

Chimie et éducation

QUELLES RECHERCHES ? PERSPECTIVES ET REALITES

par R. VIOVY,

Professeur E.N.S. de Saint-Cloud.

Habituellement, on parle de l'Education Chimique ou de l'Education en Chimie. Implicitement, on focalise ainsi le problème sur la discipline. Il est assez rare que l'on s'interroge sur la place de la Chimie dans la formation. Mon objectif, en intitulant ce texte Chimie et Education, est au contraire de focaliser l'intérêt sur les problèmes de formation et de tenter de répondre à la question :

Quel peut être le rôle de la Chimie dans la formation d'un homme d'aujourd'hui ?

Dans le monde où l'évolution technologique introduit des modifications radicales des contenus et des méthodes de formation, on doit s'interroger sur les composantes spécifiques apportées par notre discipline. Les classifications positivistes telles que celles d'A. COMTE paraissent dépassées, mais elles ont laissé en particulier en France, pays de R. DESCARTES, des conséquences non négligeables. Si l'on ajoute à cela les problèmes liés à l'environnement et à la santé qui sont depuis une décennie quotidiennement à l'ordre du jour, on comprend que le rôle de la Chimie dans la formation soit rarement abordé de façon rationnelle et objective.

Les investissements en hommes et en moyens, les enjeux d'une éducation adaptée à notre monde diversifié et en évolution constante, sont tels que l'on ne peut se contenter de résoudre les problèmes de façon empirique ou théorique. Une recherche basée sur l'expérience est indispensable.

Mon ambition est de susciter des réflexions et des recherches pour répondre à la question :

Pourquoi la Chimie ? Pour quelle formation ?

Pour cela, nous ferons d'abord une double analyse : analyse de la matière d'abord, puis analyse des contenus de formation et nous tenterons ensuite de dégager des pistes de recherches sur le sujet afin de dépasser les quelques réflexions générales dégagées dans les deux premières parties.

1. ANALYSE DE LA SPECIFICITE DE LA CHIMIE.

1.1. Définitions et champ d'application.

Comme pour beaucoup de termes couramment utilisés, il n'y a guère d'ambiguïté dans l'utilisation de ces termes pour les spécialistes mais leur définition et leur champ d'application sont difficiles à préciser. C'est le cas du mot « Chimie ». Cette définition du champ d'application est importante pour parler de spécificité.

Je retiendrai donc la définition suivante donnée par le Professeur PAUL :

« La Chimie peut être définie comme la Science de la matière et des voies d'accès à la matière. »

En effet, les objectifs fondamentaux du chimiste sont l'élaboration de la matière et la connaissance de sa composition, de sa structure ainsi que de ses propriétés.

Cette élaboration procède soit de l'extraction des produits naturels (minéraux, végétaux ou animaux) soit de la transformation d'une matière donnée en d'autres matières par action de divers agents physiques (chaleur, lumière, électricité...) ou bien encore par contact dans des conditions déterminées (pression, température, lumière...) avec une ou plusieurs matières différentes.

La mise en œuvre des propriétés d'une matière qui s'accompagne de la transformation de celle-ci en une ou plusieurs autres matières différentes (réaction chimique) rentre donc, d'après ce qui précède, dans le domaine d'activité de la Chimie.

Au contraire, la mise en œuvre des propriétés d'une matière sans que celle-ci change de composition, est du ressort des autres disciplines : optique, thermodynamique, mécanique, électricité... »

On peut remarquer qu'une autre délimitation avec la Physique basée sur la complexité des questions a été donnée par FEYNMANN :

« Les Physiciens ont toujours l'habitude de choisir l'exemple le plus simple de chaque phénomène et de le considérer comme faisant partie de la Physique, en laissant les exemples plus compliqués à d'autres domaines, disons aux mathématiques appliquées, à l'électrotechnique, à la CHIMIE ou à la cristallographie » [1].

