Mensuel
numéro
5
Mai 2001

l'actualité chimique

Pétrole et environnement

sfc
société française de chimie

Édité par la Société Française de Chimie - ISSN 0151 9093

www.edpsciences.org

CHIMIE ...

MÉTHODES ET TECHNIQUES DE LA CHIMIE ORGANIQUE

Sous la direction de D. Astruc

Une présentation claire et moderne des méthodes et techniques utilisées en chimie organique de synthèse est proposée au lecteur.

Les méthodes d'activation par les métaux de transition, y compris les méthodes catalytiques (exemple des complexes du palladium) précédent l'activation par les dérivés du silicium, par les radicaux, puis, sont traitées les réactions stéréo et énantiosélectives.

Des techniques modernes sont développées en détail : les micro-ondes, la photochimie, l'électrosynthèse et la chimie combinatoire actuellement en fort développement.

De nombreuses références permettent au lecteur un approfondissement des thèmes de l'ouvrage ou facilitent ses recherches sur d'autres thèmes.

Méthodes et techniques de la chimie organique n'est pas un manuel ordinaire. Il est le résultat d'intenses collaborations entre universitaires, chercheurs, ingénieurs et industriels, notamment dans le cadre de contrats et de stages de formation professionnelle avancée réalisés à l'Université de Bordeaux 1 sous la direction de Didier Astruc, membre de l'IUF. En outre les auteurs, spécialistes reconnus, ont travaillé pendant de longs mois en interaction avec les membres du comité de lecture.

L'ouvrage est destiné à un large public de niveau second cycle scientifique, des étudiants aux enseignants des lycées, universitaires, chercheurs, ingénieurs et techniciens des organismes de recherche et de l'industrie.

Collection Grenoble-Sciences-Rencontres Scientifiques

1999 • 2-86883-462-0 • 392 p. • **230 FF (35,05 €)**

9 782868 834621

EDP SCIENCES

EDP Sciences

7, av. du Hoggar • BP 112 • P.A. de Courtabœuf
F-91944 Les Ulis cedex A (France)
Phone +33 (0)1 69 18 75 75
Fax +33 (0)1 69 86 06 78
e-mail: customers@edpsciences.org
www.edpsciences.org

Rédaction

Rédacteur en chef : Bernard Sillion
Rédactrice en chef adjointe : Séverine Bléneau
Secrétaire de rédaction, maquettiste, webmaster : Évelyne Girard
Secrétaire de rédaction, activités de la SFC, BDE : Roselyne Messal
Chargé de rubrique : Yves Dubosc
Comité de rédaction : P. Arpino (div. Chim. anal.), B. Badet (ICSN), X. Bataille (club Histoire), E. Bordes (div. Cat.), J. Buendia (SCI), M. Carrega (div. Matér. polym.), G. Chambaud (com. interdiv. Enseignement), N. Cheymol (CPGE), J.-Cl. Daniel (GFP), J.-B. Donnet (ancien président de la SFC), R.-E. Eastes (ENS), J.-P. Foulon (UDP), J. Fournier (club Histoire), J.-S. Girardon (club de jeunes), J.-F. Gruson (IFP), P.-C. Lacaze (div. Chim. phys.), J.-F. Lambert (div. Cat.), J.-C. Mendelsohn (Elf Atochem), G. Ourisson (ULP, Strasbourg), A. Picot (Prévention des risques chimiques), D. Rutledge (div. Chim. anal.), G. Schorsch (SFC), F. Sécheresse (div. Chim. coord.), H. This (INRA-Collège de France), P. Vermeulin (CNRS), J.-N. Verpeaux (div. Chim. orga.), C. Viel, D. Vivien (div. Chim. solide).
A collaboré à ce numéro : E. Champion (journaliste stagiaire)
Publication analysée ou indexée par : Chemical Abstracts, la base de données PASCAL.

Édition

Société Française de Chimie
E-mail : ac@sfc.fr - http://www.sfc.fr
Directeur de la publication : François Mathey, président de la Société Française de Chimie
Imprimerie : SPEI, BP 26, 54425 Pulnoy
Maquettage articles : e-Press, 197, Bd Zerktouni 20000 Casablanca (Maroc)
ISSN 0151 9093
Commission paritaire n° 0402 G 75884

Diffusion

EDP Sciences S.A. :
7, avenue du Hoggar, PA de Courtaboeuf, BP 112, 91944 Les Ulis Cedex A
http://www.edpsciences.org

Publicité

Susan Mackie, EDP Sciences
Tél. : 01 55 42 80 51 - Fax : 01 46 33 21 06

Marketing

Catherine Duval, EDP Sciences
Tél. : 01 69 18 75 75 - Fax : 01 69 28 84 91

Couverture

Unité de raffinage (Denver, USA). Cliché IFP © Total/Liesse. Banc d'essai laser moteurs. Cliché IFP. DR. (voir article p. 3).

• **Index des annonceurs : p. 54.**

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, fait sans le consentement de l'auteur, ou des ayants droits, ou ayant cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'articles 41, que les copies et les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

2 Éditorial

Pétrole de demain, **par B. Sillion**

3 Recherche

3 **Pétrole, panorama de l'année 2000 et perspectives, par J.-F. Giannesini**
19 **Les recherches chimiques au Vietnam. Appréciations des acquis actuels et espérances dans l'avenir, par Chu Dinh K.**

Communications

23 **Procédés d'élaboration de surfaces sélectives aux rayonnements, par L. Arurault, R.S. Bès et J.-P. Bonino**

Les bonnes pratiques du labo

25 **Préparation des échantillons « poids par poids », par F. Azière**

28 Industrie

28 **PolymerExpert SA : histoire d'une « start-up », par A. Deffieux**

30 Enseignement

30 **Les diplômes de chimie dans l'enseignement supérieur français (2). Les études courtes : BTS, DUT et licences professionnelles, par E. Champion et S. Bléneau**

40 Histoire de la chimie

40 **Jean-Baptiste Dumas, pionnier de la chimie organique théorique, professeur hors pair et serviteur de la cause publique, par J.-P. Senet**
46 **La fausse entrée d'Auguste Laurent au Collège de France, par J. Jacques**

53 Brèves scientifiques

56 Informations générales

60 Livres et médias

62 Manifestations

64 Activités de la SFC

67 Tribune libre

Tarifs 2001 - L'Actualité Chimique (11 numéros par an)

Particuliers/institutions		Étudiants*		Membres de la SFC
France	1 100 FF	France	420 FF	nous consulter
Étranger	1 325 FF	Étranger	660 FF	

[*] sur présentation de la carte d'étudiant

Abonnement

Société Française de Chimie, 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris
Tél. : 01 40 46 71 60 - Fax : 01 40 46 71 61
Prix de vente au numéro : 120 FF

Conception graphique couverture et maquette : Magali Serdel
© SFC, 2001 - Tous droits réservés - Dépôt légal : mai 2001

Éditorial

Pétrole de demain

Il y a une quarantaine d'années, les « Pétrofuturologues » les plus péremptoires expliquaient que les réserves de pétroles seraient épuisées à l'horizon 2010, les plus prudents ajoutaient toutefois « si on ne découvre pas de nouveaux gisements... ». La consommation a augmenté, on a trouvé des gisements, et nous avons vécu avec cette constante de temps de quarante ans environ, toujours valable aujourd'hui ! Bien entendu, la vitesse de consommation du pétrole étant infiniment supérieure à sa vitesse de formation, nous sommes très loin des conditions d'un état stationnaire, et l'on peut prédire sans aucun risque un épuisement définitif des ressources. Ce qui est intéressant dans l'analyse de J.-F. Giannesini (Institut Français du Pétrole), c'est que la nécessité de modérer la consommation de produits pétroliers n'est plus motivée uniquement par l'idée d'économiser les ressources (ce qui était le cas après le premier choc pétrolier de 1974), mais aussi par la prise en compte de l'impact de la combustion des hydrocarbures sur la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère. Cet article, qui traite de l'industrie pétrolière sous ses différents aspects économiques, politiques, environnementaux... est intéressant pour tous les chimistes dont le pétrole est pour longtemps encore, la principale matière première.

■ Le plaidoyer du professeur Chu Dinh Kinh pour la recherche en chimie au Vietnam complète le dossier présenté dans le numéro d'avril. Cette critique sans complaisance de l'organisation de la recherche, d'une certaine inadéquation de la formation des jeunes aux problèmes du pays, etc... a des échos qui dépassent une situation locale.

■ Nous présentons dans ce numéro la deuxième courte communication sur des travaux originaux d'un laboratoire ; cette nouvelle orientation du journal a été débattue au comité de rédaction qui recommande une certaine prudence. Nous verrons dans l'avenir si la publication d'une petite dose de ce type d'articles primaires apporte un surcroît d'intérêt au journal.

■ Y aura-t-il une place dans les années qui viennent pour des entreprises de chimie de spécialité issues de la recherche publique ? Doivent-elles rester des traits d'union entre la recherche et l'industrie en assurant une fonction de prédéveloppement ou se développer autour de quelques produits nouveaux ? PolymerExpert sera sans doute une expérience intéressante à suivre.

■ Grâce à ce numéro, vous saurez tout ce que vous avez toujours voulu savoir sans oser le demander sur la licence professionnelle. En outre, vous disposerez d'un lexique expliquant les sigles de l'enseignement supérieur qui vous permettra de briller sans effort dans les dîners « BoBo* ».

■ Par chance, nous avons reçu dans le même temps, deux articles d'histoire sur deux grands chimistes du XIXe siècle, maître et élève, J.-B. Dumas et A. Laurent, qui ont joué un rôle déterminant pour l'évolution vers une chimie moderne, en particulier par la découverte de la loi des substitutions. Mais quelles différences de carrières entre l'homme reconnu et celui qui sentait le soufre !

■ Nous voici au deuxième numéro d'une AC « relookée », nous sommes dans le « stress » attendant le « feed-back » de nos lecteurs... Pardon Daniel Vivien, je n'avais pas encore lu votre tribune libre sur le « Franglais »...

