

La formation des ingénieurs chimistes

par **Claude Maury**

(Secrétaire général du Comité d'Études sur les Formations d'Ingénieurs)

Le problème d'une meilleure adéquation des formations d'ingénieurs chimistes aux besoins industriels a fait l'objet, au cours de ces dernières années, de différentes réflexions et, notamment en 1977, d'une première étude du CEFI. Du diagnostic assez critique qui avait été émis se dégageaient trois observations majeures :

- le dispositif des écoles est dispersé à l'excès, ce qui nuit à sa crédibilité et ne concourt pas à une bonne utilisation des moyens;
- les formations, dispensées il est vrai en 3 ans seulement, restent trop générales et ne prennent guère en compte des orientations plus déterminées telles que « produits », « procédés »;
- en l'état actuel des modes de recrutement, les écoles de chimie sont peu ou pas présentes dans les choix des meilleurs élèves de mathématiques spéciales.

Différentes mesures furent engagées, de 1978 à 1980, pour améliorer la situation, et donner aux Écoles de chimie une image de marque renouée : outre un effort sensible d'ouverture des programmes aux préoc-

cupations nouvelles liées à la biologie, aux matériaux, des regroupements furent opérés (Paris, Nancy, Lyon et Toulouse : génie chimique, puis Toulouse : chimie, Montpellier, Marseille), alors que deux écoles étaient absorbées dans d'autres formations (Caen, Besançon).

C'est dans ce contexte qu'une seconde étude complémentaire fut lancée au CEFI, orientée cette fois plus particulièrement sur les problèmes d'évolution à long terme de l'industrie et sur leurs conséquences sur le métier des ingénieurs chimistes. Comme dans le cas de la première étude, ce travail fut piloté par un groupe comprenant des responsables de l'industrie et des écoles, et placé sous la présidence de M. Robert Degain.

Le présent article, qui ne résume pas le volumineux rapport produit (celui-ci sera prochainement publié), donne un aperçu des principales conclusions de ce travail, dont l'un des volets a été la réalisation d'une enquête auprès de 1 600 jeunes ingénieurs.

L'évolution technologique et industrielle

La période 1970-1975 représente, sans doute, pour l'évolution technologique et industrielle des industries chimiques une ligne de partage. Alors que l'indice de production avait doublé entre 1963 et 1973, une chute de 15 % est constatée entre 1974 et 1975, en France comme dans les autres grands pays industrialisés.

La croissance des industries chimiques, avant 1970, a été largement liée, d'une part, à la mise en place d'unités industrielles de plus en plus importantes, comme, par exemple, dans la chimie du pétrole ou dans la production de fibres textiles, d'autre part (et ceci concerne plus particulièrement, mais pas uniquement, l'industrie pharmaceutique), à la multiplication des produits fabriqués par synthèse. A partir de 1970, de nouvelles préoccupations apparaissent. Leurs causes sont variées : saturation des marchés par les produits traditionnels comme dans le cas des fibres textiles, crise du pétrole et des matières premières, montée des coûts de personnel qui pour certaines fabrications (colorants par exemple)

représentent un pourcentage non négligeable des coûts, apparition de nouvelles contraintes sociales (environnement).

Riche de potentialités encore mal explorées, la chimie devrait, néanmoins, accroître son rôle dans la satisfaction de nos besoins (alimentation, santé, transport, habillement, protection de l'environnement...) et connaître un taux de croissance plus élevé que celui de la moyenne des autres secteurs.

Le maintien d'une productivité croissante dans les secteurs traditionnels des grands intermédiaires, où la concurrence extérieure, et en particulier celle des pays gros exportateurs de pétrole (à la fois matière de base et source d'énergie) a toute chance de jouer de plus en plus fortement et de conduire au surinvestissement chronique, permet de penser que l'expansion sera recherchée dans les domaines d'activités plus différenciés, où l'emploi des ingénieurs sera le plus souvent lié à la recherche ou à des développements en vue d'application.

