

Points de vue d'enseignants

L'enseignement en chimie dans les collèges et lycées français

Marie-Claire Seigneuret et Joël Casper

Cet article présente le témoignage de deux enseignants du secondaire. Il rapporte leurs expériences et leur ressenti. On peut imaginer que des expériences différentes puissent être faites dans d'autres établissements ou filières. Si d'autres enseignants pensent devoir apporter des compléments ou présenter d'autres points de vue, ils seront les bienvenus dans nos colonnes.

Résumé

De l'alchimie égyptienne aux sciences du XXI^e siècle, la perception de la chimie et son enseignement ont bien changé, surtout depuis ces trente dernières années. La chimie et sa perception dans la vie quotidienne évoluent. À l'école, cette science participe de plus en plus à la formation et à l'éducation citoyennes. Les mentalités et les visions des élèves et du public en général se modifient, quittant l'aspect scolaire d'avant 1980 pour se tourner vers la chimie du quotidien. L'appropriation par l'expérience se conjugue avec un enseignement plus moderne, bien que limité par les contraintes liés aux coûts impliqués et au cadre de la classe. L'impact des réformes de l'enseignement de la chimie atteint aussi les médias et tend à rendre à la chimie sa place dans le monde et l'environnement.

Le mot chimie dérive d'alchimie, lui-même issu du mot arabe *al kemi*. L'alchimie, avant de devenir la quête de la pierre philosophale, a pris son origine dans les savoirs du bord du Nil, puis a atteint le monde musulman via la Grèce et Byzance. Littéralement, la chimie (*kemia*) est, chez les Égyptiens, l'art de la Terre et le savoir de la Terre. Pour les Hellénistes, *khemeia* est la magie noire qui inclut l'art des poisons minéraux, et *khumeia* signifie « mélange de liquides ». L'étymologie, même discutée, présente ainsi la chimie comme la science de la nature.

Les chimistes, comme les professeurs, ont souvent présent à l'esprit cet aspect historico-étymologique qui montre l'évolution de la pensée, illustre ce qui sépare la science elle-même de l'image véhiculée par les médias, et confirme l'importance de la chimie dans le monde. Pour autant, sans oublier le passé, il nous faut considérer de nos jours la chimie comme la science qui étudie l'évolution des systèmes (naturels ou artificiels) lors des modifications profondes de la matière (hors transformations nucléaires et donc transmutations).

Après une rapide analyse de la perception de la chimie, nous allons voir comment vers les années 1980, son enseignement, par un renforcement de l'aspect expérimental, lié aussi à l'arrivée de nouvelles technologies, a évolué vers la chimie du quotidien, ce qui a modifié le ressenti de la chimie et sa place dans l'école.

La chimie et sa perception

Pour tout un chacun, la chimie reste à l'origine de l'industrie chimique lourde, de la pharmacie et de la médecine, voire de la production agroalimentaire, mais elle est plus rarement associée spontanément à la gastronomie par exemple. Par ailleurs, elle apparaît de plus en plus intimement liée à l'environnement et se retrouve trop souvent affublée des attributs de la pollution.

Quant aux élèves (pour ne pas se restreindre seulement aux écoliers, aux lycéens ou aux étudiants), ils gardent souvent de la chimie, entre autres matières étudiées, une vision essentiellement scolaire et disciplinaire, peut-être « trop axée sur les notions évaluées et très liées à l'écriture d'équations et de formules ». Il est vrai que pour nombre d'entre eux, les notes obtenues sont déterminantes pour leur orientation et leur devenir, voire leur avenir ; ce ressenti est d'autant plus fort dans les établissements où les professions et catégories socioprofessionnelles supérieures sont plus largement représentées.