Bernard Sillion
Rédacteur en chef

**Pour les lecteurs qui n'auraient pas suivi les récentes élections municipales à Paris : BoBo = Bourgeois Bohème, nouveau groupe ethnique parisien à qui les politologues attribuent l'élection du maire.*

Pétrole, panorama de l'année 2000 et perspectives

Jean-François Giannesini*, conseiller du président de l'IFP

Nous vous présentons ici le texte de la conférence prononcée par Jean-François Giannesini, conseiller du président de l'Institut Français du Pétrole (IFP) à l'occasion de deux colloques internationaux tenus à Paris le 1er février 2001 et à Lyon le 6 février 2001 (NDLR).

Bien qu'il ne faille pas attacher trop d'importance aux particularités d'un calendrier, qui n'est que l'un des innombrables possibles, les dates rondes n'en sont pas moins des repères temporels commodes qu'il serait dommage d'ignorer.

Il y a un an, nous avions profité de Panorama 2000, le dernier du siècle, pour effectuer un survol rapide de l'histoire du pétrole durant le siècle qui s'achevait. Nous essaierons cette année, au cours de ce Panorama 2001, le premier du siècle, d'**identifier les grands défis qui se présentent à l'ensemble de la communauté pétrolière et gazière**.

Sans vouloir pour autant déflorer le cœur de notre sujet, disons que **la question fondamentale que nous pose le siècle qui s'ouvre est celle de la fin du cycle des hydrocarbures**. Ou pour formuler cette interrogation de manière plus opérationnelle, **lequel de ces deux évènements interviendra le premier : l'épuisement des réserves ou le caractère insoutenable de la consommation traditionnelle des hydrocarbures en raison de son impact sur l'environnement ?**

Il nous faudra rester lucides et humbles. Nous ne pouvons pas espérer répondre de manière précise et argumentée à une telle interrogation. Nous sommes, là-aussi, face à ce type d'indétermination bien connu des chercheurs, qui veut que si l'on peut, avec quelque certitude, prévoir la réalisation d'un évènement, on ne saurait hélas en fixer avec précision le calendrier. Il est cependant possible d'identifier certains grands traits du scénario. En particulier, il apparaît que comme pour les défis que nous avait lancés le XXe siècle, ceux que nous présente le XXIe pourront être relevés grâce au progrès technologique.

Ainsi que le soulignait Pierre Jacquard dans sa conférence au Congrès mondial du pétrole en juin dernier à Calgary, la réponse à ces interrogations tient en un mot : confiance. Confiance dans les hommes, confiance dans la technologie.

AIE : Agence Internationale de l'Énergie.
Antifer : port pétrolier du Havre, France.
ARA : Amsterdam, Anvers, Rotterdam : zone européenne concentrant des raffineries et industries pétrochimiques.
Brent : qualité de pétrole issue du gisement de Brent en Mer du Nord et qui sert de référence pour l'établissement des prix.
BRS : courtier en fret pétrolier.
CDIAC : organisme en charge de l'étude des climats et de l'effet du CO_2.
Flux tendus : technique de production consistant à travailler avec un stock minimum.
IFP : Institut Français du Pétrole.
IPCC : Intergovernemental Panel for Climate Change.
IPE : International Petroleum Exchange ; marché international du pétrole à Londres qui établit le prix du Brent en particulier.
NUS : organisme international sur les « utilities ».
OCDE : organisation de coopération économique.
OPEP : organisation des pays exportateurs de pétrole soit : Algérie, Arabie Saoudite, Émirats Arabes Unis, Indonésie, Irak, Iran, Koweït, Libye, Nigeria, Qatar, Venezuela.
Swiss Re : grande société suisse de réassurance.
WTI : West Texas Intermediate, qualité de brut servant de référence pour les cotations sur le marché de New York, le NYMEX.

Mais avant d'aborder ces questions, tentons tout d'abord d'analyser les principaux évènements pétroliers et gaziers de l'année qui vient de s'achever

Le **prix du pétrole** demeure le facteur principal rythmant l'activité de notre industrie. Comme pour toutes les matières premières pour lesquelles il n'existe pas de produit de substitution et dont les sources d'approvisionnement sont inégalement réparties sur la planète, les facteurs exogènes ont tendance à compliquer la dynamique des prix. L'année 2000 est à ce titre tout à fait illustrative.

De manière générale, le prix du pétrole (Brent à Londres, marché IPE) a poursuivi en 2000 la remontée qu'il avait entamé début 1999 après la baisse continue de 1997 et 1998 (*figure 1*).

* Institut Français du Pétrole, 1 et 4, avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex.
Tél. : 01 47 52 60 00. Fax : 01 47 52 70 00.
E-mail : J-Francois.GIANNESINI@ifp.fr - http://www.ifp.fr

Figure 1 - Évolution du prix du Brent à Londres, $/bl
(source : IPE, moyennes mensuelles).

Les réductions successives de production opérées par l'OPEP durant l'année 1999, le fait que la discipline au sein de cette organisation ait été respectée, nul ne voulant se retrouver dans la difficile situation résultant de la chute des prix au niveau de 10 $/bl, l'attitude du Mexique gros fournisseur des États-Unis concourant à la stratégie de l'OPEP, tout cela devait permettre aux prix de passer le cap de l'an 2000 au niveau des 25 $/bl dans la partie centrale de la fourchette 22-28 $/bl, ce que souhaitaient la plupart des grands pays producteurs. Cette hausse amorcée au début de 1999 s'est donc poursuivie sur toute l'année 2000, à l'exception du mois de décembre, lequel a vu les prix revenir assez brutalement au-dessous de 28 $/bl (*figure 2*).

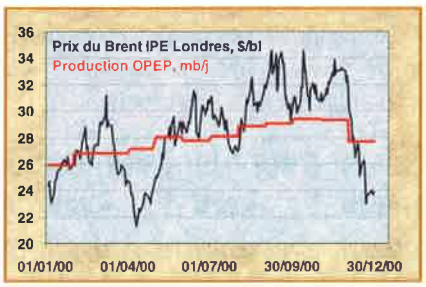


Figure 2 - Prix du Brent à Londres et production de l'OPEP
(source : IPE Londres).

Notons au passage que ces prix ont eu le bon goût de ne pas trop contredire les prévisions que nous formulions l'an dernier lors de Panorama 2000. Nous pronostiquions un prix moyen au niveau de 25 $/bl avec des pointes ponctuelles au-dessus de 30 $/bl. Le prix moyen pour l'année 2000 aura été de 28 $/bl et se sera maintenu au-dessus de 30 $/bl durant 86 jours sur 240 jours de cotation.

Dans le détail, comment les choses se sont-elles passées ?

Poussé par une demande soutenue, liée à la forte croissance américaine et au retour de la zone Asie, le prix du pétrole est passé de 24 $/bl au début de janvier à plus de 30 $/bl début mars. Face à cette envolée, l'OPEP décide fin mars d'augmenter sa production de 1,7 millions de bl/j. Les prix qui avaient déjà franchi la barre des 28 $/bl à la baisse sur le simple effet d'annonce de la réunion de Vienne, venaient toucher les 22 $/bl au début du mois d'avril. Mais la production réelle de l'OPEP n'augmentant en fait qu'au plus de 1,3 million de bl/j, ils reprennent très vite leur course ascendante.

A partir du mois de juin, un facteur nouveau intervient : une tension sur les produits raffinés, tension due aux décisions prises par certains états américains de modifier leur législation sur les essences en vue d'augmenter la protection de l'environnement. Cette tension se traduit par une augmentation des prix des essences et du gazole, augmentation supérieure à celle induite par l'augmentation des prix du brut.

Alors que le ratio prix du gazole/prix du brut devrait rester à peu près constant lorsque ce dernier augmente, on voit qu'il augmente fortement à partir du début du mois de juin (*figure 3*). Cette augmentation du ratio traduit une augmentation de ce que l'on peut appeler la marge globale des raffineurs.

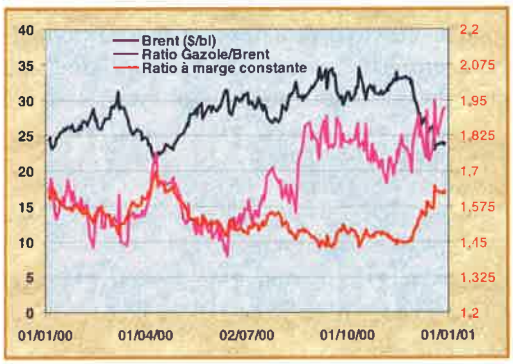


Figure 3 - Brent et ratio Gazole/Brent à Londres
(source : IPE Londres).

En effet, si l'on recalcule le ratio théorique en supposant cette marge globale constante (sur la base des valeurs moyennes de janvier), on voit que le ratio théorique et le ratio réel sont parfaitement en ligne jusqu'à la fin du mois de juin, puis qu'ils divergent fortement à partir de cette date. En revanche, à partir de fin novembre 2000, les évolutions redeviennent parallèles, dénotant une stabilisation des marges de raffinage, stabilisation marquant la fin probable de la crise.

A partir du mois de juin, il y a donc bien eu une tension sur les prix des produits raffinés, tension provoquée par la tension sur les essences reformulées, laquelle par contrecoup engendrera une tension sur le gazole de chauffage. En effet, les

raffineurs ont consacré leur activité estivale à produire des essences, compte tenu de la faiblesse des stocks, ceci au détriment du gazole, alors que cette saison est généralement celle de la constitution des stocks de produits destinés au chauffage en vue de l'hiver. Ce qui explique également la tension sur les bruts légers, fortement demandés à cette époque par les raffineurs.

Dans le courant de l'été, l'effet des prix élevés des produits raffinés s'est fait sentir au niveau des consommateurs surtout auprès de ceux qui, en Europe particulièrement, bénéficient d'une détaxe (marins-pêcheurs, agriculteurs, transporteurs), le prélèvement de l'État ne venant pas jouer son rôle d'amortisseur.

En fait, le consommateur détaxé a pris de plein fouet l'effet de trois facteurs de hausse : la hausse du brut, la hausse du dollar par rapport à l'euro et le retour à des marges de raffinage plus normales.

Si l'on calcule le prix du brut apparent pour ce consommateur, c'est-à-dire sur la base du taux de change fixe observé en début d'année et d'une marge de raffinage constante elle aussi égale à celle du début de l'année, on voit que le consommateur paye un prix apparent de plus de 40 $/bl pour un prix réel voisin de 32 $/bl.

Les courbes de la *figure 4* montrent clairement deux décrochages : l'un de l'euro par rapport au dollar début avril, l'autre des marges de raffinage en juin. A voir ces évolutions, on comprend mieux les mouvements sociaux des consommateurs : le gazole qu'ils payaient sur la base d'un brut à 25 $/bl au début de l'année, ils le payaient en fait sur une base de 45 $/bl à la fin de l'été, toutes choses égales par ailleurs.

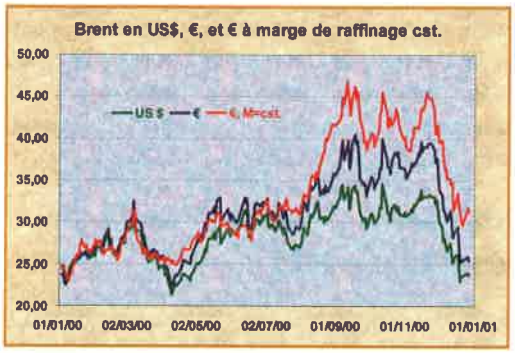


Figure 4 - Brent en dollars et en euros (source : IPE, IFP).

Notons que cette augmentation des marges de raffinage n'a rien de scandaleux. Celles-ci se maintenaient depuis plusieurs années à des niveaux trop bas pour permettre la réalisation des investissements requis par la demande du consommateur en produits de qualité.

A cette époque de l'année, les raffineurs confrontés à la faiblesse de leurs stocks en produits légers sont à la recherche de bruts légers (Mer du Nord, Sahara, etc). Or dans la zone OPEP, et plus particulièrement en Arabie Saoudite, s'il y a bien un excédent de capacité de production, cet excédent, malheureusement, est essentiellement en bruts lourds soufrés, des qualités que les raffineurs occidentaux ne veulent pas traiter.

Il faudra attendre que les raffineurs d'Asie du Sud-Est et en particulier du sous-continent Indien, achètent ces qualités de brut au cours de l'automne et exportent le gazole produit avec ces bruts vers les États-Unis, pour voir les premiers effets de la mise en œuvre de ces capacités excédentaires sur les prix.

Ce problème de la qualité des bruts mis sur le marché est également apparu lors de l'ouverture des stocks stratégiques aux États-Unis. Les raffineurs du Golfe du Mexique ont été peu enclins à acheter ces bruts qui, pour des quantités importantes, n'ont en fait pas trouvé d'acheteur sérieux. L'impact de leur mise sur le marché aura été finalement assez faible.

Il y a là un point à retenir : l'utilisation des stocks stratégiques, hors période de crise sérieuse, dans le seul but de réguler le marché peut s'avérer d'une efficacité douteuse. Il est évident que la décision politique d'utiliser ces stocks, comme celle de modifier la structure des taxes, doit obéir à des contraintes d'urgence stratégique majeures et non à des considérations relevant du calendrier électoral.

Un autre facteur de l'accélération de la hausse des prix a été l'augmentation des taux de fret. Alors que fin 99 ces taux étaient tous inférieurs à 20 000 $/j, ils se sont mis à grimper dès le printemps 2000 pour atteindre jusqu'à 80 000 $/j à l'automne (Ras Tanura-Yokohama 250 000 T). Certes le coût du transport demeure marginal, puisque même avec ces taux élevés le coût reste de l'ordre de 2 $/bl, mais cette hausse traduit en fait un certain manque de capacité de transport dont l'effet sur les prix du brut est probablement plus ample que son simple impact sur le prix du transport.

On notera également le rapprochement des prix en euro et en dollar à la fin de l'année compte tenu de la meilleure tenue de la monnaie européenne.

La crise donc n'étant pas liée à l'approvisionnement en brut, on comprend mieux pourquoi la décision de l'OPEP d'augmenter sa production en octobre restera pratiquement sans effet. Il faudra attendre décembre, avec un certain soulagement des tensions sur le gazole de chauffage, pour les raisons vues plus haut, ainsi qu'une météorologie assez clémente, pour que les stocks se reconstituent et que s'amorce un début de retournement de la tendance haussière.

A ces facteurs directement liés à la production et au raffinage du pétrole, est venu s'ajouter durant l'année un certain nombre de **facteurs exogènes** dont les trois principaux ont été :

- la crise israélo-palestinienne, qui à la mi-octobre provoquera une hausse soudaine de plus de 4 $/bl,
- les incertitudes pesant sur le résultat des élections américaines,
- les difficiles négociations périodiques entre l'Irak et les Nations-Unis en vue du renouvellement de l'accord « pétrole contre nourriture ».

Avant de nous pencher sur ce qu'il est possible de prévoir pour les mois qui viennent, voyons tout d'abord quel aura été l'**effet de ces prix élevés sur l'économie des pays consommateurs**.

Comme nous le soulignions l'an dernier, les deux « marqueurs » de l'effet des prix du brut sont l'inflation et la croissance.

Si l'on compare pour la France les chiffres de l'inflation brute et ceux de l'inflation sous-jacente (hors énergie, tabac et alcool), on voit que l'augmentation du prix du brut a incontestablement provoqué une hausse de l'inflation en 2000 mais que cette hausse est restée très modérée (*figure 5*).

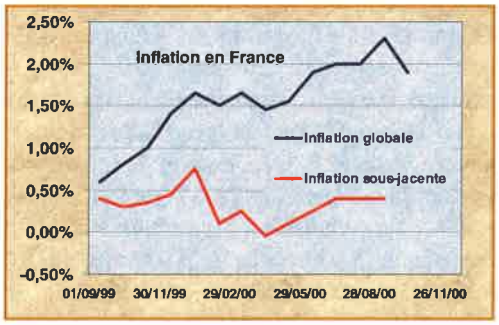


Figure 5 - Inflation en France (source : Observateur de l'Expansion).

L'augmentation des prix du pétrole aurait provoqué une surinflation un peu supérieure à 1 %.

Le montant de la facture pétrolière est passé au-dessus de 1 % du PIB (*figure 6*). Au plus bas, le montant de la facture était en 1998 de l'ordre de 0,6 % du PIB. Il faut noter qu'une partie non négligeable de la hausse de cette facture est due à la baisse substantielle de l'euro par rapport au dollar.

Sur la croissance, l'effet de cette hausse du prix du pétrole est difficile à déterminer sans passer par des modèles macro-économiques, en raison des impacts multiples. Au niveau mondial, les experts estiment en général l'impact négatif de cette hausse à environ 0,7 %. Pour la France, moins dépendante du pétrole que la plupart des nations industrialisées, cet impact négatif pourrait être inférieur à 0,5 %.

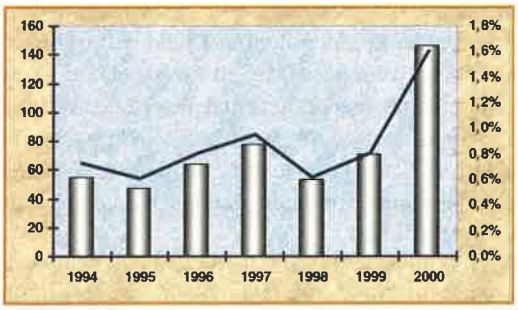


Figure 6 - Facture pétrolière de la France, GF et % du PIB (source : Observatoire de l'énergie).

Sur la balance du commerce extérieur, l'augmentation du prix du brut ainsi que la chute de l'euro auront pesé lourdement (*figure 7*).

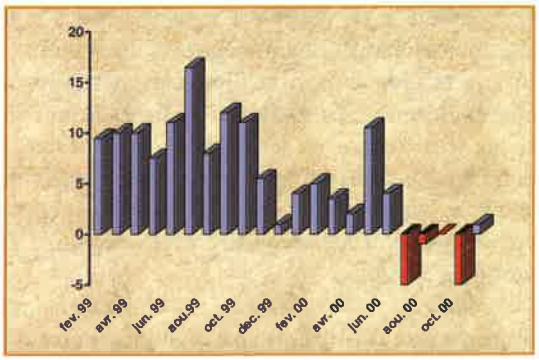


Figure 7 - Solde du commerce extérieur de la France corrigé des variations saisonnières, en GF (source : Douanes).

Alors que le solde annuel du commerce extérieur était en 1999 de 112 GF, ce solde était en octobre 2000 de 18 GF. Mais l'augmentation de la facture pétrolière n'explique pas tout. Les autres importations ont été également en hausse en raison de la poussée des investissements des entreprises et de l'augmentation de la consommation des ménages en octobre. Est aussi en cause une certaine stagnation des exportations françaises depuis le mois de mai 2000.

Que peut-on espérer, ou craindre, pour l'année 2001 ?

Avant toute chose redisons-le au risque de nous répéter, les prévisions sur le prix du pétrole sont très aléatoires en raison de l'impact sur ces prix de phénomènes exogènes totalement imprédictibles. Ceci parce qu'ils sont liés à des phénomènes eux-mêmes imprédictibles (accidents, aléas climatiques) ou parce qu'ils relèvent de la sphère politique ou géopolitique, sphère au sein de laquelle les acteurs n'agissent pas toujours de manière raisonnée et donc prédictible.

Si dans un premier temps nous ne tenons pas compte des phénomènes exogènes, il apparaît que **deux facteurs principaux vont influencer l'évolution des prix en 2001 : l'équilibre de l'offre et de la demande**, et **l'évolution des stocks**, ces deux facteurs étant liés bien évidemment.

Si tout le monde, pays producteurs, pays consommateurs, compagnies pétrolières grandes ou petites, souhaite des prix stables ou tout au moins en évolution douce, nombre d'experts s'accordent pour dire qu'une stabilité complète des prix qui résulterait d'un équilibre maintenu entre l'offre et la demande, est en fait un objectif difficilement accessible. Tout au plus, dans les conditions actuelles de fonctionnement du marché, peut-on espérer atteindre une situation que nous qualifiions l'an dernier de macrostable mais micro-instable, c'est-à-dire un maintien des prix dans une bande de fluctuation assez large, 22-28 $/bl pour citer les chiffres généralement admis.

Il y a plusieurs raisons à cela. La première est que compte tenu du coût des stocks, coût accentué par la volatilité des prix, les entreprises pétrolières travaillent de plus en plus à flux tendus. Le serpent se mord la queue, car cette manière de procéder engendre elle-même l'instabilité des prix et augmente donc le risque contre lequel on souhaite se prémunir. La deuxième est que les réponses aux évolutions de prix sont empreintes d'une grande inertie, alors que les réactions du marché sont immédiates. Illustrons ce fait par un exemple simple. Face à la montée des prix en mars 2000, l'OPEP décide d'augmenter sa production de près de 1,7 Mbl/j. Pour que cette décision soit prise, il aura fallu attendre plusieurs semaines que les pays producteurs se mettent d'accord et se retrouvent à Vienne pour entériner cet accord. Le marché réagira immédiatement à cette annonce par une baisse quasi immédiate de près de 5 $/bl. Mais comme les premiers effets de cette hausse de la production n'atteindront les raffineries des consommateurs que quelques 60 jours plus tard, c'est-à-dire début juin, les prix ont très vite repris leur ascension. Alors que le marché réagit dans l'instant même, il faut à l'offre des semaines pour effectuer son ajustement.

Et encore nous avons admis que les pays producteurs disposaient d'une capacité instantanée de production, soit par des stocks flottants ou à terre dans leurs terminaux de chargement, soit par une capacité directe au niveau des gisements. S'ils devaient ajuster ces capacités par développement de nouvelles réserves, le délai de réaction se mesurerait alors en mois, si ce n'est en années.

Au niveau de la demande, une des causes de l'instabilité est son caractère saisonnier. En effet, la demande de produits et par voie de conséquence de brut, après effet de stock, est très saisonnière et ce de manière différente selon les produits. On circule plus en voiture en été qu'en hiver et l'on se chauffe plus en hiver qu'en été. Comme de plus la très grande majorité des consommateurs se trouve dans l'hémisphère nord, le caractère saisonnier de la demande en est accentué. A cela ajoutons que si l'automobiliste remplit son réservoir en moyenne deux fois par mois, le consommateur de gazole de chauffage, lui, remplit sa cuve deux fois par an. Cette variation annuelle de la demande au niveau des produits entraîne une variation au niveau de la qualité de la demande de brut – bruts légers non soufrés pour la production de carburant, bruts pouvant être plus lourds pour les produits de chauffage.

D'ailleurs, plus les exigences liées à la protection de l'environnement se feront fortes, plus les produits devront évoluer en qualité, et plus les contraintes sur les qualités de brut seront élevées. L'impact sur la stabilité des prix peut être considérable ainsi que l'a montré l'année 2000.

Cela dit, face à ces facteurs d'instabilité, quels sont les **points d'ancrage permettant d'espérer une certaine stabilisation des prix** ? Ils sont heureusement assez nombreux.

Tout d'abord, **une croissance modérée de la demande pour la période 2001-2002 paraît le scénario le plus probable**. Essentiellement parce que des prix élevés du brut sont porteurs, à terme, d'une modération de cette demande.

A cet égard, les prévisions de croissance de la demande publiée par l'AIE de 2,5 % en 2001 sont peut-être quelque peu surévaluées, sauf si une politique de restockage important s'amorçait au sein de l'OCDE (*figure 8*).

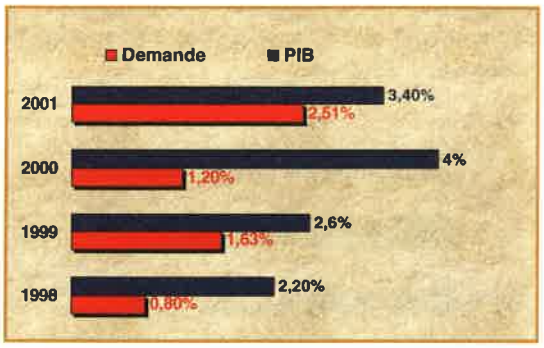


Figure 8 - Croissance de la demande mondiale et du PIB (source : AIE).

Certes l'élasticité de cette demande au prix est faible, mais on a bien vu durant l'été 2000 que le seuil d'acceptabilité avait été franchi. Les

consommateurs ont un peu changé leurs habitudes (tout au moins pour quelques mois), les gouvernements ont relancé les politiques d'économie d'énergie et par-dessus tout cela, l'inflation a fait un retour sensible et la croissance a freiné, ceci surtout dans les pays en voie de développement. Il est certain qu'un « atterrissage » de la croissance américaine au premier trimestre de 2001, joint à un hiver modérément froid, devrait détendre la demande. Les premiers mois de la présidence Bush, si la météorologie se met de la partie, pourraient s'avérer cruciaux. Un deuxième point d'ancrage de la stabilité est la **cohésion de l'OPEP** et le **respect par ses membres d'une politique commune de quota**. A cet égard, le respect de cette politique en 1998/1999 a été pour l'organisation un succès majeur. L'objectif du rétablissement des prix du brut a été atteint. Si l'OPEP dans les mois qui viennent fait preuve de la même réussite dans la maîtrise des prix et arrive à maintenir ceux-ci dans la bande des 22-28 $/bl, nous tiendrons là un événement politiquement et économiquement considérable, évènement que nous n'hésiterons pas à comparer à l'accord d'Achnacarry de 1928, lequel avait engendré la stabilité des prix pendant plus de quarante ans.

Dernier élément de stabilisation que nous retiendrons, l'**impact des investissements** en exploration-production dans la zone non-OPEP.

Les importants investissements de 1997 et 1998 devraient commencer à porter leurs fruits (*figure 9*). La production non-OPEP, qui stagnait depuis plusieurs années devrait reprendre sa croissance. Déjà l'an dernier nous notions les effets positifs des développements en mer profonde dans le Golfe du Mexique. 2001 devrait voir la mise en production des premiers gisements géants découverts par grande profondeur en Afrique de l'Ouest. Cette augmentation de la capacité de production hors OPEP est incontestablement un facteur de stabilisation, dans la mesure où elle redonne à cette organisation des marges de manœuvre.

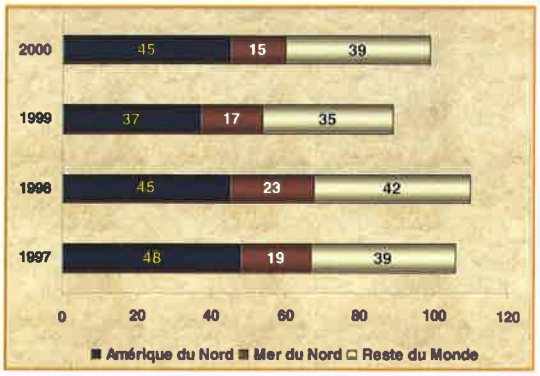


Figure 9 - Investissements, en G$ (source : IFP).

Car c'est là un des points noirs du dispositif. **La plupart des pays de l'OPEP, à l'exception de l'Arabie Saoudite et des Émirats, sont aujourd'hui en limite de capacité, le cas de l'Irak étant mis à part** (*figure 10*).

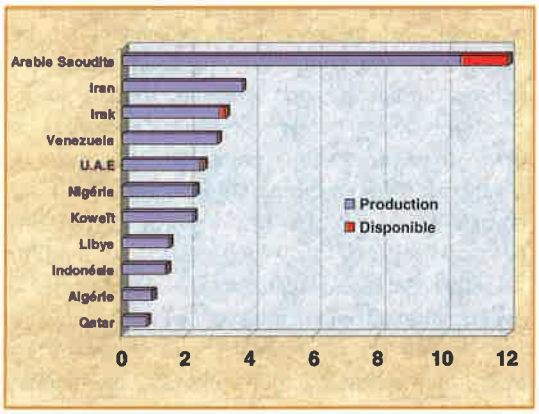


Figure 10 - Production et capacité disponible OPEP, mbl/j (source : AIE 12/2000).

Cette capacité résiduelle de production était en novembre 2000 de 2,2 mbl/j soit 7 % de la capacité totale de l'OPEP et elle était concentrée à 78 % en Arabie Saoudite. De plus, il faut bien voir que la capacité résiduelle de ce pays est constituée pour l'essentiel de production de pétrole lourd et soufré (Safanyia), qualité que les raffineurs occidentaux n'apprécient que très peu, compte tenu des contraintes environnementales qui pèsent sur leurs produits.

C'est cette situation de mise en butée qui nous faisait craindre il y a un an un choc pour 2002. Faut-il aujourd'hui maintenir cette prédiction, ou bien le choc anticipé de 2000 nous évitera-t-il celui de 2002 ? Notons tout d'abord que si nous situions l'origine du choc possible de 2002 dans un manque de capacité de production de brut, l'origine de la crise de 2000 se trouve dans un manque de capacité de fourniture de produits raffinés (essences reformulées aux États-Unis), lequel a entraîné par contrecoup une hausse des prix du brut selon un mécanisme que nous avons vu plus haut. Or, cette augmentation forte des prix du brut pourrait avoir deux conséquences favorables : 1- une réduction de la demande par effet d'élasticité des prix et de réduction de la croissance, 2- une augmentation des moyens financiers des pays producteurs de l'OPEP susceptible de nourrir des investissements en nouvelles capacités de production. Au total, si les pays fortement producteurs dirigent bien une partie importante de leurs surplus financiers engendrés par la forte remontée des prix du brut durant l'été 2000 vers des investissements en capacité de production, si le problème irakien peut voir sa solution, les

mâchoires du crocodile s'ouvriront et s'éloignera de notre horizon la crise que nous envisagions pour 2002.

La **variation des stocks** est, disions-nous plus haut, le deuxième paramètre important qui va peser sur l'évolution des prix en 2001.
En ce qui concerne les stocks, nous entrons dans un sujet délicat, car l'incertitude est la marque de la plupart des chiffres publiés. La preuve en est que ceux-ci sont périodiquement révisés. Toutefois, on ne saurait jeter la pierre aux organismes qui prennent le risque de diffuser des chiffres à ce sujet ; ils rendent un grand service à ceux qui s'efforcent de comprendre les mécanismes d'un marché complexe.
L'évolution des stocks connus de l'OCDE telle que reportée par l'AIE, montre que le stock moyen (de janvier à janvier) a progressé de 2 jours de consommation en 1997, est resté stable à 57 jours en 1998, pour diminuer de près de 5 jours à 52 jours en 2000 (*figure 11*). Pour cette dernière année, on peut estimer la variation des stocks à environ 1 jour de consommation.

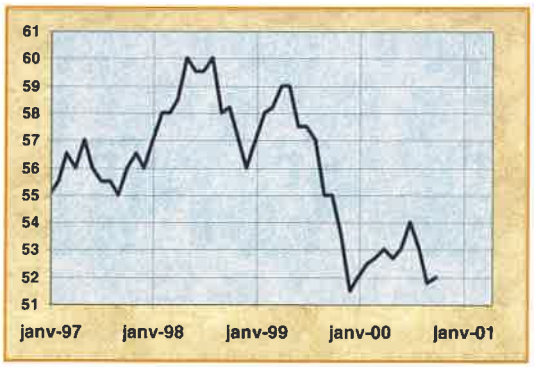


Figure 11 - Stocks OCDE en jours de consommation moyenne (source : AIE).

Ceci est encore plus net sur l'évolution de la différence entre demande et fourniture, telles qu'évaluées par l'AIE (*figure 12*).
Ces courbes montrent bien un surplus de fourniture en 1998 et un certain déficit en 1999. En 2000, à compter du printemps, il semble bien que l'on soit passé en phase de restockage à un rythme important de l'ordre de 1,8 mbl/j. Toutefois, ce restockage n'apparaît pas dans les stocks déclarés de l'OCDE. En effet, sur la base des chiffres de l'AIE des trois premiers trimestres de 2000, on peut estimer le gain en 2000 à 1 jour de demande alors que la différence cumulée sur l'année entre demande et fourniture correspond à environ 7,5 jours de demande. Notons qu'en 1998 une différence à peu près équivalente avait été observée.
Où sont les barils manquants ? D'abord, tous ne manquent pas car tous n'existent pas. Une fraction

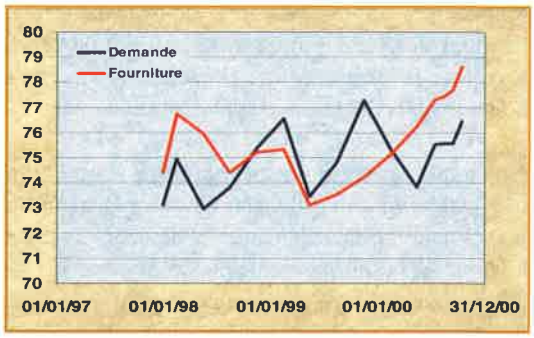


Figure 12 - Demande et fourniture de pétrole brut (source : AIE).

non négligeable correspond aux erreurs matérielles dans les statistiques. Un jour de production d'erreur correspond sur l'année à une erreur de 0,3 %. Pour le reste, les experts avancent trois causes principales :

- Un surstockage momentané des productions de pétrole lourd soufré de l'Arabie Saoudite dans le sous-continent Indien et en Chine, pays où les raffineurs acceptent de traiter ces qualités.
- Comme en 1998, une augmentation très nette des stocks en attente de chargement, quantités vendues mais non chargées, compte tenu d'un certain manque de tankers pour des voyages en direction de l'Occident.
- Une augmentation des stocks OPEP réputés produits mais non vendus et en attente d'acheteurs dans les terminaux au Moyen-Orient, dans des stockages intermédiaires sur le chemin vers les marchés (Afrique du Sud) ou même au niveau des marchés. Rappelons que l'Iran dispose de capacités de stockage dans la zone ARA et à Antifer et l'Arabie Saoudite dans la zone Caraïbes. Ces stocks permettent aux pays producteurs de l'OPEP de continuer à vendre des volumes constants tout en respectant les quotas au niveau de la production des gisements, au cas où ces quotas viendraient à baisser.

Sur ce dernier point, il faut bien voir que si l'OPEP décidait d'appuyer sur le frein au début de 2001 afin de stabiliser les prix aux environs de 25 $/bl, une mise sur le marché de ces stocks « cachés » aurait pour effet de rendre le terrain glissant et le freinage inopérant, tout au moins pendant un certain temps.

En résumé, à ne considérer donc que les facteurs endogènes, les raisons d'entrevoir une certaine stabilité des prix dans la bande 22-28 $/bl sont plus nombreuses que les craintes de voir les prix crever le plafond à la hausse. Toutefois, la question des stocks pourrait entraîner une chute momentanée des prix sous le plancher à la fin de l'hiver 2001, si les conditions météorologiques restent douces. A plus

long terme, cette stabilisation pourrait perdurer si les pays de l'OPEP profitent du niveau actuel des prix pour investir dans des capacités de production nouvelles. Ils disposent des réserves pour cela.

En ce qui concerne les compagnies, il est évident que cette évolution des prix du pétrole a entraîné une amélioration substantielle de leurs résultats. Comme le faisait pressentir la fin de l'année 1999, **2000 pourrait être une année record**. Les investisseurs ne s'y sont pas trompés, alors que de janvier 2000 à janvier 2001 le CAC 40 à Paris restait pratiquement stable, la valeur pétrolière phare, Total, gagnait 20 % et les valeurs du parapétrolier entre 35 et 90 % (*figure 13*).

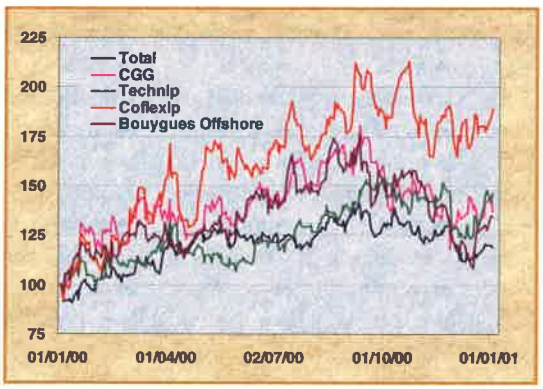


Figure 13 - Évolution du cours des valeurs pétrolières et parapétrolières à la bourse de Paris.

Cependant, malgré un niveau élevé des prix, les compagnies pétrolières et spécialement les plus grandes n'ont pas substantiellement augmenté leurs budgets en exploration-production comme on l'a vu ci-dessus. Les dépenses en vue de découvrir de nouvelles réserves ou d'en mettre en production sont restées inférieures à 100 G$ au niveau mondial, en-dessous des montants investis en 1997 et 1998, malgré des prix bien supérieurs à ceux de cette période. En fait, les compagnies ont été influencées par deux facteurs : 1- un certain manque de confiance dans la hausse des cours et dans la capacité de l'OPEP à les maintenir dans la bande de variation de 22-28 $/bl (certaines compagnies et non des moindres, comme Shell, ont continué à évaluer leurs projets sur la base d'un baril à 16 $), 2- trois des quatre plus grandes, ExxonMobil, BP et TotalFinaElf, étaient en 2000 dans un processus de consolidation suite à d'énormes opérations de fusion-acquisition. La hausse des prix du brut a été pain bénit pour ces compagnies qui ont été dans une situation économique et financière idéale pour digérer ces opérations. Les budgets annoncés pour 2001 sont d'ailleurs en augmentation notable par rapport à 2000 surtout chez ceux qui avaient le plus réduit leur effort (*tableau I*).

Tableau I - Budgets annoncés pour 2001 par les compagnies pétrolières
(source : Salomon-Smith-Barney).

	Budget estimé 2001 (G$)	Croissance 2001/2000
ExxonMobil	7,9	+ 11 %
Royal Dutch Shell	6,1	+ 33 %
BP	8,0	+ 17 %
TotalFinaElf	5,7	0 %
Chevron	3,6	+ 15 %
Texaco	3,0	0 %

Nul doute que les sociétés de service du parapétrolier, surtout celles situées en amont de l'activité pétrolière, ne profitent de ces augmentations substantielles de dépenses, si elles se confirment.
Les tensions de l'été 2000 sur les produits raffinés ont permis à **l'activité de raffinage** de retrouver un taux de rentabilité plus correct grâce à la remontée des marges (*figure 14*).

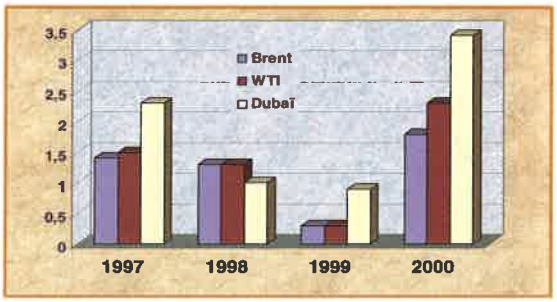


Figure 14 - Évolution des marges de raffinage, en $/bl (source AIE).