Nous retrouverons cette distinction plus loin, mais quelle que soit la définition, les « intersections » disciplinaires sont nombreuses et ceci peut être bénéfique, mais nous verrons que la Chimie y garde sa spécificité, les approches d'un même problème pouvant se faire par des voies différentes.

1.2. Images de la Chimie.

Ces images ont été façonnées par l'histoire et par les medias. Elles peuvent être très différentes selon que l'on s'adresse à des spécialistes, des adultes cultivés, à des adultes non cultivés ou à des enfants.

Pour le premier groupe, la Chimie est devenue, depuis LAVOISIER, une science à part entière. Cependant, les méthodes d'enseignement utilisées dans la formation et la pesanteur philosophique que j'invoquais dans l'introduction, conduisent à la voir plutôt comme une science naturelle que comme une science exacte où on la classe théoriquement. Il est d'ailleurs symptomatique que l'histoire de la Chimie se porte plutôt mal. Non que les essais ou les articles fassent défaut, ils se multiplient et prolifèrent tout au contraire. Mais elle est tiraillée, partagée entre deux tendances opposées. D'un côté, les ouvrages philosophiques ordonnés et subordonnés par rapport à une philosophie de l'histoire et des sciences. De l'autre, de nombreuses études, plus spécifiquement chimiques, châtoyantes et foisonnantes, où se côtoient, à quelques pages de distance, ANAGORE et MENDELEFF, PARACELSE et Marie CURIE... Le passé s'y présente comme un stock disparate et désordonné, nimbé de mystère, ruisselant d'anecdotes.

Cette situation semble particulière à la Chimie puisque, depuis longtemps, l'histoire de la Physique se distribue en histoires différenciées de la mécanique, de l'optique, de l'électromagnétisme...

On peut penser que cette situation est due à la spécificité de la Chimie et de son évolution. Elle doit avoir des conséquences sur les problèmes pédagogiques : « La Chimie se distingue peut-être plus encore de toutes les autres sciences par son origine et par les époques de ses progrès que par son objet ». FOURCROY. An IX.

Pour les adultes non cultivés et les enfants, l'image de la Chimie reste imprégnée d'un aspect magique — mot que l'on trouve dans les titres d'ouvrages pour enfants et de jeux éducatifs. Les chimistes sont souvent représentés dans des situations « explosives » et au milieu d'appareils fumants et mystérieux. Il suffit de penser à la « potion magique » et à de nombreuses bandes dessinées.

Nous ne devons pas oublier ces aspects dans tous les problèmes de formation, car ces images vont interférer avec les connaissances et les méthodes que nous utiliserons. Ils conduisent à de nombreux blocages observés dans l'enseignement de la Chimie. Mon expérience personnelle m'a montré que les réflexes de crainte sont profondément ancrés chez les maîtres en formation non spécialistes de la Chimie. Par contre, chez de

jeunes enfants, le caractère spectaculaire et un peu mystérieux de la Chimie les rend très réceptifs (fig. 1).

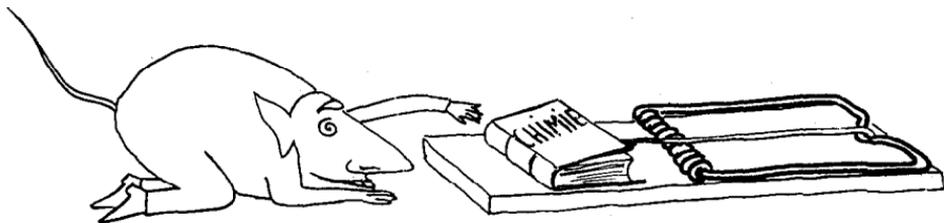


Fig. 1

Bien entendu, tous les problèmes écologiques et de relations avec l'environnement, viennent se surajouter à ces difficultés, mais ces problèmes sont trop connus pour y insister. Il faut cependant les prendre aussi en considération.