La chimie scolaire d'avant 1980

Pendant de longues années, la chimie abordée dans l'enseignement secondaire est restée limitée à l'exposé de monographies – étude par élément ou par composé ou famille de composés. Certes l'aspect expérimental a toujours constitué une composante essentielle de l'enseignement ainsi dispensé, et ce recours à la pratique et au concret s'est inmanquablement avéré positif, rendant plus palpable une stœchiométrie parfois difficile à appréhender. Cette culture scientifique, ainsi présentée et développée lors des séances de travaux pratiques ou dans la présentation d'expériences de cours, permettait, dès lors qu'elle était acquise, au moins de maîtriser la sécurité de façon un peu plus efficace et de mieux comprendre tant les coups de mains que les recettes ancestrales transmises de génération en génération. On pouvait voir là le prolongement des leçons de choses dispensées par l'instituteur de l'école primaire.

Un enseignement tourné vers la chimie du quotidien

Désormais, l'enseignement des sciences, et donc de la chimie, ne se limite plus à une simple transmission de contenus. Il se doit d'illustrer à travers chaque séquence comment

la science interroge la nature. Par exemple, à des fins alimentaires, cosmétologiques ou décoratives, les hommes se sont toujours tournés vers les composants de la nature, plantes, animaux ou roches. Ainsi se sont-ils livrés depuis la nuit des temps à des extractions dont la qualité et la reproductibilité ont évolué, en fonction des progrès et des performances rendus possibles par les plus récentes techniques et la recherche de nouvelles substances. Ce n'est pas pour autant que les pratiques les plus anciennes sont abandonnées face aux utilisations de solvants organiques modernes ou aux synthèses.

Parallèlement, les élèves se montrent le plus souvent intéressés par l'aspect historique des sciences et l'évolution tant de la pensée que des techniques. Par exemple, ils restent très sensibles à la description de l'enfleurage, qui permet d'accéder facilement à des graisses ou huiles parfumées. Ils expriment de même leur curiosité pour la macération qui, suivie de la décantation, était utilisée originellement pour la seule production de l'eau de rose (très appréciée à l'heure où la Cour séjournait au château de Versailles) alors qu'on rejetait les huiles essentielles (dont chacun de nous sait qu'elles sont à l'origine de l'industrie des parfums).

Il est vrai que les recherches en médecine, en pharmacie ou en cosmétique ont beaucoup fait changer le regard sur les techniques, sur les substrats et les substances mis en œuvre, pour se tourner vers ce qui est plus naturel ou, à une certaine période, pour éviter les produits dérivés des animaux soupçonnés d'être à l'origine de maladies transmissibles – ainsi de nos jours, on trouve de plus en plus de gélatines végétales.

Les protocoles expérimentaux mis en place sont désormais de plus en plus conçus pour conforter des réponses obtenues, le but étant d'apprendre aux élèves à se former une opinion argumentée, à imaginer des démarches et raisonnements pour tester, défendre et valider une hypothèse. Par exemple, la différence entre les produits naturels et les produits de synthèse est un moment fort dans une classe où les consommateurs, actuels ou futurs, expriment assez librement et très spontanément leurs interrogations (éponge naturelle ou de synthèse, vanille et vanilline, caoutchouc naturel et caoutchouc styrène-butadiène – SBR). L'impossibilité de synthétiser certains produits (essence de muguet) les interpelle aussi, tout comme les substances qui n'existent pas à l'état naturel (Doliprane[®], PVC...), ou celles qui sont dérivées de substances naturelles (aspirine...).

Si la formation scientifique est souvent évoquée au collège et au lycée, il s'avère qu'elle se doit de commencer dès le plus jeune âge pour être effective. Les élèves en contact avec les sciences dès l'école primaire ou par leur environnement social se montrent ensuite les plus passionnés. Les apprentissages liés aux activités de « La main à la pâte » à l'école élémentaire ont pour suite la chimie et la physique enseignées au collège, puis au lycée. Hélas, l'absence d'enseignement de physique et chimie en classe de sixième actuellement crée une rupture dans la continuité, continuité qui construit et consolide les acquis. Malgré cela, il apparaît désormais que les programmes sont élaborés pour être des outils au service de l'acquisition et des développements des savoir-faire et des connaissances. Ainsi les professeurs de l'enseignement secondaire (de la cinquième à la terminale) sont amenés à traiter un programme imposé, pour un public très disparate qui change d'une année sur l'autre. C'est pourquoi ils prêtent une grande attention aux attentes des classes supérieures dans le choix de leurs progressions, mais sans toujours expliciter les stratégies développées et les enjeux des démarches adoptées. Les objectifs sont pourtant clairement définis : il s'agit de permettre aux élèves d'acquérir une

culture scientifique concrète, en relation avec les réalités quotidiennes et les problèmes contemporains, et de développer chez eux l'autonomie et l'esprit d'initiative, voire d'invention.