Quelques exemples des marchés de l'industrie chimique

Exemples de produits ou de services

Alimentation	Production agricole	engrais pesticides phytosanitaires
	Préparation des aliments	additifs alimentaires colorants
Habillement	Industrie textile	fibres bains colorants
	Industrie cuir Lavage-nettoyage	bains solvants produits lavants
Habitation-transports	Objets et pièces diverses Automobile	matières plastiques peinture
Distraction-beauté		films parfums
Santé		médicaments
Équipements industries		
Ex. : ● métallurgie	Pièces diverses	matières plastiques matériaux de pointe
● nucléaire	Matériaux électronique	
● agroalimentaire	Fluides de transferts	
● etc.	Adjuvants etc.	
Collectif		procédés épuration (air, eau)

En d'autres termes, le développement et l'adaptation des industries chimiques et des industries recourant à des technologies chimiques devrait s'inscrire dans une triple évolution :

1. Pénétration accrue sur les marchés situés *en aval* des secteurs traditionnels de production, en relation avec un effort de plus grande diffusion de produits existants (ex : matériaux) ou de produits nouveaux à

L'évolution des métiers d'ingénieurs chimistes

L'aperçu qui vient d'être donné sur le futur prévisible de l'industrie chimique conduit aux conclusions générales suivantes :

1. La fonction recherche-développement va continuer à être un domaine important pour le placement des ingénieurs chimistes, mais avec un déplacement sensible vers de nouvelles préoccupations (économies d'énergie, automatismes industriels, biochimie, toxicité, environnement, sécurité, etc...).

Les exigences, dans ce domaine, sont à la fois en termes quantitatifs (nombre d'ingénieurs chimistes à former) et en termes qualitatifs.

En outre, indépendamment du strict besoin des entreprises en matière d'ingénieurs de recherche et de développement, il faut sou-

ligner qu'une activité de recherche en début de carrière à un effet formateur en elle-même (formation *par* la recherche).

2. La fonction production, dans un large domaine de la chimie lourde, va voir son besoin se stabiliser en termes quantitatifs (une diminution n'est pas improbable dans ce domaine). Cependant, le niveau d'exigences qualitatives va s'accroître en particulier du point de vue des relations humaines.

3. Les fonctions « tertiaires » sont des domaines dans lesquels les ingénieurs chimistes vont être amenés à évoluer en cours de carrière plus fréquemment que par le passé. Si, dans les fonctions traditionnelles de vente de produits peu sophis-

taute technicité répondant spécifiquement à un besoin précis du marché.

Ceci suppose une capacité d'invention de nouveaux produits conduisant donc à un effort de recherche et d'innovation très orienté vers le domaine de la chimie proprement dite, en particulier vers celui de la chimie fine, et de la physico-chimie (industrie des matériaux).

2. Remise en cause des procédés utilisés en fonction des changements intervenus au niveau des matières premières et de l'énergie, en vue de préserver la compétitivité des secteurs de base :

- prise en compte de la préoccupation d'économie d'énergie, soit par de simples approches thermiques ou thermodynamiques, soit en reprenant l'ensemble de la conception du processus opératoire, où la chimie sera appelée à jouer un rôle important ;

- développement des automatismes industriels, en liaison avec des problèmes de coûts de personnel et de garantie sur la régularité de qualité des produits ;

- prise en compte du problème d'environnement (récupération, traitement des effluents).

3. Émergence des procédés liés à la biochimie et au génie biochimique permettant d'obtenir par des voies « douces » des produits complexes (ex : santé, alimentation).

Pour l'avenir, les grands créneaux porteurs peuvent être rapportés au tryptique : chimie fine, génie chimique, biotechnologies, c'est-à-dire à des activités à forte valeur ajoutée, mobilisant des compétences de haut niveau. A ce défi technologique s'ajoute, d'une certaine manière, un défi industriel puisque l'industrie chimique française reste en position de challenger vis-à-vis de celle du Japon ou de la RFA qui sont chacune de 1,5 à 2 fois plus puissantes.

tiqués, il est probable que le recrutement d'ingénieurs chimistes n'est sans doute pas appelé à évoluer sensiblement, il n'en est pas de même pour ce qui est des produits hautement élaborés ou de la vente de procédés. La vente de ces produits ou de ces services suppose, en effet, impérativement la maîtrise de la dimension technique, soit au niveau de la vente proprement dite, soit au niveau du « service d'applications » chargé du conseil technique auprès de la clientèle. Dans ces domaines, les connaissances des ingénieurs chimistes sont difficilement remplaçables. Bien que les postes concernés ne soient pas, en général, destinés à des personnes sans expérience professionnelle, il y a donc là un débouché naturel significatif pour des ingénieurs chimistes, ayant la « fibre commerciale ».

