

# **LA FORMATION DES CADRES DE LA CHIMIE EN FRANCE**

*Rapport d'évaluation*

*Janvier 1996*

# **Evaluation de la chimie**

## **Table des matières**

<b>L'évaluation</b>	<b>7</b>
I    Introduction : la méthode de l'évaluation	9
II   Historique	13
III  Présentation générale de la discipline	22
IV   Les écoles d'ingénieurs de chimie	27
V    Les formations doctorales en chimie	36
VI   La formation en chimie en France dans le contexte international	46
VII  Le devenir des diplômés	55
VIII Conclusions et recommandations	63
 <b>Chiffres-clés</b>	 <b>67</b>
 <b>Annexe : Table des sigles</b>	 <b>81</b>

# **Evaluation de la chimie**

## **Organisation de l'évaluation**

L'évaluation de la chimie était placée sous la responsabilité de Pierre **Gilson** et Maurice **Maurin**, membres du Comité.

Philippe **Duval**, chargé de mission, en a assuré la coordination.

Ont participé à l'évaluation :

### **- à titre d'experts**

Jean-Claude **Bernier**, professeur à l'Ecole européenne des hautes études des industries chimiques de Strasbourg

Norbert **Bikales**, ancien professeur à Rutgers university (New Jersey), responsable de la "division of material science" à la National Science Foundation (USA)

Eduard **De Ryck Van Der Gracht**, professeur de chimie industrielle et secrétaire général de la Société chimique royale des Pays-Bas

Heindirk tom Dieck, professeur à l'université de Hambourg et secrétaire général de la Gesellschaft Deutscher Chemiker

Jean-Baptiste **Donnet**, professeur à l'ICSI

Michel **Froment**, directeur de recherche à l'université Paris VI

Daniel **Grandjean**, professeur à l'université Rennes I

Alain **Lablache-Combier**, professeur à l'Ecole nationale supérieure de chimie

Ernest **Maréchal**, professeur à l'université Paris VI

Jean-Paul **Parenteau**, directeur du département scientifique et de la formation de l'Union des industries chimiques

Claude **Quivoron**, directeur des relations européennes à l'université Paris VI

### **- au titre du secrétariat général du CNE :**

Agnès **Leclère**, pour la gestion des missions

Jean-Christophe **Martin**, chargé d'études

Marie-Noëlle **Soudit**, pour la présentation du rapport

André **Staropoli**, secrétaire général

# **Evaluation de la chimie**

---

## **L'EVALUATION**

---

## I - Introduction : la méthode de l'évaluation

Au cours des travaux d'évaluation des établissements d'enseignement supérieur, le Comité national d'évaluation a pu repérer un certain nombre de questions générales qui concernent une discipline ou un groupe de disciplines. Cette constatation l'a conduit à procéder à des évaluations de type transversal ou thématique. Trois évaluations de ce genre ont déjà été menées à terme et ont donné lieu à la publication de rapports : *"La géographie dans les universités françaises"* (mai 1989), *"Les sciences de l'information et de la communication"* (mars 1993) et *"L'odontologie"* (novembre 1994).

Le Comité national d'évaluation a décidé, au début de l'été 1994, d'entreprendre une évaluation nouvelle qui concerne une science expérimentale : la chimie.

Le choix de la discipline peut se discuter mais, s'il était besoin de le justifier, on pourrait reprendre les écrits de Chaptal (1756-1832) au début du XIX<sup>ème</sup> siècle sur la valeur éducative de la chimie :

*"Non seulement la chimie est avantageuse à l'agriculture, à la physique, à la minéralogie et à la médecine, mais les phénomènes chimiques intéressent tous les ordres de citoyens ; les applications de cette science sont si nombreuses qu'il est peu de circonstances dans la vie où l'on ne goûte le plaisir d'en connaître les principes. Presque tous les faits que l'habitude nous fait voir avec indifférence sont des phénomènes intéressants aux yeux du chimiste : tout l'instruit, tout l'amuse, rien ne lui est indifférent parce que rien ne lui est étranger. La nature aussi belle dans ses moindres détails que sublime dans la disposition de ses lois générales ne paraît déployer son entière imagination qu'aux yeux du chimiste.*

*La chimie en nous faisant connaître la nature et les principes des corps nous instruit parfaitement sur nos rapports avec les objets qui nous environnent : elle nous apprend pour ainsi dire à vivre avec eux et imprime à tous une véritable vie.*

*On peut même regarder ce commerce où ces rapports entre le chimiste et la nature comme très propre à adoucir les mœurs et à imprimer au caractère cette franchise, cette loyauté si précieuse dans la société.*

*D'après toutes ces considérations, aucune science ne mérite plus que la chimie d'entrer dans le plan d'une bonne éducation : on peut même avancer que son étude est presque indispensable pour ne pas être étranger au milieu des êtres et des phénomènes qui nous entourent".*

Cette importance de la chimie vis-à-vis des autres sciences, et même plus généralement de l'ensemble de notre environnement, conduit tout naturellement à l'utilité d'une évaluation de la chimie dans notre pays.

Il s'agit là d'un travail qui présente une autre dimension que celle des autres évaluations, puisqu'à la différence des disciplines déjà évaluées, la chimie recouvre un vaste domaine aux contours et aux ramifications complexes. Par ailleurs, la formation des chimistes en France concerne des établissements d'enseignement supérieur de nature différente : les universités d'une part, les écoles d'ingénieurs d'autre part. Il y a là une dualité qui n'est pas spécifique à la chimie mais qui, par contre, est une particularité du système éducatif français. En outre, l'importance de la discipline chimie se mesure à travers les nombreuses interactions qu'elle a avec les autres disciplines ou avec le monde industriel et qui lui confère une dimension de science fondamentale dans les domaines scientifique et technologique. Pour toutes ces raisons, il apparaissait donc opportun de réaliser une évaluation de la chimie.

La conséquence des remarques qui précèdent est que, pour cette évaluation, le Comité devait réfléchir à une méthodologie nouvelle adaptée à la spécificité de ce travail. La méthode, arrêtée à l'automne 1994, a comporté trois phases :

- la première phase (septembre-novembre 1994) a concerné la préparation de l'évaluation ;
- la seconde phase (janvier-avril 1995) a porté sur l'évaluation par des experts français d'un certain nombre d'établissements ;
- la troisième phase (mai-septembre 1995) a associé des experts étrangers à notre travail d'évaluation de manière à recueillir un jugement extérieur.

## **1 - Première phase : préparation de l'évaluation**

La première préoccupation du Comité a été de délimiter le champ de l'évaluation, ce qui n'était pas, sans aucun doute, la partie la plus facile du travail. A cet effet, le Comité a constitué une commission d'experts français composée de 8 personnes :

- Jean-Claude Bernier, professeur à l'Ecole européenne des hautes études des industries chimiques de Strasbourg,
- Jean-Baptiste Donnet, professeur à l'Ecole de chimie de Mulhouse, ancien président de la Société française de chimie,
- Michel Froment, directeur de recherches à l'université Paris VI,
- Daniel Grandjean, professeur à l'université Rennes I,
- Alain Lablache-Comber, professeur à l'université Lille I et directeur à l'Ecole nationale supérieure de chimie de Lille,
- Ernest Maréchal, professeur à l'université Paris VI,
- Jean-Paul Parenteau, directeur du département scientifique et de la formation de l'UIC,
- Claude Quivoron, professeur à l'université Paris VI.

Il est très vite apparu qu'il n'était pas possible, pour la chimie, de procéder à une évaluation exhaustive, comme cela avait été le cas pour les évaluations transversales précédentes. En effet, si de nombreuses formations impliquent la chimie, cette discipline interagit fortement avec d'autres disciplines comme la biologie (biochimie), la physique (chimie-physique, matériaux), la pharmacie (pharmacologie), la médecine, l'ingénierie (génie chimique), l'astrophysique... ce qui rend malaisé une étude approfondie de l'ensemble du domaine. De plus, la chimie intervient à tous les stades de la formation dans l'enseignement supérieur scientifique. Nous avons donc décidé de limiter nos objectifs et de centrer l'évaluation principalement sur la formation doctorale en chimie dans les universités et sur les formations des ingénieurs dans les écoles de chimie, avec une attention particulière portée sur le devenir des diplômés.

Il a semblé utile de conserver dans le travail d'évaluation la dualité de la formation offerte par deux sortes d'établissements, les universités et les écoles, plutôt que de s'intéresser à un seul type de formation, l'idée étant de privilégier les formations qui conduisent au domaine technologique.

Dans un second temps, il a été procédé à un recensement des établissements concernés par l'évaluation : 45 universités et 24 écoles ont ainsi été dénombrées auxquelles il a été convenu d'adresser un questionnaire. Celui-ci, construit à partir du "questionnaire composantes" que le Comité utilise pour ses évaluations d'établissement en tenant compte des particularités de notre évaluation, avait comme objectif de recueillir un certain nombre de données quantitatives, homogènes et actualisées, susceptibles de fournir aux experts un support à l'évaluation. Il a été envoyé courant octobre 1994 aux établissements qui, pour la plupart, l'ont complété et retourné avant la fin du mois de janvier 1995. La synthèse générale des informations a été réalisée par le secrétariat général du Comité début février 1995.

## **2 - Seconde phase : l'évaluation par les experts français**

Pour l'évaluation proprement dite, il a été décidé de choisir 16 établissements répartis au sein de 8 zones géographiques (1 université et 1 école par zone) pour lesquels l'analyse serait menée de manière plus approfondie, de manière à couvrir l'ensemble du territoire français. Les

établissements que nous avons choisis sont les suivants : pour le sud-ouest, l'université de Toulouse III et l'Ecole nationale supérieure de chimie et de physique de Bordeaux ; pour le sud-est, l'université de Montpellier II et l'Ecole nationale supérieure de synthèses, de procédés et d'ingénierie chimique d'Aix-Marseille ; pour Rhône-Alpes, l'université de Grenoble I et l'Ecole supérieure de chimie, physique, électronique de Lyon ; pour le centre, l'université de Poitiers et l'Ecole nationale supérieure de chimie de Clermont-Ferrand ; pour l'est, l'université de Strasbourg I et l'Ecole nationale supérieure des industries chimiques de Nancy ; pour le nord, l'université de Reims et l'Ecole nationale supérieure de chimie de Lille ; pour l'ouest, l'université de Nantes et l'Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes ; pour la région Paris - Ile-de-France, l'université Paris XI et l'Ecole nationale supérieure de chimie de Paris.

Pôle	Académies	Universités ayant une formation de chimie	Ecoles de la Fédération Gay-Lussac
<b>SUD-OUEST</b>	BORDEAUX TOULOUSE	BORDEAUX I BORDEAUX II PAU <b>TOULOUSE III</b>	<b>ENSCP BORDEAUX</b> ENSC TOULOUSE ENSIGC TOULOUSE
<b>SUD-EST</b>	AIX-MARSEILLE CORSE MONTPELLIER NICE	AIX-MARSEILLE I AIX-MARSEILLE II AIX-MARSEILLE III AVIGNON <b>MONTPELLIER II</b> NICE PERPIGNAN TOULON	<b>ENSSPICA MARSEILLE</b> ENSC MONTPELLIER
<b>RHONE-ALPES</b>	GRENOBLE LYON	<b>GRENOBLE I</b> LYON I	<b>CPE (ESCIL+ICPI) LYON</b> ITECH LYON
<b>CENTRE</b>	CLERMONT-FERRAND LIMOGES ORLEANS-TOURS POITIERS	CLERMONT-FERRAND II LIMOGES ORLEANS <b>POITIERS</b> TOURS	<b>ENSC CLERMONT-FERRAND</b>
<b>EST</b>	BESANCON DIJON NANCY-METZ STRASBOURG	BESANCON DIJON NANCY I METZ MULHOUSE <b>STRASBOURG I</b>	ENSC MULHOUSE <b>ENSIC NANCY</b> EHICS STRASBOURG
<b>NORD</b>	AMIENS LILLE REIMS	AMIENS DUNKERQUE LILLE I <b>REIMS</b> UTC COMPIEGNE	<b>ENSC LILLE</b>
<b>OUEST</b>	CAEN NANTES RENNES ROUEN	BREST CAEN LE HAVRE LE MANS NANTES RENNES I ROUEN	<b>ENSC RENNES</b> INSA CFI ROUEN
<b>PARIS ILE-DE-FRANCE</b>	CRETEIL PARIS VERSAILLES	CERGY-PONTOISE PARIS V PARIS VI PARIS VII <b>PARIS XI</b> PARIS XII PARIS XIII VERSAILLES - SAINT-QUENTIN	<b>ENSC PARIS</b> ESCOM CERGY-PONTOISE ESPCI PARIS

Les établissements qui apparaissent en gras sont ceux qui ont été choisis par le Comité

Ces choix répondent à une volonté délibérée de prendre en compte des établissements de nature et de taille différentes. Lorsque l'établissement a été évalué récemment par le Comité, l'analyse s'appuie sur le rapport publié. Pour les autres établissements, un expert a été désigné pour une visite sur le site dont les conclusions sont consignées dans un rapport confidentiel.

Ainsi, fin mai 1995, l'ensemble des éléments nécessaires à l'évaluation étaient disponibles.

### **3 - Troisième phase : l'évaluation par les experts étrangers**

Le Comité s'est associé le concours de trois experts étrangers :

- Norbert Bikales, ancien professeur à Rutgers university (New Jersey), responsable de "la division of material science" à la National Science Foundation (USA) et actuellement représentant pour l'Europe de la NSF ;
- Eduard De Ryck Van Der Gracht, professeur de chimie industrielle et secrétaire général de la Société chimique royale des Pays-Bas ;
- Heindirk tom Dieck, professeur à l'université de Hambourg ("détaché permanent") et actuellement secrétaire général de la Gesellschaft Deutscher Chemiker (Société allemande de chimie). H. tom Dieck est membre depuis plusieurs années du groupe GETH (Grandes écoles, Technische Hochschulen) dont le travail concerne les domaines de l'enseignement des sciences pour l'ingénieur et des sciences pures, de l'équivalence des études et des diplômes, de l'échange des étudiants. Il a aussi travaillé dans deux laboratoires propres du CNRS (Lyon, Toulouse), au sein de plusieurs URA et participé à l'enseignement de la chimie comme professeur invité en France.

Ces experts ont d'abord pris connaissance des documents préparés pendant les deux premières phases de l'évaluation. Ils ont ensuite participé à une réunion avec les experts français et les membres du Comité pour être informés des principales spécificités de fonctionnement des universités et des écoles et pour mieux définir l'objectif de leur mission. A l'issue de cette réunion, il a été convenu que des missions d'expertise seraient organisées à leur intention au mois de septembre 1995 sur plusieurs sites : l'université de Montpellier II, l'université de Reims et l'Ecole nationale supérieure de chimie de Lille.

Au cours de ces missions, d'une durée moyenne de vingt-quatre heures, ils ont rencontré des enseignants chercheurs, des chercheurs, des étudiants. A l'issue de ces visites, ils ont établi, après concertation, des conclusions communes qu'ils ont transmises au Comité. Puis chacun d'entre eux a rédigé un rapport confidentiel qu'il a adressé au Comité.

A partir des informations fournies par les universités et par les écoles, des rapports d'expertise sur les établissements choisis, des rapports des experts étrangers et, pour la partie concernant le devenir des diplômés, des enquêtes menées par l'UIC et la Fédération Gay-Lussac ainsi que celles conduites par le service des études du Comité, un projet de rapport a été préparé pour être présenté au Comité lors de sa réunion du 21 décembre 1995.



## **II - Historique**

La chimie est l'art de l'utilisation et de la transformation de la matière. C'est une science expérimentale qui s'appuie sur des observations et des expériences concernant la matière et ses transformations. En tant que science, elle structure par des théories nos connaissances de la matière et oriente des recherches vers des découvertes nouvelles.

On peut dire qu'elle naît avec l'homme lui-même et se manifeste au cours des diverses étapes où il lutte pour une maîtrise et une appropriation de la nature qui l'entoure.

On trouve ainsi la chimie présente dès la Préhistoire, puis dans les époques de l'Antiquité ou du début du I<sup>er</sup> millénaire (gréco-romaine, égyptienne, asiatique - Chine, Inde - et arabe) où elle connaît sa période la plus florissante sous le nom d'alchimie. C'est avec les alchimistes que l'Europe, à travers les échanges avec les savants arabes, va prendre un relais significatif que l'on peut situer entre le XII<sup>ème</sup> et le XVI<sup>ème</sup> siècle. Elle va joindre à l'expérimentation, la réflexion et la théorie qui vont conduire à la chimie du XVIII<sup>ème</sup> siècle, qualitative et quantitative. Celle-ci va engendrer, en même temps que de nombreuses applications industrielles, les premiers débuts de la chimie moderne qui va occuper tout le XIX<sup>ème</sup> siècle et conduire aux sciences chimiques du XX<sup>ème</sup> siècle.

Les grandes étapes de la chimie de la Préhistoire concernent probablement, en tout premier lieu, celle des colorants présents dans les peintures suggestives (grottes de Lascaux ou d'Altamira). 35 000 ans avant J.C. l'usage de la couleur intervient dans l'habitat, l'art mobilier et la parure. C'est tout un art qui se manifeste déjà dans le choix des colorants (oxydes de fer, de manganèse), des charges (carbonate de chaux, silice), du broyage et du mélange de ces derniers et du support (huiles).

Dès la possession du fer on voit naître, 4 000 ans avant J.C., la métallurgie, métallurgie du cuivre pratiquée par réduction des minerais de cuivre avec le bois associés à des fondants.

Un peu plus tard, l'Age du bronze, 1 000 ans avant J.C. correspond à la maîtrise des alliages, à l'élaboration du bronze à partir des métaux initiaux : cuivre, étain, plomb, et ceci par une technique déjà avancée alliant le four et le creuset.

Ensuite va suivre l'Age du fer où le métal est préparé par réduction des oxydes de fer par le charbon de bois. En même temps, il se pratique la réalisation d'émaux à base d'oxyde de cuivre, d'étain, de cobalt, de sels d'antimoine, ainsi que la fabrication du verre et des colorants à partir de murex, garance, cinabre.

C'est donc bien au fil des siècles une chimie de l'art des préparations et des transformations où se greffe très vite une réflexion conduisant à des écrits : dès 350 ans avant J.C. la rédaction du manuscrit de Thèbes contient une série de renseignements sur l'art d'imiter l'or et de contrefaire les pierres précieuses.

On relève déjà à cette période l'expression de doctrines chimiques conçues dans l'époque gréco-romaine et égyptienne. Dans cette partie d'histoire de la chimie, il y a dissociation quasi totale entre le travail quotidien de l'artisan et les préoccupations intellectuelles des philosophes grecs. Ces derniers vont élaborer des théories qui sont à l'origine des conceptions scientifiques contemporaines.

La théorie des éléments de Thalès (625 ans avant J.C.) : l'eau, l'air, le feu et la terre. "Rien ne vient de rien, tout vient de et retourne à l'eau". Cette théorie des éléments présentera ses formes les plus élaborées dans les oeuvres de Platon et Aristote. Aristote envisage un univers plus tangible que celui de Platon. Il va être un des premiers à se livrer à de nombreuses observations et à fonder sa

théorie sur des résultats expérimentaux. Il propose ainsi un modèle physicochimique faisant ressortir les interactions entre chaque élément par l'intermédiaire des propriétés qui le caractérise.

La théorie atomique : Leucippe (né 480 ans avant J.C.) est le premier à définir la notion d'atomisme. Démocrite vient renforcer ce point de vue : "Rien ne naît de rien", c'est grâce aux atomes que des corps naissent ou se décomposent.

C'est la théorie des éléments qui s'affirme, Aristote s'appuyant sur l'existence d'un être suprême dont dépendrait la variation des mouvements, la transformation des éléments, la combinaison des propriétés fondamentales de la nature.

Il n'apparaît pas d'autres doctrines après la doctrine d'Aristote.

De leur côté les Romains, malgré leur civilisation avancée pour l'époque, contribuent peu à l'enrichissement et à l'évolution des doctrines émises par les philosophes grecs. Ce n'est que vers la fin du III<sup>ème</sup> siècle avant J.C. que les philosophes romains s'intéressent aux doctrines grecques.

C'est en fait d'Alexandrie (N.O. de l'Egypte) que les sciences chimiques vont connaître l'essor que l'on pouvait attendre. C'est en effet Ptolémée Ier (né 360 ans avant J.C.), fondateur en Egypte de la dynastie grecque des Lagides, qui favorisera par son soutien l'évolution des sciences. De Ptolémée Ier à Ptolémée XV on va assister à une synthèse entre les cultures grecque et égyptienne et voir naître ce qu'il est convenu d'appeler l'alchimie.

L'ambition des alchimistes est de trouver la pierre philosophale, substance qui devrait posséder des propriétés merveilleuses, et notamment celles de transmuter les métaux en or et de préparer l'élixir de santé et de longue vie.

"Art sacré", "art noir" tenant plus de la magie ou de la sorcellerie que de la science exacte, l'alchimie est une science occulte qui associe aux spéculations mystiques une (ou des) technique(s) de transformation de la matière.

Les alchimistes mettront ainsi en oeuvre de nombreux procédés les uns relevant de la métallurgie (fusion, alliages), les autres de la purification (distillation, sublimation, calcination, dissolution, filtration, cristallisation). Des enseignements et des écrits vont en résulter : en 220 après J.C., Zosime enseigne l'alchimie à Alexandrie.

De nombreuses rédactions et de vastes compilations sur les travaux des alchimistes (attribués à Symesius, Zosime, Démocrite) sont réalisées par les Byzantins ; en 708 est publié l'ouvrage *Le livre de Cratès* sur des recherches alchimiques de Kalid ben Yezide ; en 950 l'arabe Al Nadim publiera un ouvrage célèbre *Kital al Fihrist* dont la réputation s'étendra jusqu'en Europe occidentale.

C'est surtout dans le monde arabe que les travaux les plus intéressants ont vu le jour grâce à quelques alchimistes brillants pratiquant par ailleurs la médecine, la pharmacie, la philosophie, les mathématiques et l'astronomie. Ce furent eux qui donnèrent une nouvelle dimension à l'alchimie en la sortant de l'image de magie et de sorcellerie dans laquelle on l'avait confinée.

Parmi tous les alchimistes arabes, Jaber Ibn Hayyan fut le plus grand, le maître des maîtres. Sous son nom fut constitué un immense corpus appelé "*Corpus Jabirien*" qui comprenait plus de 3 000 titres traitant l'alchimie et décrivant, à côté d'un certain nombre d'axiomes chimiques et de préparations, un ensemble impressionnant de techniques et d'appareillages. De nombreux autres ouvrages seront écrits par d'autres célèbres alchimistes arabes.

Tout cela explique la multitude de termes techniques arabes appartenant au vocabulaire des chimistes du monde entier : "alambic, alcali... antimoine... borax, drogue, élixir, soude... ainsi que toute une série de préparations de sels et d'acides déjà réalisés : sels d'ammonium, huile de vitriol, acide sulfurique, nitrique, nitrate d'argent, oxydes de plomb, sulfures..."

C'est à partir de cette avancée de l'alchimie arabe que la chimie va se développer en Europe (France, Allemagne, Angleterre), en particulier grâce à de fréquentes relations avec des savants arabes installés surtout en Espagne. L'alchimie en occident va alors connaître un développement intense entre le XII<sup>ème</sup> et le XVI<sup>ème</sup> siècle. C'est elle qui permettra d'accéder ensuite à la véritable chimie du XVIII<sup>ème</sup> siècle, celle qui, grâce à la connaissance des propriétés des atomes, de leurs liaisons au sein des molécules et des interactions des molécules entre elles, engendrera des découvertes importantes, des colorants ou peintures aux médicaments, en passant par les fibres textiles et les divers matériaux.

Ainsi, les universités qui se créent ont leurs alchimistes qui cherchent, écrivent et enseignent. Parmi les grands noms de l'alchimie occidentale on citera : Albert-le-Grand, théologien, philosophe et alchimiste, qui enseigne en Allemagne puis se déplace à Paris où il séjourne trois ans (1245-1248) ; Roger Bacon, philosophe et alchimiste anglais, qui étudie à Oxford puis à Paris (1236-1251) et annonce le premier que "l'air était l'aliment du feu", introduisant ainsi les premiers principes de la combustion - il doit aussi sa célébrité à l'invention ou plutôt la réinvention de la poudre à canon ; Saint Thomas d'Aquin, théologien italien et alchimiste, qui étudie et enseigne à Naples ; Arnaud de Villeneuve (1240-1314), médecin catalan et alchimiste, qui exerce successivement à Montpellier et à Paris.

Paracelse, nommé professeur en 1527 à l'université de Bâle, où il occupe la première chaire de chimie qui ait jamais été fondée, peut être considéré comme amenant la transition entre l'alchimie et la chimie. Il montre que des résultats scientifiques ne peuvent être obtenus qu'après un travail de laboratoire et qu'ils doivent être fondés sur un raisonnement et une approche logique.

Bernard Palissy (1510 Agen-1589 Paris), écrivain, céramiste, chimiste, fut d'abord géomètre et peintre verrier. Il élabore des techniques de préparation des céramiques et met au point la préparation de la faïence, d'émaux en étain de plomb. Nommé "premier professeur de chimie de France", il emporte avec lui tous ses secrets.

Ainsi, entre le XII<sup>ème</sup> et le XVI<sup>ème</sup> siècle, des alchimistes apportent un nombre important de documents et de contributions à l'amélioration des techniques et appareillages.

On arrive peu à peu à la chimie expérimentale conçue à partir de résultats de laboratoire et acceptée seulement si elle est fondée sur un minimum de raisonnement scientifique. Cette évolution va de pair avec le renouveau artistique, littéraire et scientifique du XVI<sup>ème</sup> en occident et avec la présence de génies comme Léonard de Vinci, Raphaël, Michel-Ange.

Le XVII<sup>ème</sup> siècle, de ce fait, tout en conservant encore au moins au début une croyance aux recherches et théories de l'alchimie (pierre philosophale, théorie des quatre éléments) est le siècle de la naissance de nombreuses académies des sciences (Italie, Angleterre, Allemagne, France...).

En 1648 au Jardin Royal (Paris), on officialise l'enseignement de la chimie et c'est le chimiste écossais W. Davisson qui donne la leçon inaugurale. On assiste peu à peu à la naissance de la recherche scientifique : découvertes, principes, lois vont s'enchaîner et conduire à des publications régulières.

Vers 1644, Jean-Baptiste Van Helmont, médecin et alchimiste belge, s'intéresse à la chimie des gaz. Il découvre le gaz carbonique et montre que le feu n'est pas un élément.

Jean Rey, médecin et chimiste français, en notant l'augmentation de poids lors de la calcination des éléments étain et plomb, dicte déjà, avant Lavoisier, le principe de conservation de la matière. Robert Boyle, physicien chimiste anglo-irlandais, énonce dès 1662 la loi sur la compressibilité des gaz que le physicien français Mariotte découvre également. Il remet en cause la théorie des quatre éléments d'Aristote et fait apparaître une nouvelle conception des éléments chimiques. Il isole l'hydrogène, prépare l'acétone et montre que l'air est un élément fondamental de la combustion et de la respiration, d'où la proposition pour l'air d'un mélange, ce que va établir également John Mayow, chimiste et physiologiste anglais élève de Boyle.

En 1675 Nicolas Lémery, pharmacien français qui enseigne la pharmacie et la chimie à Paris, publie un gros ouvrage de chimie, *"le Cours de chimie"* portant sur de nombreuses techniques analytiques, opérations et préparations.

Une liste assez longue d'autres chimistes de cette période peut être établie, qui montrera qu'au cours de ce XVII<sup>ème</sup> siècle la chimie connaît une nette évolution avec de nouvelles techniques, de nouveaux procédés permettant de découvrir des gaz et leur loi de compressibilité, de mettre en évidence le phosphore, d'étudier les solutions acides ainsi que les solutions salines, d'émettre une classification des métaux, de découvrir l'acétone, le sulfure de mercure, l'ammoniac. Au *Cours de chimie* de Lémery de nombreux autres ouvrages vont s'ajouter, dont celui de chimie théorique et pratique de Lefèvre, chimiste français.

Même si on estime que la chimie n'est pas encore une science exacte au sens où on l'entend actuellement, elle a déjà un degré de maturité qui laisse penser que le siècle suivant va être celui des grandes découvertes.

De fait, le XVIII<sup>ème</sup> siècle va être dominé non seulement par des penseurs de génie comme Voltaire, Rousseau, Montesquieu, mais aussi par des savants comme Lavoisier, Stahl, Rutherford, Cavendish, Newton, Watt, Volta...qui vont donner aux sciences physiques une nouvelle dimension. Au cours de ce siècle, la chimie devient quantitative et qualitative.

En 1718, Geoffroy L'Aîné, médecin et chimiste français élu à l'Académie des sciences en 1699, propose sa théorie prophétique de l'affinité chimique alors que Georges Sthal, médecin et chimiste allemand, développe relativement à la combustion et à la réduction des composés sa théorie du phlogistique. Cette théorie va connaître un certain succès pour être ensuite effacée par les découvertes de Lavoisier.

Plusieurs chimistes européens vont augmenter les connaissances sur les acides, les bases, les sels et surtout sur la chimie des gaz où s'illustrent Cavendish qui identifie l'hydrogène et fait la première analyse précise de l'air, Scheele qui isole l'hydrogène, analyse de l'air constitué de deux gaz, et met en évidence le chlore..., Priestley qui montre que l'air contient un gaz qui active la combustion et qui est contenu dans les oxydes (oxygène), et qui isole plusieurs gaz (gaz chlorhydrique, ammoniac...).

C'est avec Antoine Lavoisier, chimiste français (1743-1794), entré à 25 ans à l'Académie des sciences, que va naître véritablement la chimie expérimentale et théorique. Il analyse l'air et ruine la théorie du phlogistique. Il démontre le principe de la conservation de la matière. Pasteur écrira : "la méthode de Lavoisier a permis à tout esprit juste de faire des découvertes en chimie. Le trait le plus caractéristique de l'oeuvre de Lavoisier est d'avoir introduit dans la chimie l'esprit de la physique". Il réussit avec d'autres collaborateurs la décomposition de l'eau puis sa synthèse à partir de l'hydrogène. Il propose avec d'autres chimistes français (Guyton de Morveau, Fourcroy, Berthollet) une nomenclature chimique en 1787 et publie un traité élémentaire de chimie.

D'autres noms vont marquer cette chimie du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Nous citerons ici ceux qui, par leurs découvertes, influèrent le plus sur le développement d'une véritable chimie industrielle. C'est ainsi que René-Antoine Ferchault de Réaumur, physicien, chimiste et naturaliste français, montre la possibilité de transformer la fonte en acier par addition de fer métallique ou oxydes. En 1722 il publie *l'Art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu* ; Claude-Louis Berthollet, chimiste français, entre à l'Académie des sciences en 1780. Il s'intéresse aux propriétés oxydantes des hypochlorites qu'il utilise pour le blanchiment des toiles et fils. Ses travaux sur les chlorates le conduisent à les utiliser comme explosifs. Il réalise en 1804 une préparation industrielle du carbonate de sodium tout en publiant en 1803 *l'Essai de statique chimique et recherches sur les lois d'affinité* ; Andreas Sigismund Marggraf, chimiste allemand, entré à l'Académie des sciences en 1738, contribue au développement de la chimie analytique. Il découvre le moyen d'extraire le sucre de la betterave, ce qui conduira à la construction, près de Berlin, de la première raffinerie ; Nicolas Leblanc, chimiste français, met au point un procédé de préparation industrielle du carbonate de sodium à partir d'une réaction entre chlorure de sodium et acide sulfurique qui va donner un grand essor à l'industrie du verre, des textiles et du savon.

Le XVIIIème siècle a donc vu la découverte de métaux, de nouveaux composés minéraux, organiques et la proposition d'une théorie des gaz. Des techniques de fabrication ont permis des applications industrielles.

De nouvelles théories sont proposées selon les bases d'une chimie moderne qui va être celle du XIXème siècle.

En 1808, Dalton, chimiste et physicien anglais, membre de la Société Royale de Londres, publie un ouvrage révolutionnaire, *Nouveau système de philosophie chimique*, où il codifie la découverte de Proust et sa loi des proportions définies. Il propose d'expliquer par l'atomisme de Démocrite les phénomènes de la chimie et peut être considéré comme le véritable créateur de la théorie atomique. Notons cependant qu'il dénommait atome aussi bien la particule fondamentale que la combinaison de plusieurs d'entre elles qui prendra en fait le nom de molécule. Par cette théorie atomique il contribue magistralement au développement de la chimie moderne.

De grands noms vont alors s'illustrer, non seulement dans la découverte de corps et composés nouveaux, mais également dans une avancée spectaculaire des théories.

Citons en particulier les lois de Gay-Lussac sur la combinaison des gaz, formulées en 1811 ; l'hypothèse d'Avogadro (enseignant de physique au Collège royal de Vercell, à l'université de Turin) selon laquelle il y a toujours le même nombre de molécules dans des volumes égaux de gaz différents à la même température et à la même pression. Il en résulte la possibilité de trouver la masse absolue d'une particule de chaque corps et les dimensions des atomes (et molécules) isolés.

La même hypothèse est formulée par André-Marie Ampère, physicien français, dans une lettre adressée à Berthollet en 1814.

Cette période est celle où Chevreul, chimiste français, membre de l'Académie des sciences, publie son ouvrage *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*.

On va alors assister grâce aux travaux de Berzélius, chimiste suédois, professeur de pharmacie à Stockholm, membre de l'Académie des sciences en 1808, à un découpage de la chimie en chimie minérale et chimie organique, à la proposition de symboles des éléments dans une table de 42 éléments, à l'introduction en chimie organique des notions d'isomérisie, de polymère et d'allotropie, au développement d'une théorie électrochimique dans laquelle toute combinaison est formée d'une partie positive et d'une partie négative, à la présentation de travaux sur les phénomènes catalytiques.

Les considérations électrochimiques trouveront leur développement et confirmation dans les remarquables travaux de Michael Faraday, chimiste et physicien anglais, qui établit les lois de l'électrolyse et lance l'électrochimie. L'essor de la chimie organique va être induit par Mitscherlich qui introduit la notion d'isomorphisme dans les cristaux tout en préparant le benzène et en découvrant les réactions de nitration et de sulfonation. Justus Liebig, chimiste allemand, se distingue, dès 1830, en chimie organique par sa méthode de dosage du carbone et de l'hydrogène dans les composés organiques et sa théorie du cycle du carbone et de l'azote.

Son élève Kekule s'illustre en développant la théorie de la tétravalence du carbone et la formulation développée des substances organiques. C'est lui qui propose la structure hexagonale du benzène. Friedrich Wöhler, chimiste allemand assistant de Berzélius, entre autres découvertes dont celle de l'aluminium, synthétise l'urée par double décomposition entre le chlorure d'aluminium et l'isocyanate de sodium : c'est la première synthèse organique. Charles-Adolphe Wurtz, chimiste français, professeur de chimie, membre de l'Académie des sciences, ouvre une période où les avancées vont être importantes : il introduit le terme de "valence", suggérant l'idée de liaisons entre les atomes et développe une méthode de synthèse grâce à l'emploi de sodium. En 1868 il publie un dictionnaire de chimie pure et appliquée, puis la théorie atomique et un traité de chimie biologique.

Charles Friedel, chimiste français, élève de Wurtz, obtient en 1884 la chaire de chimie organique à la Faculté des sciences de Paris. Il est membre de l'Académie des sciences en 1878 et fonde ensuite l'Institut de chimie de Paris. Défenseur de la théorie atomique, il se distingue en

chimie organique en réalisant l'une des plus belles synthèses où il greffe des chaînes latérales au noyau benzénique en utilisant comme catalyseur le chlorure d'aluminium. C'est la célèbre réaction de synthèse organique connue sous le nom de réaction de Friedel-Crafts. James Mason Crafts, chimiste américain, travaille au laboratoire de Wurtz : ami et collaborateur de Friedel, il sera professeur de chimie à Cornell en 1868 puis, en 1898, devient président du Massachusetts Institute of Technology. D'autres noms vont encore s'illustrer dans ces avancées considérables d'une science chimique intense. Edmond Frémy, chimiste français, professeur à l'Ecole polytechnique et au Museum d'histoire naturelle, publie en 1854 un *Traité de chimie générale*, une *Chimie élémentaire*, un *Abrégé de chimie* et collabore, en 1882, à l'*Encyclopédie chimique*.

Gustav Robert Kirchhoff, physicien allemand titulaire de la chaire de physique à l'université de Berlin en 1875, invente le spectroscope. Avec Robert Wilhelm Bunsen, physicien et chimiste allemand, professeur de chimie à l'Institut polytechnique de Kassel, il montre que les raies du spectre de la lumière dispersée par un prisme, caractéristiques des éléments chimiques, permettent leur identification : c'est ainsi que le césium et le rubidium ont pu être identifiés à partir des raies, respectivement bleue et rouge, de leur spectre.

Les nombreuses lois et théories établies dans la première partie du XIX<sup>ème</sup> siècle vont contribuer à un essor considérable de la chimie dont le vaste champ d'étude va désormais être subdivisé en sous-disciplines : la chimie minérale pour l'exploration de la matière plus minérale, la chimie organique pour la matière plus organique, la chimie analytique pour celle où intervient l'analyse, la chimie physique, la chimie structurale.

Parallèlement, on assiste au véritable départ de l'industrie chimique avec la mise au point de procédés destinés à l'exploitation des mines, à la réalisation de produits de base et de produits plus élaborés relatifs à l'agriculture, aux besoins pharmaceutiques, à l'industrie alimentaire et plus généralement à l'économie de la société.

C'est à cette époque que la présentation, dans des tables périodiques, des éléments découverts et identifiés va apparaître.

En 1817, le chimiste allemand J.W. Doebereiner présente une classification qui groupe les éléments en triades. Jean-Baptiste Dumas, en 1830, jette les fondements d'une classification en regroupant les éléments par famille (halogènes : chlore, fluor, iode). Chancourtois, chimiste français, imagine une classification sous forme vis tellurique où les éléments sont disposés par ordre croissant de leurs poids atomiques. Julien Lothar, chimiste allemand, établit une relation entre poids atomiques et propriétés physiques. Enfin, on arrive, en 1869, à la classification de Mendeleïev, chimiste russe, qui deviendra une classification universelle que la découverte d'éléments encore inconnus à cette époque viendra confirmer.

En cette fin du XIX<sup>ème</sup> siècle on peut donc analyser une série de progrès pratiques et théoriques en raisonnant par sous-discipline.

C'est ainsi qu'en chimie organique les travaux de savants comme Kekule (1829-1896), A. Couper (1832-1892), A. Boutlerov (1828-1886) contribuent activement au développement de la chimie structurale et à la compréhension des mécanismes réactionnels. Le cycle de Kekule donnant la molécule de benzène de symétrie plane et hexagonale avec l'existence de trois doubles liaisons sera retenu comme un modèle fructueux. L'analyse élémentaire des composés organiques : carbone, azote, oxygène, hydrogène où s'illustrent entre autres Liebig et Dumas, va jouer un rôle considérable pour la formulation de composés et l'établissement des bilans réactionnels.

La stéréochimie, c'est-à-dire l'étude de l'arrangement dans l'espace des atomes constitutifs d'une molécule, va connaître un avenir aux répercussions considérables. H. Van't Hoff (1852-1911) propose le carbone tétraédrique introduisant la notion de carbone asymétrique. Pasteur, en 1848, définit la dissymétrie moléculaire. Les radicaux deviennent une pièce essentielle en chimie organique lors de l'élaboration des réactions. La théorie des substitutions et des types est énoncée par Dumas, Laurent, Gerhardt.

Sur ces bases de travail des chercheurs vont synthétiser un grand nombre de composés organiques touchant la chimie des colorants, des produits pharmaceutiques, des hétérocycles, des protéines et conduisant à de nombreuses applications industrielles. Ces développements de la chimie font ressortir très vite l'importance de deux méthodes : l'analyse et la synthèse.

L'analyse chimique va, de ce fait, s'intensifier et apporter aux savants la possibilité d'étudier les substances, leurs propriétés et leurs transformations. Cette chimie analytique, qualitative et quantitative, va faire appel à des principes de dosage volumétrique, gravimétrique, calorimétrique tout en mettant en jeu des méthodes de séparation de phases : extraction, précipitation, lavage... Elle va conduire à la mise en place d'un certain nombre d'appareils nouveaux et à la réalisation de nombreux réactifs indicateurs, généralement par les couleurs, des divers stades dans les réactions d'analyse.

Comme on l'a déjà mentionné, aussi bien à travers les recherches que par la nature de la formation des savants qui font avancer la science et plus particulièrement la chimie, on voit que les deux branches que constituent la physique et la chimie ont de nombreux points communs. La chimie et la physique dans l'étude des constituants de la matière s'imbriquent étroitement, en particulier dès que les propriétés des composés doivent être expliquées. On peut dire que ce fait conduit à la naissance de la chimie physique qui va s'intéresser à la structure des atomes, à la vitesse des réactions chimiques, aux conditions thermodynamiques qui régissent les transformations, à la structure des molécules.

Déjà au XVIIIème siècle l'étude des gaz, des mélanges de gaz ou des phénomènes de compressibilité, avait montré une complémentarité entre physicien et chimiste. Cette complémentarité se retrouve dans les développements qui vont être conduits dans des phénomènes d'échange de chaleur et de travail (étude des divers principes de la thermodynamique, thermochimie), dans les questions d'affinité et d'équilibre, dans les développements de l'électrochimie. Les noms de Mayer (1842), Joule (1843), Van Helmholtz (1847), Le Chatelier (1884), Carnot (1824), Gibbs, Faraday, Arrhenius, Fick, Boltzmann s'attachent à de nombreuses lois et théories apparues durant cette période.

C'est aussi dans cette dernière partie du XIXème siècle que se situent les premiers développements de la radioactivité qui touchent aux phénomènes du noyau de l'atome et qui vont là aussi mettre en jeu l'imbrication étroite de la physique et de la chimie et avoir des répercussions, non seulement sur la compréhension de la matière, mais également sur des méthodes physiques permettant de mieux l'étudier (RX en particulier) et sur des applications que le XXème siècle va développer. Nous citerons le physicien allemand Wilhelm Röntgen (1846-1923) qui découvre les rayons X, Henri Poincaré (1854-1912), Henri Becquerel (1852-1908) qui découvre la radioactivité et les Curie, Marie et Pierre, qui isolent le "radium". Tous trois se voient décerner le Prix Nobel en 1903. En 1906, Henri Moissan obtient le premier Prix Nobel de chimie français pour la mise au point de son four électrique à arc industriel et l'obtention du fluor.

Le XIXème siècle a donc été fondamental pour la chimie. Les théories énoncées, les lois introduites, les nouveaux mécanismes de réaction, les synthèses organiques, la classification des éléments, les débuts de la radioactivité ont totalement transformé les données de la chimie.

Celle-ci est devenue une véritable science, très expérimentale mais rationnelle, avec ses théories et ses lois. S'intéressant aussi bien à l'inerte qu'au vivant, elle va, durant ce XXème siècle, à partir des acquis précédents, non seulement faire progresser des disciplines traditionnelles comme la chimie minérale, la chimie organique, la chimie physique, la chimie analytique et structurale mais aussi permettre le développement de certaines disciplines qui avaient connu de légers départs : la biochimie, la chimie macromoléculaire, la génétique, la radiochimie. Pour toutes ces disciplines, l'unité est assurée par la connaissance de la structure des atomes, les modes de liaison par l'intermédiaire des électrons, la structure des divers arrangements obtenus, la réactivité de ces ensembles et la relation structure-propriétés.

Parallèlement à toutes ces avancées, l'industrie connaît des développements considérables dans toutes les directions qu'ouvrent ces diverses disciplines de la chimie. La grande industrie qui rassemble les industries du chlorure de sodium, de potassium, des acides nitrique, sulfurique, chlorhydrique, de la soude, de la potasse, de l'ammoniac, des superphosphates est l'objet de gros investissements.

En métallurgie, fer, aciers spéciaux vont être préparés en gros tonnage par des méthodes de plus en plus raffinées. Il en est de même pour les autres métallurgies : cuivre, aluminium, métaux précieux, métaux rares.

La chimie organique verra ses domaines de synthèse s'enrichir de manière spectaculaire dans le cas des réactions de transpositions moléculaires, des réactions d'oxydation et de réduction, de réduction des noyaux aromatiques, des réactions sur les carbures aromatiques conduisant à la production de produits utilisables dans divers domaines : chimie des médicaments, des colorants, des matières plastiques. Dans ce dernier cas naît une véritable chimie des polymères qui va prendre une importance considérable.

Issue de la chimie organique, cette chimie macromoléculaire devient une branche à part entière de la chimie, dans la mesure où elle déborde sur la chimie minérale, la biochimie, la chimie physique. Elle apporte, par ses concepts et ses méthodes expérimentales, une nouvelle vision de certaines théories et de nouveaux enrichissements. Elle distingue les composés macromoléculaires naturels et les composés synthétiques. Nous citerons : caoutchouc, cellulose et dérivés, amidon, protéines et éthylènes, polytétrafluoroéthylènes, esters polymétacryliques, polyesters aromatiques, polyamides, tous entraînant des applications qui en font une variété de matériaux envahissant à bon escient les diverses technologies.

Ainsi la chimie est devenue au cours de ce XX<sup>ème</sup> siècle une science à part entière qui s'implique de manière profonde, par ses théories et ses découvertes, dans l'ensemble du monde scientifique et économique. Le développement des sociétés dans leurs progrès culturel et matériel en est étroitement dépendant.

De ce fait la recherche qui la caractérise, l'enseignement de la discipline, le passage aux applications ont très vite constitué et constituent au plus haut degré un problème complexe et d'importance capitale.

Très tôt ce sont le développement des arts dans les ateliers et les manufactures qui ont constitué les lieux de la découverte du savoir : savoir faire d'abord, comprendre ensuite. Très vite ensuite les universités ont constitué les lieux des principaux progrès de la recherche, des réflexions, de la publication d'ouvrages et d'écrits ainsi que ceux de l'enseignement. Ces lieux de la recherche et de l'enseignement vont commencer, dès le début du XIX<sup>ème</sup> siècle, à s'identifier en France. Ainsi, en 1819 au Conservatoire national des Arts et métiers, trois chaires, dont celle de chimie appliquée aux arts de Clément-Desormes, savant et industriel, sont créées, puis six nouvelles chaires en 1839, dont celle de chimie appliquée à l'industrie d'Anselme Payen. En 1822, la première Ecole de chimie industrielle municipale est créée à Mulhouse. En 1829, c'est l'Ecole centrale des Arts et manufactures et en 1830, l'Ecole pratique de pharmacie à Paris. Plus tard, sous le second Empire, en 1864, l'Ecole pratique du laboratoire est mise en place au Muséum d'histoire naturelle.

En 1876, la Faculté des sciences de Lyon crée une chaire de chimie industrielle et agricole qui sera le point de départ de l'Institut de chimie industrielle de Lyon, créé en 1883.

En 1878, à l'occasion de l'Exposition universelle, le diplôme d'ingénieur chimiste est mentionné pour la première fois par Charles Lauth, chimiste manufacturier, membre du Conseil municipal de Paris. On verra alors se créer, en 1882, l'Ecole de physique et chimie de la Ville de Paris et de nombreux instituts de chimie des facultés des sciences : Bordeaux (1891), Lille (1894), Paris (1896), Toulouse (1906), Grenoble (1907), Montpellier (1908), Clermont (1911), Caen (1914), Rennes (1917), Rouen (1918), Strasbourg (1919), Besançon (1920).



Ces instituts de chimie des facultés (ou des universités) délivrèrent ainsi des diplômes d'ingénieur chimiste de la faculté (ou de l'université), et ceci jusqu'à leur transformation en Ecoles nationales supérieures de chimie en 1947.

Universités et écoles constituent, depuis cette époque, les centres où s'élabore la recherche et où est assurée la formation des chimistes par des voies parallèles qui se rejoignent en fin de cursus, au niveau des Diplômes d'études approfondies (DEA) et de la préparation de thèses de doctorat.

La chimie en France est d'une importance économique considérable puisqu'elle vient, en budget dépensé pour le développement et la recherche, à la 2ème place derrière l'électronique avec 22 milliards de francs (d'après les statistiques de début 1995). Elle se distribue aujourd'hui sur trois grands secteurs :

- la chimie de base : chimie lourde, minérale, organique ; chimie fine : produits plus élaborés, plus complexes ;
- la parachimie : produits fabriqués à partir de la chimie de base, vers la consommation, les autres industries ;
- la pharmacie : médicaments, aussi bien pour les hommes que pour les animaux.

En France, avec 400 000 produits offerts, 1 500 entreprises, 255 000 personnes, plus de 400 milliards de chiffre d'affaires, l'industrie qui s'appuie sur cette science montre son importance. Ces quelques données situent la place essentielle de la chimie dans le monde économique et dans la société moderne. On peut conclure en disant que le chimiste est partout, non seulement en chimie, mais aussi dans de nombreux autres domaines d'activité. Peu de secteurs peuvent se passer de la chimie.

### **III - Présentation générale**

#### **1 - Les formations en chimie**

Les parcours de formation pour les étudiants qui se destinent à la chimie sont divers :

Les filières courtes, à vocation professionnelle, comprennent les brevets de techniciens supérieurs (BTS) qui se préparent en lycée ou par l'apprentissage et apportent une formation pointue dans un domaine industriel, les diplômes universitaires de technologie (DUT), préparés en institut universitaire de technologie, qui proposent un enseignement polyvalent à des futurs techniciens supérieurs industriels, les diplômes d'études universitaires scientifiques et techniques (DEUST), proposés à l'université, qui sont des formations de premier cycle à vocation industrielle.

Les formations longues concernent les universités et les écoles d'ingénieurs.

A l'université, les études de chimie ont pour point de départ le DEUG sciences qui dure 2 ans et plus particulièrement les mentions sciences de la matière et sciences de la vie où la chimie occupe une part importante des enseignements. Après le premier cycle, la licence, préparée en 1 an, a pour objectif d'apporter aux étudiants une formation théorique et expérimentale dans les domaines fondamentaux de la chimie puis la maîtrise, préparée également en 1 an, propose souvent une première spécialisation. En chimie, plusieurs licences et maîtrises sont accessibles aux titulaires d'un DEUG : celles de sciences physiques, orientées vers les carrières de l'enseignement et qui assurent une formation équilibrée entre la physique et la chimie ; celles de chimie physique dont le champ d'application s'étend de la biophysique à l'étude des matériaux ; celles de chimie qui apportent une formation théorique et expérimentale dans le domaine de la chimie ; celles de sciences des matériaux ; celles de biochimie qui assurent une solide formation de base en biochimie moléculaire. D'autres diplômes de second cycle à finalité professionnelle sont préparés à l'université : les maîtrises de sciences et techniques qui se préparent en 2 ans, le magistère qui dure 3 ans et le diplôme d'ingénieur-maître (niveau bac + 4) décerné par les instituts universitaires professionnalisés. Deux diplômes sanctionnent la formation de troisième cycle : le diplôme d'études approfondies (DEA) et le diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS). Les DEA recouvrent les grands domaines de recherche en chimie et constituent une première étape vers une thèse de doctorat alors que les DESS sont des diplômes à finalité industrielle.

Les écoles d'ingénieurs préparent à un diplôme d'ingénieur chimiste. On peut les classer en trois catégories : les écoles de chimie à proprement parler, les établissements généralistes avec des filières chimie, les écoles dispensant une formation très spécialisée dans un domaine. Pour la très grande majorité des écoles, les études durent 3 ans.

Elles recrutent essentiellement sur concours après deux années de classes préparatoires mais aussi après un DEUG, un DUT ou un BTS, soit sur concours, soit sur dossier et entretien. En outre, elles proposent toutes un recrutement en deuxième année d'école pour des étudiants titulaires d'une maîtrise de bon niveau. Par ailleurs, certaines écoles offrent des classes préparatoires intégrées pour des bacheliers de bon niveau depuis de nombreuses années (ESCOM Paris, ICPI Lyon, INSA Rouen) ou plus récemment (INP Grenoble, INP Nancy, INP Toulouse, ENSC Lille, ENSC Rennes).

Jusque dans les années 1970, l'enseignement dans les écoles ne se différenciait des cours de second cycle universitaire que par un volume de travaux pratiques plus élevé, des cours de chimie industrielle et quelques stages dans l'industrie. Depuis 1973, l'évolution a été assez nette et les programmes se sont différenciés des programmes de maîtrise ; seuls restent encore communs, dans la plupart des cas, quelques cours de DEA et de troisième année.

L'autonomie pédagogique des écoles les a conduites à proposer des stages plus longs - leur durée passant de 1 à 6 mois pour la majorité des écoles -, des travaux pratiques privilégiant les projets avec objectif, et à introduire dans le cursus des disciplines non scientifiques (gestion, langues, économie, management) qui finissent par représenter une part importante de la formation (20% dans certaines écoles). C'est là une originalité importante par rapport aux universités.

## 2 - Les enseignants

Les enseignants-chercheurs de chimie (**biochimie non comprise**) dans les universités et les écoles de chimie relèvent des sections 31, 32 et 33 du Conseil national des universités (CNU), ceux du génie chimique de la section 62 :

- 31ème section : chimie théorique, physique, analytique ;
- 32ème section : chimie organique, minérale, industrielle ;
- 33ème section : chimie des matériaux ;
- 62ème section : génie des procédés.

La répartition par section et par corps des enseignants chercheurs est donnée dans le tableau ci-dessous :

Section CNU	Professeurs	Maîtres de conférences	Assistants	Second degré	Total
31	302	538	19	38	897
32	516	965	26	8	1 515
33	297	406	4	88	795
62	327	499	15	39	880
<b>Total</b>	<b>1 442</b>	<b>2 408</b>	<b>64</b>	<b>173</b>	<b>4 087</b>

Source : MENESR

Les professeurs représentent 34% de l'effectif enseignant dans les sections 31 et 32 et 37% dans les sections 33 et 62, alors que pour l'ensemble des sections CNU cette proportion n'est que de 30%.

Corps	Age moyen			
	Section 31	Section 32	Section 33	Section 62
PR	53 ans 1 mois	53 ans 6 mois	52 ans 11 mois	51 ans 7 mois
MCF	46 ans 11 mois	46 ans 10 mois	44 ans 4 mois	43 ans 9 mois

Source : MENESR

La pyramide des âges des professeurs et maîtres de conférences des universités fait apparaître qu'un grand nombre d'entre eux seront admis à faire valoir leur droit à la retraite dans les dix prochaines années, ce qui n'est pas sans poser problème. Le renouvellement des personnels enseignants-chercheurs qui devra s'opérer à partir de l'an 2000 est une préoccupation majeure. En ce qui concerne la chimie, le vivier des enseignants-chercheurs est inégalement constitué selon les sous-disciplines, la situation étant même préoccupante pour certaines d'entre elles aux yeux des responsables.

Le taux d'encadrement au niveau national est de 1 enseignant pour 16 étudiants dans les universités et de 1 enseignant pour 8 étudiants dans les écoles.

Les enseignants des écoles, pour la plupart, sont d'origine universitaire et leur mode de recrutement et d'avancement relève donc des statuts de l'Education nationale. Néanmoins, une proportion non négligeable d'entre eux est passée par une structure de type industriel (CEA, entreprise, ...). En outre, 5 à 10% des cours sont assurés par des ingénieurs de l'industrie.

### 3 - Les étudiants

En 1994, près de 1 450 000 étudiants sont inscrits dans les établissements universitaires de la France métropolitaine (y compris les étudiants des INP et des écoles nationales supérieures d'ingénieurs rattachées aux universités) et près de 304 000 en sciences (142 000 en 1er cycle, 114 000 en 2ème cycle, 48 000 en 3ème cycle). En ce qui concerne la chimie, selon une enquête que le Comité a menée auprès des universités, le nombre d'étudiants inscrits dans les maîtrises de chimie est de l'ordre de 2 500 (1 800 diplômés). A cela on peut ajouter des maîtrises proches de la chimie, telles que chimie physique, biochimie, physicochimie dont le nombre d'étudiants inscrits est de l'ordre de 2 000 (1 500 diplômés), et les maîtrises de sciences et techniques avec 450 inscrits (400 diplômés). Au total, le nombre de maîtrises délivrées est de l'ordre de 3 700.

Au niveau du 3ème cycle universitaire, les effectifs inscrits en DEA sont de l'ordre de 2 350 en chimie pour 2 100 diplômés, ceux de DESS de 250 pour 244 diplômés.

En ce qui concerne les écoles d'ingénieurs, les écoles de chimie et de génie chimique représentent un effectif total, sur les 3 années, de 4 000 étudiants environ et délivrent 1 200 à 1 300 diplômes d'ingénieurs chimistes. Sur les 1 300 élèves en dernière année d'école d'ingénieurs, 700 suivent simultanément un DEA. A cela, il faut ajouter 400 à 500 étudiants qui suivent une formation dans une école polyvalente comportant une option chimie ou génie chimique, ou dans une école de spécialisation.

### 4 - La recherche

La recherche publique en chimie se construit en grande partie à l'université. Elle s'appuie essentiellement sur deux grands organismes : le CNRS et la Mission Scientifique et Technique du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche.

Le département sciences chimiques du CNRS comprend 7 sections du Comité national :

- 15 - systèmes moléculaires complexes ;
- 16 - molécules : synthèse et propriétés ;
- 17 - molécules : structures et interactions ;
- 18 - éléments de transition, interfaces et catalyse ;
- 19 - élaboration, caractérisation et modélisation du solide ;
- 20 - biomolécules : relations structure et mécanismes d'action ;
- 21 - biomolécules : relations structure et fonction.

Section du Comité national	Nombre d'unités						Personnels CNRS titulaires		
	UPR	UMR	URA	USR ou UMS	EP	ERS	Chercheurs rang A	Chercheurs rang B	ITA
15	5	4	12	-	1	-	115	139	-
16	1	2	35	-	2	2	132	195	-
17	4	3	29	1	1	1	136	206	-
18	3	3	28	-	1	2	155	222	-
19	7	5	27	1	1	-	157	243	-
20	4	2	39	-	-	1	154	231	-
21	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Autres	-	-	-	-	-	-	13	34	-
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>171</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>875</b>	<b>1 304</b>	<b>1 609</b>

Source : DSC du CNRS

Il représente un potentiel chercheurs (A + B) de 2 179 personnes et un potentiel ITA de 1 609 personnes.

Les directeurs de recherche représentent 41% de l'effectif chercheurs, les chargés de recherche 59%. 72% des chercheurs sont des hommes et 28% des femmes.

La mission scientifique et technique est divisée en 8 directions scientifiques pédagogiques et techniques (DSPT). La chimie et les sciences des matériaux ainsi que le génie des procédés relèvent, dans le cadre de la DSPT2, des groupes d'expertise et de recherche (GER) 22 et 23.

La très grande majorité des laboratoires sont des unités de recherche associées implantées, pour la plupart, dans les universités et les écoles. Les moyens financiers (hors salaires) de ces laboratoires proviennent pour 1/3 du CNRS, pour 1/3 de contrats industriels et publics (crédits ministériels, CEE, collectivités locales) et pour 1/3 des universités.

Si l'enseignement de la chimie dans les écoles, du fait de l'autonomie pédagogique, a divergé de celui des universités, la recherche dans les écoles d'ingénieurs a progressé très souvent en liaison avec la recherche universitaire et avec l'aide du CNRS. Les départements de recherche des écoles représentent environ 100 laboratoires d'accueil, dont 60 sont associés au CNRS, rassemblant 1 500 personnels permanents et 1 000 thésards environ.

Les moyens financiers y sont également importants puisqu'en dotation de base Etat + CNRS ils approchent 50 MF, et en recherche contractuelle et CEE ils dépassent 70 MF. C'est donc au total un budget de fonctionnement intéressant.

L'initiation à la recherche se fait dans le cadre des études doctorales qui comprennent la préparation d'un diplôme d'études approfondies (DEA) et celle d'un diplôme de doctorat. Le DEA est délivré aux candidats ayant satisfait aux contrôles portant sur des enseignements théoriques et méthodologiques d'une part, une initiation aux techniques de recherche d'autre part. Le doctorat sanctionne un travail individuel sur un sujet de recherche, agréé par un directeur de thèse, d'une durée de 3 à 4 ans et soutenu devant un jury.

Les écoles doctorales, structures souples dans lesquelles sont délivrés des diplômes d'études approfondies et rassemblées des équipes de recherche et de formation doctorale, ont comme objectif de promouvoir la formation par la recherche en y organisant des séminaires et des enseignements coordonnés. Dans le domaine de la chimie, elles sont au nombre de 9 et concernent 22 des 74 DEA qui s'appuient sur plus de 150 équipes de recherche.

## **5 - Les personnels IATOS et ITA**

Les emplois de personnels non enseignants affectés dans les universités et les formations d'ingénieurs (IATOS) font l'objet d'une dotation globale aux établissements. Il appartient ensuite à ceux-ci de répartir, selon l'importance des effectifs étudiants et la structure de leurs enseignements, les emplois par secteur, puis par discipline. Il est donc difficile d'obtenir des données quantitatives fiables, au niveau national, qui concernent la seule discipline chimie.

Selon une enquête conduite par le CNE et à laquelle 27 universités et 12 écoles d'ingénieurs de chimie ont répondu, le potentiel IATOS est de 154 emplois dans les universités (12,9% de catégorie A, 29,3% de catégorie B et 57,8% de catégorie C + D) et de 328 emplois dans les écoles d'ingénieurs (18,1% de catégorie A, 27,7% de catégorie B et 54,2% de catégorie C + D). Ces données doivent être exploitées avec beaucoup de précautions car elles concernent la totalité des personnels IATOS affectés dans les écoles et seulement la part affectée à la chimie stricto sensu dans les universités.

Ces chiffres montrent un sous-encadrement qui est très certainement lié à l'augmentation très importante des effectifs étudiants depuis 1980. Il n'en demeure pas moins que, dans une discipline expérimentale comme la chimie, le gel puis les suppressions d'emplois qui sont intervenus ces dernières années sont particulièrement mal ressentis.

En ce qui concerne les ITA dont la fonction est liée aux activités de recherche, le département sciences chimiques du CNRS recense actuellement 1609 ITA ce qui conduit à un ratio ITA/chercheurs de 0,75, plus faible au département sciences chimiques que dans les autres départements scientifiques du CNRS. 57% des ITA sont de catégorie A, 17% de catégorie B, 5% de catégorie C et 21% sont des administratifs. La répartition hommes-femmes indique une égalité quasi parfaite (49,6-50,4).

## IV - Les écoles d'ingénieurs de chimie

Sur les 24 écoles dénombrées par le Comité dans sa mission sur l'évaluation de la chimie, nous sommes convenus d'en choisir 8 réparties sur l'ensemble du territoire auxquelles nous avons ajouté l'ENSC de Montpellier récemment évaluée par le Comité. C'est donc sur un total de 9 écoles, toutes membres de la Fédération Gay-Lussac, qui rassemble avec l'UIC, la SFC, la SCI et le CESGICHIM 17 écoles de chimie, que porte l'évaluation. Les 9 écoles choisies diplôment chaque année 720 à 740 ingénieurs, soit près de 60% des ingénieurs chimistes formés en France. Il s'agit donc d'un échantillon représentatif.

### 1 - Effectifs et moyens

Longtemps accusées d'être des établissements trop petits, avec des effectifs individuels de l'ordre de 100 élèves ingénieurs il y a une dizaine d'années, elles ont presque toutes doublé leur effectif depuis 1986 (surtout celles de province) et ont toutes maintenant des effectifs sur les trois années de l'ordre de 210 élèves ingénieurs (+ ou - 20) sauf les trois plus importantes : CPE Lyon qui correspond à la fusion de deux écoles, l'ENSIC de Nancy qui a toujours eu des effectifs supérieurs à 80 par promotion et se trouve aux alentours de 100 actuellement et l'ENSC de Montpellier dont les effectifs ont fortement augmenté en quelques années.

Effectif 1993-1994		ENSCPB	ENSCCF	ENSCL	CPE	ENSSPICAM	ENSIC	ENSCM	ENSCP	ENSCR
1ère année	H	49	33	38		23	81	46	37	35
	F	18	36	41	234	23	37	48	27	37
2ème année	H	36	39	45		33	72	54	47	32
	F	30	34	34	227	28	36	48	25	40
3ème année	H	44	38	33		44	59	41	38	42
	F	21	25	39	214	36	38	43	34	30
Année de spécialisation	H			5		3	3	7		13
	F			7	-	-	1	5		7
<b>Total</b>		<b>198</b>	<b>205</b>	<b>242</b>	<b>675</b>	<b>190</b>	<b>327</b>	<b>292</b>	<b>208</b>	<b>236</b>

Pour CPE Lyon, effectif cumulé ESCIL + ICPI.

Source : enquête CNE

Le corps enseignant dont dispose chacune de ces écoles au 1-10-94 est réparti de la façon suivante :

Corps enseignant	ENSCPB	ENSCCF	ENSCL	CPE	ENSSPICAM	ENSIC	ENSCM	ENSCP	ENSCR
Profs.	13	8	17	1	7	17,66	12	18	8
MCF/Assis.	8	13	13	1	11	26	17	22	17
Second degré	1	0	8	-	-	1	4	5	7
Jouvence	1	3	1	-	2	9,32	18	-	4
Profs. associés	-	2	3	-	2	2	3	-	-
Intervenants extérieurs	3	18	49	-	-	15	-	-	1
Autres	27	20	-	40	-	-	-	-	42
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>70</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>22</b>	<b>71</b>	<b>54</b>	<b>45</b>	<b>79</b>

Pour CPE Lyon, corps enseignant cumulé ESCIL + ICPI.

Source : enquête CNE

Le nombre d'IATOS varie énormément, de 60 à Paris à 12 à Clermont-Ferrand. Il dépend bien sûr de l'histoire et du degré d'autonomie de l'établissement vis-à-vis de son université mais aussi de la taille des laboratoires de recherche qui lui sont rattachés. En fait, les IATOS des services de maintenance, services communs et administration ne représentent au maximum que 33 à 50% des personnels techniques et administratifs. Dans tous les cas on peut regretter que l'encadrement technique des laboratoires de travaux pratiques ne soit pas mieux assuré.

IATOS	ENSCP	ENSCCF	ENSCL	CPE	ENSSPICAM	ENSIC	ENSCM	ENSCP	ENSCR
A	2	2	7		2	8	8	8	2
B	6	4	6		5	16	3	13 + 6	6,8
C + D	8	6	14		7	27	23	15 + 17	10,1
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>36 + 23</b>	<b>18,9</b>

Pour CPE Lyon, IATOS cumulés ESCIL + ICPI.

Source : enquête CNE

Les budgets de ces établissements sont très variables et principalement dépendants des surfaces existantes, des laboratoires de recherche qui dépendent de l'école et de l'histoire de l'établissement. De plus, les documents issus des écoles ne permettent pas d'avoir une vue suivant les mêmes critères, les budgets étant donnés avec ou sans les salaires des personnels.

Ils sont compris entre 7 et 24 MF pour le fonctionnement et entre 17 et 97 MF en budget consolidé. Un résultat plus sûr issu de mêmes critères et réalisé par la Fédération Gay-Lussac en 1991 conduisait à des chiffres plus comparables de 7,7 à 49 MF en budget consolidé et des coûts annuels par élève ingénieur s'échelonnant de 40 à 69 KF.

Les locaux sont aussi très variables selon que l'on prend en compte les locaux recherche des laboratoires ou non. Globalement, ils varient entre 4 500 (Lille) et 25 000 m<sup>2</sup> (Nancy). Ici encore les imprécisions sur les surfaces utiles ou dans oeuvres ne permettent pas de réelles comparaisons. La situation dans l'ensemble est tout juste acceptable. On peut cependant dire qu'elle devrait aller en s'améliorant car le dynamisme des établissements est reconnu dans Université 2000 ou les contrats de plan puisque 8 des 9 écoles ont eu ou vont avoir d'ici peu de nouveaux locaux ou des extensions plus ou moins importantes, entre 2 500 et 10 000 m<sup>2</sup>. Il reste cependant quelques cas criants de vétusté ou d'insécurité.

Si l'ENSIC de Nancy pour ses laboratoires de génie chimique va voir s'améliorer ses locaux d'ici un an, le cas de l'ENSC Paris, dans des locaux maintenant inadaptés et hors normes, reste préoccupant.

Des efforts sur la sécurité ont été réalisés dans les écoles ; il reste à faire des investissements de fond pour mettre aux nouvelles normes les laboratoires d'enseignement et de recherche.

## 2 - Formation et pédagogie

Le mode de recrutement principal de toutes les écoles est le concours chimie pour les élèves issus des classes préparatoires aux grandes écoles : concours CH-P essentiellement, CH-P' accessoirement. Le pourcentage relatif de ce type d'admission s'établit dans une fourchette allant de 83% pour l'ENSC Paris à 61% pour le CPE Lyon. Encore faut-il préciser que, dans ce dernier cas, une classe préparatoire privée de l'ICPI existait. Les entrants par le concours P et surtout le concours P' sont des candidats très sélectionnés. Les pourcentages de mention au bac (C principalement) ont régulièrement augmenté et sont de l'ordre de 70 à 80% pour les entrants.

Il faut mentionner que la récente réforme des classes préparatoires remplace les filières P et P' par deux filières PC et PC\* qui comportent plus de chimie et surtout plus de travaux pratiques, et que les classes préparatoires recrutent désormais essentiellement des bacheliers de la série dite "scientifique".



<b>Origine scolaire des admis en 1993-1994</b>	<b>ENSCP</b>	<b>ENSCCF</b>	<b>ENSCL</b>	<b>CPE</b>	<b>ENSSPICAM</b>	<b>ENSIC</b>	<b>ENSCM</b>	<b>ENSCP</b>	<b>ENSCR</b>
<b>Admission en 1ère année</b>									
Concours P	45	43	49	-	30	-	20	-	37
Concours P'	-	-	-	48	-	85	40	54	-
Concours TB	3	3	3	2	1	5	7	2	3
DEUG	14	15	13	9	10	2	12	5	18
DUT/BTS	2	4	11/8	27	3/1	3	6	2	4
Autres	1	-	4	148	1	16	-	1	-
<b>Admission en 2ème année</b>									
Maîtrises	6	5	7	10	24	4	8	12	9
Autres	-	-	1	1	-	9	-	-	-

Pour CPE Lyon, admis cumulés ESCIL + ICPI.

Source : enquête CNE

Pour la voie de recrutement DEUG, le pourcentage d'admission varie de 2% pour l'ENSIC de Nancy à 30% pour l'ENSC Rennes. Les écoles qui ont un pourcentage élevé de DEUG (supérieur à 20%) ont plutôt tendance à diminuer ce nombre.

Les entrants sur titres DUT de chimie ou de chimie physique représentent un pourcentage allant de 3% pour l'ENSC Rennes ou l'ENSIC de Nancy à 15% pour l'ENSC Lille ou le CPE Lyon. Ce sont des étudiants souvent triés sur le volet et de bonne qualité.

La plupart des établissements ont des admissions sur titres en 2ème année pour de bonnes maîtrises (de chimie physique de préférence) allant de 5% (ENSC Lille) à 20% (ENSC Paris) et même 50% (ENSSPICA Marseille). Il s'agit là encore d'étudiants sélectionnés qui constituent un recrutement d'excellente qualité.

La cote des écoles de chimie pour les élèves de classes préparatoires peut être déterminée par le barycentre des entrants et premiers choix. C'est une cote fluctuante et qui n'est qu'un critère, la sélectivité en fin de première année en est un autre qui peut corriger le premier.

Deux expériences sont actuellement tentées par la Fédération Gay-Lussac sous la forme de classes préparatoires intégrées, à l'ENSC Rennes et à l'ENSC Lille, qui admettent des bacheliers après une forte sélection sur dossier et proposent des places mises à disposition à l'entrée de l'ensemble des écoles de la Fédération Gay-Lussac, environ 60 pour 1995. Les programmes de ces CPI intègrent plus de chimie et permettent de ce fait une meilleure adaptation à l'enseignement dispensé dans les écoles d'ingénieurs de chimie. Il conviendra d'ici quelques années de faire le point sur la réussite des élèves issus de ces filières pour en tirer des conséquences positives ou négatives.

Toutes les écoles ont des horaires d'enseignement lourds, compris entre 920 et 1 200 heures annuelles sur 32 à 36 semaines, donc des horaires hebdomadaires supérieurs à 30, voire à 35 heures. Le pourcentage d'enseignement de chimie est difficile à évaluer car les chiffres en réponse aux enquêtes mêlent parfois heures réelles et heures équivalent TD. Il s'étale entre 60% (ENSC Paris, ENSCP Bordeaux, CPE Lyon) et 80% (ENSC Clermont-Ferrand, ENSC Rennes). Le pourcentage de travaux pratiques en 1ère et 2ème années va de près de 40% (ENSC Clermont-Ferrand, ENSC Rennes) à 23% (CPE Lyon, ENSC Montpellier). La tendance actuelle est d'augmenter la part des cours par rapport aux travaux pratiques, ce qui est regrettable. Les stages dans l'industrie ou les stages de recherche en laboratoire du DEA représentent à eux seuls plus de 500 heures.

Le taux d'encadrement est plutôt bon. En ne faisant appel qu'aux enseignants affectés, on va du taux de 10,4 élèves par enseignant pour le CPE Lyon à 4,7 élèves par enseignant pour l'ENSC Paris. Encore faut-il corriger ces chiffres, compte tenu de la présence d'enseignants-chercheurs de l'université comptés dans les équipes de recherche rattachées.

	<b>ENSCP</b>	<b>ENSCCF</b>	<b>ENSCL</b>	<b>CPE</b>	<b>ENSSPICAM</b>	<b>ENSIC</b>	<b>ENSCM</b>	<b>ENSCP</b>	<b>ENSCR</b>
<b>Elèves/enseignant</b>	8,5	9,5	5,4	10,4	8,5	5,9	8,5	4,7	6,75

Ces taux d'encadrement s'améliorent beaucoup pour CPE Lyon, ENSC Clermont-Ferrand, ENSCP Bordeaux si on introduit les services des enseignants de l'université de rattachement. Compte tenu d'une formation expérimentale importante et de volumes horaires par élève très élevés, on peut penser que cet encadrement est bon mais nécessaire pour une formation sérieuse et non de masse.

Dans une science expérimentale comme la chimie, il est réconfortant de voir que les élèves ingénieurs ont entre 250 et 450 heures par an de laboratoire, soit 2 à 3 fois plus que dans les licences ou les maîtrises de chimie. Il faut tenir ferme et ne pas se laisser tirer vers le bas par une tendance budgétaire néfaste (renouvellement de matériel, coûts de fonctionnement) qui tend à réduire les heures d'enseignement coûteuses. L'informatique et la modélisation ne sont pas absentes de la formation dispensée dans les écoles et font l'objet actuellement d'une réflexion qui doit conduire au développement de ces disciplines.

Pour les enseignements non scientifiques tels que la gestion, l'économie, le management, la fourchette s'établit entre 6% (ENSIC Nancy, ENSC Rennes) et 18% (CPE Lyon). Ces pourcentages sont à mettre en parallèle avec ceux de la chimie (on ne peut pas tout faire). Les développements internationaux et la pression des événements et des industriels imposent aujourd'hui une formation ingénieur qui devient de plus en plus exigeante pour s'adapter au marché de l'emploi. Ceci conduit les écoles à diversifier les options et à développer des enseignements ayant trait aux aspects économiques liés à la production (comptabilité analytique, prix de revient,...). L'objectif recherché est d'élargir le champ de formation pour avoir un spectre plus large, qui permette un placement diversifié dans les industries chimiques, parachimiques et autres, y compris dans les services.

L'enseignement des langues constitue l'un des points forts de la formation dans les écoles. Elles mesurent toutes l'importance de la connaissance des langues étrangères pour l'embauche des jeunes diplômés. L'anglais est obligatoire, une seconde langue - l'allemand la plupart du temps - est souvent demandée et une troisième langue parfois proposée en option. En outre, l'introduction de langues dans les cours scientifiques et examens traduit la volonté des écoles d'améliorer encore leur formation dans ce domaine et de s'adapter à l'évolution européenne, voire mondiale, de l'industrie chimique.

Toutes les écoles ou presque entretiennent des relations internationales qui offrent la possibilité de stages à l'étranger pour les élèves. La majorité des échanges se font dans le cadre de contrats ERASMUS de l'Union européenne. Cela va de la possibilité de passer une année complète la 3ème année d'école dans une université anglaise, allemande ou américaine (ENSC Lille, CPE Lyon) à des séjours plus courts sous forme de stages industriels. Selon les écoles, 20 à 50% des élèves font au moins un stage à l'étranger, seule l'ENSC Paris n'a qu'un chiffre marginal pour le nombre de stages hors du territoire français.

### **3 - La recherche**

Les situations sont multiples et vont de l'imbrication totale avec l'université sans distinction entre les laboratoires de l'école et ceux de l'université de rattachement comme à Lille jusqu'à l'identification totale de la plupart des laboratoires rattachés à l'école. On peut distinguer :

- le 1er cercle, pour lequel les laboratoires de recherche rattachés à l'école sont situés dans les locaux de l'école ;
- le 2ème cercle, pour lequel les laboratoires ou parties de laboratoires de recherche se répartissent dans les locaux de l'école et dans l'université ;
- le 3ème cercle, pour lequel les laboratoires de recherche se situent dans l'université.

Cette symbiose se révèle très positive, en particulier pour l'utilisation et la mise en commun de moyens pour la formation par la recherche et son développement. Elle peut nuire parfois à la clarté des présentations qu'en font les établissements. On peut cependant dire que toutes les écoles ont plusieurs laboratoires intégrés à l'établissement, de 3 à 8 dans le premier cercle, avec un nombre de chercheurs permanents allant de 17 à 95, chiffres qu'il faut au moins doubler ou tripler si on prend en compte les laboratoires des second et troisième cercles ou les laboratoires conventionnés de l'école.

La recherche qui s'y fait est de qualité, elle est reconnue à plus de 80% par des associations au CNRS. Il faut également signaler que ces laboratoires ont souvent d'excellentes collaborations avec l'industrie puisque la recherche contractuelle y est fortement présente. Elle représente, en fonctionnement hors salaires, de 50% à 80% des ressources avec des valeurs absolues qui vont de 0,7 MF à 12 MF par an et par école.

Toutes les écoles sont habilitées ou cohabilitées pour des DEA de chimie ou de génie chimique suivis par des élèves de 3ème année dans des proportions de 20 à 90%.

On peut donc dire que les écoles de chimie s'appuient toutes sur des laboratoires de recherche, souvent associés au CNRS, ou reconnus par la Direction générale de la recherche. Elles permettent donc, en interne ou par convention avec leur université :

- une formation de 1ère et 2ème année en liaison avec les évolutions de la recherche,
- la formation par la recherche en 3ème année,
- l'accueil de doctorants, avec une implication forte de sujets industriels, qui fait qu'une proportion notable de diplômés effectuent une thèse.

Cette situation tout à fait particulière à la chimie, originale dans le panorama des grandes écoles, est à souligner et à porter au crédit des établissements qui unissent assez bien en un même lieu la formation supérieure professionnelle et la recherche.

#### **4 - Eléments spécifiques à chaque école**

##### **L'ENSCP Bordeaux**

L'établissement a fêté son centenaire en 1991 mais il n'est pas exagéré de dire que l'ENSCP Bordeaux est actuellement en pleine croissance. Son statut d'EPCA rattaché lui a permis d'augmenter notablement son potentiel d'enseignants et de développer, en bonne harmonie avec l'université, ses propres laboratoires de recherche. Disposant de nouveaux locaux fonctionnels de 13 000 m<sup>2</sup> à la mesure de ses effectifs, elle reste insuffisamment dotée en personnel IATOS et surtout en crédits d'infrastructure.

Cette école recrute essentiellement sur le concours P et admet une forte proportion de DEUG A, ce qui conduit à une forte majorité d'élèves issus du Grand Sud-ouest.

Le bon équilibre qui existe entre les travaux pratiques (30%) et les matières théoriques donne une bonne qualité à l'enseignement. Une part plus importante de l'enseignement pourrait néanmoins être consacrée aux langues et aux matières non scientifiques.

La recherche est très bien équilibrée entre la chimie des polymères, les matériaux minéraux, la physique des interactions rayonnement-matière. Un projet de chimie analytique doit voir le jour d'ici quelques années. Membre de l'école doctorale des sciences chimiques de Bordeaux, l'école est bien insérée dans le tissu universitaire.

Une structure de transfert de technologie (plate-forme "Aquitaine matériaux") contribue à diversifier les liens de l'école avec le monde industriel de la région Aquitaine. Au niveau de l'insertion professionnelle, le nombre de jeunes diplômés qui ont un emploi industriel est légèrement en dessous de la moyenne de celui de l'ensemble des écoles, alors que le nombre de jeunes qui effectuent une thèse est plutôt supérieur à la moyenne.

##### **L'ENSC Clermont-Ferrand**

C'est une école dont le statut d'EPCA a permis un développement régulier depuis 10 ans en harmonie avec son université. Le recrutement des élèves ingénieurs, sur concours P principalement et avec une forte proportion de DEUG, s'est amélioré de façon constante. L'enseignement s'appuie sur un corps d'enseignants chercheurs et d'intervenants extérieurs de qualité et en fort renouvellement, mais se trouve en revanche en situation tout à fait catastrophique sur le plan des emplois IATOS.

Sa pédagogie est caractérisée par un très fort enseignement de chimie avec une part importante pour les travaux pratiques. Il y manque par force un peu d'enseignement non scientifique, y compris dans le domaine des langues.

La présence d'un secteur recherche en complète synergie avec l'université de rattachement est assurée à travers quatre laboratoires de recherche dont trois sont associés au CNRS.

Elle dispose d'une filiale connue internationalement dans le domaine des essais sur les polymères et développe une plate-forme en génie chimique et une filière en génie biologique. Un certain nombre de collaborations inter-établissements existent et conduisent la direction à proposer la création d'un INP avec trois autres établissements. L'insertion professionnelle est moyenne.

### **L'ENSC Lille**

L'ENSC de Lille est un EPCA qui entretient, en enseignement et surtout en recherche, des liens étroits avec l'université de Lille I et l'Ecole centrale de Lille. Cette symbiose permet à cette école de disposer de moyens tant en personnel, en matériel d'enseignement et de recherche qu'en locaux qu'elle n'aurait pas si elle vivait en autarcie. C'est ainsi qu'un certain nombre d'enseignements sont dispensés à l'extérieur de l'école, soit à l'université, soit à l'Ecole centrale.

Le nombre d'enseignants est bon, le recrutement des élèves est satisfaisant, sauf pour les étudiants issus du DEUG, ce qui a conduit l'ENSC Lille (avec celle de Rennes) à créer à la rentrée 1993 des classes préparatoires intégrées, suivant le modèle des INSA, avec comme but avoué d'attirer vers la chimie des étudiants d'un bon niveau.

Le cursus est caractérisé par des horaires très lourds en 1ère et 2ème années (1 200 heures par an) et la possibilité, saisie par près de la moitié des élèves, de passer la 3ème année à l'étranger. L'un des points forts de l'enseignement réside dans la formation en langues avec l'anglais et l'allemand obligatoire (10% du temps, 20% des points) et une initiation au japonais pour les élèves volontaires.

La recherche est totalement imbriquée avec celle de l'université, sans distinction d'appartenance, ce qui permet de disposer d'une bonne masse critique. Une filiale sous forme de GIP a été créée à Mazingarde.

L'insertion professionnelle est en dessous de la moyenne mais les pourcentages sont obérés par un mauvais taux de réponses.

### **CPE Lyon**

L'Ecole supérieure de chimie, physique, électronique de Lyon a été créée par la fusion de l'ESCIL et de l'ICPI en 1993. Elle a un statut d'école privée et vise des promotions de 220 élèves (dont 140 chimistes) recrutés par concours et à partir d'une préparation intégrée issue de l'ICPI. Elle va développer le génie des procédés et l'électronique et traitement de l'information. Actuellement installée sur 2 sites, la construction de nouveaux locaux de 11 700 m<sup>2</sup> près de l'ESCIL doit permettre de rassembler l'essentiel de la formation et de la recherche.

Le cursus fait une place importante aux langues mais, par contre, la place des travaux pratiques y est trop faible. L'école développe également une très forte activité dans le domaine de la formation continue.

Le potentiel de recherche est particulièrement riche. Il s'appuie sur 16 laboratoires regroupés en 4 départements : chimie organique, génie des procédés, sciences analytiques, traitement de l'information, dont la plupart sont associés au CNRS (avec 2 UPR) et sur des moyens en équipement remarquables (RMN). Cette réalisation ne peut qu'aider à une meilleure fédération de la chimie lyonnaise.

### **L'ENSSPICA Marseille**

L'Ecole nationale supérieure de synthèses, de procédés et d'ingénierie chimiques d'Aix-Marseille est issue de la fusion en 1990 de deux écoles plus anciennes aux vocations complémentaires : l'Ecole supérieure de chimie de Marseille et l'Institut de pétrochimie et de synthèses organiques industrielles. Elle dispose de locaux actuellement insuffisants (7 200 m<sup>2</sup>) mais une extension de 4 000 m<sup>2</sup> est prévue.

Elle recrute essentiellement sur le concours P, mais son originalité reste d'avoir un pourcentage d'admission en 2<sup>ème</sup> année très important pour les étudiants titulaires d'une maîtrise.

L'enseignement est très orienté "génie des procédés, synthèse organique industrielle, gestion de projet". Elle a une année spéciale qui délivre, après une formation complémentaire d'un an, un diplôme d'ingénierie-gestion de projets. En outre, elle a une très forte activité en formation continue.

On pourrait lui reprocher une collaboration internationale trop faible dans le domaine de l'enseignement et une dispersion des thèmes de recherche qui l'empêche d'atteindre une taille critique.

L'insertion professionnelle est au-dessus de la moyenne.

### **L'ENSIC de Nancy**

L'ENSIC est intégrée avec 8 autres grandes écoles d'ingénieurs au sein de l'INPL. Elle a su trouver une place originale parmi les écoles d'ingénieurs formant des chimistes dans notre pays, en accentuant considérablement depuis les années 1970 la formation génie chimique-génie des procédés.

Elle dispose d'un potentiel d'enseignants (71) et d'IATOS (51) remarquable et se situe, au niveau des effectifs étudiants, juste derrière CPE Lyon. L'ENSIC occupe environ 24 000 m<sup>2</sup> et d'importantes réalisations en cours ou prévues devraient permettre de réhabiliter des locaux de laboratoires et d'installer l'Institut européen de génie des procédés.

La qualité du recrutement des élèves (essentiellement sur concours P' et M), une pédagogie nouvelle équilibrée par grands champs scientifiques, de nouveaux locaux de travaux pratiques de chimie sont des points très positifs. Il reste à redorer l'environnement des travaux pratiques de génie chimique qui sont trop anciens et à améliorer la formation en langue étrangère. Un autre point fort de l'ENSIC reste la formation permanente : plus de 400 personnes suivent les stages de formation permanente chaque année.

Cinq laboratoires de recherche, actifs et de qualité, qui impliquent 300 personnes avec les doctorants, constituent un atout excellent pour la formation par la recherche qui s'appuie essentiellement sur le DEA génie des procédés (80 à 100 étudiants inscrits à ce DEA en moyenne dont 80% proviennent de l'ENSIC). Un montage original à signaler est le Centre de génie chimique des milieux complexes (GEMICO) qui comprend une chaire industrielle et un laboratoire d'accueil et qui s'appuie sur un consortium formé d'un groupe d'industriels, du CNRS et de l'INPL.

Sur l'insertion professionnelle, l'ENSIC se situe en dessous de la moyenne pour 1992 et surtout 1993, la crise des investissements industriels ayant été particulièrement ressentie ici. L'avenir est envisagé à travers de nouvelles thématiques (pharmaplast), la création de l'Institut européen de génie des procédés et le développement du pôle de la Graffe qui augurent bien de ce pôle d'excellence en génie des procédés pour la prochaine décennie.

### **L'ENSC Montpellier**

En quelques années, cet établissement a vu ses effectifs croître fortement pour devenir, avec CPE Lyon et l'ENSIC de Nancy, l'une des plus importantes écoles de chimie en nombre d'élèves. L'école ne dispose pas de locaux bien adaptés, mais une extension, notamment pour la recherche, est en construction.

Un équilibre harmonieux entre la chimie et les autres disciplines, une ouverture vers la biochimie marquent ses programmes, où l'on pourrait regretter seulement une part trop faible donnée aux travaux pratiques (23%).

Les laboratoires de recherche du 1er et du 2ème cercles sont excellents et la part de recherche contractuelle y est très élevée.

La direction de l'école est actuellement préoccupée par deux problèmes : la chute des emplois des diplômés à partir de 1992 et surtout 1993 - assez comparable à celle observée dans les autres écoles -, et la nécessité de se regrouper en des ensembles institutionnels plus gros sur le plan local, de type INP, pour "continuer à exister".

### **L'ENSC Paris**

Le trait dominant de l'école depuis sa fondation est la préoccupation de réaliser une symbiose entre la formation des ingénieurs et la recherche : une formation scientifique de haut niveau théorique appuyée par une formation expérimentale intensive et terminée par une période de formation par la recherche.

Elle dispose d'un recrutement d'excellente qualité (essentiellement sur le concours P'), d'un potentiel d'enseignants et d'IATOS important réparti au sein de 8 laboratoires de recherche dont 5 sont unités associées.

La pédagogie y est bien équilibrée, les deux premières années étant consacrées à la formation scientifique de base et la troisième année permettant à chaque élève de consacrer la majeure partie de son temps à un domaine de la chimie, sans pour autant se spécialiser.

La faiblesse majeure, voire la vulnérabilité, de l'ENSCP se situe sur le plan de l'immobilier et des moyens d'infrastructure. Les locaux sont suffisants, mais inadaptés et vieillots. Le projet de déménagement ou de réhabilitation n'est toujours pas formalisé et paralyse un peu l'évolution.

L'ouverture internationale et les stages à l'étranger sont faibles ou marginaux.

L'ENSCP donne des chiffres en dessous de la moyenne pour l'insertion professionnelle, en particulier pour 1992 et 1993, mais le taux de non réponses est particulièrement fort et obère donc ces chiffres.

Les préoccupations de structure, de locaux, de pyramide des âges des enseignants constituent un handicap majeur pour le bon fonctionnement de l'école et pour son développement futur et contrastent avec la qualité et le dynamisme des élèves ingénieurs. Nul doute que cette école, importante pour la chimie en France, est à la croisée des chemins et qu'elle saura trouver une nouvelle évolution.

### **L'ENSC Rennes**

Caractérisée dans le passé par une thématique "eau, environnement", cette école a considérablement évolué depuis une quinzaine d'années. Elle dispose de bons locaux et accueille en son sein la classe préparatoire intégrée créée à la rentrée 1993, ce qui facilite les contacts des élèves avec les élèves ingénieurs et les laboratoires.

Elle recrute essentiellement sur le concours P et admet un fort pourcentage d'étudiants issus du DEUG (un tiers des effectifs).

Les postes affectés à l'école sont respectivement de 32 enseignants et 20 IATOS.

Les enseignements théoriques ne sont dispensés que sous forme de cours : il n'y a pas de groupes de travaux dirigés, sauf pour les langues dont la formation est par ailleurs insuffisante. Par contre, la proportion de travaux pratiques (37% en 1ère année, 39% en 2ème année) est satisfaisante. Un stage technicien de 6 à 8 semaines en fin de 1ère année, un stage ingénieur de 3 à 4 mois en fin de

2ème année et un stage de recherche de 4 mois, soit en milieu industriel, soit en milieu universitaire, en fin de 3ème année complètent le cursus.

Le potentiel de recherche propre à l'école comporte 36 permanents et 3 laboratoires de recherche dont 1 URA. Celle-ci a une renommée nationale et internationale. Les deux autres laboratoires de recherche ont une activité plus appliquée qui s'appuie sur deux structures de transfert de technologie.

L'insertion professionnelle des diplômés est plutôt au-dessus de la moyenne.

## Conclusion

Les écoles d'ingénieurs à spécialité chimie évaluées, bien implantées dans leur milieu universitaire, sont des établissements de qualité qui ont fait un effort de productivité très important depuis 10 ans. Ayant développé leur propre recherche, mais ayant aussi de bonnes interactions avec leur environnement, elles ont une assise stable qui leur a permis un dynamisme propre et une implication forte dans des réseaux nationaux et internationaux. Certes, le rayonnement international est encore très inégal, mais il est présent partout. Ceci est particulièrement nécessaire dans une globalisation mondiale des marchés.

Discipline expérimentale, la chimie en laboratoire et en formation pratique reste fortement présente. Les écoles ont su garder une part importante d'enseignement de travaux pratiques qui doit rester dans la fourchette haute pour soutenir la comparaison avec les formations étrangères grâce à un potentiel d'encadrement suffisant, à la différence des universités dont les moyens, tant humains que matériels, ne répondent plus à l'afflux considérable des étudiants dans les filières de chimie.

Confronté à une crise de l'industrie particulièrement forte comme en Allemagne et aux Pays Bas, le placement des diplômés reste difficile et délicat, notamment sur l'année "catastrophe" 1993. Il faut signaler l'honnêteté des établissements et le suivi le plus souvent très bien fait de l'insertion des diplômés, grâce aux enquêtes UIC et FGL, et souligner que l'insertion directe soutient la comparaison avec celle des docteurs.

### Insertion comparée docteurs et ingénieurs 1992-1993 (en %)

	1992			1993		
	Emplois Industriels	Thèse + études + SN	Recherche d'emploi	Emplois Industriels	Thèse + études + SN	Recherche d'emploi
Ingénieurs FGL	49	32	19	30	40	30
	Emplois industriels	Enseignement secondaire, supérieur, recherche	Recherche d'emploi + Post-doc	Emplois industriels	Enseignement secondaire supérieur recherche	Recherche d'emploi + Post-doc
Docteurs chimie	28	36,7	34	16,6	31	50,2
génie procédés	26,6	49,4	24	29,9	39	30,8

Source : FGL

Il est clair que les ENSI de chimie, qui sont capables de se concerter avec la profession, contrairement aux systèmes lourds universitaires, devront avoir la capacité de réaction rapide, au marché, à son évolution, aux émergences. Les réflexions actuellement menées aux Pays-Bas et en Allemagne dans les facultés de chimie confrontées à la baisse des effectifs (- 50% et - 70% respectivement) concluent que les étudiants débutants dans ces pays se détournent de la chimie à cause de la crise. En France aussi, la confrontation et la réflexion sont inévitables. Elles conduisent à des diversifications dans les formations dispensées dans les écoles, et plus encore dans les universités. En ce qui concerne les écoles, elles posent la question des regroupements, comme l'ont exprimé plusieurs directeurs.

## V - Les formations doctorales en chimie

L'évaluation exhaustive de l'enseignement de la chimie dans les universités françaises n'étant pas réalisable comme nous l'avons déjà mentionné en début de rapport, le Comité a préféré s'intéresser aux formations doctorales de chimie dans les établissements supérieurs. Sur les 45 universités françaises qui enseignent la chimie, 31 proposent une formation doctorale. Parmi celles-ci, nous sommes convenus de choisir 8 établissements répartis sur l'ensemble du territoire et dont les caractéristiques principales, en particulier la taille, sont différentes.

### 1 - Effectifs et moyens

#### Effectifs

Les formations doctorales sont accessibles aux étudiants titulaires d'une maîtrise et aux élèves ingénieurs de 3<sup>ème</sup> année des écoles de chimie (ou les élèves de 5<sup>ème</sup> année des écoles d'ingénieurs possédant un 1<sup>er</sup> cycle intégré, par exemple des INSA).

Le tableau ci-dessous indique, pour les 8 universités retenues dans le cadre de notre évaluation, les effectifs de maîtrises de chimie et chimie-physique, ainsi que les effectifs des DEA de chimie pour l'année universitaire 1993-1994. Il faut toutefois remarquer que ces chiffres sont à utiliser avec précaution. En effet, des étudiants issus d'autres filières de 2<sup>nd</sup> cycle, telles que maîtrise de biochimie ou maîtrise de sciences et techniques par exemple, sont accueillis dans certains DEA (par exemple, physicochimie et qualité des bioproduits de Nantes, chimie des biomolécules et applications de Toulouse III) ; de même les effectifs concernent souvent des DEA multisceaux (exemple les DEA de Paris XI) et il est difficile d'attribuer la part relative de chacun des établissements, les proportions pouvant varier de façon importante d'une année sur l'autre.

Université	Effectif Maîtrise	Effectif DEA	Enseignants (31 <sup>ème</sup> , 32 <sup>ème</sup> , 33 <sup>ème</sup> sections)
Grenoble I	161	70	83
Montpellier II	85	110	125
Nantes	87	99	37
Paris XI	175	242	120
Poitiers	76	59	41
Reims	64	14	42
Strasbourg I	115	82	87
Toulouse III	235	61	149

Source : enquête CNE

Les données qui concernent les inscrits en DEA sur le plan national sont totalement utilisables ; l'évolution du nombre d'étudiants inscrits sur le plan national entre 1985 et 1993 montre, en particulier pour la chimie, une relative stabilisation des inscrits après une forte progression jusqu'en 1990.



Nombre d'inscrits en DEA	1985-1986	1987-1988	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994
Chimie	1 455	1 631	1 909	2 063	2 188	2 288	2 384
Ensemble des disciplines	28 998	30 562	35 360	36 825	41 123	42 603	43 009

% de progression	1985-1987	1987-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1985-1993
Chimie	12,09	17	8,1	6,1	4,6	4,2	63,8
Ensemble des disciplines	5,4	15,7	4,1	11,7	3,6	0,9	48,3

Source : MENESR

### Les moyens

Le tableau présenté plus haut sur les effectifs fait apparaître, pour chaque établissement, le nombre d'enseignants du groupe chimie (31ème, 32ème et 33ème sections) intervenant dans tous les enseignements qui concernent la chimie à l'université. Ces données conduisent, au niveau des enseignants, à des taux d'encadrement qu'il convient de manier avec prudence. En effet, il est clair que les effectifs de 2nd et 3ème cycles ne représentent qu'une part minoritaire de la population universitaire étudiante, la grande majorité se trouvant en 1er cycle. Cette évolution vers une université de masse absorbe la plupart des moyens pour le 1er cycle et rend difficile un encadrement et un enseignement de qualité en 2nd et 3ème cycles. L'encadrement technique des laboratoires de travaux pratiques est très peu assuré, le nombre d'intervenants étant faible, voire inexistant dans certains établissements. Malgré l'absence de statistiques nationales, il est certain que cette constatation sur les 8 établissements témoins peut être généralisée.

Au contraire de ce qui est fait pour les écoles, le budget affecté aux enseignements de chimie ne peut être présenté. Très souvent, les travaux pratiques fonctionnent en commun pour plusieurs formations et il est donc impossible de déterminer exactement la part attribuée au fonctionnement des maîtrises. Quant aux DEA, ils ne disposent d'aucune affectation budgétaire. La direction scientifique "physique-chimie" de la MST a mis en place une légère subvention variant entre 50 et 100 KF par an pour chaque DEA ; cette subvention est utilisée le plus souvent pour l'achat de livres ou l'invitation de conférenciers.

## 2 - Formation et pédagogie

### Formation initiale

Ainsi que nous le verrons, les étudiants de DEA sont essentiellement issus de maîtrises ou des écoles d'ingénieurs. En ce qui concerne les licences et maîtrises de chimie, la formation dans les 8 universités témoins est présentée dans le tableau ci-dessous.

	Horaire total	CM %	TD %	TP %	Autres matières %	Langues %	Stages	Nombre d'étudiants
<b>Grenoble I</b>								
Licence chimie	569	53,5	31,6	14,9	-	-	-	166
Maîtrise chimie	564	34,4	24,1	41,5	-	-	2 à 4 sem.	114
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 133</b>	<b>44,9</b>	<b>28,4</b>	<b>28,4</b>	-	-	-	
Licence chimie-physique	586,5	53,1	26	20,9	49,2	-	-	41
Maîtrise chimie-physique	547	43	24,5	32,5	50,9	-	12 sem.	46
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 133,5</b>	<b>48,2</b>	<b>25,3</b>	<b>26,5</b>	<b>50</b>	-		
<b>Montpellier II</b>								
Licence chimie fondamentale	500	40	28,8	31,2	-	-	-	110
Maîtrise chimie matériaux	582	64,4	20,6	14,9	-	-	stage en labo.	30
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 082</b>	<b>53,1</b>	<b>24,4</b>	<b>22,5</b>	-	-		
Licence chimie moléculaire	566	54,1	27,6	18,4	-	-	-	109
Maîtrise chimie moléculaire	441	58,7	33,3	7,9	11,3	4,5	stage en labo.	55
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 007</b>	<b>56,1</b>	<b>30,1</b>	<b>13,8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		
<b>Nantes</b>								
Licence chimie	525	28,6	38,1	28,6	4,8	4,8	-	42
Maîtrise chimie	360	33,3	33,3	33,3	-	-	?	87
<b>Ensemble L + M</b>	<b>885</b>	<b>30,5</b>	<b>36,1</b>	<b>28,2</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>		
<b>Paris XI</b>								
Licence chimie	577,5	32,2	39,7	28,1	16,8	-	-	92
Maîtrise chimie	506	43,2	32,4	24,3	5,5	6,5	8 à 10 sem.	105
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 083,5</b>	<b>37,4</b>	<b>36,3</b>	<b>26,3</b>	<b>11,5</b>	<b>3</b>		
Licence physicochimie moléculaire	531,5	36,2	38,5	25,3	14	-	-	38
Maîtrise physicochimie moléculaire	559	36,7	32,7	30,6	6,6	-	-	70
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 090,5</b>	<b>36,4</b>	<b>35,5</b>	<b>28</b>	<b>12,3</b>	-		
<b>Poitiers</b>								
Licence chimie	610	33,6	35,6	31	10,5	8,2	-	94
Maîtrise chimie	563	36,4	32,5	31,1	1,4	3,6	8 à 10 sem.	76
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 173</b>	<b>35</b>	<b>34,1</b>	<b>30,9</b>	<b>6,4</b>	<b>6</b>		
<b>Reims</b>								
Licence chimie	544	36,8	24,3	39	-	-	-	172
Maîtrise chimie	450	37,8	29,1	33,1	-	-	stage en labo.	64
<b>Ensemble L + M</b>	<b>994</b>	<b>37,2</b>	<b>26,5</b>	<b>36,3</b>	-	-		
<b>Strasbourg I</b>								
Licence chimie	528	34,5	20	45,5	10,6	3,8	-	130
Maîtrise chimie	519	32,2	18,9	48,9	32,8	3,8	stage en labo.	96
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 047</b>	<b>33,3</b>	<b>19,5</b>	<b>47,2</b>	<b>21,6</b>	<b>3,8</b>		
Licence chimie-physique	535	41,9	26,7	31,4	23	4,6	-	38
Maîtrise chimie-physique	557	59,6	40,4	32,3	-	-	?	19
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 092</b>	<b>64</b>	<b>36</b>	<b>27,7</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>		
<b>Toulouse III</b>								
Licence chimie	520	41,5	27,7	30,8	-	-	4 à 9 sem.	301
Maîtrise chimie	520	41,5	27,7	30,8	opt	opt	4 à 33 sem.	146
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 040</b>	<b>41,5</b>	<b>27,7</b>	<b>30,8</b>	<b>opt</b>	<b>opt</b>		
Licence chimie-physique	534	43,8	29,2	27	-	-	4 à 15 sem.	179
Maîtrise chimie-physique	520	41,5	27,7	30,8	50	-	4 à 31 sem.	89
<b>Ensemble L + M</b>	<b>1 054</b>	<b>42,7</b>	<b>19</b>	<b>38,3</b>	<b>24,7</b>	-		

Source : enquête CNE

Les horaires d'enseignement pour les deux années licence + maîtrise varient entre 1 000 et 1 150 h, comme l'imposent les maquettes nationales, ce qui représente à peine le volume horaire d'une année d'enseignement en école d'ingénieurs de chimie. Les enseignements des matières d'autre que la chimie, et en particulier les langues, sont rares, à l'exception de la filière chimie-physique de Grenoble. L'absence de cours en langue étrangère, en particulier l'anglais, constitue un handicap sérieux pour la suite des études ou l'insertion dans le milieu professionnel. L'horaire des travaux pratiques qui n'atteint pas, hormis à Reims et à Poitiers, 30% du total est insuffisant : moins de 300 h sont consacrées au laboratoire dans une filière à dominante expérimentale.

Dans la majorité des cas, un stage, soit extérieur, soit en laboratoire universitaire, est prévu en maîtrise, sa durée étant variable selon l'établissement. La prise en compte d'un stage dans le cursus pose de nombreux problèmes, étant donné le nombre d'étudiants concernés et les résultats très moyens de certains d'entre eux.

## Recrutement

Une statistique nationale sur l'origine des étudiants de DEA montre que 60% en moyenne des étudiants proviennent de maîtrise et 25 à 30% sont issus des écoles d'ingénieurs.

Année	Discipline du DEA	Origine (en %)					
		Maîtrise	MST	Ingénieurs	Médecins	Normaliens	Autres
1989-1990	Chimie	53,7	5,9	29,9	-	1,4	9,1
	Physique-chimie	59,7	4,5	28,3	-	2,8	8,5
	Ensemble disciplines	61,9	3,7	14,7	3,9	1,5	14,3
1991-1992	Chimie	60,3	5,7	24,9	0,4	1,2	7,5
	Physique-chimie	59,9	4,6	24,3	0,4	2,4	8,4
	Ensemble disciplines	64	2,9	13,9	3,9	1,5	13,8
1992-1993	Chimie	58,7	6,4	27,9	0,4	1,4	5,2
	Physique-chimie	60	5,3	27	0,4	1,9	5,2
	Ensemble disciplines	63,9	3,2	15,9	3	1,4	12,6

Source : MENESR

Il est bien évident que ces pourcentages vont fortement varier suivant les établissements, selon les enseignements qui y existent ou la spécificité du DEA. Ainsi, dans les établissements-tests, la présence de normaliens n'existe que pour Paris XI ; le pourcentage d'étudiants issus de MST dans le DEA physicochimie et qualité des bioproduits de Nantes est proche de 50% du fait de l'existence de deux MST à Nantes ; le DEA Métallurgie spéciale de Paris XI, cohabilité avec l'Ecole des mines et l'Ecole centrale, a un pourcentage d'élèves ingénieurs proche de 50%.

D'une manière générale, deux procédures de recrutement sont utilisées par les responsables de DEA. Dans la première, les étudiants sont sélectionnés, en général dès le mois de juillet, par une commission prenant en compte les qualités du cursus précédent et une fois inscrits, ils se voient proposer des stages de recherche dont le nombre est en général égal à celui des étudiants. Dans la seconde, l'étudiant recherche lui-même son lieu de stage, puis après acceptation d'un responsable appartenant à la formation doctorale, il est automatiquement inscrit.

La première formule est largement utilisée dans les DEA des établissements-tests.

## La formation

Pour tous les DEA étudiés, la base horaire des enseignements théoriques varie entre 150 et 200 h. Le contenu des enseignements est bien évidemment caractéristique de la spécificité du DEA ; il est, dans la presque totalité des cas, exclusivement chimique ; en particulier, aucun d'entre eux n'a intégré un enseignement de langues ; comme déjà signalé pour le cursus licence-maîtrise, cette absence est extrêmement pénalisante pour les étudiants.

Le nombre d'enseignants est important : de 15 à 20 en moyenne (jusqu'à 27 pour un DEA de Paris XI) conduisant donc à des volumes horaires par enseignant assez réduits (12 h en moyenne). Ce sont en quasi-totalité des enseignants chercheurs ou des chercheurs CNRS.

Selon les DEA, les enseignements sont, soit bloqués sur une courte période de l'année (exemple des DEA de Nantes et de Toulouse), soit étalés sur toute l'année universitaire (cas de tous les DEA de Paris XI). Le second système permet une meilleure assimilation des cours théoriques que le premier, mais il rend difficile des stages en dehors du site de l'établissement. Cet inconvénient est moindre pour la région Ile-de-France du fait de la concentration importante de laboratoires universitaires et industriels. C'est sans doute la raison pour laquelle il est très utilisé à Paris XI, alors que les établissements de province utilisent surtout le premier.

Le stage de recherche se déroule dans un seul groupe de recherche ; à noter toutefois l'exception du DEA Chimie des biomolécules et applications, où les étudiants effectuent deux stages de recherche dans deux groupes différents.

### 3 - La recherche

A l'issue du DEA pour lequel le taux de succès est de l'ordre de 90% en chimie, la poursuite naturelle de la formation doctorale est la préparation d'une thèse. En fait, le taux de poursuite en doctorat est légèrement supérieur à 50% mais la proportion élevée de départ au service national (20%) peut donner à penser que d'autres poursuites en doctorat interviendront de façon significative à court terme.

Les statistiques nationales concernant l'évolution des soutenances de thèses, groupées par année civile, sont difficiles à exploiter en terme de variation du taux de progression.

<b>Nombre de thèses soutenues</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
Chimie	789	887	893	1 094	980
Ensemble des disciplines	5 963	6 782	7 161	8 539	8 788

<b>% de progression</b>	<b>1989-&gt;1990</b>	<b>1990-&gt;1991</b>	<b>1991-&gt;1992</b>	<b>1992-&gt;1993</b>	<b>1989-&gt;1993</b>
Chimie	12,4	0,7	22,5	- 10,4	24,2
Ensemble des disciplines	13,7	5,6	19,2	2,9	47,4

Source : MENESR

Il faut noter que le rythme de croissance du nombre de thèses soutenues en chimie, assez rapide jusqu'en 1992, semble révisé à la baisse depuis 1993. Une explication peut être trouvée dans la difficulté à obtenir des financements pour les thèses dans la conjoncture actuelle.

La poursuite d'un doctorat après le DEA n'est possible que si l'étudiant trouve une bourse (ou un salaire) ; celles-ci sont de diverses origines : bourse du MENESR, du CNRS (cofinancée ou non), des grands organismes (CEA, IFREMER...), industrielles (CIFRE,...), des collectivités territoriales, etc..., variables en montant et en couverture sociale. Leur nombre étant relativement limité, cela conduit à une diminution du nombre de thèses soutenues en chimie ces dernières années.

Une enquête de 1993 effectuée par le MESR et qui porte sur une population de 980 étudiants en thèse montre que 765, soit 78% de ces thèses, sont financées dont 243 par l'intermédiaire d'une allocation MESR. Le tableau ci-dessous donne les financements obtenus en 1994 par les étudiants admis aux DEA des universités choisies pour notre évaluation.

DEA	Admis	Allocat. MESR	AMN	BDI	Bourse DRET	Bourse CIFRE	Bourse indust.	Autre
<b>GRENOBLE</b>								
-Chimie moléculaire	34	6	-	1	-	1	2	3
-Electrochimie	29	4	-	-	-	-	6	6
<b>MONTPELLIER II</b>								
-Hétérochimie, polymères et catalyse	22	7	-	1	-	-	4	2
-Polymères, interfaces, états amorphes	39	8	-	-	-	-	8	1
-Chimie des biomolécules	35	7	-	-	-	-	-	-
-Matériaux de l'électronique et de l'ionique du solide	36	10	-	1	-	-	-	-
<b>NANTES</b>								
-Chimie fine	30	11	-	-	-	-	6	11
-Physico-chimie et qualité des bioproduits	57	5	-	-	-	1	-	10
-Chimie avancée de l'état solide	11	6	-	1	-	-	-	-
<b>PARIS XI</b>								
-Systèmes bio-organiques	14	2	1	1	-	-	-	1
-Chimie inorganique : de la molécule au matériau	28	9	-	-	2	1	2	-
-Chimie organique	49	12	-	-	-	-	-	-
-Physicochimie moléculaire	13	6	-	-	-	-	-	-
-Radioéléments, radionucléides, radiochimie	19	4	-	-	-	-	-	6
-Métallurgie spéciale et matériaux	46	9	-	1	-	7	4	2
<b>POITIERS</b>								
-Chimie appliquée	32	-	-	-	-	-	-	-
-Chimie et microbiologie de l'eau	46	4	-	-	1	4	4	4
<b>REIMS</b>								
-Chimie	14	3	-	-	-	-	-	3
<b>STRASBOURG I</b>								
-Chimie des métaux de transition et d'ingénierie moléculaire	14	7	-	-	-	-	4	4
-Chimie organique moléculaire et supra-moléculaire	27	10	1	2	-	-	2	4
-Chimie physique	34	5	-	1	1	-	1	5
-Chimie informatique et théorique	18	8	-	-	2	-	-	3
-Physicochimie des matériaux moléculaires et macromoléculaires	24	5	1	-	-	-	4	4
<b>TOULOUSE III</b>								
-Chimie des biomolécules et applications	21	8	-	-	-	-	3	1
-Chimie moléculaire et supramoléculaire	25	6	-	-	-	-	1	-
-Chimie et physicochimie des éléments de transition	12	4	1	1	-	-	-	-
-Sciences des matériaux	29	6	-	-	-	1	5	2

Source : enquête CNE

Les habilitations des formations doctorales n'étant délivrées par le Ministère qu'après l'avis positif de groupes d'experts, tous les DEA possèdent un "noyau dur" de grande qualité pour l'encadrement des étudiants de DEA et des doctorants. Tous les laboratoires composant ce noyau dur sont constitués par des unités propres du CNRS ou des laboratoires universitaires associés au CNRS.

DEA	Laboratoires d'accueil (noyau dur)
Chimie moléculaire et supramoléculaire (Toulouse)	URA 470 : Interactions moléculaires, réactivité chimique et photochimique URA 471 : Synthèse et physicochimie organique URA 477 : Chimie des composés organiques du germanium UPR 8241 : Chimie de coordination
Chimie et physicochimie des éléments de transition (Toulouse)	UPR 8241 : Chimie de coordination UPR 8011 : Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales
Chimie fine (cohabilité Nantes, Angers, Le Mans, Poitiers)	URA 475 Nantes : Synthèse organique URA 439 Angers : Synthèse et électrochimie organique URA 509 Le Mans : Chimie organique macromoléculaire URA 482 Le Mans : Synthèse organique URA 574 Poitiers : Synthèse organique et organométallique

Il faut noter par ailleurs que d'autres organismes comme l'ONERA et le CEA sont également laboratoires d'accueil reconnus, en particulier pour les DEA de Paris XI (systèmes bio-inorganiques, chimie organique, métallurgie...) et Grenoble (chimie moléculaire, électrochimie). Enfin, même s'ils n'apparaissent pas officiellement sur les maquettes d'habilitation, des laboratoires de recherche du secteur industriel accueillent des étudiants de DEA et des doctorants, en partenariat avec les laboratoires universitaires.

La durée de la thèse fait apparaître des différences selon les formations doctorales. La durée moyenne des thèses soutenues est de 3,3 ans pour les sciences de la matière et le génie des procédés (DSPT2), elle est sans doute très légèrement inférieure en chimie.

#### 4 - Eléments spécifiques à chaque université

##### Grenoble I

En chimie, l'université Joseph Fourier est représentée pour une part plus ou moins importante dans trois formations doctorales : chimie moléculaire, électrochimie et physicochimie des milieux organisés.

Le DEA de chimie moléculaire s'appuie sur les compétences des laboratoires du site grenoblois spécialisé en chimie moléculaire. Les étudiants, de l'ordre de la trentaine, viennent en majorité des maîtrises de chimie et de biochimie, puis d'autres maîtrises (chimie physique, es sciences) ou d'écoles d'ingénieurs de chimie. Les étudiants participent à toutes les activités du laboratoire et aux séminaires et conférences.

Le DEA d'électrochimie, habilitation de l'INPG cohabilité UJF, a un effectif d'une trentaine d'étudiants dont 1/3 sont élèves ingénieurs de l'ENSEEG et 2/3 proviennent d'autres filières, majoritairement de l'UJF. Des cours de mise à niveau sont organisés pour les étudiants de maîtrise. Cette formation d'électrochimie est intégrée à l'Ecole doctorale en sciences de l'ingénieur gérée par l'INPG qui propose des cours de langues, recherche et documentation, histoire des sciences.

Le DEA Physicochimie des milieux organisés se pose en formation pluridisciplinaire et interdisciplinaire. Il recrute essentiellement des étudiants ayant une formation de physique et de chimie.

##### Montpellier II

L'université de Montpellier II propose 4 DEA qui sont regroupés en deux écoles doctorales.

L'école doctorale de chimie moléculaire regroupe les DEA dans les deux domaines qui sont les prolongements de la chimie moléculaire. Ce sont les DEA Hétérochimie, polymères et catalyse (une vingtaine d'étudiants) et le DEA Chimie des biomolécules (une quarantaine d'étudiants). L'école s'appuie sur 15 laboratoires d'accueil dont 12 sont associés au CNRS.

L'Ecole doctorale de la matière condensée est constituée de 2 DEA : celui de matériaux de l'électronique et de l'ionique du solide (une quarantaine d'étudiants) et celui des polymères, interfaces, états amorphes (une trentaine d'étudiants). Elle s'appuie sur 16 laboratoires d'accueil dont 10 sont associés au CNRS.

Les étudiants viennent en majorité de maîtrise de chimie (ou biochimie pour le DEA Chimie des biomolécules) mais aussi d'écoles d'ingénieurs (ENSCM) ou encore de l'Institut des sciences de l'ingénieur de Montpellier, école d'ingénieurs qui constitue l'une des composantes de l'université Montpellier II.

L'existence de ces deux écoles doctorales, qui bénéficient de la présence de l'ENSCM et de l'ISIM, font de l'université de Montpellier un lieu d'excellence de la formation doctorale en chimie. Elles comportent pour un certain nombre de sujets de thèse des liens étroits avec le monde industriel.

## **Nantes**

L'université de Nantes possède 3 DEA de chimie, tous les trois cohabilités avec d'autres établissements.

Le DEA de physicochimie et qualité des bioproduits concerne 70 étudiants dont la moitié sont des étudiants nantais. Pour ces derniers, ils sont presque exclusivement issus d'une maîtrise de l'université de Nantes et majoritairement d'une des deux MST proposées à l'université.

Le DEA Chimie fine concerne une trentaine d'étudiants, tous issus de l'université. L'enseignement du DEA dure 12 semaines, le stage 23 semaines.

Les chimistes du solide de Nantes et du Mans, longtemps associés au sein du DEA Matériaux, proposent un DEA de physico-chimie des solides sous le nom "chimie avancée de l'état solide" qui intéresse une dizaine d'étudiants. Avec les deux autres DEA de Nantes, il y a là une ossature pour une école doctorale "sciences et structures de la matière" axée sur le domaine des matériaux particulièrement dynamique à Nantes.

## **Paris XI**

L'université Paris-Sud constitue un pôle scientifique de première importance au sein duquel la chimie représente 17% du potentiel enseignant chercheur du centre.

Les formations doctorales sont toutes cohabilitées avec d'autres universités (parisiennes ou de province) et/ou des grandes écoles d'ingénieurs. Elles s'appuient, de ce fait, sur un grand nombre de laboratoires dont la très grande majorité sont associés au CNRS.

Les DEA proposés à Paris XI sont au nombre de 10 : chimie organique ; systèmes bio-organiques ; physicochimie moléculaire ; chimie inorganique, de la molécule au matériau ; sciences des matériaux ; matière condensée, chimie et organisation ; radio-éléments, rayonnement, radiochimie ; métallurgie et matériaux ; chimie informatique et théorique ; électrochimie. L'ensemble de ces DEA représente un effectif de 250 étudiants environ dont la très grande majorité (sauf pour les matériaux) est issue de l'université.

Parmi les nombreux laboratoires d'accueil du site d'Orsay, 12 sont constitués par des unités de recherches associées au CNRS et rassemblées en trois instituts : l'Institut de physicochimie moléculaire, l'Institut de chimie moléculaire d'Orsay et l'Institut des sciences des matériaux.

Les points forts de la formation à l'université Paris-Sud viennent de la diversification importante en 3ème cycle (et même déjà en 2nd cycle) et de relations étroites entre la recherche et la matière enseignée, facilitées par le fort potentiel recherche qui existe au sein de l'établissement.

Les points faibles concernent principalement les travaux pratiques, pourtant essentiels dans une science expérimentale comme la chimie, et l'encadrement. L'enseignement pratique souffre d'un manque de moyens d'où découle l'utilisation d'appareils vétustes et souvent d'une époque révolue. L'encadrement est victime non seulement de la non création, mais aussi de la disparition d'un certain nombre de postes vacants ces dernières années. Il en résulte un vieillissement inquiétant du corps des enseignants chercheurs et la quasi-disparition de toute une classe d'âge qui, à court et moyen terme, risque d'entraîner la disparition de certains enseignements spécialisés.

### **Poitiers**

Trois DEA du secteur chimie sont proposés à l'université de Poitiers :

- le DEA Chimie appliquée qui concerne une trentaine d'étudiants et qui s'appuie sur deux laboratoires d'accueil associés au CNRS (URA 350 et URA 1468). Ce DEA appartient à l'Ecole doctorale sciences pour l'ingénieur de Poitiers ;
- le DEA Chimie et microbiologie de l'eau (cohabilité avec Nancy I et Pau) concerne une cinquantaine d'étudiants dont la moitié sont du secteur poitevin. Il s'appuie sur l'équipe "chimie de l'eau et des nuisances" de l'URA 1468.
- le DEA Chimie fine, élaboration de biomolécules et matériaux organiques, en cohabilitation avec Nantes, concerne 5 étudiants.

### **Reims**

La formation doctorale repose sur un DEA Chimie qui comprend deux options : chimie fine et chimie des substances naturelles. Les effectifs du DEA sont d'une quinzaine d'étudiants dont la très grande majorité vient d'une maîtrise de chimie de l'université de Reims.

Les cours sont regroupés en une seule journée et le reste du temps est consacré au stage de laboratoire.

En ce qui concerne les doctorants, le nombre est temporairement limité par la place. La proportion des étrangers est relativement élevée (30%, tous hors CEE). L'effectif comprend trois ingénieurs, ce qui montre que l'absence d'école à proximité immédiate n'empêche pas certains ingénieurs de choisir cette formation doctorale. De nombreux séminaires et des échanges suivis avec certains laboratoires étrangers permettent le placement des post-docs à l'étranger et réciproquement.

Bien que limitée dans ses effectifs faute de place et de moyens, cette "petite université" joue un rôle essentiel et possède une bonne position nationale et internationale dans le domaine de la chimie.

### **Strasbourg I**

L'université Louis-Pasteur propose 4 DEA dans le domaine de la chimie :

- le DEA de chimie physique (une trentaine d'étudiants) qui fait partie de l'école doctorale de physique ;
- le DEA de chimie organique (une trentaine d'étudiants), le DEA de chimie des métaux de transition et d'ingénierie moléculaire (une quinzaine d'étudiants) et le DEA de chimie informatique et théorique (3 étudiants). Une école doctorale regroupant ces trois DEA est en cours de formation.

Les laboratoires d'accueil pour les doctorants sont regroupés dans le centre de recherche Chimie, héritier de l'Institut de chimie issu de l'université impériale d'avant 1918. Des moyens communs prioritaires, qu'ils soient logistiques (magasin, messagerie, électronique), techniques (atelier) ou scientifiques (bibliothèques, spectrométrie de masse, RMN, rayons X) participent au maintien d'une cohésion nécessaire à la définition et à l'exécution d'une politique scientifique tout en respectant l'autonomie des nombreux groupes de recherches. 1 UPR, 7 URA et 1 UMR constituent ce centre, auquel six autres laboratoires se sont rattachés.



### **Toulouse III**

L'université Paul-Sabatier propose 3 DEA regroupés dans l'école doctorale de chimie de Toulouse : le DEA de chimie moléculaire et supramoléculaire (une trentaine d'étudiants), le DEA de chimie et physicochimie des éléments de transition (une vingtaine d'étudiants) et le DEA de chimie des biomolécules et applications (une vingtaine d'étudiants).

Pour ces DEA, les étudiants sont principalement issus des maîtrises toulousaines et, de façon marginale, d'école d'ingénieurs ou de l'étranger.

Deux autres DEA sont cohabilités avec d'autres établissements : le DEA de sciences des matériaux qui concerne 25 étudiants provenant, pour moitié de l'INPT et pour une autre moitié d'une maîtrise de chimie de l'UPS, et le DEA de chimie informatique et théorique qui concerne 5 étudiants issus de la maîtrise de chimie de l'UPS.

Il faut remarquer que, pour l'ensemble de ces formations, les enseignants intervenants sont nombreux, ce qui conduit à une faible participation horaire pour chacun d'eux et qu'une participation importante est fournie par les chercheurs CNRS des grands laboratoires d'accueil.

### **Conclusion**

Les formations doctorales de chimie, par leurs enseignants et leurs laboratoires d'accueil appartenant tous, pour le noyau dur, à des formations reconnues par le CNRS (formations propres ou associées) sont de très grande qualité, tout spécialement en ce qui concerne la formation des doctorants.

Toutefois, étant donné que plus de 60% des étudiants de DEA sont issus de maîtrise, il apparaît difficile d'occulter totalement la formation du 2nd cycle, et même de 1er cycle universitaire, lorsque l'on s'intéresse à la formation doctorale. Dans ces conditions, l'accès en 2nd cycle (voire en 1er cycle), le peu d'enseignement pratique en laboratoire, l'absence (ou presque) d'enseignement de langues étrangères, la faible préparation à l'insertion professionnelle sont autant de problèmes qui mériteraient réflexion. C'est en fait un problème plus général que celui de la chimie et qui concerne toute la politique actuelle de l'université, université de masse accueillant sans réelle orientation tous les bacheliers et où les multiples redoublements en 2nd cycle sont possibles. L'exigence de moyens, tant humains que matériels, qui en résulte met gravement en cause la qualité des enseignements et des encadrements. Malgré la bonne volonté, la compétence de tous, il s'en suivra, si ce n'est déjà commencé, une dégradation de la formation au niveau du 3ème cycle. Ce n'est sans doute pas de cette manière que l'on prépare au mieux les jeunes des universités à la compétition nationale et européenne.

On ne peut rester indifférent devant les chiffres concernant le devenir des diplômés après thèse. L'augmentation du nombre de stages post-doctoraux, essentiellement à l'étranger, est en soi une bonne chose. Il est bon de parfaire sa formation en quittant son laboratoire d'origine pour découvrir de nouvelles thématiques, de nouveaux appareillages, de nouveaux modes de réflexion, etc... Il ne faudrait cependant pas que cette pratique devienne une "fuite en avant" et camoufle une insertion difficile.

En effet, la diminution de l'insertion professionnelle, tout spécialement dans le secteur des entreprises, est inquiétante. On peut espérer que cette diminution n'est qu'un phénomène passager, dû à la crise économique qui a concerné l'ensemble de l'activité industrielle, y compris celle des industries chimiques et qui a affecté aussi le placement des ingénieurs. Mais il reste quand même les deux questions lancinantes : quelle est, dans le domaine de la chimie, la demande industrielle réelle de diplômés à bac + 8 ? et comment l'université, prise au piège de l'enseignement de masse, peut-elle répondre aux demandes spécifiques, si celles-ci sont exprimées ?

## **VI - La formation en chimie en France dans le contexte international**

### **1 - La comparaison avec l'étranger**

Le système de formation qui repose sur la dualité université-écoles d'ingénieurs n'existe vraiment qu'en France et, à un degré moindre, en Suède, au Danemark et un peu en Suisse. Dans les autres pays, la formation d'un cadre pour l'industrie chimique se fait dans les universités où la quasi-totalité des étudiants (sauf en Grande-Bretagne) préparent un doctorat. En examinant la typologie des enseignements de la chimie dans les différents pays d'Europe, on peut faire les observations suivantes :

#### **France**

Si l'on considère les formations en chimie et génie chimique, les 17 écoles de la fédération Gay-Lussac forment environ 1 200 diplômés en 1996 (700 en 1986) par rapport aux formations de maîtrise qui fournissent 2 000 maîtres + 200 maîtres en sciences et techniques à dominante chimie et 200 DESS. Les écoles forment donc environ le tiers des diplômés issus des formations supérieures initiales, à comparer aussi aux 980 + 150 docteurs en chimie et génie chimique, c'est-à-dire une population à peu près équivalente : 1 130 dont 25% sont issus des écoles.

Les horaires par élève-ingénieur sont très lourds (entre 950 et 1 150 h par an, hors stages industriels, sauf en 3ème année) avec des pourcentages de chimie compris entre 60 et 80%. La comparaison des charges entre écoles et licence-maîtrise (entre 350 et 500 h par an) montre qu'un élève-ingénieur reçoit en 1 an l'équivalent de 2 ans d'études en université avec une formation expérimentale 2 à 3 fois supérieure. Il est curieux de constater qu'en terme de charge d'enseignement un partage à peu près équivalent se fait entre les 17 écoles (51 000 h) et les 67 maîtrises (53 600 h) de l'hexagone.

En France, le nombre de diplômes d'ingénieurs chimistes et de génie chimique est à peu près équivalent au nombre de docteurs et représente la moitié du nombre de maîtres en chimie.

#### **Etats-Unis**

Le système américain d'enseignement de la chimie diffère du système français sur de nombreux points, l'un des plus importants étant l'absence d'autorité centrale. Ceci entraîne une grande diversité sur plusieurs points : critères d'admission, contenu et qualité de la formation, conditions d'obtention du diplôme, prix de revient des études pour l'étudiant.

Les établissements d'enseignement supérieur peuvent être privés ou d'Etat. L'enseignement de la chimie trouve sa place dans deux types d'université : celles où seul l'aspect enseignement est abordé et celles au sein desquelles les étudiants reçoivent pendant 4 ans un enseignement approfondi et progressif et où les professeurs sont très impliqués dans la recherche. Le diplôme, typiquement "Bachelor of Science", est normalement obtenu après 4 ans d'études qui concernent également des matières non scientifiques (sciences humaines). Pour le "Bachelor of Chemical Engineering", le cursus comprend un peu moins de sciences humaines et un peu plus de sciences de l'ingénieur (théorie et pratique) qu'en mathématiques. Depuis peu, la durée des études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur a été portée à 5 ans, de manière à inclure plus de formation en sciences humaines, en économie et en management.

Le diplôme comporte deux niveaux : "Le Master of Science or Engineering" qui peut être obtenu après 1 ou 2 ans d'études supplémentaires après le "Bachelor" et sanctionne un travail uniquement scolaire et le "Ph. D. (Doctor of Philosophy)" qui, en chimie, demande 4 à 7 ans d'études après le "Bachelor" pendant lesquels, outre des cours supplémentaires, l'étudiant doit présenter une recherche originale sous la direction d'un professeur. Pendant cette période, l'aide financière

apportée aux étudiants provient soit d'un poste d'enseignement, soit d'un financement qui vient du milieu professionnel sous forme d'une bourse. Dans les années récentes, il y a eu un accroissement du nombre d'universités proposant des Ph.D. dans le domaine des sciences, mais dans la conjoncture actuelle où le marché de l'emploi et l'attribution de fonds de recherche sont moroses, la tendance s'inverse et conduit à une diminution du nombre d'étudiants admis à préparer ce diplôme.

Comme il n'y a pas d'organisme d'accréditation officiel, ce sont des associations privées qui incite les universités à proposer un cursus de formation cohérent. La plus importante est l'"American Chemical Society (ACS)" qui met en place, au niveau des contenus, le minimum requis pour qu'un étudiant obtienne le titre de "Bachelor of Science" accrédités par l'ACS. Par exemple, tout récemment, l'ACS a recommandé d'inclure des cours sur les polymères, la science des matériaux ou la biochimie dans les cursus offerts aux étudiants. La reconnaissance de cette accréditation se mesure par la préférence que les employeurs accordent aux diplômés ayant suivi ces cursus. L'ACS publie chaque année le nombre d'étudiants diplômés pour chaque établissement d'enseignement supérieur. Des statistiques similaires sont également publiées par la "National Science Foundation" qui est une institution gouvernementale. Par exemple en 1993, 2 139 doctorats ont été décernés en chimie, 624 en génie chimique, parmi lesquels 39% en chimie et 51% en génie chimique sont de nationalité étrangère.

## **Allemagne**

Les études normales comportent en théorie 4 semestres de Grundstudium débouchant sur le Vordiplom, suivis de 6 semestres de Hauptstudium, correspondant à peu près aux 5 années de formation. Le cursus est proposé par 55 universités comportant des facultés des sciences dont 10 sont établies dans les "nouveaux länder". Les études comportent 2 fois 15 semaines avec des horaires de l'ordre de 30 h/semaine ; les travaux pratiques représentent 15 à 16 h (au moins 50%) et la chimie, dès le Grundstudium, représente de 60 à 80% des matières et toujours au dessus de 80% pour le Hauptstudium, qui se termine par une thèse de diplôme de 6 à 12 mois, le Diplomarbeit. La quasi-totalité des étudiants préparent un doctorat. Le Diplom Chemiker n'est qu'un diplôme intermédiaire, le doctorat est le diplôme final. Les docteurs en chimie connaissent bien la chimie mais n'ont pas reçu (ou très peu) de formation en sciences "non dures" (économie, gestion, communication, langues). L'enseignement est le plus souvent focalisé sur la chimie au sens étroit du terme, c'est-à-dire que les chimistes ne font que rarement du génie chimique ou de la métallurgie. Ces deux disciplines sont le plus souvent enseignées dans des facultés différentes de la chimie.

Pour comparer les flux, il y a eu environ 3 000 Diplom Chemiker en 1993 et 2 000 docteurs. C'est ce dernier chiffre qu'il faut comparer à celui des ingénieurs en France, car plus de 95% des ingénieurs en chimie sont docteurs. S'y ajoutent environ 600 diplômés des Fachhochschulen de génie chimique.

La crise dans l'industrie va faire se réduire considérablement le nombre des étudiants en chimie : les débutants sont passés de 6 560 en 1990 à 3 650 en 1993 (70% de moins), ce qui va évidemment conduire à une baisse du nombre des docteurs à un niveau de l'ordre de 1 200 en 2001.

## **Royaume Uni**

Les statistiques donnent ici 4 000 BSc en Chimie et Chemical engineering, 200 masters et 800 Ph. D. dans les disciplines chimiques. Le BSc s'effectue en 3 ans sauf en Ecosse (4 ans). Rappelons que la spécialisation débute plus tôt et qu'entre 16 et 18 ans, avant l'obtention du GCE (General Certificate of Education A level), l'élève a déjà eu environ 300 à 350 h de chimie. Au cours du BSc, une année représente environ 400 à 550 h dont à peu près 40% en chimie la 1ère année, 85% la seconde et 100% la dernière. Un stage de 4 à 5 mois dans l'industrie ou une "année-sandwich" apporte le contact industriel concret. Les heures de laboratoire et travaux pratiques hors stage représentent de 25 à 40%. C'est la Royal Society of Chemistry qui donne l'homologation des cursus et la reconnaissance professionnelle du diplômé par le statut de "Chartered Chemist" qui répond à des critères d'exercice professionnel bien précis. Un point assez curieux mérite d'être relevé : le prestige acquis par la formation en chimie dans certaines universités, même pour des métiers aussi différents que ceux du domaine de la gestion...

## **Espagne**

Le cursus traditionnel de "Licenciado en Química" est en cours de modification, il comporte un 1er cycle de 2 à 3 ans, qui comprend de 1 800 à 2 700 h (900 h/an). La chimie y représente près de 70%. La charge hebdomadaire est de l'ordre de 20 à 30 h. Un second cycle de 2 ans comporte 1 200 à 1 800 h d'enseignement. La thèse ou Ph. D. se fait en 2 ans, les doctorants suivent environ 320 h de cours et consacrent 80% de leur temps à la recherche. 400 docteurs sont diplômés par an. Un pourcentage élevé se destine à l'enseignement. Pour travailler dans l'industrie, il faut être inscrit à l'ANQUE (Asociación Nacional de Químicos de España) qui lance aussi avec le gouvernement et l'industrie l'équivalent des conventions CIFRE pour une recherche de doctorat dans l'industrie même.

## **Italie**

On tente de mettre en place une nouvelle organisation pour le premier niveau de "Laurea" dans les universités italiennes. La similitude avec le BSc est très forte. Le problème est l'accès à l'université à 18 ans de jeunes n'ayant reçu qu'une très faible culture scientifique au cours de leurs études secondaires. Il existe deux types de Laurea qui se font tous deux en 5 ans, le Laurea in chimica et le Laurea in chimica industriale, ressemblant au Master. 12 facultés délivrent le second. Le cursus comprend 3 ans de propédeutique et 2 ans de spécialisation dont la dernière année de thèse. Les trois premières années représentent 1 830 h d'enseignement dont 80% de chimie et 30% de travaux pratiques ou de laboratoire. Pendant les deux ans de spécialisation, la 1ère année comprend environ 600 h et la seconde année est consacrée au travail expérimental de thèse. Le Ph. D. "Dottorati de ricerca in chimica" dure trois ans, les flux sont de l'ordre de 150 docteurs en chimie par an, les doctorants participent à l'enseignement.

## **Pays-Bas**

Trois universités technologiques (Delft, Eindhoven et Twente), comparables aux écoles de la Fédération Gay-Lussac, et le département de génie chimique de l'université de Gröningen forment à partir d'un cursus qui dure 5 ans environ 400 ingénieurs chimistes diplômés par an dont environ 15% continuent pendant 4 ans pour préparer une thèse. Les sept facultés de chimie des autres universités néerlandaises forment, sur 4 ans, environ 450 diplômés dont 40% continuent encore 4 ans pour le doctorat.

L'organisation de l'enseignement peut être décrit à partir de l'exemple de l'Université technologique de Delft. Les 5 ans d'études sont divisés en trois périodes, une année de propédeutique suivie de deux périodes de deux années chacune.

Pour l'année de propédeutique (1ère année), les horaires par élève sont de 830 h, dont environ 50% de travaux pratiques, avec 70% de chimie. En outre, il est prévu 850 h d'études individuelles.

Ensuite, la première période de deux ans (2ème et 3ème années) prévoit 760 h par élève, dont environ 40% de travaux pratiques, avec plus de 80% de chimie et de génie chimique auxquelles s'ajoutent 880 h d'études individuelles.

Enfin, la deuxième période de deux ans (4ème et 5ème années) est conçue comme une véritable introduction à la recherche scientifique multidisciplinaire. En plus des cours et des travaux pratiques, l'étudiant prépare une mini-thèse à partir d'un travail bibliographique (240 h), d'un stage industriel (8 à 12 semaines), de génie des procédés (320 h) et d'un grand projet terminal (1 040 h).

Les autres pays européens ont des dispositions plus ou moins similaires. Que peut-on dire sur le niveau des études des ingénieurs chimistes français par rapport aux autres diplômes européens ? Il est bien sûr difficile de donner des appréciations de valeur sur des populations culturellement différentes. Quelques généralités cependant :

- les étudiants des autres pays sont souvent plus spécialisés en chimie et plus tôt que les élèves ingénieurs en France. De plus, en général, la part consacrée aux travaux pratiques, notamment en Allemagne, y est plus élevée ;

- corrélativement, les ingénieurs diplômés français ont une culture mathématique ou physique plus large, très appréciée, qui leur permet sans doute d'être plus aptes à l'évolution des métiers (informatique, électronique, automatisme, modélisation). On constate en Allemagne, aux Pays-Bas et en Italie une réflexion très actuelle sur l'introduction de plus de bases en mathématiques, physique, informatique et management ;

- en France des formations à la gestion au management, à la propriété industrielle... se sont progressivement, et très tôt, introduites ;

- le diplôme à bac + 5 semble se généraliser de plus en plus sauf au Royaume Uni ;

- les expériences d'échanges montrent que si les diplômés allemands et français sont de niveau équivalent, la formation en Espagne est aussi bonne ; par contre, la formation anglaise donne des résultats très variables, mais l'échantillon n'est pas forcément représentatif.

Ces comparaisons objectives ne doivent pas faire oublier que les écoles de chimie se sont engagées depuis une dizaine d'années dans une formidable ouverture européenne et internationale. Dans cette optique, parmi les 9 écoles évaluées, celles de Lyon et Lille sont les plus avancées, mais d'autres écoles de la FGL s'y sont aussi franchement engagées. L'industrie chimique est mondiale et multinationale ; les écoles ont compris, souvent avant les universités, l'importance des langues, de la culture et du stage à l'étranger. Les écoles de chimie françaises sont de ce point de vue plutôt en avance sur leurs homologues étrangers.

## **2 - Le regard des experts étrangers**

Afin d'avoir un jugement complètement objectif sur les formations de chimie en France, il a semblé intéressant de demander à des experts étrangers d'exprimer leur avis sur le système français.

### **La chimie dans les écoles et les universités françaises**

Pour son évaluation de la chimie, le Comité a sélectionné plusieurs écoles et universités représentatives. On nous a expliqué que ces établissements ont été choisis pour décrire toutes les divergences de la chimie, la diversité de taille, l'isolation ou l'intégration dans un ensemble (environnement ou position régionale), les spécialités de recrutement, etc... Il est difficile pour un étranger de juger ce choix. Dans un pays comme la RFA, où la responsabilité de l'enseignement reste entièrement dans les Länder, il aurait fallu en choisir plus pour arriver à un résultat représentatif.

L'évaluation des établissements publics de recherche en Allemagne, considérée comme essentielle surtout après l'unification ouest-est, se fait au sein d'une commission analogue au CNE qui s'appelle "Wissenschaftsrat" (Conseil scientifique). Elle est encore relativement réduite car elle se heurte à la souveraineté des Länder dans le domaine de l'éducation et de la formation. La HRK (Hochschulrektorenkonferenz), Conférence des recteurs des écoles supérieures, comparable à la CPU + CGE, a commencé ce travail. La HRK et la Fondation Bertelsmann ont récemment créé la société CHE (Centrum Für Hochschulentwicklung), Centre pour le développement des grandes écoles, qui s'occupe des questions d'évaluation et d'amélioration de la gestion des universités.

La Société allemande de chimie GDCh, en coopération étroite avec le Fonds der Chemischen Industrie FCI (la Fondation des industries chimiques), vient de publier un mémorandum pour lequel de nombreuses sociétés savantes et associations professionnelles ont donné leur accord, et dont les recommandations répondent aux problèmes typiques de l'enseignement supérieur dans les établissements français ou allemands. Une copie du mémorandum est incluse dans une publication dont le titre est *Stärkung der universitären Ausbildung und Forschung im Fach Chemie vor dem Hintergrund des Strukturwandels in der Weltwirtschaft* ("Renforcer l'enseignement et la recherche universitaire en chimie en tenant compte des évolutions structurales du commerce mondial").

Dans les paragraphes suivants, des observations, des opinions et des recommandations qui concernent l'enseignement supérieur français du point de vue d'un étranger sont présentées. Ce système est discuté comme entité, cela veut dire que les universités et les écoles sont traitées comme un système de formation.

Un des points forts et bien vu de l'extérieur de la France est le système de sélection pour entrer dans les grandes écoles. Dans un pays comme l'Allemagne, il n'existe pas un système comparable de formation d'élites. Cependant, il faut savoir que seul le fait du système sélectif est connu et admiré. Le niveau du bac ou les différents types de bac, les classes préparatoires et le contenu de leurs programmes ne sont guère connus. De plus, on ne comprend pas pourquoi la préparation pour des études supérieures en écoles se fait dans un autre établissement (en lycée pour les classes préparatoires). Le concours n'est pas connu non plus. La discussion en France sur la réforme des classes préparatoires est donc une discussion purement nationale. Je décris cette situation en détail pour indiquer que la valeur attribuée au système de sélection dans le monde non francophone est probablement très différente de celle attribuée en France.

*Bien qu'il y ait peut-être un besoin de réformes (qui sont en cours) pour les classes préparatoires ou pour d'autres formes de sélection, il faut en garder le principe, car une fois détruit le système de sélection il n'est pas facile de le réintroduire.*

Lors de nos visites, on a pu comparer les schémas d'enseignement et leur volume horaire et discuter avec les étudiants sur ce point. On se demande si la formation très réceptive pendant les classes préparatoires ne se poursuit pas pendant les études dans les écoles d'ingénieurs. On peut craindre que les horaires chargés dans les écoles, comparés avec ceux de l'université, n'accentuent un caractère intellectuel trop passif de l'étudiant. D'après nos entretiens avec les étudiants, c'est une doléance générale qui n'est pas prise assez au sérieux par nos collègues. Mais des horaires moins chargés conduiraient peut-être les étudiants pas trop motivés pour les devoirs qu'ils doivent faire à un manque de travail relevant alors de leur propre responsabilité et de leur créativité.

L'examen des plans d'études donne l'impression que beaucoup de sujets sont répétés (bien sûr de manière approfondie). Comment peut-on assurer qu'il n'y a pas trop de répétitions identiques (redondance) pendant le DEUG, la licence, la maîtrise ou bien les années d'école, plus éventuellement les classes préparatoires ?

*La sélection pendant les classes préparatoires, et de façon plus générale dans l'enseignement supérieur, doit favoriser les talents, la créativité, la flexibilité à répondre aux besoins des entreprises compétitives. Les aptitudes au travail en équipe semblent être trop peu considérées actuellement. La charge des horaires doit être examinée de façon très critique. Il faut éviter toute sorte de dévalorisation des études (licence + maîtrise) par des horaires trop légers, donc des objectifs trop limités. Les horaires dans les écoles devraient être étudiés pour motiver plus les étudiants. Les répétitions qui ne sont pas motivantes pour les étudiants doués devraient être évitées.*

Les experts étrangers se sont demandé comment attirer les meilleurs étudiants vers la chimie. Les classes préparatoires représentent une sorte de défi dans le système français de l'enseignement supérieur. A l'évidence, la préférence des étudiants se porte sur les mathématiques et la physique et, à l'issue du concours, les meilleurs étudiants ne se dirigent que rarement vers la chimie. Pour que l'industrie, sa recherche et sa gestion, soient fortes dans chaque domaine industriel, une orientation plus souple et moins dirigée par le préjugé national et traditionnel serait souhaitable.

*Les meilleures écoles de chimie et de génie chimique pourraient offrir des classes préparatoires intégrées. Le choix pour ceux qui suivent cette formation pourrait se faire d'après d'autres critères que ceux de leurs capacités mathématiques ("the best chemists are multi-talents !").*

L'accès libre à l'université (avec un bac) et l'accroissement énorme du nombre d'étudiants ont créé un sentiment de dévalorisation des études universitaires, qui est certainement justifié en comparaison avec un groupe d'étudiants sélectionnés, mais qui est quand même très exagéré en France si l'on en juge par les discussions avec les collègues français. Dans la plupart des pays

européens, le bac est le billet normal pour entrer dans l'enseignement supérieur. Ceux qui sont acceptés à Oxford et à Cambridge, à la ETH de Zurich ou à la Technische Universität de München sont eux aussi très sélectionnés dans leur pays, mais les bons étudiants des autres établissements dans les pays européens mentionnés ont de meilleures chances sur le marché de l'emploi que les "ordinaires" ou les médiocres des écoles/universités de haute réputation. En France, les échecs lors des deux premières années ou après le DEUG sont très nombreux. Les experts français ont présenté des chiffres qui montrent bien que la sélection après le DEUG est (statistiquement) très sévère. Nous n'avons pas reçu de réponses sur les carrières ultérieures possibles de ces étudiants en situation d'échec. Il semble peu sérieux d'augmenter encore plus le pourcentage d'une classe d'âge qui doit passer le bac, sans offrir parallèlement une formation utile à la vie professionnelle. Les étapes des études universitaires (DEUG, licence, maîtrise) ne sont pas bien comprises à l'étranger. Les échecs après chaque étape semblent être une sélection. On peut les regarder aussi comme un gaspillage de la richesse intellectuelle de la nation française s'il n'existe pas de carrières professionnelles nettement perceptibles pour ceux qui ne continueront pas.

Les experts étrangers n'ont pas assez d'informations pour savoir si la formation jusqu'au bac peut être considérée comme suffisamment qualifiante, compte tenu que la plupart des bacheliers poursuivront des études ultérieures. C'est pourtant très important, car il n'existe pas une voie parallèle de formation, comme en Allemagne (apprentissage + école professionnelle du compagnon au maître artisan-entrepreneur PME), qui attire bien plus que la moitié d'une classe d'âge en RFA.

*Au lieu d'un système d'étape de formation consécutive DEUG, licence, maîtrise, il serait souhaitable d'installer une partie importante d'orientation et de conseiller pendant la première année à l'université ou d'introduire un système de tests (comme les SAT ou PSAT aux USA : Scholastic Aptitude Test) qui aident à l'orientation. Dès le lycée, et même le collège, il faudrait informer sur les exigences et prétentions de différentes carrières et formations avec des chiffres statistiques et réalistes.*

Le système de formation en France est tellement différent du système allemand, hollandais, anglais que la compréhension à l'étranger ne se fait pas facilement. De plus, les autres nations croient très souvent que leur propre système est le meilleur. La formation dans un environnement d'étudiants sévèrement sélectionnés et très orientés vers les qualités intellectuelles (comme les mathématiques) serait un défi énorme pour les meilleurs étudiants européens.

*La réputation du système français se répandrait plus profondément si l'on pouvait attirer un plus grand nombre d'étudiants étrangers dans les écoles françaises pour la totalité de leur formation. De l'étranger on ne juge guère que la qualité moyenne, alors que la réputation se fait par la qualité exceptionnelle. Aujourd'hui, en chimie, la réputation se répand par les post-docs, donc par les meilleurs laboratoires de recherche.*

La chimie est une science et un artisanat. En RFA, on considère comme essentiel d'avoir une partie pratique dominante. La somme totale des heures de travaux pratiques montre une sous-estimation relative en France. Le très grand nombre des ingénieurs formés aujourd'hui fait qu'ils ne trouveront pas tous des postes de haut niveau dans les grandes entreprises, et l'on peut prévoir qu'ils occuperont des positions qui, autrefois, étaient destinées à du personnel moins qualifié.

*Pour cette partie importante des élèves qui sortent de l'école ou de l'université sans thèse, donc sans expérience de longue durée de travail expérimental scientifique, il faut discuter la valeur relative des travaux pratiques. Les travaux pratiques préparent à la partie "artisanat" ou au "métier de chimie" qui est demandée dans les PME par exemple.*

Lors de nos entretiens nous avons remarqué que l'utilisation d'un livre, et encore moins de plusieurs livres, par un étudiant est rare. Est-ce que cela reflète une réception passive de la matière scientifique par l'étudiant ? Est-ce que le professeur préfère que ses étudiants utilisent des manuscrits photocopiés ? Les librairies françaises montrent un choix très limité de livres généraux en chimie, comparé avec le marché anglophone et germanophone. Cette situation est différente en médecine par exemple, où les livres sont très souvent de meilleure qualité que les cours.

*L'utilisation des livres en parallèle avec les cours doit être encouragée. Il faut inciter plus d'auteurs à écrire des livres pour assurer dans le monde francophone de l'enseignement scientifique une barrière suffisamment stable. Les géants du multimédia (surtout américains) sont certainement intéressés à dominer ce monde francophone (sauf la France) par leurs produits.*

Les grandes écoles (et quelques universités) sont très fières de leur enseignement de langues vivantes, certainement très important pour les cadres de demain dans un domaine industriel transnational. Cet enseignement n'est pas obligatoire dans les pays voisins, comme la RFA ou les Pays-Bas. On se demande donc si, dans un cadre bien restrictif de trois années, trop de temps n'est pas pris par cet enseignement. Ne faudrait-il pas que les bases de connaissances en langues étrangères soient mieux posées au collège et au lycée ? Les collègues français ont constamment indiqué que la façon d'enseigner l'allemand au lycée sert plutôt à sélectionner les meilleurs étudiants pour les sciences que pour vraiment pratiquer cette langue.

*L'enseignement de langues vivantes devrait être amélioré au lycée de manière à se concentrer pendant l'enseignement supérieur sur les questions de la langue technique. Pour mieux intégrer les langues étrangères, des établissements très exigeants pourraient offrir des séminaires (cours, conférences régulières, etc) obligatoires en anglais. On pourrait recommander l'utilisation de livres en anglais.*

Les experts ont visité des bibliothèques et ils connaissent d'autres bibliothèques. Pour les écoles isolées, il semble impossible de fournir toute la littérature ancienne et actuelle du domaine scientifique de l'école. Mais dans les plus grandes structures la situation des bibliothèques nous semble aussi déplorable. Les étudiants et les chercheurs n'ont certainement pas accès à la littérature complète ou aux moyens modernes de l'information. Le savoir entier d'un domaine scientifique est tellement grand que personne n'en dispose. Aussi l'accès à la littérature et aux techniques qui permettent de trouver l'information, savoir utiliser ces techniques sont des choses aujourd'hui indispensables pour un scientifique, ingénieur ou cadre. Dans le monde actuel, l'utilisation de la littérature est nécessaire pour être prêt pour les innovations.

*L'enseignement doit comprendre l'utilisation de la littérature complète pour un problème et pas seulement des mises au point arbitraires. L'utilisation des services électroniques on line et "in house", y compris pour les brevets, doit faire partie d'une formation moderne, car les entreprises internationales l'exigent déjà et des bibliothèques virtuelles seront bientôt réalité.*

Pour les étudiants qui quittent l'université ou l'école sans passer par une thèse, ou même le DEA, des travaux pratiques sont plus importants. Il serait souhaitable qu'ils aient, à la fin des études, un caractère très voisin de la recherche expérimentale. Pendant les stages industriels les étudiants font connaissance avec la réalité du travail en entreprise, mais sont très rarement confrontés aux vrais problèmes. En plus, ils n'ont pas appris les stratégies pour résoudre les problèmes de recherche.

*Une connaissance de la recherche est indispensable pour les étudiants qui prévoient une carrière européenne dans la chimie industrielle. Même ceux qui veulent entrer dans une entreprise en dehors des laboratoires de recherche doivent avoir une certaine appréciation de ce type de travail.*

Le classement à la fin des études ne valorise pas les qualifications professionnelles. Le dernier reçu peut être très fort dans d'autres domaines de la vie professionnelle. Les étudiants qui complètent leur formation en dehors du curriculum ordinaire hypothèquent leur rang de sortie mais se donnent des atouts supplémentaires pour réussir dans leur carrière ultérieure. Le classement des étudiants ne sert à rien à l'étranger, et un tel classement public de personnes est probablement illégal dans plusieurs pays européens.

*Après de sévères examens pendant les études, des notes pourraient être données à chaque étudiant ; le classement semble inutile sauf pour les quelques premiers.*



En conclusion, pour toute réorganisation de l'enseignement supérieur, il faut conserver quelques valeurs très caractéristiques pour la France (en comparaison avec l'Allemagne) :

- la très bonne acceptation de nouvelles technologies ;
- l'intérêt pour les mathématiques, les sciences pour l'ingénieur et les sciences pures ;
- l'avis très favorable du grand public vis-à-vis du système de sélection ;
- l'acceptation de l'existence des élites ;
- le système de stages industriels.

Pour mieux intégrer le système français de l'enseignement supérieur en Europe, il faut :

- souligner encore davantage la valeur de la recherche en chimie, qui est bien mieux reconnue depuis les deux dernières décennies ;
- faire plus de publicité pour les meilleurs établissements et leur système de formation ;
- créer un système de compétition pour les meilleurs étudiants européens et, pour cela, le système des classes préparatoires est un obstacle ;
- éviter la séparation entre école et université, mal comprise ailleurs en Europe ;
- offrir des cursus européens plus clairs pour les étudiants étrangers de l'Union européenne au lieu d'un système très difficile à comprendre (DEUG, licence, maîtrise, DEA, IUT, IUP, DESS, MST...) ;
- moins croire à la réputation des écoles (sauf quelques-unes très connues) à l'étranger, où l'on apprécie surtout l'expérience en recherche ;
- souligner davantage la valeur des livres (y compris les non-français) et des moyens d'information scientifique sans frontière.

Pour améliorer le système européen de l'enseignement supérieur, il faut :

- encourager encore plus les échanges d'étudiants et de professeurs dans les deux directions et profiter de l'image très positive de la France ;
- des ouvertures réciproques et européennes de postes de professeurs ;
- établir un système informatique sur la formation et la recherche comprenant tous les établissements.

### **Contribution à l'évaluation de la chimie**

L'évaluation de la chimie en France a pu être menée à bien grâce à une documentation étendue et soigneusement préparée, à la collaboration des membres français de la commission mise en place par le CNE, à la disponibilité des professeurs présents durant les visites sur les sites, aux fructueuses rencontres avec les étudiants des différentes années qui ont donné lieu à des discussions intéressantes. Les observations et les conclusions que j'ai pu faire rejoignent celles présentées par mes collègues français ou étrangers mais, en complément, je voudrais résumer les points qui m'apparaissent comme les plus essentiels :

La comparaison avec d'autres pays européens, où les universités ont parfois du mal à trouver un nombre suffisant d'étudiants de chimie, montre que les études de chimie attirent en France un nombre relativement grand d'étudiants. Cette situation favorable nécessite cependant une certaine sélection. Les écoles ont résisté au grand afflux en faisant une sélection rigoureuse à l'entrée, qui contribue beaucoup au niveau et au prestige du diplôme d'ingénieur chimiste. Les universités qui, pour des raisons légales, ne peuvent suivre cet exemple, sont confrontées à un problème majeur : celui du rendement qui est actuellement très bas et sans doute beaucoup plus bas que dans d'autres pays européens. Il en résulte un gaspillage de capacités et de moyens qui a pris une envergure sérieuse. Cela porte atteinte au niveau des cours et au prestige des diplômes. En raison des moyens limités de chaque établissement, l'afflux doit être également limité. Il serait donc souhaitable de faire une sélection le plus rapidement possible pendant la formation, par le biais d'une orientation impérative. Le redoublement devrait être réduit aux cas exceptionnels. Une telle politique est surtout importante pour ceux (actuellement 80% des entrants) qui quittent l'université sans diplôme ou avec un diplôme qui donne peu de chances de trouver un emploi.

L'horaire d'enseignement dans les écoles est très chargé. De 8 h à 17 h l'étudiant est soumis à un programme intensif et collectif. Par rapport aux autres pays européens, les études collectives et passives sont très présentes au détriment des études indépendantes et actives. Pour ses activités

professionnelles futures il est du plus haut intérêt que l'étudiant n'apprenne pas seulement à reproduire ce qui lui est enseigné, mais qu'il apprenne également à acquérir lui-même, sans la direction directe d'un professeur, les connaissances nécessaires, par exemple au moyen d'un ordinateur ou par la lecture de la littérature scientifique. Il serait souhaitable de développer l'utilisation de la littérature en langue anglaise pour les élèves du dernier cycle, ce qui suppose des budgets suffisants pour les bibliothèques. On a constaté que, dans certaines universités et écoles, la bibliothèque et les salles des ordinateurs ne sont ouvertes, les jours ouvrables, que jusqu'à 18 h. Dans d'autres pays européens ces facilités restent à la disposition des étudiants le soir et aussi pendant le week-end.

En France, l'enseignement de la chimie dans les universités et dans les écoles est fondé sur une base étendue et solide de mathématiques, physique et chimie générale. En 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> cycles s'y ajoutent des domaines de la chimie spécialisée qui semblent bien répondre aux besoins du marché de l'emploi, parfois avec des accents régionaux. Sans trop entrer dans le détail, une comparaison avec des pays comme l'Allemagne ou les Pays-Bas peut mener à la recommandation de prêter plus d'attention, dès le début de la formation, à la biochimie (microbiologie), la toxicologie et la chimie de l'environnement. Les changements dans la société et dans l'industrie nous montrent que le rôle de la chimie et des chimistes devient de plus en plus considérable dans ces domaines pour lesquels des rapports d'experts prévoient des développements scientifiques et une croissance de l'emploi. Les chimistes doivent sauvegarder leurs positions dans ces domaines qui incombent à leur responsabilité.

Comparé aux autres pays européens, un point fort du système des formations de chimie en France est l'importance qu'on attache aux stages industriels et internationaux. L'exemple de l'école d'ingénieurs de Lille, où on enseigne pendant toute la durée des études deux langues étrangères et où 50% des étudiants passent à l'étranger leur année de troisième cycle entièrement valorisée par l'école, est à cet égard un bon modèle pour les autres écoles et universités en France et en Europe. Dans les entretiens avec les étudiants, il est apparu qu'ils apprécient beaucoup cet aspect des études, qui a souvent été pour eux la raison du choix de l'école de Lille.

Bien que, dans certains cas, l'industrie exerce une influence sur le contenu de l'enseignement et de la recherche, on garde l'impression qu'elle ne prête pas assez attention à la formation des chimistes et à la position des écoles et des universités. Pendant les entretiens, les étudiants se sont plaints du manque de contact avec l'industrie. Les industriels eux-mêmes devraient participer aux cours dispensés dans les universités et les écoles. L'industrie devrait inviter plus souvent des étudiants à visiter leurs entreprises. Dans beaucoup d'autres pays l'industrie non seulement contribue largement à l'enseignement et à la recherche, encourage des stages individuels et des visites collectives, mais fournit aussi des professeurs à temps partiel pour lesquels elle prend à son compte la différence de salaire entre l'industrie et l'université. Ce dernier point est d'autant plus important qu'en France le nombre de professeurs ayant une expérience industrielle est relativement réduit, même dans les écoles d'ingénieurs. Il est à recommander que l'Union des industries chimiques soit invitée à s'interroger sur son rôle collectif concernant les formations de chimie.

Le développement, pendant les études, des qualités de communication, d'organisation et de direction, est essentiel pour le bon déroulement de la vie professionnelle. Souvent les employeurs attachent plus d'importance à ces qualités-là qu'aux notes obtenues aux examens. Les étudiants avec lesquels nous avons parlé en étaient conscients, mais se sont plaints du fait que l'enseignement actuel laisse insuffisamment de possibilités à cet égard. Non seulement l'horaire très chargé laisse peu de place à des activités en dehors du cursus habituel, mais l'université (ou l'école) ne semble pas beaucoup apprécier ce genre d'activités et le jugement est fondé exclusivement sur les résultats aux examens. Le système rigoureux de classement, même au niveau DEA et ingénieur, n'a pas une influence positive à cet égard. Il est à recommander de stimuler les étudiants pour qu'ils organisent eux-mêmes des activités, comme par exemple des conférences, des séminaires, des visites aux entreprises, des stages, des rencontres sportives, des festivités, etc. L'initiative de la Société française de chimie qui vise à établir des cercles locaux d'étudiants pour organiser ce type d'activités mérite l'appui des universités et des écoles.

## **VII - Le devenir des diplômés**

L'université connaît un développement rapide qui s'est déjà traduit par une augmentation du flux de diplômés de deuxième et de troisième cycles. Ce mouvement, particulièrement sensible dans les formations de chimie, risque de se maintenir, voire de s'accroître, au cours des prochaines années.

Les écoles d'ingénieurs de la Fédération Gay-Lussac ont tenté de maîtriser les flux d'entrée malgré le contexte général de recommandation, voire d'exigence, visant à doubler le nombre d'ingénieurs formés. Au cours des cinq dernières années, une croissance très régulière a fait passer le flux d'entrée en première année de 961 élèves-ingénieurs en 1988 à 1 131 en 1990 et 1 317 en 1992, la prévision pour 1995 étant d'environ 1 300 élèves (progression de 35% entre 1988 et 1995).

Tous les diplômés, lorsqu'ils abordent la vie active, cherchent à utiliser leur diplôme pour accéder aux meilleurs emplois possibles. Un rapport de mai 1992 de l'Union des industries chimiques signalait que les besoins d'embauche de ces industries se situaient entre 300 et 500 ingénieurs chimistes et de génie chimique débutants par an. Ceci, compte tenu du fait que les autres industries - non chimiques au sens classique mais qui ont besoin de chimistes - recrutent un nombre équivalent de ces ingénieurs et que 25 à 30% de ces ingénieurs se dirigent vers l'enseignement, la recherche publique ou les activités non industrielles, était tout à fait compatible avec le total de 1 300 ingénieurs issus des écoles et des formations universitaires similaires.

Cette situation d'équilibre, valable pour 1990, s'est malheureusement dégradée, en raison à la fois de la crise économique et de la croissance des flux de diplômés mentionnée plus haut. Il est intéressant, dans cette optique, d'examiner le devenir professionnel des diplômés, qu'ils soient issus de l'université ou des écoles d'ingénieurs.

Même si le devenir professionnel des étudiants demeure une préoccupation importante des universités, celles-ci se heurtent à un ensemble de difficultés pour réunir les informations qui rendent souvent le résultat des enquêtes difficilement exploitable. Ce n'est pas le cas pour les écoles de chimie et de génie chimique pour lesquelles l'Union des industries chimiques réalise tous les ans une enquête sur le devenir de leurs étudiants diplômés trois ans auparavant (situation vis-à-vis de l'emploi, secteurs d'activité, métiers occupés, etc...) et qui bénéficient par ailleurs de la structure école avec les associations d'anciens élèves qui permettent un meilleur suivi des promotions.

### **1 - Le devenir des ingénieurs issus des écoles de chimie et de génie chimique**

Les enquêtes de l'UIC, qui mettaient en évidence jusqu'à ces dernières années une situation tout à fait satisfaisante vis-à-vis de l'emploi, ont montré à partir de 1993 (diplômés de 1990) un début de dégradation en ce qui concerne l'emploi, dégradation aggravée, tout en restant encore limitée, en 1994 (diplômés de 1991).

Compte tenu de la forte baisse des recrutements par les entreprises dans les dernières années, la Fédération Gay-Lussac a réalisé, au début de l'année 1995, en accord avec l'UIC, une enquête, strictement limitée aux écoles de cette fédération, portant sur la situation en fin 1994 des diplômés des quatre années 1991, 1992, 1993 et 1994. Compte tenu de la date de cette enquête, les résultats concernant les diplômés de 1994 ne sont pas très significatifs. La situation a par ailleurs fortement évolué depuis.

Devenir des jeunes diplômés	Sortis en 1991			Sortis en 1992			Sortis en 1993			Sortis en 1994		
	G	F	Total	G	F	Total	G	F	Total	G	F	Total
Ont un emploi	56,1	55,9	<b>56</b>	43,7	46,3	<b>44,7</b>	23,6	31,4	<b>27,1</b>	7,5	17,1	<b>11,8</b>
Effectuent une thèse	19	17,7	<b>18,5</b>	20,3	25,9	<b>22,5</b>	18,5	31,4	<b>24,3</b>	6,5	21,5	<b>13,2</b>
Suivent une autre formation (DEA, masters, autres...)	3,6	3,3	<b>3,4</b>	3,9	3,4	<b>3,7</b>	4,4	6,9	<b>5,5</b>	13,2	21,1	<b>16,8</b>
Font leur service national	1,6	0	<b>1</b>	4,8	0	<b>2,9</b>	13	0	<b>7,2</b>	50,8	0	<b>28</b>
Cherchent un travail depuis peu	4	4,8	<b>4,3</b>	4,8	2,5	<b>3,9</b>	14,3	3,3	<b>9,3</b>	5,6	21,7	<b>12,8</b>
Cherchent un travail depuis plus de 6 mois	3,3	1,8	<b>2,7</b>	6,6	4,5	<b>5,8</b>	8,3	11,1	<b>9,6</b>	1,2	5,1	<b>3</b>
Situation inconnue	12,4	16,5	<b>14,1</b>	15,9	17,4	<b>16,5</b>	17,9	15,9	<b>17</b>	15,2	13,4	<b>14,4</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Données en %

G : garçons F : Filles

Source : FGL-UIC

Les résultats de cette enquête, qui donne la situation à la fin de l'année 1994, appellent les remarques suivantes :

- le tableau ci-dessus qui concerne la situation des diplômés vis-à-vis de l'emploi met en évidence une certaine détérioration de la situation, caractérisée par une décroissance régulière de l'emploi, une augmentation des poursuites d'études de toutes sortes et un accroissement des demandeurs d'emploi (20% de l'effectif total, et probablement plus, si l'on tient compte des situations inconnues, alors qu'il était de l'ordre de 2% il y a quelques années) ;

- outre l'augmentation croissante des jeunes filles dans le nombre des diplômés, on peut voir qu'il n'y a pas de grandes différences selon le sexe dans la situation des diplômés, si l'on élimine l'incidence du service national.

Secteur d'activités	1991			1992			1993			1994		
	G	F	Total	G	F	Total	G	F	Total	G	F	Total
Chimie	30,3	27,7	<b>29,3</b>	20,2	19,4	<b>19,8</b>	32,2	29,6	<b>30,8</b>	33,3	24,4	<b>27,3</b>
Pétrochimie	5,3	4,1	<b>4,8</b>	5,9	2,3	<b>4,4</b>	2,6	2,2	<b>2,4</b>	2,5	6,1	<b>4,9</b>
Parachimie	12,9	7,5	<b>10,8</b>	14,3	7,4	<b>11,4</b>	11,9	8,9	<b>10,3</b>	15,4	11	<b>12,4</b>
Santé	6,1	4,6	<b>5,5</b>	4,6	4,6	<b>4,6</b>	8,5	5,9	<b>7,1</b>	5,1	4,9	<b>4,9</b>
Société d'ingénierie	6,8	12,1	<b>8,9</b>	6,3	8	<b>7</b>	3,4	4,4	<b>3,9</b>	2,6	2,4	<b>2,5</b>
Energie	2,6	4,1	<b>3,2</b>	2,9	6,3	<b>4,4</b>	4,2	0,8	<b>2,4</b>	0	3,6	<b>2,5</b>
Electronique-informatique	1,9	1,7	<b>1,8</b>	3,8	2,9	<b>3,4</b>	3,4	4,4	<b>3,9</b>	0	2,4	<b>1,7</b>
Enseignement-recherche	9,5	17,9	<b>12,8</b>	10,5	23,4	<b>16</b>	5,9	16,3	<b>11,5</b>	10,3	17,1	<b>14,9</b>
Autres industries	18,9	13,9	<b>16,9</b>	21,8	13,1	<b>18,1</b>	20,3	19,3	<b>19,8</b>	23,1	23,2	<b>23,1</b>
Autres services	5,7	6,4	<b>6</b>	9,7	12,6	<b>10,9</b>	7,6	8,2	<b>7,9</b>	7,7	4,9	<b>5,8</b>

Données en %

Source : FGL-UIC

L'analyse des secteurs d'activité des diplômés ayant un emploi montre en particulier que, sauf pour les diplômés de 1992 où la proportion s'était abaissée à 40%, 1 diplômé sur 2 environ se dirige vers les secteurs de la chimie au sens large (chimie, pétrochimie, parachimie, santé).

	Sortis en 1991			Sortis en 1992			Sortis en 1993			Sortis en 1994		
	H	F	Total	H	F	Total	H	F	Total	H	F	Total
<i>Taille de l'entreprise</i>												
< 100 personnes	20,9	24,8	22,4	21,8	22,5	22,1	24,5	30,5	27,5	23,9	23,6	23,7
100 à 500 personnes	32,7	34,8	33,5	34,3	30,1	32,7	30,1	29,1	29,6	32,6	31,5	31,9
> 500 personnes	46,4	40,4	44,1	43,9	47,4	45,2	45,4	40,4	42,9	43,5	44,9	44,4
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<i>Nature du métier</i>												
Rech. & développement	30,8	29,4	30,3	31,7	34,3	32,7	32,7	34,9	33,8	24,3	41,3	35
Ingénierie	10	16,3	12,5	9,5	9,5	9,5	9,7	6,8	8,3	10,8	7,9	9
Fabrication	17,6	6,3	13,2	12,6	5,8	9,8	14,2	2,9	8,8	18,9	6,3	11
Contrôle, qualité	9,2	13,1	10,7	7,5	12,4	9,5	8,8	14,6	11,6	5,4	19,1	14
Informatique	3,6	0,6	2,4	2	1,5	1,8	1,8	1	1,4	0	1,6	1
Commercial	18,4	13,1	16,3	23,1	15,3	20	12,4	14,6	13,4	18,9	3,2	9
Sécurité-environ.	3,6	3,1	3,4	1,5	2,2	1,8	0,9	2,9	1,9	0	0	0
Autres	6,8	18,1	11,2	12,1	19	14,9	19,5	22,3	20,8	56,7	20,6	21
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Données en %.

Source : FGL-UIC

La taille des entreprises où sont employés les ingénieurs montre peu de variation selon les années, avec 45% dans les entreprises de plus de 500 personnes. Il serait hasardeux, cependant, d'en déduire que 55% des jeunes sont embauchés par des entreprises petites et moyennes, car il faudrait vérifier que la notion d'entreprise n'a pas été parfois confondue avec celle d'établissement, et beaucoup de "petites entreprises" sont des filiales peu autonomes de grands groupes.

En ce qui concerne les métiers des jeunes diplômés en entreprise, on constate la prédominance de la recherche et développement (30 à 35%) sans différence significative entre filles et garçons. La présence des filles en fabrication est encore modeste, mais non négligeable. Elle est forte, en contrepartie, dans le contrôle. 15 à 20% des jeunes se dirigent vers les fonctions technico-commerciales - bien que plus modeste que celle des garçons, la place des jeunes filles y est notable (les résultats pour 1994 ne sont pas significatifs).

Les emplois liés à la sécurité-protection de l'environnement sont très modestes, à la fois compte tenu de leur faible nombre global et du fait qu'ils sont plutôt confiés dans les usines chimiques à des personnels confirmés connaissant bien à la fois le métier et l'entreprise. Il s'agit là plutôt d'emplois dans des sociétés de service ou spécialisées.

Il est intéressant, dans cette optique, d'examiner sur plusieurs années l'évolution des recrutements des ingénieurs chimistes diplômés débutants dans l'industrie chimique (chimie, parachimie, pharmacie) tels qu'ils ressortent des enquêtes annuelles effectuées jusqu'à présent par l'UIC - on a pu y joindre les résultats de l'année 1994 au moins sous une forme provisoire, leur collecte n'étant pas terminée.

Années	Entreprises d'effectifs < 200 personnes	Entreprises d'effectifs >200<1 000 personnes	Entreprises d'effectifs > 1 000 personnes	Ensemble des entreprises	Diplômés des écoles de chimie et génie chimique
1990	100	100	100	100	100
1991	140	93	77	81	106
1992	244	52	49	55	120
1993	358	33	27	43	123
1994	193	45	47	62	131
1995					140

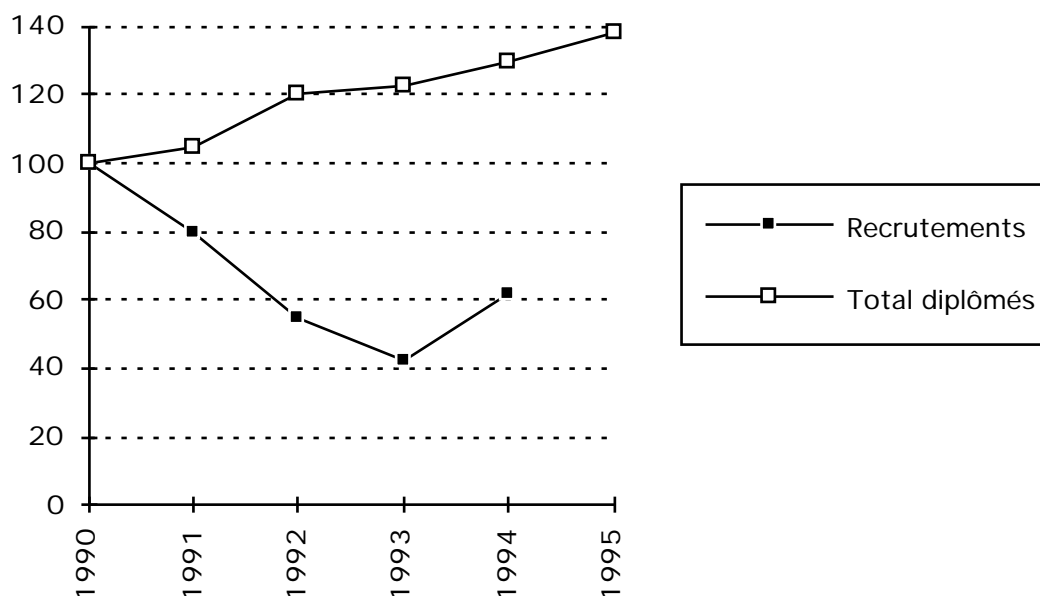
Source : FGL-UIC

Base 100 en 1990

Compte tenu du fait que ces résultats ont été obtenus sur un nombre d'entreprises qui ne couvre que partiellement la branche (de l'ordre de 65 à 70% des effectifs) et qui varie un peu selon les années, les résultats sont donnés en pourcentage, en prenant l'année 1990 comme base.

L'évolution des recrutements depuis 1990 montre de façon claire un transfert des grosses entreprises vers les petites et moyennes entreprises, qui semble s'infléchir légèrement en 1994.

On peut présenter l'essentiel des résultats qui concernent les diplômés des écoles d'ingénieurs et le recrutement par les entreprises de l'industrie chimique selon le graphique suivant, qui concerne lui aussi des pourcentages :



On doit noter que la stabilisation de leurs effectifs par les écoles et un net redressement des recrutements par l'industrie en 1995 conduit actuellement à une réduction de l'ampleur du "gap" mis en évidence par ce graphique.

## 2 - Le devenir des diplômés issus de l'université

De plus en plus, les universités sont conduites à améliorer leur connaissance du devenir de leurs diplômés ou même, plus généralement, de leurs étudiants. Néanmoins, les retours d'information sur le devenir des jeunes sortant de l'université à tous les niveaux demeurent difficiles et la connaissance sur ce qui se passe au niveau des établissements universitaires reste faible et inégale. En ce qui concerne les diplômés de 3ème cycle, on dispose cependant de données suffisantes pour en tirer certaines conclusions. Les résultats d'enquêtes menées par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche sont à cet égard intéressants.

L'évolution des diplômés du DEA entre 1985 et 1993 montre une diminution du taux de progression, plus marquée en chimie que dans l'ensemble des disciplines.

<b>Nombre de diplômés</b>	<b>1985-1986</b>	<b>1987-1989</b>	<b>1989-1990</b>	<b>1990-1991</b>	<b>1991-1992</b>	<b>1992-1993</b>
Chimie	1 198	1 423	1 641	1 870	2 022	1 977
Ensemble des disciplines	17 109	18 951	21 232	23 468	26 374	26 991

<b>% de progression</b>	<b>1985-1987</b>	<b>1987-1989</b>	<b>1989-1990</b>	<b>1990-1991</b>	<b>1991-1992</b>	<b>1985-&gt;1993</b>
Chimie	18,8	15,3	13,9	8,1	2,2	65
Ensemble des disciplines	10,8	12	10,5	12,4	2,3	57,7

Source : MENESR

Les statistiques nationales sur le devenir des diplômés de DEA portent sur l'ensemble des DEA sciences de la matière qui regroupent physique et chimie.

<b>Devenir des diplômés de DEA</b>	<b>Ensemble des disciplines</b>				<b>Physique-chimie</b>			
	<b>1988-&gt;1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1988-&gt;1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
Nombre total de diplômés (y compris étrangers)	-	23 468	26 374	26 991	-	2 807	3 108	3 393
Population observée (hors étranger)	-	18 444	20 284	21 974	-	2 432	2 716	3 140
Service national	7,4	8,1	12,5	14,6	10,8	10,9	19,9	21,4
Poursuite d'études dont doctorat à :	67,9 92%	69,3 89%	66,8 88%	63,6 83%	77,4 95%	78 93%	70,4 91%	63,7 88%
Activités professionnelles dont :	23,5	21,3	17,8	18,3	10,7	9,7	6,5	6,3
enseignement secondaire	5,2	3,6	3,5	3,7	1	1,8	1,1	1,3
enseignement supérieur	3,5	2,2	1,9	1,8	0,3	0,5	0,1	0,2
organisme de recherche	2,1	1,2	0,7	0,8	0,5	0,6	0,4	0,6
entreprises, administration	12,7	14,3	11,7	12	8,9	6,8	4,9	4,2
Sans emploi	1,2	1,3	2,8	3,5	1,1	1,4	3,2	5,9

Source : MENESR

La population prise en compte pour le calcul des pourcentages correspond aux personnes pour lesquelles la situation est connue avec certitude, mais en excluant les étudiants étrangers ; habituellement, ils sont considérés au travers de la rubrique "retour au pays", comme ayant une activité professionnelle, ce qui fausse assez fortement les pourcentages réels.

L'évolution du devenir des étudiants diplômés du DEA montre une diminution sensible des poursuites d'études, en particulier au niveau du doctorat, alors que, rappelons-le, le DEA n'est pas normalement un diplôme à finalité professionnelle. Elle est due, sans aucun doute, à la difficulté croissante de trouver une bourse ou un salaire pour poursuivre en thèse. L'obtention d'une bourse étant liée en règle générale au classement obtenu au DEA, celui-ci devient actuellement un véritable concours.

L'augmentation importante du pourcentage concernant les départs au service national est sans doute une conséquence de la réglementation ministérielle exigeant pour les étudiants une disponibilité de deux ans minimum pour l'obtention d'une allocation MESR.

La diminution sensible de l'insertion professionnelle, en particulier au niveau des entreprises, est bien sûr corrélée avec une augmentation du pourcentage de sans emploi. Il faut remarquer, par ailleurs, que les taux d'insertion pour l'ensemble physique-chimie sont extrêmement bas par rapport à ceux de l'ensemble des disciplines.

Les conclusions que l'on peut porter sur le devenir des diplômés docteurs sont similaires avec un caractère encore plus alarmant.