Pour aller au-delà de la transmission de savoirs, intégrer l'interrogation scientifique de la nature et valider les réponses obtenues, l'enseignement se doit d'apprendre aux élèves à se former une opinion argumentée, à oser défendre une hypothèse et à imaginer des protocoles pour la tester.

L'appropriation par l'expérience

Parmi les méthodes d'enseignement mises en jeu, la démarche d'investigation [1], déjà mise en place au collège depuis quelques années, se présente comme une nouveauté au lycée. Le questionnement des élèves sur le monde réel est le point de départ d'un déroulement qui conduit à l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et à la mise au point de savoir-faire techniques. Par exemple, l'introduction de la chromatographie peut se faire à partir d'une intrigue liée à une écriture sur de vieux parchemins dont on veut connaître les origines en analysant les constituants des encres. L'oxydoréduction peut être la réponse à l'explication des messages transmis par une encre invisible. Les recettes des œufs à la coque ou des œufs durs peuvent conduire aux changements d'états de l'eau, aux conditions de température et de pression liées à ces changements d'états, mais aussi à l'aspect cinétique de la transformation des protéines. Les propriétés physico-chimiques telles que la densité, la masse volumique ou l'indice de réfraction sont facilement rattachées aux composés chimiques (une cannette de boisson « light » flotte à la surface de l'eau, alors que son homologue sucré coule, et le réfractomètre permet de doser les sucres dans les boissons [2]...).

Ainsi l'expérience ou l'actualité constitue la première étape, destinée à solliciter la curiosité des élèves et à révéler une situation-problème, problème qu'ils doivent s'approprier. Viennent ensuite des phases, plus difficiles à mettre en place, où les élèves proposent des représentations, élaborent des propositions. C'est alors que la discussion permet d'avancer vers l'opérationnalisation des connaissances. Ce cheminement représente un travail conséquent et une mise en place raisonnée, alliée aussi à une bonne gestion de la sécurité et des activités expérimentales, car l'expérience est toujours aussi attendue que plébiscitée par les élèves, et encore plus en chimie qu'en physique selon ce que nous avons pu observer. Pour convaincre de l'existence des phénomènes et permettre l'organisation progressive des connaissances des élèves, le professeur s'appuie sur des expériences directes et garde toujours présent à l'esprit le souci de « remplacer de l'invisible compliqué par du visible simple ». Il n'est pas question de faire du spectaculaire ou du ludique, mais de rendre plus palpable à tous (compte tenu de l'augmentation de l'âge de la scolarité obligatoire) ce qui autrefois n'était accessible qu'à ceux qui avaient la chance de poursuivre des études. L'école n'a pas le rôle des médias, mais celui d'accompagner une classe d'âge vers le baccalauréat et au-delà, tout en apportant des éclaircissements sur ce qui est présenté de façon plus ou moins scientifique par voies de presse ou autre.

Hélas, la mise en œuvre du travail expérimental des élèves n'est pas toujours possible, d'autant qu'elle nécessite des moyens en rapport avec des effectifs réduits, dans des salles spécialisées. Ainsi le cours en classe entière existe-t-il encore, en fin de démarche d'investigation par exemple, sous une forme qui rappelle parfois le cours magistral. Mais l'expérience, cette fois-ci désignée par le terme d'expérience de

cours (ou de façon moins académique d'expérience collective), est encore là pour capter l'attention des élèves, les intriguer, les sensibiliser à la formulation écrite des connaissances, à la logique de la démarche scientifique. L'expérience permet de consolider le bien-fondé du modèle et sa validité, mais aussi d'initier la résolution d'exercices avant l'évaluation des acquis.

