

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

LIRDHIST

Mémoire de DEA

Construction des Savoirs scientifiques

Spécialité : Didactique de la chimie

**La place de la vérification
dans l'enseignement de la chimie**

préparé par

Zeki BAYRAM

Sous la direction de

Mme Françoise KHANTINE-LANGLOIS

Soutenu devant le jury composé de :

Mme V. DURAND GUERRIER

Mr J. GOFFETTE

Mr M. NOTA

Rapporteur : Mr M. CHASTRETTE

Juillet 2001

INTRODUCTION

L'origine de ce travail vient d'une affirmation souvent entendue, dans les salles de professeurs, de la part des enseignants de sciences physiques et jamais contestée, selon laquelle « *les élèves ne vérifient pas leurs résultats* ». Cette déclaration s'accompagnant souvent, de réflexions telles que « ils trouvent 1kg pour la masse de l'électron et ça ne les choquent pas! ».

Claire Margolinas écrivait déjà en 1993 « *Un des aspects intéressants des expériences que nous avons analysées est la présence de très nombreuses procédures de vérification de la part des élèves. Ce fait est notable car il est un lieu commun de dire " que les élèves ne vérifient pas " ce qui semble vrai en situation scolaire habituelle.* »

Qu'en est-il 10 ans plus tard alors que les discours officiels incitent à privilégier l'enseignements de démarches autant que celui des contenus ?

Pour apporter des éléments de réponse à cette question, nous avons cherché à savoir quelle était la place effective de cette activité dans l'enseignement de la chimie au niveau du lycée, comment elle était prise en compte par le contrat didactique ? Qu'est ce que les professeurs attendent de leurs élèves ? Ceux-ci sont-ils au courant de cette attente ? Ont-ils les moyens d'y répondre ?

La limitation à la seule chimie peut paraître surprenante puisque en France les enseignements de physique et de chimie sont toujours associés, mais cette restriction est due au fait que en Turquie, mon pays d'origine, l'enseignement de la chimie est indépendant de celui de la physique et que ma formation ne me permettait pas de travailler en physique.

Notre étude nous a permis de mettre en évidence une grande différence entre les déclarations des professeurs et celles des élèves par rapport aux activités de vérification. Cette différence peut en partie s'expliquer en termes de contrat didactique. Par ailleurs, l'analyse des contenus montrent que les élèves n'ont pas toujours les outils et les connaissances nécessaires pour cette activité. Toutefois les réponses des professeurs ont fourni beaucoup d'indications d'ordre épistémologique que nous n'avons pas eu le temps d'approfondir.

Dans une première partie, nous avons précisé notre cadre théorique, à l'aide des travaux précédents sur le sujet. Cette étude nous a permis de préciser le sens que nous donnons au terme « vérification ».

Par la suite, dans une deuxième partie, nous avons exposé la méthodologie que nous avons adopté.

Dans une troisième partie, nous avons présenté les résultats bruts ainsi que l'analyse que nous en avons fait.

CADRE THEORIQUE ET PROBLEMATIQUE

A- CADRE THEORIQUE

I. Les travaux précédents

En ce qui concerne les recherches en didactique, peu de travaux ont été menés sur le sujet de la vérification. Ceux qui existent sont surtout en mathématiques ou en physique (C. Margolinas 1993, S. Coppé 1993, Hequette et Marconnet 2000, Langlois et al. 1995). Par ailleurs d'autres chercheurs ont étudié les activités de vérification dans le cadre plus vaste de la démarche scientifique (Giordan, 1999).

A notre connaissance, aucun travail n'a été mené jusqu'à présent en France sur la vérification en chimie.

Les travaux de thèse de Sylvie Coppé (1993) portent sur la vérification en mathématiques. Elle s'intéresse au travail personnel et au travail public de l'élève en situation d'évaluation. Claire Margolinas s'inscrit dans une étude plus vaste des situations didactiques ou a-didactique et de la dévolution des problèmes à l'élève.

Dans ces travaux, il s'agit d'études à propos des procédures de vérification adoptées par les élèves à travers l'observation de leur comportement ou de l'analyse de leurs productions effectuées lors de travaux papier/crayon. La conclusion est qu'en fait les élèves ont des procédures de vérification mais qui ne sont pas toujours celles attendues par les professeurs.

Toutes les deux fournissent leur définition de la vérification.

Selon Coppé (1993) :

« Dans l'activité du mathématicien, des processus de vérification font partie des processus de validation qui sont basés sur « le doute » face à un résultat.

« Dans une situation de résolution de problème, un élève a identifié un résultat partiel ou final et il se pose la question de la validité de son résultat.

Nous appellerons vérification tout argument avancé ou tout action mise en œuvre par l'élève pour limiter l'incertitude, si l'élève en a besoin, à ce moment là et dans cette situation.

Une vérification a pour conséquence, soit d'accroître la vraisemblance et éventuellement d'acquiescer la certitude du résultat, soit d'engendrer un doute plus grand et éventuellement de déboucher sur une phase de rectification. »

Margolinas (1989), donne une définition des processus de vérification :

« on pourrait appeler processus de vérification la suite des actions que mène l'élève (seul ou aidé) quand il cherche à assurer par une action de la validité d'un résultat et /ou tente de modifier les actions ou raisonnements qui l'ont conduit à proposer ce résultat. »

En physique, dans le travail mené par Langlois et al. (1995), on trouve des idées similaires :

« La vérification : Nous faisons entrer dans cette rubrique tout retour sur un résultat qualitatif ou quantitatif acquis à l'issue d'une procédure, mais qui du fait de l'utilisation de raisonnement ou de calculs plus ou moins longs, comporte pour l'élève un risque d'erreur plus ou moins fortuit. Il y a vérification d'un résultat quand on en a déjà une certaine idée. La non conformité de ce résultat avec l'idée qu'on s'en faisait ne remet pas d'abord en cause l'opinion de l'élève, elle provoque seulement le fait d'envisager le contrôle des modalités techniques utilisées pour obtenir cette solution. Dans ce contexte, seuls les élèves qui obtiennent des résultats ont effectivement la possibilité de les vérifier. L'activité de vérification peut être volontaire ou explicite, l'élève disant clairement 'je fais ceci pour vérifier.' »

Il faut noter que ces définitions ne font pas intervenir l'idée de vrai ou de faux de façon absolue mais simplement de vraisemblance.

C. Margolinas (1993) précise qu'« il existe un projet de validation qui relève plus pragmatiquement de la vraisemblance ». Toutefois elle écrit aussi « la vraisemblance n'est pas privilégiée en mathématique, puisque l'effort d'élaboration de la démonstration qui lui est spécifique, cherche à transformer le vraisemblable en vérité mathématique. »

Ce dernier point est important à noter car c'est une des différences avec les sciences expérimentales et en particulier avec la chimie telle qu'elle est présentée au lycée et sur laquelle nous reviendrons ultérieurement.

II. La vérification du point de vue philosophique :

Une étude philosophique très complète de ce sujet est faite par G. G. Granger. (1992). Les propos de l'auteur se situent à un niveau de débat bien trop élevé pour nous et nous ne reprendrons que quelques extraits de l'introduction et de la conclusion pour bien nous situer.

Granger situe le terme de vérification dans son contexte le plus général :

« Les mots vérification et vérifier appartiennent à la langue la plus commune, mais avec des usages variés. Sans doute y a-t-il de notables différences entre le sens de « vérifier » dans « vérifier la présence de quelqu'un dans la salle », « vérifier un témoignage », « vérifier une hypothèse », « vérifier un calcul »... Ce serait ici le lieu, peut-être, d'invoquer la notion wittgensteinienne de la multiplicité des jeux de langage, et de rapporter la communauté de signification de ces usages divers à un « air de famille. » (p.9)

Puis reprenant la définition donnée par le dictionnaire ramène cette diversité à deux orientations principales :

« Selon l'une, vérifier c'est, pour l'essentiel, confronter un énoncé avec les faits ; selon l'autre, c'est examiner une chose « pour voir si elle est telle qu'elle doit être », comme le dit fort clairement le Littré. Pareille distinction correspondrait assez bien à mon sens , à une division philosophique du problème de la vérification. C'est ainsi que l'on rapporterait le premier sens à une question gnoséologique générale concernant le rapport d'adéquation au vécu, à l'expérience du symbolisme dans lequel s'exprime une connaissance; le second sens nous ramènerait plutôt à des problèmes épistémologiques spécifiques , c'est à dire à l'examen qui s'établit entre les symbolismes et des objets constitués en un système plus ou moins explicite. » (p.9)

Et dans sa conclusion :

« la vérification ne saurait y être décrite comme simple constatation de la concordance de concepts et de données, pas plus que comme la simple cohérence interne d'un système abstrait. » (p 301)

Dans cet ouvrage, un chapitre est entièrement consacré à la vérification en sciences expérimentales. Toutefois la chimie n'est pas pour autant évoquée, les exemples cités restant très proches des mathématiques. C'est pourtant à cet aspect très restrictif de la conclusion que nous nous limiterons pour notre définition. Nous resterons au niveau du sens commun et envisagerons les nombreuses utilisations des mots vérifier/vérification.

Nous notons cependant que les définitions données par les dictionnaires, telles que les reprend Granger, font apparaître 3 éléments qui nous semblent essentiels :

- 1- « L'idée de confrontation. »
- 2- « Les faits c'est à dire une réalité observable. »
- 3- « L'existence d'une référence a priori (telle quelle doit être) »

En revanche, ces définitions ne font référence ni à la vérité, ni à l'erreur.

De ce fait nous n'introduirons pas de distinctions entre vérification et validation et utiliserons le mot validité dans son sens commun.

En conclusion, notre définition de l'activité de vérification par les élèves :

Après chaque activité conduisant à un résultat qualitatif ou quantitatif, les élèves devraient avoir le réflexe de se poser la question :

« Quelle est la signification de mon résultat ? Est-il compatible, cohérent avec toutes les autres informations dont je dispose par ailleurs ? »

Ceci fournit une vraisemblance, une non impossibilité du résultat sans pour autant qu'il soit juste ou vrai.

III. La chimie :

III. 1. Sa spécificité

Notre étude est centrée sur la chimie, ce qui nous oblige à caractériser la spécificité de cette discipline par rapport à ce que l'on appelle dans les programmes français les sciences physiques. Il faut préciser qu'il s'agit de la chimie telle qu'elle apparaît dans l'enseignement et qui n'est sans doute pas la même que celle du chimiste.

La chimie est définie comme " science de la constitution des divers corps, de leurs transformations et de leurs propriétés " alors que la physique "étudie les propriétés générales de la matière et établit des lois qui rendent compte des phénomènes matériels"(Petit Robert)

Dans l'enseignement, la chimie se distingue des autres disciplines, d'une part par des expériences qualitatives mettant en jeu les propriétés des corps (couleurs, odeurs, etc...) et par ailleurs d'un point de vue plus abstrait via l'écriture des équations-bilans .

*Le programme de collège et de lycée indique « La chimie est par excellence le domaine du **raisonnement qualitatif** où il s'agit moins de savoir utiliser des concepts mathématiques que de décoder, sous le phénomène complexe, les facteurs prédominants. » (B.O. 31, 30 Juillet 1992)*

Au lycée les mesures que l'on fait sont surtout des mesures de quantités de matière via des masses et des concentrations.

Contrairement à ce qui se passe en physique, on utilise peu de relation littérale entre grandeurs et peu de formules mathématiques. Cependant les valeurs numériques couvrant plusieurs ordres de grandeurs on y recourt souvent à la fonction logarithme ce qui n'est pas sans conséquence pour notre sujet.

Par ailleurs; dans notre domaine d'étude, l'enseignement de la chimie, on peut distinguer deux activités scolaires bien différentes au cours desquelles les élèves obtiennent des résultats :

- *les exercices papier/crayon (TD)*
- *les activités expérimentales (TP)*

Un résultat d'exercice ou de travaux pratiques n'est pas nécessairement un résultat numérique ou le fruit d'un calcul comme le montrent les exemples ci-dessous :

Enoncés d'exercices :

- « *L'acetate de benzyle est-il soluble dans l'eau salée ?* »¹
- « *Quels sont les réactifs utilisés lors de la synthèse du savon ?* »¹
- « *Quelle est l'équation chimique de la réaction qui s'est produite dans le tube à essai ?* »¹

¹ Physique-Chimie, 2^{nde}, Hachette 2000, p170

« Donner la représentation de Lewis du méthanal ! »²
« Prévoir la géométrie de ces molécules ? »²

Enoncé en TP :

« Dans un tube à essai, introduire un petit copeau de tournure de cuivre Cu et ajouter 1 ml environ d'une solution d'acide nitrique.

Résultat : Une réaction vive se produit : la solution s'échauffe et prend une teinte bleue. »³

Dans ce dernier exemple, le résultat peut ne pas être obtenu du tout si le cuivre utilisé est recouvert d'un vernis (fil électrique par exemple), la coloration bleue n'être pas visible alors que pourtant la réaction a eu lieu.

III. 2. La nécessité de la vérification en chimie:

Il semble admis que l'activité de vérification fait partie de la démarche scientifique, par conséquent elle est « la pratique de référence » des scientifiques.

Par ailleurs les instructions officielles insistent sur la nécessité de faire acquérir aux élèves des méthodes propres aux démarches scientifiques.

« L'enseignement de la chimie, science de la transformation de la matière, a pour premier objectif, à côté des autres disciplines scientifiques et technologiques, de faire acquérir les méthodes propres aux démarches scientifiques et technologiques. Peut-être plus que les autres disciplines, la chimie rassemble l'ensemble de ces activités scientifiques et technologiques. » (B.O. 31, 30 Juillet 1992, p 2087)

Dans le cadre de la didactique des sciences expérimentales, si l'un des objectifs de « l'éducation scientifique » est de faire acquérir aux élèves « l'esprit scientifique », dans ce cas on peut parler de l'activité de vérification comme partie intégrante de la démarche scientifique.

« Par contre, beaucoup de chercheurs et praticiens de l'enseignement des sciences s'accordent à dire que l'objectif fondamental de l'enseignement des sciences consiste à transmettre aux élève une conception critique de l'activité scientifique, en leur donnant des clés essentielles leur permettant de répondre à des questions scientifiques et techniques de la vie quotidienne et en développant chez eux des méthodes de pensée qui s'apparentent à celles des scientifiques mises en œuvre dans leur travail. » (Mujawamariya, 2000)

Plusieurs travaux en didactique ont soulevé la question de la nécessité de l'apprentissage des démarches scientifiques. Dans son ouvrage, A. Giordan (1999) propose 7 attitudes scientifiques à acquérir par les élèves :

² Chimie terminale , Hachette 1995, p202

³ Physique-Chimie, 2^{nde}, Hachette 2000, p177

- La curiosité,
- La créativité,
- L'envie de chercher (activités investigatrices),
- L'ouverture vers les autres (communication),
- La confiance en soi,
- L'activité critique,
- L'ouverture à l'environnement.