Entre 1999 – année où les marges avaient atteint un niveau peu supportable et ce malgré la remontée des cours du brut – et 2000, ces marges auront été multipliées par un facteur variant de 4 à 6 selon les régions.
A cela plusieurs raisons. En 1999, la faiblesse des marges avait ralenti l'activité et en particulier l'approvisionnement des stocks d'essences aux États-Unis, d'autant plus que de nouvelles spécifications étaient attendues. Cette faiblesse des stocks d'essence a retardé le passage à la fabrication du fuel domestique, d'où des tensions sur les prix de ce type de produit. Le taux d'utilisation des raffineries a augmenté, améliorant les conditions économiques de fonctionnement.
Ce retour de l'industrie du raffinage à des marges plus correctes est le bienvenu. Bien que tous les grands pétroliers soient verticalement intégrés et que la bonne santé du secteur amont ait, dans le

passé, bien souvent compensé les difficultés de l'aval, la situation n'était pas saine. Ce retour à des taux de rentabilité plus satisfaisants va permettre de réaliser les investissements nécessaires afin d'adapter l'outil de raffinage au **durcissement des normes à venir pour les carburants**.
En particulier, cette amélioration des résultats devrait faciliter les investissements requis pour satisfaire aux normes des programmes Auto-Oil 1 et 2, investissements estimés entre 20 et 25 G$ sur la période 2000-2005.

En résumé, pour l'Europe tout au moins, la situation paraît favorable : des prix du pétrole macrostables, une croissance douce mais robuste, un euro voguant vers la parité avec le dollar, l'hydre de l'inflation maîtrisée, des taux d'intérêt faibles, un chômage en décrue, **sommes-nous à l'aube de l'âge d'or ?** Comme le disait un journaliste américain en ce tout début d'année 2001 : « *Dieu existe je l'ai rencontré, il s'appelle Alan Greenspan !* ». **Hélas, ce serait compter sans les facteurs exogènes à l'économie.**
De tous ces facteurs, les plus dangereux pour la stabilité des prix du pétrole sont sans conteste la crise israélo-palestinienne et la question de l'Irak. Sur ce dernier point, il est clair que tant que l'Irak ne sera pas réintégré dans la communauté économique mondiale, chaque phase de négociation de l'accord « pétrole contre nourriture » sera un facteur de déstabilisation des cours. Quant à la crise en Palestine, si ses effets sont restés en quelque sorte au niveau de l'écume des jours, c'est que les pays arabes producteurs ont eu la sagesse de ne pas utiliser l'arme à double tranchant du pétrole.
Mais cela ne doit pas pour autant nous faire oublier qu'une crise existe et que sa solution doit être trouvée.

Si les prix du pétrole ont connu une flambée en 2000, ceux du **gaz** n'ont pas échappé à la contagion (*figure 15*).

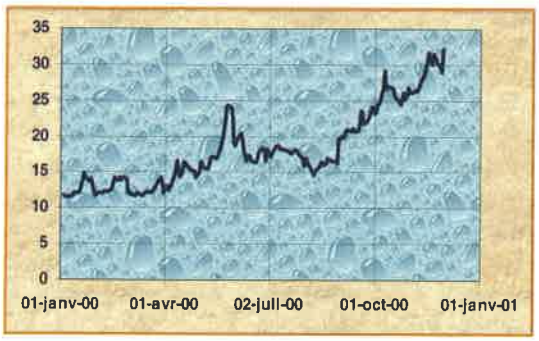


Figure 15 - Évolution du prix du gaz naturel à Londres, pc/thermie (source : IPE).

A Londres, le prix spot est passé de 11,6 pc/thermie en janvier 2000 à 31,7 pc/thermie fin novembre, soit une augmentation de près de 275 %.
De même, le prix spot du gaz aux États-Unis est passé de 2,5 $/mBtu à 5,2 $/mBtu à l'automne pour atteindre 8,4 $/mBtu à la fin de l'année.
La hausse, plus forte aux États-Unis qu'en Europe, 340 % contre 275 %, est due au fait qu'à l'effet d'entraînement des prix du pétrole, s'est superposé un effet de rareté, effet absent sur le marché londonien, l'essentiel de l'approvisionnement de l'Europe en gaz restant régi par des contrats à long terme.
Mais au niveau du consommateur, la hausse des prix a été plus faible, car les contrats d'approvisionnement à long terme ont tendance à lisser l'évolution des prix (*figure 16*). Notons qu'en France, la hausse a été modérée et le niveau des prix également, plaçant notre pays dans le groupe des pays grands producteurs de gaz naturel.

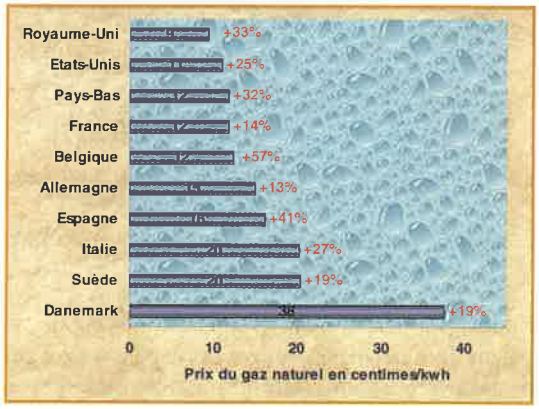


Figure 16 - Prix du gaz naturel en septembre 2000 dans les principaux pays industrialisés et augmentation par rapport à septembre 1999 (source : NUS).

Cette évolution illustre bien la **différence entre le marché du gaz et celui du pétrole** ainsi que l'effet des ouvertures différenciées des marchés nationaux à la concurrence. Il faut espérer que l'ouverture progressive de l'ensemble des marchés européens conduise à une certaine harmonisation des prix, et que ceux-ci baisseront à la plus grande satisfaction du consommateur. Une des principales questions posées par le marché du gaz en Europe, est le couplage des prix avec ceux du pétrole. Dans l'état actuel du marché, rien ne justifie un couplage étroit. En effet, pourquoi une source d'énergie, en grande partie produite en Europe, aux utilisations différentes et n'empruntant pas les mêmes circuits de transport et de distribution, devrait-elle voir son prix conditionné par celui d'une autre matière première ? L'argument de substitution ne paraît plus tellement pertinent.

Chaque fois qu'une tension sur les prix des hydrocarbures apparaît, ressurgit **la question des réserves**. Il est vrai que cette question a été obsessionnelle pour nos générations issues de l'aventure saharienne.
Les générations qui depuis près de cinquante ans se sont succédées pour vivre l'aventure pétrolière peuvent quitter l'industrie la tête haute. Elles ont avec succès relevé le défi. Les réserves pétrolières qui au milieu du siècle étaient inférieures à 100 Gbl atteignent à l'aube du nouveau millénaire 1 000 Gbl, soit près de 40 années de consommation au rythme actuel (*figure 17*). Ce chiffre de 1 000 Gbl a été atteint en 1990 et est en légère augmentation depuis cinq ans.

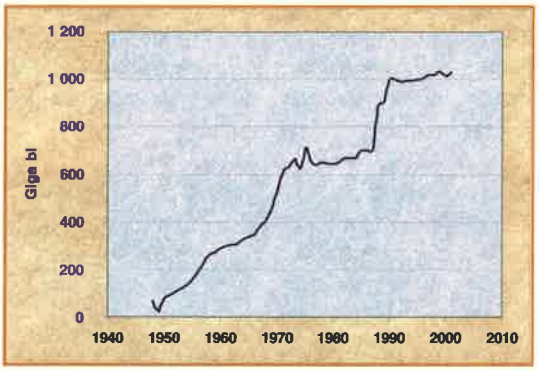


Figure 17 - Évolution des réserves de pétrole brut (source : *Oil & Gas Journal*).

En fait, ces chiffres sont quelque peu trompeurs. La valeur de 40 années est une moyenne obtenue à partir de deux populations très différentes : les réserves des pays de l'OPEP qui ont une durée de vie élevée et qui représentent environ 80 % des réserves totales, et les réserves des compagnies pétrolières qui ont une durée de vie courte de l'ordre de 12 ans.
Depuis 1992, globalement, l'accroissement des réserves de l'OPEP a été de l'ordre de 45 Gbl alors que la zone non-OPEP a perdu de l'ordre de 8 Gbl. Ces chiffres qui traduisent une certaine augmentation de la dépendance vis-à-vis des réserves de l'OPEP ne sont cependant pas inquiétants. Car en fait, grâce au progrès considérable de la technologie, en particulier ces vingt dernières années, la zone non-OPEP dispose d'un potentiel important de ressources qu'elle pourrait explorer et mettre en production si le besoin s'en faisait sentir. Ce même progrès de la technologie permet aujourd'hui de remplacer les notions traditionnelles de pétrole conventionnel et non conventionnel par un continuum technico-économique. **La limite entre pétrole exploitable ou non est essentiellement économique et il s'agit d'une limite dynamique qui ne cesse d'évoluer à la baisse en fonction du progrès technique.**

En résumé donc, que ce soit pour le pétrole brut ou pour le gaz, dont nous n'avons pas parlé, mais pour lequel les chiffres sont encore plus favorables et bien connus de tous, la question des réserves et de leur épuisement ne semble pas d'actualité. A la condition toutefois que **l'effort de recherche et de développement ainsi que d'innovation** ne soient pas relâchés, afin que ne s'éloigne pas de notre horizon le potentiel énorme de réserves que constituent aussi bien l'offshore profond que les pétroles lourds, ou l'amélioration des taux de récupération. Ressources auxquelles il est possible aujourd'hui d'ajouter la conversion en liquide du gaz.