Vers un enseignement plus moderne

Le tableau noir, puis vert et la craie ont fait place à des tableaux blancs, les photocopies aux photocopies, l'épiscopes et les diapositives au rétroprojecteur et à l'écran de la télévision. Les techniques de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) se développent et permettent de varier les supports pour soutenir l'attention des élèves. Parmi ces techniques, on voit bien sûr les expériences assistées par ordinateur (EXAO) où les élèves, comme les professeurs de chimie, sont amenés à gérer tant la verrerie que l'ordinateur interfacé. Mais il faut aussi prendre en compte l'introduction du vidéoprojecteur, premier pas vers des outils complémentaires tels que le tableau numérique interactif (TNI) qui, associé à la caméra numérique et/ou à l'interface de mesures et au(x) tableur(s), devient un outil d'observation et d'analyse de l'expérience permettant d'en conserver la trace, de l'annoter, de la confronter aux schémas... (figure 1).

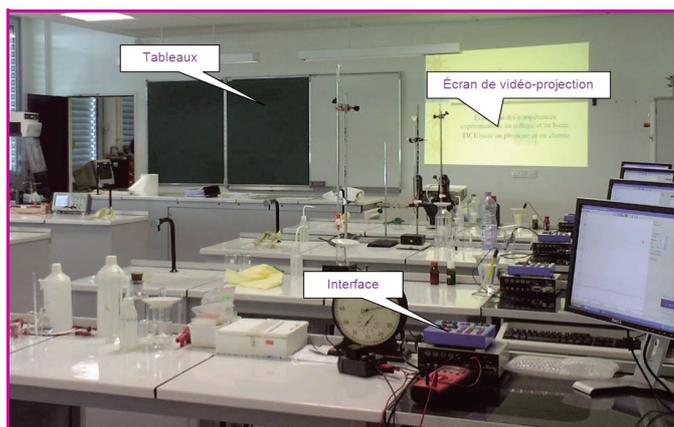


Figure 1 - Salle de travaux pratiques pour une séance au lycée utilisant les TICE.

Ces nouveaux éléments introduits dans l'enseignement de la chimie, comme dans les autres disciplines, n'écartent pas pour autant les professeurs de l'enseignement secondaire de la mission qui leur est confiée. Ils ressentent l'importance de la charge qui est la leur et l'impact de la discipline sur l'éducation des générations qu'ils accompagnent dans leur scolarité.

Il y a une vingtaine d'années, les réflexions et les innovations dans leur métier étaient surtout axées sur la chimie descriptive qui constituait l'essentiel de la formation qu'ils dispensaient. Progressivement s'est installée une volonté de mettre l'accent sur des aspects plus théoriques, permettant d'assurer une formation plus large. L'appel à l'histoire des sciences, domaine de plus en plus exploité par les professeurs de physique-chimie, complète l'exploitation de l'actualité (sans entrer tout de même trop en avant dans l'univers de la recherche), et aussi des différents domaines de la vie courante. Le propos est de développer l'esprit scientifique au travers d'une démarche plus autonome et plus citoyenne des élèves. Cette orientation se fait toujours au

travers de l'expérience, mais sollicite des méthodes et des technologies nouvelles. Elle affiche une volonté d'inciter les élèves à s'orienter vers des carrières scientifiques, mais aussi à utiliser davantage, et avec un esprit plus critique, toutes les sources d'informations, celles qui sont à leur disposition dans les centres de documentation et d'information (CDI) des établissements ou celles qui sont diffusées par les médias. Le travail du professeur de chimie est aussi de plus en plus tourné vers l'interdisciplinarité, ce qui par ailleurs est un point commun à l'enseignement dans toutes les disciplines. Sans doute la majorité des professeurs ressent-elle cette évolution, dictée par des programmes moins volumineux mais plus ambitieux, comme positive pour la formation des élèves. Toutefois, l'enseignement de la chimie, comme d'autres matières, semble plus difficile à gérer en respectant une plus grande autonomie des élèves qui, par ailleurs, sont souvent encore novices dans la recherche documentaire.

