

L'enseignement de la chimie dans les pays en voie de développement.

M.L. Bouguerra

Problèmes spécifiques et recherche de solutions

Pour l'enseignant, les problèmes évoqués dans l'article précédent sont de puissants défis à relever.

Sans avoir la prétention d'apporter des solutions définitives, impossibles du fait de la variété des situations et des divers paramètres sociologiques, politiques et autres prévalant dans le Tiers Monde, on voudrait ébaucher quelques directions vers un enseignement "utile" de la chimie dans les pays en voie de développement (PVD), tant il est vrai que la science doit aujourd'hui satisfaire les besoins de plus en plus technologiques de la société et singulièrement dans le Tiers Monde où elle doit prouver son apport au développement et son aptitude à résoudre (ou réduire) les problèmes dus au sous-développement. Mais le chemin est semé d'embûches.

Dans un article intitulé "l'éducation en vue de l'autosuffisance", le Président Julius Nyerere de Tanzanie, discutant la tendance des intellectuels à privilégier la technologie et l'apprentissage à travers les livres et à sous-estimer les méthodes traditionnelles,

pose une problématique sérieuse aux enseignants quand il écrit : "Nos jeunes doivent apprendre à la fois les connaissances du vieux fermier "illettré" et comprendre les nouvelles méthodes et leurs fondements".

Quant à Brenda Prestt, elle affirme, parlant plus spécifiquement de notre discipline : "Dans une certaine mesure, la perception qu'a de la chimie une société donnée dépend de l'usage que l'on en fait. Si un pays est au début de son développement industriel, qu'il fait ses premiers pas, passant d'une société agraire à une société plus technologique, la chimie a un rôle essentiel et utile à jouer dans son développement".

Ces deux citations permettent d'apprécier les sollicitations, les impératifs et les contraintes que l'enseignement de la chimie ne saurait ignorer. L'atout de la chimie est de toucher à la vie de chaque individu, à tous les niveaux de son existence, car elle intervient dans un très grand nombre d'activités.

Enseignement scientifique intégré

Il est patent que l'enseignement scientifique traditionnel fait peu d'efforts, dans l'ensemble, pour lier les connaissances acquises dans la salle de classe à la pratique même de la science d'une part et à ses applications d'autre part.

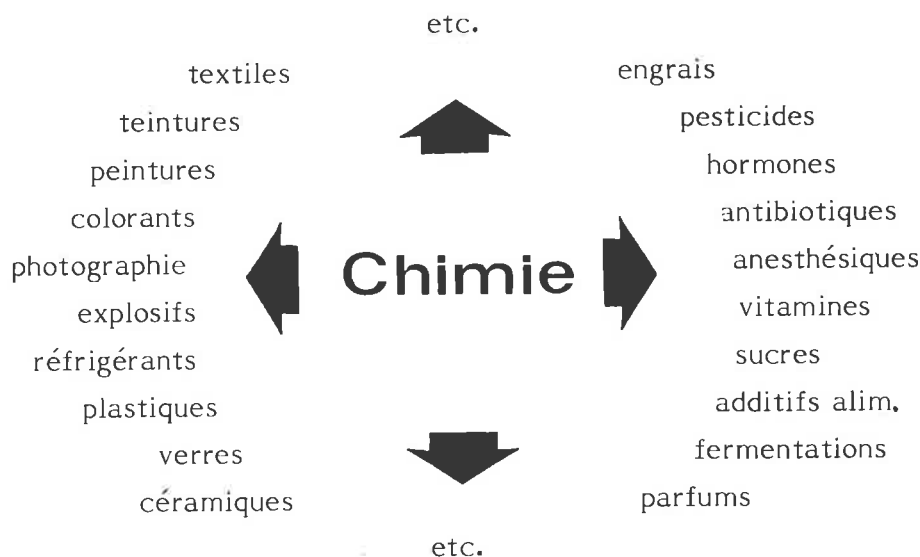
Il y a pourtant un fait incontournable : la science hors de la salle de classe traite de problèmes réels concrets.

