

# Développer la créativité des étudiants de licence au travers de la chimie analytique

Vincent Dugas, Claire Demesmay et Jérôme Randon

## Résumé

Dans le cadre des formations de licence de chimie, biochimie et sciences physiques, les compétences relatives aux sciences analytiques représentent un socle de base sur lequel est bâtie la démarche scientifique. Ainsi, outre la connaissance propre des techniques analytiques, tout étudiant en sciences expérimentales doit posséder les compétences permettant de mettre en œuvre ces techniques de façon raisonnée pour obtenir une mesure adaptée aux exigences formulées. C'est ainsi qu'a été proposée une unité d'enseignement permettant aux étudiants de licence de développer des compétences méthodologiques associées à la mesure, au travers d'une approche expérimentale ouverte basée sur plusieurs situations-problèmes. Cette approche a aussi permis de modifier l'image d'une chimie perçue comme utilisatrice de recettes de préparation qu'il faut appliquer, en remobilisant les étudiants autour de l'élaboration de leur propre stratégie expérimentale. En réaffirmant le caractère expérimental de cette discipline, et en montrant qu'elle est un espace de créativité et d'innovation, il est possible de conforter les compétences méthodologiques des étudiants, permettant de favoriser leur réussite en licence.

## Mots-clés

**Situation-problème, expériences, créativité, chimie analytique, JIREC 2010.**

## Abstract

### Improving student's creativity at bachelor level with analytical chemistry

Analytical science is one of the most important tools used in order to build a scientific approach. Beside the knowledge of analytical techniques, any student at bachelor level must possess technical skills in order to design and process an operating procedure leading to a quantitative measurement in agreement with the initial requirements. A new module in the curriculum of scientific students (chemistry, biochemistry and physics) has been introduced in order to develop the methodological skills related to measurement using an opened experimental approach related to problem-based learning. This teaching method has also modified the image of chemistry often related to cooking procedure, with students taking the responsibility of their own scientific procedure. Using such experimental approach, leaving a large space to creativity and innovation, the scientific skills of the students have been enhanced.

## Keywords

**Problem-based learning, experiment, creativity, analytical chemistry, JIREC 2010.**

Dans le cadre des formations de licence de chimie, biochimie et sciences physiques, les compétences relatives aux sciences analytiques représentent un socle de base sur lequel est bâtie la démarche scientifique. La qualité d'un résultat expérimental est en effet une conséquence directe des mesures effectuées pour atteindre ce résultat. Ainsi, outre la connaissance des techniques analytiques, tout étudiant en sciences expérimentales doit posséder les compétences permettant de mettre en œuvre ces techniques de façon raisonnée pour obtenir une mesure adaptée aux exigences formulées. Dans ce contexte, les connaissances des bases scientifiques propres à chaque technique doivent être accompagnées d'un ensemble de compétences méthodologiques, permettant de choisir les techniques à mobiliser et de mettre en œuvre la démarche expérimentale associée. Jusqu'à présent, dans les formations dispensées au niveau licence, nous ne proposons que très peu d'activités permettant aux étudiants d'être en face de ces situations où ils doivent choisir, construire et exécuter par eux-mêmes un protocole expérimental associé à la mesure de grandeurs physico-chimiques.

## Mise en place de l'unité d'enseignement

Nous avons donc proposé d'introduire une formation méthodologique orientée vers la stratégie analytique au niveau L3, s'appuyant sur des situations-problèmes [1-2] dans le cadre d'une démarche d'investigation [3]. Outre les aspects pédagogiques, plusieurs contraintes ont été formulées pour réaliser cette formation. Elle doit ainsi se dérouler sous forme expérimentale et intégrer une démarche basée sur une pédagogie de projet, être ouverte aussi bien à des étudiants de licence de chimie que de biochimie ou de sciences physiques, et enfin permettre de valider des crédits d'enseignement.