1.3. La Chimie et les applications.

La Chimie s'est construite d'abord au niveau des applications et c'est assez tardivement que l'on a cherché les explications. Un des problèmes de la formation en Chimie est d'assurer le lien indispensable entre ce que nous enseignons et les applications qui nous entourent et interviennent dans la formation spontanée des individus. Le problème est de faire coïncider ce que l'on voit représenté à gauche de la fig. 2 et, ce que l'on apprend schématisé à droite.

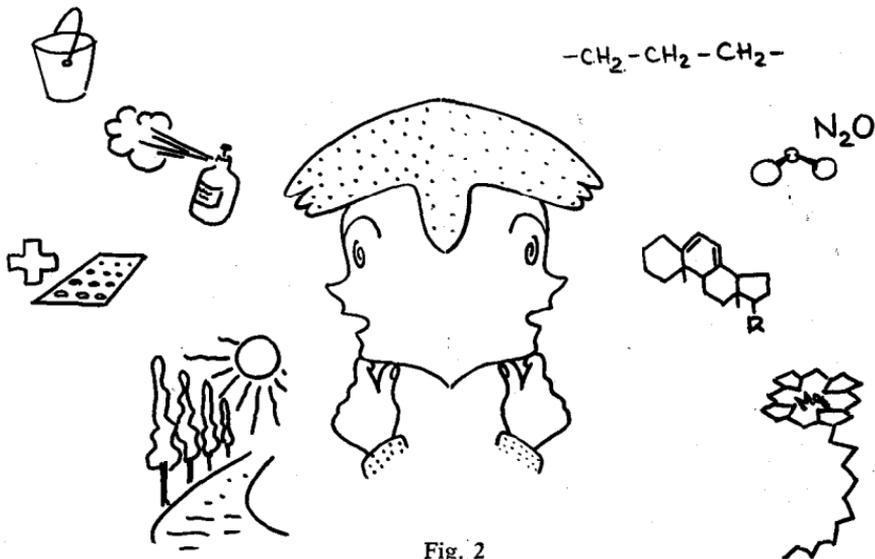


Fig. 2

C'est une des spécificités de la Chimie de rendre possible la liaison entre une formation dirigée et une formation spontanée assurée par la vie de tous les jours, encore faut-il assurer les ponts nécessaires.

Ce lien présente des aspects :

- positifs : il motive fortement les formés par les possibilités d'explications du monde où ils vivent,
- négatifs : il fait retomber sur la science les problèmes de société.

1.4. Le problème des modèles.

Les chimistes utilisent beaucoup de modèles mais ceux-ci présentent par rapport à ceux de la Physique en particulier, des caractères spécifiques :

- étant liés à la matière qui a un aspect concret, on recherche très souvent des représentations imagées. Celles-ci peuvent être des représentations conventionnelles très générales, ou au contraire, des constructions, soit très abstraites, soit très concrètes,
- il est difficile d'isoler des parties étroites de la Chimie pour construire des modèles particuliers. Les modèles de la Chimie englobent généralement un grand nombre de faits expérimentaux.

Ces deux éléments doivent entrer en ligne de compte dans la formation :

- par la possibilité des représentations imagées, la compréhension est facilitée,
- par la généralité des modèles ; on doit prendre en compte de nombreux faits expérimentaux, ce qui retarde leur application.

1.5. La Chimie science carrefour (fig. 3).

Une autre caractéristique de la Chimie est sa position de science carrefour. On dit souvent la Chimie c'est la vie et il est un fait que toute explication des phénomènes vitaux passe par des réactions chimiques, même si l'organisation moléculaire est très complexe.

Les relations interdisciplinaires avec la Physique sont aussi évidentes et les frontières des champs d'application deviennent si floues que l'on a particularisé la Chimie physique et même la Physique chimique comme domaines frontalières. Au niveau enseignement, les deux disciplines sont d'ailleurs enseignées par le même professeur jusqu'à la fin des études secondaires.

