

Les plantes : des usines chimiques en miniatures

Ce que des lycéens en pensent après avoir rencontré un chercheur

Christine Ducamp et Laurence Simonneaux

Résumé	Pour lutter contre la désaffection des élèves envers les sciences, un dispositif a été mis en place par l'Université des lycéens. Cet article montre l'impact d'une conférence-débat entre un chercheur et des lycéens sur certains thèmes de chimie. L'appropriation des connaissances scientifiques par les élèves est évaluée afin d'émettre des propositions pouvant améliorer un tel dispositif.
Mots-clés	Chimie, question socialement vive, appropriation de savoirs scientifiques.
Abstract	Plants are chemical factories in miniatures: what high-school pupils think after meeting a researcher To fight against the disaffection of high-school pupils to sciences, a device was set up. This article relates the evaluation of a conference with a researcher and pupils on chosen chemistry topics. The pupils' acquisition of chemistry knowledge is identified, in order to improve such a device.
Keywords	Chemistry, socio-scientific issues, scientific acquisition.

L'Université des lycéens

L'Université des lycéens est un dispositif mis en place en France par la Mission d'Animation Agrobiosciences (MAA) [1] pour redonner du sens au savoir scientifique auprès des élèves et pour lutter contre la désaffection des élèves envers les sciences. Il prend la forme de conférences faites par des chercheurs devant des lycéens. Les organisateurs espèrent que cette « incarnation » de la recherche va motiver les élèves et leur faire entrevoir autrement la nature de la science et les carrières scientifiques.

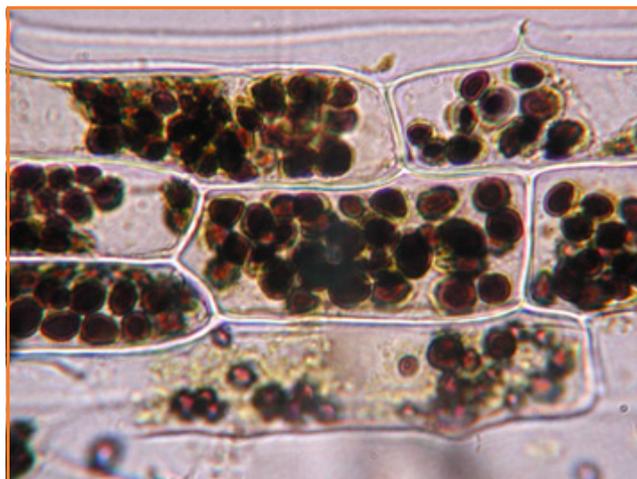
Chaque séance fait intervenir un chercheur-conférencier qui explore un champ scientifique à travers sa trajectoire individuelle mais aussi la trajectoire collective de sa discipline (évolution, enjeux, contraintes, motivations, questionnements...). A ses côtés, un interlocuteur, de discipline autre, réagit aux propos de cette conférence.

L'équipe « Unité Propre (UP) Didactique des questions scientifiques, économiques et sociales émergentes (DQSE2) » a été sollicitée pour réaliser l'évaluation de ce dispositif. Nous traitons ici une partie de l'évaluation sur l'appropriation des connaissances en chimie abordée lors de la conférence intitulée « *Les plantes : des usines chimiques miniatures* ». Titre paradoxal quand on sait que les représentations sociales des usines chimiques sont négatives, attachées à la pollution, à l'artificiel, alors que celles des plantes sont positives, associées au naturel.

Nous avons analysé l'impact de la conférence sur 136 élèves de trois établissements de l'enseignement général, professionnel et technique.

La conférence

Les intervenants devaient aborder les points suivants suggérés par la MAA : « Des cellules végétales sont



Observation au microscope optique de cellules végétales (feuilles d'élodées colorées au lugol) (A. Goureau, ENFA).

capables de synthétiser des dizaines de milliers de molécules, dont les plus complexes. Comment ça marche ? Quelle panoplie de substances est ainsi produite ? Leurs différentes utilisations par l'industrie et le formidable potentiel encore inexploité qu'elles représentent, notamment dans la recherche contre le cancer. »

- Disciplines directement concernées : chimie, biologie, histoire, économie.
- Conférencier : professeur d'université en biologie végétale.
- Interlocuteur : directeur de recherche au sein d'un groupe pharmaceutique, spécialisé dans la chimie des plantes et la recherche de substances naturelles.