Pour répondre à cette problématique au sein d'un établissement tel que l'Université Claude Bernard Lyon 1 qui accueille 400 étudiants en 3<sup>e</sup> année de formation dans ces domaines scientifiques, une unité d'enseignement (UE) conduisant à la validation de trois crédits d'enseignement a été proposée dans le cadre du plan Licence sur la période janvier-février (inter-semestres), sous la forme d'une semaine bloquée, au sein d'une plate-forme pédagogique

regroupant des salles de travaux pratiques et une salle de travail. La thématique retenue est orientée vers l'investigation analytique telle que l'on peut la voir présentée dans la littérature récente [4]. Suite à l'accord du Conseil des études et de la vie universitaire, qui a intégré cette UE dans le catalogue de formation des étudiants de licence en novembre 2009, une communication vers les étudiants a été réalisée au mois de décembre sur le déroulement d'une UE intitulée « Les experts à Lyon 1 » et proposant de traiter plusieurs affaires :

- Pollution par des composés organiques,
- Le coupable est allergique au parfum,
- Accréditation auprès de la cour de justice,
- Les yeux « bleus » de l'assassin.

Les problématiques abordées portent sur :

- la détermination de la composition chimique d'une solution pharmaceutique (activité préliminaire),
- l'identification et le dosage de polluants organiques dans l'eau,
- l'identification de molécules allergènes dans les parfums,
- la participation à une campagne d'essais inter-laboratoires en vue d'une accréditation,
- le dosage du bleu de méthylène dans un collyre.

Pour la première année de réalisation et afin de valider la démarche avec un nombre restreint d'étudiants, un groupe de vingt étudiants a été constitué sur la base du volontariat, groupe accompagné par deux enseignants lors du mois de février 2010.

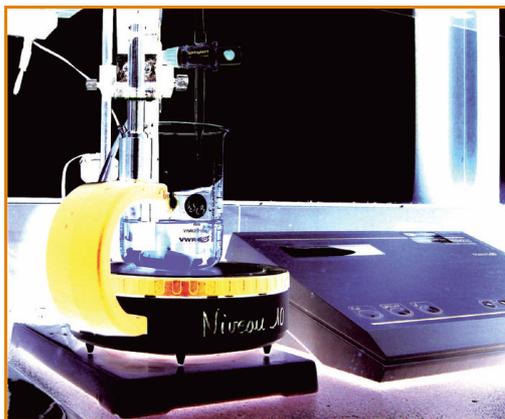
### Exemple de déroulement d'une journée

À titre d'illustration de la variété des activités proposées au cours de la semaine, nous présenterons le déroulement de la première journée consacrée au dosage des ions permanganate dans l'eau de Dakin. Après un passage en salle de TP pour voir les appareillages disponibles et présenter les objectifs de la formation, les étudiants sont réunis en salle de cours. Une information succincte sur le Dakin, limitée au paragraphe présenté dans l'encadré ci-dessous, leur est distribuée en leur précisant que l'on cherche à déterminer la teneur en permanganate dans une solution commerciale qui leur a été distribuée dans son flacon d'origine.

#### **Texte proposé aux étudiants en vue de la détermination de la teneur en ions permanganate dans l'eau de Dakin.**

Antiseptique mis au point en 1912 par Alexis Carrel, chirurgien français, et Henry Drysdale Dakin, chimiste britannique. L'eau de Dakin est composée d'hypochlorite de sodium à 1,5 degré chlorométrique, et d'autres espèces chimiques dont  $0,238 \text{ mol.L}^{-1}$  d'ions hydrogencarbonate  $\text{HCO}_3^-$ . Ce mélange contient des ions permanganate pour le colorer et le stabiliser vis-à-vis de la lumière, lui donnant sa coloration rosée.

Une phase d'une heure et demie a alors été consacrée à l'élaboration d'un protocole expérimental par petits groupes de deux étudiants, sur la base de leurs seules connaissances. Les propositions formulées par les différents groupes se sont essentiellement orientées sur un dosage colorimétrique (sept groupes), tandis que d'autres propositions ont convergé vers



© X. Bataille

un dosage par oxydoréduction : deux groupes avec les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et un groupe avec les ions iodure. Les propositions devant être tout d'abord confrontées à la réalité expérimentale, elles n'ont pas été validées au préalable par les enseignants à ce stade, même si des problèmes pouvaient être pressentis dans l'approche par oxydoréduction.

