



Évolution de la formation des ingénieurs chimistes et rôle de la recherche

Claude Quivoron

PORTRAIT-ROBOT DE L'INGÉNIEUR CHIMISTE

Le monde des écoles d'ingénieurs en France est vaste : plus de cent cinquante écoles de finalités et de niveaux variés. On sait qu'elles sont caractérisées, pour la plupart, par une sélection sévère à l'entrée, par un cursus dense (900 à 1 000 h par an) de trois années d'étude, où l'enseignement pratique en laboratoire est important (jusqu'à 50 %) et par des liens étroits avec la profession.

Un classement presque manichéen, mais qui n'est guère caricaturé ici tant il est employé, veut que chaque école soit qualifiée, au niveau des ingénieurs qu'elle forme, de l'appellation de « généraliste » ou de « spécialiste ». Toute idée reçue a la peau dure, mais sans aller jusqu'à la boutade usée selon laquelle un généraliste ne sait rien sur tout et un spécialiste..., les premières ne prédisposent pas leurs diplômés à une activité dans une branche industrielle déterminée, alors que les secondes forment leurs ingénieurs à un véritable métier.

Les écoles supérieures de chimie et les établissements polyvalents ayant une section de chimie appartiennent à ce monde des écoles d'ingénieurs. On en dénombre actuellement vingt-deux ; seize sous tutelle de l'État et six sous tutelle privée ou municipale, formant plus d'un millier d'ingénieurs par an (1 110 pour l'année 1989).

Comment ces ingénieurs chimistes sont-ils considérés ? Comme des généralistes ou comme des spécialistes ? En acceptant quelques instants cette classification radicale, ce sont avant tout des spécialistes. Ainsi que l'ont souligné mes collègues A. Lablache-Combiere et F. Mathey dans ce numéro, la chimie – science de la matière et de ses transformations – nécessite à elle seule, pour la formation professionnelle de ses ingénieurs, une compétence scientifique et technique de haut niveau, s'appuyant pour une large part sur une maîtrise des activités de laboratoire. Sur ce point, les ingénieurs chimistes français sont des généralistes par rapport à leurs homologues étrangers qui, le plus souvent, se spécialisent plus vite et plus tôt dans leur cursus.

Cette compétence de haut niveau en chimie est plutôt bien payée : de 170 000 à 200 000 F/an pour les jeunes diplômés, selon les responsables de recrutement de la majorité des industries chimiques¹. Cependant, en raison même de cette formation professionnelle, il semble que les chimistes soient peu tentés par une mobilité dans l'entreprise, en préférant une longue carrière dans leur spécialité.

Si les ingénieurs chimistes ont été longtemps considérés comme des spécialistes, l'essor technologique de la chimie au cours des vingt dernières années, ses développements à venir et, particulièrement, l'impact de cette science dans les disciplines frontalières (électronique, physique et mécanique des matériaux, pharmacie, biosciences, etc.), rendent tout à fait indispensable une formation scientifique aussi interdisciplinaire que possible, car, de plus en plus, l'innovation en chimie se créera à l'intersection avec les autres disciplines. Par ailleurs, on estime, à l'heure actuelle, que 33 à 36 % des ingénieurs chimistes recrutés au cours de ces dernières années travaillent dans des branches d'activité autres que celle des industries chimiques². A ce sujet, on peut déjà regretter que sur les vingt-deux établissements actuels, délivrant des diplômes d'ingénieurs chimistes, un seul, l'École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI) de Paris, donne une véritable double formation en physique et en chimie, en quatre ans il est vrai.