L'activité de vérification apparaît comme une composante principale de la démarche scientifique sous la rubrique « l'activité critique ». Nous reprenons ci-dessous les quatre niveaux que l'auteur donne de l'activité critique et sur lesquels nous nous basons pour analyser la séance d'observation de TP :

Niveau 1	L'élève accepte tout ce qui se présente sans le mettre en question. Il tient les idées acquises pour une vérité.
Niveau 2	Il commence à se poser des questions et discute ce que disent les autres quand le maître le lui demande. Il s'attache plus à la façon de présenter qu'au contenu critique sans émettre d'argument.
Niveau 3	Il se pose des questions sur le travail des autres. Il critique par lui-même, parfois de façon incomplète ; il tient compte des éléments qui infirment ses résultats. Il verbalise sa critique par des arguments.
Niveau 4	Il remet en question quelques idées établies, en se référant à son expérience. Il contrôle les faits en tenant compte de tous les éléments présents dans sa recherche.

L'activité critique : les divers niveaux. (D'après Giordan,1999)

Selon cette perspective, pendant ou à la fin des activités d'enseignement, quand l'élève obtient un résultat partiel ou final, il doit porter « **un jugement critique** » sur celui-ci. C'est à dire il doit se poser la question de la validité de son résultat. A ce stade, la nécessité de la vérification dans l'enseignement des sciences apparaît.

En négligeant cet aspect de la démarche, nous prenons le risque d'empêcher la formation de l'esprit scientifique et de voir se produire des incidents notables dus à une absence de vérification, telle que le montre exemple ci-dessous, même s'il ne fait pas référence à la chimie :

« En perdant son satellite martien, la NASA nous a fourni un autre exemple d'erreur imputable au microcosme humain. Les supercracks du spatial n'ont pas vérifié les unités de mesure. Erreur de potache. Coût : 120 millions de dollars et l'image de la NASA à nouveau affaiblie. » (La Recherche, Novembre 1999, p.5)

IV. Le cadre scolaire:

Nous nous plaçons dans le cadre de l'enseignement des sections scientifiques des lycées classiques, en situation de classe.

Les contenus sont donc ceux imposés par les programmes en vigueur (cités en références), les contraintes celles d'un lycée ordinaire (pas de choix des horaires, élèves non volontaires, non sélectionnés). Les activités des élèves sont de deux natures : exercices papier/crayon et travaux pratiques avec manipulations réelles. Parmi les contraintes spécifiques aux travaux pratiques de chimie il y a le respect de règles de sécurité spécifiques, la manipulation de matériel, de verrerie fragile, de produits dangereux et de produits susceptibles de couler ou de tacher ; contraintes qui n'existent évidemment pas dans les exercices papier/crayon ou en mathématiques.

V. Contrat didactique :

« Le contrat didactique est en réalité l'ensemble des règles qui régissent le jeu entre les différents partenaires de la situation didactique. C'est ce contrat didactique qui précise tant la place de l'élève que celle de l'enseignant, voir du savoir, durant toute la situation didactique. » (Jonnaert, 1988)

Pour Guy Brousseau, une situation didactique fait intervenir deux acteurs : le maître d'une part et l'élève d'autre part. Le professeur va d'un côté proposer un problème tandis que de l'autre, l'élève aura à sa charge de le résoudre. Un contrat didactique va ainsi se construire entre l'enseignant et l'élève pour chaque situation didactique, afin d'en fixer les règles et sera modifié au moindre changement de la situation didactique à laquelle il appartient.

« Le contrat didactique est la règle du jeu et la stratégie de la situation didactique. (...) Mais l'évolution de la situation modifie le contrat qui permet alors l'obtention de situations nouvelles. » (Brousseau, 1986)

Brousseau continue et précise la nature et la fonction du contrat. D'après lui, c'est une relation entre l'enseignant et l'élève qui détermine le rôle et la responsabilité de chacun envers l'autre. Cette relation n'est pas totalement explicite, elle est, dans sa grande part, implicite :

« Le contrat didactique repose sur « une relation qui détermine – explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement – ce que chaque partenaire, l'enseignant et l'enseigné, a la responsabilité de gérer et dont il sera d'une manière ou d'une autre, responsable devant l'autre. » (Brousseau, 1986)

D'ailleurs, à chaque situation didactique correspond implicitement un contrat qui lui préexiste et la détermine. L'enseignant, autant que l'élève, est soumis à ce contrat. Toutefois, le contrat définit, dans un certain sens, le métier de chacun : élève et enseignant, aucun des deux ne peut remplacer l'autre.

Par ailleurs le contrat didactique n'est pas statique au cours de l'activité d'enseignement ou d'apprentissage, au contraire, il est évolutif : il passe par des moments de rupture et par suite de renouvellement, d'ailleurs ce sont les ruptures du contrat qui rendent l'activité d'apprentissage plus fructueuse et plus significative. En plus, ce sont les moments de rupture qui révèle le contrat didactique.

« 1- Le contrat didactique est toujours déjà-là, il préexiste à la situation didactique et la surdétermine. L'enseignant y est contraint tout autant que l'élève, pour ce qui le concerne.

2- Le contrat didactique définit le métier de l'élève, autant que le métier du maître, aucun des deux ne pouvant se substituer l'un à l'autre, sans faire effondrer la tâche d'apprentissage.

3-Le contrat didactique ne se manifeste qu'à l'occasion de ses rupture. Il est évolutif au cours de l'activité. » (Astolfi et al., p.61, 1997)

L'un des éléments définissant le contrat didactique existant en classe, est la différence de statut de chacun des acteurs : l'élève et l'enseignant. En effet l'enseignant est le porteur du savoir et c'est le maître de la classe. Alors, c'est lui qui fait le cours, qui gère la classe, qui décide du temps consacré à telle ou telle notion (le temps didactique), qui annonce le début et la fin, ainsi que le déroulement, de chaque activité. Quant à l'élève, il a le statut de celui qui ne sait pas, il est là pour apprendre. Il doit obéir à la façon et au rythme imposé par le maître de la classe, ce dernier n'assume pas toujours le temps nécessaire pour l'élève pour pouvoir maîtriser l'objet d'enseignement, le temps d'apprentissage est souvent soit ignoré soit non respecté de la part de l'enseignant car assimilé au temps d'enseignement.

D'après Chevallard, dans le détail du contrat didactique, sont définies, à chaque instant, les places respectives de l'enseignant et de l'apprenant : à chaque instant, il y a ce que l'enseignant doit enseigner et la manière dont il doit l'enseigner ; d'autre part, il y a ce que l'élève doit apprendre.

« Lorsque la transposition didactique opère sur les objets à enseigner selon la différenciation empiriste du « donné » et de la « théorie », l'élève va se retrouver du côté de l'empirie, de la « constatation », de la « vérification », de l' « application », etc. Au maître sera réservée la théorie. Il y a donc ce que le maître enseigne, plus précisément ce que le maître doit enseigner et la manière dont il doit l'enseigner, et il y a ce que l'élève doit savoir. En ce point, il convient de noter que les deux registres en lesquels, à chaque instant, se spécifie la différence des places de l'enseignant et de l'enseigné, sont inscrits dans le détail du contrat didactique. » (Chevallard, 1985)

Aucune situation didactique ne peut exister sans des règles qui déterminent le rôle de chacun des partenaires de cette situation. Ces règles permettent de distinguer la place du savoir aussi bien qu'elles précisent la place et la fonction de l'enseignant et celle de l'enseigné. Ces règles du jeu sont nécessaires dans les situations didactiques de toutes les disciplines sans exception.

« Le contrat didactique est fondamental à toute situation didactique ! Il est illusoire d'imaginer des situations didactiques sans contrats, quelle que soit la discipline en jeu durant la situation didactique envisagée. La situation la plus libre contient au minimum une règle : l'absence de règle. Et « l'absence de règle » est, paradoxalement, une règle et constitue le contrat didactique » (Jonnaert, 1988)

D'autre côté, P. Jonnaert (1988), dans son livre, donne une hiérarchisation des divers types de contrat didactique pouvant gérer la classe :

- *Explicites et formulés ;*
- *Tacites mais convenus ;*
- *Tacites et non convenus ;*
- *Implicites et inconscients.*

Par ailleurs ces règles peuvent être :

- *Unilatérales, (décidées par un seul partenaire), ou au contraire négociées entre les partenaires ;*
- *Externes à la stricte situation didactique, (par exemple un règlement d'école imposé par une hiérarchie externe à la relation didactique), ou au contraire internes à la situation didactique et strictement spécifiques à cette dernière ;*
- *Spontanées, (qui se sont développées spontanément en cours de séquence(s) didactique(s)), ou au contraire préexistantes à la situation didactique. »*

VI. Le contrat et la vérification :

Dans une éducation scientifique, on souhaite amener l'élève à porter un jugement critique sur les résultats qu'il obtient. C'est-à-dire qu'il discute la validité de son résultat.

Dans une situation d'enseignement classique, les problèmes ou les questions de chimie que l'élève cherche à résoudre lui sont données soit oralement par le professeur, soit par le biais d'énoncés dans le cas d'exercices puisés dans les manuels scolaires. En travaux pratiques c'est le protocole qui guide l'élève.

Quelque soit le cas, l'élève se trouve dans une situation où il agit à la demande du professeur ou du manuel. Si, dans chacune des situations, on ne demande pas aux élèves de vérifier leurs résultats, ceux-ci risquent de ne pas percevoir la vérification des résultats comme une tâche (ou une attitude) nécessaire pour l'enseignement.

Nous donnons ci-dessous une liste des voies par lesquelles le contrat peut **explicitement** provoquer chez les élèves un recours à la vérification :

- Les instructions orales du professeur.
- Les questions dans les manuels.
- Les questions dans les protocoles de TP.
- La prise en compte des réponses à ces questions dans la note et l'attribution d'un nombre de points plus ou moins important. Cela aura évidemment une grande influence sur l'importance que les élèves attribueront à cette activité.

Les voies **implicites** étant ;

- Le comportement du professeur face à un résultat en classe.
- Les rédactions des exercices corrigés dans les manuels.

- Eventuellement des "bonus" attribués par les professeurs aux élèves qui font des remarques critiques de leur résultat lorsque ce n'est pas explicitement demandé.

Si les comportements souhaités ne sont pas atteints, ce peut être du à l'absence de ces différentes voies, ce peut aussi être liés à un manque de temps, puisque le temps didactique est une composante importante du contrat.

B- PROBLEMATIQUE

Dans le cadre de la didactique des sciences expérimentales, l'un des objectifs de « *l'éducation scientifique* » est de faire acquérir aux élèves « *l'esprit scientifique* ». Or l'activité de vérification est une composante de la démarche scientifique, par conséquent elle est « *la pratique de référence* » des scientifiques.

Dans cette perspective, pendant ou à la fin des activités d'enseignement, quand l'élève obtient un résultat partiel ou final, il doit porter « **un jugement critique** » sur celui-ci. C'est à dire il doit se poser la question de la validité de son résultat. Le résultat est le produit d'une activité demandée en général par le professeur à l'élève, cette activité visant à faire acquérir une compétence ou une connaissance à l'élève.

Comme nous l'avons dit plus haut, dans les salles des professeurs on entend souvent dire que les élèves ne vérifient pas leurs résultats c'est pourquoi nous pouvons nous poser les questions suivantes :

Question principale de recherche :

« Pourquoi les élèves ne vérifient-ils pas spontanément leurs résultats ? »

Les sous-questions qui en découlent :

Question 1 :

« Les enseignants font-ils de la vérification un objectif d'apprentissage ? »

Question 2 :

« Les élèves ont-ils les outils et les connaissances qui leur donneraient la possibilité de vérifier leurs résultats ? »

Question 3 :

« Cette activité fait-elle partie du contrat explicite, est-elle prévue dans les programmes, les manuels ? »

II. Les hypothèses

Hypothèse 1 :

« Un manque de référence à la vérification dans les programmes de chimie pourrait être à l'origine de la non prise en compte de cette nécessité par les enseignants. »

Hypothèse 2 :

« La nature du contrat didactique fait que les élèves n'ont pas recours spontanément à la vérification. »

Hypothèse 3 :

*« Même s'ils ont un esprit critique, les élèves n'ont pas **les références utiles** pour vérifier ce qu'ils ont obtenu. »*

C- METHODOLOGIE :

Nous rappelons que notre objectif est de répondre à des questions se rapportant à l'activité de vérification des résultats par les élèves :

Est-il vrai que les élèves ne pratiquent pas cette activité ?

1) Si les élèves ne vérifient pas est-ce ;

- parce que ce n'est pas au programme (donc le professeur ne se sent pas obligé de l'enseigner, ce n'est pas dans le contrat.) ?

- parce qu'ils ne savent pas qu'ils doivent le faire (le professeur le sait mais ne le demande pas explicitement. (contrat non explicite) ?

- parce qu'ils ne savent pas le faire (contrat explicite mais manque de moyens, on ne leur a pas appris à le faire.) ?

2) Si les élèves vérifient, pourquoi le professeur ne le sait-il pas / ne le voit il pas ?

parce que ce que font les élèves ne correspond pas à ce qu'attend le professeur. ?

Afin de mettre à l'épreuve nos hypothèses ou de trouver les réponses à nos questions, nous avons utilisé simultanément plusieurs outils méthodologiques détaillés ci-dessous.

I. Analyse des programmes et des manuels :

Pour les programmes et les manuels nous avons simplement recherché dans les textes des mots et des phrases clés faisant référence de manière explicite ou implicite à des activités de vérification.

II. Les questionnaires, les entretiens et l'observation en TP :

Pour repérer les éventuels effets du contrat, sur les attitudes et stratégies des élèves et des professeurs par rapport à la vérification, nous avons utilisés des questionnaires pour des professeurs et des élèves. Ces questionnaires ont été complétés par :

- des entretiens semi-directifs avec des professeurs.
- une observation de TP assorti d'un questionnaire et du relevé de compte rendus des élèves.

Chacun des questionnaires a été proposé en une première version, puis en une seconde remaniée en fonction des premiers résultats; il s'est agi à chaque fois d'une meilleure formulation des questions ou de questions plus détaillées.

