les élèves réalisent correctement les manipulations	0.93
Lors du TP, l'enseignant explique les éléments théoriques	0.93
L'expérience réalisée est amusante ou spectaculaire	0.73
Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience	0.67
Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser	0.67
L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)	0.60
L'évaluation se fait sous forme de test pratique indirect (l'enseignant juge les résultats de l'élève)	0.33
Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes	0.27
L'évaluation se fait sous forme de rapport	0.20
L'évaluation se fait sous forme de test pratique direct (l'enseignant observe l'élève)	0.13
L'évaluation se fait sous forme de rapport prérédigé à compléter par l'élève	0.00
Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)	-0.20
L'enseignant laisse les élèves libres d'échouer	-0.40
L'évaluation se fait sous forme de test	-0.40

Tableau 5: Influence de différents facteurs sur la motivation des élèves lors d'une séance de travaux pratiques. Echelle : 2 = très positif, 1 = plutôt positif, 0 = indifférent, -1 = plutôt négatif, -2 = très négatif.

La question de la motivation est ressortie dans les deux entretiens que nous avons fait passer. Dans les deux cas, il semble qu'il s'agit de l'un des objectifs importants des deux enseignants interrogés. Ceux-ci ont de nombreuses pistes pour l'atteindre. En plus des points déjà identifiés dans le questionnaire, sur lesquels les enseignants sont souvent revenus, les deux personnes interrogées ont mentionné la possibilité de réaliser une manipulation qui donne un résultat esthétiquement plaisant, par exemple pour la vue, l'odorat, voire le goût. Le passage par les sens est, selon eux, un bon moyen de favoriser la motivation des élèves. L'un des enseignants mentionne également le fait de réaliser quelque chose que les élèves puissent ensuite ramener à la maison. L'approche problème a également été mentionnée par l'enseignante interrogée comme suscitant plus de motivation chez les élèves que l'utilisation de protocoles détaillés. Dans ce genre de travaux pratiques, les élèves ont la possibilité de suggérer des hypothèses et des choses à essayer, et semblent généralement satisfaits de pouvoir laisser libre cours à leur créativité et d'avoir prise sur le déroulement de la séance. Il nous semble que cette problématique de la motivation des élèves a une très grande importance pour les deux enseignants interrogés. Ceux-ci semblent y avoir plus réfléchi qu'à d'autres objectifs, et avoir souvent de nombreuses pistes pour atteindre ce but. Cette observation pourrait être simplement un hasard lié au faible nombre de personnes interrogées.

Nous pensons cependant que cet aspect motivationnel est analysé couramment par les enseignants en raison de la facilité de lecture de la motivation des élèves, par rapport à d'autres paramètres moins faciles à observer comme les apprentissages théoriques ou pratiques. L'enseignant a ainsi plus de feedback à sa disposition pour ajuster sa pratique afin de traiter cette problématique, et peut donc plus facilement maîtriser cet aspect de son enseignement.

Le fait qu'une motivation accrue des élèves aux travaux pratiques se retrouve lors des cours n'est pas forcément observé. L'enseignante interrogée en entretien mentionne qu'il peut certainement s'agir d'un levier si on arrive à faire le lien entre le contenu du cours et celui du TP. Cependant, elle nuance en expliquant n'avoir jamais donné de cours sans donner de TP à côté, et n'avoir donc pas de point de comparaison.

Les pistes suggérées pointent souvent vers la possibilité de créer quelque chose pour accroître la motivation des élèves, par opposition à l'observation ou l'étude d'un phénomène. Il est intéressant de constater le peu d'accent qui est généralement mis sur cet aspect de la chimie dans l'enseignement, alors que le but de cette discipline au niveau académique ou industriel est très souvent la création ou la fabrication de substances à petite ou grande échelle.

8 Conclusion

A l'aide d'une revue de la littérature combinés à un questionnaire et des entretiens auprès des enseignants de chimie du secondaire II, nous nous sommes intéressés aux objectifs que devraient viser les travaux pratiques de chimie du secondaire II, et aux moyens d'atteindre ces objectifs. Nous avons mis l'accent sur trois objectifs d'apprentissage élèves différents : la compréhension de la théorie, les techniques de manipulation et la méthode scientifique. Nous avons complété notre étude avec un quatrième objectif : l'accroissement de la motivation des élèves.

