
Fédération Gay-Lussac

**FORMER DES INGÉNIEURS CHIMISTES
ET EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
POUR LA SOCIÉTÉ DE DEMAIN**

LIVRE BLANC 2015



On a tous besoin d'un ingénieur chimiste chez soi. Chez soi, ce n'est peut-être pas vrai, mais dans son entreprise, c'est presque une évidence. Tout d'abord parce que les secteurs d'activité utilisant produits ou matériaux issus de la chimie se sont multipliés : aéronautique et automobile, pharmacie, bâtiment, etc. Ainsi les entreprises qui emploient les ingénieurs chimistes et les ingénieurs procédés se sont incroyablement diversifiées ; qu'elles mettent en œuvre de nouveaux matériaux, de nouveaux additifs ou qu'elles agissent pour la protection de l'environnement, elles ont besoin de leurs compétences en chimie, en matériaux ou en optimisation de la conduite des procédés. Ensuite, parce que OUI, les produits chimiques ne sont pas anodins.

On ne peut pas se passer des antibiotiques sans ramener notre espérance de vie à quelques dizaines d'années de moins ; mais ils s'invitent aussi dans nos rivières. Nos immeubles et nos maisons attendent des isolants plus performants, des peintures qui jouent un rôle dans la protection contre les moisissures ; mais cela peut aussi polluer nos habitats. Ces exemples peuvent se multiplier. Mais ce sont aussi les ingénieurs chimistes et procédés qui inventent les solutions à ces problèmes. En créant des matériaux de substitution au PVC ou à l'amiante, en découvrant des produits pour remplacer les CFC, en développant des procédés de traitement de l'eau ou de l'air intérieur plus efficaces.

Pour former ces ingénieurs dont nous avons besoin, les écoles de la Fédération Gay-Lussac ont considérablement évolué au cours des dernières décennies. Il n'y a pas eu de compromis sur la large base scientifique que chacun de nos diplômés doit posséder. Mais nous formons aujourd'hui des ingénieurs incontestablement mieux armés pour la compétition internationale, pour la gestion des entreprises ou pour l'innovation dans toutes ses dimensions. Tous parlent anglais et souvent une deuxième langue. La plupart ont d'ailleurs fait un séjour à l'étranger. Ils ont un contact privilégié avec la recherche, profitant en cela de la présence dans nos écoles de plus de 90 laboratoires reconnus nationalement et internationalement. Ils connaissent les entreprises et leur gestion à la fois parce qu'ils y ont fait huit à douze mois de stage mais aussi, parce que la proximité de nos écoles et laboratoires avec les entreprises n'a jamais été aussi forte. C'est sans doute ce qui explique qu'ils ne mettent que deux à trois mois en moyenne pour accéder à leur premier emploi malgré un contexte économique actuel difficile. C'est aussi ce qui leur permet une très grande adaptabilité à notre monde et à celui de demain.

Nos 20 écoles sont convaincues qu'elles ont un rôle social important. Installées dans 18 villes en France, elles irriguent l'ensemble de nos régions et contribuent à la prospérité industrielle et scientifique de leurs territoires. Elles accueillent plus de 50% de femmes et plus de 30% de boursiers mais, plus que tout, elles ont diversifié leur recrutement pour s'ouvrir – au-delà des classes préparatoires – aux titulaires de DUT, de BTS, de bacs STL et technologiques et même, parfois, de bacs professionnels. Rappelons que si nous formons depuis longtemps les 20% de docteurs que les pouvoirs publics appellent de leurs vœux, c'est par ce que cela correspond à l'attente des entreprises qui les embauchent.

Le monde de demain aura plus que jamais besoin de chimie et de procédés pour aider à un développement durable, pour réussir la transition énergétique, pour assister une production agricole capable de nourrir plus de neuf milliards d'êtres humains, pour assurer leur approvisionnement en eau potable, pour garantir leur santé, pour traiter leurs déchets. Cette chimie devra être plus propre, plus sûre, plus durable et plus acceptable socialement. Les 20 écoles de la Fédération Gay-Lussac sont là pour apporter aux ingénieurs dont nous aurons besoin les compétences scientifiques et managériales mais surtout pour leur donner cette soif de progrès, d'innovation et cette profonde humanité nécessaires à l'avenir de nos sociétés.

Jacques Mercadier
Président de la Fédération Gay-Lussac
Directeur de l'ENSGTI

Table des matières

1	L'ingénieur chimiste (IC) des écoles de la Fédération Gay-Lussac : un cadre de haut niveau dont la formation couvre un vaste domaine scientifique, technique et managérial	5
1.1	Un schéma de formation en 5 années	6
1.2	Un recrutement de haut niveau et diversifié	7
1.3	Les trois années de formation d'ingénieur	8
1.4	Le caractère international de la formation	9
1.5	Conclusion	10
2	Les compétences de l'ingénieur chimiste formé en France sont recherchées dans tous les secteurs de l'industrie nationale et internationale	13
2.1	La majorité de nos diplômés travaillent dans le secteur privé	15
2.2	Quelques exemples d'industries employant des ingénieurs chimistes	18
3	Des écoles ouvertes sur le monde	21
3.1	Le rôle des experts industriels dans la formation	22
3.2	L'ouverture internationale	24
3.3	L'innovation au cœur de la formation	25
3.4	L'esprit « entrepreneur »	27
3.5	La création d'entreprises	28
4	L'ingénieur chimiste : un acteur majeur du futur économique de nos pays européens	31
4.1	Besoins actuels et futurs	33
4.1.1	Maîtriser les matières premières et l'énergie	33
4.1.2	Développer une chimie durable	33
4.1.3	Évoluer jusqu'aux frontières de la chimie	34
4.2	L'École du futur	35
4.2.1	Recruter	35
4.2.2	Enseigner	36
4.2.3	Étudier et vivre ses études	37
4.3	La Recherche et l'innovation	38
4.3.1	Générer des produits et des procédés	38
4.3.2	Transférer des connaissances et de la technologie	38
4.3.3	Être acteur majeur dans l'innovation et le développement des territoires	39
	Conclusion générale	40
	ANNEXE I	43
	ANNEXE II	50
	ANNEXE III	51
	ANNEXE IV	52

Avant-propos

Le savoir-faire de l'Ingénieur en chimie et en génie des procédés (désigné par la suite sous l'abréviation IC), initialement développé pour le seul usage d'une industrie chimique en très forte croissance a bien changé depuis 20 ans. Il s'est progressivement révélé utile dans d'autres secteurs économiques aussi divers que l'agroalimentaire, la pharmacie, la cosmétique, la production ou la transformation de matériaux, la protection de l'environnement... etc. Un tel rayonnement du savoir-faire de l'IC s'explique par la maîtrise que celui-ci a développée pour établir des relations entre structure, propriétés et synthèse de tout type de matière, permettant de mettre au point de nouveaux produits et nouveaux procédés pour satisfaire les besoins des sociétés contemporaines.

Pour parvenir à ces buts, nos IC se sont montrés capables de développer des «arts chimiques» nouveaux et de s'imposer ainsi comme des acteurs incontournables des changements techniques et sociaux qui caractérisent la fin du xx^e siècle et le début du xxi^e siècle. Pour relever ces défis, les écoles de la Fédération Gay-Lussac (FGL) ont su s'adapter, ajoutant d'autres cultures et pratiques au bagage scientifique toujours aussi indispensable. C'est ainsi qu'il est de plus en plus courant de parler, dans nos établissements, de maîtrise des langues étrangères, de longs stages à l'international, de doubles diplômes et d'interdisciplinarité. Tout ceci concourt au développement d'une culture rejoignant l'idéal d'un honnête homme du xviii^e siècle mais vivant au xxi^e siècle.

Pour relever ces défis, nos écoles forment nos étudiants à penser non pas seulement productivité mais aussi innovation sans toutefois oublier le devoir d'améliorer les performances à la fois en termes de qualité, d'économie de matière première et d'énergie, tout en gérant au mieux les ressources naturelles et en préservant l'environnement et le cadre de vie. On peut donc considérer que l'apprentissage du savoir et savoir-faire acquis par les diplômés de nos écoles répond au développement de sociétés modernes et responsables, prenant en compte à la fois l'innovation et le développement durable.

Le génie des procédés est l'ensemble des concepts et méthodes qui constitue la base scientifique indispensable pour tous ceux qui ont la charge de concevoir, dimensionner, optimiser et, dans une certaine mesure, exploiter les unités de production (petites ou grandes) de toutes les industries de procédés. Il s'agit d'une véritable science de l'ingénieur indispensable pour tous les procédés de transformation de la matière qu'il s'agisse de produire du pétrole ou du gaz, des matières plastiques, de la bière, des médicaments, de l'eau potable, des semi-conducteurs pour l'électronique, des super aimants pour les moteurs d'éoliennes, des aciers spéciaux... ou de dépolluer des effluents.





1

L'ingénieur chimiste des écoles de la Fédération Gay-Lussac : un cadre de haut niveau dont la formation couvre un vaste domaine scientifique, technique et managérial.

1.1 Un schéma de formation en cinq années

La formation des ingénieurs chimistes et des ingénieurs en génie des procédés (GP) est une formation de haut niveau qui se déroule en cinq ans après le baccalauréat. Elle concerne essentiellement des élèves ayant obtenu un bac scientifique de type S, avec un niveau correspondant en moyenne à la mention Bien (14/20).

Les deux premières années post bac correspondent à l'acquisition de bases scientifiques, dans les domaines des mathématiques, de la physique, de la chimie et parfois de la biologie. L'imprégnation aux mathématiques est forte. Une spécialisation en sciences physiques (physique et chimie) l'accompagne.

Ces deux premières années peuvent s'effectuer en classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) et constituent alors une période d'apprentissage intense développant la capacité d'abstraction et d'analyse. Les étudiants issus de CPGE sont en général capables de développer une importante puissance de travail et disposent d'un socle scientifique solide, garant de leur adaptabilité et de leur faculté de mobilisation. La filière PC est bien adaptée à une poursuite d'études en chimie, mais les filières BCPST et MP peuvent aussi conduire vers nos écoles.

Les classes préparatoires traditionnelles ne sont plus les seules voies d'accès aux écoles d'ingénieurs chimistes : classes préparatoires intégrées de la FGL, admissions sur titres... Enfin, certaines écoles recrutent leurs élèves ingénieurs en sortie de bac et assurent alors elles-mêmes l'acquisition des bases nécessaires avant d'aborder la formation ingénieur stricto sensu.

La formation d'ingénieur se poursuit donc par un cycle de trois ans où l'apprentissage d'un métier devient central. On passe donc à une logique des compétences attendues par le monde de l'entreprise. Il s'agit alors d'appliquer concrètement les connaissances préalablement acquises, que ce soit dans le cadre de travaux pratiques, de projets ou de stages. Ce cycle ingénieur est lui-même composé d'un tronc commun (compétences générales de l'ingénieur chimiste) puis d'une spécialisation dont la nature et les durées varient selon les écoles. Une telle organisation permet ainsi de proposer des formations qui répondent de façon directe aux besoins des entreprises pour un premier emploi.

En résumé, la formation d'un ingénieur chimiste est un processus complet qui se déroule en deux temps :

- 1 – une première étape d'acquisition de connaissances fondamentales où la place des mathématiques est importante, associée au développement du raisonnement et de la démonstration ;
- 2 – une seconde étape au cours de laquelle l'acquisition de connaissances en chimie et/ou génie des procédés est associée à l'acquisition des compétences nécessaires pour exercer le métier d'ingénieur dans toute sa diversité.

➔ **Cette formation des ingénieurs à la française est reconnue partout dans le monde en termes de compétence, de pragmatisme et de capacité d'innovation.**

1.2 Un recrutement de haut niveau et diversifié

La figure 1 résume les différentes possibilités d'intégration dans les écoles de la FGL. Quelle que soit la voie choisie, le niveau d'exigence d'entrée est élevé.

Fig. 1 Diversité des voies de recrutement de nos écoles (*hors recrutement à l'international)



Dans les classes préparatoires intégrées, notamment les CPI FGL, les programmes sont adaptés à partir de ceux des CPGE pour répondre au plus près des besoins spécifiques de nos écoles. Elles permettent à des bacheliers de recevoir une formation scientifique solide ainsi qu'une formation à l'international et aux sciences humaines diversifiée avant d'intégrer l'une de nos écoles.

Par ailleurs, nous réservons une place à des filières plus technologiques – pour exemples : Institut Universitaire de Technologie (IUT), Adaptation des Techniciens Supérieurs (ATS), classes préparatoires TPC (réservées à des bacheliers STL), etc.– sans renoncer à de forts critères d'exigence en matière de qualités scientifiques techniques et humaines. Enfin, des recrutements sur titres pour de bons étudiants de licence ou étrangers sont pratiqués à des degrés divers selon les écoles et les opportunités.

Cette diversité des recrutements assure à la fois une mixité géographique (figure 2 : recrutement international, national pour les concours et un peu régional pour certaines classes préparatoires intégrées) **et une mixité sociale** avec une ouverture significative aux étudiants qui ne sont pas issus des voies classiques des classes préparatoires (figure 3). Il n'est ainsi pas rare de trouver dans nos écoles des élèves titulaires de baccalauréats technologiques et même quelques élèves ayant obtenu un baccalauréat professionnel après passage par des formations technologiques de l'enseignement supérieur.

Fig. 2 Origine géographique des diplômés de nos écoles

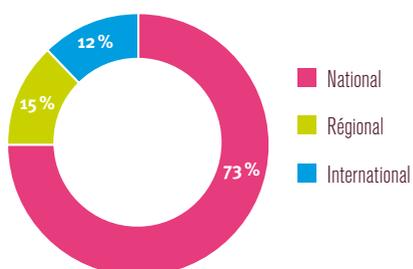
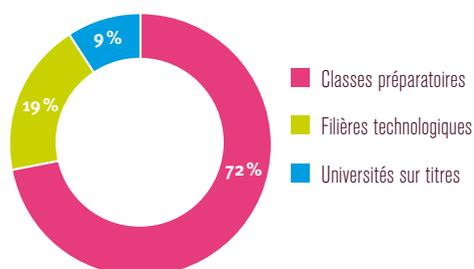


Fig. 3 Origine scolaire des élèves ingénieurs entrant dans les écoles de la FGL



1.3 Les trois années de formation d'ingénieur

Comme toutes les écoles d'ingénieurs, celles de la FGL sont professionnalisantes. Leur objectif est de transmettre un corpus de connaissances théoriques, mais aussi d'enseigner un métier à travers l'acquisition de compétences basées sur le tryptique Formation – Recherche/Développement – Monde économique et industriel.

C'est un cursus qui s'appuie sur un tronc commun suivi de spécialisations dont la répartition entre les écoles justifie le nombre relativement élevé de nos établissements. Une telle diversité permet de préparer les jeunes diplômés à une multiplicité d'ouvertures et d'attentes de nos partenaires industriels.

Constituant de fait un maillage territorial d'options réparties sur les 18 agglomérations accueillant les écoles de notre fédération, cette organisation offre aux élèves de dernière année une mobilité thématique, permettant la diversification individuelle des parcours.

Nos formations font une place importante aux pédagogies actives : pédagogie par projets, pédagogie inductive, sans pour autant faire de concession sur le niveau de compréhension et d'appropriation des connaissances. Une part significative du temps est donnée aux travaux pratiques et travaux dirigés avec un souci permanent d'assurer l'acquisition de compétences et la mise en situation concrète de l'étudiant. Dans ce contexte, on notera que la proximité des élèves avec les laboratoires de recherche des écoles aide grandement à l'apprentissage du concret, à l'exigence de validation des modèles allant jusqu'à l'innovation.

Dans tous les cas, une part significative des enseignements est dédiée aux sciences humaines et sociales, à l'apprentissage des langues (seule garantie à l'ouverture des écoles vers l'international) et aux enjeux économiques et industriels.

Depuis quelque temps le développement durable est un thème transverse permanent à de nombreux enseignements liés aux métiers de la chimie et du génie des procédés. Au-delà des effets de mode, ce thème marque le souci de proposer à la société des solutions économiquement et socialement viables pour trouver des substituts aux matières premières fossiles, des procédés économes de matière et d'énergie, et des produits plus durables.

Ces enseignements se doivent de préparer l'intégration des concepts de *Green Chemistry* ou *Green Process Chemistry*, d'empreinte carbone et des méthodes d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) et d'Analyse Sociétale de Cycle de Vie (ASCV). Ils sont d'autant plus importants qu'ils permettent de déboucher sur de nouvelles organisations industrielles (notion d'écoparc, non-dégradation des produits dans la chaîne de valeur, économie circulaire...).

1.4 Le caractère international de la formation

Une tendance forte observée partout est que l'emploi de nos diplômés s'est internationalisé et que, même si nos ingénieurs ne se délocalisent pas, les perspectives générales de leur emploi sont de plus en plus globales. C'est particulièrement vrai pour les ingénieurs chimistes travaillant au sein de grands groupes qui sont généralement des entreprises multinationales (chimie, pétrole, cosmétique, traitement de l'eau, etc.). Mais quoi qu'il arrive, tous les ingénieurs chimistes sont formés aujourd'hui de manière à pouvoir travailler non seulement dans de nombreux secteurs industriels, mais aussi dans des entreprises de toutes tailles quelles que soient leurs localisations géographiques ou leurs marchés. C'est pourquoi dans toutes nos écoles, l'ouverture à l'international est un impératif. Les modalités peuvent être différentes, mais dans tous les cas au moins une mobilité à l'international (stage par exemple) est une évidence.

D'une manière générale, l'établissement de conventions au travers de la FGL dans les programmes FITEC (Formation informatique et technique), l'ouverture de classes préparatoires internationales Chem.I.St. (*Chemical International Studies*) au sein de certaines de nos écoles, le programme de formation associant l'ECUST (*East China University of Technology*) et la FGL, ou bien encore l'accord de partenariat récemment signé, à leur demande, avec nos collègues de *Beijing University of Chemical Technology*, participent de l'ouverture à l'international et à l'interculturalité de nos écoles (voir 3.2 pour plus de détails).



1.5 Conclusion

Les écoles de la FGL permettent d'acquérir une compétence en chimie et en génie des procédés sur la base d'une culture scientifique large et de haut niveau (mathématiques, physique, chimie, langues, sciences de l'ingénieur et connaissances managériales et humaines). Elles permettent de donner une vision des métiers de l'ingénieur chimiste allant de la découverte de la molécule jusqu'aux systèmes industriels et la délivrance du produit sur le marché en prenant en compte, dès les phases amont, les besoins et attentes de la société et du client final.

Les programmes proposés par nos écoles sont conçus pour répondre à la volonté de développement économique et social de la France, basée depuis au moins deux siècles sur le triptyque : Formation – Recherche et développement – Monde économique et industriel. Le tout se caractérisant aujourd'hui par la volonté d'agir pour la ré-industrialisation de la France et d'être un acteur majeur de son renouveau économique et social. C'est d'ailleurs dans ce contexte que certaines de nos écoles accueillent en moyenne 3000 stagiaires en formation chaque année, en produisant plus de 30000 heures de formation continue.

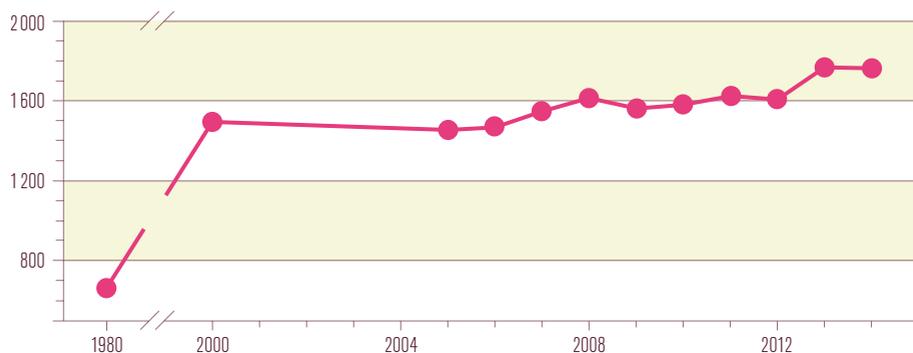
Nos écoles offrent ainsi un cadre adapté pour former des ingénieurs qui ont, au-delà de leur spécificité première (génie des procédés, chimie, chimie-physique...), **la capacité à continuer à apprendre, à raisonner et à trouver des solutions à des problèmes complexes sans oublier les notions de développement durable, de sécurité et qualité.**



Le nombre de diplômés ingénieurs chimistes a crû légèrement depuis le début des années 2000, et atteint un niveau d'environ 1 700, en harmonie avec les mutations récentes de l'industrie (figures 4 et 5). Même si l'industrie chimique traditionnelle ne s'est pas fortement développée durant cette période, nos ingénieurs chimistes ont été recrutés dans des domaines très variés, confirmant ainsi le besoin de chimistes aux interfaces avec plusieurs disciplines et métiers non spécifiquement chimiques.

Remarquons enfin que le nombre d'IC formés chaque année a pratiquement doublé entre le début des années 1980 et les années 2000, en accord avec les recommandations ministérielles de l'époque.

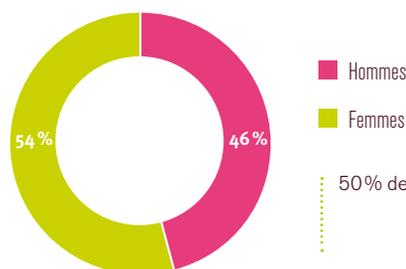
Fig. 4 Le nombre d'ingénieurs chimistes diplômés depuis le début des années 2000



6000 élèves et environ 1 600 ingénieurs diplômés par an.

Quant à la parité de genre, elle est, depuis longtemps déjà, observée dans nos écoles. Un autre ratio important concernant la proportion des étudiants boursiers (mesurée chaque année au niveau de 33 à 36%) montre l'ouverture sociale de nos établissements.

Fig. 5 Répartition F/H des diplômés FGL



50% de femmes parmi les élèves, 34% de boursiers.





2

Les compétences de l'ingénieur chimiste formé en France sont recherchées dans tous les secteurs de l'industrie nationale et internationale.

La chimie, science et technologie de transformation de la matière, est absolument nécessaire à presque toutes les autres productions de nos économies modernes. Aussi, si autrefois les ingénieurs chimistes étaient dans leur grande majorité employés dans l'industrie chimique ou parachimique, leur fonction a évolué durant les dernières décennies et l'IC est devenu un cadre scientifique et technique nécessaire à toutes les industries qui transforment la matière ou la mettent en œuvre. C'est pourquoi on retrouve quasiment partout des ingénieurs chimistes mettant en œuvre, dans des domaines d'application très divers, leur expertise technique, leur savoir-faire et leur savoir être.

En France comme dans tous les pays développés, l'ingénieur chimiste s'avère indispensable pour maintenir et faire progresser une industrie compétitive dans un contexte économique où la capacité d'innovation est primordiale pour résister à la concurrence et à la montée en puissance des pays émergents. Les développements dans nos domaines d'excellence que sont la santé, l'hygiène, l'énergie, la construction, l'aéronautique ou la protection de l'environnement n'ont pu se faire que par la contribution des sciences chimiques et de nos ingénieurs.

Dans le cadre de la globalisation des marchés, l'ingénieur chimiste formé en France est mondialement apprécié, qu'il soit français ou qu'il fasse partie des 12% d'élèves venus de l'étranger pour étudier dans nos établissements et qui pourront être utiles au développement de l'industrie française à l'étranger. Environ 19% des ingénieurs formés par les écoles de la Fédération Gay-Lussac travaillent en dehors de nos frontières, que ce soit au sein de filiales de sociétés françaises ou dans des compagnies étrangères qui apprécient les qualités techniques et humaines de nos formations, participant ainsi au rayonnement de notre pays à l'international. Quelques-uns s'établissent définitivement à l'étranger mais la majorité des Français reviennent au bout de cinq à dix ans, faisant ainsi profiter notre industrie des expériences acquises ailleurs.

2.1 La majorité de nos diplômés travaillent dans le secteur privé

Sans surprise, c'est le secteur privé qui emploie plus de 80% des quelque 44 000 ingénieurs chimistes diplômés des écoles françaises actuellement en activité, loin devant les entreprises du secteur public ou à capitaux publics.

Secteur privé	81 %
État, secteur public (y compris hospitalier), collectivités territoriales	9 %
Sociétés anonymes à participation publique (EDF, RTE, GDF...), EPIC (SNCF, RATP, RFF, CEA...), sociétés d'économie mixte	7 %
Autres (associations, ONG, organismes internationaux...)	3 %
TOTAL	100 %

Source : enquête UNAFIC / IESF 2013

Si parmi les 3 350 entreprises françaises employant des chimistes, 94 % d'entre elles sont des PME ou TPE, participant ainsi à la vitalisation de l'économie française, c'est dans les entreprises de plus de 2 000 salariés que l'on trouve les 2/3 des ingénieurs chimistes formés dans nos écoles.

Taille de l'entreprise	Chimistes	Tous ingénieurs
0 ou 1 salarié	2 %	2 %
2 à 249 salariés	15 %	20 %
250 à 499 salariés	5 %	5 %
500 à 1 999 salariés	12 %	11 %
2 000 salariés et plus	66 %	62 %

Source : enquête UNAFIC / IESF 2013



2.1 (suite)

Bien évidemment l'industrie tient la place la plus importante, employant 72% des ingénieurs chimistes dont environ la moitié dans la chimie, l'industrie pharmaceutique et les industries extractives.

Industrie chimique et parachimique	25,5 %
Industrie pharmaceutique	7,1 %
Industries extractives	4,7 %
Eau, assainissement, gestion des déchets et dépollution	4,4 %
Production et distribution d'énergie	3,8 %
Plastique, verre et produits minéraux non métalliques	3,4 %
Matériaux pour le transport	2,9 %
Métallurgie et produits métallurgiques hors machines	2,4 %
Équipements électriques, électroniques, informatiques . . .	2,2 %
Ingénierie	4,7 %
Secteur agro-alimentaire	2,0 %
Autres industries	9,3 %
TOTAL INDUSTRIE	72,4 %
Recherche scientifique	5 %
Enseignement	3,9 %
Conseil (stratégie, audit, management, RH, finances . . .)	3,9 %
SSII, services d'information, éditeurs de logiciels	2,6 %
Administration	2,0 %
Divers	10,2 %
TOTAL AUTRES ACTIVITÉS	27,6 %
TOTAL	100 %

Source : enquête UNAFIC / IESF 2013

Du laboratoire jusqu'à l'utilisateur final de produits ou services, les ingénieurs chimistes sont des acteurs essentiels de l'évolution de notre vie quotidienne. Afin de répondre à un besoin technique détecté

par le service marketing de l'entreprise, divers « profils d'ingénieurs chimistes » vont apporter leur contribution :

- en laboratoire, l'équipe dirigée par un ingénieur chimiste va explorer le potentiel de nouveaux produits répondant aux besoins du marché ;
- les procédés de production et les produits seront ensuite mis au point par d'autres ingénieurs plus spécialisés en chimie de formulation et/ou en génie des procédés ;
- le développement commercial des substances de base ou semi-finies ainsi obtenues nécessitant généralement une forte connaissance technique, leur promotion auprès des applicateurs sera dans de nombreux cas assurée par des ingénieurs technico-commerciaux bénéficiant de leur formation en chimie et/ou en procédés, et aux sciences de gestion.

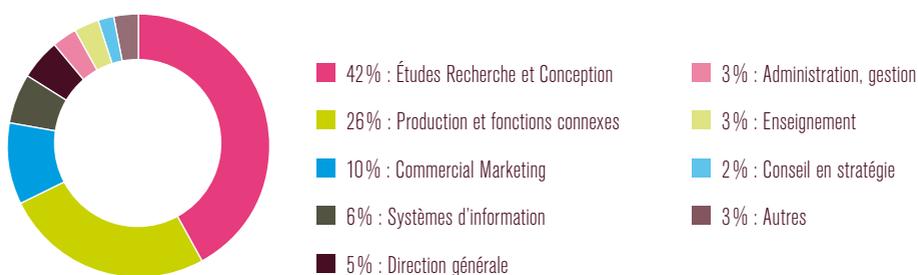
Ce processus pourra être répété à chaque étape de produit intermédiaire jusqu'au niveau du consommateur (industriel ou particulier).

Il est d'autre part habituel et normal d'observer qu'un certain nombre d'ingénieurs chimistes, après avoir acquis une expérience opérationnelle, évolue vers des fonctions de management de diverses natures où leur expertise sera moins directement sollicitée mais dans lesquelles leurs connaissances techniques élargies et

2.1 (suite)

leur capacité de relations humaines seront des qualités recherchées. Ils deviennent ainsi chefs de produit, coordinateurs internationaux, dans des groupes de toute taille et accèdent aux postes de direction générale.

Fig. 1 Fonctions des Ingénieurs Chimistes en début de carrière



Toutes les enquêtes que nous menons chaque année montrent que les ingénieurs chimistes sont en moyenne plutôt bien rémunérés. Si le salaire des débutants est légèrement en retrait par rapport à d'autres spécialités, ce retard s'estompe rapidement et se retourne en faveur des chimistes après cinq à dix ans d'expérience professionnelle.

	Chimistes	Tous ingénieurs	Écart chimistes / tous ingénieurs
Débutants	32 424 €	35 500 €	-8,7%
Autres moins de 30 ans	38 850 €	39 065 €	-0,6%
30 à 34 ans	48 433 €	47 400 €	2,2%
35 à 39 ans	58 570 €	57 500 €	1,9%
40 à 44 ans	69 790 €	68 593 €	1,7%
45 à 49 ans	80 000 €	80 000 €	=
50 à 54 ans	89 000 €	87 000 €	1,12%
55 à 59 ans	101 861 €	92 000 €	10,7%
60 à 64 ans	108 658 €	102 625 €	5,9%

Source : enquête UNAFIC / IESF 2013

On constate aussi que nombre de nos anciens élèves s'engagent, de façon très affirmée, à développer l'entreprise dans laquelle ils travaillent et qu'ils assurent de leur loyauté. On observe que ce comportement s'affirme avec l'âge.

	Chimistes	Tous ingénieurs
Je veux faire de mon mieux pour le développement de mon entreprise	56,1%	52,3%
Je compte travailler normalement et contribuer au développement de l'entreprise en fonction de ma rétribution	38,4%	41,4%
Je n'ai aucun attachement particulier envers l'entreprise	5,5%	6,3%
TOTAL	100%	100%

Source : enquête UNAFIC / IESF 2013

2.2 Quelques exemples d'industries employant des ingénieurs chimistes

Les débouchés professionnels de nos diplômés ne sont pas uniquement les grandes entreprises chimiques et parachimiques classiques. En effet, plus de 50% de la population de nos diplômés intègre des sociétés de secteurs économiques très variés, comme en attestent les quelques exemples cités ci-dessous :

- Dans l'automobile et l'aéronautique, les polymères et plus généralement les matériaux fonctionnels nouveaux – visibles ou cachés – sont des composants souvent essentiels de la qualité de nos moyens de transport. Ce sont aussi des fibres synthétiques pour les textiles, des polymères thermodurcissables renforcés ou non pour les garnitures, élastomères synthétiques pour tuyauterie, isolants phoniques, thermiques ou électriques. Tous ont été élaborés et développés par des ingénieurs chimistes. Ce sont aussi eux qui sont à l'origine des adhésifs à haute performance qui vont remplacer de plus en plus soudures, vis, rivets, etc.
- Dans le domaine de l'énergie, il s'agit de mieux gérer les ressources naturelles et/ou renouvelables comme la biomasse, l'eau, mais aussi les minerais et les déchets. Il faut aussi concevoir, optimiser et faire fonctionner les usines du futur, améliorer l'utilisation des ressources énergétiques fossiles et développer la production et l'emploi des énergies de demain pour préparer dès maintenant une transition énergétique inéluctable.
- Sans traitement chimique, les phénomènes de corrosion dont le coût est évalué à 3 ou 4% du PIB mondial, dégradent, parfois très rapidement, la plupart des équipements que nous utilisons. Les protections contre les corrosions par des procédés de neutralisation de surface ou de dépôt sont réalisées et améliorées par des ingénieurs chimistes spécialisés. En complément de ceux-ci les IC formulateurs ont développé des peintures et revêtements dont les formules sont en permanence améliorées sur le plan des performances et avec un moindre impact sur l'environnement.
- Nos diplômés ayant choisi une spécialisation en sciences analytiques occupent aussi une place importante. Ils sont bien sûr présents tout au long de la «supply chain», mais leur expertise est aussi requise pour analyser les constituants de tous les produits mis sur le marché, ou encore participer aux études sur la santé et l'environnement, mais aussi jouer des rôles importants dans la réglementation et la certification.
- Tout le monde s'émerveille, à juste titre, devant les performances, en progrès permanent, des outils actuels de communication tels que les smartphones, tablettes ou à l'autre extrémité du marché, les superordinateurs. Cependant, on oublie généralement que ces performances ne sont possibles que grâce aux apports des ingénieurs chimistes qui ont développé de nouvelles batteries à forte capacité, des aimants contenant des terres rares autorisant la miniaturisation des écouteurs et haut-parleurs, de nouveaux semi-conducteurs et des matériaux d'une pureté jusqu'ici inégalée. Un exemple emblématique est celui des smartphones où les compagnies Arkéma, Solvay, Air Liquide ou BASF interviennent pour fournir les éléments indispensables à la production de ces appareils (films plastiques vibrants, poudres métalliques, gaz fluorés, polyamides et polyfluorures de vinyldène).
- Chacun consomme de l'eau et l'exige d'une qualité irréprochable, et cela n'a été obtenu que grâce à la mise au point de filières de traitement auxquelles nos diplômés contribuent largement. Une fois passée par nos

foyers cette eau est à nouveau épurée par des ingénieurs chimistes pour être recyclée au sein des procédés industriels chaque fois que cela est possible ou être restituée purifiée au milieu naturel.

- Le recyclage de l'eau n'est qu'un exemple des procédés dont nos sociétés souhaitent le développement, dans lesquels la culture de nos ingénieurs chimistes est indispensable, et la réutilisation de matériaux précieux stratégiques ou énergétiques, le recyclage de déchets sont des opportunités en croissance.
- Si notre espérance de vie s'allonge en permanence c'est grâce aux progrès de l'hygiène et de la médecine. Dans le domaine de la santé, des dizaines de spécialités pharmaceutiques sont mises sur le marché tous les ans mais pour arriver aux quelques principes actifs qui les constituent, ce sont des milliers de molécules qui ont dû être synthétisées par les chimistes, et in fine des procédés qu'il a fallu mettre au point. Les produits d'hygiène mis au point par nos ingénieurs dans les laboratoires de cosmétique et de détergents participent à l'amélioration de notre qualité de vie.
- Et on ne saurait clôturer cette liste non exhaustive sans parler de l'industrie et des services agroalimentaires dans lesquels il est indispensable d'associer nombre de nos diplômés, chimistes et génie chimistes, aux professionnels éduqués à l'agronomie, la santé et la biologie.



En conclusion de ce chapitre, nous nous permettons de citer l'agence internationale «Thomson Reuters» qui a publié récemment (octobre 2013) **la liste du «Top 100 Innovators» dans laquelle la France figure en troisième position avec neuf groupes industriels et trois organismes publics de R&D réunis**. La FGL qui rassemble les 20 écoles de chimie et génie des procédés existant en France, est heureuse de constater que parmi les 12 moteurs français de l'innovation salués par ce classement international, huit d'entre eux figurent également dans le Top 10 des employeurs des 1 600 ingénieurs que nos écoles mettent chaque année à la disposition de l'ensemble de notre économie nationale (majors et sous-traitants).

Ce classement confirme que **les métiers des ingénieurs chimistes auxquels nous préparons nos étudiants sont des métiers d'avenir** et indispensables au renouveau industriel de notre pays. Ce sont là des éléments d'explication de la bonne insertion professionnelle de nos diplômés.







3

Des écoles ouvertes sur le monde



3.1 Le rôle des experts industriels dans la formation

Les écoles d'ingénieurs et les nôtres plus particulièrement ne peuvent se passer de relations étroites et soutenues avec le monde de l'entreprise. C'est ainsi que les écoles de la FGL continuent de développer les promotions d'IC formés par apprentissage. **Les contacts avec le monde industriel contribuent au développement personnel des étudiants, qui mûrissent et comprennent d'autant mieux les besoins des métiers qui les attendent.**

À côté des cours formels, les écoles ont mis en place d'autres actions qui préparent les étudiants au monde de l'entreprise : présentations de sociétés, interventions d'experts industriels dans les enseignements, journées thématiques en relation avec les grands thèmes sociétaux (écoconception, santé, énergie, éthique...), visites d'entreprises qui participent à l'ouverture au monde de la production et de la recherche-développement.

Ajoutons aussi que nos écoles sont capables de se mobiliser pour des causes industrielles nationales. Dans le secteur nucléaire, par exemple, deux écoles de la fédération sont parties prenantes de l'Institut de Formation aux Comportements en Environnement Nucléaire (IFCEN).

Comme dans la plupart des écoles d'ingénieurs, et depuis plus de 30 ans, les stages en entreprise impliquent fortement nos partenaires. Ces stages sont un facteur de mûrissement très important pour les élèves leur permettant de découvrir les différents postes dans une entreprise :

- un stage « d'exécution » en général en fin de première année ;
- un stage ingénieur ;
- un stage de fin d'études en production ou R&D dans les années suivantes.



Le retour sur ce genre d'expérience est extrêmement positif pour tous les intervenants : les industriels pour l'implication et la motivation des stagiaires, les élèves qui acquièrent un vécu de la vie en entreprise, et les enseignants qui voient revenir à eux des étudiants formidablement motivés avec une maturité accrue bien utile pour se projeter avec confiance dans leur projet professionnel.

Dans la plupart de nos écoles, la sensibilisation des élèves à l'entreprise est aussi favorisée par des projets proposés par les industriels eux-mêmes et qui se déroulent sur plusieurs mois de l'année universitaire, voire sur toute la durée du cursus dans certains cas. Dans ce cadre, les partenaires industriels interviennent comme experts tuteurs.

La soutenance de ces travaux est toujours faite en présence d'un jury de professionnels impliquant des acteurs de compétences variées et représentant le caractère nécessairement interdisciplinaire des sujets traités.

Pour se positionner au mieux sur les problématiques industrielles et mieux appréhender le monde de l'industrie, les écoles de la FGL développent, d'une manière générale, des réseaux de partenaires industriels forts sur lesquels elles s'appuient pour les faire intervenir dans les enseignements, pour présenter aux élèves ingénieurs chimistes et à leurs enseignants les besoins actuels de l'industrie, l'évolution de celle-ci et son mode de fonctionnement, et pour les aider dans leur recherche de stages.

Il est important ici de rappeler la forte implication des industriels dans la gouvernance de nos écoles et en particulier au sein de leurs conseils de perfectionnement et de leurs conseils d'administration qui, respectivement, proposent et valident les principales décisions d'ordre pédagogique et stratégique. En effet, ces instances décisionnelles sont en général constituées par au moins 30% de représentants de l'industrie avec voix délibérative.



3.2 Ouverture internationale

Toutes les écoles de la FGL ont une politique active d'ouverture à l'international, aussi bien en flux entrant qu'en flux sortant. Les cinq classes actuelles du cycle préparatoire de la fédération intègrent selon les cas entre 10 et 40% d'étudiants internationaux provenant de différentes régions du globe, essentiellement d'Asie, d'Amérique du Sud et d'Europe.

Une fois leur cycle préparatoire accompli, ces étudiants se répartissent dans les 20 écoles de chimie et génie des procédés de la fédération. Il est à noter qu'une proportion non négligeable de ces étudiants effectue un semestre de pré-intégration pour faciliter leur insertion dans la vie quotidienne des écoles et dans la vie culturelle française.

Une mention toute particulière peut être faite au programme de formation associant la FGL et l'ECUST (*East China University of Technology*) qui a été mis en place dès 2009 à Shanghai et qui consiste en un cycle préparatoire pour d'excellents élèves chinois leur permettant d'intégrer, après trois ans d'étude dans leur pays, une des écoles de la fédération. Des promotions d'une trentaine d'élèves chinois biculturels irriguent ainsi chaque année nos écoles depuis 2012 (annexe II).

À ce contingent s'ajoutent tous les autres étudiants étrangers qui sont recrutés sur titres et entretien, de telle sorte qu'au total, **nos écoles accueillent en moyenne 12% d'élèves provenant de différents pays européens et autres.**

L'ensemble de nos élèves ingénieurs bénéficie d'une solide formation linguistique, en particulier en anglais puisque nos diplômés ne peuvent être délivrés qu'après l'obtention d'un niveau suffisant dans ce domaine (niveau B2). La plupart d'entre eux doivent faire au moins un stage à l'étranger. Dans les faits, la majorité passe plusieurs mois dans des entreprises ou universités à l'étranger.

Certains accords avec des universités étrangères partenaires ont permis d'établir des conventions avec nos écoles pour la délivrance de doubles diplômes dont bénéficient les élèves français comme les étudiants étrangers originaires de ces universités. La mixité culturelle au cours de leurs études participe ainsi à l'acquisition par nos élèves de leur capacité future à travailler dans un contexte international (maîtrise d'une ou plusieurs langues étrangères, ouverture culturelle, expérience internationale).

3.3 L'innovation au cœur de la formation

C'est une des spécificités importantes de la formation des élèves ingénieurs de nos écoles que de chercher à confronter nos jeunes à des problèmes réels au travers d'expériences menées dans les laboratoires.

Nos ingénieurs ne sont pas seulement des intellectuels mais aussi des femmes et des hommes capables d'appréhender les réalités concrètes. Ils ont déjà intégré dans leur réflexion le doute raisonnable qui les rend aptes à la prise en compte de la complexité.