Les questions posées concernent la vérification en chimie. Afin d'insister sur cet aspect, ce terme a été délibérément écrit en majuscule. Nous avons par ailleurs scindé les activités de

la chimie en deux catégories : partie expérimentale (TP) et partie dite papier/crayon (exercices, TD...)

Afin d'obtenir les conceptions des élèves et des enseignants sur l'importance ou la nécessité de la vérification, il était nécessaire de les inciter à s'exprimer librement. C'est la raison pour laquelle nous avons jugé utile de rajouter les questions « *pourquoi* », « *comment* », « *expliquer* ».

II.1. Questionnaire pour professeurs : Q1a et Q1b

Le questionnaire Q1a (annexe 1) a été diffusé auprès de 10 professeurs de sciences physiques qui enseignent dans différents lycées lyonnais. Le Questionnaire Q1b (annexe 1) a été proposé à 10 professeurs lyonnais autres que ceux qui ont répondu au questionnaire Q1a.

Notre objectif était de faire expliciter par les professeurs les raisons du non recours spontané des élèves à la vérification :

Selon les professeurs pourquoi les élèves le font-ils ou ne le font-ils pas ? Comment le font-ils ?

La vérification fait-elle partie de leur contrat ? Est-ce, dans les programmes, l'ont-ils explicitement demandé ?

II.2. Questionnaire pour élèves : Q2a et Q2b

Le questionnaire Q2a (annexe 2) a été proposé dans une classe de seconde et une classe de terminale au cours d'une séance de TP . Nous avons eu chaque fois 10 réponses fournies par des binômes d'élèves. Comme les réponses étaient peu différentes entre les deux classes nous avons choisi par la suite de diffuser notre questionnaire réarrangé Q2b auprès d'élèves de Terminale S. En effet, la classe de Terminale nous semble plus représentative des acquis par rapport aux activités de vérification, leur parcours scolaire étant plus long que celui des élèves de seconde.

Le questionnaire Q2b a été diffusé auprès de 32 élèves de la classe de Terminale S au lycée « Pontus de Thiard » à Chalon sur Saône. Les questionnaires ont été remplis en classe pendant une période de 10 à 15 minutes de manière individuelle et anonyme. (Annexe 2)

L'objectif de ce questionnaire était de cerner le point de vue des élèves par rapport à l'activité de vérification :

Selon eux, ont-ils spontanément recours à la vérification à la fin de chaque activité d'enseignement ? pourquoi le font-ils ou ne le font-ils pas ?

Comment le font-ils? Sur des instructions explicites ou implicites ?

Fait-elle partie de leur contrat ?

II.3. Les Entretiens :

Afin de délimiter notre sujet et d'affiner notre problématique nous avons mis en place un entretien libre avec un professeur physique-chimie. (Entretien E1, annexe 3)

Par la suite et à l'issue de la passation des questionnaire professeur, nous avons décidé, de faire de nouveau, des entretiens semi-directifs (annexe 4) avec des professeurs de chimie au lycée afin de préciser certaines réponses obtenues dans le questionnaire.

Nous avons contacté, dans différents lycées (Lycée Edouard Herriot, Lycée Branly et Lycée J. Perrin.), 3 professeurs ayant une longue expérience de l'enseignement. Les entretiens (E2, E3, E4) ont duré à peu près entre 25-35 minutes. Les professeurs étaient tous volontaires, maîtres de stage à l'IUFM et ils enseignent en Terminale scientifique. (Annexe 3)

II.4. L'observation d'un TP :

La nécessité d'une observation en séance de TP :

Si dans une première étape, nous avons préparé et diffusé des questionnaires auprès de professeurs et d'élèves afin de dégager leurs points de vue sur la vérification, il nous a semblé utile de compléter ceci par des observation lors de séance de TP. En effet il nous paraît nécessaire de confronter ce que disent les enseignants et les élèves avec ce qui se passe réellement en classe.

Et comme nous l'avons déjà mentionné, les activités des élèves sont découpées institutionnellement en exercices papier/crayon et travaux pratiques.

Or en chimie, que ce soit dans le domaine de la recherche où dans celui de l'enseignement, nous pensons que c'est au niveau des activités expérimentales que peut ressortir ou apparaître **la spécificité de la vérification** en chimie. C'est pour cette raison que nous avons jugé utile de faire des observation en séance de TP.

L'objectif de l'observation en TP:

Il était question d'observer les attitudes des élèves vis à vis de la vérification en séance de TP.

- 1) Est-ce que les élèves ont spontanément recours à la vérification ?
- 2) Quels sont les outils ou les connaissances auxquels les élèves ont recours pour vérifier leurs résultats ?

Avant la réalisation du TP :

1) Le choix du TP à observer :

Plusieurs travaux pratiques proposés en terminale consistent à déterminer les concentrations de divers constituants et ont pour objectif l'apprentissage et la mise en œuvre de méthode classique (dosage en retour par exemple) ou l'utilisation de certains appareillages (ampoule à décanter, pH mètre) le résultat obtenu pour la grandeur mesurée étant finalement secondaire.

Notre premier entretien avec un professeur avait eu lieu à l'issue d'une séance de TP intitulée « *Dosage des ions chlorure par la méthode de Charpentier Volhard* » (protocole en annexe 6). Au cours de cet entretien le professeur⁴ nous avait confié :

« ...en fait pour l'exemple du lait en poudre, je vais vous dire franchement, moi je ne savais pas combien y avait dedans. J'ai un peu découvert en faisant ces expériences, mais je veux dire c'est pas franchement mon occupation de savoir combien des ions chlorures dans le lait en poudre c'est vraieuh !.....c'est vrai les ordres de grandeurs souvent connaît pas.»

Il nous fallait donc chercher un TP où ce résultat soit facile à contrôler.

Avec l'aide d'un professeur de sciences physiques (au Lycée Laccassagne à Lyon), nous avons choisi un TP habituellement proposé par ce dernier, figurant dans le manuel⁵ de physique-chimie de terminales S (annexe 5), et ayant pour objectif de « comparer les résultats obtenus aux indications des étiquettes de bouteille ».

2) Discussion et réécriture du protocole avant le TP :

Nous avons proposé au professeur de modifier le texte du protocole (annexe 6) afin d'en supprimer toute allusion à la vérification. Notre objectif était de voir si l'élève vérifie spontanément ses résultats obtenus quand on enlève du protocole la consigne « *comparer votre résultat avec la valeur indiquée sur la bouteille* », afin de vérifier un éventuel effet du contrat didactique lié au protocole.

De même nous avons proposé à l'enseignant d'éliminer du protocole les noms des eaux utilisées lors du TP (comme Evian, Volvic etc.) ainsi que le mot « minérale » dans le titre du protocole. Notre objectif était de voir si les élèves demanderaient au professeur quel type d'eau ils ont utilisé dans ce TP.

3) Diffusion d'un questionnaire à la fin du TP :

Nous avons préparé un questionnaire à diffuser auprès des élèves à la fin du TP (annexe 5). La séance s'achevant par l'obtention de résultats expérimentaux, nous avons demandé aux élèves s'ils auraient pu donner une estimation ou un ordre de grandeur des résultats avant leurs obtentions. Notre objectif, par cette question, est de savoir si les élèves ont une idée concernant le résultat.

Nous leur avons aussi demandé comment ils auraient pu contrôler le résultat qu'ils ont trouvé. Avec cette question, notre objectif est de savoir si les élèves ont les outils qui leur permettraient de contrôler leur résultat et s'ils maîtrisent leurs utilisations.

Les comptes rendus :

Enfin nous avons relevé les rapports rendus par les élèves une semaine plus tard, afin de voir si nous retrouvions trace de cette activité, alors qu'elle ne figurait pas explicitement dans le protocole. L'idée était d'avoir une indication de l'intérêt que les élèves pouvaient avoir vu dans ce contrôle de leur résultat.

⁴ Entretien 1, L.30

⁵ Physique-Chimie enseignement de spécialité, Nathan 1995, p.130

Tableau récapitulatif chronologique de notre méthodologie :

Date	Méthodes utilisées	Objectifs
Avril 2000	Q1a : Questionnaire professeur (10 professeurs codés 11-20.)	Faire expliciter par les professeurs leur attente sur les activités vérification a faire par les élèves
Septembre 2000	E1 : 1 ^{er} entretien avec un professeur.	Affiner notre problématique.
Janvier 2001	- Q2a : Questionnaire élèves (10 de TS et 10 de 2 nd e.)	Faire expliciter par les élèves leurs activités de vérification et leurs motivations pour les faire.
Mars 2001	- Q2b : Questionnaire élèves réarrangé (32 élèves de TS.)	Le Q2a a permis d'affiner les questions pour Q2b.
Février 2001	- Observation d'un TP. - Q TP : Questionnaire élèves en fin de TP. - Relevé de compte-rendu d'élèves.	- Observation de la spontanéité de la vérification chez les élèves. - Détermination des références utilisées par les élèves pour vérifier leur résultat. (Une semaine plus tard.)
Mars 2001	Q1b : Questionnaire professeur réarrangé (10 professeurs numérotés 1-10)	Reprend les mêmes objectifs que Q1a avec des questions plus explicites et plus détaillées afin d'obtenir des réponses plus explicites et plus justifiées.
Mai 2001	E2, E3, E4 : Entretiens avec les professeurs (8,9,10)	Complément du questionnaire.

D- ANALYSE A PRIORI

I- Un raisonnement simple sur la vérification :

D'abord il faut préciser que l'on utilise le terme de « vérification » dans le sens de « contrôle » du résultat obtenu par sa non contradiction avec les données de la question et les références dont on peut disposer par ailleurs.

Pourquoi on fait la vérification ?

Pour contrôler si le résultat obtenu est satisfaisant, s'il n'est pas en contradiction avec une autre information dont nous disposons par ailleurs, quelque soit l'origine de cette information. Nous préférons utiliser satisfaisant plutôt que juste qui renvoie à vrai/ vérité.

Quelles sont les raisons qui nous poussent à vérifier ?

Lorsque nous avons **le doute** sur la validité de ce que nous avons fait, nous éprouvons le besoin de vérifier.

Ce doute peut se situer a plusieurs niveaux :

- doute sur la validité du cadre théorique utilisé,

A l'intérieur de ce cadre ;

- doute sur les procédures utilisées , leurs choix ou leurs mises en œuvre avec tous les risques d'oublis, d'erreurs ou dans le cas de travail expérimental de fausse manœuvre.

Dans le cas de leurs travaux scolaires les élèves ne sont pas en mesure de remettre en cause la validité du cadre théorique et nous ne considérons que le deuxième cas ici.

Nous nous plaçons aussi dans l'hypothèse d'un travail normalement réalisé (« élèves sérieux ») et excluons le cas des oublis ou erreurs dus a un travail bâclé.

Pourquoi le résultat n'est pas vérifié par les élèves ?

Parce qu'ils n'ont pas de doute sur la façon dont ils ont obtenu leurs résultats.

Parce qu'ils ne sont pas curieux de la validité de leurs résultats.

Parce qu'ils n'ont pas les outils et les connaissances nécessaires.

Pourquoi ne doutent ils pas de la validité de leurs résultats ?

Parce que le mécanisme d'auto-contrôle n'est pas bien développé chez les élèves, ils n'ont pas besoin de le faire. Les procédures leurs sont fournies. Ils sont convaincus que s'ils ont suivi les instructions le résultat est correct . Seuls ceux qui ne sont pas sur d'avoir bien compris les instructions doutent ? La question est simplement « *est-ce que j'ai bien fait ce qui m'est demandé ?* »

Cela provient du **contrat** didactique entre le professeur et des élèves : Le professeur fournit les informations qui conduisent au résultat, celui-ci doit donc automatiquement être compatible avec les données qu'il a fournies. C'est-à-dire les élèves ne vérifieront cette compatibilité que si le professeur le demande c'est à dire si le professeur déclare ne pas le garantir ou veut montrer aux élèves d'où lui-même tire cette « garantie ».

On peut alors se demander ***pourquoi les professeurs ne montrent pas*** plus souvent aux élèves « comment ils font ».

Plusieurs réponses sont possibles :

- Celles qui relèvent du contrat.

Parce que ce n'est pas dans les instructions officielles c'est à dire pas *dans les programmes ou leurs commentaires* et donc pas dans les manuels.

Parce qu'ils n'en ont pas le temps. La contrainte du temps didactique est très forte en classe.

- Celles qui relèvent de l'épistémologie.

Parce qu'ils ne le font pas eux-mêmes, parce qu'ils pratiquent rarement eux-mêmes une véritable démarche expérimentale et reproduisent des exercices ou des manipulations dont on leur a également fourni le protocole et les résultats

Cette question en soulève d'autres relatives aux références possibles pour contrôler les résultats. Quelles sont les informations dont il faut disposer, où les trouve-t-on ? dans la vie courante, dans les acquis précédents, dans les manuels, dans des ouvrages disponibles au laboratoire....

Dans le cadre limité de ce travail nous ne pouvons pas répondre à toutes ces questions et nous nous sommes centrés sur le contrat, même si, comme nous le verrons plus loin, les réponses des professeurs renvoient aussi aux autres points évoqués.

Il faut préciser que nous avons construit nos questions dans le but d'obtenir des réponses précises et non seulement des réponses du type : « Vérifier c'est comparer la théorie à l'expérience ».

II- L'analyse à priori des questionnaires professeurs :

La question 1 sert d'introduction au questionnaire et permet de comparer le point de vue des professeurs avec celui des élèves.

Initialement nous voulions savoir ce que les professeurs attendaient des élèves du point de vue comportement dans les deux types de travaux de classe habituels exercice papier/crayon et TP afin de déterminer leur interprétation du contrat. (questionnaire Q1a, Q1b, annexe 1)

Devant leurs difficultés à répondre, nous avons bien précisé dans le questionnaire Q1b que nous voulions des réponses relatives à la chimie uniquement.

Nous attendions des réponses faisant références à la discipline et à sa spécificité, aux difficultés rencontrées. En travaux pratiques par exemple ;

« la présence d'impuretés qui perturbent les résultats attendus et ne sont pas « faux » pour autant ».

Nous pensions que les réponses évoqueraient aussi le fait que *les concentrations sont des grandeurs sans références dans le quotidien et par ailleurs utilisées via leur logarithme pour le pH.*

La question 3 reprenait la question 1 en introduisant les activités spontanées des élèves c'est à dire celles pouvant relever d'un contrat implicite. En demandant d'explicitier la réponse nous voulions savoir si les professeurs parleraient du contrat, en avançant des réponses du type *on ne leur demande pas, ce n'est pas au programme..*

Les questions 4a et 4b visaient à rendre explicite le contrat implicite vu par les professeurs.

