

# L'enseignement de la chimie aux étudiants du secondaire qui se destinent à l'Université : Trois heures de chimie valent mieux qu'une<sup>1</sup>

André CORNELIS, René CAHAY et Bernard LEYH<sup>2</sup>

## Résumé.

L'importance primordiale d'un enseignement de chimie de qualité dans le cycle secondaire est mise en évidence par l'analyse des résultats d'une filière mise en place, à l'Université de Liège, pour aider les étudiants entrant en candidature à faire le point sur leur maîtrise des compétences de base en chimie et à porter remède à leurs éventuelles lacunes. Il est apparu qu'il existe de nettes différences objectives en faveur des étudiants qui ont bénéficié de trois heures de chimie par semaine, par comparaison avec ceux qui n'en ont suivi qu'une. Ces différences se manifestent tant sur le niveau de départ que sur les progrès réalisés lors de la remédiation. Le degré préalable de maîtrise de la matière conditionne également le choix par l'étudiant de la stratégie d'apprentissage qu'il met en œuvre lors de cette remédiation.

## Introduction.

La difficulté à négocier la transition entre l'enseignement secondaire et l'enseignement universitaire figure en bonne place parmi les causes reconnues de l'échec en première candidature. Sa gestion est d'autant plus délicate et difficile que la population étudiante à épauler dans cet effort devient plus hétérogène. De fait, nous avons assisté, depuis quelques années, à un élargissement effectif de la base de recrutement des étudiants universitaires, avec comme corollaire l'arrivée en première candidature d'une population de moins en moins homogène.

L'accroissement d'hétérogénéité concerne de multiples attributs. Certains relèvent de caractéristiques propres à l'individu : motivation, autonomie, aptitudes, niveaux culturels ou socio-économiques; d'autres trouvent leurs origines dans la diversité des programmes d'enseignement adoptés dans le cycle secondaire, au travers des matières couvertes – aussi bien du point de vue contenu que niveau – mais aussi du nombre d'années écoulées depuis leur étude, facteur primordial du degré de rétention. Notons aussi l'importante contribution de la situation légale et réglementaire actuelle, qui ouvre sans restriction l'ensemble des filières d'études universitaires aux diplômés (et même à des non diplômés<sup>3</sup>) de toutes les orientations de l'enseignement secondaire de transition.

La conscience de cette importante hétérogénéité est l'une des causes d'inquiétude des étudiants qui abordent la première candidature. Ils sont impatients de connaître leur situation, tant vis-à-vis de leurs condisciples que des exigences propres aux études universitaires choisies. Les larges diffé-

rences de profil à prendre en compte embarrassent également les enseignants, incertains des fondations sur lesquelles ils doivent bâtir.

À l'Université de Liège, de nombreuses orientations d'étude, relevant de cinq facultés<sup>4</sup>, comportent un enseignement de chimie en première candidature. Bon an mal an, plus d'un millier d'étudiants de première année y sont exposés, en groupes plus ou moins importants (de 50 à 300 étudiants selon la section).

Le bagage chimique de ces étudiants ne fait pas exception à la situation générale d'hétérogénéité que nous venons de décrire. Dans le secondaire, le cadre horaire comporte le plus souvent soit une, soit trois périodes de 50 minutes de chimie par semaine, mais les étudiants qui déclarent avoir suivi jusqu'à sept périodes de chimie par semaine ne sont pas rares. Hélas, par ailleurs, chaque année, quelques cas isolés affirment au contraire ne pas avoir eu du tout de cours de chimie (ou de cours de chimie réel) dans le secondaire (ou dans une des années du secondaire), souvent à la suite de circonstances très particulières. Relevons également qu'une source insidieuse d'hétérogénéité affecte tout particulièrement la formation en chimie : de plus en plus fréquemment même dans les classes de 5<sup>e</sup> ou de 6<sup>e</sup>, l'enseignement de notre discipline est confié à un enseignant dont elle n'est pas la spécialité.

Des membres de la section de chimie de l'Université de Liège se sont constitués en groupe de travail, le "Groupe Transition". Ses objectifs sont de permettre aux étudiants entrant en candidature :

- d'abord, d'obtenir une évaluation objective de leur niveau de maîtrise des notions de chimie de l'enseignement secondaire;
- ensuite, en fonction de cette donnée, de compléter, de consolider ou de rafraîchir un socle minimum de compétences en chimie;
- enfin de juger objectivement du résultat de leurs efforts de progression.