En ce qui concerne la compréhension de la théorie, la littérature suggère fortement de remplacer les protocoles directifs très présents dans les gymnases par des expériences ouvertes basées sur l'investigation d'une thématique ou la résolution d'un problème. L'utilisation de « pre-labs », soit des activités liées à l'expérience que l'élève doit réaliser avant de venir à la séance de travaux pratiques, a également des effets positifs sur l'apprentissage. Du côté des enseignants, la plupart suggère de compléter la séance par la rédaction d'un rapport dans lequel l'étudiant doit commenter l'expérience réalisée et les résultats obtenus.

Pour développer la méthode scientifique chez les élèves, l'utilisation d'expériences basées sur l'investigation au lieu de protocoles directifs est là aussi recommandée dans la littérature. De plus, ces expériences devraient porter sur des thématiques simples pour lesquelles l'élève maîtrise bien la théorie, afin que celui-ci puisse se concentrer sur la démarche scientifique et surtout être acteur à part entière de cette démarche. Les enseignants, eux, mettent l'accent sur des éléments susceptibles de soutenir la motivation de l'élève, probablement parce que l'engagement dans une démarche scientifique demande plus d'investissement de la part de l'élève que la simple exécution d'un protocole.

L'apprentissage de techniques de manipulation est facilité, selon la littérature et les enseignants, par des protocoles descriptifs précis, complétés par des illustrations et schémas de la technique à appréhender. La littérature suggère également la possibilité de fournir à l'élève avant la séance des ressources lui permettant de se familiariser avec les techniques à employer avant la séance déjà. Les enseignants quant à eux soulignent leur rôle à jouer dans cet apprentissage en tant que guide de l'élève, notamment en validant ou corrigeant les gestes de l'élève durant la séance.

Enfin, pour motiver les élèves lors des travaux pratiques, la littérature suggère à nouveau l'utilisation de l'approche par investigation plutôt que les protocoles descriptifs. L'expérience

devrait également avoir trait à la vie quotidienne de l'élève, où se rapporter à son environnement. Cette piste est également mentionnée par les enseignants interrogés, qui mettent par ailleurs en avant la possibilité d'utiliser une expérience esthétiquement plaisante, ou visant à la création d'un produit que l'élève pourra ramener chez lui. L'échec de l'élève, peu motivant pour ce dernier, est également à éviter si possible.

On constate donc que, pour trois des objectifs étudiés, une approche par investigation est considérée plus efficace qu'un protocole détaillé fourni à l'élève, mais que l'inverse est vrai pour le quatrième objectif.

Une solution pour résoudre cette opposition semble être de mélanger les approches et de penser les travaux pratiques en termes de séquence plutôt que de considérer les séances isolées, comme l'a mis en avant l'une des enseignantes interrogées. Cette solution pourrait avoir des effets particulièrement bénéfiques, puisque Smith (2012a) suggère que l'utilisation de travaux pratiques axés sur une approche par investigation rappellerait à l'étudiant son rôle d'apprenant, et qu'il conserverait cette conscience de son rôle lors d'un retour à des travaux pratiques utilisant une procédure plus détaillée.

La mise en place de travaux pratiques axés sur l'investigation suppose cependant un investissement conséquent de la part des enseignants, puisque il s'agit souvent de s'éloigner d'une longue tradition de protocoles détaillés pour tenter une nouvelle approche potentiellement déstabilisante. Il serait donc particulièrement intéressant de poursuivre cette étude par la recherche de pistes et d'outils pour l'utilisation de cette approche en classe, avec pour but de faciliter le passage d'un paradigme à l'autre. Il serait également intéressant d'établir une base de données regroupant des moyens didactiques pour cette approche, afin de faciliter son adoption au sein des établissements du secondaire II du canton. Nous espérons cependant que cette étude offrira tout de même au lecteur des outils d'analyse pour son enseignement, et des pistes pour explorer de nouvelles manières de conduire une séance de travaux pratiques.