L'approche "intégrée" semble alors être la plus appropriée pour l'enseignement de la chimie, science du concret. Les critiques que l'on peut adresser à cette démarche sont bien connues, mais comme le dit J. Bénard (*L'Actualité Chimique*, mars 1979, p. 35

à 37), il s'agit plus d'un "état d'esprit" que d'une "recette" et que "tout est finalement question de degré dans l'intégration, le degré dépendant des matières enseignées, du niveau de l'enseignement et de sa finalité".

L'approche "intégrée" de l'enseignement de la chimie se justifie d'autant plus qu'il est aisé de montrer (schéma ci-après) que la chimie est une science centrale.

Dans le cas des PVD, l'enseignement intégré de la chimie a le mérite supplémentaire de la pertinence sociale, car il autorise l'approche scientifique et technologique de problèmes tels que la nutrition, la pollution, la démographie, la santé...



Ceci est fondamental quand, par exemple, le jeune se trouve contraint de quitter l'institution d'enseignement pour entrer dans la vie active.

Dans la plupart des PVD, c'est l'agriculture qui va profiter des connaissances ainsi glanées, car le secteur agricole est l'activité prédominante dans de nombreuses régions du Tiers Monde. Or, l'agriculture est le domaine par excellence où se manifeste l'intérêt d'un enseignement intégré, où s'observe l'interface chimie-biologie. L'agriculture demande en effet des connaissances relatives à la croissance et à la protection des plantes. Des thèmes comme les divers nuisibles des récoltes (dont les insectes), les pesticides et les insecticides, les engrais, la gestion de l'eau s'intègrent bien quand l'agriculture est considérée sous l'angle biologie-chimie.

Notons au passage que d'autres interfaces sont possibles, où la chimie intervient : génie rural, mécanique agricole, production animale, etc.

L'approche chimie-biologie convient en outre au traitement des

questions d'hygiène et de santé, questions d'importance vitale dans la majorité des PVD. Des pays comme le Soudan ou l'Égypte, par exemple, mettent effectivement en œuvre cette approche dans la lutte contre le fléau des maladies hydriques, plaies de la vallée du Nil. On explique d'abord le développement de la larve responsable de la bilharziose, donc sa biologie, on montre que son cycle est entretenu par les mauvaises habitudes d'hygiène, puis l'on montre les moyens chimiques de lutte, les précautions à prendre dans leur emploi ainsi que les médicaments (antibilharziens), leur composition chimique, leurs effets secondaires, etc. A noter que cette approche intégrée est valable tant au niveau débutant qu'à un niveau supérieur.

Au niveau débutant, on forme le futur citoyen qui peut quitter relativement tôt le système scolaire ; au niveau supérieur, on peut faire ainsi prendre conscience de l'unité de la démarche scientifique et éviter la duplication de certains cours : ce qui n'est pas d'un faible intérêt dans beaucoup de PVD où le personnel enseignant est souvent insuffisant.

Au niveau de l'enseignement technique supérieur, cette démarche autorise les étudiants à appréhender les projets et la prise de décision fondés sur l'examen de facteurs de nature très diverse.

Spécificité et objectifs de l'enseignement de la chimie dans les PVD

Une discipline adaptée à la spécificité des PVD

Il importe d'orienter l'intérêt de l'apprenant vers les domaines où la chimie servira la société et son développement. Il importe que la chimie n'apparaisse pas comme une pure spéculation intellectuelle... ou pire, comme génératrice de pollution et de destruction du cadre de vie.

1. Il est bien clair que les lois fondamentales des sciences sont les mêmes partout, mais il n'en demeure pas moins vrai que le point de contact entre les lois scientifiques et la vie de l'élève n'est pas forcément le même pour tous les pays et toutes les cultures.