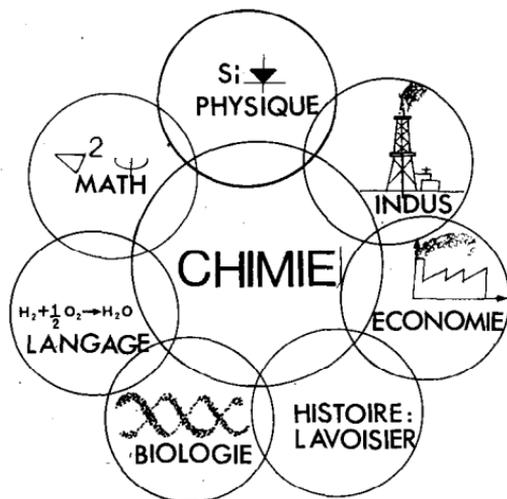


Fig. 3

Ces relations sont reconnues et interviennent généralement dans les problèmes de formation. Le schéma donné fig. 4 sur le cycle du carbone en est une illustration (fig. 4). Ce qui est moins souvent pris en compte, ce sont les relations interdisciplinaires avec des disciplines en Lettres et Sciences humaines.

Les caractéristiques de la Chimie, ses méthodes et ses interactions avec l'environnement, créent une interface importante avec l'économie d'une société.

Enfin, l'existence d'un langage particulier de la Chimie et l'utilisation systématique de représentations symboliques, pose le problème des relations entre langage et formation en Chimie. Une étude que nous avons réalisée montre l'importance de ce point de vue [2].

1.6. La Chimie science expérimentale.

Enfin, c'est une évidence, mais qu'il est peut-être bon de rappeler quand on parle de problèmes de formation, la Chimie est une science expérimentale. L'expérimentation chimique peut d'ailleurs être adaptée, au public, au niveau, à la société. J'aurai l'occasion de revenir sur cette question.

En conclusion, nous pouvons résumer cette étude par les remarques suivantes :

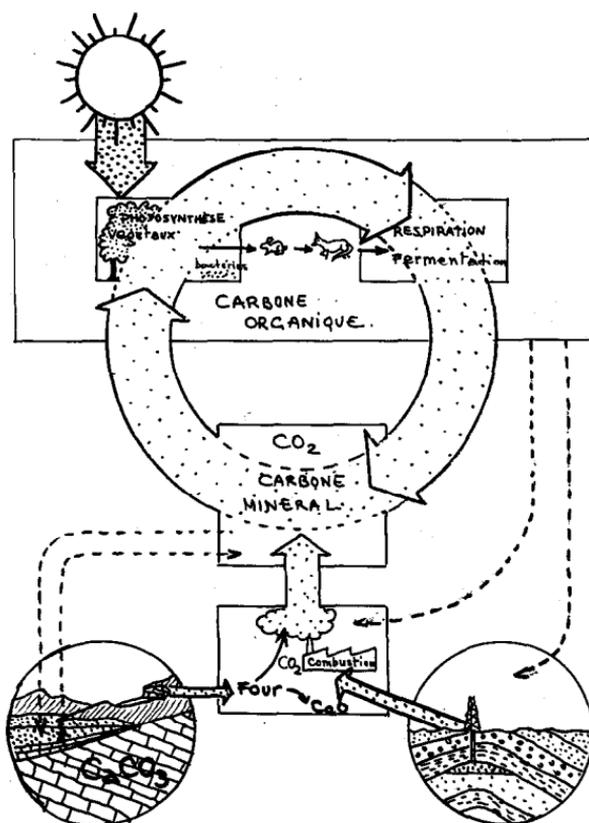


Fig. 4

La Chimie, science de la matière et de ses transformations
 → induit des images très prégnantes,

→ est en relation évidente pour le formé avec des applications,

→ utilise des modèles variés et très généraux,

→ est une science carrefour,

→ permet des expériences variées et graduées.