9 Références

- Archambault, J. et Chouinard, R. (2009). *Vers une gestion éducative de la classe*. Bruxelles, Belgique : Groupe de Boeck.
- Black, P. J. et Ogborn, J. M. (1979). Laboratory work in undergraduate teaching. Dans D. McNally (Ed.), *Learning Strategies in University Science*. University College Cardiff Press: ICSU Committee on the Teaching of Science, 161-201.
- Boud, D., Dunn, J. et Hegarty-Hazel, E. (1986). *Teaching in Laboratories*. Milton Keynes, USA: Open University Press.
- Cheung, D. (2001). Teacher Beliefs about Implementing Guided-Inquiry Laboratory Experiments for Secondary School Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 88, 1462-1468.
- CollegeBoard (2013). *AP Chemistry Guided-Inquiry Experiments: Applying the Science Practices Student Manual*. New-York, USA: CollegeBoard.
- Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G. et Ryan, R. M. (1991). Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 325-346.
- DeKorver, B. K. et Towns, M. H. (2015). General Chemistry Students' Goals for Chemistry Laboratory Coursework. *Journal of Chemical Education*, 92, 2031-2037.
- Deters, K. M. (2005). Student Opinions Regarding Inquiry-Based Labs. *Journal of Chemical Education*, 82(8), 1178-1180.
- Domin, D. S. (1999a). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 109-111.
- Domin, D. S. (1999b). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Driver, R. (1988). A Constructivist Approach to Curriculum Development. Dans P. Fensham (Ed.), *Development and Dilemmas in Science Education* (pp. 133-149). London, UK: Falmer.
- Galloway, K. R., Malakpa, Z. et Bretz, S. L. (2016). Investigating Affective Experiences in the Undergraduate Chemistry Laboratory: Students' Perceptions of Control and Responsibility. *Journal of Chemical Education*, 93, 227-238.
- George, B., Wystrach, W. P. et Perkins, R. (1985). Why Do Students Choose Chemistry as a Major? *Journal of Chemical Education*, 62(6), 501-503.

- Green, W. J. et Elliott, C. (2004). "Prompted" Inquiry-Based Learning in the Introductory Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 81(2), 239-241.
- Gupta, T., Burke, K. A., Mehta, A. et Breenbowe, T. J. (2015). Impact of Guided-Inquiry-Based Instruction with a Writing and Reflection Emphasis on Chemistry Students' Critical Thinking Abilities. *Journal of Chemical Education*, 92, 32-38.
- Johnstone, A. H. (1984). New Stars for the Teacher to Steer by? *Journal of Chemical Education*, 61(10), 847-849.
- Johnstone, A. H. (1997). Chemistry Teaching—Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, 74(3), 262-268.
- Moore, J. W. (2006). Let's Go for an A in Lab. *Journal of Chemical Education*, 83, 519.
- Pogačnik, L. et Cigić, B. (2006). How To Motivate Students To Study before They Enter the Lab. *Journal of Chemical Education*, 83, 1094-1098.
- Sheppard, K. (2006). From Justus von Liebig to Charles W. Eliot: The Establishment of Laboratory Work in U.S. High Schools and Colleges. *Journal of Chemical Education*, 83(4), 566-570.
- Shiland, T. W. (1999). Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 107-109.
- Smith, C. J. (2012a). Improving the school-to-university transition: using a problem-based approach to teach practical skills whilst simultaneously developing students' independent study skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 490-499.
- Smith, C. J. (2012b). *Problem Based Practical Activities*. Repéré à <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000939/problem-based-practical-activities>

10 Annexe

10.1 Copie du questionnaire

Question 1 :

On vous demande d'évaluer un TP nouvellement créé. Pour votre analyse, quelle importance attribuez-vous aux critères suivants?

Une seule réponse possible par ligne :

- Pas du tout important
- Pas très important
- Indifférent
- Plutôt important
- Très important

- 1) La performance des élèves est facile à évaluer
- 2) Le TP permet aux élèves de mieux comprendre la théorie du cours
- 3) Les résultats du TP sont reproductibles de manière fiable
- 4) Le TP permet aux élèves de mieux comprendre la démarche scientifique
- 5) Le matériel nécessaire pour le TP est bon marché
- 6) Le TP comporte une marche à suivre claire et complète aux élèves
- 7) Le TP est facile à mettre en place et à ranger
- 8) Le TP permet aux élèves de développer leur autonomie
- 9) Le TP permet aux élèves de travailler en toute sécurité
- 10) Le TP génère peu de déchets
- 11) Le TP motive les élèves pour l'étude de la branche
- 12) Le TP permet d'apprendre aux élèves à réaliser une ou plusieurs manipulations
- 13) L'organisation du TP favorise les interactions entre les élèves (nécessité de s'entraider, travail en commun, etc)
- 14) Le TP favorise les interactions entre l'enseignant et les élèves

Y a-t-il d'autres critères que vous allez prendre en compte?