Le ressenti de l'enseignement

L'appétence des élèves pour les sciences et la chimie en particulier est très variable. Elle est manifestement conditionnée par l'image véhiculée par la famille et devient rapidement liée au projet d'orientation. Certains élèves jugent de l'importance d'une discipline en fonction du temps qu'elle occupe dans leur emploi du temps, mais l'image de la science scolaire présente une forte adhérence à celle que donne le professeur selon son écoute, sa faculté de compréhension, les projets ou les manipulations qu'il propose, les justifications des mesures de sécurité qu'il met en œuvre... L'introduction de l'évaluation des capacités expérimentales en classe de terminale scientifique, évaluation généralisée par la suite à tous les niveaux par les professeurs en dehors de tout examen, a été bien perçue ; elle donne un influx supplémentaire aux sciences expérimentales et renforce l'adhésion des élèves.

Les jeunes générations, comme leurs parents sans doute, apprécient qu'on les éclaire sur les applications de la science dans leur vie quotidienne, et elles sont encore plus réceptives dès lors qu'elles s'approprient une situation-problème ou participent à l'élaboration d'une meilleure compréhension d'un événement, quand bien même serait-il une catastrophe dans l'industrie chimique ou pour l'environnement. La stœchiométrie ou les mémorisations de formules chimiques sont souvent mal perçues par les « chimistes débutants », mais incluses dans un protocole expérimental ou dans une réponse à une interrogation personnelle, elles sont plus facilement acceptées.

La chimie et l'école

L'enseignement de la chimie est une composante de la culture scientifique et technologique que l'école se doit d'apporter dans l'ensemble des connaissances et des compétences, constituants de la formation des élèves. Par les programmes, les institutions définissent ce que l'on est en droit d'attendre du système éducatif. Mais l'apprentissage et la découverte de la chimie ne peuvent se faire que dans des salles qui lui sont dédiées : le laboratoire de l'établissement, laboratoire dont le coût est intimement lié à la mise en sécurité des biens et des personnes. L'installation de paillasse dans des salles de travaux pratiques est plus onéreuse que l'équipement d'une salle dite banalisée. Le classement de ces locaux en ateliers contraint à des normes de ventilation et d'aération plus drastiques que s'ils n'étaient voués qu'à l'accueil du public. Le stockage, même en flux quasi tendu,

des produits chimiques de toutes natures, nécessite une réserve entièrement équipée d'armoires ventilées, avec une ventilation spécifique et un accès sécurisé. La manipulation de ces mêmes produits doit se faire sous hotte ou sorbonne, et là aussi, l'entretien et le changement des filtres a un prix. Enfin, il ne faut pas oublier l'élimination et le recyclage des déchets. Au final, les conditions de travail devraient être assez voisines de celles rencontrées dans les laboratoires du domaine privé, même si à l'usage, la production étant réduite à des savoir-faire, les méthodes mises en jeu sembleraient bien triviales aux chimistes de laboratoire.



Figure 2 - Salle de travaux pratiques pour une séance au lycée.

Ainsi, ceux qui ne fréquentent pas le laboratoire de chimie considèrent-ils trop souvent que ce que l'on y fait est plutôt marginal, ce qui n'est pas sans effet sur la perception de la chimie et de son enseignement par le public : cette matière enseignée apparaît comme celle qui consomme une grande part du budget de l'établissement scolaire et qui est de plus, sans rien produire [3], aussi polluante qu'odorante !... Soyons justes : de nos jours, on ne retrouve plus le laboratoire seulement en se fiant à son odorat, et heureusement, mais cette idée est encore bien ancrée !

Cet aspect de l'école n'est pas sans effet sur la perception de la chimie et de son enseignement par le public qui ne comprend pas toujours coûts, précautions, sécurité et importance. La réelle vision est en effet le fruit des programmes et de leur mise en application, dans le respect des points obligés constituant les compétences attendues, exigibles ou en cours d'apprentissage et avec les moyens mis à disposition.

Quand tout est mis en place, le ressenti des élèves concerne et conditionne d'abord l'aspect anecdotique de l'enseignement de la chimie. C'est lui qui transparaît à l'heure où l'enfant rend compte du temps passé à l'école, de ce qu'il a vu, de ce qui l'a interpellé, et de ce qu'il a vécu dans le groupe classe. Il est assez rare qu'à ce stade, la famille ne perçoive autre chose que la blouse en coton à entretenir et l'intérêt manifesté par l'enfant ou suscité par le professeur.