La conférence a duré environ 35 min et a été suivie d'un exposé complémentaire de l'interlocuteur de 15 min. Un débat d'une heure avec les élèves a eu lieu ensuite.

Quelques commentaires des auteurs

Pour répondre aux questions proposées par la MAA, le conférencier a développé les points suivants, en les annonçant chronologiquement en début d'intervention :

- les plantes productrices primaires dans l'écosystème,
- la chimie lourde identifiée comme base des aliments et des produits industriels,
- la chimie fine caractérisée par la diversité et la complexité des produits, la pluralité des fonctions pour la plante et dans les activités humaines,
- la flexibilité et la subtilité de l'usine chimique végétale,
- épilogue et prospective : « les plantes sont des usines génomiques : on sait les transformer génétiquement et on peut se servir de ce savoir-faire à des fins humanitaires », propos illustrés par deux applications emblématiques de la biotechnologie végétale, champ de recherche du conférencier : la production de riz doré enrichi en vitamine A et celle de lipase gastrique pour lutter contre les symptômes de la mucoviscidose.

Le développement des biotechnologies végétales soulève des débats à propos des répercussions de leurs applications. Il s'agit de questions socialement vives. Nous exposerons plus loin leur définition. Leur enseignement comporte selon nous un nouvel enjeu : il s'agit de former des personnes informées, capables de prendre des décisions argumentées lorsque les faits sont incertains et de participer aux débats sociétaux sur les développements en question.

Comme l'indique Alain Legardez [2], les enseignants confrontés aux questions scientifiques socialement vives ont parfois tendance à les « refroidir ». Nous nous demandons si cela n'a pas été le cas ici. Un savoir « chaud » tel que la production de plantes génétiquement modifiées s'est trouvé présenté sous forme refroidie dans cette conférence.

Cadre théorique : les questions socialement vives

L'un des buts de l'enseignement des sciences est de développer chez les élèves la compréhension de l'interdépendance entre la société et la science. C'est le courant éducatif connu sous le nom de Sciences-Technologies-Société (STS). Dans ce champ, figure l'étude des questions scientifiques controversées, appelées questions socialement « vives », terme utilisé dans de nombreux enseignements scolaires en économie [1]. Nous nous appuyons sur leur définition pour identifier des questions *triplement* socialement vives :

- elles sont vives parce qu'elles suscitent des débats dans la production des savoirs savants de référence ;
- elles sont vives parce qu'elles sont prégnantes dans l'environnement social et médiatique, et que les acteurs de la situation didactique (élèves et enseignants) ne peuvent y échapper ;
- elles sont vives enfin parce qu'en classe, les enseignants se sentent souvent démunis pour les aborder.

Des didacticiens anglo-saxons ont introduit la notion de « socio-scientific issues » pour décrire des dilemmes sociaux liés à des domaines scientifiques [3-4]. Il s'agit de questions à propos desquelles les opinions divergent et qui ont des implications dans un ou plusieurs des domaines suivants : biologie, social, éthique, politique, économie, environnement... Les questions socio-scientifiques font l'objet de controverses car elles sont empreintes d'incertitudes.

L'enjeu éducatif est de permettre aux élèves de développer une opinion informée sur ces questions, d'être capables de faire des choix en matière de prévention, d'action, d'utilisation, et de pouvoir en débattre. Pour cela, il convient entre autres que les élèves comprennent les contenus scientifiques impliqués, leur épistémologie, et identifient les controverses à leur sujet, analysent leurs répercussions sociales (économiques, politiques, éthiques...). Une personne alphabétisée en sciences devrait être capable de comprendre les débats sur une question socio-scientifique. La plupart des problèmes rencontrés dans la société moderne exigent pour leur résolution plus qu'une solution scientifique, c'est-à-dire la prise en considération des implications sociales qui accompagnent les décisions fondées sur la science.

Chaque élève est ou sera confronté à des prises de décision sur des questions socio-scientifiques, l'école doit l'y préparer.