L'adéquation des formations aux débouchés

Aspects généraux

La conjoncture difficile de ces dernières années incite naturellement à la prudence

dès qu'est abordé, en termes généraux, le problème des débouchés. On peut regretter, tout d'abord, que les jeunes diplômés aient pu subir directement les effets de la

crise dans la mesure où leur embauche avait d'abord une signification sur le long terme. Il faut malgré tout constater que ces difficultés n'ont pas conduit à un problème

d'emploi généralisé pour les diplômés des écoles de chimie, la très nette réduction de la demande ayant conduit à une diminution des promotions des écoles, de nombreux jeunes ingénieurs s'orientant vers d'autres secteurs. L'impact réel a, malgré tout, été très variable selon les écoles : si les plus cotées ont été finalement peu atteintes, dans d'autres cas l'absence des débouchés traditionnels a conduit à des solutions de fortune...

En dépassant cette mauvaise période, et en écartant les problèmes posés par la conjoncture immédiate, le problème de la demande de l'industrie en ingénieurs chimistes peut être considéré comme lié à 4 facteurs principaux :

- développement propre des industries chimiques et expansion des activités liées à la chimie dans les autres secteurs,
- attente de productivité attachée au recrutement d'ingénieurs supplémentaires,
- choix d'un partage au sein des entreprises entre le recrutement externe de diplômés et la promotion interne (IUT ou BTS),
- choix qui sera fait par les entreprises pour des fonctions non spécifiquement chimiques entre des ingénieurs chimistes et des ingénieurs d'autres formations.

Essai de synthèse

Le rapprochement entre l'attente de l'industrie et les possibilités des écoles conduit à dégager deux grandes orientations souhaitables :

- la première est celle d'une amélioration dans l'absolu des conditions de l'exercice de la mission naturelle du système de formation vis-à-vis du secteur industriel utilisateur des diplômés : développement et transfert d'une expertise réelle sur les technologies liées aux transformations de la matière;
- la seconde, qui complète et épaula la première, est celle d'un renforcement de la position des ingénieurs chimistes vis-à-vis d'ingénieurs issus d'autres formations aptes à les concurrencer sur leurs emplois. L'expérience récente démontre bien, en effet, la nécessité d'accompagner toute une politique de rénovation des formations d'ingénieurs chimistes, d'une promotion de celles-ci, mesurable en termes d'emploi et de carrière.

La première orientation conduit à recommander un accroissement des compétences et des aptitudes spécifiques de la chimie, et à encourager vivement la pratique de la recherche.

La seconde orientation tend, au contraire, à favoriser l'ouverture vers d'autres domaines, et le développement de qualités liées aux fonctions d'ingénieur en général.

L'observation de l'évolution des Écoles au cours de ces dernières années montre qu'il est possible, moyennant certaines précautions, de concilier ces deux voies complémentaires. On peut penser, d'une autre manière, à une pondération variable des

On peut ainsi estimer, en prolongeant simplement les pratiques actuelles, que le flux annuel de jeunes ingénieurs diplômés, de 800 environ, couvrira assez bien l'offre des postes (croissance de la population ingénieur de 2-3 %, pour une croissance de la production de 4-6 %, promotion interne limitée à 25 %).

Au-delà de 1985, la forte croissance des départs à la retraite (passage de 300 à 700) pourrait conduire à un léger déséquilibre, mais une analyse plus fine serait nécessaire à ce sujet.

En définitive, le flux actuel de jeunes ingénieurs chimistes, soumis à un vigoureux mécanisme d'autorégulation paraît compatible avec les besoins.