2. ANALYSE DES RELATIONS FORMATION - CHIMIE.

2.1. Remarques.

2.1.1. Lorsque nous sommes confrontés à un problème de formation, nous disposons d'un travail considérable réalisé au

niveau des sciences de l'éducation, de la psychologie, de la sociologie. En France en particulier, les recherches se sont beaucoup développées depuis une dizaine d'années sur ces sujets. Cependant, les liaisons avec les problèmes disciplinaires, en particulier au niveau des langages, restent difficiles.

Les problèmes de définition et d'utilisation des objectifs dans la formation ont été très étudiés et, pour ne citer que quelques auteurs, BLOOM, D'HAINAUT, HAMELINE [3] ont publié de nombreux ouvrages sur cette question.

Il semble donc que l'on soit bien armé d'un point de vue théorique pour définir les composantes d'une formation. En fait, plusieurs écueils rendent la tâche très difficile :

2.1.2. L'équilibre entre les matières à enseigner :

Dans chaque discipline, le volume des connaissances nécessaires pour comprendre et si possible maîtriser l'évolution du monde d'aujourd'hui, augmente sans cesse et il y a déjà à ce niveau un problème d'adaptation.

Cependant, ce problème qui fait l'objet de nombreux travaux n'est probablement pas le plus crucial. La difficulté la plus grande réside sans doute dans la multiplication des domaines de connaissances à aborder. A côté des disciplines traditionnelles, on voit apparaître l'écologie, l'informatique, les sciences sociales, l'économie, qui deviennent indispensables à tout citoyen vivant dans un monde à évolution technologique rapide et parfois incontrôlée. On risque d'arriver à une hypertrophie des connaissances (fig. 5 a).



Fig. 5 a.

2.1.3. La durée d'une formation ne peut être prolongée exagérément. Il est en effet reconnu que la formation est souvent plus efficace si après une formation initiale, le formé utilise les données « sur le terrain » avant de revenir les compléter par une formation continuée. C'est le cas en particulier de la formation pédagogique des maîtres mieux reçue après une « expérience dans une classe ».

L'équilibre de la formation nécessite alors des compromis dans lesquels la passion et les corporatismes risquent d'entrer pour une large part.

Comment concilier ces problèmes et, partant d'une analyse des objectifs de la formation, faire intervenir la spécificité de la Chimie ? Il n'est pas possible de répondre clairement à cette question sans recherches préalables pour chaque domaine précis mais nous pouvons déjà dégager quelques idées générales.

2.2. Quelques idées générales pour l'adaptation à une formation équilibrée.

2.2.1. Des approches interdisciplinaires sur un sujet adapté, permettent un gain de temps non négligeable pour le renforcement mutuel des connaissances. C'est la raison du développement des enseignements thématiques : environnement, matériaux, etc. depuis quelques années. Ainsi on peut réduire l'hyperthrophie par recouvrement des domaines (fig. 5 b).



Fig. 5 b.

La Chimie, par son aspect de science carrefour, se prête très bien à de tels développements.

2.2.2. Dans l'enseignement expérimental, le choix d'expériences avec une interprétation à plusieurs niveaux, permet aussi

un renforcement des acquisitions en s'appuyant sur ce qui a été vu antérieurement. Là aussi, les expériences de Chimie, qui peuvent être faites sans moyens techniques considérables, sont bien adaptées à un tel processus permettant un développement cognitif progressif pouvant suivre l'évolution de l'enseigné.

Je choisirai un exemple qui est une expérience classique, celui de la « bouteille bleue ». Cette expérience : oxydation du glucose par l'oxygène de l'air en présence de bleu de méthylène se fait de la manière suivante. Une solution de bleu de méthylène en milieu basique et en présence de glucose se décolore. Par agitation la couleur bleue réapparaît. Au repos, nouvelle décoloration. Le cycle peut être refait de nombreuses fois.

— Au niveau de l'initiation d'enfants ou d'adultes, le côté spectaculaire permet de frapper l'imagination sur la « notion » de réaction chimique et de motiver le public. On peut aussi à ce niveau faire prendre conscience des conditions expérimentales.