L'intensification de la pluridisciplinarité de la formation des ingénieurs chimistes a été vivement recommandée par les dirigeants des entreprises des industries chimiques, à l'occasion du colloque « Formation des ingénieurs chimistes. Quelle stratégie pour la France ? », organisé à Mulhouse en novembre 1988 par la Société de chimie industrielle et la Société française de chimie³. Elle concerne, indépendamment des connaissances de base en mathématiques et en physique, le génie chimique et des procédés (réacteurs, commande automatique, formulation), les techniques modernes informatiques (systèmes experts, intelligence artificielle, modélisation moléculaire), la physique des matériaux (ferromagnétisme, ferroélectricité, conversion d'énergie). Les industriels ont également réaffirmé la nécessité de connaître deux langues étrangères (la maîtrise de l'anglais étant désormais un impératif) ainsi que celle d'une ouverture et d'une sensibilisation aux problèmes de marché, de marketing, de gestion et de management des entreprises. Au niveau des qualités

humaines et relationnelles des futurs ingénieurs, un renforcement de leurs capacités en expression écrite, orale, en communication au sens large, dans l'initiative, la créativité, l'animation en groupe... est aussi unanimement réclamé.

Deux maîtres mots, de loin les plus cités lors de ce colloque, résument bien les exigences actuelles et futures : adaptabilité et flexibilité ; qualités essentielles que doivent acquérir les ingénieurs issus de nos écoles, au terme de leur formation.

CURSUS PÉDAGOGIQUE D'UN INGÉNIEUR CHIMISTE

Prévoir un programme pédagogique visant à former, en trois ans, des ingénieurs chimistes dont le profil s'apparente à ce portrait-robot (*Bioman, Wonder Woman?*), relève *a priori* d'une gageure. Il n'est pas simple, en effet, pour les responsables des écoles, de préserver l'excellence du haut niveau de compétence de leurs ingénieurs en chimie, tout en leur donnant une formation aussi généraliste que possible. Au cours de ces dix dernières années, les programmes d'enseignement des écoles de chimie ont progressivement et notablement évolué dans ce sens, et je prendrai l'exemple que je connais le mieux, c'est-à-dire celui de l'École nationale supérieure de chimie de Paris (ENSCP), dont le flux par an est actuellement de soixante à soixante-cinq ingénieurs.

L'objectif général de l'ENSCP, récemment réaffirmé dans le cadre d'une rénovation complète des trois années d'enseignement⁴, est de former des ingénieurs « généralistes » de haut niveau scientifique, à « dominante chimie ». La structure pédagogique des enseignements a pour but essentiel de faire acquérir aux futurs ingénieurs :

- la connaissance fondamentale approfondie des propriétés, tant physiques que chimiques, de la matière et de ses transformations ;
- la maîtrise des interactions entre science fondamentale et sciences de l'ingénieur ;
- l'acquisition des moyens complémentaires pour l'ingénieur : méthodes mathématiques et informatiques, langues étrangères, communication et management d'entreprises ;
- le contact intensif avec les milieux professionnels (stages en entreprises, visites d'usines ou de centres de recherche industrielle, conférences d'ingénieurs « seniors »).

Les deux premières années sont essentiellement consacrées à la formation pluridisciplinaire proprement dite et se terminent par un stage obligatoire dans l'entreprise, d'une durée minimale de trois mois, en France ou à l'étranger. La troisième et dernière année constitue l'ouverture et l'adaptation au métier d'ingénieur, en alliant l'acquisition des technologies, méthodes et stratégies industrielles relevant de la chimie, d'une part, et une formation privilégiée par les méthodes de la recherche d'autre part.

Les enseignements pluridisciplinaires des deux premières années sont regroupés en départements dont le nombre, la définition (c'est-à-dire les contenus pédagogi-

ques) ont considérablement évolué au cours des dix à quinze dernières années. En grande cohérence avec les recommandations du colloque de Mulhouse, ces départements sont désormais les suivants :

- Structure et Propriétés (physiques et chimiques) de la matière (DSPM) : constitution des édifices chimiques, de l'atome aux matériaux, et relation entre structure et propriétés physiques et chimiques de la matière, sur lesquelles les utilisations de celle-ci sont fondées ;

- Énergétique et Transformation de la matière (DETM) : des lois fondamentales régissant l'évolution et les transformations de la matière (lois thermodynamiques et cinétiques) à la mise en œuvre de celles-ci dans la conception des procédés (génie chimique) ;

- Chimie organique, bio-organique et macromoléculaire (DCOBM) : connaissances permettant la résolution des problèmes de synthèse de molécules et de matériaux organiques (polymères) et bases de la biochimie, sous-discipline de la chimie qui donne lieu aux applications industrielles dans le cadre des biotechnologies ;

- Méthodes mathématiques et informatiques (DMMI) : maîtrise des « outils » mathématiques et des méthodes informatiques exploités dans le domaine de la physico-chimie fondamentale et appliquée ;

- Langues, Communication et Management (DLCM) : perfectionnement dans la maîtrise de la langue anglaise et simultanément dans l'acquisition (facultative) d'une seconde langue vivante ; notions d'économie d'entreprise, de méthodes de gestion, de droit industriel ; connaissances des entreprises et du métier d'ingénieur.

Les tableaux I et II donnent, à titre documentaire, les matières ainsi que les volumes d'enseignement (théorique et expérimental) de chaque département d'enseignement.

La structure pédagogique de la troisième année est fondamentalement différente (voir tableau III), car elle est, en fait, calquée sur les trois secteurs de recherche des quatorze laboratoires (de recherche) de l'ENSCP :

- science des matériaux et métallurgie (SMM),
- science des procédés de l'industrie chimique (SPIC),
- synthèse organique et biotechnologies (SOB).

Outre des enseignements de tronc commun (29 %), soit scientifiques, soit en langues, communication et management (LCM), les élèves-ingénieurs suivent les enseignements optionnels (13 %) associés à l'un des secteurs de recherche où s'effectue leur initiation à la recherche (« microthèse », 58 %).

Les élèves de troisième année peuvent être autorisés à suivre parallèlement la préparation d'un diplôme d'études approfondies (DEA). La moitié environ bénéficie actuellement de cette mesure, qui n'a pour but essentiel que de mettre le plus grand nombre d'entre eux dans les conditions pédagogiques et matérielles optimales pour la préparation d'une thèse de doctorat (entre 30 et 35 % des ingénieurs ENSCP diplômés en 1987, 1988 et 1989).

Les DEA suivis sont ceux pour lesquels l'ENSCP est officiellement co-habituée par son ministère de tutelle, et qui, en conséquence, s'intègrent au sein des secteurs de recherche. Dans ce cas, l'élève-ingénieur est dispensé, au cours de sa troisième année, du groupe d'enseignements optionnels correspondant. Il s'agit, pour les années à venir,

des DEA suivants :

- chimie analytique,
- chimie appliquée et génie des procédés industriels,
- chimie inorganique,
- chimie organique,
- génie des procédés,
- métallurgie structurale et physico-chimique,
- sciences des matériaux.

Quelques élèves peuvent effectuer la troisième année dans son intégralité, dans un autre établissement, notamment dans un pays étranger. Dans ce cas, un programme d'enseignements théoriques, sensiblement équivalent aux cours du tronc commun et optionnels, doit être identifié dans l'établissement d'accueil et les résultats obtenus sont communiqués à l'ENSCP pour la délivrance du diplôme. Parallèlement, l'ENSCP peut accueillir dans les mêmes conditions des *undergraduates* étrangers. Ce système d'échange, récemment mis en place pour quelques élèves, est quantitativement limité à l'heure actuelle par l'insuffisance des crédits disponibles.

Bien que la structure pédagogique de l'ENSCP, prise comme exemple, privilégie, notamment au cours de la troisième année, les interactions avec la recherche, ses grandes lignes reflètent assez bien l'équilibre que les écoles supérieures de chimie ont pu établir entre la chimie « pure et dure » et les autres disciplines scientifiques et non scientifiques.

A cet égard, trois points méritent d'être soulignés, en réponse aux exigences exprimées par nos collègues de l'industrie ⁵ :

- Le génie chimique et des procédés, d'une part, et les techniques modernes informatiques, d'autre part, sont présents au niveau de chacune des deux premières années et font l'objet d'enseignements spécialisés en dernière année, soit en tronc commun, soit en option (voir tableaux I et III) ;

- Les enseignements non scientifiques (langues étrangères, communication, économie, droit et gestion des entreprises), répartis également sur les trois années du cursus, représentent 350 heures, soit près de 15 % de la durée totale. A ce titre, un séminaire de communication (innové par les élèves eux-mêmes, il y a six ans) est désormais organisé par l'ENSCP, en collaboration avec des enseignants spécialisés, sur une durée d'une semaine à plein temps, au début de la troisième année.

- La proportion d'enseignements expérimentaux (laboratoires d'enseignement et de recherche), qui atteint près de 50 % du temps total des trois années, constitue une caractéristique de la formation d'un ingénieur chimiste. Il est rare de rencontrer cette spécificité dans d'autres disciplines.

RÔLE DE LA RECHERCHE DANS LA FORMATION

Les écoles d'ingénieurs, dans leur ensemble, traînent de longue date une casserole qui résonne, de temps à autre, dans certaines déclarations reprises par les médias : « Il y a peu de recherche dans les écoles d'ingénieurs ! » Si



cette affirmation, caricaturale encore une fois, est peut-être vraie dans certains secteurs, elle vole en éclats s'agissant des écoles supérieures de chimie, où la recherche, grâce aux liens étroits tissés avec l'industrie, est une longue tradition.

Le Club Gay-Lussac, association qui regroupe les écoles formant des ingénieurs chimistes diplômés, a effectué pour l'année 1987-1988 une enquête à ce sujet. Cependant cette enquête reste partielle⁶. Elle ne concerne, en effet, parmi ces écoles que celles qui dépendent du ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports (ENSI : écoles nationales supérieures d'ingénieurs). Les quelques chiffres rassemblés dans le tableau IV se passent de commentaires ! En réactualisant ces données et en y adjoignant celles des autres établissements, les indicateurs de productivité scientifique (publications, communications, thèses et brevets) seraient probablement multipliés par un facteur de 1,5.

Les écoles de chimie sont donc dotées d'un potentiel de recherche important et dont le niveau est reflété par le soutien notable du CNRS, tant en ce qui concerne l'affectation des personnels de recherche que les crédits scientifiques. Ainsi, au niveau des treize ENSI, près d'un chercheur permanent sur trois dépend du CNRS.

L'un des premiers avantages de cette symbiose entre l'enseignement et la recherche, au sein de nos écoles d'ingénieurs, est la participation de chercheurs du CNRS à l'enseignement, le plus souvent par des cours spécialisés de dernière année, mais également, d'une façon plus large, dans le système de « préceptorat », formule originale et unique en son genre à l'heure actuelle mise en place il y a une dizaine d'années par l'École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI) de Paris.

Si, au cours de leurs trois années d'études, les élèves ingénieurs bénéficient progressivement de ce potentiel, le rôle majeur de la recherche dans leur formation concerne leur « immersion » en laboratoire, au cours de leur initiation

à la recherche qui adopte des dispositions variables d'une école à l'autre.

A l'École nationale supérieure de chimie de Paris, cette initiation à la recherche est réalisée, au cours de la dernière année, par la préparation d'une « microthèse », c'est-à-dire d'un sujet original de recherche, dans un laboratoire de l'école ou dans un laboratoire extérieur. Ce séjour en milieu de recherche ne peut porter ses fruits que si la durée en est suffisante : environ 500 heures à l'ENSCP, soit 60 % du temps de troisième année.

La « microthèse », si elle révèle parmi certains élèves ceux dont le talent peut les orienter réellement vers la recherche, n'est cependant pas destinée à les transformer tous en ingénieurs « recherche et développement ». Les confrontant aux concepts et aux méthodes de la recherche, ce stage « déscolaire » indéniablement les élèves ingénieurs, souvent trop habitués lors de leur apprentissage pratique en laboratoires d'enseignement à des manipulations bien réglées et « ficelées » en un temps déterminé.

Bien plus qu'en laboratoire d'enseignement, les élèves doivent, comme tout chercheur, apprendre à gérer leur temps, à planifier rationnellement leurs activités expérimentales, à évaluer et critiquer leurs propres résultats et, en conséquence, à approfondir ou à faire évoluer le sujet initial. Ce stage leur permet d'utiliser des techniques et des équipements scientifiques beaucoup plus sophistiqués que ceux qu'ils ont côtoyés en laboratoire d'enseignement et qu'ils retrouveront, pour certains d'entre eux, dans l'industrie.

Les richesses apportées par une telle initiation à la recherche sont innombrables : créativité, imagination, rigueur, sens critique, esprit d'initiative, travail en groupe et adaptation à une activité pluridisciplinaire. Les élèves préparent leurs microthèses avec ardeur et enthousiasme, pour une part en raison du changement pédagogique de cette initiation à la recherche, mais surtout parce qu'ils savent tout ce qu'elle peut leur apporter, qu'ils travaillent plus tard en recherche-développement, en production ou comme commerciaux.

Il a été souligné plus haut les recommandations faites lors du colloque de Mulhouse, pour dresser le portrait-robot de l'ingénieur chimiste de demain. Il en manquait une, tout aussi importante : être formé par la recherche, c'est-à-dire parfaire sa formation d'ingénieur par la préparation d'une thèse de doctorat.

Si les avantages acquis au cours d'une formation par la recherche proprement dite, d'une durée d'environ trois ans, ne sont fondamentalement pas différents de ceux acquis au cours d'une microthèse, ils transforment l'ingénieur en un chercheur hautement qualifié, avec tout ce que cela comporte en termes de créativité et d'innovation. A cet égard, la formation par la recherche n'est pas forcément une formation à la recherche. Cependant, la quasi-totalité des ingénieurs docteurs sont actuellement recrutés en recherche-développement, mais la thèse constituera pour

Travail en laboratoire des élèves ingénieurs chimistes de l'École nationale supérieure de chimie de Paris.

eux un apport personnel indéniable dans l'évolution future de leur carrière, quelle qu'elle soit.

On estime, à l'heure actuelle, qu'environ 25 à 30 % des ingénieurs chimistes diplômés passent par une réelle formation par la recherche ; ce pourcentage variant d'une école à l'autre. C'est incontestablement dans le secteur de la chimie que cette proportion est, de loin, la plus importante (6-7 % sur l'ensemble des ingénieurs diplômés français). En Allemagne ou en Suisse, où les industries chimiques sont parmi les plus puissantes du monde, le passage par un doctorat est quasiment une nécessité.

Cette nette différence par rapport à ces deux pays voisins n'est pas liée, comme on pourrait le croire *a priori*, à un nombre insuffisant de (co)financement de thèse. Elle est surtout due à une faiblesse, au niveau français, de la reconnaissance des carrières dans le domaine de la recherche industrielle ; ce qui n'est pas un facteur favorable pour inciter un plus grand nombre d'ingénieurs à s'engager dans la voie d'une thèse.

Des filières d'ingénieurs des techniques, récemment instituées d'après le rapport Decomps, et destinées principalement à fournir aux industries chimiques les ingénieurs de production, de maintenance et d'exploitation des procédés dont elles manquent à l'heure actuelle, devraient, semble-t-il, se développer dans les années à venir. Souhaitons que la mise en place progressive de ces nouvelles filières permettra des réflexions de fond sur l'ingénieur chimiste « généraliste », débouchant sur un accroissement notable du nombre des ingénieurs docteurs, car, plus que jamais, ces derniers seront les moteurs de nos entreprises.

Notes

1. Table ronde chimie : « Recrutement au microscope » organisée par le *Figaro-Économie*, n° 14 489, cahier n°3, 25 mars 1991.

2. *Résultats de l'enquête sur le devenir des diplômés des écoles supérieures de chimie de l'année 1987*. Publication du département scientifique de l'Union des industries chimiques, février 1991.

3. Compte rendu du colloque « Formation des ingénieurs-chimistes. Quelles stratégies pour la France ? ». Mulhouse, 17-18 novembre 1988. Publication dans l'*Actualité chimique*, n°5, septembre-octobre 1989.

4. *La Formation d'ingénieur de l'École nationale supérieure de chimie de Paris : organisation des études et programme des enseignements, année 1990-1991*. Publication de la direction des études de l'ENSCP (prof. B. Tremillon).

5. Cf. note 3.

6. « La recherche dans les treize écoles d'ingénieurs à spécialité chimie, dépendantes du ministère », par J.C. Bernier. Publication au *Bulletin de liaison de la Société française de chimie*, n°2, février 1990.

TABLEAU I - MATIÈRES DES COURS THÉORIQUES DE 1^{RE} ET 2^E ANNÉES

Département Structure et Propriétés de la matière (DSPM)

- Physique : théorie des groupes, physique statistique, physique du solide
- Mécanique quantique et théorie de la liaison chimique
- Spectroscopies
- Chimie inorganique
- Chimie de l'état solide : modèles de solide cristallin, défauts du solide, microstructures et propriétés des matériaux
- Cristallographie et diffraction X

Département Énergétique et Transformations de la matière (DETM)

- Thermodynamique et évolution des systèmes chimiques
- Électrochimie et chimie des solutions
- Transformations dans l'état solide
- Propriétés des surfaces et interfaces
- Génie chimique : opérations fondamentales de l'industrie chimique et calcul des réacteurs

Département Chimie organique, bioorganique et macromoléculaire (DCOBM)

- Chimie organique générale
- Synthèse organique
- Spectroscopies appliquées
- Biochimie générale
- Chimie macromoléculaire

Département Méthodes mathématiques et informatiques (DMMI)

- Mathématiques : éléments d'analyse, distributions et transformations, statistiques
- Informatique : programmation et application des méthodes numériques de la physique, informatique en temps réel au laboratoire

Département Langues-Communication-Management (DLCM)

- Anglais (langue vivante obligatoire), enseignement complémentaire facultatif d'une autre langue vivante ; (allemand, espagnol, russe, japonais, italien)
- Économie, gestion et droit des entreprises

TABLEAU II - NOMBRES D'HEURES D'ENSEIGNEMENT PAR DÉPARTEMENT EN 1^{RE} ET 2^E ANNÉES

		Ens^{ts} oraux (cours et TD)	Ens^{ts} expér. (TP)	Total	Fraction de l'ensemble
DSPM :	1 ^{re} A	184 h	53 h	237 h	
	2 ^e A	133 h	126 h	259 h	
	1 ^{re} + 2 ^e A	317 h	179 h	496 h	27,85 %
DETM :	1 ^{re} A	96 h	126 h	222 h	
	2 ^e A	143 h	42 h	185 h	
	1 ^{re} + 2 ^e A	239 h	168 h	407 h	22,85 %
DCOBM :	1 ^{re} A	98 h	158 h	256 h	
	2 ^e A	98 h	154 h	252 h	
	1 ^{re} + 2 ^e A	196 h	312 h	508 h	28,5 %
DMMI :	1 ^{re} A	110 h	21 h	131 h	
	2 ^e A	-	42 h	42 h	
	1 ^{re} + 2 ^e A	110 h	63 h	173 h	9,7 %
DLCM :	1 ^{re} A	105 h		105 h	
	2 ^e A	91 h		91 h	
	1 ^{re} + 2 ^e A	196 h		196 h	11,0 %
Totaux :		1058 h	722 h	1780 h	
dont :	1 ^{re} année	593 h	358 h	951 h	
	2 ^e année	465 h	364 h	829 h	

TABLEAU III - COMPOSITION DES ENSEIGNEMENTS DE 3^e ANNÉE

I - Tronc commun : 248 h

a) LCM (une demi-journée hebdomadaire de 4 h pendant 26 semaines) : 104 h

b) Enseignements scientifiques : 120 h

- Grands procédés industriels et transformation de la matière : 36 h
- Méthodes industrielles de la synthèse des polymères : 12 h
- Chimie fine : réalisations industrielles : 12 h
- Radioactivité et chimie nucléaire appliquée : 24 h
- Intelligence artificielle et systèmes experts : 12 h
- Modélisation moléculaire : 12 h
- Prévention et gestion du risque technologique : 12 h

c) Module au choix : 24 h

II - Enseignements sectoriels : 108 h

- Secteur « Science des matériaux et métallurgie » (SMM) :

- Matériaux à propriétés remarquables : 24 h
- Structure électronique des solides : 12 h
- Technologie de fabrication des matériaux avancés : 24 h
- Propriétés d'emploi des matériaux métalliques : 24 h
- Corrosion des métaux et contrôle de la corrosion : 12 h
- Rhéologie des plastiques : 12 h

- Secteur « Science des procédés de l'industrie chimique » (SPIC) :

- Développement des procédés : 12 h
- Calcul des réacteurs et des matériels : 36 h
- Commande automatique : 12 h
- Corrosion des métaux et contrôle de la corrosion : 24 h
- Industrie de métallurgie extractive : 12 h
- Chimie des plasmas : 12h

- Secteur « Synthèse organique et biotechnologies » (SOB) :

- Théorie orbitale en chimie et applications : 24 h
- Synthèses organiques sélectives : 12 h
- Utilisation des hétéroéléments en synthèse organique : 12 h
- Utilisation des métaux de transition en synthèse organique : 12 h
- Chimie des hétérocycles : 12 h
- Synthèses dans le domaine bioorganique et biotechnologies : 24 h
- Chimie médicinale : 12 h

III - Initiation à la recherche : 500 h

- Préparation d'une « microthèse » en laboratoire de recherche

TABLEAU IV - LA RECHERCHE DANS LES 13 ÉCOLES DE CHIMIE DU MINISTÈRE *

La formation par la recherche dans les ENSI chimie, c'est :

- 29 formations DEA habilités,
- 520 élèves de DEA par an,
- 6 pôles Firtech,
- 850 thésards.

Les laboratoires de recherche rattachés aux écoles, c'est :

- 500 enseignants chercheurs,
- 200 chercheurs du CNRS,
- 475 ingénieurs, techniciens, administratifs,
- 900 stagiaires de recherche.
- Soit plus de 2 000 personnes dans 80 laboratoires (42 URA et 17 R,*)

Les moyens de recherche sont, par an :

- 200 MF de masse salariale publique,
- 32 MF en dotation de base,
- 40 MF en recherche contractuelle,
- 4 MF en recherche internationale.
- Soit près de 276 MF pour l'innovation en chimie.

Les indices et la production recherche, c'est, par an :

- 1 000 publications,
- 1 000 communications,
- 24 thèses,
- 90 brevets.

La valorisation dans les écoles de chimie, c'est, par an :

- 350 contrats de recherche et de développement,
- 8 centres de transfert de technologie,
- 90 brevets avec les entreprises industrielles.

* ENSCP Bordeaux, ENSC Clermont, ENSC Lille, ESIPSOI Marseille, ENSC Montpellier, ENSC Mulhouse, ENSIC Nancy, ENSC Paris, ENSC Rennes, INSA Rouen, EHICS Strasbourg, ENSC Toulouse, IGC Toulouse.