Si la contrainte de réserves qui pèse sur notre approvisionnement en hydrocarbures, et nous le disions déjà l'an dernier, ne paraît pas devoir poser de problèmes insurmontables dans les décennies à venir, qu'en est-il de **l'impact de la consommation d'hydrocarbures sur notre environnement** ?
Disons-le de suite, nous considérons que lever cette nouvelle contrainte constitue le **principal enjeu énergétique pour les années à venir**. Un enjeu de même envergure que celui du renouvellement des réserves et qui devra vraisemblablement être affronté avec les mêmes moyens, ceux de la science et de la technologie. En d'autres termes, tous les efforts consentis pour s'assurer des décennies de réserves pourraient s'avérer vains si les hydrocarbures devaient faire l'objet d'un rejet de la part des consommateurs en raison de leur impact sur l'environnement.
Quel est cet enjeu tout d'abord ? On peut le schématiser ainsi : il faut briser la chaîne qui conduit de la consommation des hydrocarbures aux désordres climatiques via l'augmentation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère et l'effet de serre.
Première question, cette chaîne est-elle réelle, c'est-à-dire quelle est la solidité de chaque maillon ? Nous n'avons pas la prétention d'apporter des réponses définitives à cette question, nous essayerons simplement de regrouper les données qui nous paraissent les plus pertinentes.
Passons rapidement sur le premier maillon ; que la combustion des hydrocarbures produise du CO_2 est une vérité d'évidence. Deuxième maillon, la combustion des hydrocarbures augmente la teneur en CO_2 de l'atmosphère. Ceci en fait se décompose en deux questions : 1- note-t-on une augmentation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère ? 2- dans quelle mesure la combustion des hydrocarbures contribue-t-elle à cette augmentation ?
La *figure 18* donne les résultats des mesures de la teneur en CO_2 de l'atmosphère à Hawaï.

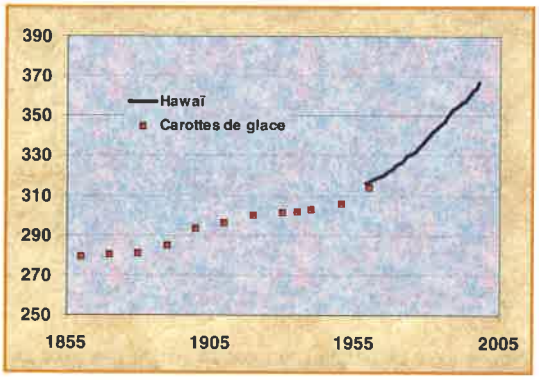


Figure 18 - Teneur en CO_2 de l'atmosphère, ppm (source : CDIAC).

Ce qui frappe dans cette évolution, c'est non seulement le niveau auquel elle se situe, mais également sa régularité.
Il faut regarder cette courbe en même temps que celle de la *figure 19* qui donne une vision plus lointaine de l'évolution de la teneur en CO_2.

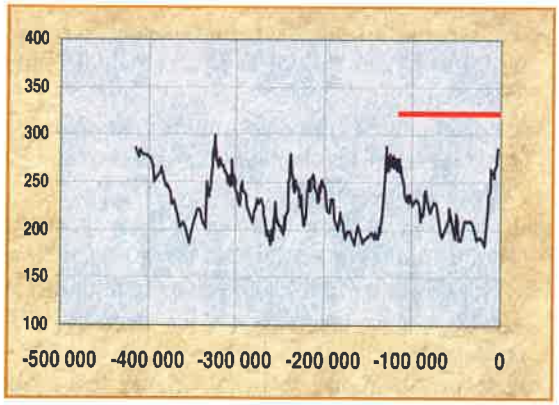


Figure 19 - Teneur historique en CO_2 de l'atmosphère, ppm. Carottes glaciaires de Vostock Antarctique (source : CDIAC).

On voit qu'en 1860, la valeur de 280 ppm n'était pas extraordinaire, elle correspondait somme toute à la poursuite de la croissance observée depuis -20 000. Cette date marque le début d'un cycle de réchauffement (croissance de la teneur en CO_2), succédant à une période de refroidissement (baisse de la teneur en CO_2) portant sur quelques milliers d'années. Les fins de périodes de réchauffement sont toutes caractérisées par de fortes teneurs en CO_2 culminant à environ 300 ppm. De tels cycles – baisse régulière de la teneur en CO_2 sur plus de 100 000 ans suivis d'une augmentation rapide sur une quinzaine de milliers d'années – apparaissent régulièrement aussi loin que l'on remonte dans les mesures, soit sur plus de 400 000 ans.
Cependant, ainsi que nous le notions plus haut, à aucun moment il n'a été mesuré sur les carottes glaciaires anciennes de teneur en CO_2 supérieure à 300 ppm, limite dépassée sur les carottes récentes, et par les mesures effectuées à Hawaï au moyen d'analyseurs modernes depuis 1959. Bien sûr, on peut mettre en cause le pas de l'échantillonnage, qui pour ces carottes glaciaires varie entre 43 ans et 6 000 ans avec une valeur moyenne de près de 1 500 ans. Il est donc fort possible que des pics de teneur en CO_2 plus élevé que 300 ppm existent mais n'aient pas été mesurés.
Mais à en croire ces données, depuis 1950, nous avons dépassé la teneur en CO_2 que la nature semblait tenir depuis près de 400 000 ans comme indépassable.
La teneur en CO_2 de l'atmosphère augmente donc bien, elle a atteint des niveaux jamais observés dans le passé, et elle croît en s'accélérant.

Que l'utilisation des hydrocarbures libère du CO_2, nous l'avons dit, est une vérité d'évidence. Établir leur contribution dans l'accroissement de la teneur en CO_2 de l'atmosphère est moins facile.
L'ensemble de la planète – atmosphère, océans, biomasse, couches géologiques – est un énorme réservoir de carbone. La fraction mobile de ce carbone circule essentiellement sous forme de CO_2 (*tableau II*).

Tableau II - Teneurs en carbone (source : Laboratoire Météorologie dynamique).

	Carbone, Gt
Atmosphère	750
Océans	39 000
Sol superficiel	1 500
Biomasse	550
Couches géologiques	20 000 000

Les experts estiment que l'activité humaine a, depuis 1850, « largué » quelques 350 Gt de carbone dans l'atmosphère sous forme de 1 300 Gt de CO_2 (1 t de carbone donne 3,7 t de CO_2). Ce chiffre représente un peu moins de 50 % du volume contenu dans l'atmosphère.
Dans le même temps, la teneur en CO_2 de l'atmosphère est passée de 280 ppm à 370 ppm soit environ 32 % de plus, ce qui indiquerait qu'une partie de ce CO_2 résultant de l'activité humaine a été recyclée, soit par échange avec les océans, soit par la végétation.
Pour 1998, l'AIE évalue les quantités de CO_2 émises par l'activité humaine à 22 Gt, répartie selon les activités (*figure 20*).
La répartition par combustible montre que les hydrocarbures, pétrole et gaz, sont responsables de 62 % des émissions (1998) (*figure 21*).

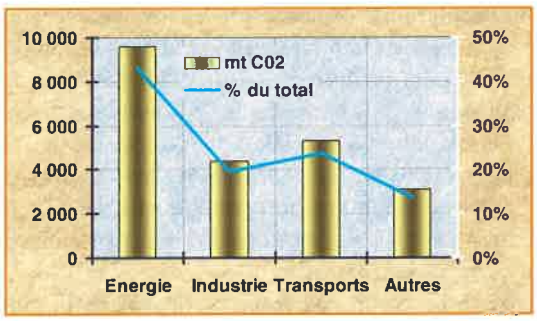


Figure 20 - Répartition de la production de CO_2 en mt (1998) (source : AIE).

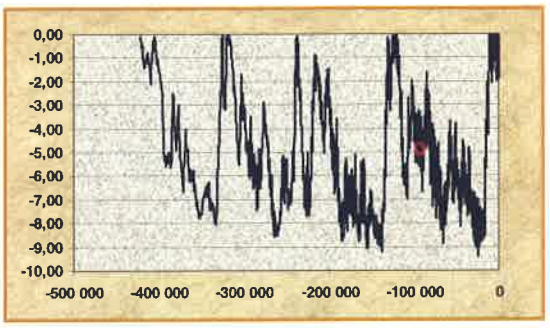


Figure 22 - Historique des variations de température. Carottes glaciaires de Vostock (source : CDIAC).

Il est donc indéniable que la consommation des hydrocarbures contribue substantiellement à l'augmentation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère.

L'effet de la teneur en CO_2 sur la température de l'atmosphère, autrement dit l'effet de serre, a été découvert par le physicien suédois Svante Arrhenius en 1896. Les mesures sur carottes glaciaires montrent bien une étroite corrélation entre teneur en CO_2 et variations de température.

Les mesures de température effectuées depuis 1860 montrent que pendant cette période, la température moyenne s'est élevée d'environ 0,6 °C, et ce essentiellement entre 1930 et nos jours, période durant laquelle la teneur en CO_2 moyenne de l'atmosphère est passée de 300 à 370 ppm (*figure 22*).

Il y a des dizaines de modèles mathématiques qui calculent l'effet de l'augmentation de la teneur en CO_2 sur la température moyenne de la planète et sur le climat. Ce n'est pas le lieu d'entrer dans le détail de ces calculs. Rappelons cependant quelques données de base.

L'augmentation de la température moyenne de l'atmosphère a pour effets principaux :

- d'accroître l'évaporation et donc les précipitations,
- d'augmenter l'instabilité de par le fait des différences de densité, différences résultant tout autant de la température elle-même que de la teneur en vapeur d'eau,
- de dilater la masse des océans.

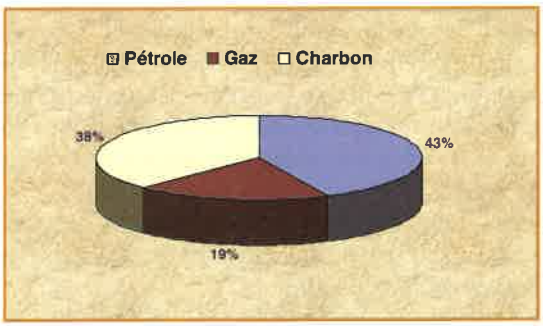


Figure 21 - Distribution des émissions de CO2 selon les combustibles (source : AIE).

La quantification de ces effets sur le climat à long terme est à l'évidence très difficile, et les réponses des modèles dépendent beaucoup des hypothèses plus ou moins vérifiables qui y sont introduites.