— Au niveau fin du secondaire, il est possible de mettre en évidence les équations bilan, l'interprétation des phénomènes et d'établir expérimentalement la loi vitesse.

- Au niveau supérieur, on pourra étudier les mécanismes.
- Ces stades sont schématisés (fig. 6).

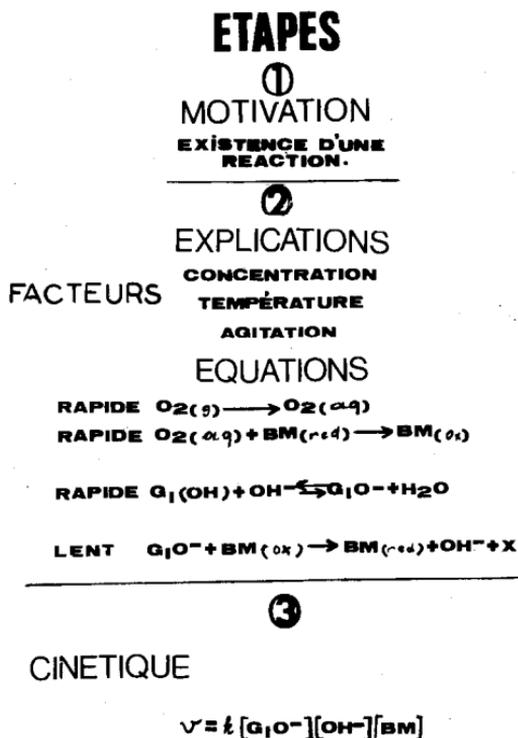


Fig. 6

3. RECHERCHES A DEVELOPPER.

3.1. Evolution des recherches en éducation chimique.

En 1977, à la 4^e Conférence, A. KORNHAUSER posait le problème de la construction de la « Chemical Education » comme discipline autonome de la Chimie [4] et en 1979, dans un article de l'E.J.S.E. [5], elle apportait six réponses qui restent d'actualité à la question « Pourquoi une recherche en éducation de la Chimie ? »

Depuis, de nombreuses pierres ont été apportées à la construction (fig. 8), mais les sujets de recherche sont inégalement répartis. On dispose maintenant de recherches sur les programmes, les méthodes d'enseignement, d'évaluation, les techniques modernes d'éducation de données suffisantes — souvent réalisées avec l'apport des sciences de l'éducation permettant de poursuivre un travail comme une autre discipline de la Chimie — en Chimie organique par exemple.

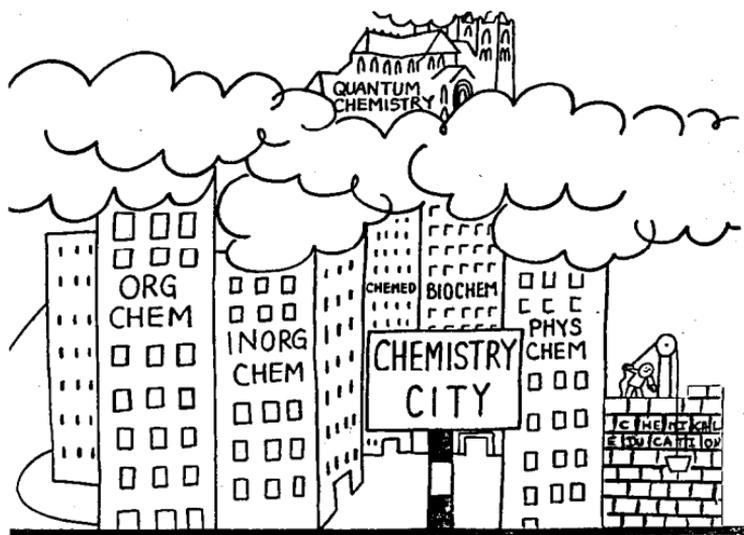


Fig. 8. — La « C.E. » doit avoir sa place dans la « cité de la chimie », avec ses cathédrales mystérieuses...