Adéquation quantitative et qualitative

Le problème global de l'adéquation quantitative du nombre de diplômés aux besoins ne peut pas en fait être dissocié d'une approche plus qualitative.

L'ingénieur chimiste subit en effet, dans la recherche de son emploi, la concurrence des autres catégories de diplômés sinon de la

deux tendances entre les Écoles ; c'est d'ailleurs le point de vue de l'industrie.

L'avenir des formations doctorales en chimie appliquée sera à cet égard révélateur : il leur est bien demandé, en fait, par l'industrie de concilier un approfondissement dans la discipline et une ouverture sur les réalités de l'industrie.

A ces deux orientations doit être rattaché le problème du recrutement d'élèves motivés et de qualité.

Le recrutement

L'organisation française des études, avec passage de 2 années en classes préparatoires, crée, malgré ses avantages, une difficulté au cas particulier de la chimie. Elle limite à trois années la période spécifique de formation et place le choix d'orientation des élèves à un moment peu favorable. A ce titre, de nombreuses mesures correctives mériteraient d'être étudiées, comme l'insertion en classes préparatoires d'enseignants de chimie connaissant bien l'industrie (expérience en cours), le recrutement de DEUG et de DUT mieux préparés, la relance de formations d'ingénieurs chimistes recrutant au niveau du Bac, ou enfin l'appel d'ingénieurs d'autres spécialités vers des formations complémentaires d'application.

L'approfondissement

Le souci d'approfondissement ressort directement du caractère « savant » de l'industrie chimique : l'ingénieur chimiste ne peut guère être innovateur que s'il a pu

promotion interne qui, il est vrai, atteint déjà 30 % du total des cadres, proportion tout à fait notable dans une industrie à haute technicité comme l'industrie chimique :

- celle des DUT, au moins au niveau de leur développement de carrière, car, sur les 800 DUT de chimie, une fraction accèdera après quelques années d'expérience aux fonctions de production (100 à 150 ?) à des postes où apparaissent également des ingénieurs,
- celle des diplômés universitaires dans la mesure où, pour un poste en R et D, l'entreprise peut s'intéresser à des docteurs de 3^e cycle,
- celle enfin des ingénieurs d'autres spécialités, mécanique, électronique... qui peuvent fort bien accepter des fonctions au sein d'entreprises chimiques.

S'il existe, manifestement, des métiers très spécifiques pour le jeune ingénieur chimiste, comme la R et D où 60 % des recrutements proviennent des écoles de chimie, la concurrence existante démontre clairement que l'évaluation des débouchés n'a de sens que s'il existe, de manière corrélative, une adéquation qualitative des profils aux attentes des entreprises.

dans un domaine nécessairement délimité acquérir une réelle expérience.

Il ne semble pas pour autant souhaitable que les Écoles de chimie prennent le chemin de spécialisations étroites, risquant de contrarier la souplesse d'adaptation en cours de carrière. On pourrait s'attendre, néanmoins, à l'affirmation (on aurait pu dire l'affichage) d'une certaine coloration (produits, matériaux, procédés, biotechnologies...) sensibilisant les élèves à l'idée qu'il n'est pas possible d'être expert dans tous les domaines. La véritable signification d'une volonté d'approfondissement se situe plus, en fait, au niveau du contact avec les activités de recherche.

Dans la mesure où plus de 50 % des ingénieurs chimistes débutent leur carrière en recherche-développement, une expérience préalable de la recherche apparaît comme très bénéfique. C'est bien d'ailleurs sur ce terrain que les Écoles de chimie pourront confirmer la qualité de leurs liens avec le milieu industriel et accroître encore leur crédibilité.

L'ouverture

L'idée de l'ouverture complète celle de l'approfondissement. Il s'agit de donner, au jeune ingénieur chimiste diplômé, les bases essentielles dans des domaines connexes à son domaine d'excellence, que ceux-ci soient techniques ou non techniques. Ceci concerne, en particulier, la maîtrise des langues étrangères (anglais et si possible allemand), mais aussi la capacité d'expression, le sens de l'organisation et du travail en équipe, la connaissance des concepts de

base dans les techniques qui sont en dehors de la dominante de la formation (par exemple : instrumentation, méthodes de documentation automatique, contrôle de process, etc.).