En distinguant les exercices, des travaux pratiques nous pensions faire apparaître un traitement particuliers des activités expérimentales.

Nous voulions savoir quels exemples de vérification les professeurs proposeraient.

Par exemple en TP :

Des vérifications sur le matériel : *« l'élève doit s'assurer qu'il a bien fermé un flacon »*

Vérification des produits et des réactions :

« que le solide étiqueté sulfate de cuivre (hydrate) est bien bleu »

« s'assurer que le dégagement gaz prévu pour être du CO₂ trouble bien l'eau de chaux »

« comparer un résultat à celui d'une autre expérience déjà réalisée, à une observation de la vie quotidienne »

A propos des exercices :

Des remarques sur les valeurs numériques :

« comparer un résultat à celui d'une autre expérience déjà réalisée, à une observation de la vie quotidienne »

« des vérifications typiques du contrat du type ' je leur ai dit , il doivent savoir que, si on donne ce matériel c'est pour l'utiliser. »

Ou au contraire ;

« Je n'attends rien, je ne leur demande pas de faire ce qui n'est pas dans le protocole, ils ne peuvent pas le faire. »

III- Analyse à priori du questionnaire élèves :

Notre première question se divise en trois parties : en premier lieu, nous avons demandé aux élèves s'ils vérifient leurs résultats en chimie. Comme nous l'avons déjà évoqué, on se limite à la vérification des résultats obtenus à la fin des activités d'enseignements. Dans ce

cas, nous avons scindé les activités de la chimie en deux catégories : partie expérimentale (TP) et partie dite papier/crayon (exercices, TD...). Pour chaque partie des activités en chimie, nous avons demandé aux élèves pourquoi ?, comment ?

Les réponses auxquelles on s'attend, à la question « pourquoi ? », sont du type :

- « Parce que le professeur le demande. »
- « Parce que c'est écrit / ça n'est pas écrit dans le protocole. »
- « Pour ne pas mélanger des produits dangereux. »
- « Pour éviter les erreurs de calculs. »

Les réponses auxquelles on s'attend, à la question « comment ? », sont du type :

- « En utilisant tout le matériel / les produits. »
- « En regardant si cela a la bonne couleur, si c'est bien solide ou gazeux etc... »

Dans les questions 2 et 3, on pensait voir apparaître les mêmes points que ceux cités en mathématiques (*refaire le calcul.....*) et on n'avait guère d'éléments pour prévoir les réponses des élèves.

IV- Analyse à priori des entretiens :

Lors d'un premier entretien (E1) que nous avons eu avec un enseignant dans le but d'affiner notre problématique, nous avons constaté que, paradoxalement, lorsqu'on parle de la vérification, ce terme n'évoque pas grande chose pour les professeurs.

Partant de ce constat, nous avons proposé à des professeurs un questionnaire (Q1b) qui a été immédiatement poursuivi par des entretiens⁶ semi-directifs dans le but d'affiner et d'approfondir les réponses données aux questionnaires. Avec ces entretiens (E2, E3, E4), nous avons essayé d'obtenir, à travers les explications fournies par les professeurs, un maximum de renseignements sur l'activité de vérification et surtout sur les effets du contrat didactique.

V- Analyse a priori du TP :

Ce que nous attendons théoriquement des élèves en terme de vérification :

1) *Est-ce que les élèves ont spontanément recours à la vérification de leurs résultats ?*

Si on adopte la définition que S. Coppé donne de la vérification : « ... Nous appellerons *vérification* tout argument avancé ou toute action mise en œuvre par l'élève pour limiter l'incertitude, si l'élève en a besoin, à ce moment là et dans cette situation.... », nous nous posons alors la question de savoir si les élèves ont le souci de la validité de leurs résultats.

2) *Quels sont les outils et les connaissances auxquels l'élève pourrait avoir recours ?*

⁶ Voir « Projet d'entretien » en annexe 4.

Pour pouvoir vérifier son résultat, l'élève peut avoir besoin de certaines références dont il peut ou ne peut pas disposer. Nous citons ci-dessous les références éventuelles auxquelles l'élève peut avoir recours dans le cadre de ce TP :

Comme référence :

- *Le professeur :*
- *Les autres élèves :*
- *L'étiquette de bouteille.*
- *Le manuel :* En effet, le protocole du TP fait en classe a été extrait par le professeur du manuel qui est actuellement utilisé par les élèves et dans lequel figure les copies des étiquettes des eaux étudiées en classe.

Comme outil :

- *Le calcul (pour la conversion de masse en mole)*
- *Le pH-mètre.*

Comme connaissance :

- *Les différentes nomenclatures courantes ou normalisées :* Bicarbonate ou hydrogénocarbonate.
- *La conversion de mol.L^{-1} à mg.L^{-1} et inversement:* Sur l'étiquette, la valeur de la concentration des ions HCO_3^- est donnée en mg.L^{-1} . Dans ce cas, l'élève, pour pouvoir confronter son résultat avec l'étiquette, doit convertir la concentration des ions HCO_3^- de mol.L^{-1} à mg.L^{-1} . De la même façon, il peut faire cela pour le passage de la concentration massique à la concentration molaire.
- *Résidu sec :* On peut obtenir un résultat approché à partir de la valeur du résidu sec qui se trouve sur chaque étiquette de bouteille.
- *Des connaissances issues d'autres disciplines :* L'origine géologique de l'eau⁷ est une indication et figure dans les programmes de SVT.
- *Ou dans la vie courante :* La dureté de l'eau apparaît sur les notices des appareils et les factures d'eau.

⁷ Merci à P. Clément pour cette remarque.

LES RESULTATS

E- ANALYSE DES PROGRAMMES ET DES MANUELS

I. La place de la vérification dans les programmes de chimie

Nous avons décidé d'examiner les programmes officiels afin de voir s'il y a une recommandation explicite à l'activité de « *vérification des résultats obtenus* ». Nous avons examiné tous les programmes officiels de sciences physiques, en vigueur en juin 2000, depuis la classe de 4^{ème} jusqu'à Terminale. En effet ce sont les programmes qui ont été dispensés aux élèves de Terminale que nous avons interrogés. Cependant de nouveaux programmes étant mis en place en seconde pour l'année scolaire 2000 -2001 nous les avons aussi examinés afin de voir si il y avait des modifications.

En plus de l'analyse du programme dans sa globalité nous avons regardé la partie « *objectifs généraux* », la partie « *compétences exigibles* ». A chaque fois nous avons cherché à repérer l'existence d'incitations explicites à travers l'emploi de termes tels que *vérifier* *vérification* *vérification des résultats* ainsi que par le recours à des expressions synonymes comme « *contrôler/contrôle des résultats obtenus* » ou « *confronter/comparaison du résultat obtenu avec...* »

Dans les programmes de sciences physiques au collège, dans les classe de 4^{ème} et 3^{ème}, nous n'avons trouvé aucune référence explicite, ni implicite, concernant les termes ou les expressions que nous avons retenus pour l'activité de vérification par les élèves.

Pour les lycées, nous avons examiné tous les programmes de chimie et de physique: Les classes de Terminale S (enseignement obligatoire et enseignement de spécialité), Terminale L et Terminale ES , la classe de 1^{er}S et option ainsi que la classe de 2^{nde}.

Nous avons retrouvé, dans les programmes de physique de lycée, quelques expressions permettant **implicitement** d'amener le contrôle des résultats, En revanche, dans les programmes de chimie de lycée, nous n'avons pas trouvé beaucoup de choses explicites.

Exemples :

« Grâce à l'utilisation des logiciels disponibles, l'aspect traitement des données sera exploité et l'accent sera mis sur l'analyse, la validité⁸ et l'ordre de grandeur des résultats. »⁹

« connaître les ordres de grandeurs précisés dans le programme, évaluer rapidement un ordre de grandeur (ce qui suppose la connaissance des ordres de grandeurs précédents), évaluer la pertinence d'un résultat à l'aide de cas limites. »¹⁰

Dans les nouveaux programmes de physique et chimie mis en place à la rentrée 2000 en classe de 2^{nde}, dans la partie « *un enseignement expérimental* » on propose une « grille de suivi des compétences mises en jeu lors des séances de travaux pratiques » où on trouve explicitement la vérification des résultats obtenus .

⁸ C'est nous qui soulignons.

⁹ Programme de physique de 1^{er}S, dans la partie « *objectifs d'ensemble* »

¹⁰ Programme de physique de T.S , dans la partie « *compétences exigibles* »

« Analyser des résultats expérimentaux, les confronter à des résultats théoriques. »

Il faut remarquer que cette compétence apparaissait déjà depuis plusieurs années dans la grille d'évaluation des compétences(BO n° 3 9 juillet 87) dans la rubrique pratiquer une démarche scientifique (compétence C) :

« *Evaluation des capacités en sciences physiques :*

C. Pratiquer une démarche scientifique, notamment : observer et analyser, choisir et élaborer un modèle physique, organiser les étapes de résolution, porter un jugement critique. »

La vérification telle que nous l'avons définie n'apparaissait donc jusqu'à maintenant pratiquement pas explicitement dans les programmes. Il y a donc peu de chance pour qu'on la trouve dans le contrat explicite que le professeur se doit d'établir avec ses élèves.

Enfin il faut noter qu'elle apparaît plus dans les programmes de physique que dans ceux de chimie.

Il est intéressant de mentionner que dans les programmes de Belgique francophone cette activité est mentionnée très clairement (annexe 7). Contrairement aux programmes français, la démarche scientifique est proposée aux professeurs de manière explicite où on peut voir nettement la place de l'activité de vérification :

Par exemple, à la page 12, on trouve un tableau dans lequel sont classés les obstacles possibles que le professeur peut rencontrer : Dans la 3^{ème} partie, « **3- Maîtrise en situation-problème du transfert des capacités** », l'idée de l'activité de vérification existe :

« 3.4. *Vérification, contrôle, évaluation de la situation.* »

De plus, à la page 76, on impose aux professeurs la vérification et l'idée de vraisemblance comme une activité à prendre compte : Sous le titre « **Résoudre un problème numérique ou non numérique** » :

« Vérification des solutions trouvées et de leur vraisemblance. »

En plus, à la fin du programme (p.82), la vérification est imposée aux professeurs comme « *l'un des objectifs spécifiques.* »

Par ailleurs, dans un travail fait en Belgique sur la didactique de la chimie, les chercheurs (Arnould et al., 1997) proposent « *une méthode générale de résolution de problème* » (annexe 8) dans laquelle l'activité de vérification apparaît en 4^{ème} (la dernière) étape :

- « 1-Données : On me donne... , on me demande.....
- 2- Outils : Règles, lois, principes, formules, etc.
- 3- Action : Je traite les données.
- 4- Résultat : J'obtiens.... »

Et ils expliquent un peu plus loin :

« 4. RESULTAT- « J'obtiens... »

« Quelle est la signification de mon résultat (valeur numérique et unités, ordre de grandeur, conclusion éventuelle, vérification éventuelle) ? »

II. La place de la vérification dans les manuels de chimie.

Pour pouvoir déterminer s'il y a ou pas prise en compte, par les manuels, des procédures de vérification, nous avons décidé de relever *les termes* ou *les expressions* permettant de pousser les élèves à la vérification des résultats obtenus. Nous avons choisi d'analyser deux manuels de chimie (« *Chimie TS* », Hachette, 1995 et « *Physique-Chimie 2^{nde}* », Hachette, 2000) dans lesquels nous avons recherché les termes ou les expressions « *vérifier/vérification* » ou « *contrôler le résultat...* » ou « *comparer le résultat...* » pour en déterminer les conditions d'emplois.

Chimie Terminale S :

Ce manuel donne, au début de la page 2, le tableau d'« *Evaluation des capacités en sciences physiques* » (d'après B.O. N°3 du 9 juillet 1987) où l'idée de vérification apparaît de manière implicite :

« C. Pratiquer une démarche scientifique. Notamment : observer et analyser, choisir et élaborer un modèle physique, organiser les étapes de la résolution, porter un jugement critique. »

Dans ce manuel, nous avons pu constater que les termes en question sont peu employés. Nous avons trouvé le terme « vérifier » simplement dans quelques exercices. Par exemple :

« Vérifier que les résultats trouvés sont en accord avec l'électroneutralité de la solution. » (p.96, exercice 14.4.)

Quant aux termes contrôler ou comparer, ils ne ressortent nulle part. Bref dans ce manuel, les exercices n'incitent pas les élèves à vérifier leur résultat. Les exercices faisant référence à la capacité C sont également peu nombreux.

Chimie 2^{nde} :

Quant au nouveau manuel de chimie de 2^{nde}, nous avons trouvé un usage plus fréquent, conformément à nouveau programme, du terme ou de l'application de vérification par rapport au manuel de Terminale S.

Par exemple :

Dans la rubrique « Représentation de Lewis » (p189), le manuel propose « une méthode systématique » de la détermination de la représentation de Lewis d'une molécule où la dernière consigne est :

« vérifier que les valeurs de n_l sont respectées. »

Ou bien en TP (p226) :

- « vérifier que la teinte de la solution étudiée s'intègre bien dans l'échelle de teintes préparée. »
- « vérifier l'accord entre la valeur annoncée et l'encadrement obtenu. »

Ou encore, dans les exercices :

- « Proposer au moins une méthode permettant de vérifier la pureté des espèces ainsi isolées. » (p160)
- « Quelle autre technique peut-on utiliser pour vérifier que l'espèce synthétisée est de l'aspirine ? »
- « Décrire deux méthodes permettant de vérifier que les cristaux obtenus sont des cristaux de paracétamol pur. » (p170)
- « Vérifier que le nombre de liaisons covalentes par chaque atome est compatible avec sa structure électronique. » (p196)

Les manuels sont tout à fait conformes aux programmes pour ce qui est des instructions explicites à propos de la vérification.

Nous avons aussi regardé ce qu'il en était de la rédaction des exercices corrigés dans ces mêmes manuels.

On constate que les résultats obtenus sont livrés bruts et qu'on ne trouve jamais, après la réponse, de phrase reliant cette réponse aux informations de l'énoncé ou par exemple a des informations fournies dans un autre chapitre ou issues de la vie courante.

Ces exercices étant donnés comme des modèles, il est normal que les élèves en fassent autant. Il en est de même pour les TP.