Par contre, les études visant à dégager rationnellement la place de la Chimie dans un cursus de formation sont très rares. Une analyse des articles parus dans l'E.J.S.E. montre que seulement 3 articles, M. GARDNER, A. KORNHAUSER, G. PAOLINI, portent sur ce sujet en 5 ans (on en compte une dizaine pour l'ensemble des disciplines scientifiques) [6] [7].

Les relations entre chimie et société ont été souvent posées et il y a deux ans, à Maryland, la question fut largement débattue

dans les conférences et les discussions portaient d'ailleurs sur ce sujet. Cependant, il est nécessaire d'ajouter une troisième composante et de travailler sur chimie - société - formation.

3.2. Perspectives.

3.2.1. Au niveau international, la recherche sur l'éducation chimique, est une des plus dynamiques. Il suffit de voir l'évolution des sept conférences de l'I.U.P.A.C. pour en être convaincu. Le nombre de publications sur le sujet est en constante augmentation. Bien entendu, la situation est variable d'un pays à l'autre mais elle évolue très favorablement, même en France où, comme je le disais au début de cette intervention, la Chimie est un peu la « parente pauvre ». Nous avons donc une position favorable que nous devrions utiliser.

3.2.2. La Chimie se trouve aujourd'hui à un carrefour :

- pour les pays en développement la nécessité de créer une industrie chimique adaptée impose la formation de chimistes nombreux,
- pour les pays développés, l'industrie chimique a de moins en moins besoin de chimistes. Par contre, de nombreuses industries « non chimiques » utilisent des chimistes. En France, 50 % des ingénieurs chimistes sont en dehors de la Chimie,
- pour tout le monde : on doit maîtriser l'évolution technique du monde où nous vivons.

Dans chaque contexte, la place de la Chimie doit être évaluée en terme de : élément culturel - élément de formation - acquisition de connaissances.

3.2.3. Un des verrous parmi les plus importants dans le développement des recherches en éducation est en train de sauter : la reconnaissance officielle de telles recherches, tant au niveau national qu'international, pour la carrière des chercheurs et comme élément de développement, est maintenant prise en compte. En France en particulier, la nouvelle loi sur les Enseignements Supérieurs fait explicitement référence à ces recherches, et les recherches sur la formation constituent un programme prioritaire du Ministère de la Recherche.

3.2.4. Après avoir longtemps travaillé de façon très indépendante à quelques exceptions près dont l'école de PIAGET est un exemple, les chercheurs généralistes : sciences de l'Education, épistémologues, historiens des sciences, recherchent des contacts avec des spécialités pour développer des actions concrètes.

3.3. Réalités.

Comment faire déboucher ces perspectives sur des réalités :

3.3.1. Ces quelques réflexions préliminaires doivent être enrichies, confrontées à d'autres informations.

Je propose donc :

- la création d'un groupe permanent qui pourrait réaliser une synthèse de ces réflexions et de ces informations.

3.3.2. Nos propositions sont celles de spécialistes de la Chimie et nous voyons le problème de l'intérieur, nous devons nous méfier de tout corporatisme et pour cela prendre contact avec les organismes interdisciplinaires (U.N.E.S.C.O. - I.C.S.U.) pour harmoniser les points de vue. Nous avons une bonne expérience en France d'une telle organisation. Lasses de s'entredéchirer pour avoir leur « part du gâteau », les associations de spécialistes ont constitué un groupe de réflexion pour faire des propositions. Si ces propositions étaient faites à partir de recherches approfondies, ce serait meilleur.

Des axes plus particuliers peuvent être dégagés :

3.3.3. Développer les recherches sur l'épistémologie de la Chimie et ses composantes historiques. Dans ce domaine, nous avons indiqué que nous sommes très en retard sur d'autres disciplines.

3.3.4. En liaison avec le paragraphe précédent, développer les recherches sur les blocages créés par les images de la Chimie.