Question 2 (groupe A uniquement) :

A votre avis, quels facteurs font qu'une séance de TP aide les élèves à mieux comprendre la théorie vue en cours ?

Une seule réponse possible par ligne.

- Très négatif
- Plutôt négatif
- Neutre
- Plutôt positif
- Très positif

- 1) Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)
- 2) L'expérience réalisée est en lien avec le cours
- 3) L'expérience réalisée est liée à la vie quotidienne
- 4) L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)
- 5) Le protocole contient un rappel de la théorie
- 6) Le protocole contient des explications pour la réalisation des manipulations (comment utiliser un appareil ou une pièce de verrerie, etc)
- 7) Le protocole contient des questions portant sur la théorie
- 8) Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience
- 9) Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes
- 10) Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser
- 11) Lors du TP, l'enseignant explique les éléments théoriques
- 12) L'évaluation comprend une partie théorique
- 13) Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter leurs résultats
- 14) Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter la procédure utilisée
- 15) L'évaluation se fait sous forme de rapport
- 16) L'évaluation se fait sous forme de test théorique
- 17) L'évaluation se fait sous forme de rapport prérédigé à compléter par l'élève

Y a-t-il d'autres critères que vous allez prendre en compte?

Question 3 (groupe B uniquement) :

A votre avis, quels facteurs font qu'une séance de TP aide les élèves à développer leur maîtrise de la méthode scientifique ?

Une seule réponse possible par ligne.

- Très négatif
- Plutôt négatif
- Neutre
- Plutôt positif
- Très positif

- 1) Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)
- 2) L'expérience réalisée est en lien avec le cours
- 3) L'expérience réalisée est liée à la vie quotidienne
- 4) L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)
- 5) Le protocole contient un rappel de la théorie
- 6) Le protocole contient des questions théoriques
- 7) Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience
- 8) Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes
- 9) Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser
- 10) Lors du TP, l'enseignant vérifie que les élèves réalisent correctement les manipulations
- 11) Lors du TP, l'enseignant explique les éléments théoriques
- 12) L'enseignant s'assure que tous les élèves atteignent le but prévu
- 13) L'enseignant laisse les élèves libres d'échouer
- 14) Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter leurs résultats
- 15) Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter la procédure utilisée
- 16) L'évaluation se fait sous forme de rapport
- 17) L'évaluation se fait sous forme de test
- 18) L'évaluation se fait sous forme de test pratique direct (l'enseignant observe l'élève)
- 19) L'évaluation se fait sous forme de test pratique indirect (l'enseignant juge les résultats de l'élève)
- 20) L'évaluation se fait sous forme de rapport prérédigé à compléter par l'élève

Y a-t-il d'autres critères que vous allez prendre en compte?

Question 4 (groupe B uniquement) :

A votre avis, quels facteurs font qu'une séance de TP aide les élèves à apprendre à manipuler ?

Une seule réponse possible par ligne.

- Très négatif
- Plutôt négatif
- Neutre
- Plutôt positif
- Très positif

- 1) Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)
- 2) L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)
- 3) Le protocole contient un rappel de la théorie
- 4) Le protocole contient des explications pour la réalisation des manipulations (comment utiliser un appareil ou une pièce de verrerie, etc)
- 5) Le protocole contient des illustrations du matériel utilisé
- 6) Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience
- 7) Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes
- 8) Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser
- 9) Lors du TP, l'enseignant vérifie que les élèves réalisent correctement les manipulations
- 10) L'évaluation comprend une partie pratique
- 11) Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter leurs résultats
- 12) Lors de l'évaluation, les élèves doivent commenter la procédure utilisée
- 13) L'évaluation se fait sous forme de rapport
- 14) L'évaluation se fait sous forme de test
- 15) L'évaluation se fait sous forme de test pratique direct (l'enseignant observe l'élève)
- 16) L'évaluation se fait sous forme de test pratique indirect (l'enseignant juge les résultats de l'élève)
- 17) L'évaluation se fait sous forme de rapport pré-rédigé à compléter par l'élève

Y a-t-il d'autres critères que vous allez prendre en compte?