Par exemple, dans le TP « synthèse d'esters odorants (p.244), il n'est jamais mentionné à quel moment on va sentir l'odeur du produit fabriqué, alors que l'expérience dure au moins 20 minutes et que son but soit la fabrication d'un produit odorant.

F- ANALYSE DES RESULTATS DU QUESTIONNAIRE POUR PROFESSEURS

Pour chaque question, le nombre de réponses peut être supérieur au nombre de personnes. Certaines ayant fourni plusieurs réponses.

QUESTION 1 : (10 professeurs numérotés 1 à 10)

Certains professeurs disent : « *les élèves ne vérifient pas leurs résultats !* »

« Etes-vous d'accord avec ces propos ? »

	Les réponses des professeurs	Nombre du professeur	%	N° des professeurs
1	Oui.	9	90 %	(1,2,4,5,6,7,8,9,10)
2	Non.	0	0 %	-
3	Sans réponse	1	10 %	(3)

Tableau 1

La majorité des professeurs affirment que les élèves ne vérifient pas leurs résultats. Aucun professeur n'affirme le contraire. Ceci conforte notre premier constat et justifie notre première impression. Mais à quoi font allusion les professeurs lorsqu'ils parlent de vérification ? C'est ce que nous allons voir à travers la question qui suit.

QUESTION 2¹¹: (20 professeurs)

« Pour vous, qu'est-ce que la vérification EN CHIMIE ? »

Il semble que certains professeurs éprouvent une difficulté à définir la vérification en chimie. En effet, 1 des 20 professeurs (n°4) évite de répondre à notre question, alors qu'un autre (n°2) avance une réponse assez vague : « *C'est difficile dans certains cas, facile dans d'autre* »

Qu'en est-il des définitions avancées par les 18 autres professeurs ? Nous avons regroupé dans le tableau ci-dessous (Tableau 2) les réponses en les classant par catégories :

¹¹ Nous rappelons que pour l'analyse des 2^{ème} et 3^{ème} questions, nous avons utilisé les données de notre premier questionnaire (Q1a) diffusés auprès des professeurs (numérotés 11 à 20) que l'on avait préparé au début de notre mémoire pour délimiter notre sujet et affiner notre problématique.

	Réponses des professeur	Nombre de professeur	N° des professeur
1	Confrontation du résultat avec l'ordre de grandeur ou énoncé théorique	6	(9,14,15,17,19, 20)
2	Cohérence de l'ordre de grandeur trouvé, des résultats, des unités Correspondance du protocole à une situation S'assurer que la correspondance de l'unité utilisée à la grandeur cherché	10	(1,6,7,8,10,12, 13,16,17) (5) (18)
3	Utilisation d'un autre moyen	1	(11)
4	Vraisemblance du résultat Non absurdité du résultat S'assurer qu'il n'y a pas d'erreur d'opération Analyse critique des résultat	5	(18) (20) (18) (3,9)
5	Relecture	1	(16)
6	Vérification d'un montage expérimental	1	(15)

Tableau 2 : Classification des réponses des professeurs

Trois grandes catégories apparaissent dans les réponses données par les professeurs :

Six (06) réponses évoquent « l'idée de confrontation », dix (10) réponses font allusion à « l'idée de cohérence », et 5 autres parlent de « vraisemblance ».

Bien que nous ayons insisté dans notre questionnaire sur la vérification **en chimie**, la spécificité de la chimie ne ressort pas dans les réponses avancées. D'ailleurs, la plupart des professeurs avance des réponses d'ordre général en mettant plutôt l'accent sur « l'ordre de grandeur ». Une telle définition n'est pas propre à la chimie.

Par ailleurs, seulement deux professeurs (n°5-15) font allusion à l'aspect expérimental, puisqu'ils parlent de « protocole » et de « montage expérimental ».

QUESTION 3

a) « Avez-vous constaté chez vos élèves un recours spontané à la vérification des résultats ? » : (20 professeurs)

	Réponse du professeur	Nombre de professeur	%	N° des professeur
1	Non	10	50%	(1,2,4,5,6,7,10,16,18,20)
2	Rare	5	25%	(3,11,12,13,19)
3	Peu	1	5%	(15)
4	Certains élèves	1	5%	(17)
5	Oui	2	10%	(8,9)
6	Sans réponse	1	5%	(14)

Tableau 3 : Classification des réponses des professeurs

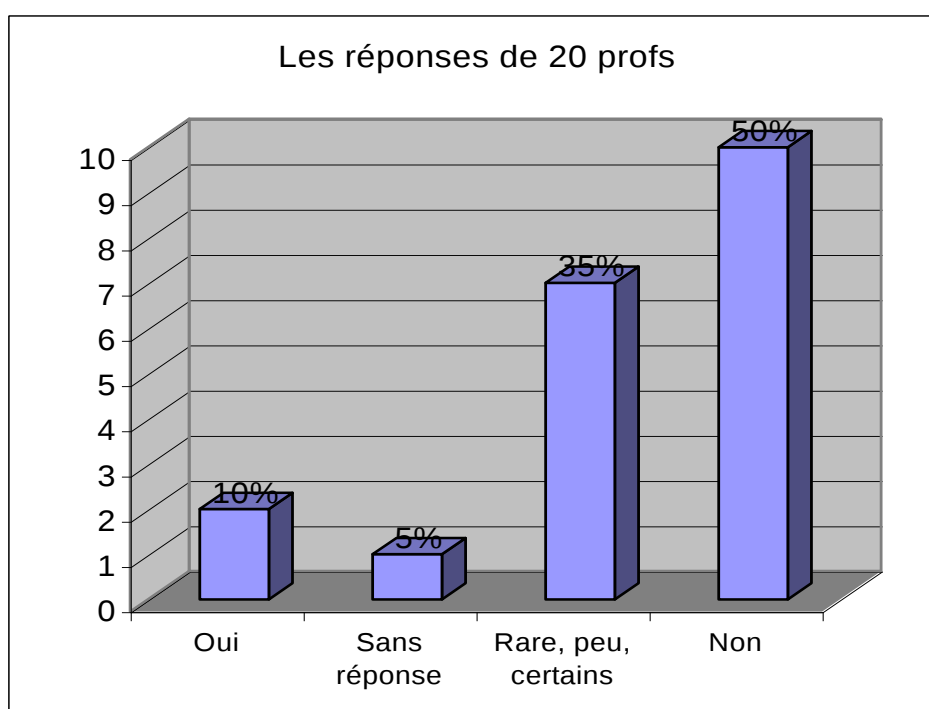


Figure 1

Les professeurs semblent reprocher aux élèves de ne pas recourir de manière spontanée à la vérification de leurs résultats, puisque seulement 10% affirment que c'est le cas alors que 50% répondent par la négative, et 35% affirment que cela se fait très rarement.

« **Expliquez pourquoi !** »¹² (10 professeurs)

⇨ Ceux qui disent « oui » :

Les professeurs qui affirment que leurs élèves recourent spontanément à la vérification semblent regretter que ces derniers le fasse pour une raison de profit : « *Pour avoir une bonne note, pour faire plaisir au professeur* ». (Professeur 8)

⇨ Ceux qui disent « non » :

	Les réponses des professeurs	Nombre des professeurs	N° des professeurs
1	Les élèves ne sont pas étonnés. Seul le résultat leur importe. Les élèves ne se posent plus de questions. Les élèves n'ont pas la réflexe de réfléchir à la cohérence de leurs résultats.	4	(1) (5) (1) (6)
2	On ne leur en a jamais parlé. L'enseignant n'insiste sûrement pas assez sur cet aspect. Par manque de courage et d'habitude. La vérification ne fait pas partie de leur démarche de résolution d'un problème.	4	(5) (7) (4) (5)
3	Ils n'ont pas toujours la possibilité de vérifier. Par manque de connaissances N'ont pas la notion d'ordre de grandeur. L'élève n'a pas à sa disposition d'éléments théoriques auxquels se référer.	3	(6) (2) (10)
4	Pas assez de temps pour insister.	1	(4)

Tableau 3 : Classification des réponses des professeurs

Les professeurs qui affirment que les élèves ne vérifient pas spontanément leurs résultats, évoquent des raisons diverses que nous avons regroupées en quatre catégories :

1. Quatre professeurs expliquent ceci par « *l'absence d'esprit critique* » chez les élèves, laissant entendre par là que c'est une initiative qui incombe à l'élève.
2. Quatre professeurs avouent ne pas avoir initié les élèves à la vérification, laissant entendre par la même occasion que c'est le rôle du professeur d'initier les élèves à cette démarche.
3. Trois professeurs expliquent ceci par « *un manque de références* », outils indispensables pour la vérification.

¹² Cette partie de la question n'apparaît pas dans le questionnaire Q1a !

4. Un seul professeur évoque le manque du temps pour expliquer le non recours des élèves à la vérification.

Quant aux professeurs 3 et 9, l'un n'avance aucune explication, l'autre répond de manière très vague.

QUESTION 4 : (10 professeurs)

« *Ou'attendez-vous des élèves comme vérification ?* »

a) « *Lors d'un exercice papier/crayon :* »

	Les réponses des professeurs	Nombre des professeurs	N° des professeurs
1	Vérification des ordres de grandeur et des unités. Vérification numérique du résultat. Vérification du calcul et des valeurs d'un tableau.	5	(1,4,6,7) (5)
2	Une concordance avec la réalité. Vérification de la cohérence avec la donnée. Cohérence du résultat. ordre de grandeur	4	(2) (4,10) (7)
3	Confrontation des résultats aux prévisions du modèle ou de la théorie.	2	(9,10)
4	Se poser la question : mon résultat n'est-il pas aberrant ? Les unités sont-elles correctes ?	1	(8)
5	En cas de doute reprendre la première question de l'exercice pour voir si on retrouve les mêmes résultats.	1	(8)
6	Faire preuve de bon sens sur les résultats trouvés ordre de grandeur	1	(6)
7	Conformité des résultats avec les chiffres significatifs des données.	1	(9)

Tableau 4 : Classification des réponses des professeurs

Un seul professeur (n°3) n'a pas répondu à cette question. Dans 10 réponses, parmi les 14 avancées par les professeurs c'est l'idée de « *l'ordre de grandeur* » et de « *résultat numérique* » qui ressort majoritairement. Ces réponses, d'ordre général, ne tiennent pas compte, encore une fois, de la spécificité de la chimie.

b) « Lors d'un TP : »

	Les réponses des professeurs	Nombre des professeurs	N° des professeurs
1	Comparaison avec les connaissances acquises. Comparer les résultats des calculs avec les données. Sa comparaison avec une valeur attendue.	2	(3) (10)
2	Sa cohérence avec une donnée théorique. Cohérence de leurs calculs et des résultats du TP. Eviter les incohérences.	5	(10) (4,7,8) (3)
3	Vérification des ordres de grandeur.	2	(4,6)
4	Faire preuve de bon sens sur les résultats trouvés. Analyse des résultats. Une prévision à vérifier expérimentalement.	3	(6) (9) (2)
5	Vérification des montages, branchements des appareils de mesure, des calibres avant mesures. Vérification de toutes les étapes d'un protocole. Correspondance des résultats à l'objectif du TP et aux questions posées. Critique des diverses étapes des manipulations.	3	(4) (5) (9)
6	Vérification des résultats numériques. Vérification par la théorie des résultats du TP.	2	(5) (1)
7	Se poser si le résultat est normale.	2	(6,8)

Tableau 5 : Classification des réponses des professeurs

Contrairement à la question précédente, le professeur n°3 répond à cette question. En général, l'idée qui ressort est celle de « *la cohérence* » entre la théorie et les résultats expérimentaux. Toutefois, chez quelques professeurs, vérifier en TP consiste aussi à vérifier le dispositif expérimental et à s'assurer du bon déroulement du TP.

Encore une fois, aucune allusion n'est faite dans ces réponses à la spécificité de la chimie, même dans les réponses qui évoquent les montages.

G- ANALYSE DES REPONSES DU QUESTIONNAIRE POUR ELEVES

Nous ne rapportons que les résultats des questionnaires réarrangés diffusés auprès d'élèves de terminale S.

QUESTION 1:

a) « *EN CHIMIE, est-ce que vous vérifiez votre résultat à la fin d'un TP ?* »

Réponses	Oui	Oui et non	Non	Sans réponse
Nombre d'élèves	24	1	6	1

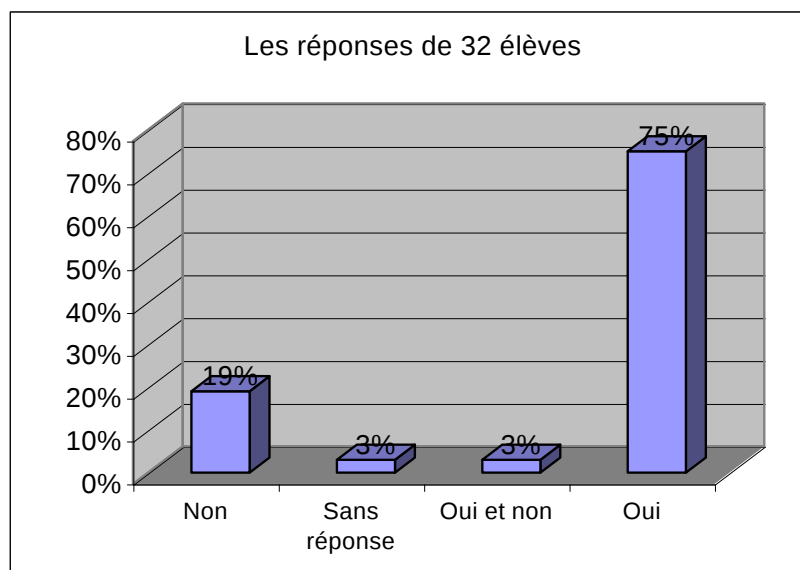


Figure 2

Les résultats obtenues montrent que, contrairement aux professeurs, les élèves affirment recourir à la vérification à la fin du TP.

Pourquoi ?

⇨ Ceux qui disent « oui » :

	Les réponses des élèves	Nombre des élèves	N° des élèves
1	pour être sûr pour vérifier que le résultat est juste pour éviter d’avoir un résultat incohérent pour ne pas faire d’erreur si ils me paraissent faux, je le vérifie pour corriger les erreurs	13	(4 ;8 ;23 ;30) (1 ;3 ;11) (14) (3 ;10) (18 ;19) (29)
2	pour comparer avec les résultats théorique	3	(13 ;15 ;16)
3	pour savoir si la manip est bonne ou pas	1	(2)

Tableau 6 : Classification des réponses des élèves

Bien que 24 élèves affirment vérifier leurs résultats à la fin d’un TP, 6 d’entre eux (7, 20, 22, 25, 26, 27) ne donnent aucune explication sur les raisons qui les poussent à vérifier leurs résultats.