Nous décrivons ci-dessous l'essentiel de cette initiative, nous rapportons ses premiers résultats et nous tirons, de leur analyse, des conclusions préliminaires.

Est-il réellement inattendu de constater que les étudiants dont nos tests ont démontré qu'ils étaient les mieux préparés en chimie par l'enseignement secondaire sont aussi ceux qui ont retiré un bénéfice de leur participation à cette action ?

## Technique de remédiation.

La remédiation offerte repose sur une démarche autodidacte. Une telle approche responsabilise les étudiants vis-à-

<sup>1</sup> L'essentiel du contenu de cet article a fait l'objet d'un exposé dans le cadre de la "Première journée de réflexion à l'innovation pédagogique dans l'enseignement des sciences en pharmacie" (Barcelone, 13 février 1998).

<sup>2</sup> Chercheur qualifié du FNRS (Belgique).

<sup>3</sup> Les étudiants qui ne sont pas porteurs d'un diplôme de l'enseignement secondaire ont accès à l'Université s'ils réussissent un examen d'admission aux études universitaires de premier cycle.

<sup>4</sup> Faculté des Sciences, faculté des Sciences Appliquées, faculté de Médecine, faculté de Médecine Vétérinaire, faculté d'Economie, de Gestion et de Sciences Sociales.

vis de leur propre formation, une attitude qui nous paraît essentielle pour des universitaires. Dès le départ, il est clairement précisé aux étudiants que leur participation à ces activités et les scores qui y sont obtenus ne seront en aucun cas pris en compte pour l'évaluation de fin d'année. La filière est accessible aux étudiants "primants"<sup>5</sup>, auxquels la participation est présentée comme obligatoire, sans cependant que l'absence soit sanctionnée.

Du point de vue pratique, dès la rentrée universitaire, ces étudiants sont soumis, sans préparation préalable, à un pré-test<sup>6</sup> de type QCM portant sur des prérequis de chimie<sup>7</sup>:

- symboles des éléments;
- tableau périodique et familles;
- structure électronique des éléments<sup>8</sup>;
- concentrations;
- stœchiométrie;
- nomenclature et fonctions inorganiques;
- fonctions organiques.

Les réponses sont récoltées sur des formulaires pré-imprimés dépeuplés par une chaîne de lecture optique - ordinateur<sup>9</sup>. De la sorte, les étudiants disposent rapidement (dans un délai de deux à trois jours) d'une analyse individuelle détaillée de leurs performances. En sus, un corrigé-type qui identifie clairement, question par question, les prérequis à mobiliser est rendu public dès la fin du test. Il permet une auto-évaluation immédiate, avec une identification claire des points faibles. En fonction de ce diagnostic, chaque étudiant est invité à définir lui-même, sous sa propre responsabilité, sans intervention des encadrants, un programme de travail qu'il accomplira de manière strictement autodidacte.

Des modules de remédiation, ciblant chacun étroitement une notion de base, sont mis à la disposition des étudiants dès la fin du pré-test. Chaque module consiste en un fascicule papier-crayon, de type enseignement programmé. Les étudiants sont libres de les utiliser, ou de recourir à toute autre source de leur choix (dans ce cas, le plus fréquemment, les livres et notes de cours du secondaire).

Trois semaines plus tard, un post-test<sup>10</sup> de même niveau et de même structure que le pré-test est administré et corrigé selon les mêmes modalités que le pré-test.

## Résultats et analyse.

En 1996-1997, ce système a été testé sur les étudiants primants d'une section témoin, la première candidature en médecine vétérinaire (180 étudiants dont 123 primants). Plus de 100 sujets ont participé à la remédiation, dont 92 ont effectué un parcours complet<sup>11</sup>. La moyenne des résultats de

l'ensemble est passée de 8,9/20 au pré-test à 13,5/20 au post-test, soit une progression relative<sup>12</sup> de 41 %.