Une phase de trois heures et demie en salle TP a permis de mettre en évidence de nombreux obstacles propres à chaque

groupe d'étudiants, pour lesquels des solutions auraient à être apportées : pesée de faible quantité de solide, modalité de dilution (en tube à essai ou dans des éprouvettes), acidification des solutions... Toutes les expériences souhaitées par les étudiants peuvent alors être réalisées, et sont réalisées !

La dernière phase de la journée (2 h) a alors été consacrée à l'élaboration d'un poster (0,8 m x 1,0 m) présentant la méthode, les résultats et les conclusions des expériences de chaque groupe. Lors de la présentation de leur poster, les étudiants ont pu aborder aussi bien les points qualifiés par eux-mêmes de positif ou de négatif, les obstacles rencontrés... L'analyse par le groupe-classe de l'ensemble des résultats des différents groupes permet de faire émerger les limites des différentes approches, les notions de précision, d'exactitude, de dispersion des résultats, de spécificité des méthodes et d'interférences.

La deuxième journée, organisée de la même façon autour de l'analyse de contrefaçon de Granions® de citrate de lithium, a permis de consolider les notions abordées au travers de l'utilisation d'autres techniques analytiques : dosage conductimétrique (deux groupes), dosage et identification des alcalins par spectroscopie d'absorption atomique (deux groupes), dosage d'halogénures par la méthode de Mohr (deux groupes), dosage d'halogénures par les ions argent, suivi potentiométrique (deux groupes), dosage pHmétrique des ions citrate (un groupe). Un ou plusieurs groupes ont été désignés comme responsables du suivi d'une méthode d'analyse, mais tous les étudiants ont ensuite été confrontés à toutes les méthodes analytiques retenues au travers d'une rotation. Un passage de témoin a ainsi été réalisé à chaque rotation (transmission, discussion des résultats et des nouvelles expériences à effectuer).

Nombreuses ont été les expériences qui « ne marchaient pas », et chaque fois, des hypothèses ont dû être formulées par les étudiants, et de nouvelles expériences réalisées pour valider ou invalider ces hypothèses.

À l'issue de cette journée, chaque groupe responsable du suivi d'une méthode a eu en charge à la fois la collecte des résultats, de leur mise en forme (poster) et la présentation globale au reste du groupe, afin que chacun puisse suivre l'évolution des résultats (technique par technique) et que les différentes stratégies mises en place par les étudiants puissent être rediscutées.

### Bilan de la semaine

Outre l'aspect lié à l'apport de compétences, nous avons pu constater chez les étudiants une demande forte de travail

de groupe, permettant un partage de connaissances au travers de la ré-explicitation des points difficiles par les étudiants entre eux, et une réelle collaboration en raison des parcours de formation variés des étudiants (biochimie, chimie et physique-chimie).

Dans ces séances, le temps de préparation des protocoles s'est avéré assez important mais finalement indispensable. La mise en œuvre opérationnelle immédiatement après cette phase d'anticipation a permis de réinterroger les connaissances alors confrontées à la réalité expérimentale. Les phases de synthèse *via* les posters et les présentations ont fait aussi ressentir toute la difficulté de la transmission de l'information scientifique vers des auditeurs, ce dernier point ayant d'autre part été abordé lors de séances nécessitant un passage de relais vers un autre groupe.

La scénarisation des situations a été fortement appréciée et demandée par les étudiants, et une proposition de leur part a été faite pour définir eux-mêmes des scénarios originaux.

Toutes les expériences imaginées par les étudiants ont pu être réalisées. Même, et surtout si elles n'aboutissaient pas aux résultats escomptés, elles ont été l'occasion de formulation d'hypothèses, de réalisation de nouvelles manipulations, pour aboutir à d'autres conclusions, elles-mêmes sources de nouvelles hypothèses. Les étudiants étaient ainsi pleinement acteurs de leur formation, et tous ont validé le module évalué à travers le poster, la gestion de projet et un QCM final.