Ainsi, si la chimie de l'azote peut être importante pour un étudiant nord-américain et un étudiant originaire d'un pays africain souffrant de la faim, il peut être judicieux de l'aborder pour chacun de ces apprenants sous des angles différents : dans un cas, il s'agira du contrôle de la pollution de l'air par les oxydes de l'azote N_xO_y dans les gaz d'échappement des voitures, voire les pluies acides ; dans l'autre, il s'agira plutôt de l'azote dans le sol, de l'apport des engrais, de l'assimilation de l'azote, etc. et ici la

synthèse de l'ammoniac (procédé Haber, par exemple) peut être étudiée aussi pour sa contribution à la lutte contre la faim et la malnutrition.

2. Il importe à cet égard de développer les techniques et les expériences nécessitant un matériel peu onéreux et des appareillages peu complexes, tels par exemple que la chromatographie en couche mince dont les possibilités sont étonnamment adaptés au cas des PVD, comme le prouve le cas indien et notre propre expérience à Tunis.

Est-il besoin de souligner ici cependant que les expériences qui "marchent" bien en climat tempéré peuvent avoir des problèmes en climat tropical ? L'éther (point d'ébullition $34,6\text{ }^\circ\text{C}$) n'est pas utilisable comme solvant dans beaucoup de pays chauds ; les appareils à circuit transistorisé peuvent souffrir de l'humidité ambiante en climat tropical, etc. Ces remarques peuvent paraître anodines, mais la pratique quotidienne montre les handicaps créés par des problèmes apparemment mineurs.

3. L'étude intégrée des problèmes de l'eau doit être prioritaire et commencer très tôt dans les cursus : chimie, désinfection, dosages courants (fer, sodium, calcium...), microbiologie.

5. D'une façon beaucoup plus large, la chimie analytique, du fait de ses applications, doit être une constante dans les programmes de chimie pour PVD et devrait être abordée, elle aussi, sous un angle pluridisciplinaire, le but étant d'examiner aussi bien des échantillons d'eau, de lait, de jus de fruits, d'huile végétale, etc. On devrait tendre, à cet égard, vers la fabrication de "kits" permettant des dosages rapides à l'extérieur de la salle de classe (on peut s'inspirer ici de l'expérience de l'Open University dans son étude de la pollution en Grande-Bretagne par la mobilisation de ses 80 000 étudiants).

5. Il importe, à notre avis, que les programmes insistent systématiquement sur les problèmes d'énergie, et spécialement l'énergie solaire et les sources renouvelables, pour servir des activités telles que le séchage du cacao, du tabac, du café... et pour aider ou faire progresser des activités artisanales diverses. En Inde par exemple, 40 % de l'énergie utilisée dans le pays sert à cuire les aliments. L'université agricole du Pendjab à Chandigarh s'est attachée avec l'Institut Indien de technologie à améliorer le fourneau traditionnel (chulha) : ce travail a conduit à une économie

de 600 000 tonnes de bois par an (*Nature*, 315, 6 juin 1985, p. 450). Dans beaucoup de pays en voie de développement, l'érosion des sols fertiles et l'avance du désert sont accélérées par l'arrachage du bois destiné à faire la cuisine.

6. La communauté internationale des chimistes doit œuvrer pour montrer le rôle d'une bonne formation en chimie quant à la résolution des problèmes de développement et la nécessité d'un bagage conséquent dans cette discipline pour mettre en œuvre une technologie appropriée. Elle doit attirer aussi l'attention sur le fait que des diplômés de chimie mal formés ou mal utilisés ne sauraient servir le pays et qu'au contraire, ils risquent d'aggraver les choses. Si les citoyens d'un pays ne retirent aucun bénéfice réel d'un programme pédagogique donné, celui-ci ne saurait avoir d'intérêt ou d'avenir. Les systèmes pédagogiques étant, sur le long terme, supportés par les impôts et guidés par les bases culturelles, aucun programme d'éducation scientifique ne peut s'offrir le luxe de négliger l'opinion et les idées de ceux auxquels il s'adresse.