Un examen plus fin des données recueillies met en évidence des relations très nettes entre les performances et l'enseignement de chimie dans le secondaire: au pré-test comme au post-test, le groupe des étudiants qui proviennent d'une section "chimie forte" (trois périodes par semaine) réalise des scores (en moyenne 9,5/20 au pré-test et 14,4/20 au post-test) supérieurs à ceux du groupe des étudiants issus d'une section "chimie faible" (une période par semaine) (respectivement 7,9/20 et 12,5/20 de moyenne). Bien plus: la progression relative de la moyenne du premier ensemble (47 %) est, elle aussi, nettement supérieure à celle du second (38 %). Il nous paraît patent que, pour une bonne part, la remédiation à réactivité des connaissances mises en place dans le secondaire, mais tombées en veilleuse. L'importance de l'enseignement de la chimie reçu dans le cycle secondaire est donc primordiale, puisqu'il installe ces capacités latentes.

Dans une autre approche, nous avons groupé les étudiants en fonction des outils qu'ils ont spontanément choisi d'utiliser pour effectuer leur remédiation. Le tableau ci-dessous montre clairement la relation qui existe entre ce choix et le niveau de performance du groupe au pré-test, représentatif des acquis du secondaire immédiatement mobilisables.

Groupe - outils	Moyenne au pré-test /20	Moyenne au post-test /20	Progression relative de la moyenne (%)
Modules ULg	8,3	13,2	42
Autres ressources (majoritairement livres et notes du secondaire)	12,1	15,2	39
Modules ULg + autres ressources (majoritairement livres et notes du secondaire)	10,5	14,6	43
Pas de révision	11,9	11,8	-1

Il est clair que les étudiants qui n'ont conservé de l'enseignement secondaire qu'une formation insuffisante - ceux du groupe dont la moyenne au pré-test est la plus faible (8,3/20) - n'utilisent ni livres ni notes du secondaire pour combler leurs lacunes. Ces résultats vont dans le sens des conclusions d'une enquête réalisée par M. van der Rest, D. Leclercq et J.-L. Gilles<sup>13</sup>, qui met en évidence l'effet déplorable de l'abandon de plus en plus fréquent de l'utilisation de manuels et de livres dans l'enseignement secondaire.

A contrario, il est tout aussi évident que ces outils ont l'entière confiance du groupe des étudiants qui leur doivent une bonne préparation, celui dont la moyenne (12,1/20) est la plus élevée. Il n'est donc pas étonnant de constater que les étudiants qui exploitent toutes les ressources de remédiation disponibles forment un groupe de moyenne intermédiaire (10,5/20). La confiance que les étudiants accordent aux outils provenant de leurs études secondaires est clairement conditionnée par la valeur de la formation acquise dans ce cycle. Ceci aussi, si besoin était, souligne l'impact d'un enseignement de chimie hautement performant dans le secondaire.

<sup>5</sup> Nous désignerons de la sorte les étudiants sortant directement de l'enseignement secondaire.

<sup>6</sup> Parallèlement au pré-test, les étudiants complètent un questionnaire portant sur l'histoire de leurs études.

<sup>7</sup> La liste fournie ici, arrêtée au premier septembre 1997, continue à s'enrichir au fur et à mesure de la mise au point de nouveaux "modules" (vide infra); en septembre 1996, elle se limitait aux quatre premières rubriques.

<sup>8</sup> Y compris les nombres quantiques n et l, les notions de couches et sous-couches, et le principe d'"Aufbau". Cette matière ne figure pas explicitement dans les programmes, mais, de fait, de nombreux professeurs du secondaire l'enseignent. En bâtissant nos modules, nous l'avons estimée à la portée d'étudiants à prétentions universitaires qui la rencontreraient pour la première fois, et qui y trouveraient l'occasion de tester leur aptitude à l'auto-apprentissage. Les résultats de l'expérience nous ont donné raison.

<sup>9</sup> Ce traitement est assuré par le Centre d'Auto-Formation et d'Evaluation Interactives Multimédia (CAFEIM) de l'Université de Liège (D. Leclercq et J.-L. Gilles).

<sup>10</sup> Parallèlement au post-test, les étudiants complètent un questionnaire portant sur la façon dont ils ont travaillé à leur remise à niveau, et sur les outils qu'ils ont utilisés.

<sup>11</sup> Nous entendons par là qu'ils ont présenté le pré-test et le post-test.

<sup>12</sup> Le pourcentage de progression relative est donné par  $100 \times (\text{score post-test} - \text{score pré-test}) / (20 - \text{score pré-test})$ .