Méthodologie

Nous avons utilisé un questionnaire commun à l'ensemble des cinq conférences étudiées, construit à partir des méthodologies mises en œuvre dans des recherches internationales sur les perceptions des élèves de la nature de la science, sur les opinions des élèves de l'enseignement scientifique et sur l'enseignement scientifique [5]. Ce questionnaire commun fait en partie référence aux questions socialement vives. Un questionnaire spécifique à chaque conférence en fonction du thème abordé est venu compléter le dispositif.

Le protocole s'est déroulé en plusieurs temps :

- Entretien avec le conférencier pour élaborer le questionnaire thématique : avant la conférence, passation du questionnaire commun et des questions thématiques destinées à cerner les connaissances des élèves sur le thème de la conférence (pré-test). L'ensemble du questionnaire comportait 37 questions. Les questions transversales et thématiques étaient mélangées.

- Après la conférence, passation du même questionnaire pour mesurer l'évolution des représentations des élèves et leur appropriation de connaissances sur le thème. Deux questions ont été ajoutées dans le post-test :

• *Pour vous, fabriquer des OGM c'est (possibilité de deux réponses) : utile ; inutile ; dangereux ; sans risque ?*

• *Quel est selon vous l'intérêt d'utiliser des plantes comme usines chimiques ?*

- Entretiens approfondis avec dix élèves sélectionnés en fonction de leurs résultats scolaires (bons et faibles résultats dans les disciplines scientifiques).

- Analyse du débat réalisé à l'issue de la conférence (contenu, interaction, argumentations, questions abordées...).

Nous présentons ici les résultats de l'analyse des réponses aux questions thématiques.

Présentation de l'auditoire

32 élèves de terminales S et 64 élèves de 1^{ère} S d'un lycée international, 14 élèves en bac professionnel Industries de procédés d'un lycée professionnel (titulaires d'un BEP Industrie chimique) et 26 étudiants en BTS anabiotec spécialisés en analyse biochimique et biotechnologique (formation de l'enseignement agricole postbaccalauréat de deux ans) ont assisté à la conférence-débat en présence de leurs enseignants de biologie.

Analyse des réponses aux questions thématiques

Méthode

Deux des questions traitées sont « fermées » (des réponses au choix sont proposées), les autres sont sous forme de questions ouvertes (chaque élève rédige sa réponse). Pour les analyser, une grille identique pour le pré-test et le post-test a été élaborée. Elle est basée sur des mots-clés et permet de catégoriser les réponses analysées.

Résultats

• Les réponses à la question « Expliquer les deux termes suivants : chimie fine/chimie lourde » sont :

- Pour la chimie lourde, on retrouve dans le post-test les termes employés par le conférencier tels que *amidon* et *cellulose* aux dépens des mots *pétrole* et *pétrochimie* (24,2 % des réponses pré-test pour l'emploi de ces deux termes amidon et cellulose contre 5,5 % au post-test) or la chimie lourde est le plus souvent associée à la pétrochimie (ensemble des dérivés du pétrole).

- Pour la chimie fine, il y a eu lors de la conférence, présentation de diapositives représentant des molécules chimiques complexes (pour le public concerné), comme par exemples les flavonols et les anthocyanes ou utilisant des termes compliqués illustrés par des synthèses, comme par exemple la synthèse phénolique du coumaryol-coenzyme A (ester entre l'acide coumarique et le coenzyme A). Comme ces molécules ont trait à la couleur des fleurs et des fruits, et qu'il a été beaucoup question de chimie pharmaceutique et cosmétique, ces deux champs de la chimie sont un peu plus évoqués dans les réponses au post-test (pharmaceutique 30 % en pré-test et 35 % en post-test ; cosmétique 12,5 % en pré-test et 15,5 % en post-test). On aurait pu s'attendre à une plus nette augmentation de ces réponses vu l'insistance du conférencier, mais comme les exemples étaient trop compliqués pour les élèves, il y a eu un désintéressement très visible de leur part pendant la projection des diapositives. Certains élèves n'ont pas pu s'empêcher de rire en entendant les noms « à rallonge » de certaines molécules.