3.3.5. Développer les recherches sur les langages utilisés par les chimistes. Un certain nombre d'études ont été réalisées sur les langages symboliques [8] mais les problèmes de relations avec la langue maternelle ont rarement été évoqués. C'est certainement une des causes du blocage des compréhensions, mais ce peut être aussi un des éléments de formation.

La liste n'est certainement pas exhaustive et bien d'autres problèmes restent à résoudre.

4. CONCLUSION.

Ces quelques mots sont nés de réflexions apparues au cours de discussions pour donner en France, à la Chimie, la place que je pensais qu'elle devait avoir. Malgré une argumentation que je croyais solide, j'avais l'impression que l'on ne me comprenait pas...

En effet, pour nous chimistes, nous pensons que notre science est nécessaire. Pour convaincre et aussi nous dégager de certains *a priori*, il faut probablement, pour répondre à la question pourquoi la Chimie ?, répondre par d'autres arguments que ceux que nous utilisons entre nous.

On peut aussi répondre à la question : Pour qui la Chimie ? (fig. 9). Personne cependant ne peut contester que dans l'environnement actuel elle est indispensable au savoir, aux savoir-faire et savoir-être de toute formation.

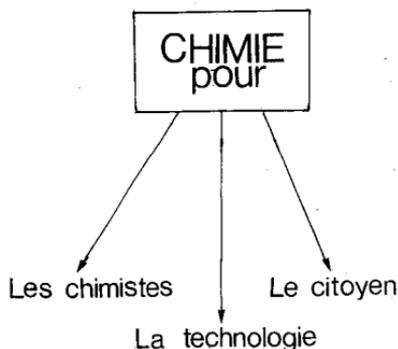


Fig. 9

Pour cela je terminerai en disant que dans ce domaine nous devons être offensifs, car le dynamisme montré par l'éducation chimique depuis quelques années permet tous les espoirs de démontrer que :

La Chimie est belle... et bonne (fig. 10).

CHIMIE

POURQUOI

SAVOIR

INTERMEDIAIRE
NÉCESSAIRE
POUR LA CONNAIS-
-SANCE DE LA
MATIERE

SAVOIR FAIRE

EXPERIENCES
FACILES

SAVOIR ETRE

MAITRISE DE
L'ENVIRONNEMENT

TRAVAIL
COLLECTIF

COMMENT?

NOUS DEVONS
IMPOSER :

LA CHIMIE EST BELLE...

ET BONNE !

Fig. 10

Je remercie Serge GASPARD, maître-assistant à l'Université Paris VII pour ses illustrations.

REFERENCES

- (1) FEYNMANN. — *Cours de physique* - 1966 - tome 2. Bilingua Add. Wesley.
 - (2) Josette CARETTO et collaborateurs. — *Rapport de fin de contrat D.G.R.S.T.* A paraître à Revue française de pédagogie.
 - (3) Voir en particulier :
BLOMM. — *Handbook on formative and summative evaluation of student learning.* Mac Graw Hill - 1971.
D'HAINAULT. — *Des fins aux objectifs de l'Education.* Labor (Bruxelles) et Nathan (Paris).
HAMELINE. — *Les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formation continue.* E.S.F. - Entreprise moderne d'Education - Paris - 3^e édition - 1982.
 - (4) A. KORNSHAUSER. — *New Trends in research in chemical Education* - 5^e I.C.C.E. - Ljubljana - 1977.
 - (5) A. KORNSHAUSER. — *Trends in chemical Education.* Eur. J. sc. ed. Volume I n° 1 page 21 - 1979.
 - (6) M. GARDNER. — *Career span education for the chemistry teacher.* Eur. J. sc. ed. Volume IV n° 2 page 137 - 1982.
 - (7) L. PAOLINI. — *Chemistry as a part of culture a challenge to chemical education.* Eur. J. sc. ed. Volume III n° 2 p. 139 - 1980.
 - (8) L. OGBORN. — *Science teaching and children's view of the world.* Eur. J. sc. ed. Volume V n° 1 p. 1 - 1983.
-