La majorité des élèves (13 parmi 18) vérifient les résultats pour éviter de faire des erreurs. Par ailleurs trois élèves évoquent la cohérence avec une référence théorique. Toutefois, un seul élèves fait référence à l’aspect manipulatoire.

⇨ Ceux qui disent « non » :

Six (06) élèves parmi 32 déclarent ne pas vérifier leurs résultats à la fin des TP pour des raisons différentes :

- une contrainte de temps : « *pas assez du temps* » (5, 6, 21)
- l’effet du contrat : « *le professeur nous dit ce qu’il faut trouver* » (17 ;24)

⇨ Ceux qui disent « oui et non » :

1 élève semble hésitant et évoque lui aussi la contrainte de temps « *pas assez du temps* »

Comment ?

	Les réponses des élèves	Nombre des élèves	N° des élèves
1	Par des calculs	7	(4 ;13 ;14 ;15 ;18 ;31 ;32)
2	Avec les autres Avec le professeur	11	(2 ;9 ;11 ;20 ;22 ;31 ;32) (8 ;24 ;27 ;28)
3	En comparant les résultats théoriques et trouvés Avec le livre	3	(13 ;23) (31)
4	Par des équations des réactions	1	(4)
5	Avec la cohérence du résultat Logique des résultats chiffrés	2	(11) (1)
6	On faisant le TP si on a le temps En reprenant point par point	3	(3) (29 ;30)
7	En regardant le but du TP	1	(9)

Tableau 7 : Classification des réponses

5 élèves (7, 10, 16, 25, 26), parmi les 24 qui affirment vérifier leurs résultats à la fin des TP, n'ont pas explicité de quelle manière ils procèdent à la vérification.

La majorité des explications avancées par les autres (11 réponses parmi 28) évoquent l'idée d'une « référence ». Il s'agit de comparer les résultats à ceux des autres élèves et éventuellement de demander son avis à une autorité (professeur).

Par ailleurs, 3 autres élèves évoquent aussi l'idée de référence théorique en faisant allusion aux livres.

Pour 7 autres élèves la vérification des résultats en TP se ramènent finalement à refaire les calculs.

b) « *EN CHIMIE, est-ce que vous vérifiez votre résultat lors des exercices papier/crayon* »

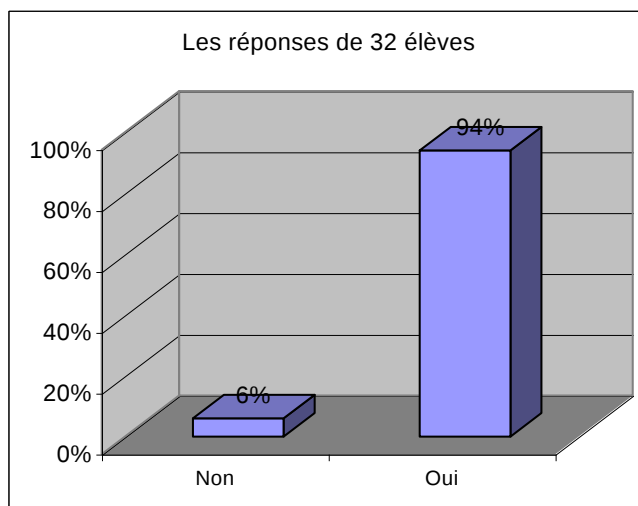


Figure 3

Concernant les exercices papier/crayon, 30 élèves parmi 32 affirment vérifier leurs résultats, alors qu'en TP 24 élèves seulement avaient affirmé recourir à la vérification.

Pourquoi ?

⇨ Ceux qui disent « oui » :

	Les réponses des élèves	Nombre d'élève	N° des élèves
1	trouver les erreurs éventuelles	6	(1 ;8 ;20 ;21 ;25 ;26)
2	pour être sûr pour pouvoir réviser avec des résultats corrects pour s'assurer que c'est juste	9	(7 ;19 ;24) (3 ;8) (4 ;6 ;12 ;28)
3	pour contrôler si j'ai compris la leçon	4	(2 ;5 ;6 ;15)
4	pour avoir une bonne note	3	(7 ;19 ;24)

Tableau 8 : Classification des réponses des élèves :

⇨ Ceux qui disent « non » :

Parmi les 2 élèves qui ont déclaré ne pas recourir à la vérification, un seul (18) en explique la raison en affirmant que cela nécessite beaucoup de temps « *je ne m'éternise pas sur mes exercices* ».

Comment ?

	Les réponses des élèves	Nombre de réponses	N° des élèves
1	avec calculs	6	(4 ;13 ;17 ;19 ;31 ;32)
2	à l'aide du professeur en classe grâce aux camarades	8	(17 ;22 ;23 ;27) (8 ;16 ;24) (15)
3	avec le livre avec des cours avec corrigés	10	(8 ;15 ;23 ;27) (15) (1 ;2 ;3 ;20 ;21)
4	avec la cohérence du résultat avec la correspondance du résultat avec l'énoncé	3	(9 ;12) (7)
5	avec la calculatrice par raisonnement logique en regardant si le résultat est possible	3	(23) (19) (7)
6	en relisant les calculs et autres équations bilans en reprenant point par point	2	(14) (30)
7	recherche personnelle	1	(1)

Tableau 9 : Classification des réponses

Bien que 30 élèves déclarent vérifier leurs résultats lors des exercices papier/crayon 7 d'entre eux ne donnent pas d'explication sur la manière qu'ils adoptent.

Encore une fois, comme pour le cas des TP, c'est l'idée de référence qui est majoritaire. Toutefois, contrairement au cas des TP, c'est la référence théorique (livre, cours, corrigés), suivi de près de la référence à une autorité (professeur) qui l'emporte sur la référence aux camarades.

QUESTION 2 :

« EN CHIMIE , faites-vous cette vérification de votre initiative ou est-ce que le professeur qui vous la demande ? »

Les réponses des élèves :

Mon initiative	Le professeur	Les deux	Ça dépend
21 élèves (1,2,7,8,10,12,13,14,15,16,17,20,21,23,24,25,26,28,30,31,32)	3 élèves (22,27,29)	3 élèves (4,9,19)	4 élèves (3,5,6,18)

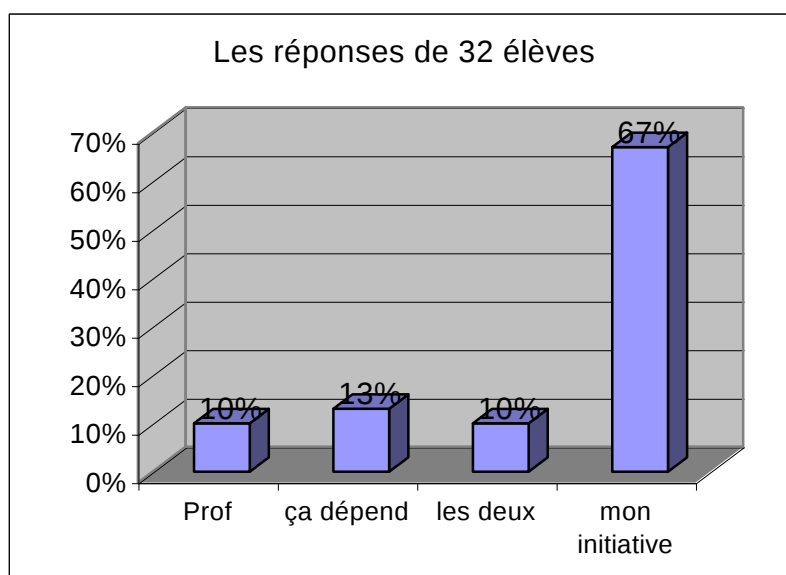


Figure 4

La majorité des élèves (21 parmi 32) déclarent recourir à la vérification de leur propre initiative. Seulement 3 élèves affirment vérifier leurs résultats à la demande de l'enseignant. D'une manière générale il semble que, contrairement à ce qu'ils affirment, les enseignants n'incitent pas les élèves à recourir à la vérification.

QUESTION 3 :

« Que signifie le mot de vérification pour vous ? »

	Les réponses des élèves	Nombre d'élève	N° des élèves
1	Refaire le calcul Refaire les mêmes choses	6	(3,4,14,31,32) (19)
2	Contrôle des résultats Analyser les résultats et corriger	5	(8,13,14,29) (30)
3	Trouver le résultat obtenu d'une autre façon.	4	(4,10,25,31)
4	Comparaison théorie / pratique	2	(13 15)
5	Regarder la cohérence des résultats	1	(9)
6	La justesse et la rigueur du résultat S'assurer que le résultat est juste Confirmer un résultat pour être sûr	5	(20,28) (1,18) (12)
7	Chercher si la valeur trouvée est proche de la vérité Voir si le résultat n'est pas extravagant	3	(17,24) (7)
8	Regarder si les résultats répondent au but de l'exercice	1	(9)
9	Essayer de comprendre la résolution	1	(5)
10	Vérifier un résultat Une action	4	(23) (15,16,21)

Tableau 10 : Classification des réponses

Une élève (11) avance une réponse assez vague car elle dit « *comment vérifier un résultat inexistant* ». 3 élèves sur 32 (3,6,22) n'ont pas répondu à la question.

De manière globale les réponses avancées par le reste des élèves sont assez générales. Parmi les réponses ainsi avancées certaines évoquent la justesse et la rigueur des résultats « *s'assurer que le résultat est juste* », alors que d'autres restent assez vagues « *une action* ». Les définitions avancées par les élèves ne correspondent pas totalement avec celles des professeurs. En effet, si dans les réponses des enseignants les idées de « cohérence », de « confrontation » et de « vraisemblance » (21 réponses sur 24) apparaissent de manière

majoritaire, elles ressortent de manière minoritaire dans les réponses des élèves (6 réponses sur 32).

On peut remarquer encore une fois qu'aucune de ces réponses ne se rapporte de façon spécifique à la chimie, on pourrait avoir les même réponses à propos de la physique ou des mathématiques.

H- L'ANALYSE DES ENTRETIENS

I - LA DEFINITION DE LA VERIFICATION CHEZ LES PROFESSEURS :

Il est vrai que le mot « *vérification* » est utilisé dans plusieurs sens dans la vie courante. La majorité des professeurs (90% ; §F - Question 1) se plaint que les élèves ne vérifient pas leurs résultats et ils mettent l'accent sur la nécessité de la vérification dans l'enseignement. C'est pourquoi pour obtenir une définition précise du mot de vérification, nous avons voulu savoir ce que signifiait le mot de vérification chez des professeurs.

1 ⇐ *Une difficulté au niveau des professeurs* : Quand nous posons la question de définir la vérification, les professeurs ne répondent pas spontanément, ils ne comprennent pas tout de suite la signification du terme vérification, ils nous demandent dans quel sens nous utilisons ce terme.

Entretien 1 :

(L.2) P : « *Est-ce qu'ils ne vérifient pas leur résultat, ça veut dire quoi là pour vous, vérifier leur résultat.* »

(L.6) P : « *Je, en fait, je comprends pas très bien.* »

(L.8) P : « *ah....., «ne vérifient pas leur résultat »....ah.....ça y est, j'ai compris ça correspond... »*

Entretien 2 :

(L.22) P : « *Justement ça a été mon problème, c'est pour ça que j'ai demandé qu'est-ce que vous attendiez, alors j'ai pensé à deux choses, mais à mon avis il y en a d'autres mais (.....), je ne suis pas bien arrivé à trouver d'autres idées. Justement c'est pour ça que je vous ai demandé quelles étaient vos idées derrières, parce que maintenant si j'en ai pas oublié.* »

Même après quelques échanges, ils ont parfois de la peine à donner une définition précise, voire ils n'en donnent pas. Cela nous montre que le terme de vérification est utilisé comme un terme usuel par les professeurs sans lui attribuer de signification particulière.

Entretien 3 :

(L.18) P : « *Pour moi la vérification c'est vérifier son hypothèse de départ : ces hypothèses seront soit justes, soit fausses.* »

(L.19) I : « *Vérifier comment ?* »

(L.20) P : « *Soit en s'apercevant que ça marche, soit en s'apercevant que ça marche pas. Ou je ne sais pas trop, oui je dirai ça !* »

Entretien 4 :

(L.16) P : « *Faudra qu'on se mette d'accord sur le mot vérifier . Je vois pas ce que vous entendez par le mot vérifier ?* »

(L.18) P : «il me semble que le mot vérifier est peu présent, le mot lui-même, alors peut-être que le sens que vous y mettez, il est présent par d'autres mots mais je n'arrive pas à isoler de tout un contexte comme je l'ai décrit tout à l'heure. »

Il semble que les professeurs n'ont pas vraiment pratiqué eux-mêmes cette démarche, et qu'ils ne sont pas, par conséquent, en mesure de la transmettre.

2 ⇐ Pour pouvoir expliquer la notion de vérification, les professeurs en difficulté, nous citent des exemples au lieu de donner une définition précise ou formelle. Soit ils donnent comme exemple « **le calcul** », la vérification d'un calcul, soit « **des moyens de vérification** ».