Face à ce bilan positif, il est toutefois important de noter que cette unité d'enseignement a été réalisée dans un environnement privilégié : la plate-forme technique du master « Analyse et contrôle », la proximité d'une salle de travail dédiée pendant une semaine permettant une unité de lieu, une période bloquée d'une semaine, deux enseignants prêts à être confrontés eux aussi à des situations originales, et des étudiants volontaires et motivés.

## Conclusion

Cette approche a permis de modifier l'image d'une chimie perçue par les étudiants comme utilisatrice de recettes de préparation qu'il faut appliquer, en remobilisant les étudiants autour de l'élaboration de leur propre stratégie expérimentale. En réaffirmant le caractère expérimental de cette discipline, et en montrant qu'elle est un espace de créativité et d'innovation, il est possible d'attirer de nouveaux étudiants vers ce secteur et de conforter leurs compétences méthodologiques, permettant de favoriser leur réussite en licence puis en master.

## Références

- [1] Robardet G., Enseigner les sciences physiques à partir de situations-problèmes, *Le Bup*, **1990**, 720, p. 17.
- [2] Meirieu P., *Apprendre... oui, mais comment ?*, ESF, **1987**.
- [3] Bataille X., Beauvineau E., Cheymol N., Mas V., Vigneron M., La démarche d'investigation pour motiver les étudiants : exemple d'un TP sur la spectroscopie infrarouge, *L'Act. Chim.*, **2009**, 334, p. 41.
- [4] Numéro spécial « La chimie mène l'enquête », *L'Act. Chim.*, **2010**, 342-343.



V. Dugas



C. Demesmay



J. Randon

Vincent Dugas est maître de conférences, Claire Demesmay et Jérôme Randon (auteur correspondant) sont professeurs à l'Université Claude Bernard Lyon 1\*.

\* Laboratoire de Sciences Analytiques, Université Claude Bernard Lyon 1, Bât. Curien, 43 bd du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex. Courriels : [vincent.dugas@univ-lyon1.fr](mailto:vincent.dugas@univ-lyon1.fr), [demesmay@univ-lyon1.fr](mailto:demesmay@univ-lyon1.fr), [randon@univ-lyon1.fr](mailto:randon@univ-lyon1.fr)



## En quête de petit chimiste...

*Un crime, un vol de produits et de matériel scientifiques ont été commis dans le laboratoire du Professeur Erlen. L'Inspecteur Patrouille est chargé de l'enquête, mais la chimie n'est pas son fort. Il demande de l'aide...*

L'association Graine de Chimiste propose un divertissement scientifique intitulé « En quête de chimiste » pour les plus de 10 ans. L'animateur, en général étudiant en filière scientifique, expose le scénario puis confie la mission à un groupe d'une douzaine de participants. Il s'agit de retrouver le coupable et le lieu précis du crime à partir des éléments recueillis sur le terrain par l'Inspecteur Patrouille. Par binôme ou trinôme, les jeunes enfilent blouse, lunettes de protection, gants et mettent en place leur propre démarche expérimentale. Un recueil de données scientifiques leur permet de progresser dans l'enquête. Au besoin, l'animateur met à leur disposition ses compétences. L'émulation est grande et la fierté s'affiche sur les visages de chacun quand, après environ une heure d'animation, les participants remettent leur rapport à l'Inspecteur. Qui eut cru que Mademoiselle Distillée puisse être coupable ? À moins que ce ne soit Mr Manganèse...

• Association Graine de Chimiste, Université Pierre et Marie Curie, Boîte 67

4 place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05 – Tél./Fax : 01 44 27 30 71

[grainedechimiste@upmc.fr](mailto:grainedechimiste@upmc.fr) – [www.societechimiquedefrance.fr/fr/education/graine-de-chimiste](http://www.societechimiquedefrance.fr/fr/education/graine-de-chimiste)