Question 5 (groupe A uniquement) :

A votre avis, quels facteurs font qu'une séance de TP développe la motivation des élèves pour la branche ?

Une seule réponse possible par ligne.

- Très négatif
- Plutôt négatif
- Neutre
- Plutôt positif
- Très positif

1) Avant d'arriver à la séance de TP, l'élève doit réaliser une activité pertinente (revoir la théorie, faire un exercice, ...)

2) L'expérience réalisée est amusante ou spectaculaire

L'expérience réalisée est en lien avec le cours

L'expérience réalisée est liée à la vie quotidienne

2) L'expérience favorise les échanges entre les binômes (mise en commun des résultats, travail fragmenté entre les binômes, ...)

6) Le protocole détaille la marche à suivre de l'expérience

7) Les élèves doivent établir la marche à suivre eux-mêmes

8) Lors du TP, l'enseignant montre les manipulations à réaliser

9) Lors du TP, l'enseignant vérifie que les élèves réalisent correctement les manipulations

11) Lors du TP, l'enseignant explique les éléments théoriques

12) L'enseignant s'assure que tous les élèves atteignent le but prévu

13) L'enseignant laisse les élèves libres d'échouer

13) L'évaluation se fait sous forme de rapport

14) L'évaluation se fait sous forme de test

15) L'évaluation se fait sous forme de test pratique direct (l'enseignant observe l'élève)

16) L'évaluation se fait sous forme de test pratique indirect (l'enseignant juge les résultats de l'élève)

17) L'évaluation se fait sous forme de rapport prérédigé à compléter par l'élève

Y a-t-il d'autres critères que vous allez prendre en compte?

Question 6 :

Quel est votre profil d'enseignant ?

1) Sexe (une seule réponse possible)

- Femme
- Homme

2) Age (une seule réponse possible)

- < 5
- 5-10
- 11-20
- > 20

3) Années d'enseignement (une seule réponse possible)

- 25-34
- 34-44
- 45-54
- 55 +

4) Disciplines(s) enseignées(s)

- ☐ Chimie
- ☐ Biologie
- ☐ Physique
- ☐ Mathématiques
- ☐ Autre

5) Seriez-vous d'accord d'être contacté pour un entretien d'environ une heure pour discuter plus en détails?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Résumé

Didactique · Chimie · Travaux pratiques · Sciences expérimentales · Secondaire II · Approche par investigation

A l'aide d'une revue de la littérature combinée à un questionnaire et des entretiens auprès des enseignants de chimie du secondaire II, nous nous sommes intéressés aux objectifs que devraient viser les travaux pratiques de chimie du secondaire II, et aux moyens d'atteindre ces objectifs. Nous avons mis l'accent sur quatre objectifs différents : la compréhension de la théorie, l'apprentissage de techniques de manipulation, la familiarisation avec la méthode scientifique et la motivation des élèves.

En ce qui concerne la compréhension de la théorie, la littérature suggère l'utilisation d'expériences ouvertes basées sur l'investigation d'une thématique ou la résolution d'un problème, ainsi que d'utiliser des « pre-labs », soit des activités liées à l'expérience que l'élève doit réaliser avant de venir à la séance de travaux pratiques. Les enseignants suggèrent la rédaction d'un rapport dans lequel l'étudiant doit commenter l'expérience réalisée et les résultats obtenus.

Pour développer la méthode scientifique chez les élèves, l'utilisation d'expériences basées sur l'investigation au lieu de protocoles directifs est là aussi recommandée dans la littérature. Les enseignants, eux, mettent l'accent sur des éléments susceptibles de soutenir la motivation de l'élève pour cette tâche exigeante.

L'apprentissage de techniques de manipulation est facilité, selon la littérature et les enseignants, par des protocoles descriptifs précis, complétés par des illustrations et des schémas de la technique à travailler. Les enseignants soulignent également leur rôle à jouer dans cet apprentissage en tant que guide de l'élève.

Enfin, pour motiver les élèves lors des travaux pratiques, la littérature suggère à nouveau l'utilisation de l'approche par investigation plutôt que les protocoles détaillés. L'expérience devrait aussi avoir trait à la vie quotidienne de l'élève. Cette piste est également mentionnée par les enseignants, de même que l'utilisation d'une expérience esthétiquement plaisante, ou visant à la création d'un produit concret, et la nécessité pour cet objectif d'éviter l'échec de l'élève.