Devenir des diplômés docteurs	Ensemble des disciplines					Physique-chimie					Chimie	
	1987->89	1990	1991	1992	1993	1987->89	1990	1991	1992	1993	1992	1993
Nombre total de diplômés (y compris étrangers)	-	6 782	7 161	8 539	8 788	-	1 358	1 400	1 762	1 472	1 094	980
Population observée (hors étranger)	-	4 634	4 995	5 782	5 994	-	1 020	1 072	1 355	1 354	835	809
Service national (en %)	1,5	0,6	1,2	0,8	1,6	1,3	0,7	1,5	1,2	3,1	1,1	2,2
Poursuite d'études (%) (post-doc...)	9,2	13,9	19,2	18,7	22	10,5	9,9	19,9	23,9	29	25,1	30,5
Activités professionnelles (%) dont :	86,2	83,8	74,4	75,3	66	84,3	87	73,8	66,4	50,5	64,5	47,6
enseignement secondaire	7,8	7,6	4,7	6,1	5,8	5,1	7,8	4,8	5,4	4	5,7	4,9
enseignement supérieur	23,3	22,6	24,7	32,1	34	12,6	16,6	18,4	24,3	24,7	22,7	19,9
organisme de recherche	17,2	17,2	14,5	13,8	8,9	18,5	18	15,9	12,4	4,6	6,8	5,6
entreprises, administration	37,9	36,4	30,5	23,3	17,3	48,1	44,6	34,7	24,3	14,2	29,3	17,2
Sans emploi (%)	3,1	1,7	3,1	5,2	10,4	3,9	2,4	4,8	8,5	17,4	9,2	19,7

Source : MENESR

Le pourcentage d'activités professionnelles est passé de 90% à moins de 50% en quatre ans, suite en particulier à une insertion très faible dans le milieu industriel : moins de 20% en 1993. Parallèlement, le pourcentage des sans emploi augmente en doublant chaque année depuis 1990. Il faut être conscient, par ailleurs, que l'augmentation très rapide du taux des poursuites d'études (plus de 30% en 1993) masque un pourcentage plus important de sous-emploi ; en effet, au retour du post-doc, bon nombre de titulaires de thèses se retrouvent sans emploi mais ne sont pas comptabilisés dans les statistiques.

Le tableau suivant présente, selon une enquête du CNE, le devenir des doctorants français des années 1993 et 1994 cumulées pour un certain nombre de DEA des établissements choisis pour l'évaluation. Dans cette enquête, les étudiants étrangers qui retournent dans leur pays à l'issue de leur thèse ne sont pas pris en compte et les docteurs sans emploi comprennent ceux qui sont en autre poursuite d'études ou au service national.

DEA d'origine	Nombre de diplômés	Emploi industriel %	Emploi public %	Post doc %	Sans emploi %
Grenoble					
Chimie moléculaire	35	20	11,4	48,6	20
Electrochimie	27	7,4	44,4	14,8	33,4
Montpellier					
Hétérochimie	18	5,5	44,4	16,7	33,4
Chimie des biomolécules	43	3	27,3	39,4	30,3
Nantes					
Chimie fine	67	7,3	-	2,9	89,8
Chimie avancée de l'état du solide	40	9,1	39,4	-	51,5
Paris					
Chimie inorganique	42	12	28	43	17
Chimie organique	47	19,1	17	49	14,9
Métallurgie	71	25,3	14,1	25,4	35,2
Physicochimie	12	-	58,3	25	16,7
Radiochimie	11	-	45	45	10
Poitiers					
Chimie appliquée	11	-	45,4	45,4	9,2
Chimie et microbiologie	6	50	-	-	50
Reims					
Chimie	19	10,5	58	21	10,5
Strasbourg					
Chimie organique	52	0	24,5	59,2	16,3
Chimie des métaux de transition	29	8,7	8,7	65,2	17,4
Toulouse					
Chimie moléculaire	30	7,1	32,1	35,7	25,1

Source : enquête CNE



Le devenir des diplômés de DEA et de thèse apparaît de plus en plus incertain, en particulier en ce qui concerne l'insertion dans le milieu professionnel. Il apparaît même, contrairement à ce que l'on pourrait penser, plus grave en chimie que pour l'ensemble des disciplines.

Les résultats des enquêtes qui sont menées au niveau national pour observer l'évolution sur plusieurs années du devenir des docteurs sont difficiles à exploiter, car les établissements sont rarement en mesure d'y répondre de façon complète. Le CNE a conduit une enquête sur le devenir des diplômés de DEA et des docteurs issus de l'ensemble des écoles doctorales de chimie pour lesquelles les données sont en général assez bien connues.

#### Devenir des étudiants de l'ensemble des DEA des écoles doctorales

	1990/1991	1991/1992	1992/1993	1993/1994
Nombre de diplômés	455	522	588	586
Inscrits en thèse	251	323	347	302
Poursuite d'études	67	50	57	74
Retour au pays	6	3	8	8
Enseignement secondaire	7	9	13	5
Organismes de recherche	10	10	6	5
Entreprises	29	15	20	29
Administration	2	2	3	2
Service national	57	61	96	121
Sans emploi	6	10	22	34
Situation non connue	38	57	29	29

Source : enquête CNE

#### Devenir des docteurs

	1990	1991	1992	1993	1994
<b>Thèses soutenues</b>	211	203	293	282	319
Post doc	13	23	52	64	88
Autre poursuite d'études	7	5	20	14	14
Retour au pays	22	20	36	41	32
Enseignement secondaire	12	5	11	11	10
Enseignement supérieur	28	27	60	47	60
Organismes de recherche	11	10	22	20	9
Entreprises	83	66	62	43	29
Autres	1	5	2	2	9
Service national	1	3	4	8	8
Sans emploi	6	9	18	31	51
Situation non connue	11	10	8	10	13

Source : enquête CNE

A la lecture des résultats de cette enquête, on peut faire les constatations suivantes :

- Le nombre de diplômés des DEA qui poursuit en thèse demeure compris entre 50 et 60%.
- Les chiffres relatifs aux devenir des docteurs font apparaître de nettes évolutions :
  - . le nombre de stage post-doctoraux est en progression continue (5,9% en 1990, 29,6% en 1994) ;
  - . un léger accroissement des débouchés dans l'enseignement supérieur dont la moitié environ sont constitués par des emplois d'attachés temporaires d'enseignement et de recherche suite à la réforme de recrutement des maîtres de conférences ;
  - . une forte baisse des débouchés en entreprise ainsi que dans les organismes publics de recherche ;
  - . une très nette augmentation des sans emploi.

Ces évolutions montrent de façon claire les difficultés d'insertion professionnelle sensibles à partir de 1993. Cette situation, qui contribue à un fort accroissement de post-doctorants et donc à une augmentation du nombre de demandeurs d'emploi, peut apparaître préoccupante. Si la reprise de l'emploi dans les entreprises n'intervient pas rapidement, on peut se poser la question de la limitation du nombre de diplômés formés en chimie chaque année : l'analyse des chiffres annuels de diplômés et du marché de l'emploi suggère une réduction de moitié du nombre de maîtres, une limitation à 1 000 du nombre des ingénieurs formés dans les écoles, et un taux de DEA de 75% du taux actuel. Par contre, le nombre des docteurs formés chaque année devrait être maintenu à son niveau actuel, de manière à alimenter l'enseignement supérieur et les organismes de recherche publics en bons candidats qui sont les garants d'une formation de qualité pour les années à venir.

Néanmoins, la situation actuelle semble montrer une légère reprise des embauches, qui devrait être particulièrement sensible dans le domaine de la chimie, laquelle, comme on l'a vu, constitue une formation dont les débouchés couvrent un large spectre. De plus, les courbes démographiques font apparaître, pour les années 2000-2005, une baisse prévisible des effectifs étudiants en même temps qu'un taux important de départs à la retraite. C'est pourquoi, plutôt qu'une limitation trop stricte du nombre de diplômés, il vaut mieux prévoir une modulation en fonction de la conjoncture économique.

## VIII - Conclusions et recommandations

A la fin du siècle dernier, un journal américain écrivait ceci : *"En 1897, il n'est pas douteux que le pays qui a les meilleurs chimistes doit à la longue devenir le plus prospère et le plus puissant. C'est lui qui se procurera au plus bas prix les engrais les plus actifs, laissera le moins de ressources improductives, aura les meilleurs canons, les explosifs les plus formidables, les armements les plus résistants. Ses habitants jouiront d'une meilleure santé, éviteront la maladie et leur évolution naturelle favorable rencontrera la moindre résistance. Les dépenses que peut faire un pays pour instruire ses enfants dans les sciences physiques et dans la chimie sont le plus productif des placements. Aujourd'hui, la lutte entre les nations se réduit au fond en une simple concurrence sur le terrain de la science et des applications de la chimie".*

A la fin de ce siècle où la conjoncture économique est difficile, en particulier dans le domaine de la chimie, l'attentisme des employeurs qui ont freiné les investissements et les embauches impose aux formateurs une réflexion sur l'évolution de leurs formations. Celle-ci doit se faire en relation avec les industriels qui sont les mieux placés pour définir les préoccupations du moment.

Si les écoles, en particulier grâce à l'étroite collaboration entre la Fédération Gay-Lussac et l'Union des industries chimiques, ont déjà tenté d'apporter des réponses en faisant évoluer leur enseignement, l'université a du mal à nouer des contacts étroits et suivis avec la profession. On pourrait imaginer, à l'instar de ce qui se fait aux Pays-Bas, un partenariat en terme de formation entre les établissements d'enseignement supérieur (universités + écoles) et les industries. Celui-ci, qui impliquerait directement les industriels dans les enseignements, serait cautionné par le ministère de l'Enseignement supérieur. Chacune des parties serait gagnante : les industries, pour lesquelles l'évolution des métiers conduit à terme à une population de cadres moyens et supérieurs plus importante et plus qualifiée ; les établissements, qui éviteraient les risques de sclérose et de non prise en compte des vrais problèmes industriels.

*L'adaptation de la formation à l'évolution des métiers dans le domaine de la chimie réclame une participation plus forte des industriels de la profession.*

### 1 - Recrutement

La chimie garde une image rébarbative dans la population adulte qui a atteint le niveau du baccalauréat. Il en résulte une difficulté au niveau du recrutement de bons étudiants motivés par la discipline. A cet égard, le rôle des Olympiades de la chimie organisées conjointement par des enseignants du secondaire, du supérieur et des industriels avec le concours des sociétés savantes est essentiel et contribue sans aucun doute à stimuler l'intérêt des jeunes pour la chimie.

La chimie est une discipline essentiellement expérimentale ; la compréhension et la transformation de la matière, la création de molécules et de matériaux nouveaux sont un art véritable où l'imagination, l'intuition, la finesse de l'expérimentation guidées par un ensemble de lois et règles bien établies jouent un rôle majeur. Relativement à cette définition, les deux systèmes de formation qui coexistent dans l'enseignement supérieur français présentent au niveau du recrutement des carences auxquelles il faudrait remédier :

- l'un, celui des écoles d'ingénieurs, est très sélectif et repose essentiellement sur les concours à l'entrée. Cette méthode de sélection ne permet pas de recruter les élèves les plus motivés pour la chimie ou de choisir ceux qui démontrent les meilleures qualités professionnelles. En outre, elle ne présente pas la diversité nécessaire dans le recrutement. La mise en place récente des CPI démontre une volonté d'évolution qui pourrait être prolongée par un recrutement, sur dossier et entretien, d'étudiants issus du DEUG, à l'image de celui qui existe en 2ème année pour les maîtrises dont on

constate par ailleurs l'excellence des résultats au sein des écoles. Pourquoi les maîtres qui réussissent bien en école ne seraient-ils pas aptes à suivre l'enseignement dès la 1ère année d'école d'ingénieurs à l'issue de leur DEUG ?

- L'autre, celui des universités, n'est pas sélectif mais ouvert, au niveau du second cycle, à tout étudiant titulaire d'un DEUG. Or l'enseignement de la chimie, dont la part expérimentale est essentielle, réclame, pour être de qualité, des moyens matériels et humains importants. Ce n'est donc que par une maîtrise du flux d'entrée dans ces filières que les universités auront les moyens d'organiser un enseignement de valeur susceptible de conduire, au niveau du 3ème cycle et des formations doctorales, à une formation de haut niveau.

Maîtriser les flux d'entrée, aussi bien dans les écoles que dans les second cycles universitaires, n'est pas chose facile mais, particulièrement dans la conjoncture actuelle, il est important de prévoir les besoins futurs de cadres en chimie, en tenant compte à la fois du marché de l'emploi et des départs à la retraite, de manière à adapter le flux des diplômés aux besoins du marché, sans toutefois porter atteinte à la dynamique de la recherche en chimie qui demande à être assurée par un taux suffisant de doctorants dans les laboratoires.

*Les filières telles que la chimie, dont la formation expérimentale est primordiale, doivent limiter leurs effectifs, au moins à partir du second cycle, de manière à les adapter aux moyens dont dispose l'établissement.*

## 2 - Pédagogie

La pédagogie de la formation doit, dans les horaires et les programmes qui y sont consacrés, répondre aux exigences et aux objectifs précédemment définis.

Le total des heures d'enseignement est sans doute trop élevé en école d'ingénieurs, ce qui surcharge les étudiants et entrave la part du travail personnel, et trop faible dans les licences et maîtrises universitaires, ce qui limite l'ampleur de la formation proposée aux étudiants par les universités.

La part des enseignements pratiques et, plus généralement, du travail en laboratoire, convenable dans les écoles, est notoirement insuffisante dans les universités, alors que c'est un outil essentiel à la compréhension de la théorie développée dans les cours et les travaux dirigés et un magnifique champ de découvertes et de formation. C'est cette partie de l'enseignement qui souffre le plus du manque de moyens dont disposent les universités, devenues universités de masse, dans l'impossibilité matérielle d'assumer pleinement leur mission.

L'organisation de l'enseignement fait apparaître des répétitions pour certains domaines (par exemple la chimie organique en DEUG, licence, maîtrise ou en classes préparatoires, 1ère, 2ème et 3ème année d'école) qui sont souvent mal contrôlées. Le cursus pourrait être amélioré en évitant des redites et en proposant une gradation dans les diverses étapes de la formation, ainsi qu'en offrant plus d'options qui responsabiliseraient l'étudiant par les choix individuels qu'il serait conduit à faire et donneraient plus de souplesse à la formation.

Si, dans les écoles d'ingénieurs, l'introduction dans le cursus de disciplines telles que sciences pour l'ingénieur (gestion, management, économie, informatique...) et langues vivantes est effective, ce n'est pas le cas dans les formations universitaires. A notre époque où l'évolution de l'industrie chimique se situe au niveau européen, voire mondial, on ne peut plus faire l'économie de l'apprentissage d'une langue étrangère pendant toute la durée de la formation scientifique. De plus, dans une discipline comme la chimie, pour laquelle les emplois aux frontières de la discipline permettent d'absorber une grande proportion des diplômés, il serait souhaitable de développer les doubles formations, par exemple en offrant aux étudiants qui le souhaitent un volet de liberté pour un enseignement complémentaire dans des disciplines non scientifiques et éviter ainsi une formation stéréotypée en chimie qui ne correspond plus à la demande.

*L'absolue nécessité, dans le contexte européen, pour les cadres de demain, de posséder une langue étrangère au minimum rend indispensable le renforcement de l'enseignement des langues étrangères, particulièrement pour les étudiants des universités, pour lesquels il est actuellement très insuffisant.*

L'enseignement de l'histoire des sciences et de la chimie en particulier est recommandé dans ce domaine où l'imagination joue un rôle conséquent.

Un autre domaine où la pédagogie doit faire des progrès est celui de la sécurité qui est peu ou pas enseignée, souvent mal respectée dans les établissements eux-mêmes alors qu'ils assurent la formation de cadres de l'industrie chimique de demain, qui devront faire appliquer des consignes de sécurité qui deviennent de plus en plus strictes. Les normes de sécurité qui existent actuellement ne sont pas celles qui existaient il y a 20 ans et nombre de locaux sont désormais vétustes et ne répondent plus aux normes de sécurité.

Dans les avancées rapides de la technologie et de la science que nous connaissons les moyens de documentation et de communication doivent être mieux adaptés et renforcés.

*Le développement des moyens d'information (bibliothèques, logiciels scientifiques + équipement d'ordinateur) doit être envisagé.*

### **3 - Recherche**

La recherche est le "poumon de l'industrie" et le moteur vivace de la formation.

La formation par la recherche a pris une place importante dans les écoles, en particulier avec les DEA (plus de 40) dans lesquels les écoles sont impliquées. C'est là que les deux systèmes de formation se rejoignent. Le développement, en synergie et en complémentarité, de la recherche universitaire et de celle conduite dans les écoles assure, avec l'aide du CNRS, à la chimie française une place reconnue au niveau européen et international. Il faut maintenir ce potentiel de recherche, qui est la garantie d'un enseignement de qualité dans les établissements d'enseignement supérieur et du maintien de notre pays dans les premières places de la chimie mondiale.

Le maintien du potentiel recherche et de son niveau de reconnaissance conduit à une réflexion sur les DEA. Actuellement, il y a une grande diversité thématique et une forte inégalité de niveau dans les DEA de chimie, et l'on constate qu'il n'y a qu'un étudiant sur deux qui prépare une thèse à l'issue du diplôme alors que c'est la continuité naturelle. La création des écoles doctorales a sans aucun doute contribué à une élévation du niveau des DEA, ce qui devrait aider à repenser leur conception en fonction de cette structure, qui croise véritablement enseignement et recherche.

La conception actuelle des DEA, pour une très grande majorité d'entre eux, repose sur une forte partie théorique et un stage de laboratoire plus ou moins long, pour lequel la part d'initiative personnelle est très réduite. L'année de DEA pourrait se concevoir comme année d'initiation à la recherche en s'appuyant largement sur les laboratoires d'accueil. Celle-ci serait l'occasion pour les étudiants d'approprier tous les moyens d'information (accès aux bibliothèques, aux multimédias, aux moyens informatiques...), d'effectuer un réel travail de laboratoire suffisamment long et suivi, de présenter sous forme de séminaires des résultats de recherche (bibliographiques ou expérimentales), de démontrer enfin leurs réelles dispositions et motivations pour la recherche. La partie théorique devenant plus réduite pendant cette année, on pourrait envisager des cours post-DEA, pendant la durée de la thèse, comme cela se fait déjà dans certaines formations. La recherche est en grande partie soutenue par l'attribution des allocations de recherche. Il est fondamental de maintenir un taux élevé et constant de ces allocations en chimie.

*En matière de recherche, la chimie française se situe actuellement à un très bon niveau européen, et même mondial. Il faut veiller à maintenir un recrutement suffisant dans l'enseignement supérieur et les organismes publics de recherche pour préserver cette richesse.*

## 4 - Localisation

L'utilisation de moyens d'infrastructure et de moyens lourds (bibliothèques, centre d'informatique, plateforme d'analyses, centre de transfert, institut de recherche...) suggère la constitution de pôles de formation qui doivent localiser les écoles à proximité des centres universitaires. Il est certes nécessaire de conserver des filières de formation à faible effectif comme celles qui existent aujourd'hui dans certaines écoles et qui correspondent à un besoin sur le marché, mais pour rester compétitive par rapport à ses grands concurrents étrangers, l'industrie chimique française a besoin d'ingénieurs chimistes de niveau élevé dont la formation réclame un environnement intellectuel riche et varié.

L'évolution de la chimie se fera plus facilement si elle ne demeure pas trop repliée sur elle-même, d'autant plus que la chimie vit de plus en plus au-delà de ses frontières. Elle s'enrichit au contact d'un environnement scientifique pluridisciplinaire.

*Les écoles de chimie dont le nombre est peut-être trop élevé doivent envisager leur avenir en symbiose avec les centres universitaires voisins, en particulier dans les domaines de la recherche.*

## 5 - Image et attractivité de la chimie

La chimie, science au sens plein du terme, facteur majeur des progrès technologiques et des développements économiques, discipline éminemment formatrice pour le citoyen, doit intervenir très tôt dans la formation des jeunes d'un pays. En France, elle doit donc concerner les classes des lycées et les premiers cycles universitaires.

Elle se doit d'être attractive par :

- sa pédagogie, ses programmes et une part suffisante donnée à l'expérimentation ;
- ses maîtres, la formation et les moyens qui doivent leur être donnés ;
- la relation avec le milieu industriel dans et en dehors des établissements ;
- la réalisation de moyens audiovisuels grand public et plus spécialisés : films, vidéo, CD, photos, ouvrages, conférences ;
- les manifestations telles que "la Science en fête" ;
- la continuation des Olympiades de la chimie ;
- le concours des sociétés savantes à l'activité des clubs de jeunes, à des publications et des réunions.

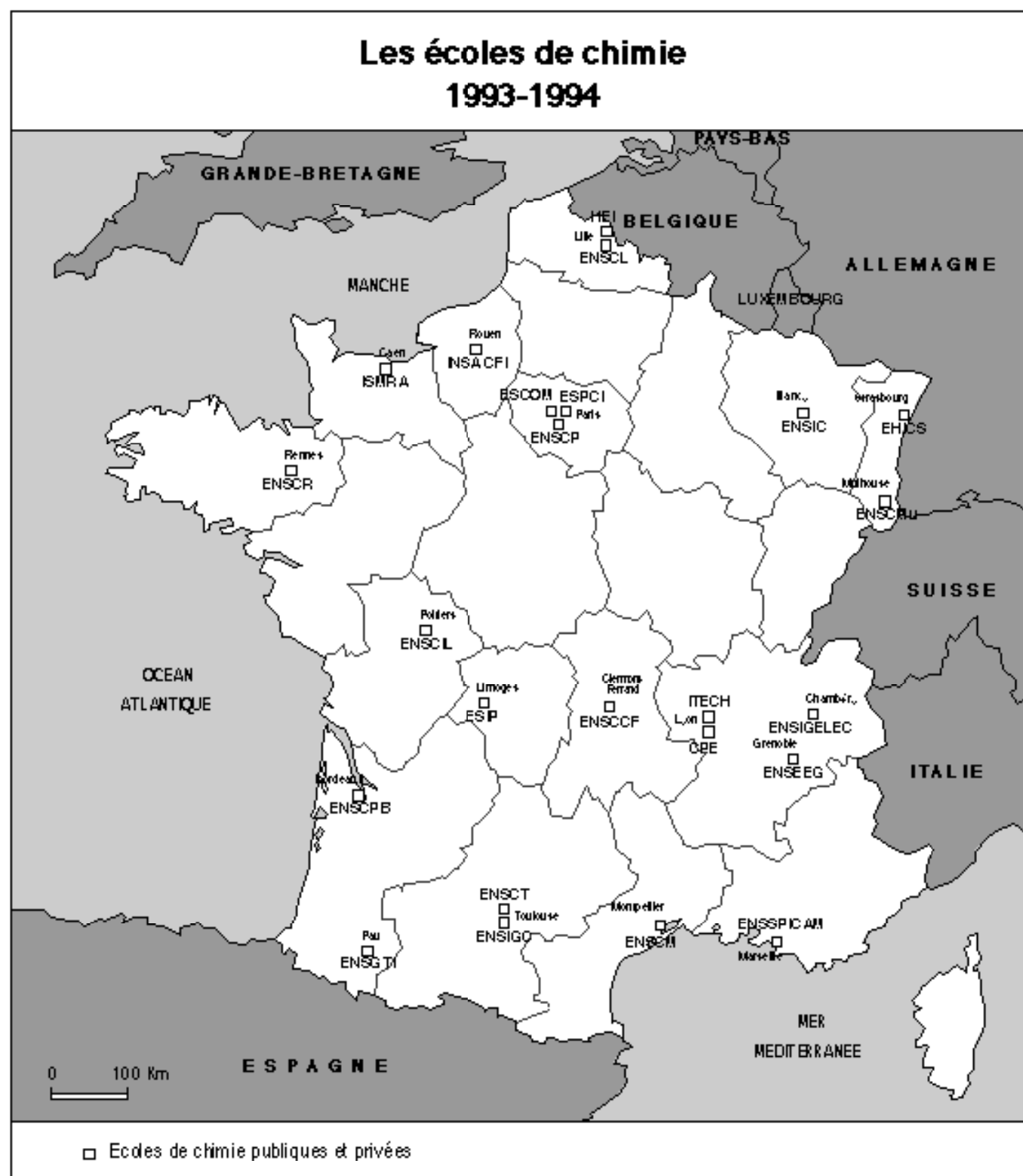
**Evaluation de la chimie**

---

**CHIFFRES-CLES**

---

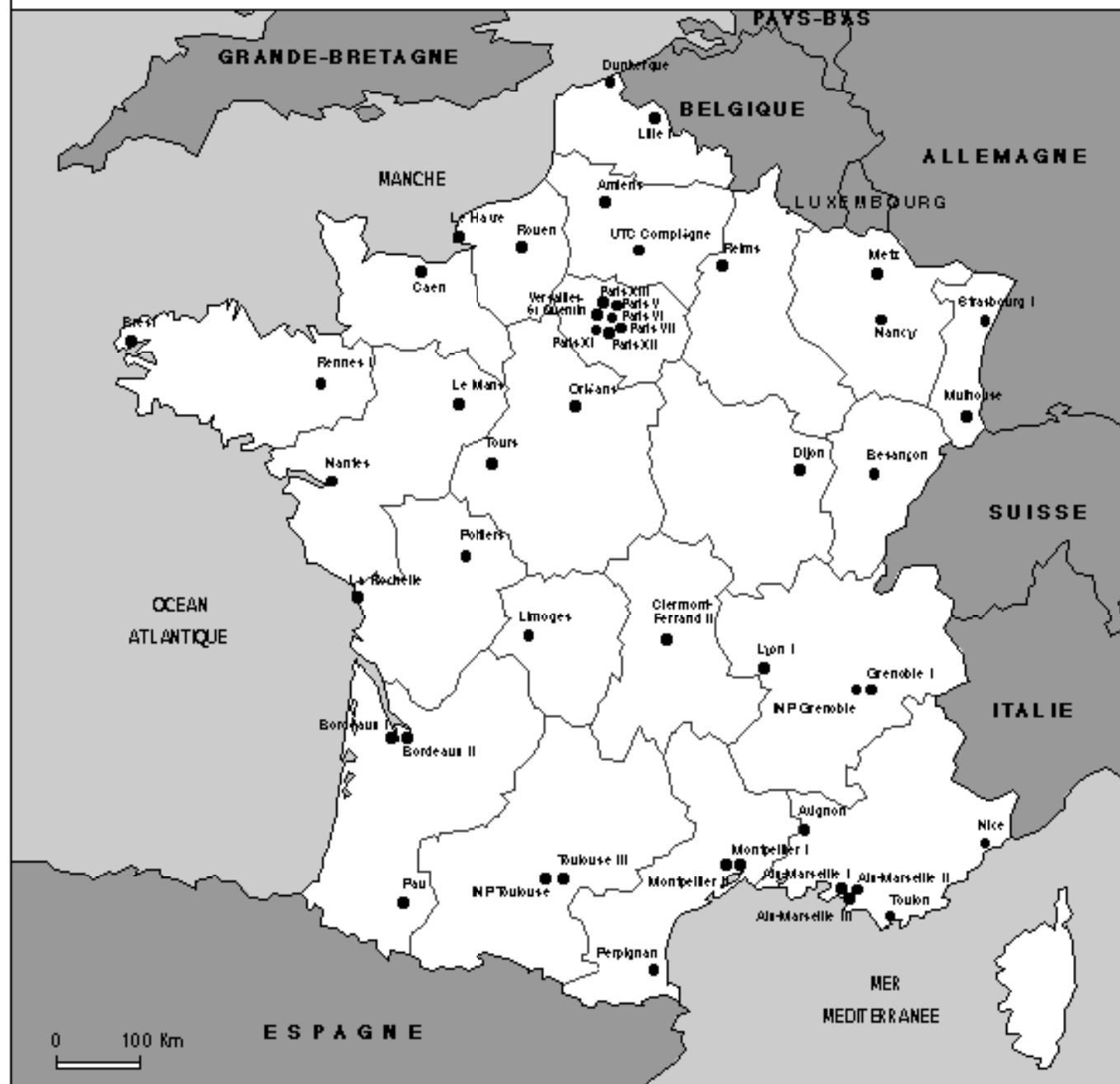
## I - LES FORMATIONS SUPÉRIEURES DE CHIMIE EN FRANCE



Source : codes



## Les formations universitaires de chimie 1993-1994



● formations universitaires de chimie

CNE 1995

## II - LES ECOLES DE CHIMIE DE LA FEDERATION GAY-LUSSAC

INTITULE DE L'ECOLE	STATUT	MODE DE RECRUTEMENT PRINCIPAL	Effectif global en 94/95	Effectif en 1 <sup>ère</sup> année	Effectif en 3 <sup>ème</sup> année	Diplômes décernés en 94	Effectif inscrit en DEA en 1993-94
<b>ENSCPB</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE DE BORDEAUX	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	198	62	65	63	33
<b>ENSCCF</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE CLERMONT-FERRAND	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	209	63	74	62	63
<b>ENSCL</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE LILLE	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT + 1er cycle intégré	227 + 60	77	79	71	17
<b>ESCIL</b> ECOLE SUPERIEURE DE CHIMIE INDUSTRIELLE DE LYON Section chimie-génie chimique	Privé	Concours CPGE CH-P' et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT + 1er cycle intégré	680	223	83	75	19
<b>ICPI</b> INSTITUT DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE DE LYON	Privé	Niveau Bac + Concours FESIC à Bac +2			141	147	
<b>ITECH</b> INSTITUT TEXTILE ET CHIMIQUE DE LYON	Privé	Concours propre + Dossier DEUG, DUT, BTS	223	83	71	55	3
<b>ENSSPICAM</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE SYNTHESES, DE PROCÉDES ET D'INGENIERIE CHIMIQUE D'AIX-MARSEILLE	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	180	47	65	83	71
<b>ENSCM</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE MONTPELLIER	Public	Concours CPGE CH-P CH-P' et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	282	90	97	82	27
<b>ENSCMu</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE MULHOUSE	Public	Concours CPGE CH-M et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	170	56	59	51	53
<b>ENSIC</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES INDUSTRIES CHIMIQUES DE NANCY	Public	Concours CPGE CH-P' et CH-TB Concours CPGE Spé T et PH-M Concours DEUG A Dossier DUT	335	105	110	100	71
<b>ENSCP</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE PARIS	Public	Concours CPGE CH-P' et CH-TB Dossier DEUG, DUT	211	66	73	72	35
<b>ESCOM</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE ORGANIQUE ET MINERALE	Privé	1er cycle intégré Dossier DUT	214 + 209	83	61	73	31
<b>ESPCI</b> ECOLE SUPERIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLE DE LA VILLE DE PARIS	Public	Concours CPGE CH-P' et Spé T' Dossier DEUG	289	72	73	69	65
<b>ENSCR</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE RENNES	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	206 + 80	65	71	72	13
<b>INSA CFI</b> INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE ROUEN Département chimie fine et ingénierie	Public	1er cycle intégré Dossier DEUG	184	52	67	59	14
<b>EHICS</b> ECOLE EUROPEENNE DES HAUTES ETUDES DES INDUSTRIES CHIMIQUES DE STRASBOURG	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT Etrangers (16)	203	64	73	67	19
<b>ENSCT</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE TOULOUSE	Public	Concours CPGE CH-P et CH-TB Concours DEUG A Dossier DUT	210	64	74	69	14
<b>ENSIGC</b> ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'INGENIEURS DE GENIE CHIMIQUE DE TOULOUSE	Public	Concours CPGE PH-P, PH-M et PH-TA Concours Physique DEUG A Dossier DUT	223	62	76	80	22