• « Donnez une définition de la chimie de synthèse. A quelle époque a eu lieu l'essor de la chimie de synthèse ? »

Pour la chimie de synthèse, les réponses au pré-test et au post-test sont dans l'ensemble homogènes et correctes, ainsi que les réponses à propos de l'identification de l'époque de l'essor de la chimie de synthèse : on observe un résultat constant de bonnes réponses entre les deux tests (50 % au pré-test et 48,9 % au post-test).

Il est à noter que le conférencier n'a donné aucune définition des termes employés comme chimie fine, chimie lourde ou encore chimie de synthèse. Il a considéré dans son exposé les seuls produits de la chimie lourde et de la chimie fine qui expriment les « performances » et les spécificités de « l'usine chimique végétale ».

• « Les produits naturels contiennent-ils des substances chimiques ? »

Après la conférence, 4,7 % (et 14,2 % répondent « non ») des élèves-étudiants ne savent toujours pas répondre (contre 8,4 % au pré-test) ; par contre, l'écart de 4 % entre les deux tests s'est reporté sur la réponse positive.

• « Qu'est-ce qu'un organisme autotrophe⁽¹⁾ ? Citez un exemple »

Le conférencier n'a donné aucune définition du terme autotrophe bien que lors de l'entretien, ce terme avait été prononcé. Les réponses sont lacunaires (partielles) et donc aucune réponse n'est correcte. On a observé une régression des réponses du type « organisme capable de se développer à partir de sels minéraux » de 19 % (pré-test) à 12 % (post-test). Quant à l'exemple donné pour un organisme autotrophe, on passe de 14,5 % d'erreur au pré-test à 17,5 % d'erreur au post-test.

• Nous avons analysé ensemble les réponses aux deux questions suivantes :

- « Quel est « l'intérêt » de la fabrication de molécules chimiques en laboratoire ? »

Nous avons observé une nette progression des réponses « pour protéger l'environnement » (12,5 à 34,5 %). « Fabriquer des molécules chimiques en laboratoire permet de minimiser leur coût ainsi que d'en contrôler la production » est la réponse citée de façon constante (22,5 %) dans le pré-test et le post-test.

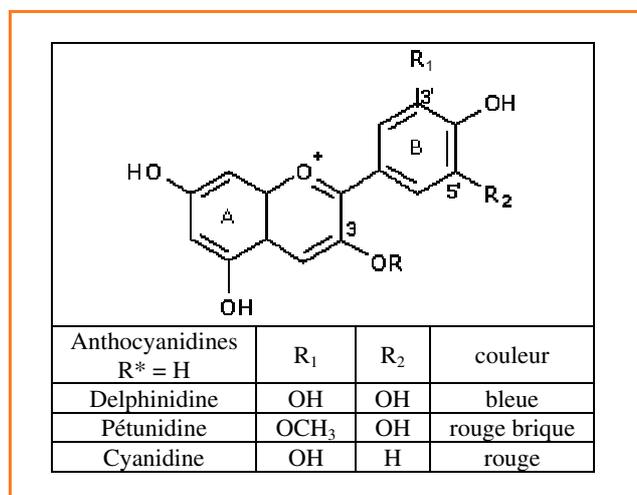
- « Quel est selon vous l'intérêt d'utiliser des plantes comme usines chimiques ? »

Parce que comme « c'est naturel, il n'y a pas pollution (protection de l'environnement) » et pour « pouvoir fabriquer de nouveaux médicaments à partir des molécules extraites de plantes ».

Il y a contradiction dans les réponses car d'une part, les élèves-étudiants justifient que fabriquer des molécules de synthèse en laboratoire permet de ne pas détériorer les plantes, l'environnement, et d'autre part, qu'il est intéressant d'utiliser les plantes comme usines chimiques pour pouvoir découvrir de nouvelles molécules qui aideront à la conception de nouveaux médicaments. Ce dernier point de vue a été mis en évidence durant la conférence tant par le chercheur que par l'intervenant (qui est employé d'un groupe pharmaceutique).