Entretien 1 :

(L.8) P : « ... C'est à dire que.. ils font leurs calculs, et après ils ne s'occupent pas de savoir si c'est cohérent pas à quelque chose de logique ,..... trouver la profondeur d'une piscine 3 mm par exemple. 3 mm par exemple profondeur d'une piscine, donc c'est ça que ça veut dire ah je pense,(.....) ça peut être je pense aussi refaire le calcul, ...refaire la calcul, vérifier, je vérifie c'est bien ça »

3 ⇐ Même si les professeurs ont peine à donner une définition précise, à travers leurs réponses nous avons pu cerner leurs points de vue. Pour eux, **la définition de la vérification** s'appuie en général **sur trois réflexions** qui correspondent à notre cadre :

a- La majorité des professeurs identifient la vérification comme « **cohérence du résultat etc.** ». Nous citons dans la suite les paroles des professeurs :

Entretien 1 :

(L.8) P : «c'est à dire que, ... ils font leurs calculs, et après ils ne s'occupent pas de savoir si c'est cohérent pas à quelque chose de logique. »

Entretien 2 :

(L.22) P : « J'ai pensé surtout à la vérification des chiffres, le chiffre, il était cohérent. »

Entretien 4 :

(L.6) P : « ça nécessite de la comparer, de voir si elle est cohérente avec une théorie, avec quelque chose de prévu et ça nécessite du recul alors quand c'est vérifier si une valeur est conforme à ce qu'on attendait et qu'on se pose la question..... »

b- L'idée de « **confrontation du résultat avec ...** »

Entretien 1 :

(L.36) P : « ... quand on vérifie quelque chose, c'est par rapport à un document, par rapport à une étiquette. »

Entretien 3 :

(L.26) P : « *ils peuvent vérifier si le résultat est plausible : si la concentration qu'ils doivent trouver est bien dans le domaine qu'ils attendaient, supposons qu'ils fassent des dosages pour savoir combien il y a de gramme d'acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine donc ils vont trouver tant de mg donc ils vont peut-être trouver légèrement plus que ce qui est indiqué sur le comprimé et le type de vérification qu'ils peuvent faire c'est par rapport à la valeur indiquée* »

c- Et l'idée de « **vraisemblance** »

Entretien 2 :

(L.18) P : « *... par exemple je donne un exemple en physique un des exercices qu'ils avaient vu c'était de trouver la masse de Jupiter, y en a un qui a trouvé 6000 kg, je lui ai mis dans son devoir 6000 kg c'est un gros camion, cela l'a fait éclater de rire, il l'avait pas réalisé que c'était impossible.* »

4 ⇐ Même si les professeurs n'ont pas une définition précise sur le mot de vérification, ils parlent de **la nécessité de la vérification** :

I : « *Selon vous, est-il important que les élèves vérifient leurs résultats ?* »

Entretien 2 :

(L.18) P : « *Oui, qu'ils prennent l'habitude au moins de se dire est-ce que c'est pas complètement idiot ce que je trouve.* »

Entretien 3 :

(L.16) P : « *Je pense que c'est important, il me semble que c'est quand même une démarche scientifique : la chimie comme la physique c'est une démarche scientifique qui devrait faire des hypothèses au départ ou du moins prendre des hypothèses qui sont faites dans certains cas, faire des expériences qui sont nécessaires ensuite vérifier que leurs résultats sont conformes aux hypothèses, je pense que ça fait partie de la démarche scientifique.* »

Cela nous montre que même s'ils n'ont pas des idées claires et précises sur cette notion, intuitivement les professeurs sentent la nécessité de cette activité. Mais même s'ils en admettent la nécessité, l'activité de vérification ne semble pas faire l'objet de réflexion chez les enseignants ni l'objet d'un apprentissage.

II- LA SPECIFICITE DU TP N'APPARAÎT PAS DANS LES REPONSES DES PROFESSEURS ET DES ELEVES :

Comme nous l'avons évoqué dans notre cadre théorique, la chimie est définie comme *sciences de la constitution des divers corps, de leurs transformations et de leurs propriétés*, par conséquent un résultat d'exercice ou de travaux pratiques n'est pas nécessairement un résultat numérique ou le fruit d'un calcul. On s'attendait à ce que les professeurs évoquent des

points spécifiques à la chimie. Les professeurs parlent des ordres de grandeur ou de calcul mais ils ne parlent pas des points spécifiques à la chimie.

Entretien 2 :

(L.22) P : «j'ai pensé surtout à la vérification des chiffres, le chiffre il était cohérent, la vérification de la forme, de la formule mais je ne sais pas bien, je ne suis pas bien arrivé à trouver d'autres idées..... »

Entretien 1 :

(L.8) P : « ... C'est à dire que.. ils font leurs calculs, et après ils ne s'occupent pas de savoir si c'est cohérent pas à quelque chose de logique ,..... trouver la profondeur d'une piscine 3 mm par exemple. 3 mm par exemple profondeur d'une piscine, donc c'est ça que ça veut dire ah je pense,(.....) ça peut être je pense aussi refaire le calcul, ...refaire la calcul, vérifier, je vérifie c'est bien ça »

Il s'agit des références à la physique : Les professeurs n'arrivent pas à donner des références spécifiques à la chimie, plus précisément ils n'arrivent pas à séparer la chimie de la physique.

Entretien 2 :

(L.30) P : «je suis désolé c'est encore un exemple de physique..... »

III- MANQUE DE MOYENS DE VERIFICATION AUSSI :

1 ⇐ **Les ordres de grandeurs :** Comme nous l'avons vu dans leurs réponses, les professeurs parlent beaucoup des ordres de grandeurs. Nous trouvons plus souvent, dans leurs réponses, l'idée que « *pour que les élèves puissent vérifier leurs résultats, ils ont besoin des ordres de grandeurs.* » :

Entretien 1 :

(L.10) P : «on leur dit de plus en plus quand vous obtenez les résultats, réfléchissez à l'ordre de grandeurs l'ordre de grandeurs. Vous réfléchissez savoir justement une piscine qui a une profondeur 3 mm, ça veut rien dire hein...»

Entretien 2 :

(L.34) P : « Ce qu'il faut c'est qu'ils ont compris la méthode et l'ordre de grandeur. Pour moi c'est important de vérifier l'ordre de grandeur. »

2 ⇐ Mais il est vrai que **les élèves n'ont pas d'idées** parfois sur les ordres de grandeur, les professeurs non plus. Alors l'ordre de grandeur ne peut pas être toujours une référence pour vérifier.

Entretien 1 :

(L.22) P : « *Il y en a qui sont pas sur de leur résultat, ça c'est, c'est souvent vrai, parce que, parce que les problèmesla chimie c'est quand même souvent c'est un peu étranger à ce qu'on fait dans la vie courante, donc parfois,oui.... ils ont trouvé un résultat mais parfois ils ont aucune idée, parfois aucune idée parce que [.....] Les élèves n'en avaient aucune idée.* »

(L.30) P : « *...en fait pour l'exemple du lait en poudre, je vais vous dire franchement, moi je ne savais pas combien y avait dedans. J'ai un peu découvert en faisant ces expériences, mais je veux dire c'est pas franchement mon occupation de savoir combien de chlorure ions dans le lait en poudre c'est vraieu.....c'est vrai les ordres de grandeurs souvent connaît pas.*»

Dans ce cas, le moyen le plus simple pour vérifier aurait été de se référer à la boîte qui contient le lait en poudre, chose que nous avons voulu faire. Mais aucune indication¹³ dans ce sens n'y figurait. Ainsi, même s'ils le voulaient, les élèves n'ont pas toujours à leur disposition les références utiles. Nous pouvons dire que les élèves n'ont pas toujours des références qu'ils puissent consulter facilement.

3 ⇐ ***Les professeurs mettent l'accent sur la difficulté de faire une vérification :***
Comme nous avons vu dans les réponses des professeurs, ils parlent de la difficulté de l'application de l'activité de vérification.
Cela nous montre que même les professeurs sont conscients que l'activité de vérification n'est pas une tâche évidente, elle est difficile, voire elle est à la portée de très peu d'élève.

Entretien 4 :

(L.20) P : « *Au sens que je lui met, vérifier si ça consiste à dire « vérifier une cohérence, une compatibilité entre un fait expérimental et un coté théorique », je crois que je pense que c'est omniprésent dans la tête des professeurs mais je pense que c'est très difficile pour les élèves.* »

(L.24) P : « *....le professeur pour qui c'est facile, il va y aller et il va se dire, je vais d'un point A pour vérifier, il faut que j'aille d'un point B il sait tout de suite où aller, l'élève ne sait pas si c'est B,C,D ou Z donc, voilà s'il n'est pas excellent, je pense qu'il ne saura pas et il y très peu d'élèves qui sont capable de faire ça.* »

4 ⇐ Le professeur (entretien E2) fait remarquer que pour les élèves ce qui se passe dans le laboratoire n'est jamais identique à ce qui se fait dans la vie courante.

Entretien 2 :

(L.42) P : « *.....mais quand j'ai un élève qui me dit, madame il faut que je boive, les élèves ne veulent pas boire à mon robinet : Parce qu'ils pensent que je suis dans un labo de*

¹³ En effet, sur les boîtes ne sont indiquées que les quantités des lipides, glucides et protéines etc. Seuls les laits pour bébé ont des indications plus détaillées.

chimie, c'est pas de l'eau comme chez eux. On est dans un labo de chimie, donc ils ne font pas la relation entre ce qu'ils ont chez eux et chez nous : on a forcément des cachets c'est pas ceux de la pharmacie, l'eau c'est pas l'eau du robinet, il y a une coupure, et je pense que c'est pour ça qu'ils ne vérifient pas parce qu'ils voient pas le lien entre la vie de tous les jours et la chimie qu'on leur fait faire. Et pourtant les programmes sont faits pour leur montrer le lien mais ils ne nous croient pas. »

IV - LE ROLE DES PROGRAMMES OFFICIELS SUR L'ACTIVITE DE VERIFICATION :

D'après leurs réponses, on constate que les enseignants ne savent pas si les programmes officiels mentionnent la nécessité d'instaurer des activités de vérification. Plus explicitement, on remarque que les professeurs ne sont pas sûrs s'il y a des consignes dans les programmes officiels pour mettre en place des activités de vérification. C'est à dire ils ne savent pas si la vérification est un objet d'enseignement vis à vis des programmes officiels.

Si le programme ne fait pas un objectif d'enseignement de la vérification comme nous l'avons vu dans l'analyse des programmes officiels de chimie, il paraît normal **que le professeur n'en fasse pas un objet d'enseignement.**

Entretien 3 :

(L ;22) P : *« Je pense pas que ça soit souvent dit.... Je pense pas que dans le programme officiel ils disent que systématiquement le résultat doit être vérifié, je ne suis même pas sûr que le terme soit utilisé : il faut que je relise mais ça m'a pas attiré mon attention. Autant ils insistent actuellement sur la notion de modèle par rapport aux faits expérimentaux qu'il faut que les élèves comprennent que la physique comme la chimie c'est une succession de modèle avec un domaine, un choix expérimental, s'ils insistent mais ils n'insistent pas tellement sur la vérification. »*

Entretien 4 :

(L.30) P : *« L'impression que j'ai est que le mot « vérifier » est peu présent dans les programmes officiels. Je ne sais pas, faudrait que je les consulte franchement..... peut-être bien qu'il y a quelques allusions à la vérification, mais j'ai quand même l'impression que c'est peu présent sous la forme du mot « vérifier ». Peut-être probablement avec une autre formulation, alors que dans les sujets type B.O ou BAC, il est un peu plus présent mais presque toujours de façon très flou, très ambiguë pour les élèves, comme pleins d'autres mots je trouve, qui sont très peu précis pour les élèves, il ne sont clairs que pour le professeur qui pose la question ;Le professeur qui pose la question sait ce qu'il mettra exactement derrière, il ne se rend pas compte que l'élève lui même ou un lecteur extérieur qui serait professeur pourrait y mettre une autre signification. »*

V - LES EFFETS DU CONTRAT :

Les effets de contrat sont toujours présents dans une situation d'enseignement.

1 ⇐ **Responsabilité des élèves devant la vérification** : On rencontre aussi dans les réponses des professeurs que les élèves n'ont pas la responsabilité devant les résultats obtenus.

Entretien 1 :

(L.22) P : « *Il y en a qui sont pas sur de leur résultat, ça c'est, c'est souvent vrai, parce que, parce que les problèmes c'est un peu loin de bien souvent, c'est un peu loin de leur préoccupation personnelle, la chimie c'est quand même souvent c'est un peu étranger à ce qu'on fait dans la courant, donc parfois, »*

2 ⇐ **Contrat didactique lié à la note** : Comme nous avons indiqué dans le cadre théorique, dans les réponses des professeurs, nous pouvons voir les effets de contrat didactique lié à la note.

Entretien 1 :

(L.20) P : « *Je répète très souvent aux élèves, revoyez vos résultats pour savoir si c'est cohérent, parce que dans la notation ça compte. Donc en fait, les élèves travaillent pour la note, ils travaillent pour la note, donc ils veulent avoir un résultat correct et donc s'ils s'interrogent quand même assez souvent sur la cohérence, celui qui est soucieux de réussir. Celui qui n'est pas soucieux de réussir, celui qui n'est pas soucieux d'avoir son résultat juste. »*

Entretien 2 :

(L.10) P : « *ou alors c'est des élèves qui sont plus motivés que d'autre qui se disent il faut absolument j'ai une bonne note donc ils vont vérifier. »*

3 ⇐ **Les professeurs ne demandent pas régulièrement** aux élèves de vérifier leurs résultats. C'est à dire qu'il n'y a pas un contrat entre les professeurs et les élèves. Les élèves ne voient alors plus d'intérêt à vérifier leurs résultats.

I : « *Quand vos élèves obtiennent un résultat, leurs demandez-vous de vérifier leur résultat après chaque activité d'enseignement ? »*

Entretien 2 :

(L.12) P : « *Alors pas toujours après chaque activité,.....mais c'est pas systématique. »*

Entretien 3 :

(L.10) P : « *Systématiquement il y a un manque du temps effectivement c'est pas systématique. »*

Entretien 4 :

(L.12) P : « *....donc pas toujours forcément, il me semble. »*

4 ⇐ Même si les professeurs se plaignent des élèves, **certains professeurs avouent** qu'ils n'ont pas habitué les élèves à vérifier leurs résultats, ou au moins ils évoquent la nécessité de les habituer à vérifier leurs résultats.

Entretien 3 :

(L.3) I : « Pourquoi les élèves ne vérifient-ils pas spontanément leurs résultats ? »

(L.4) P : « ça vient de la façon dont on les a habitué dans l'enseignement : c'est-à-dire qu'ils attendent la vérification par les professeurs, c'est à dire qu'en fait l'enseignant comme il institutionnalise le savoir : il y a un moment donné où il va leur dire si c'est juste ou pas, donc ils attendent en fait que l'enseignant le fasse. »

Entretien 4 :

(L.22) P : «Donc je pense que si on voulait vraiment habituer les élèves à faire cette gymnastique là, il faudrait bien les guider mais aussi il faudrait bien avoir conscience que c'est difficile donc les amener tout doucement à le faire et cela en les guidant. »

I- LES RESULTATS DE L'OBSERVATION DE TP :

I- REALISATION DU TP ET LES OBSERVATIONS :

Avant le TP, le professeur a mis des eaux dans des ballons numérotés placés sur la paillasse du professeur. Les élèves ont pris celle qu'ils veulent. (au total 15 élèves, 8 groupes.) :

N°1 : Evian (1^{er}, 3^{ème} et 6^{ème} groupe.)

N°2 : Volvic (2^{ème} et 4^{ème} groupe.)

N°3 : L'eau de robinet (5^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} groupe.)