L'ESCIL ET L'ICPI ont fusionné en 1994 pour former CPE

## III - LES FORMATIONS UNIVERSITAIRES DE CHIMIE

## III - 1 - DEUXIEME CYCLE UNIVERSITAIRE DE CHIMIE

UNIVERSITE	INTITULE DE LA FORMATION					
	LICENCE	inscrits en 93/94	diplômés en 93/94	MAITRISE	inscrits en 93/94	diplômés en 93/94
AIX-MARSEILLE I	Biochimie Chimie physique	95 118	54 47	Biochimie (avec Aix-Marseille II) Chimie physique	58 54	58 40
AIX-MARSEILLE III	Chimie moléculaire	67	48	Chimie moléculaire, synthèse et catalyse, bio-organique MST Méthodes et valorisation de la chimie fine (avec Aix-Marseille II)	49 32	49 32
AMIENS	Chimie	96	61	Chimie, options : chimie fine, chimie des solides	41	33
AVIGNON	Chimie, mention qualité de l'eau et des aliments	35	24	Chimie, mention qualité de l'eau et des aliments Chimie, mention chimie fine	12 16	12 15
BESANCON	Chimie et électrochimie appliquée	32	30	Chimie et électrochimie appliquée	43	43
BORDEAUX I	Chimie Chimie physique	148 91	61 56	Chimie Chimie physique MST Méthodes et techniques physiques de la chimie industrielle	85 46 23	50 32 23
BORDEAUX II	Biochimie	30	29	Biochimie	53	32
BREST	Chimie	161	119	Chimie	84	58
CAEN	Chimie	148	69	Chimie	49	37
CERGY-PONTOISE	Chimie, mention chimie minérale et industrielle Chimie, mention sciences physiques	114 7	99 4	Chimie	14	12
CLERMONT-FERRAND II	Chimie	221	90	Chimie	72	51
DIJON	Chimie Biochimie MST Contrôle et analyse chimiques	108 53 24	57 22	Chimie Biochimie MST Contrôle et analyse chimiques	63 37 21	37 20
DUNKERQUE	Chimie physique			Chimie (créée en 93)		
GRENOBLE I	Chimie Chimie physique	166 41	78 41	Chimie Chimie physique	114 46	65 45
LE HAVRE				MST Chimie des arômes et des parfums		
LE MANS	Chimie	51	26	Chimie	16	15
LILLE I	Chimie	281	127	Chimie MST Physicochimie et économie de l'énergétique	121 30	94 20
LIMOGES	Biochimie Chimie, mention analyse et contrôle de la qualité en environnement Chimie, mention sciences des matériaux	36 50 22	36 47 18	Biochimie Chimie, mention analyse et contrôle de la qualité en environnement Chimie, mention sciences des matériaux	25 46 25	25 42 24
LYON I	Chimie Chimie physique Biochimie	138 67 124	83 44 79	Chimie Chimie physique Biochimie MST Chimie et biologie végétale	101 50 76 19	60 40 49 19
MONTPELLIER II	Chimie fondamentale Chimie moléculaire Biochimie	110 168 99	71 107 55	Chimie matériaux et interfaces Chimie moléculaire Biochimie MST Physicochimie de la formulation	30 55 93 28	26 34 78 25
MULHOUSE	Chimie physique	82	71	Chimie physique MST Gestion des risques	52 18	38 18
NANCY I	Chimie Chimie physique Biochimie Physicochimie des minéraux et matériaux à finalité industrielle	100 68 95 10	57 42 74 10	Chimie Chimie physique Biochimie Physico-chimie des minéraux et matériaux à finalité industrielle	55 29 85 10	47 29 68 10
NANTES	Chimie Biochimie	42 59	32 53	Chimie Biochimie MST Physico-chimie des biotransformations MST Chimie fine organique et bio-organique	27 42 36 26	26 38 36 26
NICE	Chimie Biochimie	66 56	35 40	Chimie, mention chimie organique chimie organométallique, bio-organique et catalyse	52	45
ORLEANS	Chimie	134	67	Chimie (3 options)	70	42

PARIS V	Chimie	60	32	Chimie (créée en 93)	40	30
PARIS VI	Chimie Chimie physique Biochimie	316 69	172 69	Chimie Chimie physique Biochimie MST Chimie des matériaux	193 72 32	140 65 32
PARIS VII	Chimie physique	110	50	Chimie physique	71	48
PARIS XI	Chimie Biochimie(CO1) Biochimie(CO2) Physicochimie moléculaire	92 71 38 20	73 53 34 12	Chimie, mention chimie inorganique, minérale, matériaux Chimie, mention chimie organique Biochimie Physicochimie moléculaire	37 68 16 70	29 54 16 55
PARIS XII	Chimie	58	44	Chimie MST Génie biochimique et biologique MST Génie sanitaire et environnement	54 28 26	47 28 26
PAU et PAYS DE L'ADOUR	Chimie Chimie et biologie végétales	85 43	49 40	Chimie Chimie et biologie végétales MST Pollutions et nuisances	33 14 17	22 14 17
PERPIGNAN	Chimie et biologie appliquées à l'amélioration, la protection et l'utilisation de la production végétale	33	28	Chimie et biologie appliquées à l'amélioration, la protection et l'utilisation de la production végétale	25	21
POITIERS	Chimie Biochimie	94 86	61 54	Chimie Biochimie MST Chimie appliquée à l'agriculture	76 58 12	51 44 12
REIMS	Chimie Biochimie	172 375	53 98	Chimie	64	50
RENNES I	Biochimie Chimie physique des matériaux Chimie Chimie et biologie végétales	290 30 109 28	141 28 78 17	Biochimie Chimie physique des matériaux Chimie Chimie et biologie végétales	193 24 124 24	87 24 89 22
LA REUNION	Chimie et biologie végétales	21	19	Chimie et biologie végétales	13	10
ROUEN	Chimie Biochimie	293	119	Chimie	142	61
STRASBOURG I	Chimie Chimie physique MST Sciences de l'environnement	132 38 NC	108 30 NC	Chimie Chimie physique MST Sciences de l'environnement	96 19 NC	82 12 NC
TOULON	Chimie physique	40	24	Chimie physique	18	12
TOULOUSE III	Chimie Chimie physique Biochimie MST Procédés physico-chimiques	301 179 256 20	130 108 NC 19	Chimie Chimie physique Biochimie MST Procédés physico-chimiques	146 89 174 19	120 58 NC 19
TOURS	Chimie	107	55	Chimie bio-organique	17	16
VERSAILLES - SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES	Chimie	85	37	Chimie	40	23

Source : enquête CNE

NC : information non communiquée

## III - 2 - HORAIRES DES MAITRISES DE CHIMIE

UNIVERSITE	INTITULE DE LA MAITRISE	Horaire Chimie			Total	Total
		CM	T D	T P	Chimie	Autres Matières
AIX-MARSEILLE I	Chimie physique, option spectrométrie	338	254	26+39	657	286
	Chimie physique, option physicochimie des matériaux	156	52	-	208	475
	Chimie physique, option physicochimie moléculaire	312	104	0+39	355	202
AIX-MARSEILLE III	Chimie moléculaire	312	134	98	544	223
AMIENS	Chimie, options : chimie fine, chimie des solides	NC	NC	NC	NC	NC
AVIGNON	Chimie, mention qualité de l'eau et des aliments	260	65	130	455	25
	Chimie, mention chimie fine	260	95	100	455	-
BESANCON	Chimie et électrochimie appliquée	207	95	118	420	37
BORDEAUX I	Chimie	241	97	168	570	-
	Chimie physique	258	105	49	412	128
BREST	Chimie	NC	NC	NC	NC	NC
CAEN	Chimie	212,5	150	162,5	525	40
CERGY-PONTOISE	Chimie	NC	NC	NC	NC	NC
CLERMONT-FERRAND II	Chimie	242	50	108	400	40
DIJON	Chimie	NC	NC	NC	NC	NC
DUNKERQUE	Biochimie	NC	NC	NC	NC	NC
	Chimie (créée en 93)	NC	NC	NC	NC	NC
GRENOBLE I	Chimie	194	136	234	564	-
	Chimie physique	122	42	70	234	336
LE MANS	Chimie	300	160	153+153	766	25(fac)
LILLE I	Chimie	148	143	159	450	-
LIMOGES	Chimie, mention analyse et contrôle de la qualité en environnement	170	85	45	300	200
	Chimie, mention sciences des matériaux	126	78	106	300	256
LYON I	Chimie	175	137	237	549	30
	Chimie physique	133	99	70	302	279
MONTPELLIER II	Chimie matériaux et interfaces	375	120	87	582	-
	Chimie moléculaire	219	117	35+lab	371	70
MULHOUSE	Chimie physique	125	105	135	365	185
NANCY I	Chimie, option chimie organique	200	121	151	472	153
	Chimie, option chimie du solide	286	98	158	542	106,5
	Chimie physique	135	100	90	325	300
	Physicochimie des minéraux et matériaux à finalité industrielle	68,5	28,5	30	127	493
NANTES	Chimie	180	120	100	400	10
NICE	Chimie, mention chimie organique chimie organométallique, bio-organique et catalyse	317,5	132,5	100	550	100
ORLEANS	Chimie, option chimie énergie, environnement	406	74	136	616	-
	Chimie, option matériaux	367	100	136	603	-
	Chimie, option organique	360	145	110	615	-
PARIS V	Chimie (créée en 93)	374	131	83	588	50
PARIS VI	Chimie	NC	NC	NC	NC	NC
PARIS VII	Chimie physique	NC	NC	NC	NC	NC
	Chimie physique	253	221	256	730	330
PARIS XI	Chimie inorganique, option chimie des solides	218	122	104	444	68
	Chimie inorganique, option structure et propriétés des matériaux	228	106	136	470	58
	Chimie organique	192	173	108	473	46
	Physicochimie moléculaire, option chimie physique	222	170	116	508	32
	Physicochimie moléculaire, option chimie des solides	183	183	150	516	38
	Physicochimie moléculaire, option structure et propriétés des matér.	193	165	182	540	28
PARIS XII	Chimie	195	128	110	433	64
PAU et PAYS DE L'ADOUR	Chimie	339	182	80+48	649	-
	Chimie et biologie végétales	81	51	34	166	375
PERPIGNAN	Chimie et biologie appliquées à l'amélioration, la protection et l'utilisation de la production végétale	122	48	54	224	273
POITIERS	Chimie	205	155	175	535	28
REIMS	Chimie	120	56	134+100	410	280
RENNES I	Chimie physique des matériaux	137	100	75	312	87
	Chimie	198	150	144	392	71
	Chimie et biologie végétales	180	33	80	299	250
LA REUNION	Chimie et biologie végétales					
ROUEN	Chimie	157	135	154	446	55
STRASBOURG I	Chimie	117	58	164	339	190
	Chimie physique	->	<-252	125	377	210
TOULON	Chimie physique	NC	NC	NC	NC	NC
TOULOUSE III	Chimie	216	144	160	520	option
	Chimie physique	108	72	120	300	240
TOURS	Chimie bio-organique	178	126	124	428	128
VERSAILLES - SAINT-QUENTIN	Chimie	80	56	60+140	336	136

Source : Enquête CNE

NC : information non communiquée

## III - 3 - HORAIRES DES MST DE CHIMIE (sur les deux années)

UNIVERSITE	INTITULE DE LA MAITRISE	Horaire Chimie			Total Chimie	Total Autres Matières
		CM	T D	T P		
AIX-MARSEILLE III	MST Méthodes et valorisation de la chimie fine (avec AixMars. II)	262	108	-	370	718
BORDEAUX I	MST Méthodes et techniques physiques de la chimie industrielle	436		36	472	154+st
DIJON	MST Contrôle et analyse chimiques	NC	NC	NC	NC	NC
LE HAVRE	MST Chimie des arômes et des parfums	NC	NC	NC	NC	NC
LILLE I	MST Physicochimie et économie de l'énergétique (sur 2 ans)	229	265	231	725	999
LYON I	MST Chimie et biologie végétales	274	325	121	720	722
MONTPELLIER II	MST Physicochimie de la formulation	260	80	260	600	200
MULHOUSE	MST Gestion des risques				912	708
NANTES	MST Physicochimie des biotransformations	175	30	250	455	418
	MST Chimie fine organique et bio-organique	272	195	403	870	150
PARIS VI	MST Chimie des matériaux	NC	NC	NC	NC	NC
PARIS XII	MST Génie biochimique et biologique	428		273	701	997
	MST Génie sanitaire et environnement	181	60	66	307	197
PAU et PAYS DE L'ADOUR	MST Pollutions et nuisances	220	58	122	400	455
POITIERS	MST Chimie appliquée à l'agriculture	293	238	287	818	855
STRASBOURG I	MST Sciences de l'environnement	NC	NC	NC	NC	NC
TOULOUSE III	MST Procédés physicochimiques	NC	NC	NC	NC	NC

Source : Enquête CNE

NC : information non communiquée

## III - 4 - DIPLOMES D'ETUDES APPROFONDIES DE CHIMIE

<b>INTITULE DE LA FORMATION</b>	<b>Etablissement principal</b>	<b>Etablissements cohabilités</b>	<b>inscrits en 93/94</b>	<b>diplômés en 93/94</b>
Chimie de l'environnement et santé	AIX-MARSEILLE I	AIX-MARSEILLE III	17	16
Spectrométries et physicochimie structurales	AIX-MARSEILLE I		22	19
Synthèse et modélisation de molécules bioactives	AIX-MARSEILLE III	AVIGNON ; AIX-MARSEILLE II	38	38
Chimie et physicochimie moléculaire organique (5 options)	AIX-MARSEILLE III	AIX-MARSEILLE I	80	76
Chimie physique, surfaces, réactivité	BESANCON		35	35
Molécules et matériaux organiques	BORDEAUX I	ENSCP BORDEAUX	19	19
Polymères	BORDEAUX I	ENSCP BORDEAUX ; PAU ; TOULOUSE III	30	29
Chimie du solide et sciences des matériaux	BORDEAUX I		30	24
Chimie physique de la matière et de l'environnement	BORDEAUX I		34	28
Chimie fine et chimie marine	BREST		39	39
Sciences des matériaux	CAEN	ISMRA CAEN	41	37
Chimie	CLERMONT II		63	57
Chimie physique	DIJON	BESANCON	74	70
Chimie moléculaire	GRENOBLE I		36	34
Electrochimie	GRENOBLE INP	GRENOBLE I	30	29
Sciences et génie des matériaux	GRENOBLE INP	GRENOBLE I ; EM SAINT -ETIENNE ; INSTN	64	62
Spectroscopie et réactivité des systèmes chimiques	LILLE I	AMIENS	37	31
Chimie organique et macromoléculaire	LILLE I	LILLE II	60	50
Matériaux céramiques et traitements de surface	LIMOGES	ENS CERAMIQUE LIMOGES	21	15
Chimie organique fine	LYON I		47	42
Sciences et technologies industrielles de la chimie	LYON I	INSA LYON - CPE LYON	36	28
Analyse physicochimique chimie analytique	LYON I		53	50
Catalyse et chimie physique des interfaces	LYON I	ENS LYON	26	23
Sciences des matériaux et des surfaces	LYON I	ENS LYON ; INSA LYON ; EC LYON	20	15
Chimie organique	LYON I	INSA LYON ;	36	28
Matériaux polymères et composites	INSA LYON	LYON I ; EC LYON ; CHAMBERY ; SAINT-ETIENNE	48	37
Hétérochimie, polymères et catalyse	MONTPELLIER II	ENSC MONTPELLIER	26	22
Polymères, interfaces, états amorphes	MONTPELLIER II	ENSC MONTPELLIER	27	26
Chimie des biomolécules : synthèse, structure et réactivité	MONTPELLIER II		41	35
Matériaux de l'électronique et de l'ionique du solide	MONTPELLIER II		16	14
Chimie	MULHOUSE	ENSC MULHOUSE	56	47
Sciences et génie des matériaux	NANCY I	INP NANCY	36	27
Chimie et physicochimie moléculaire	NANCY I	METZ	40	39
Chimie fine	NANTES	ANGERS ; LE MANS ; POITIERS	34	30
Physicochimie et qualité des bioproduits	NANTES		65	57
Chimie avancée de l'état solide	NANTES	LE MANS	11	11
Chimie moléculaire	NICE		20	19
Energétique	NICE		13	10
Chimie et physicochimie des composés d'intérêt biologique	ORLEANS	PARIS V ; PARIS XI	32	30

Chimie analytique	PARIS VI	ENSC PARIS ; ESPCI PARIS ; INSTN GIF ; EC PARIS	33	31
Chimie appliquée et génie des procédés industriels	PARIS VI	ECAM PARIS ; CNAM PARIS ; ENSC PARIS	45	44
Chimie et physicochimie des polymères	PARIS VI	LE MANS ; PARIS XII ; PARIS XIII ; ESPCI PARIS ; ROUEN	81	67
Chimie organique et bio-organique	PARIS VI	ENS PARIS ; ENSC PARIS ; ESPCI	60	57
Cinétique chimique appliquée	PARIS VI	ORLEANS	8	7
Spectrochimie, analyse physicochimie organiques	PARIS VI	PARIS VII ; PARIS XIII ; VERSAILLES	44	44
Chimie inorganique, de la molécule au matériau	PARIS VI	ENSCP ; ESCPI ; VERSAILLES	29	28
Sciences des matériaux	PARIS VI	PARIS VII ; PARIS XI ; PARIS XIII ; ECAM PARIS ; ESPCI ; ENSC PARIS ; ECOLE POLYTECHNIQUE	62	58
Matière condensée : chimie et organisation	PARIS VI	PARIS VII ; PARIS XI ; INSTN ; ESPCI PARIS ; ENS PARIS ; ENSCPARIS ; ENS CACHAN	50	37
Electrochimie	PARIS VII	PARIS VI ; ENSCP ; ESCPI ; ENS, VERSAILLES ; CNAM	33	27
Chimie de la pollution atmosphérique et physique de l'environnement	PARIS VII	CHAMBERY ; ORLEANS ; PARIS XII ; GRENOBLE I	34	31
Systèmes bio-organiques	PARIS XI		15	14
Chimie inorganique : de la molécule au matériau	PARIS XI	PARIS VI ; ENSC PARIS ; ESPCI PARIS	29	28
Chimie organique	PARIS XI		49	49
Physicochimie moléculaire	PARIS XI	PARIS VI, ENS CACHAN	16	13
Radioéléments, radionucléides, radiochimie	PARIS XI	GRENOBLE I ; PARIS VI ; INSTN GIF ; TOURS	21	19
Métallurgie spéciale et matériaux	PARIS XI	INSTN GIF ; ECAM PARIS ; ENSM PARIS ; ENSC PARIS	51	46
Sciences et techniques de l'environnement	PARIS XII		34	31
Chimie physique	PAU		22	22
Chimie appliquée	POITIERS		32	32
Chimie et microbiologie de l'eau	POITIERS	PAU ; NANCY I ; LIMOGES ; RENNES	47	46
Chimie	REIMS		14	14
Chimie du solide et inorganique moléculaire	RENNES I		41	37
Chimie fine	RENNES I	ENSC RENNES	65	58
Chimie organique	ROUEN	CAEN ; INSA ROUEN ; ISMRA CAEN	70	60
Chimie des métaux de transition et d'ingénierie moléculaire	STRASBOURG I		15	14
Chimie organique moléculaire et supra-moléculaire	STRASBOURG I		29	27
Chimie physique	STRASBOURG I		34	34
Physicochimie des matériaux moléculaires et macromoléculaires	STRASBOURG I		24	24
Chimie informatique et théorique	STRASBOURG I	PARIS VI ; PARIS VII ; PARIS XI ; ENSC PARIS ; NANCY I ; RENNES I ; TOULOUSE III	28	18
Chimie des biomolécules et applications	TOULOUSE III		21	21
Chimie moléculaire et supramoléculaire	TOULOUSE III		26	25
Chimie et physicochimie des éléments de transition	TOULOUSE III		13	12
Sciences des matériaux	TOULOUSE III	INP TOULOUSE	29	29
Physique et chimie de l'environnement	TOULOUSE INP	TOULOUSE III	24	19
Sciences des agroressources	TOULOUSE INP		46	45

Source : Enquête CNE



## III - 5 - DIPLOMES D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES DE CHIMIE

<b>ETABLISSEMENT</b>	<b>INTTTULE DE LA FORMATION</b>	<b>Inscrits en 93/94</b>	<b>Reçus en 93/94</b>
AIX-MARSEILLE III	Valorisation de la chimie fine	16	16
BORDEAUX I	Assurance qualité	22	21
BORDEAUX I	Matériaux composites	19	17
LILLE I	Chimie de formulation	10	10
LILLE I	Génie des procédés et traitement des eaux	14	14
LIMOGES	Fabrication et utilisation des matériaux avancés	18	18
MULHOUSE	Sécurité dans l'industrie chimique	16	16
NANTES	Maîtrise et management de la qualité dans les entreprises agro-alimentaires	21	21
PARIS VI	Elastomères	7	7
PARIS XI	Science et génie des matériaux	20	19
PARIS XI	Instrumentation et méthodes physicochimiques d'analyse	24	24
PARIS XI	Pollutions chimiques et environnement	19	18
REIMS	Analyses et traitements des surfaces	11	11
REIMS	Hygiène, sécurité et protection de l'environnement	17	16
SAINT-ETIENNE	Extrusion des films plastiques	6	6
STRASBOURG I	Instrumentation et méthodes d'analyse chimique, spectroscopiques, électroniques et nucléaires	NC	NC
TOULON	Matériaux et milieux marin et extrêmes	10	10

Source : Enquête CNE.

NC : information non communiquée.

## III - 6 - BILAN ECOLES DOCTORALES DE CHIMIE (1993-1994)

<b>Données 1993-1994</b>	<b>Inscrits</b>	<b>DEA délivrés</b>	<b>1<sup>ère</sup> inscription en thèse</b>	<b>Thèses soutenues</b>
<b>BORDEAUX</b>				
DEA Chimie physique de la matière et de l'environnement	32	28	19	26
DEA Molécules et matériaux organiques	19	19	13	12
DEA Sciences des matériaux	28	24	23	25
DEA Polymères	29	29	11	4
<b>CAEN - ROUEN</b>				
DEA Chimie organique	70	60	30	17
<b>DIJON - BESANCON</b>				
DEA Chimie physique	74	70	41	28
DEA Physique	14	14	15	16
<b>LILLE</b>				
DEA Spectroscopie et réactivité des systèmes chimiques	37	31	21	20
DEA Chimie organique et macromoléculaire	60	50	28	16
<b>LYON</b>				
DEA Analyse physicochimique - chimie analytique	53	50	24	23
DEA Catalyse et chimie physique des interfaces	28	23	13	23
DEA Chimie organique fine	47	42	19	14
<b>MONTPELLIER</b>				
DEA Hétérochimie, polymères et catalyse	26	22	23	10
DEA Chimie des biomolécules	41	35	18	24
<b>MONTPELLIER</b>				
DEA Matériaux de l'électronique et de l'ionique du solide	40	36	21	14
DEA polymères, interfaces, et états amorphes	41	39	30	35
<b>STRASBOURG</b>				
DEA Chimie des métaux de transition et d'ingénierie moléculaire	16	14	16	12
DEA Chimie organique moléculaire et supramoléculaire	29	27	30	33
DEA Chimie informatique et théorique	3	3	3	2
<b>TOULOUSE</b>				
DEA Chimie moléculaire	26	25	22	19
DEA Chimie et physicochimie	13	12	7	5
DEA Chimie des biomolécules	22	22	14	

Source : Enquête CNE.

## IV - LES THESES EN CHIMIE

## IV - 1 - ÉTUDIANTS EN COURS DE THESE EN 1994

Inscrits	dont CEE	dont autres nationalités	dont ingénieurs	dont agrégés
4 392	114	899	737	60

## IV - 2 - FINANCEMENT DES THESES EN 1993

<b>Population observée</b>	<b>980</b>
Allocations MESR	243
CIFRE, BDI, CNRS	99
Autres organismes de recherche	46
Autres bourses (internationales, écoles...)	151
Associations, entreprises, privé	104
Ministères et collectivités	25
Financement spécifique étrangers	97
<b>Total financement</b>	<b>765</b>
<b>% financé</b>	<b>78 %</b>

IV - 3 - SITUATION EN FÉVRIER 1994 DES DOCTEURS  
AYANT SOUTENU LEUR THESE EN 1993

Post-doc	247	30,5%
ATER	99	12,2%
Maîtres de conférences	62	7,7%
Organismes de recherche	45	5,6%
Entreprises	134	16,6%
Administration	5	0,6%
Enseignement secondaire	40	4,9%
Service national	18	2,2%
Sans emploi	159	19,7%
<b>Total population observée</b>	<b>809</b>	<b>100%</b>

Source : DGRT / Sous Direction Ecoles Doctorales

## **Annexe**

### **Table des sigles**

<b>BDI</b>	<b>Bourse de docteur ingénieur</b>
<b>BTS</b>	<b>Brevet de technicien supérieur</b>
<b>CEA</b>	<b>Commissariat à l'énergie atomique</b>
<b>CEE</b>	<b>Communauté économique européenne</b>
<b>CESGICHIM</b>	<b>Centre d'études supérieures de génie et ingénierie chimiques</b>
<b>CIFRE</b>	<b>Convention industrielle de formation pour la recherche</b>
<b>CM</b>	<b>Cours magistral</b>
<b>CNE</b>	<b>Comité national d'évaluation</b>
<b>CNRS</b>	<b>Centre national de la recherche scientifique</b>
<b>CNU</b>	<b>Conseil national des universités</b>
<b>CPE</b>	<b>Chimie, physique, électronique</b>
<b>CPI</b>	<b>Classe préparatoire intégrée</b>
<b>DEA</b>	<b>Diplôme d'études approfondies</b>
<b>DESS</b>	<b>Diplôme d'études supérieures spécialisées</b>
<b>DEUG</b>	<b>Diplôme d'études universitaires générales</b>
<b>DEUST</b>	<b>Diplôme d'études universitaires scientifiques et techniques</b>
<b>DSPT</b>	<b>Direction scientifique, pédagogique et technique</b>
<b>DUT</b>	<b>Diplôme universitaire de technologie</b>
<b>EHICS</b>	<b>Ecole européenne des hautes études des industries chimiques de Strasbourg</b>
<b>ENSC</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie</b>
<b>ENSCCF</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie de Clermont-Ferrand</b>
<b>ENSCL</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie de Lille</b>
<b>ENSCM</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie de Montpellier</b>
<b>ENSCP</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie de Paris</b>
<b>ENSCPB</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie et de physique de Bordeaux</b>
<b>ENSCR</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes</b>
<b>ENSEEG</b>	<b>Ecole nationale supérieure d'électrochimie et d'électrometallurgie de Grenoble</b>
<b>ENSIC</b>	<b>Ecole nationale supérieure des industries chimiques</b>
<b>ENSIGC</b>	<b>Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de génie chimique</b>
<b>EP</b>	<b>Equipe postulante</b>
<b>EPCA</b>	<b>Etablissement public à caractère administratif</b>
<b>ERASMUS</b>	<b>European Community Action Scheme For the Mobility of University Students</b>
<b>ERS</b>	<b>Equipe en restructuration</b>
<b>ESCIL</b>	<b>Ecole supérieure de chimie industrielle de Lyon</b>
<b>ESCOM</b>	<b>Ecole nationale supérieure de chimie organique et minérale</b>
<b>ESPCI</b>	<b>Ecole supérieure de physique et de chimie industrielles</b>
<b>ENSSPICAM</b>	<b>Ecole nationale supérieure de synthèse, de procédé et d'ingénierie chimique d'Aix-Marseille</b>
<b>FGL</b>	<b>Fédération Gay-Lussac</b>
<b>GEMICO</b>	<b>Centre de génie chimique des milieux complexes</b>
<b>GER</b>	<b>Groupe d'expertise et de recherche</b>
<b>GIP</b>	<b>Groupement d'intérêt public</b>

<b>IATOS</b>	<b>(Personnel) ingénieur, administratif, technicien, ouvrier et de service</b>
<b>ICPI</b>	<b>Institut de chimie et de physique industrielles</b>
<b>IFREMER</b>	<b>Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer</b>
<b>INP</b>	<b>Institut national polytechnique</b>
<b>INPL</b>	<b>Institut national polytechnique de Lorraine</b>
<b>INPT</b>	<b>Institut national polytechnique de Toulouse</b>
<b>INSA</b>	<b>Institut national des sciences appliquées</b>
<b>ISIM</b>	<b>Institut des sciences de l'ingénieur de Montpellier</b>
<b>ITA</b>	<b>(Personnel) ingénieur, technicien, administratif</b>
<b>ITECH</b>	<b>Institut textile et chimique de Lyon</b>
<b>IUP</b>	<b>Institut universitaire professionnalisé</b>
<b>IUT</b>	<b>Institut universitaire de technologie</b>
<b>KF</b>	<b>Kilo francs</b>
<b>MCF</b>	<b>Maître de conférences</b>
<b>MENESR</b>	<b>Ministère de l'Education nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche</b>
<b>MESR</b>	<b>Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche</b>
<b>MF</b>	<b>Million de francs</b>
<b>MST</b>	<b>Maîtrise de sciences et techniques</b>
<b>ONERA</b>	<b>Office national d'études et de recherches aérospatiales</b>
<b>PR</b>	<b>Professeur</b>
<b>RMN</b>	<b>Résonance magnétique nucléaire</b>
<b>SCI</b>	<b>Société de chimie industrielle</b>
<b>SFC</b>	<b>Société française de chimie</b>
<b>SN</b>	<b>Service national</b>
<b>TP</b>	<b>Travaux pratiques</b>
<b>TD</b>	<b>Travaux dirigés</b>
<b>UIC</b>	<b>Union des industries chimiques</b>
<b>UJF</b>	<b>Université Joseph-Fourier</b>
<b>UMR</b>	<b>Unité mixte de recherche</b>
<b>UMS</b>	<b>Unité mixte de service</b>
<b>UPR</b>	<b>Unité propre de recherches</b>
<b>UPS</b>	<b>Université Paul-Sabatier</b>
<b>URA</b>	<b>Unité de recherches associée</b>
<b>USR</b>	<b>Unité de service et de recherche</b>