<sup>13</sup> M. van der Rest, D. Leclercq et J.-L. Gilles, rapport de recherches ULg-STE-SMFG Université de Liège (1998).

Pour les groupes qui ont effectué une révision – quel qu'en soit l'outil – la hiérarchie établie au pré-test se retrouve au post-test. La tension entre les moyennes est cependant diminuée, passant de 3,8/20 au pré-test à 2,0/20 au post-test, dénotant un effet de nivellement dans l'excellence. Sur un plan anecdotique, on remarquera la progression relative faiblement négative (- 1 %) du groupe qui n'a pas effectué de révision.

### **Prédictibilité de l'échec en première candidature.**

Nous avons confronté les scores réalisés à l'ensemble pré-test/post-test de chimie aux résultats globaux<sup>14</sup> de la délibération de fin d'année, selon une dichotomie échec ou réussite. L'ensemble pré-test/post-test, dont le seuil de réussite a été fixé à 12/20, comme il est d'usage à l'université, s'avère surtout prédictif de l'échec global en fin d'année. Nous avons remarqué en effet, en ne prenant en considération que ceux ayant effectué l'ensemble complet pré-test/post-test que les étudiants primants en échec au post-test sont en échec aux deux sessions (cette constatation se vérifie dans 22 cas sur 23).

Pour les étudiants primants qui réussissent leur année, il est frappant de constater que :

- 1) ceux qui ont réussi en première session ont réussi le post-test (dans 16 cas sur 17) et le plus souvent le pré-test (dans 11 cas sur 17);
- 2) ceux qui ont réussi en seconde session ont tous réussi le post-test mais ont majoritairement échoué au pré-test (dans 10 cas sur 11).

La réussite au post-test s'avère donc une condition nécessaire, mais bien entendu non suffisante, de la prédiction de la réussite globale.

La prédiction de l'échec global à partir des seuls résultats d'une remise à niveau en chimie en début d'année interpelle. Constatons en effet que :

- 1) les questions sont assez simples, et restreintes au cadre défini d'une matière fermée (celle sur laquelle portent les modules);
- 2) le post-test, qui se révèle très significatif pour cette prédiction, fait l'objet d'un entraînement autodidacte spécifique;
- 3) cette procédure a lieu au cours du premier mois de fréquentation de l'Université. Durant cette période, les étudiants ne sont ni fatigués, ni surchargés et leur enthousiasme est toujours entier.

On est donc fondé à se demander si cet ensemble ne constitue pas également un test de motivation et/ou de capacité détectant les étudiants "touristes" ou ceux inaptes à un effort efficace minimum. D'aucuns pourraient être tentés d'y chercher une justification à une sélection type "examen d'entrée"; nous préférons pour notre part y voir un moyen de détecter des étudiants présentant des problèmes (motivation ou aptitude) qui devraient faire l'objet d'une prise en charge adéquate et rapide.

### **Travaux en cours et perspectives.**

À la rentrée 1997-1998, cette action a été étendue à un nombre beaucoup plus important de sections, à savoir les premières candidatures ingénieur civil, sciences dentaires, kinésithérapie, pharmacie, vétérinaire. Elle couvrait également une base de prérequis plus large (cf. note 7). Toutes sections confondues, la moyenne est passée de 9,5 au pré-test à 15,1 au post-test, soit une progression relative de 53 %. Les premières projections partielles, basées sur des résultats d'interrogations de chimie de la fin du premier semestre, confirment que de mauvaises performances à l'ensemble pré-test/post-test sont porteuses d'un caractère prédictif de l'échec.

Le "Groupe Transition" s'attache actuellement à enrichir l'éventail des notions de chimie couvertes par les tests et les modules de remédiation, l'option restant de ne tester que les connaissances pour lesquelles un module de remédiation est disponible. En outre, dès l'été 98, nous ouvrirons l'accès à ses outils aux étudiants participant aux "Activités préparatoires" de chimie organisées par l'Université de Liège, en cherchant ainsi à attaquer le problème de façon plus précoce encore.

<sup>14</sup> En 96-97, la première candidature en médecine vétérinaire à l'Université de Liège comportait quatre cours: physique, chimie, biologie, mathématiques. Cette situation s'est modifiée depuis, par l'introduction de cours spécifiques à cette orientation d'études.