Maîtrisant mieux que les autres le domaine précis qui est le sien, et apte par là-même à soutenir activement une stratégie d'innovation, l'ingénieur chimiste doit également

bien comprendre les préoccupations de ses interlocuteurs, et se révéler capable de cette manière à évoluer dans des domaines différents de son domaine d'origine.

*
* *

Présentation du CEFI

Le Comité d'Études sur les Formations d'ingénieurs (CEFI), mis en place en 1976, par la volonté conjointe des Administrations et des milieux professionnels et techniques, a pour mission de contribuer par une action d'information, d'étude et d'animation à une bonne adaptation des profils et des compétences de nos ingénieurs aux besoins actuels et futurs de l'économie, tels qu'ils résultent de l'évolution des technologies, des modes d'organisation et des exigences de la concurrence internationale.

Le CEFI associe dans une structure originale de réflexion et de concertation :

- l'Administration (Ministère de l'Industrie, Ministère de l'Éducation Nationale, Ministère de l'Agriculture, Ministère du plan et aménagement du territoire.
- les milieux professionnels (Conseil National du Patronat Français, Assemblée Permanente des Chambres de Commerce et d'Industrie),
- les milieux techniques (Conseil National des Ingénieurs Français, Association Na-

tionale pour la Recherche Technique),
● les Écoles.

Sous les formes qui lui sont propres, le CEFI participe à l'effort national visant à créer les conditions d'une meilleure compétitivité des entreprises; il assure, en particulier sur les problèmes délicats de la formation des cadres techniques des entreprises, une liaison indispensable entre les milieux « aval », utilisateurs d'ingénieurs, et le monde des établissements de formation.

Ce que révèle l'enquête du CEFI

L'enquête CEFI qui portait sur les ingénieurs diplômés depuis moins de 10 ans d'une dizaine d'écoles donne une image assez précise de l'emploi et des préoccupations des jeunes ingénieurs chimistes.

niens travaillant en production, ou dans des fonctions technico-commerciales augmente. Notons le poids déjà significatif de la dernière fonction (environ 20 % des effectifs à 35 ans), poids qui, de l'avis des membres du groupe de travail, devrait avoir

tendance à s'accroître dans le futur compte tenu des besoins.

Le tableau 1 fait ressortir la répartition par secteur d'activité de l'entreprise et par activité du poste de travail.

Études complémentaires

Comme l'indique la figure 1, on peut constater que la moitié des ingénieurs chimistes ont une formation complémentaire, et que le tiers ont suivi une formation par la recherche (thèses scientifiques, dont les trois-quarts de thèses de docteurs-ingénieurs).

Notons cependant que 60 % des ingénieurs chimistes travaillant dans la recherche industrielle n'ont pas bénéficié de formation par la recherche au niveau universitaire.

On peut remarquer également que la proportion de thèses scientifiques a eu tendance à croître régulièrement dans les dix dernières années. Cette augmentation a, à peu près, compensé la variation des flux de diplômés, ce qui fait que le nombre d'ingénieurs chimistes poursuivant des études à un niveau doctoral est d'environ 150/an. Notons que, pour 84 % des ingénieurs chimistes interrogés, la formation complémentaire représente un investissement pour le long terme, point qui est d'ailleurs confirmé par l'analyse des évolutions de salaires à long terme.

Fonctions dans l'entreprise

La figure 2 illustre la répartition des ingénieurs chimistes par fonction dans l'entreprise et son évolution dans le temps.