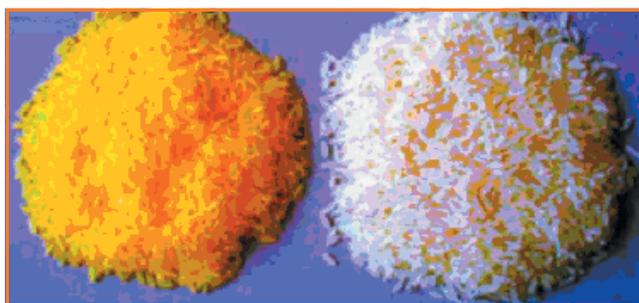
• « Qu'est-ce que signifie plante « usine génomique » ? »

Sans prononcer le mot OGM, le conférencier a précisé que l'on savait transformer génétiquement les plantes et que ce processus pouvait servir à des fins humanitaires comme dans le cas du riz doré. De même, il a mentionné la production par les plantes de protéines recombinantes telles que la lipase gastrique (gène venant du chien), avec pour argument qu'une tonne de maïs produirait 350 g de lipase pure utile pour la mucoviscidose. Ces deux OGM ont été l'objet de polémiques au sein de la communauté scientifique.

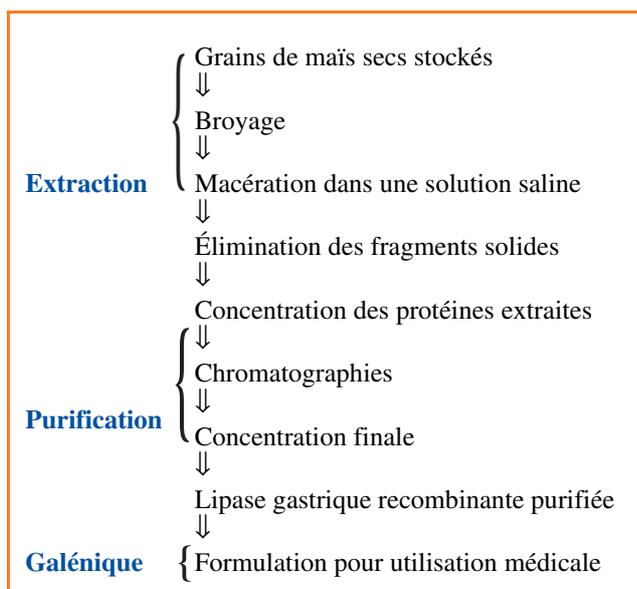


Structures chimiques de quelques anthocyanes.

* : Forme monoglucoside, R = glucose.



Riz doré (à gauche) et riz conventionnel.



Exemple de traitement de la lipase gastrique recombinante de maïs pour être utilisée comme principe actif thérapeutique.

Pour la définition d'une usine génomique, les réponses (en général correctes) du post-test ont doublé par rapport au pré-test et la présence du terme OGM passe de 16 % en pré-test à 10,6 % en post-test. Cette régression des réponses pourrait être due au fait que lors du débat entre le conférencier et les élèves-étudiants, celui-ci n'a pas voulu répondre à une question sur les OGM prétextant que ce n'était pas le sujet de sa conférence et a clos l'échange éventuel en précisant qu'il ne répondrait à aucune question sur les OGM.

- On peut compléter ces résultats par la présentation des réponses à la question « Pour vous, fabriquer des OGM, c'est : utile (37,5 %) ; inutile (6,3 %) ; dangereux (54,7 %) ; sans risque (1,6 %) ? » (les réponses à cette double question pouvaient comporter deux avis).

On peut noter que même si les élèves-étudiants considèrent en majorité que la fabrication d'OGM est dangereuse, ils pensent qu'elle s'avère utile (ce dernier aspect a été très largement abordé par le conférencier).

Impact éventuel de la conférence sur l'appropriation des connaissances thématiques

D'après ces résultats, on peut dire que la conférence n'a pas favorisé l'appropriation de certaines connaissances, voire même qu'elles ont « régressé ».