Plus tard, quand la vie quotidienne s'émaille d'interrogations, les élèves élaborent au mieux des réponses étayées par la formation et les acquis de l'école. Le professeur n'est plus là pour aider son élève en sollicitant son sens critique, ses acquis scientifiques, et en orientant ses observations. Dans son travail, il a toujours espéré (et espère toujours) que la chimie enseignée permette de mieux comprendre et appréhender la vie et le monde environnant, industriel, artificiel ou naturel.

Somme toute, la chimie enseignée présente des aspects très évolutifs, mais à son importance naturelle dans le monde, elle ajoute une valeur non négligeable en rapport avec la

formation des esprits, que l'apprenant et l'enseignant soient encore en relation directe ou non.

L'impact des réformes de l'enseignement de la chimie

L'enseignement de la chimie et des sciences en général a bien évolué, comme le monde environnant. Le rôle de l'école, impulsé par des programmes rénovés et des moyens nouveaux mis en œuvre, ne semble pas encore suffisamment bien perçu pour augmenter de façon satisfaisante et significative le nombre de vocations scientifiques. Il est vrai que les études scientifiques exigent une rigueur soutenue et que leurs aboutissements, pour beaucoup d'adolescents, semblent être bien lointains et nécessiter beaucoup de temps et d'efforts. Face à cela, l'évolution des techniques et du monde a donné aux élèves le goût et le plaisir de l'instantanéité prêt et disponible, facilement accessible (un clic ou l'effleurement d'une surface permettent tant de choses !) À l'heure du lycée, les élèves ont bien du mal à imaginer la vie d'étudiant. Ils perçoivent quelque peu la longueur des études mais ont des métiers et de la promotion sociale des images qui déterminent leur orientation. Ces images sont véhiculées par la presse, Internet, l'environnement social... Peut-être les carrières et la culture scientifiques n'ont-elles pas là une aura suffisante. C'est aussi pourquoi la tâche de l'éducation scolaire est lourde face aux médias où les sciences n'ont pas toujours la place qu'elles mériteraient et où la rigueur scientifique n'est pas toujours aussi présente que souhaitée. Dans ce contexte, la dernière réforme de l'enseignement au lycée met en place des horaires de sciences réduits (par exemple, en classe de première S, 3 h sont attribuées aux élèves pour la physique et la chimie, alors qu'ils bénéficiaient de 4 h 30 auparavant). Il faut espérer qu'avec cet allègement horaire, se développera une curiosité scientifique extrascolaire engendrée par l'enseignement. Alors, c'est avec encore plus de plaisir que les professeurs de sciences verront notamment arriver des séquences qui interpellent les élèves et sont de plus en plus souvent bien argumentées par des scientifiques de formation, documentés sur l'actualité. En vérité, on ne peut qu'espérer que ce soit là des signes d'aboutissements et de rendus de production de tous les efforts faits pour rendre à la chimie, comme à toutes les sciences expérimentales, l'importance et la juste renommée qui justifient sa place dans la nature, l'environnement et le monde d'aujourd'hui.

Notes

- [1] La démarche d'investigation est une méthode basée sur le questionnement des élèves ; voir l'article de Bataille X., Beauvineau E., Cheymol N., Mas V., Vigneron M., Un TP de chimie analytique en séquence d'investigation, *L'Act. Chim.*, **2009**, 333, p. 42.
- [2] L'indice de réfraction d'une radiation lumineuse dépend de la concentration de la solution en sucre.
- [3] Les savoirs et savoir-faire acquis ou non ne se négocient pas à l'école mais ont un impact *via* le curriculum vitae !



M.-C. Seigneuret

Marie-Claire Seigneuret et Joël Casper sont professeurs de physique et chimie au lycée Édouard Branly de Nogent-sur-Marne*.



J. Casper

* Courriels : marie-claire.seigneuret@wanadoo.fr
jcasper@orange.fr