On note que la moitié environ des jeunes ingénieurs chimistes travaillent dans la recherche, ce pourcentage tombant aux environs de 35 % pour les ingénieurs de 35 ans. Corrélativement, la proportion d'ingé-

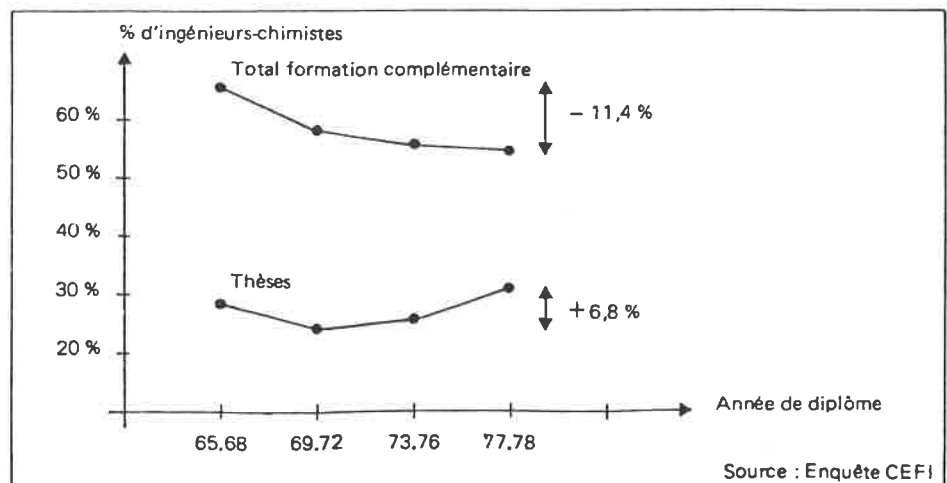


Figure 1. Études complémentaires en fonction de l'année de diplôme.

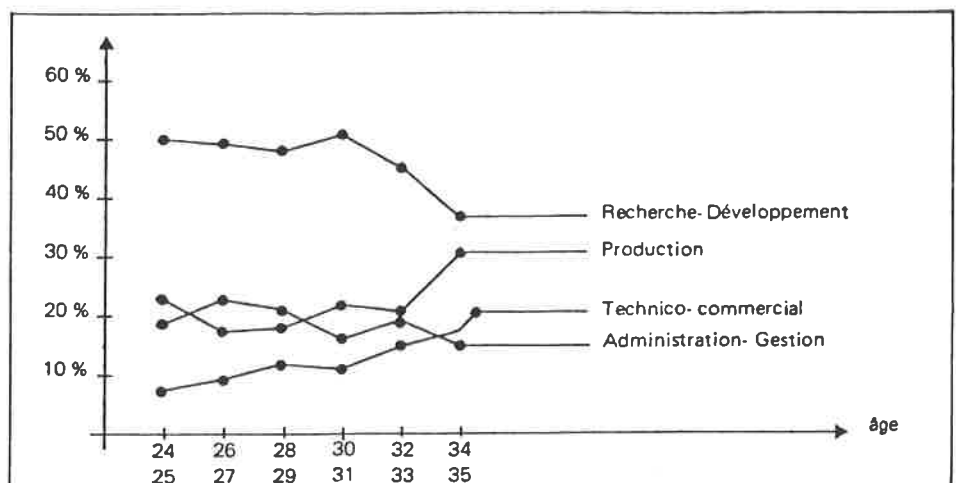


Figure 2. Répartition par fonction dans l'entreprise selon l'âge.

Tableau 1. Répartition des ingénieurs chimistes récemment diplômés.

Par secteur d'activité de l'entreprise	Chimie Recherche (O. publics)	34 % 9 %
	Autres secteurs industriels	46 %
	Autres	11 %
Par activité du poste	Chimie Domaines connexes à la chimie	42 % 20 %
	Autres domaines techniques	23 %
	Divers	15 %

Ce tableau montre que, si seulement un tiers des ingénieurs chimistes exercent leur activité dans l'industrie chimique au sens strict, les deux tiers environ font de la chimie, souvent dans des entreprises dont ce n'est pas la vocation principale.

Appréciation sur la formation

Ce chiffre est d'ailleurs corroboré par la façon dont les jeunes ingénieurs chimistes apprécient leur formation initiale : 78 % jugent en effet utiles des connaissances spécifiques d'ingénieurs chimistes, et à peu près autant estiment tout-à-fait exact que le diplôme d'ingénieur soit utile au niveau du recrutement.

Notons enfin qu'une forte proportion d'ingénieurs chimistes est constituée de femmes. Entre 1970 et 1975, la proportion a été de l'ordre de 10 %, et les dernières années semblent marquer une progression sensible (environ 20 % des diplômés en 1978 selon la dernière enquête FASFID).