Une pédagogie adaptée aux PVD

1. On l'a dit : la chimie peut intervenir dans la formation (au sens large) du citoyen.

Frazer note : "Apprendre à peser soigneusement, mesurer un volume, lire un ampèremètre, construire un montage électrique simple, peut se faire à l'occasion de l'étude des lois de l'électrolyse, par exemple". Cette étude se justifie dans la mesure où tous les citoyens (et pas seulement les futurs chimistes ou les futurs scientifiques) devraient savoir faire de telles mesures, car ils seront appelés à en faire dans la vie. Il est donc important que l'enseignement de la chimie dans les PVD mette l'accent sur le caractère expérimental de notre discipline afin de faire acquérir des savoir-faire, donner le sens pratique et former le sens de l'observation.

2. Les moyens audiovisuels devraient jouer un plus grand rôle dans l'enseignement dans les PVD étant donné leurs avantages pédagogiques indéniables et leurs possibilités pour suppléer à un manque de personnel, de laboratoires ou d'appareillage. Des organismes comme le réseau interuniversitaire francophone ReCoDiC et le CUDNME¹ pourraient aider à leur conception, leur fabrication et leur diffusion, et surtout leur maintenance (lampes, stabilisateurs de courant...) dans les PVD.

3. La langue d'enseignement de la chimie dans beaucoup de PVD n'est pas forcément la langue maternelle de l'apprenant, d'où la nécessité de cours et de manuels particulièrement soignés sous l'aspect de la langue véhiculaire.

4. La formation des formateurs et des cadres en chimie est souvent un très gros problème dans les PVD qui manquent souvent de tradition et d'expérience en ce domaine. L'apport de la coopération et des organismes internationaux est ici crucial.

5. On objecte souvent que le fait d'adopter un "profil bas", peu exigeant en matériel, n'est pas de nature à jeter les bases d'une recherche scientifique locale ou d'un enseignement de haut niveau. Il s'agit, de toute façon, d'une position transitoire devant évoluer. Pédagogie ou recherche scientifique dans les pays en voie de développement ne devraient pas être soumises aux mêmes critères que ceux ayant cours dans les pays développés. Le but n'est pas ici de publier dans le *Journal of the American Chemical Society* (JACS), mais d'améliorer un procédé local de fabrication de la chaux, d'extraire une plante médicinale ou de mettre au point un procédé de distillation à l'énergie solaire, le critère étant plus la pertinence sociale et les retombées sur la communauté.

De toute façon, l'enseignement de la chimie dans les PVD a besoin de la solidarité internationale :

a) les PVD ont besoin de l'apport de tous les chimistes du monde (coopération, projets communs...) ;

b) on peut concevoir que le rôle du "coopérant" ne s'arrête pas quand son contrat est arrivé à expiration et qu'il retourne dans son pays. Il peut aider à établir un "laboratoire sans mur", les manipulations faisables dans le PVD peuvent se prolonger dans le pays industrialisé de l'ex-coopérant où existe le gros matériels (RMN, spectrométrie de masse,...). Des retraités chimistes (ingénieurs, enseignants...) des pays industrialisés peuvent prêter leur concours pour enseigner la chimie ou être des "sponsors" de jeunes chimistes originaires des PVD - une expérience de ce type a été tentée au Maroc - (voir *Chemtech*, août 1986, p. 511).

Bibliographie succincte

Lewis (J.L.), *Phys. Education*, 1978, 13, 339-342.
Natural Sciences - Social Science Interface Educational Aspects, A. Kornhauser DDU Ed., *Univerzum Publishing House*, Ljubljana, 1981.

¹ : CUDNME : Centre Universitaire de Diffusion de Nouveaux Media d'Enseignement, Service du Film de la Recherche Scientifique, 96, boulevard Raspail, 75006 Paris, France.

Diverses publications et actes de séminaires de l'IOCD (UNESCO) à Ljubljana.

Bouguerra (M.L.), *L'Actualité Chimique*, sept. 1979, 49-51.

Bouguerra (M.L.), *L'Actualité Chimique*, janvier 1982, 33-34.