Un entretien a été réalisé avec dix élèves de la classe de 1^{ère} scientifique trois mois après la conférence. L'entretien a été basé sur des questions transversales et thématiques. Les élèves ont été choisis de façon à avoir un échantillon représentant autant le sexe féminin que masculin, différentes catégories sociales des parents et des moyennes plus ou moins élevées dans les matières scientifiques. Les thèmes abordés ont été :

- « Racontez-nous ce que vous vous rappelez de la conférence »

Voici un extrait représentatif des réponses des élèves à propos du premier conférencier : « *déstabilisant car l'intervenant parlait très vite, en utilisant des termes assez compliqués et donnant des formules de molécules trop complexes. Les diapositives défilaient trop rapidement et c'était trop abstrait* » (ils ont donné l'exemple des schémas de molécules complexes). Ils n'ont donc pas eu le temps de prendre des notes comme leur avait demandé leur professeur de SVT pour faire un compte rendu. Ils se sont rappelés que son discours avait trait à l'exploitation des plantes, à l'intérêt de reproduire des substances chimiques en laboratoire avec une connotation économique sous-jacente.

L'interlocuteur a été perçu très positivement car il a présenté une application concrète de l'utilisation des plantes du point de vue pharmaceutique, médical. Ils ont apprécié la présentation de la fabrication d'un médicament : récolte des plantes, extraction de molécules, synthèse de molécules et mise sur le marché du médicament. Ils ont estimé cette intervention car le conférencier s'était « mis à leur portée », avait expliqué les enjeux, l'utilité d'utiliser des plantes pour découvrir de nouvelles molécules.

Ils auraient souhaité poser des questions aux intervenants pendant leur exposé s'ils avaient été dans des conditions plus favorables, c'est-à-dire en effectif restreint dans une salle moins vaste avec les intervenants plus « à leur portée ».

- « A quoi peuvent servir ces recherches ? »

Tous ont répondu « pour des applications pharmaceutiques, médicinales, cosmétiques », en particulier « pour faire avancer les recherches, pour guérir des maladies et trouver de nouveaux médicaments. »

Un autre aspect a été abordé très minoritairement : « c'est de la culture générale qui permet de mieux connaître la biodiversité des plantes. »

- « Avez-vous eu du mal à comprendre ? Pourquoi ? »

Ils ont répondu un oui unanime à propos de la première conférence. Ils ont trouvé que c'était trop éloigné de leur programme de première et ont pensé que ces interventions auraient été plus favorables en BTS parce que le niveau était trop élevé. Ils ont également trouvé « le prof d'université trop théorique, trop près de ses diapositives et qui manquait de punch ». »

- « Que pensez-vous des scientifiques ? »

« Il y a des bons et des mauvais. Mais quand même, ils essayent d'expliquer des phénomènes que l'on n'arrive pas à expliquer comme certaines maladies. » Même s'ils n'ont pas tout compris, ils ont trouvé « sympa » que des scientifiques viennent à leur rencontre, consacrent un peu de leur précieux temps pour expliquer leur recherche.

- « Avez-vous préparé la conférence au lycée ? »

Non, bien qu'un dossier avec des références (surtout de sites Web) ait été distribué à chaque enseignant. Certains enseignants, lors d'entretiens, ont précisé que le thème était très éloigné de leur enseignement et qu'ils avaient inscrit leurs élèves dans le cadre de la culture scientifique.

- « En avez-vous reparlé depuis avec les enseignants ? »

Oui, pendant le cours de SVT suivant la conférence au cours duquel ils ont échangé leurs impressions, pour rendre le compte rendu que chaque élève devait rédiger (CR non rendu au moment des entretiens) et remplir le questionnaire post-test.

- « Que pensez-vous de la production d'OGM ? »

- 4 élèves sur 10 répondent qu'ils n'ont pas assez d'éléments pour se prononcer pour ou contre, qu'il n'ont pas assez de recul notamment parce qu'ils ne l'avaient pas encore abordé en classe (donc ils ont davantage confiance dans le discours de leur enseignant que dans celui d'un chercheur, c'est intéressant à préciser).

- Par contre, 2 sur 10 sont défavorables : « c'est une question d'argent : produire plus mais on perd de la qualité » ; « les plantes ne sont pas « naturelles » donc mieux vaut laisser faire la nature » ; « on ne sait pas tout sur les risques, on nous cache certainement des choses... »

- 4 élèves sur 10 sont plutôt favorables si l'utilisation principale n'a pas un but commercial.

- « Que pensez-vous du riz doré ? Vous rappelez-vous d'une autre application ? »

La plupart des élèves ne s'en souviennent plus. Deux élèves ont retenu que cela pouvait sauver des populations, mais que ce n'est pas naturel et que c'est onéreux.

Conclusion

Si l'objectif du dispositif est de redonner du sens au savoir scientifique auprès des élèves, pour lutter contre la désaffection des élèves vis-à-vis des sciences, le public ayant participé à cette conférence n'est peut-être pas le plus adéquat, puisque ici nous avons affaire à des élèves et des étudiants ayant déjà opté pour des orientations scientifiques. Il conviendrait plutôt de viser le public des élèves de seconde, classe où l'orientation n'est pas encore réalisée.

La conférence a eu peu d'impact sur l'appropriation de connaissances. Les élèves ont eu du mal à s'approprier les connaissances développées lors de la conférence. Dans les entretiens, ils déclarent que le niveau de l'intervention était trop élevé pour eux et que le débit du conférencier était trop rapide.

Malgré la mise à disposition aux enseignants d'informations sur le thème de la conférence, les élèves n'ont pas réalisé de travail préparatoire. Certaines classes ont eu un compte rendu à rédiger après la conférence, ce qui a d'ailleurs été problématique pour les élèves. Au cours de la conférence-débat, les élèves se retrouvent globalement (sauf pour les quelques-uns qui prennent part au débat) dans

une situation de transmission-réception qui correspond à un modèle d'enseignement où l'élève a une position passive, alors qu'il est prouvé que l'apprentissage est meilleur lorsque les élèves sont actifs en participant à la construction de leurs connaissances. Il nous semble donc que l'efficacité de la conférence serait plus grande si elle s'intégrait dans une stratégie d'enseignement globale menée en collaboration avec les enseignants. L'appropriation de connaissances est plus performante quand le dispositif est multi épisodique, c'est-à-dire lorsque les savoirs sont mobilisés dans différents moments de l'année scolaire, et différents contextes (cours, film, activité biblio, visite...).

Enfin, surtout lors des entretiens avec les élèves, il est apparu que le conférencier ne s'est pas mis à la portée d'un public de lycéens, ce qui est en contradiction avec les objectifs de la conférence-débat de l'Université des lycées.

Note et références

- [1] Pour remarque, en analysant les mots-clés pour construire la grille d'analyse, on a pu s'apercevoir que les définitions du terme « autotrophe » citées dans les dictionnaires (Larousse et Robert 2002) étaient erronées. Un organisme autotrophe fabrique sa propre matière organique à partir de sels minéraux et peut ainsi se développer.
<http://www.agrobiosciences.org/>
- [2] Legardez A., Alpe Y., La construction des objets d'enseignements scolaires sur des questions socialement vives : problématisation, stratégies didactiques et circulations des savoirs, 4^e Congrès AECSE Actualité de la recherche en éducation et formation, Lille, 5-8 sept. 2001.
- [3] Gayford C., Controversial environmental issues: a case study for the professional development of science teachers, *Intern. Journ. of Science Education*, 2002, 24(11), p. 1191.
- [4] Kolsto S.D., Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues, *Science Education*, 2001, 85, p. 291.
- [5] Simonneaux L., Albe V., Ducamp C., Simonneaux J., Do High-School students' perceptions of science change when addressed directly by researchers?, *Eurasia Journ. of Mathematics Science and Technology Education*, 2005, 1(1).



C. Ducamp

Christine Ducamp¹ est enseignante de physique chimie et Laurence Simonneaux² est professeur de l'enseignement supérieur agricole à l'École Nationale de Formation Agronomique*.



L. Simonneaux

* École Nationale de Formation Agronomique, 2 route de Narbonne, BP 87, 31326 Castanet-Tolosan Cedex.

¹ Tél. : 05 61 75 34 49. Fax : 05 61 75 03 09.

Courriel : christine.ducamp@educagri.fr

² Tél. : 05 61 75 32 36. Fax : 05 61 75 03 09.

Courriel : laurence.simonneaux@educagri.fr

L'Actualité Chimique vous invite à visiter son site web

Retrouvez la revue dès maintenant
sur <http://www.lactualitechimique.org>

Découvrez les sciences chimiques à l'interface des sciences de la vie et de la physique.

Consultez les brèves et archives en ligne.