Salaires et appréciation sur l'activité professionnelle

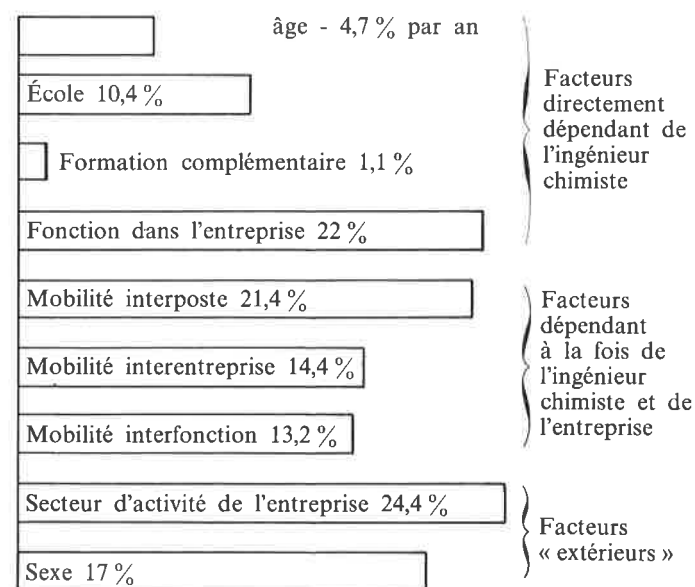
Si les salaires moyens des jeunes ingénieurs chimistes sont légèrement inférieurs à ceux des autres spécialités, cela semble lié à l'existence de deux particularités : le nombre plus grand d'ingénieurs effectuant des recherches dans des organismes publics, et la forte proportion de femmes.

Le salaire moyen d'un ingénieur chimiste de trente ans était en 1978 légèrement supérieur à 100 KF/an. Encore ce chiffre

moyen recouvre-t-il de fortes variations. On peut estimer, par exemple, que les diplômés des écoles les mieux cotées, ou ayant une formation doctorale solide se voient offrir des salaires équivalents à ceux des écoles sans spécialité dominante.

Le tableau 2 donne une indication (approchée, car les intercorrélations ne sont pas éliminées) des relations entre certains facteurs et le niveau de salaire. On remarquera le poids du facteur « mobilité ». Notons enfin qu'environ 87 % des ingénieurs chimistes déclarent être satisfaits de leur emploi actuel.

Tableau 2. Analyse des relations entre neuf facteurs et le niveau de salaire moyen des ingénieurs chimistes entre 25 et 35 ans.



Remarque importante : les pourcentages ne se cumulent pas. Source : Enquête CEFI.

Fabrication du méthanol.

La rétroconversion du gaz carbonique, filière d'avenir

par Y. Schwob *

(Conseiller scientifique ARMINES, École Nationale Supérieure des Mines, Paris).

Dès lors que le méthanol a été choisi par les Pouvoirs Publics pour faire face, partiellement, aux besoins de la traction automobile, il convient de se pencher sérieusement sur les filières les plus économiques pour sa fabrication à l'échelle souhaitée.

* M. Schwob a été Directeur des Produits Azotés (ex P.C.U.K.) de 1954 à 1966, puis de la Division organique de P.C.U.K. jusqu'en 1978. A ce titre, il a :

- construit et exploité une unité de méthanol (30 000 t) dans l'usine de Lannemezan,
- eu en charge la construction d'une unité de méthanol dans l'usine de Villers-Saint-Paul.

Les réflexions qui suivent ne concernent que la fabrication des mélanges gazeux nécessaires à la synthèse, cette dernière étant malheureusement quasi figée dans sa technologie. Sauf découverte non prévisible aujourd'hui, la synthèse du méthanol nécessite l'application d'une pression minimale de 50 bars sur un mélange proche de $\text{CO} + 2\text{H}_2$.

Les catalyseurs actuels acceptent quelques fractions de CO_2 de sorte que les mélanges industriels sont en fait constitués des gaz suivants : CO , CO_2 , H_2 .

Le rapport des compositions est suivi grâce au quotient suivant