Jusqu'à la fin du TP, nous avons observé les comportements des élèves concernant la vérification :

- Vers la fin du TP, un élève a demandé aux autres le numéro de l'eau qu'ils analysent..

« Vous avez quelle eau ? »

- Aucun élève n'a senti le besoin de vérifier ou de confronter son résultat ni avec d'autres références ni avec ceux du professeur. Aucun élève n'a cherché à valider son résultat. Ils n'ont pas consulté le manuel.

- Aucun élève n'a demandé l'étiquette de l'eau pour pouvoir vérifier son résultat.
- Personne n'a demandé pourquoi avoir utilisé 3 eaux différentes.

II- L'ANALYSE DES REPONSES DU QUESTIONNAIRE DE TP (Q3) :

A la fin du TP, après avoir constaté un non recours à la vérification par les élèves, nous leur avons diffusé les questionnaires déjà préparés. (Annexe 5)

Avec ce questionnaire l'objectif était de savoir si les élèves ont des idées sur les résultats obtenus et comment ils peuvent les vérifier. C'est-à-dire pour pouvoir vérifier leurs résultats, ils vont utiliser quels types d'outils et de connaissances.

Question 1 :

a) « Auriez-vous pu prédire le résultat avant de faire l'expérience ? »

D'après les réponses des élèves (annexe 5), 7 élèves sur 15 (la moitié) ont dit qu'ils n'auraient pas pu prédire le résultat avant de faire l'expérience. (« Calculer le T.A.C. de l'eau dosée. ») Le nombre des élèves dit « oui » est 7. Un seul élève n'a pas répondu à notre question.

b) « Pourquoi ? »

Quant à la question « pourquoi », on peut interpréter les réponses **de ceux qui ont dit « non »** par l'absence de référence dans la vie quotidienne ou dans un autre matière. C'est à

dire les élèves n'ont pas une idée claire sur le résultat. Cela nous montre que les ordres de grandeurs ne peuvent pas toujours être un moyen de vérification pour les élèves.

Exemples :

E4 bis : « *Expérience est nécessaire.* »

E5 : « *Sans mesure il est impossible.* »

E5 bis : « *On ne parle pas souvent d'eau hydrogénocarbonatée.* »

E1 : « *Il faut demander à la compagnie des eaux.* »

Certains élèves pensent qu'ils n'ont pas d'outils pour vérifier.

Exemples :

E1 bis : « *Il nous manque une référence de l'analyse.* »

E6 : « *On ne connaissait pas le volume d'équivalent d'acide versé.* »

E3 : « *L'activité préparatoire ne donne pas d'indication sur les concentrations.* »

Quant à ceux qui disent « oui », leurs réponses ne sont pas pour autant assez explicites. Nous nous attendions à ce que les élèves puissent donner une valeur indicative avant de regarder les indications de la bouteille.

Exemples :

E4 : « *On regarde sur les bouteilles.* »

E7, E8, E8 bis : « *En calculant la concentration grâce aux indications de la bouteille.* »

Question 2 :

« Comment pouvez-vous contrôler votre résultat ? »

Avec cette question, notre objectif était de trouver comment les élèves pouvaient contrôler le résultat obtenu. Autrement dit, notre objectif était de voir ce que les élèves pourraient faire ou à quoi ils se référeraient pour qu'ils puissent vérifier le résultat.

Au cours de la diffusion des questionnaires aux élèves, un élève a expliqué sa pensée oralement devant ses camarades. Ceci a influencé les autres élèves et il est vrai que à peu près tous les élèves ont répondu de manière identique : « *avec les indications de la bouteille* » ou « *appeler la compagnie des eaux* ». Nous avons donc décidé de ne pas utiliser ces réponses sinon comme trace du fait qu'ils l'ont entendu.

III- LES COMPTES-RENDUS DES ELEVES :

Après le TP, nous avons demandé au professeur les comptes-rendus du TP des élèves pour examiner la place de la vérification après notre intervention.

Nous pensions que les élèves feraient une allusion à cette activité dans leur compte rendu de TP puisqu'ils l'avaient noté dans leurs réponses du questionnaire.

L'appropriation nous semblait suffisamment simple pour être intégré par les élèves. Or seul 1 élève y a fait allusion.

Les compte rendu se sont simplement limités au protocole. Le fait de trouver les choses « telles quelles doivent être » n'a pas marqué les élèves.

La vérification du résultat est mentionnée seulement dans un compte-rendu parmi les 8 que nous avons récupéré une semaine après. L'élève, dans le compte-rendu, pour vérifier le résultat, fait le calcul de la conversion de mole en masse (il trouve 356 mg) et ajoute :

« L'étiquette nous indique 357 mg. Le résultat est donc en accord avec les valeurs ... »

En nous donnant les comptes rendus, le professeur avait commenté :

« Dans leur compte-rendu, les élèves s'en sont tenu à la feuille photocopiée du TP et n'ont pratiquement pas tenu compte des étiquettes ».

IV- COMMENTAIRE DE L'OBSERVATION DE TP :

Même si l'un des objectifs du TP est de « comparer aux indications des étiquette de bouteille », quand on enlève du protocole le consigne « comparer votre résultat avec la valeur indiquée sur la bouteille », l'élève ne vérifie pas spontanément le résultat obtenu. Cela nous montre que même si le professeur veut implicitement que l'élève vérifie son résultat, l'élève ne le vérifie pas étant donné que cette consigne ne figure pas sur le protocole. Dans ce cas, on peut parler de la contrainte du contrat lié au protocole.

Bien que les élèves affirment vérifier leurs résultats, nous avons bien constaté qu'à la fin du TP, les élèves ne vérifient pas *spontanément* leurs résultats dans le sens au nous l'entendons.

Comme il y avait là 3 eaux différentes, ils n'ont même pas cherché à contrôler avec leur voisin.

A la fin de cette activité de TP, quand on interprète les comportements des élèves vis à vis de la vérification du résultat obtenu dans le cadre de *la grille d'évaluation de Giordan* (§ A-III-2), qui avait proposé 4 niveaux, nous voyons que les comportement des élèves correspondent au premier niveau du tableau :

« L'élève accepte tout ce qui se présente sans le mettre en question. Il tient les idées acquises pour une vérité. »

J- INTERPRETATION DES RESULTATS

Nous avons vu dans l'analyse des programmes officiels de chimie que malgré le fait que l'on met l'accent sur la démarche scientifique à transmettre aux élèves, « l'activité de vérification des résultats » est presque absente. (§E -I.) Toutefois nous avons vu que les programmes officiels belges imposent aux enseignants « une démarche scientifique » où la place de la vérification est explicite. (§E -I., annexe 7) Par ailleurs nous avons constaté que quand nous interrogeons les enseignants pour savoir si l'activité de vérification existe dans les programmes, ils montrent beaucoup d'hésitations en ce qui concerne l'existence de cette activité, voire ils avouent ne pas être courants.(§H -IV.) Cela nous montre que l'activité de vérification n'est pas un objectif d'enseignement pour eux (*Hypothèse 1*), même s'ils parlent de la nécessité de cette activité. (§H -IV.)

D'autre part, nous avons constaté que le point de vue des enseignants et des élèves n'est pas le même : Les enseignants parlent de « cohérence » et de « vraisemblance » des résultats (§F - Question 2), alors que, pour les élèves, vérifier son résultat consiste plutôt à comparer les résultats avec « celui des enseignants » ou « celui des élèves » etc. (§G - Question 1a et 1b « comment ? ») Cela pourrait expliquer la contradiction entre les élèves et les enseignants. [90% des professeurs ont déclaré que « *les élèves ne vérifient pas leurs résultats en chimie* ». (§F - Question 1), alors que la majorité des élèves -75% en TP et 94% lors des exercices papier/crayon- ont déclaré vérifier leurs résultats.(§G - Question 1a et 1b)]

De plus, même si à peu près tous les enseignants définissent ce qu'ils entendent par « la vérification » (Question 1 pour Q1a et Question 2 pour Q1b) concernant la définition de la vérification, nous avons constaté au cours des entretiens qu'ils ont de la peine à donner une définition précise, voire ils reconnaissent de ne pas savoir. (§H -I.1) Nous pouvons interpréter cela comme un manque de formation épistémologique plutôt sur la démarche scientifique.

Néanmoins, les enseignants ne demandent pas systématiquement aux élèves de vérifier leurs résultats à la fin de chaque activité d'enseignement. (§H -V.3) Si cette activité n'est pas demandée systématiquement par les enseignants, ne considérant pas cette activité comme un objectif d'enseignement, les élèves risquent de ne pas la concevoir comme une activité à leur charge, ce qui est normal à notre sens. D'ailleurs, les réponses des élèves, disant que les professeurs ne leur demandent pas de vérifier leurs résultats, confirment notre hypothèse. (§G - Question 2) De plus, l'absence de cette nécessité dans les manuels, voire dans les protocoles de TP, n'incite pas les élèves à concevoir la vérification comme une tâche nécessaire. (§E - II. ; §I -IV.)

D'autre part, même si les élèves portent l'idée de vérification à la fin de chaque activité, l'insuffisance de moyens de vérification peut empêcher les élèves de vérifier leurs résultats (*Hypothèse 3*) comme le confirment les résultats de notre expérimentation. (§F - Question 3 ; §H - III.1,2 ; §I -II.)

CONCLUSION

L'analyse des entretiens et des questionnaires nous a montré que le mot vérification est un mot très ambiguë pour les professeurs et cela pourrait s'expliquer par l'absence, au cours de leurs formations, d'un enseignement adéquat concernant la notion de vérification (Formation épistémologique). Cette notion reste implicite chez les professeurs et il en est de même dans les programmes officiels des enseignements des sciences physiques et dans les manuels scolaires. Cette notion a un statut flou, très large pour les professeurs, donc cela nous paraît logique de trouver cette notion encore plus ambiguë chez l'élève voire même incompréhensible. Le caractère très flou de cette notion rend le contrat didactique, la concernant, implicite et flou. L'élève ne sait pas ce qu'on attend de lui en lui demandant de vérifier un résultat et l'enseignant n'a pas une idée très précise de ce qu'il attend de l'élève et même si c'est le cas, l'élève ne peut pas la connaître parce qu'il n'y a pas une définition précise pour les deux. Cela apparaît très nettement dans le fait que les élèves pensent majoritairement vérifier alors que les professeurs pensent le contraire :

En conclusion nous pensons :

- qu'il est nécessaire d'explicitier le contrat didactique concernant cette notion
- et que cela ne peut se faire qu'à travers les programmes officiels et les manuels scolaires.
- mais que cela est loin d'être suffisant puisque beaucoup d'autres questions sont apparues, parmi lesquelles nous citons quelques unes :

↖ Sur le plan épistémologique : qu'est ce que la vérification en chimie ?

↖ Sur le plan didactique comment mettre les élèves en situation de pratiquer effectivement cette activité? Quels moyens, quelles références leur donner ?
Comment former les professeurs ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARNOULD P., FURNEMONT J., COLLETTE P., (1997) *Didactique de la chimie : Les étapes d'un travail collectif*. La revue Information Pédagogique n°37- Novembre 1997, Belgique. (www.restode.cfwb.be/pedag/download/pedag/INFO37B.pdf)

ASTOLFI J.P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y., TOUSSAINT J., (1997) Mots-clés de la didactique des sciences. De Boeck&Larcier s.a., Paris-Bruxelles.

BROUSSEAU G., (1986) *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*. In : Recherches en didactique des mathématiques. Vol 7.2. La pensée Sauvage, Grenoble.

CHEVALLARD Y., (1985) La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné. La Pensée Sauvage, Grenoble.

COPPE S., (1993) *Processus de vérification en mathématiques chez les élèves de 1^{ère} S en situation de devoir surveillé*. Thèse de la didactique des mathématiques. Lyon 1.

GIORDAN A., (1999) Une didactique pour les sciences expérimentales. Belin, Paris.

GRANGER G. G., (1992) La vérification. Edition Odile Jacob. Paris.

HEQUETTE T. et MARCONNET E., (2000) *Les stratégies de vérification des élèves de lycée professionnel en classe de mathématiques*. Mémoire professionnel, IUFM de Académie de Lyon.

JOHSUA S., DUPIN J.J., (1993) Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Presses Universitaires de France, Paris.

JONNAERT P., (1988) Conflits de savoirs et didactique. De Boeck, Bruxelles.

LANGLOIS F., GREY J., VIARD J., (1995) *Influencia de la formulacion del enunciado y del control didactico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolucion de problemas* (Influence de la formulation de l'énoncé et du contrat didactique sur l'activité intellectuelle d'élèves en résolution de problème.) Ensenanza de las ciencias,13(2),179-191

MARGOLINAS C., (1989) *Le point de vue de la validation : essai de synthèse et d'analyse en didactique des mathématiques*. Thèse d'état, Université Joseph Fourier, Grenoble.

MARGOLINAS C., (1993) De l'importance du vrai et du faux, La Pensée Sauvage, Grenoble.

MUJAWAMARIYA D., (2000) *De la nature du savoir scientifique à l'enseignement des sciences : l'urgence d'une approche constructiviste dans la formation des enseignants des sciences*. ACELF, volume XXVIII n°2 Automne-hiver, Canada. (www.acef.ca/revue/XXVIII-2/articles/08-Mujawamariya.html)

Les manuels :

CHIMIE Terminale S, Hachette Education, 1995.

PHYSIQUE-CHIMIE Enseignement de spécialité, Nathan, 1995.

PHYSIQUE-CHIMIE 2^{NDE}, Hachette, 2000.

LES PROGRAMMES OFFICIELS DE CHIMIE.**Programmes des classes de collège :**

Classe de 4° : B.O. n° 31 du 30 Juillet 1992

Classe de 3° : B.O. n° 41 du 2 Décembre 1993

Programmes des classes de lycée :

Classe de 2^{nde} : B.O. n° 6 (hors-série) du 12 Août 1999

Classe de 1°S : B.O. hors-série (Tome II) du 24 Septembre 1992
+ B.O. n° 22 du 24 Juin 1993

Classe de TS : B.O. spécial n° 3 du 16 Février 1995
(tronc commun et spécialité)

Classe de TL (et de TES) : B.O. spécial n° 11 du 1 Septembre 1994
B.O. spécial n° 18 du 15 Septembre 1994

B.O. n°3 du 9 juillet 1987

PROGRAMME DE CHIMIE (niveaux A et B) ET DE PRATIQUE DE LABORATOIRE.
Enseignement secondaire technique de transition, Troisième degré (Réf. :7/5648),
Communauté française de Belgique.