Tendances Nouvelles de l'Enseignement de la Chimie, vol. IV, *Les Presses de l'UNESCO*, Paris, 1975.

New Trends in Chemistry Teaching, vol. V, *The UNESCO Press*, Paris, 1981.

Teaching and Popularizing Science and Technology as Aids to Development, A. Kornhauser Ed., *The UNESCO IOCD*, Ljubljana, 1984.
 Williams (H.J.), *J. of Chemical Education*, déc. 1976, 53, 12, 789-790.
 Bouguerra (M.L.), "Les poisons du tiers monde", Editions La Découverte, Paris, 1985.
 Steward (J.W.), Towse (P.J.), "Chemical Technology in Afri-

ca", *Cambridge University Press*, 1984.
 Blaug (M.), "Economics of Education - An Introduction", *Penguin Books*, 1976.
 Majault (J.), "La révolution de l'enseignement - Inventaire de l'avenir", *Laffont Gonthier*, Paris, 1967.
 Johnstone (A.H.), Morrison (T.I.), Reid (N.), "Chemistry About Us", *Heinemann Educational Books*, London, 1986.

Pierrette Villardry¹
 Jean-Noël Foussard²

Distillation des coupes pétrolières simulée par chromatographie

L'enseignement de la chromatographie en phase gazeuse est couplé avec l'acquisition de quelques notions sur les produits pétroliers. Les caractéristiques ébulliométriques des coupes pétrolières sont obtenues par analyse chromatographique.

Un chromatogramme permet de connaître la composition de la fraction pétrolière et sa courbe d'ébullition dont la forme est représentative des qualités du produit. On détermine en même temps quelques grandeurs chromatographiques : hauteur équivalente de plateau théorique, résolution, coefficient de réponse relatif, normalisation interne,...

La chromatographie en phase gazeuse est souvent enseignée au laboratoire par l'étude de mélanges synthétiques simples, c'est-à-dire loin de la réalité. On peut aussi bien déterminer les paramètres d'une colonne en étudiant un produit réel et donc complexe. Ici, l'analyse des fractions pétrolières peut être envisagée sous deux aspects différents et complémentaires :

- la détermination de grandeurs chromatographiques : HETP, résolution, coefficient de réponse relatif, influence de la température, normalisation interne...,
- les propriétés des produits pétroliers : composition des pétroles bruts et des fractions pétrolières, caractéristiques ébulliométriques d'une fraction pétrolière...,

Ce T.P., mis au point pour les élèves de l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, permet, par le biais de l'étude du kérosène et du gas-oil, matériaux d'utilité aéronautique, de les intéresser à la méthode d'analyse.

naphtènes (hydrocarbures saturés cycliques), aromatiques (hydrocarbures benzéniques), et asphaltènes (hydrocarbures polycycliques contenant des noyaux aromatiques et des cycles naphténiques avec ramifications paraffiniques). Ces trois types de pétroles bruts ont les compositions moyennes suivantes :

Dénomination % moyen en	Brut paraffinique	Brut naphténique	Brut asphaltique
paraffines	40 %	12 %	5 %
naphtènes	48 %	75 %	15 %
aromatiques	10 %	10 %	20 %
asphaltènes	2 %	3 %	60 %

Caractéristiques des produits pétroliers

Le pétrole brut [1]

Les pétroles bruts sont classés en trois types suivant leur composition en paraffines (hydrocarbures saturés linéaires ou ramifiés),

Il y a beaucoup plus de pétroles bruts qui peuvent recevoir la dénomination paraffinique que les deux autres. Mais un bon nombre de pétroles possèdent à la fois des caractères des deux ou trois types. Aussi, on a renoncé à un classement qui, en définitive, ne sert pas à grand chose.

Caractéristiques de distillation des produits pétroliers

La distillation fractionnée d'un mélange complexe amène à la

¹ Chef du Laboratoire de chimie de l'ENSAE, 10, avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse Cedex.

² Enseignant à l'INSA de Toulouse, avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex.