

Fédération Française de Chimie

Union des Industries Chimiques

Contribution de l'U.I.C. au Colloque national sur la recherche et la technologie

Recherche, technologie et industrie. Liaisons université-entreprise *

1. L'industrie chimique française, pour se développer dans la concurrence internationale, a besoin de mettre sur le marché davantage de produits de grande valeur ajoutée à des prix compétitifs grâce à une technologie de haut niveau. La recherche fondamentale française est, dans les domaines intéressant l'industrie chimique, d'un excellent niveau international, et elle doit donc pouvoir offrir à l'industrie les connaissances de base dont elle a besoin.

Il semble cependant qu'en France (contrairement à certains pays étrangers) le transfert de ces connaissances de la recherche de base vers l'industrie soit insuffisant.

2. Un effort a été fait depuis quelques années pour mettre en place des procédures susceptibles d'aider ces transferts :

- les contrats d'action concertée de la DGRST,
- l'élargissement du rôle de l'ANVAR à l'aide au développement,
- la mise en place, au CNRS, d'une Direction des relations publiques et d'un Comité des relations industrielles,
- l'organisation de certaines journées « portes ouvertes » au CNRS,
- la publication d'un annuaire du CNRS,
- la banque des connaissances et des techniques CNRS-ANVAR,
- le choix, par l'industrie, de nombreux consultants universitaires,
- la participation de nombreux chercheurs du CNRS ou de l'Université à des contrats industriels et souvent à la prise de brevets sur des inventions issues de leurs travaux.

Ces différentes procédures sont à maintenir, car elles ont permis de nets progrès dans l'ouverture réciproque.

3. Il subsiste cependant de nombreux obstacles aux transferts de connaissances et à la prise en compte des besoins à long terme de l'industrie par l'Université et le CNRS :

a) Difficultés de dialogue entre l'universitaire et l'industriel, qui, dans la situation actuelle, ont, à la base, des soucis totalement différents : l'universitaire doit publier ses résultats, le plus rapidement possible, puisqu'il est évalué sur ses publications; alors que l'industriel ne peut développer une invention que dans le cadre d'une propriété industrielle solide, ce qui proscriit toute publication prématurée. Le langage même du chercheur universitaire devient difficilement compréhensible à l'industriel en raison des termes scientifiques utilisés (le plus souvent d'ailleurs par entente internationale) : une véritable traduction devient nécessaire, ou, tout au moins, une vulgarisation de haut niveau pratiquée couramment au Japon et aux États-Unis, mais encore inconnue en France.

Cette difficulté de dialogue peut même devenir une méfiance réciproque des deux milieux par incompréhension totale, ce qui est encore le cas pour certains universitaires opposés par principe à

toute exploitation financière de leurs résultats et, en sens inverse, pour beaucoup de petites et moyennes entreprises trop prises par le court terme.

b) Complexité croissante du monde de la recherche, rendant difficile à l'industriel de trouver le chercheur de base susceptible de l'aider : les consultants, eux-mêmes, ne peuvent toucher qu'un secteur limité que réduit encore leur spécialisation de plus en plus accentuée. Inversement, le chercheur, bien souvent, ne connaît pas les industries qui utiliseraient ses résultats. Or une collaboration efficace entre le chercheur universitaire et l'entreprise doit démarrer très tôt, si possible dès l'expression de l'idée de recherche.

c) Trop grand cloisonnement du CNRS en disciplines scientifiques s'ignorant encore trop les unes les autres, alors que les besoins de l'industrie sont au contraire de plus en plus interdisciplinaires (ex. : agrochimie, toxicologie, biotechnologie...).

d) Accès difficile des petites et moyennes entreprises aux actions concertées de la DGRST qui sont confiées pour 90 % aux grandes entreprises, ce qui en exclut la majorité du tissu industriel français, et entretient chez elles une certaine jalousie.

e) Moyens financiers insuffisants dans l'aide de l'État à certains secteurs, comme la chimie qui se sent la « mal aimée » alors qu'elle est porteuse de grandes possibilités de développement à long terme.

4. Quelles propositions formuler pour améliorer la situation et résoudre ces difficultés ?

a) Il faut d'abord faciliter le dialogue par une meilleure connaissance réciproque et le développement de relations personnelles entre chercheurs de base et ingénieurs de l'industrie :

- Assurer, dès les années de formation, une certaine interpénétration des deux milieux : les thèses d'État, menées par un certain nombre de jeunes ingénieurs à la sortie des écoles, sont un excellent moyen de liaison, car elles permettent l'entrée dans l'Université de chercheurs de base ayant déjà eu un certain contact avec l'industrie; il convient donc de les maintenir ainsi. Mais, si certains chercheurs des entreprises peuvent bénéficier avec fruit d'une telle formation, ce n'est pas le cas général : dans l'ensemble, la recherche industrielle n'a pas besoin de ce niveau, mais se cadre mieux avec des thèses de docteur ingénieur qui ne nécessitent, en général, que deux ou trois années après la sortie de l'école. Cette formation des ingénieurs par la recherche, qui peut, dans certains cas, commencer au cours de la dernière année d'école, permet aux jeunes ingénieurs des contacts personnels nombreux avec le milieu Université-CNRS, ce qui leur permet de mieux comprendre le comportement et le langage des chercheurs de base.

Développer cette formation par la recherche semble un objectif primordial pour l'interpénétration des deux milieux; cela nécessite évidemment un renforcement des laboratoires des écoles

* Rapporteur : Jean Quinchon.

d'ingénieurs ainsi qu'une liaison étroite avec des laboratoires universitaires et un investissement en hommes relativement cher dont l'État devrait prendre sa part. Dans le même sens, ne faudrait-il pas faire participer davantage de chercheurs à l'enseignement dans les écoles où leur présence n'est pas suffisante, et, pourquoi pas, un nombre significatif d'ingénieurs à celui de l'Université ?

- Revaloriser la participation des ingénieurs de l'industrie aux « sociétés savantes » (Société Chimique de France et Société de Chimie Industrielle, par exemple) qui pourraient être ainsi dynamisées et devenir un forum plus vivant d'échanges; dans le même sens, pousser davantage ces ingénieurs à des publications scientifiques après brevets.

- Favoriser les stages dans les laboratoires industriels pour les chercheurs de l'Université et du CNRS : à défaut de véritable mobilité physique difficile à atteindre, de tels stages, d'un ou deux ans, devraient être préconisés par le CNRS et être pris en compte dans leur avancement, de même que leur participation à des prises de brevets à l'occasion de contrats industriels.

- Faire connaître davantage les banques de données sur « qui fait quoi » dans l'Université et le CNRS, mais aussi dans l'industrie : il existe déjà une « banque des connaissances et des techniques » développée conjointement par le CNRS et l'ANVAR, et un annuaire du CNRS, mais ils sont mal connus de l'industrie, comme de l'Université, et il faudrait apprendre à s'en servir efficacement, quitte à revoir leur structure si besoin est.

- Mettre en place au CNRS, ou mieux à la DGRST (ou à l'entité qui en reprendra les activités au Ministère de la recherche et de la technologie), des personnes expérimentées qui ne soient pas des gestionnaires, mais des « traducteurs » des besoins de l'industrie en termes scientifiques, et des résultats de la recherche fondamentale en termes industriels. Sachant utiliser à bon escient les banques de données, évoquées précédemment, ils pourraient être les « catalyseurs » de rapprochements industrie-Université.

b) Il faudrait aussi favoriser, dans toute la mesure du possible, une certaine orientation des travaux de recherche fondamentale pour mieux répondre aux besoins de l'industrie : il ne s'agirait là ni de transformer les laboratoires universitaires en centres de recherche appliquée (sauf pour une partie limitée de leur activité dans des contrats avec l'industrie), ni de léser la liberté du chercheur, irremplaçable en matière fondamentale pour qu'il soit vraiment un novateur, ni de mettre en place un quelconque carcan bureaucratique.

Quelques suggestions sont cependant possibles :

- Motiver davantage le chercheur de base sur des besoins de connaissance fondamentale de l'industrie dans des domaines encore mal explorés : réaliser, grâce au réseau précédemment évoqué des « traducteurs », un inventaire des besoins et les publier, sous forme anonyme, discrète et décodée, en « objectifs de recherche » communiqués régulièrement aux chercheurs concernés. Cet inventaire devrait permettre la définition de véritables stratégies nationales sectorielles pour la recherche, liées à des stratégies industrielles définies dans le cadre du Plan.

- Doubler cet effort systématique, dont le risque technocratique n'est pas exclu, par une organisation de mise en contact personnel des ingénieurs de l'industrie avec les chercheurs susceptibles de les aider sur un thème déterminé, éventuellement pluridisciplinaire : ils pourraient définir ensemble, dans le domaine fondamental, de véritables « axes de recherche » sur lesquels les chercheurs seraient motivés à travailler puisqu'ils auraient participé à leur définition.

Cela n'apparaît possible que si la DGRST (ou l'entité qui doit lui succéder), qui pourrait en être chargée, dispose, à côté de ses services actuels de gestion et d'actions concertées, d'un véritable réseau de spécialistes dégagés de leurs liens avec l'industrie mais connaissant bien ses structures et ses moyens. Pourquoi ne pas y affecter des ingénieurs expérimentés détachés de l'industrie, associés peut-être à des universitaires également détachés à cet effet ? Il serait souhaitable aussi que l'ANVAR y apporte son concours afin d'y associer les petites et moyennes entreprises dont elle pourrait avoir une bonne connaissance grâce à sa structure décentralisée.

c) Il faudrait enfin profiter des nouveaux moyens dont va être dotée la recherche française :

- Pour perfectionner la diffusion des résultats de recherche à l'industrie, en améliorant la présentation et le contenu des signalements du Bulletin CNRS pour le rendre plus attrayant et plus facilement accessible, améliorer l'efficacité du système d'interrogation PASCALINE et en assurer une plus grande diffusion dans l'industrie.

En rendant gratuite (ou tout au moins peu onéreuse) cette diffusion à l'industrie française, y compris l'équipement en terminaux aisément utilisables,

En diffusant dans l'industrie davantage de documents de synthèse décrivant les résultats de la recherche fondamentale en termes accessibles aux industriels (haute vulgarisation).

Toutes ces actions nécessitent un renforcement des services correspondants du CNRS en hommes et en moyens financiers.

- Pour développer les « actions concertées » de la DGRST et les « aides au développement » de l'ANVAR dans le domaine de la chimie en y faisant participer davantage les petites et moyennes entreprises (après les avoir ouvertes aux milieux de recherche), et en finançant systématiquement dans ces contrats un pourcentage supplémentaire laissé à l'initiative des chercheurs.

- Pour décloisonner le CNRS en y créant de nouvelles équipes de recherche interdisciplinaires dans les secteurs clés de l'industrie de demain : associer agronomes, physiologistes et chimistes pour l'agrochimie, par exemple. Cela va dans le même sens que les « programmes interdisciplinaires de recherche », mais beaucoup plus loin car exigeant le regroupement physique des chercheurs de différentes disciplines dans un même centre.

- Pour transformer progressivement le financement actuel des organismes publics de recherche en un financement par finalités, et non plus par disciplines scientifiques : par exemple, l'engrais de demain...

5. Ces différentes propositions peuvent paraître ambitieuses, mais elles sont, à notre avis, à la hauteur des possibilités d'un pays comme la France si l'on veut lui faire retrouver une première place mondiale pour l'innovation industrielle. Dans ce sens, les propositions les plus importantes nous semblent :

- Multiplier les contacts entre futurs ingénieurs et futurs chercheurs universitaires au niveau de la formation, puis les entretenir tout au long de la vie professionnelle,

- Développer l'information scientifique à l'industrie en termes qui lui soient accessibles, notamment par banques de données et vulgarisation de haut niveau,

- Mettre en place au Ministère de la recherche et de la technologie un réseau d'ingénieurs et de chercheurs compétents et expérimentés pour catalyser les contacts Université-industrie, aider à dégager des axes de recherche fondamentale et permettre la définition de stratégies sectorielles intégrées dans le Plan.

Les hommes. La formation *

La formation supérieure en chimie des cadres de l'industrie chimique

S'il est sans doute inutile de rappeler que l'industrie chimique française emploie de 300 000 à 350 000 personnes (le chiffre dépend de la définition exacte qu'on donne à cette industrie), qu'elle est le 3^e exportateur mondial après l'Allemagne et les États-Unis, à

égalité avec le Royaume-Uni, il est bon, en revanche, de répéter qu'elle est une industrie savante qui fait, plus qu'une autre, appel à la matière grise et qu'elle a une longue tradition d'innovation.

Le problème de la qualité de son personnel est donc essentiel : il pose en particulier celui de sa formation.

* Rapporteurs : Alain Derome, Marie-Hélène Leroy.

Il sera surtout traité ici de la formation supérieure en chimie des futurs cadres qui entreront dans la vie active pour occuper un poste dans un centre de recherche ou de développement, ou dans tout autre service.

Ce qui va être dit s'applique à l'industrie chimique mais, en fait, concerne aussi, tout au moins en grande partie, les secteurs industriels qui, clients de celle-ci, emploient de nombreux chimistes. En revanche il ne sera pas parlé des enseignants chercheurs de l'Université ou des chercheurs de grands organismes publics, encore que certains d'entre eux suivent une formation supérieure identique aux chercheurs de l'industrie.

Actuellement, l'industrie chimique recrute chaque année environ 350 à 400 cadres chimistes pour y exercer des activités dans des domaines très variés, dont la recherche.

Si l'on précise que cette industrie n'effectue que peu de recherche fondamentale pour se concentrer principalement sur la recherche finalisée, il apparaît alors que ses chercheurs doivent présenter un ensemble de qualités commun à tous les cadres chimistes qui doivent avoir reçu une formation de base identique.

Seront examinées successivement :

- la formation de base : les Écoles supérieures d'ingénieurs et l'Université,
- une certaine formation par la recherche dans les Écoles nationales supérieures d'ingénieurs chimistes,
- une formation approfondie par la recherche pour les cadres de la recherche,
- une formation approfondie par la recherche pour certains cadres de divers services de l'industrie chimique,
- la formation en Allemagne et aux États-Unis.

Il sera repris, en conclusion, les points importants et les recommandations qui se seront successivement dégagées.

La formation de base : les Écoles supérieures d'ingénieurs et l'Université

Quel que soit le poste auquel sera affecté le nouveau cadre, il doit réunir un certain nombre de caractéristiques qui sont (l'ordre dans lequel elles sont données ne préjugeant pas de leur importance relative) :

- la possession d'un ensemble de connaissances chimiques suffisamment étendu et diversifié, donc ne comportant pas de lacune importante et une perception des problèmes de l'industrie et de sa finalité,
- l'aptitude à continuer à apprendre à partir des connaissances de base acquises durant sa formation initiale et le goût de le faire,
- la capacité de s'adapter pendant toute sa carrière aux hommes qu'il fréquentera et aux situations qu'il rencontrera, donc une armature intellectuelle et psychique lui permettant de faire face aux situations imprévues et imprévisibles,
- l'esprit de rigueur,
- l'esprit de créativité
- et le dynamisme.

L'acquisition de certaines de ces caractéristiques, par exemple les connaissances, la révélation ou le développement d'autres, ou encore l'aptitude à continuer à apprendre, nécessitent une formation de base répondant aux critères suivants :

1. un enseignement technico-scientifique en chimie sans faille, évitant toute lacune grave préjudiciable,
2. une large place accordée aux manipulations et à une microthèse ou projet de fin d'études,
3. un contact avec la recherche,
4. une sensibilisation aux problèmes humains, sociaux et économiques, mais sensibilisation seulement; l'acquisition des connaissances nécessaires pouvant se faire après l'entrée dans l'entreprise,
5. des stages en entreprise.

Les points 2 et 3 permettent d'assurer, pour tous, un début de formation par la recherche; ceci sera développé plus loin.

Les Écoles supérieures d'ingénieurs chimistes assurent une formation plus conforme à celle, qui vient d'être rapidement définie que l'Université. C'est ce qui explique que 85 % environ des cadres chimistes entrant dans l'industrie chimique viennent des Écoles. Les autres, qui sortent pour l'essentiel de l'Université, ont très généralement poursuivi leurs études jusqu'à l'obtention d'un doctorat (doctorat 3^e cycle, doctorat d'État¹).

La qualité de la formation d'ingénieur mérite d'être d'autant plus soulignée :

- qu'elle permet d'effacer les conséquences de certains défauts ou lacunes de l'enseignement secondaire qui ne favorise pas chez les jeunes l'esprit d'innovation, ne développe pas l'aptitude à l'expression écrite et ne leur assure pas la pleine possession d'une langue étrangère,
- qu'elle se satisfait de recrutements différents : les classes préparatoires qui sont peut-être un peu étouffantes mais apprennent à travailler et donnent le sens de l'effort; l'Université : soit les possesseurs d'un DEUG ou d'un DUT, soit les maîtres ès sciences qui ont pu acquérir un certain sens de l'initiative grâce à la plus grande liberté laissée par elle².

Certes des progrès sont à faire, tout au moins pour certaines écoles. En tout cas, il apparaît utile d'insister sur :

- l'importance des travaux pratiques,
- la nécessité d'un projet de fin d'études,
- des stages suffisamment longs en entreprise,
- une formation aux problèmes d'application sous forme de cours magistraux complétés par des manipulations dans des laboratoires d'application de l'école, même aux problèmes de vente.

Toutes choses qui sont très utiles, pour ne pas dire indispensables, pour la formation des chercheurs de l'industrie que l'on ne rencontre pratiquement pas ou très peu à l'Université. En outre, dans celle-ci, la plus grande liberté favorable à certains, l'enseignement moins défini, plus diffus et hétérogène, peuvent entraîner, au moins au niveau de la maîtrise, des lacunes dans les connaissances des étudiants, non supportables pour l'industrie.

Une certaine formation par la recherche dans les Écoles nationales supérieures d'ingénieurs chimistes

Des travaux pratiques bien conçus et une microthèse ne constituent évidemment qu'un début de formation par la recherche : ce n'est qu'un plancher pour tous les ingénieurs. La recherche est différente des travaux pratiques.

Mais, cette initiation est complétée par le contact permanent de l'élève avec l'enseignant chercheur, contact d'autant plus étroit à l'école qu'il accorde à son rôle d'enseignant une place plus importante, qu'il se veut plus disponible à ses élèves. L'éducation se fait d'une façon diffuse et favorise chez eux une certaine perception du monde scientifique.

Cette « première » formation par la recherche, dispensée à tous, est un facteur essentiel au développement ou même au réveil de certaines des qualités déjà mentionnées : l'imagination, l'adaptabilité, l'attitude face aux problèmes, l'art de chercher les données existantes, de déterminer celles qui manquent et celles qui sont superflues, de proposer une ou des solutions en fonction de ses connaissances.

Cette formation ne peut être que limitée, à ce niveau d'études; elle ne doit pas se faire au détriment de l'obtention d'un certain niveau de connaissances. Il ne faut pas non plus oublier que les Écoles ont

1. *Il n'est pas parlé ici de la formation par le Conservatoire National des Arts et Métiers, bien qu'excellente, car elle ne peut être considérée comme une formation initiale.*
2. *Ce dernier mode de recrutement, par l'Université, doit, tout au moins pour le moment, rester très sélectif afin d'en maintenir la qualité.*

pour objet de former des hommes d'action qui sachent interpréter et utiliser le progrès et non pas seulement des hommes de réflexion pure.

Ceci montre l'absolue nécessité de l'existence dans les Écoles d'un potentiel de recherches important s'appuyant sur un équipement de haut niveau dont pourront profiter les élèves pour leurs séances de travaux pratiques.

Comme il a déjà été dit, une partie de ces recherches et des laboratoires doit être tournée vers l'application : même ceux qui deviendront chercheurs doivent acquérir à l'école une mentalité particulière intégrant les préoccupations d'application et de vente, c'est-à-dire le sens du concret.

Enfin, l'importance du rôle enseignant de l'enseignant chercheur doit impliquer que les qualités correspondantes soient très largement prises en compte pour la progression de sa carrière.

Une formation approfondie par la recherche pour les cadres de la recherche

La formation par la recherche ne débute réellement qu'avec une thèse de doctorat qui comporte un certain saut dans l'inconnu et constitue un peu une aventure. Elle conduit très généralement et très naturellement ceux qui ont soutenu leur thèse de docteur ingénieur, docteur 3^e cycle ou docteur d'État à commencer leur carrière professionnelle comme chercheurs.

Or, dans la recherche, le problème des hommes est le plus important. Ainsi, lors de la création d'un centre de recherches, peut-on distinguer trois niveaux de coût :

- le bâtiment = coût X,
- le matériel = coût 2 X,
- les hommes = coût 4 X ou même davantage.

C'est dire le soin qu'il faut apporter au recrutement des chercheurs qui doivent avoir particulièrement développées les deux caractéristiques suivantes :

- savoir prendre des décisions,
- savoir écouter et comprendre les autres, être un homme de dialogue.

Le chercheur doit savoir doser l'équilibre entre ces deux qualités.

Bien sûr, il doit avoir une ouverture d'esprit, de la créativité plus que du dynamisme, de l'enthousiasme.

Enfin, il doit accepter le principe de la mobilité, c'est-à-dire son départ éventuel de la recherche.

Les thèses de docteur ingénieur et docteur 3^e cycle portent sur des sujets comparables. Malheureusement tous les sujets ne sont pas de valeur égale : ils devraient avoir un minimum de caractère innovant et d'aspect concret.

Néanmoins, pour l'industrie, le docteur ingénieur présente un certain avantage par rapport au docteur 3^e cycle parce qu'il reste un ingénieur et est donc capable, en général, d'appréhender un problème que, s'étant normalement spécialisé plus tôt, le docteur 3^e cycle risque d'aborder par ce qu'il connaît, même si ce n'est pas adapté

Le docteur d'État intéresse l'industrie lorsque sa thèse correspond à un besoin de connaissances très spécifiques pour l'entreprise. Mais, en raison du haut niveau scientifique acquis, un docteur d'État doit être capable d'avoir des responsabilités dans la recherche et même de la diriger dans le futur.

Il faut veiller, cependant, à ne pas trop prolonger la formation initiale et à ne pas retarder l'entrée des jeunes dans la vie active. Il ne faut donc pas multiplier par trop les thèses, surtout celles de doctorat d'État. Peut-être serait-il souhaitable de distinguer davantage ces dernières des deux autres en augmentant la durée de leur préparation, ce qui aurait sans doute un effet dissuasif mais en accroîtrait encore la qualité.

Il n'est absolument pas nécessaire que tous les chercheurs de l'industrie possèdent une thèse. Le fait pour un jeune chercheur d'être immergé dans un centre de recherche lui permet, comme pour celui qui a préparé une thèse, de développer son sens de la responsabilité, sa vision des choses, son sens de la généralisation, d'accroître sa dimension humaine, sa capacité d'adaptation, d'être obligé de faire face seul à un problème tout en sachant pouvoir compter sur l'équipe qui l'entoure.

Il est difficile de fixer a priori le pourcentage idéal de thésards parmi ceux qui entreront dans la recherche industrielle. Peut-être devrait-il être de l'ordre de 30 %. Cela dépend des caractéristiques propres à chaque entreprise. Il ne doit pas descendre trop bas car ces thésards sont, entre autres, d'excellents agents de liaison entre l'Université et l'industrie : rien que ce phénomène en justifie un nombre relativement élevé. 20 % des ingénieurs chimistes préparant à la sortie d'école une thèse de docteur ingénieur semble un pourcentage raisonnable.

Une formation approfondie par la recherche pour certains cadres de divers services de l'industrie chimique

Il est souhaitable qu'un chercheur ne passe pas toute sa carrière dans la recherche. Une différence importante entre le chercheur industriel et le chercheur universitaire tient au fait suivant : dans l'industrie, c'est généralement pour des raisons indépendantes du chercheur (motifs d'ordre stratégique, financier, contexte industriel...) qu'un pourcentage important des projets n'aboutit pas. Le chercheur travaille parce qu'il est enthousiaste ; au bout de trois ou quatre déceptions successives, il ne peut souvent plus être un bon chercheur : il doit quitter la recherche. Certains pensent que le tiers ou même seulement le quart des chercheurs doivent passer à la recherche toute leur vie professionnelle.

Mais le chercheur a acquis, lors de son passage par la recherche, une formation utile pour les autres services de l'entreprise, qui peut aller jusqu'à une formation de gestion très complète puisque sa tâche pouvait comprendre :

- la définition des thèmes de recherche, de leur objectifs concrets, en général avec des partenaires d'autres services,
- la définition des moyens, des délais, des coûts,
- l'avancement et l'aboutissement de ces thèmes.

En outre, un laboratoire constitue un excellent observatoire qui donne une bonne connaissance de l'ensemble de l'entreprise, de ses procédés, de ses produits, de ses orientations et de ses équipes.

Ces hommes qui ont développé leur curiosité mais qui ont acquis aussi une certaine humilité, tout en gardant leur combativité, qui savent ne pas sacrifier le long terme au court terme, constituent d'excellents agents de liaison entre la recherche et les divers services dans lesquels ils sont entrés. Ils contribuent ainsi à maintenir dans le concret la recherche en favorisant le travail en équipe groupant chercheurs, fabricants et commerçants, comme cela se fait souvent en Allemagne.

Un certain pourcentage des responsables de l'entreprise doivent donc être passés par la recherche. Ce chiffre est difficile à fixer. Certains pensent que 25 % serait souhaitable.

Quoi qu'il en soit, il est indispensable de favoriser le passage par la recherche et, donc, de créer une incitation pour l'industrie à l'embauche de chercheurs. Cela relève de la même idée que l'incitation au complément de formation des jeunes ingénieurs par la thèse.

La formation en Allemagne et aux États-Unis

Il ne s'agit pas ici de décrire en détail les formations initiales en chimie des futurs cadres de l'industrie chimique dans ces pays mais de faire ressortir quelques-unes de leurs caractéristiques.

En Allemagne, il existe deux types de formation :

- Celle qui conduit au titre de chimiste diplômé : 5 ans d'études effectuées à l'Université. Assez souvent l'étudiant change d'Université après la 2^e année. Dès la 1^{re} année, la dominante chimie est énorme. Pendant les deux premières années, la moitié du temps est consacrée aux travaux pratiques. Ce pourcentage est moins important par la suite mais ce cycle d'études se termine par une minithèse d'au moins 6 mois. 90 % des chimistes diplômés font une thèse — doctor rerum naturum — qui dure en général 3 ans. Compte tenu du service militaire, un Dr rerum naturae entre dans l'industrie à 29 ans environ.
- Celle qui conduit au titre d'ingénieur diplômé de même niveau que celui de chimiste diplômé : durée des études 5 à 6 ans. L'enseignement comprend, outre la chimie, mathématiques, physique, mécanique, régulation, sciences économiques et juridiques. L'ingénieur diplômé allemand se rapproche beaucoup de l'ingénieur en génie chimique français.

Des ingénieurs diplômés font, eux aussi, un doctorat (20 % ou même plus).

En 1978, il y avait dans l'industrie chimique allemande un peu plus de 2 chimistes diplômés pour un ingénieur diplômé en chimie.

On ne peut qu'être frappé par :

- l'importance donnée aux travaux pratiques chez les chimistes diplômés, ce qui ne peut que contribuer au développement du caractère réaliste de la recherche et de l'industrie allemandes. En revanche, l'enseignement de certaines matières, telles que les mathématiques, la physique, etc., est-il suffisant ?
- la longueur des études pour un très grand nombre de futurs cadres.

Aux États-Unis, il n'y a qu'une structure de diplômes pour les formations qui, toutes, sont assurées par les Universités : le bachelor of science qui est obtenu après 4 années d'études effectuées à partir de l'équivalent des études secondaires françaises, puis le master après 1 ou 2 années, enfin le PhD après 3 années ou même plus. Dès la préparation du master les études sont très personnalisées.

La formation américaine présente le grand avantage de développer chez les étudiants le sens de l'efficacité et celui des recherches appliquées : elle donne l'étincelle pratique nécessaire.

Le docteur ingénieur français a un niveau peut-être légèrement inférieur au PhD américain (mais équivalent au PhD anglais). Au contraire, l'ingénieur chimiste français dont le niveau est nettement supérieur au bachelor américain, et qui a suivi un master américain est pratiquement du niveau du PhD américain : peut-être, compte tenu de son niveau supérieur, l'ingénieur français bénéficie-t-il aux États-Unis d'un sujet d'étude plus difficile et est-il encore davantage suivi par son enseignant ?

Conclusion

Comme on peut le constater, la formation initiale en chimie des cadres, chercheurs ou non, de l'industrie chimique donne dans l'ensemble satisfaction. Cependant, il apparaît utile d'insister sur certains points et de faire quelques recommandations.

1. Les études secondaires devraient :

- favoriser l'innovation,
- développer l'aptitude à l'expression écrite,
- développer la pleine possession d'une langue étrangère.

Cette remarque est d'une portée très générale; elle permettrait d'économiser les enseignements correspondants dans les Écoles d'ingénieurs.

2. Les Écoles d'ingénieurs doivent :

- assurer suffisamment de travaux pratiques,
- faire réaliser systématiquement une microthèse ou projet de fin d'études,
- faire effectuer des stages en entreprise,
- accorder une importance suffisante aux problèmes d'application.

D'une façon générale, faire en sorte que le sens du pratique soit développé chez les étudiants comme aux États-Unis.

L'Université aurait avantage, semble-t-il, à suivre, dans une certaine mesure, cette voie.

3. Le rôle de l'enseignant chercheur dans la formation du jeune est essentiel. Sa disponibilité aux étudiants doit être, comme aux États-Unis, très grande. Cela suppose que l'évolution de sa carrière tienne compte, pour une très grande part, de ses qualités pédagogiques.

4. Il faut que soit intégré aux centres de formation, en particulier aux Écoles supérieures d'ingénieurs chimistes, un potentiel de recherches important dont une partie soit tournée vers l'application.

5. Le nombre de doctorats, docteur ingénieur et docteur 3^e cycle, doit être augmenté; 20 % des ingénieurs chimistes doivent présenter une thèse de docteur ingénieur, ce qui ne peut que favoriser les liaisons de l'industrie avec les Écoles d'ingénieurs et l'Université. Un système de bourses incitatif doit être développé.

6. En revanche, il faut éviter de retarder systématiquement l'entrée dans la vie active des jeunes et, donc, de multiplier par trop les thèses longues.

7. Des mesures incitatives doivent exister pour favoriser l'embauche de chercheurs par l'industrie.