Comme l'ingénieur chimiste du futur sera probablement plus impliqué que jamais dans des projets rendus complexes aussi bien par la nature de matières premières plus difficiles à valoriser que par des contraintes nouvelles et souvent contradictoires qu'il faudra gérer à toutes les échelles (nationale/planétaire, nord/sud, micro/macro...), il importe que les écoles de la FGL maintiennent et développent ce lien privilégié entre formation et recherche, académique tout comme partenariale, au travers des laboratoires qu'elles hébergent. Cette approche donne la possibilité à nos ingénieurs de se situer au meilleur niveau dans un contexte difficile techniquement, plus concurrentiel mais aussi plus diversifié et plus exigeant en compétences larges et/ou spécifiques. Elle permet ainsi d'ouvrir des champs d'action à la fois à des quadras très spécialistes et des seniors plus à l'aise dans la transdisciplinarité.

L'organisation pédagogique des écoles de la FGL se place dans le cadre du développement d'une économie de la connaissance et de l'innovation. À cette fin, il est nécessaire de sensibiliser au plus tôt les élèves à l'expérience de la recherche. Nos écoles accueillent des laboratoires de recherche et développement de qualité reconnue internationalement qui participent à la préparation des étudiants aux processus de conception et d'innovation. Ces laboratoires sont souvent des unités mixtes incluant les grands organismes de recherche (CNRS, INSERM, CEA...) et les universités.

Il faut souligner l'importance accordée par la FGL aux activités de recherche des laboratoires de nos écoles qui se concrétise tous les deux ans par un colloque recherche consacré à un thème donné auquel toutes les écoles apportent leurs contributions. C'est ainsi qu'ont été organisés récemment des colloques sur les thèmes suivants : « La chimie et la ville de demain » (Paris 2013), et « Chimie pour un développement durable » (Strasbourg 2011). En 2016, c'est Montpellier qui accueillera notre congrès consacré à la chimie et aux procédés du végétal.

Quelques données permettent de montrer que la FGL représente une importante force de frappe en matière de recherche :

- 90 laboratoires de recherche associés à nos écoles dans lesquels travaillent 1100 doctorants et 250 post-doctorants ;
- six articles sont édités quotidiennement et trois brevets sont déposés par semaine au sein de ces laboratoires ;
- deux start-up sont actuellement créées en moyenne chaque mois (voir 3.4).

Ajoutons que nombre de ces laboratoires sont engagés dans des programmes d'excellence tels que Idex, Labex récemment mis en place par le ministère de l'enseignement et de la recherche. Le résultat est que le pourcentage de nos élèves s'engageant dans un doctorat (24%) est significatif mais pas supérieur à la moyenne observée dans les écoles d'ingénieurs d'autres secteurs disciplinaires, comme la physique par

3.3 (suite)



exemple. Ceci est conforme à l'objectif jugé satisfaisant par les pouvoirs publics. Soulignons aussi la vivacité de la recherche partenariale industrielle avec nos écoles, s'appuyant par exemple sur des plateformes technologiques de grande qualité qui ont vocation à accompagner les entreprises dans leur démarche d'innovation et de développement.

Ainsi nos structures offrent la possibilité de mise en œuvre d'expérimentations et de nouveaux équipements destinés au transfert de technologies. Elles permettent de mener à bien des projets de maturation technologique en chimie et génie des procédés avant une phase d'industrialisation. Plus simplement, elles répondent à des demandes d'entreprises innovantes dans des secteurs variés d'applications de connaissances chimiques ou de génie des procédés.

Parmi les diplômés de nos écoles devenus docteurs on note qu'une part significative prépare leurs thèses avec des contrats CIFRE (ou équivalent) dont les sujets sont en rapport direct avec des problèmes posés par le partenaire industriel. Cela ne veut pas dire que ces sujets ne sont que des applications pratiques de concepts mais au contraire des occasions très euristiques d'explorer des voies nouvelles souvent interdisciplinaires.

Il est bon de souligner aussi que l'accès au titre de docteur pour ces ingénieurs donne accès à ceux-ci au plus haut niveau des grades universitaires reconnus au plan international et permet de maintenir en France la constitution d'un corps informel de scientifiques et technologues de niveau élevé indispensable à la survie technologique future d'un pays comme le nôtre. Il est d'ailleurs à noter que la demande d'ingénieurs-docteurs formés dans nos écoles est plus importante de la part de grands groupes comme Air Liquide, Arkema, BASF, Michelin, Novartis, Saint-Gobain, Solvay, Total et, plus généralement, dans la plupart des grandes sociétés des domaines de la pharmacie, de la chimie et de la mise en œuvre des matériaux.

3.4 L'esprit « entrepreneur »

Dans nos écoles, on porte aussi attention à la sensibilisation des étudiants à l'entrepreneuriat. À cette fin, plusieurs types d'actions sont mis en place. Celles-ci consistent parfois en une simple approche, par l'intermédiaire de conférences faisant témoigner des entrepreneurs. Mais les élèves peuvent suivre aussi des séminaires de gestion de projets innovants, participer à des ateliers de créativité et à la gestion d'un projet industriel. Ils apprennent ainsi à travailler en équipe en incluant les phases de recherche d'idée, marketing, propriété industrielle et choix d'une structure juridique, élaboration des états financiers prévisionnels, rédaction et présentation d'un business plan.

Certaines écoles les accompagnent dans la participation à des concours de création d'entreprise : coaching, mise en situation avec des professionnels, mise en place d'équipes pluridisciplinaires incluant parfois des élèves d'écoles de management.

Enfin, la possibilité est donnée aux élèves ingénieurs d'effectuer leur stage ingénieur sous convention avec un pôle d'entrepreneuriat afin de se consacrer à leur projet personnel de création d'entreprise. L'objectif est d'accompagner les jeunes porteurs dans le développement de leur projet et de leur permettre une mise en réseau efficace avec les partenaires du monde socio-économique.

Cette formation à l'entrepreneuriat s'effectue avec l'adhésion du personnel enseignant des écoles : dans certaines d'entre elles, les enseignants-chercheurs et chercheurs de l'école peuvent suivre également des formations sous forme d'ateliers autour de l'entrepreneuriat dispensées par des entrepreneurs, business angels, spécialistes de l'innovation.



3.5 La création d'entreprise

Comme cela a été dit précédemment (partie 3.3), nos écoles sont de véritables « creusets de l'entrepreneuriat ». On constate en effet aujourd'hui que **deux «start-up» sont créées chaque mois à partir de nos établissements**. Ce score – impressionnant – n'est cependant pas en soi une nouveauté. Nombre d'objets ou de sociétés font tellement partie de notre univers qu'on ne remarque plus qu'il s'agit de résultats d'innovations anciennes mais encore marquantes.

C'est le cas par exemple de Robert Michon (CPE Lyon/ESCIL) qui vient de décéder à l'âge de 97 ans, créateur de Gerflor (multinationale de 2800 personnes) et inventeur du Taraflex qui est une matière plastique équipant de très nombreuses salles de sport dans le monde.

Dans l'annexe 1, on trouvera des listes d'entreprises jeunes et moins jeunes, toutes créées à partir des laboratoires de recherche de nos écoles et du dynamisme de nos élèves et/ou enseignants.









4

L'ingénieur chimiste : un acteur
majeur du futur économique
de nos pays européens

Imaginer et préparer les futurs impacts de la chimie et du génie des procédés dans le nouveau siècle est une obligation pour nos écoles. Il est dès lors nécessaire d'appréhender l'inconnu avec sérénité, ce qui implique de l'anticipation et une gestion raisonnée de l'incertain. Même si l'exercice est difficile, il convient de sensibiliser le futur ingénieur à une approche prospective à moyen terme.

On sait alors que l'ingénieur devra placer lui-même l'humain et son environnement au cœur de ses préoccupations tout en sachant que sciences fondamentales de la matière et de sa transformation, la chimie et le génie des procédés sont intégrés à toutes les activités humaines qu'elles soient domestiques, industrielles ou de services. Rappelons les exemples en besoins primordiaux précédemment évoqués, comme l'eau, l'alimentation, la santé, la sécurité, l'énergie, les transports... associés aux besoins hédoniques tels que le bonheur, le bien-être, le confort... dans un environnement changeant où la planète devrait compter neuf milliards d'habitants à l'horizon 2050.

L'ingénieur chimiste est donc concerné, au moins autant que les autres scientifiques, par l'évolution de la planète (ressources, énergie, qualité de l'eau...) et celle de notre société (santé, alimentation, confort...). Très tôt dans sa carrière, il va être confronté à des enjeux sociétaux. Nos écoles ont pour mission de l'y préparer et devront demain plus qu'aujourd'hui intégrer cette dimension dans la formation.

4.1 Besoins actuels et futurs

4.1.1 Maîtriser les matières premières et l'énergie

Il est évident aujourd'hui que les questions énergétiques et environnementales seront cruciales pour l'évolution de notre planète. L'optimisation du mix énergétique est un enjeu majeur pour notre pays et nos sociétés. Utiliser moins et mieux nos ressources, découvrir et en inventer de nouvelles est un défi auquel nous sommes confrontés.

Dans ce contexte et dans un souci de maîtrise raisonnée de la matière, l'ingénieur chimiste aura à élaborer des matériaux et des produits recyclables dès leur conception ou lors de leur fin de vie. Pour l'énergie, de nouveaux matériaux et procédés devront être développés pour augmenter l'efficacité, continuer d'améliorer les rendements et faire des progrès significatifs en stockage.

Et tous ces défis doivent s'intégrer dans la pédagogie de nos écoles.

4.1.2 Développer une chimie durable

La plus grande partie des molécules produites à ce jour est générée à partir de ressources naturelles limitées (gaz, pétrole, charbon). Il se développe actuellement une chimie dont les réactifs principaux sont issus de biomasses non alimentaires renouvelables (végétaux et/ou algues par exemple). Dans le même temps, l'utilisation de solvants organiques est minimisée voire remplacée par des substituts. Cette chimie nouvelle, dite «verte», est plus complexe et exige l'acquisition de savoirs nouveaux et des ruptures conceptuelles et technologiques permettant d'innover.

L'amélioration, la rationalisation – voire la reconfiguration – permanente de procédés énergivores est un axe de développement d'importance qui a fait ses preuves depuis longtemps. Mais des développements élargis s'inspirant des 12 commandements de la *Green Chemistry* sont déjà enseignés et appliqués dans nos écoles.

4.1 (suite)

4.1.3 Évoluer jusqu'aux frontières de la chimie

Cet ensemble de besoins, nouvelles matières premières, nouveaux produits et nouveaux procédés, conduit naturellement les ingénieurs à exercer leur art jusqu'aux frontières de leur domaine scientifique à savoir, la physique et la biologie. C'est souvent de la richesse de ces interfaces que vont naître les nouvelles compétences de nos IC.

La chimie et la physique ont été souvent intimement liées dans la connaissance structurale de la matière. Il vient immédiatement à l'esprit l'atome, les particules... Mais l'analyse moléculaire, l'étude des interfaces relie aussi ces disciplines de base. Si de grands progrès ont été faits, ces dernières années, en microscopie, en spectrométrie... ces domaines sont en constante évolution. Il en est de même pour la production de savoir ou de technologies dans les métiers de la formulation, de la synthèse de nouveaux matériaux ou catalyseurs, de la compréhension des propriétés d'usage des produits et des matériaux, des progrès en séparation, activation etc.

Un rapide historique de la nature des produits d'usage montre une évolution vers des masses molaires croissantes et une nécessaire prise en compte de la complexité des comportements. Il peut en résulter un développement de procédés compliqués et peu performants. L'appel à l'utilisation de micro-organismes adaptés peut alors permettre la fabrication plus élégante d'un certain nombre de composés fonctionnels nouveaux ou déjà connus.

L'ingénieur en chimie et en génie des procédés trouve donc naturellement sa place dans les biotechnologies. On peut citer par exemple la définition des substrats les plus adéquats, l'analyse des produits et sous-produits réactionnels, dans la conception, la réalisation, l'optimisation et la conduite des réacteurs, mais aussi dans les modifications structurales des molécules bio-produites nécessaires en fonction de l'usage demandé.

Pour progresser dans cette direction, nos élèves doivent au minimum savoir dialoguer avec le monde de la microbiologie et de la santé d'une manière plus générale.

4.2 L'École du futur

Notre vision de l'ingénieur en chimie et génie des procédés du futur qui a été présentée tout au long de ce document, amène naturellement à se pencher sur l'école qui le forme en termes de recrutement, de contenu de la formation et d'organisation générale.

4.2.1 Recruter

Une des phases importantes de la formation passe par le recrutement de nos futurs élèves. Au-delà du savoir initial, la motivation des bons élèves pour des études d'ingénieur en chimie et en génie des procédés est un point essentiel. Cette motivation doit pouvoir être décelée par des entretiens généralisés à l'ensemble des étudiants voulant entrer dans nos écoles.

La diversité (origine sociale, répartition hommes/femmes, part d'élèves internationaux...) s'opère par une politique volontariste et une communication forte vers le grand public. Une information plus résolue de nos écoles associées aux syndicats professionnels (UIC, LEEM ...) vers les collèges et les lycées, doit permettre de réhabiliter l'utilité sociale de la chimie et du métier d'ingénieur chimiste aux multiples facettes. On espère ainsi susciter une curiosité nouvelle vers ce domaine scientifique et technique dont l'impact réel est souvent vu comme limité à des secteurs économiques en déclin.

Il faut savoir aussi que nos écoles s'efforcent de décloisonner les parcours et d'offrir des passerelles avec les autres études universitaires à caractère scientifique. Des possibilités croisées sont toujours offertes entre les universités et les écoles de la FGL :

- intégration d'étudiants universitaires en cursus complets ou fractionnés;
- accès à des formations complémentaires à l'université pour les élèves ingénieurs.

Enfin, mentionnons que plusieurs de nos écoles développent et développeront plus encore des formations par apprentissage et que toutes proposent des formations pour valider des acquis par l'expérience (VAE). Elles participeront ainsi à accueillir un public plus large et plus diversifié culturellement, et amplifieront la formation tout au long de la vie.

4.2 (suite)

4.2.2 Enseigner

Les écoles de chimie et de génie des procédés ont constamment fait évoluer leurs formations d'ingénieurs dans le fond et dans la forme. L'ouverture vers des domaines connexes au cœur de métier (langues étrangères, informatique, management, gestion, communication, droit, propriété industrielle, approche interculturelle...), la multiplicité des conférences, l'apprentissage par projets, le nombre et la progressivité des stages en industrie ou en laboratoire en France et/ou à l'étranger, sont autant d'exemples effectifs que l'on a déjà évoqués. Cependant, les programmes et la manière d'enseigner peuvent évoluer en s'imprégnant des changements et des besoins de nos sociétés et des modes de vie de nos étudiants.

Si la transmission d'un socle de base de savoirs en chimie et génie des procédés est incontournable, il convient d'aller plus loin. Le cursus complet de l'ingénieur doit intégrer l'essor de compétences multiples que l'on explicite généralement en savoir, savoir-faire et savoir être. La mise en place d'observatoires des métiers, alliant le devenir à moyen terme des nouveaux ingénieurs et les besoins économiques en s'appuyant sur les organisations professionnelles, est en passe d'être généralisée et/ou mutualisée à toutes nos écoles. Les programmes de formation, sous toutes leurs formes, après leur évaluation, doivent être ajustés à l'aune de ces approches « compétences » et « observatoire des métiers ».

Une réflexion est en cours au sein de la FGL au sujet des modes de transfert du savoir mettant en œuvre les outils numériques. Nos écoles doivent être actives dans les domaines des formations ouvertes à distance (par exemple les MOOCs). Plusieurs voies seront développées progressivement :

- la création de cours généraux ou de spécialité en chimie et en génie des procédés qui seront mis à disposition de la communauté étudiante;
- l'utilisation de modules de formations existantes dans les cursus des élèves ingénieurs. La mutualisation, entre écoles ou écoles et universités, peut être rendue possible par les nouveaux moyens techniques actuels (télé amphis, salles immersives...);
- l'apprentissage en ligne ou e-learning, permettant l'apprentissage par des moyens électroniques.

Il convient, cependant, d'insister pour que ces formations à distance soient menées par le corps enseignant dans le cadre d'un tutorat. Ainsi, des cours et TD en présentiel doivent accompagner ce type d'enseignement en distanciel pour une meilleure compréhension et un suivi de l'élève. Un volume de cours de type hybride sera généralisé dans certains domaines de la chimie, du génie des procédés ou des cours connexes.

Mais il importe aussi de rappeler que la chimie et le génie des procédés sont des sciences expérimentales. Les travaux pratiques doivent rester un mode d'enseignement d'importance dans tous les domaines. Les acquisitions pratiques sont nécessaires dès la prise de fonction initiale. Si certaines écoles d'ingénieurs qui se veulent généralistes ont abandonné ce type d'exercice, l'ingénieur chimiste doit impérativement garder un savoir-faire et un souci pratique lui donnant plus de légitimité et de sûreté d'exécution dans l'exercice de son métier. Il ne sert en effet à rien de simuler, si on n'a pas le souci permanent de valider par l'expérience les modèles que nous utilisons quels qu'ils soient.

Les stages, à différents niveaux du cursus, représentent un exercice largement répandu dans nos écoles. Progressifs et ciblés, ils permettent d'acquérir des compétences concernant en même temps le savoir-faire et

4.2 (suite)

le savoir être. Cette forme d'enseignement au plus près du monde socio-économique français ou étranger est à conserver voire à amplifier par des parcours en alternance.

Les programmes des lycées et des collèges changent, les méthodes d'acquisition des connaissances se modifient, les savoirs initiaux évoluent, les moyens numériques amplifient l'accès à l'information, autant de constats qu'il nous faut intégrer dans la définition des cursus de nos élèves. Les pistes de réflexion et d'actions qui viennent d'être proposées sur l'enseignement, sont applicables dans la manière d'étudier. La mise en place de cours/TD hybrides (distanciel et présentiel) change profondément la manière d'étudier et permet à l'élève d'acquérir une plus grande autonomie et une liberté spatio-temporelle de son apprentissage. Cette plus grande autonomie doit être expliquée, commentée et guidée par nos enseignants.

4.2.3 Étudier et vivre ses études

La formation d'Ingénieur doit se conjuguer avec une vraie vie étudiante. Les activités culturelles sportives ou sociales sont encouragées via des associations. Elles contribuent aussi à l'accomplissement humain de nos élèves et il n'est pas étonnant de voir qu'ils sont demandeurs – tout comme les entreprises qui les recrutent – de ces actions.

Des systèmes de reconnaissance de l'implication des élèves ingénieurs dans cette vie associative intra ou extrascolaire seront donc généralisés dans son cursus. Les interactions avec les activités des villes et métropoles sont à développer pour une meilleure implication des élèves dans la vie de la cité.

Là aussi, la FGL a déjà eu un rôle de pionnier avec par exemple l'organisation par les élèves eux-mêmes de manifestation professionnelle comme le Forum horizon chimie (FHC annuel) ou plus culturelle et sportive avec le tournoi interchimie (TIC).

4.3 La Recherche et l'Innovation

Comme il a déjà été mentionné, la Fédération Gay-Lussac est une force de recherche importante en chimie et en génie des procédés. Ses laboratoires sont souvent associés avec les grands organismes français de recherche (CNRS, INSERM, CEA...), et/ou des universités et/ou des instituts. Elle a su mutualiser ses ressources dans des unités mixtes de recherche pour une meilleure organisation et une meilleure gestion des moyens humains, des locaux et des équipements. Cependant, l'histoire et la culture d'écoles d'ingénieurs en chimie et génie des procédés donnent une certaine spécificité quant à sa recherche.

4.3.1 Générer des produits et des procédés

Comme les organismes de recherche et les universités avec qui elles sont tutelles de laboratoires mixtes, les écoles de la FGL développent des connaissances dans leurs domaines spécifiques : chimie moléculaire, chimie inorganique, matériaux, chimie des solutions, analyse, génie chimique, génie des procédés, ingénierie de l'environnement... Leurs productions scientifiques (publications, thèses, conférences internationales...) et leurs formations de doctorants prouvent leur dynamisme. Les écoles considèrent cette situation comme une richesse et entendent bien continuer à participer activement à cette génération des savoirs au niveau national et international, afin de développer de nouveaux produits et procédés.

4.3.2 Transférer des connaissances et de la technologie

Du fait de leur histoire, de leur organisation, de leur forte coopération avec le monde socio-économique, les écoles de la FGL sont des acteurs majeurs dans le transfert de connaissances et de technologies en chimie et génie des procédés vers les entreprises. La recherche développée en partenariat avec des entreprises industrielles ou des sociétés de services doit continuer à être le moteur du transfert du savoir et de la technologie chimique.

Les dépôts de brevets et surtout la concession de licences de travaux de recherche doivent être encouragés dans les laboratoires. Notre activité innovatrice doit permettre à la chimie européenne et plus généralement aux industries européennes de procédés de garder la place encore enviable que celles-ci ont au plan international.

Ces industries ont une forte composante capitalistique. Des moyens financiers initiaux sont nécessaires pour faire émerger des sociétés industrielles. Si certaines sociétés innovantes en sont déjà issues, les écoles de

la FGL ont toute légitimité à encadrer et développer les recherches et l'innovation de leurs laboratoires, et permettre ainsi de faire éclore en leur sein, un plus grand nombre d'entreprises.



4.3.3 Être acteur majeur dans l'innovation et le développement des territoires

Il est ainsi évident que les écoles de la FGL s'impliquent activement dans la ré-industrialisation et le développement d'activités de services techniques dans les territoires où elles se trouvent en favorisant l'innovation et l'entrepreneuriat. Elles conjuguent l'excellence de la formation scientifique et technique professionnalisante à de la recherche d'excellence, créative et applicative.

Elles se doivent d'aider à la création d'entreprises locales. Elles sont et seront encore plus demain des interlocutrices privilégiées des collectivités locales pour l'éclosion de projets de formation et d'innovation pour les entreprises du territoire.



Conclusion générale

La chimie n'a pas fini de nous étonner! Dans notre vie quotidienne, au travail ou dans nos loisirs, aussi bien que dans les grands projets qu'ont à mener nos sociétés contemporaines, la chimie intervient presque partout.

Et on observe très souvent que les sciences de la chimie détiennent les clés des verrous scientifiques et techniques qui bloquent les réponses que nous devons apporter aux défis majeurs du XXI^e siècle :

- Production et stockage de l'électricité;
- Carburants du futur;
- Utilisation directe de l'énergie lumineuse;
- Bâtiments à énergie positive;
- Développement de filières de recyclage de matières premières ou intermédiaires;
- Nouveaux médicaments;
- Gestion et valorisation raisonnée des agro ou bio ressources;
- Développement de procédés de dépollution;
- Gestion raisonnée de l'eau;
- Nouveaux matériaux et nouveaux fluides;
- Développement des biotechnologies;
- ...

Pour progresser dans tous ces domaines, la société ne pourra pas se passer de générations de scientifiques et techniciens chimistes. Ceux-ci devront être capables d'utiliser les sciences de la chimie et du génie des procédés en collaboration avec des experts d'autres spécialités (médecine, agronomie, électronique, télécommunications...) ou également architectes, urbanistes, designers... Et bien sûr les économistes.

C'est précisément dans ce contexte de complexité croissante que veut se situer la formation intellectuelle et pratique dispensée dans les écoles de la Fédération Gay-Lussac qui délivrent chaque année un diplôme à plus de 1 700 jeunes ingénieurs chimistes et de génie des procédés.

À ceux-là même dont la carrière sera bien différente de celles de leurs aînés pour qui la première finalité était de produire sans contraintes dans de grandes sociétés à croissance rapide, il s'agira maintenant de s'adapter à la satisfaction de besoins souvent complexes et parfois contradictoires mais d'abord humains.

Dans le cadre de la restructuration de l'enseignement supérieur, on voit aujourd'hui émerger une vingtaine de pôles. Les 20 écoles de la Fédération Gay-Lussac épousent ainsi – et depuis longtemps – cette réorganisation : elles maillent déjà le territoire de façon rationnelle. Mais elles sont surtout très en avance sur l'étape qui suivra : la nécessité de faire travailler en réseau les pôles qui auront ainsi émergé dans chacun de leur secteur disciplinaire. La Fédération Gay-Lussac le fait depuis 25 ans et amplifie chaque année ses collaborations et interactions.





ANNEXE I

SOCIÉTÉS « EXEMPLAIRES » D'AU MOINS 15 À 20 ANS D'ÂGE, ISSUES D'ÉLÈVES OU PROFESSEURS DE NOS ÉCOLES.

Plastic Omnium créée en 1947 (www.plasticomnium.com). 5 GE de CA, leader européen de transformation des matières plastiques. (CPE Lyon / ESCIL)

Pignat (www.pignat.com), SAS (50 personnes) créée en 1960. Conception et construction d'appareillage de génie chimique, marché mondial. (CPE Lyon / ESCIL)

SNF Floerger reprise par de jeunes ingénieurs CPE Lyon / ICPI en 1978 et devenue depuis une multinationale de 4 000 personnes (www.snf-group.com), leader mondial des polyacrylamides

Tacussel créée en 1950 fusionnée en 1988 avec Radiometer Analytical (www.radiometer-analytical.com). SAS spécialisée dans la vente d'appareillage de mesures électrochimiques représentée dans 80 pays du monde. (CPE Lyon / ESCIL)

Flamel Technologies (300 personnes) (www.flamel.com), créée dans les années 1990 et spécialisée dans la libération contrôlée de médicaments et ADOCIA (75 personnes) créée en 2008 par le même ingénieur et spécialisée dans la formulation des protéines thérapeutiques. (CPE Lyon)

Cerlase petite société de 30 personnes, créée en 1998 et spécialiste européen du frittage laser, devenue **Cerinnov** en 2012, (www.cerinnov.com). Fabrication d'équipements de production (façonnage, robotisation-automatisation). (ENSCI)

Technogénia Inc créée en 1979 (www.technogenia.com/fr), fournisseur international de solutions pour l'antiusure et disposant de deux centres techniques aux USA. (ENSCI)

Prosim (40 personnes) (www.prosim.net/fr), créée par deux professeurs toulousains et qui commercialise dans le monde entier des logiciels originaux d'optimisation et de simulation de procédés. (ENSIACET)

Separex (40 personnes) (www.separex.fr). Créée en 1985 par un ancien directeur de l'ENSIC, et connu mondialement comme un pionnier des procédés de séparation par les fluides super critiques (ENSIC)

Prochrom devenu **Separex chromato** plus tard allié à Merck et IFP pour former **Novasep** (www.novasep.com), (320 M€) spécialiste mondial de la séparation de molécules à valeur ajoutée et leader de la chromatographie préparative industrielle et dirigée par un ancien élève et docteur de l'ENSIC.

ITGA, créée en 1994 (600 personnes), (www.itga.fr). Expertises en santé-sécurité, bâtiment durable, environnement et hygiène industrielle. (ENSCR)

ANNEXE I (suite)

EXEMPLES DE SOCIÉTÉS DE TAILLES PLUS MODESTES ET BEAUCOUP PLUS JEUNES, ISSUES D'ÉLÈVES OU PROFESSEURS DE NOS ÉCOLES.

DANS LE DOMAINE DES MATÉRIAUX

RB-Nano, créée en 2007, (www.rbnano.fr). Développement et commercialisation de matériaux multicouches nano (ECPM)

Sculpteo, créée en 2012 (20 personnes, \$ 2M revenu) est une société dédiée à l'impression 3D (www.sculpteo.com/fr) (ESPCI)

Zéphir Alsace, créée en 2009, (www.zephiralsace.fr). Développer, produire et commercialiser des matériaux poreux hydrophobes innovants ; applications industrielles dans les domaines de l'environnement ou de l'énergie. (ENSCMu)

Facop, créée en 1997, (www.facop.ma). Leader du marché marocain de la peinture. (ENSIACET)

Polymer Expert, créée en 2000, (www.polymerexpert.fr). Caractérisation et analyse. (ENSCBP)

Rescoll, créée en 2001, (70 personnes), (www.rescoll.fr). Applications industrielles des matériaux polymères. (ENSCBP)

Ciram, créée en 2004, (www.ciram-art.com). Laboratoire d'analyse pour les objets d'art et le patrimoine culturel. (ENSCBP)

Olikrom, créée en 2009, (www.olikrom.com). Conception et fabrication de pigments intelligents. (ENSCBP)

Jet Metal Technologies, (30 personnes), créée en 2007, (www.jetmetal-tech.com). Développe, produit et commercialise mondialement son procédé de métallisation par pulvérisation. (CPE Lyon)

Ceradrop, créée en 2006, (www.ceradrop.fr). Conçoit et commercialise des imprimantes jet d'encre exclusivement dans le domaine de l'électronique imprimée et de l'impression 3D intelligente. (ENSCI)

Tekna Plasma Systems, créée en 2012, (www.tekna.com). Leader dans la technologie plasma par induction ; développe, fabrique des nouveaux équipements générateurs de plasmas. (ENSCI)

3DCeram, créée en 2010 (auparavant CTTC (Centre de transfert de technologies céramiques) créé en 2001), (www.3dceram.com). Expertises dans le domaine des matériaux et procédés dédiés à la mise en forme

ANNEXE I (suite)

rapide d'objet céramique à l'architecture complexe; réalisation de composants céramiques techniques à géométrie complexe. (ENSCI)

Ceritherm, créée en 2010, (www.ceritherm.org). Conception, réalisation et maintenance d'équipements thermiques. Concepteur et fabricant de céramiques techniques pour les procédés durables. (ENSCI)

CTI (Céramiques Techniques Industrielles), créée en 2010, (www.ctisa.fr). Production de membranes céramiques pour la filtration des liquides; gamme complète de produits et de technologies pour la filtration. (ENSCI)

Ego Deco, créée en 2000, (www.ego-deco.fr). Entreprise de décoration sur porcelaine de Limoges utilisant la photocopie céramique. (ENSCI).

DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ ET DU BIEN-ÊTRE

HPC Pharma, créée en 2013 (2 personnes). Société de production de molécules cytotoxiques (ENSCR).

In'air Solutions, (4 personnes) société experte dans la mesure des polluants de l'air (www.inairsolutions.fr) (ECPM).

Biowind, créée en 2006, (www.biowindgroup.com). Traitement de l'air par photocatalyse (ECPM).

Acrylian créée en 2006, (www.acrylian.com). Développement d'implants intra oculaires acryliques (ECPM)

Capsum (créée en 2011), \$ 5M revenu, 35 employés, 27 brevets, société dédiée à l'innovation cosmétique (www.capsum.eu). (ESPCI)

Nosopharm créée en 2009 (www.nosopharm.com). Entreprise de biotechnologie dans le domaine des anti-infectieux. (ENSCM).

Alcion environnement, créée en 2001, (www.alcion-env.com). Réduction des émissions atmosphériques polluantes ou olfactives. (ENSGTI)

Droplet Diagnostics, créée en 2009, (www.dropletiagnostics.com). Développe des tests de diagnostic spécifiques, de haute sensibilité et non invasifs afin de permettre la détection précoce de cancers. (ENSCMu)

Bios analytique, créée en 1995, (www.bios-analytique.com). Informatique pour laboratoires. (ENSIACET)

ANNEXE I (suite)

LR Color, créée en 2014, (www.societe.com/societe/l-r-color-794465104.html). Commerce de gros (commerce interentreprises) d'appareils sanitaires et de produits de décoration. (ITECH)

TFChem, créée en 2007, (www.tfchemistry.com). Générer de nouveaux médicaments à partir de mimes de sucres; procédés de synthèse de molécules fluorées. (INSA Rouen)

VFP Therapies, créée en 2012, (www.vfp-therapies.com). Vectorisation de médicaments. (INSA Rouen)

Drugdesigntech, créée en 2007, (www.drugdesigntech.com). Plateforme informatique de management pour biotechnologies. (ENSCM)

FoldRx Pharmaceuticals, créée en 2004, (www.foldrx.com). Nouvelles thérapies pour les maladies rares. (ENSCM)

Ederna, créée en 2007, (www.ederna.com). Fondée sur le principe d'évaporation osmotique, la technologie utilisée permet d'augmenter de 25% la concentration en vitamine C des concentrés de jus de fruits, par exemple. (ENSCM)

Spirochem, créée en 2011, (www.spirochem.com). Conception et commercialisation de nouvelles molécules pour médicaments. (ENSCM)

Scynexis, créée en 2001, (www.scynexis.com). Conception, développement et commercialisation d'anti-infectieux. (ENSCM)

Cairpol, créée en 2006, (www.cairpol.com). Mesure en temps réel des polluants même de très faibles concentrations. (ENSCI)

Sodae, créée en 1992, (www.sodae.fr). Société de diagnostic dans les domaines de l'air et de l'eau. (ENSCR)

Diverchim, créée en 2000, (www.diverchim.com). Chimie médicinale, synthèses organiques multi-étapes complexes. (ENSCP)

ANNEXE I (suite)

DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Oméga Cat System, créée en 2010 (6 personnes) (www.omcat-system.com). Production de catalyseurs et molécules (métathèse d'oléfines). (ENSCR)

Sicat, créée en 2001 (10 personnes) (www.sicatcatalyst.com). Conception et production de supports catalytiques pour les industries chimiques et pétrochimiques. (ECPM)

Ederna, créée en 2007, entreprise innovante dans les procédés industriels (www.ederna.com). (ENSCM)

Helioclim, créée en 2011, entreprise innovante dans le domaine de l'énergie (www.helioclim.fr). (ENSCM)

DANS LE SECTEUR DU CONSEIL

Biodesiv, créée en 2011, (www.biodesiv.com). Conseil en sciences des polymères. (ECPM)

EcoConcevoir, créée en 2005. Entreprise de conseil dans le domaine de l'environnement (www.ecoconcevoir.com) (ENSCM).

Back Plan, créée en 2009 (2 personnes) (www.backplan.fr). Activité : planification, gestion documentaire, assurance qualité, réalisation de procédures opérationnelles, gestion documentaire... (ENSGTI)

Céondo, créée en 2007, (www.ceondo.com). Domaine d'activité : développement logiciel, modélisation, simulation, optimisation.

Sentec Ing, créée en 2012, (www.sentec.fr). Bureau d'étude dans le domaine du génie des procédés. (ENSGTI)

Carbosync, créée en 2010, (www.carbosync.com/Advisory_Board.html). Projets de génération d'électricité dans la gamme 1~10 Megawatt ; énergie renouvelable. (ESCOM)

Symbiooz, (www.symbiooz.com/fr). Développement et gestion de projets internet. (ENSIACET)

Cloud is Mine, créée en 2013, (www.cloud-is-mine.fr). Conseil en performance et développement d'entreprises, offre globale de services en cloud computing à destination des PME et TPE. (ENSIACET)

Stiil traduction, créée en 2008, (www.stiil-traduction.fr). Services professionnels de traduction et d'interprétariat pour les entreprises. (ITECH)

ANNEXE I (suite)

Régine Frick Communication, Consultante Communication – Innovation – Développement industries cosmétiques ([www.yatedo.fr/p/REGINE + FRICK/normal/](http://www.yatedo.fr/p/REGINE+FRICK/normal/)). (ITECH)

Coffee Webstore, créée en 2009, (www.coffee-webstore.com). Spécialiste de la vente en ligne de café pour les professionnels. (ITECH)

Gaspard Varennes, créée en 2010, (www.societe.com/societe/gaspard-varennes-523719326.html). Formation continue. (ENSCLE)

Filtrea, créée en 2009, (www.hellopro.fr/filtrea-976236-societe.html). Conseil pour des applications en microfiltration. (ENSCM)

Awabot, créée en 2011, (www.afjv.com/societe/565-awabot.htm). Société de développement de solutions logicielles et de conseil pour la robotique de services. (CPE Lyon/ESCIL)

Inevo Technologies, créée en 2005), (www.inevo.fr). Bureau d'ingénieurs spécialisés en génie des procédés. (CPE Lyon)

Bibliotek, créée en 2010, (www.bibliotek.fr). Produits et services pour préservation du patrimoine culturel. (ENSCI)

Ceric Technologies, fondée en 1960, (www.ceric.fr). Solutions et services destinés à la production des matériaux de construction en terre cuite. (ENSCI)



ANNEXE I (suite)

DANS LE SECTEUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

SARL Développement durable, (www.sarl-developpementdurable.fr). Gestion des huiles de friture. (ENSIACET)

Bois Valor, créée en 2004, (www.boisvalor.fr). Recherche, développement et commercialisation de fertilisants d'origine végétale, pilotage réalisation de contrôles analytiques de formulations de toute sorte. (ENSIACET)

Innoveox, créée en 2008, (www.innoveox.com). R&D sur l'Oxydation HydroThermale en milieu supercritique, traitement des déchets industriels dangereux. (ENSCBP)

MHH France, créée en 2008. Commercialisation de matériel électrique et distributeur photovoltaïque. (ENSCM)

Ecoat, créée en 2011, (www.ecoat.fr). Propose des solutions de développement durable aux industriels des peintures et des revêtements. (CPE Lyon/ICPI)



ANNEXE II

SINO-FRENCH PROGRAM IN CHEMICAL SCIENCES & ENGINEERING

Fédération Gay-Lussac (FGL): 20 Graduate schools dedicated to Chemistry and Chemical Engineering (France) www.19ecoledschimie.com

East China University of Science and Technology (ECUST), Shanghai, China. www.ecust.edu.cn

The Sino-French Program in Chemical Sciences & Engineering includes:

- 3 years special undergraduate program at the ECUST
- 3 years advanced engineering program in one of the 20 FGL Schools

UNDERGRADUATE PROGRAM AT THE ECUST

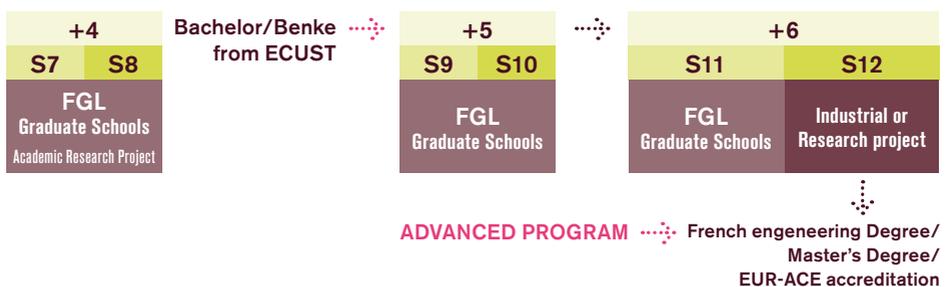


Specialties proposed by ECUST:

- Chemistry and Molecular Engineering
- Materials Science and Engineering
- Chemical Engineering
- Resources and Environmental Engineering (including Energy)

Scientific teaching is gradually and partially taught in French.

ADVANCED GRADUATE PROGRAM IN FGL SCHOOLS



- **Year 4:** FGL Schools curriculum and requirements for Benke (Bachelor) degree from ECUST.
- **Year 5 and 6:** FGL Schools curriculum including an internship in industry (4 months) and a final 6 months industrial or research project.

After the first year in France, successful students are awarded the Benke (BS) by ECUST.

At the end of the 6th year, successful students get the "French Diplôme d'Ingénieur", a Master's Degree and the Eur'Ace accreditation.

ANNEXE III

LA FGL EN CHIFFRES

20 ÉCOLES D'INGÉNIEURS DE CHIMIE ET DE GÉNIE CHIMIQUE

6 000 ÉLÈVES-INGÉNIEUR(E)S EN FORMATION

1 600 DIPLÔMÉ(E)S PAR AN

90 LABORATOIRES DE RECHERCHE

5 CLASSES PRÉPARATOIRES INTÉGRÉES

1 100 DOCTORANT(E)S

250 POST-DOCTORANT(E)S

3 000 STAGIAIRES EN FORMATION CONTINUE

30 000 HEURES DE FORMATION CONTINUE

WWW.19ECOLESDECHIMIE.COM

ANNEXE IV

LISTE DES ACRONYMES

ACV : Analyse de cycle de vie
ASCV : Analyse sociétale de cycle de vie
ATS : Adaptation technicien supérieur
BCPST : Biologie, chimie, physique et sciences de la terre
BTS : Brevet de technicien supérieur
BUCT : Beijing university of chemical technology
CFC : gaz fluoré, chlorofluorocarbure
CCP : Concours commun polytechnique
CEA : Commissariat à l'énergie atomique
ChemIST : Chemical international studies
CIFRE : Convention industrielle de formation par la recherche
CNRS : Centre national de la recherche scientifique
CPGE : Classes préparatoires aux grandes écoles
CPI : Classes préparatoires intégrées
CTI : Commission des titres d'ingénieur
DUT : Diplôme universitaire de technologie
ECUST : East China university of technology
FGL : Fédération Gay-Lussac
FHC : Forum horizon chimie
FITEC : Formation informatique et technique
GP : Génie des procédés
IC : Ingénieur chimiste
IESF : Ingénieurs et scientifiques de France
INP : Institut national polytechnique
INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale
IUC : Union des industries chimiques
IUT : Institut universitaire de technologie
LEEM : Les Entreprises du médicament
MP : Mathématiques, physique
PC : Physique, chimie
PT : Physique et technologie
PVC : polymère, poly(chlorure de vinyle)
TIC : Technologies de l'information et de la communication
TIC : Tournoi interchimie
TPC : Technologie, physique, chimie
STL : Sciences et technologies de laboratoire
TD : Travaux dirigés
TOEIC : Test of english for international communication
UNAFIC : Union nationale des associations françaises d'ingénieurs chimistes

Publié par la Fédération Gay-Lussac, février 2015

Directeur de la publication : Jacques Mercadier

Rédacteurs en chef : Daniel Guillon & Jacques Bousquet

Comité de rédaction : Jean-Marc Heintz, Pierre Le Cloirec & Alain Thuillier

Coordination éditoriale : Christine Legrand & Isabelle de Ligniville

Design graphique et réalisation : Toufik Boumessaoud/ideogram.fr

Crédits photos : Centrale Marseille, CNRS, CPE Lyon,

Nicolas Busser/ECPM, ENSCL, ENSCR, ENSIACET



Fédération Gay-Lussac
Maison de la Chimie
28, rue Saint Dominique – 75007 Paris
Tél. : 06 07 91 31 26

19colesdechimie.com