Quelques éléments statistiques (source : IPCC) sont cependant disponibles :

- La décennie 90 aura été la plus chaude du siècle, et l'année 1998 l'année la plus chaude de cette décennie.
- L'épaisseur de la glace en Arctique a diminué de 42 % pendant les dernières décennies (source : Worldwatch Institute).
- L'élévation du niveau moyen de la mer a été de 10 à 20 cm pendant le XXe siècle. Le rythme d'élévation a été dix fois plus important durant le siècle dernier que pendant les derniers trois mille ans.
- Les précipitations se sont accrues au cours du siècle passé de l'ordre de 0,5 % à 1 % par décennie.

Il n'y a pas cependant d'éléments statistiques suffisants pour établir une augmentation des phénomènes naturels tels que tornades, cyclones, etc., du type de ceux qui ravagèrent la France et une partie de l'Europe à la fin de 1999. S'il y a eu plus d'ouragans et de tempêtes tropicales dans l'Atlantique ces dix dernières années (soit 15 au lieu de 10), il y en a eu moins dans le Pacifique (22 au lieu de 27).

Toutefois les statistiques données par les assureurs sont quelque peu inquiétantes.

Pour des dommages causés par des catastrophes naturelles, les assureurs auront payé entre 1990 et 2000 plus de 15 fois ce qu'ils ont payé entre 1960 et 1970, à périmètre égal (*figure 23*). Il faut cependant rester prudent quant à l'interprétation de ces chiffres, compte tenu d'une multitude de facteurs : augmentation de la richesse, concentration de cette richesse, variabilité des contrats et des comportements des assurés, etc.

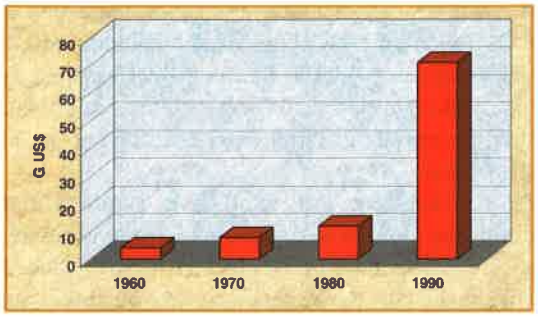


Figure 23 - Dommages payés par les assureurs pour des catastrophes naturelles (cumulés par décade) (source : Swiss Re).

Figure 24 - Coût des permis d'émission pour la France en Meuro (100 euro/t de C) (source : Observatoire de l'énergie).

Comme nous l'avons dit plusieurs fois, il faut rester prudents quant aux interprétations des modèles mathématiques qui tentent de calculer les effets des émissions de CO_2 sur la climatologie et l'état de la planète. Bornons-nous dans ce domaine aux prévisions faites par un organisme international renommé, l'IPCC (Intergovernemental Panel for Climate Change). Les dernières prévisions de cet organisme pour 2100 sont :

- hausse moyenne des températures.....1,5 à 6 °C,
- teneur en CO_2 de l'atmosphère....540 à 970 ppm,
- élévation du niveau de la mer.....0,14 à 0,80 m.

Si les effets de la hausse considérable de la température sont difficiles à évaluer à une échéance si lointaine, ils sont a priori plus redoutables que souhaitables.

Ces divers éléments permettent de mesurer l'enjeu. Mais il en est un autre qui, à l'échelle de la France, parle encore plus.

Selon le scénario tendanciel établi par l'Observatoire de l'énergie en France, les émissions de CO_2 devraient atteindre les chiffres suivants (en Mt de carbone) :

2010.....128,7

2020.....154,1

La base retenue dans le protocole de Kyoto étant de 104,5 Mt de carbone.

Si la France devait acheter des permis d'émission à partir de 2005 sur la base de 100 euros la tonne de carbone (ou 27 euros la tonne de CO_2), le coût total entre 2005 et 2020 serait de l'ordre de 50 milliards d'euros (330 GF) (*figure 24*).

Face à une telle « perte » potentielle, n'importe quel acteur économique essaierait de la réduire en investissant.

Notons en passant que la dépense annuelle moyenne, soit 3,3 Geuro (22 GF) représente près de 90 % de la valeur ajoutée du parapétrolier français en 1999 !

Au niveau d'un pays ou d'un secteur industriel entier, il est clair que la **stratégie** doit également être d'**investir dans des procédés nouveaux d'utilisation** qui réduisent cette forme de taxation de l'activité.

Il faut **rendre propre l'utilisation des hydrocarbures**, d'abord parce que c'est une nécessité sociale, ensuite parce que c'est une **nécessité économique**. Voir chaque année le nombre des victimes de catastrophes naturelles augmenter n'est pas plus acceptable que de devoir payer des droits d'émission exorbitants à des pays qui auront su investir à temps.

L'échéance à laquelle l'utilisation des hydrocarbures telle que nous la pratiquons aujourd'hui ne sera plus supportable, paraît plus proche de nous que celle qui marquera l'épuisement des réserves.

Faire des hydrocarbures une énergie propre et disponible, tel est l'enjeu qui s'offre à l'ensemble de notre industrie pour le début du XXIe siècle. Propre d'abord, car il ne sert à rien que les hydrocarbures soient disponibles si leur utilisation est impossible. La propreté est donc bien la priorité numéro un. Mais il ne faut pas pour autant négliger la disponibilité et en particulier l'abaissement des coûts. Rendre propre l'utilisation des hydrocarbures a et aura un coût, coût que, *in fine*, le consommateur devra bien supporter. Il faut donc poursuivre les efforts en vue d'abaisser le coût d'arrivée sur le marché du pétrole et du gaz, afin que la facture « propreté » pour le consommateur ne soit pas insupportable.

Rendre propre l'utilisation des hydrocarbures signifie techniquement **supprimer, ou tout au moins réduire, les émissions de CO_2.**

Deux possibilités : ne pas produire de CO_2, ne pas libérer le CO_2 produit dans l'atmosphère.

Ne pas produire de CO_2 revient à utiliser dans les hydrocarbures l'hydrogène et non pas le carbone.

Ne pas émettre de CO_2 dans l'atmosphère, si on le produit, conduit à la séquestration.

D'un autre coté, l'utilisation des hydrocarbures, et donc la production de CO_2, se fait essentiellement de deux manières : concentrée pour la production

d'énergie et l'industrie, dispersée pour les transports et les usages domestiques.
La séquestration du CO_2, qu'elle se fasse sous forme thermodynamique, chimique ou biochimique, est plus aisée et moins coûteuse lorsque la masse de CO_2 est importante.

Ces quelques considérations montrent que pour les transports et les usages domestiques, des hydrocarbures « décarbonés » avant combustion offrent une solution propre, alors que la séquestration offre une solution propre pour les usages industriels et la fourniture d'énergie. Mais qu'est-ce qu'un **hydrocarbure « décarboné »** ? Au simple plan de la chimie, c'est de l'hydrogène, puisque les hydrocarbures ne sont rien d'autre que de l'hydrogène et du carbone. Or les hydrocarbures sont la principale source naturelle d'hydrogène à l'état non oxydé, c'est-à-dire dans un état susceptible de fournir de l'énergie. Mais l'hydrogène, s'il est un carburant propre remarquable, sa combustion dans des moteurs à combustion interne ou les piles à combustible ne produisant que de l'eau, est un corps très volatil et donc dangereux à utiliser. Il n'est pas question, en particulier pour les usages domestiques, de remplacer le gaz naturel par de l'hydrogène qui serait distribué par le réseau gaz. De même, le stockage de quantités importantes d'hydrogène sous forme liquide, par exemple à bord des véhicules, n'est pas concevable aujourd'hui.
Si l'on veut pouvoir utiliser l'hydrogène directement pour la fourniture d'énergie, de gros efforts de R & D sont encore nécessaires afin de sécuriser au maximum cette utilisation.
Pour les usages domestiques, l'utilisation des hydrocarbures sous forme indirecte, c'est-à-dire après **génération électrique**, offre une solution immédiatement disponible. Les centrales à cycle combiné qui fournissent à la fois de l'électricité et de la chaleur sont une excellente solution, propre et efficace pour les usages domestiques urbains, à condition toutefois que le CO_2 produit au niveau de la centrale puisse être séquestré. En effet, des solutions économiques existent pour séparer le CO_2 contenu dans les gaz d'échappement des centrales, limitant, pour l'essentiel, les rejets dans l'atmosphère à de l'azote et de la vapeur d'eau.
Hors le transport, on voit que la **séquestration du CO_2** est une des voies à privilégier.
Examinons donc rapidement les grands axes techniques que pourrait emprunter cette séquestration.
Le premier axe est **l'axe thermodynamique**. Il consiste à comprimer le CO_2 et à l'injecter soit dans le sous-sol soit en mer profonde. Les gisements d'huile ou de gaz après exploitation sont d'excellents pièges à CO_2. D'ailleurs, l'injection de CO_2 est un procédé classique d'amélioration de la récupération du pétrole. Le problème principal est le coût du transport du CO_2 entre le lieu de production, la centrale électrique par exemple, et le lieu d'injection.
Le deuxième axe est celui de **la séquestration chimique**. Il s'agit de faire comme le fait la nature : piéger le CO_2 dans une roche sous forme solide. A l'heure actuelle, des expériences sont conduites aux États-Unis afin d'évaluer ces technologies sur le plan technique et économique. La difficulté réside dans le fait que la nature met des centaines de milliers d'années à réaliser cette opération, alors que nous voulons l'effectuer dans des délais infiniment plus courts.
Le troisième axe est celui de la **séquestration biochimique**. Le vivant, faune et flore, est capable de fixer le CO_2 sous forme solide, que ce soit minéral (coquillages, huîtres et moules) ou végétal (bois, cellulose, etc.). La reforestation de zones importantes serait un moyen de piéger du CO_2 dispersé. Dans ce cas le piégeage n'est certes que temporaire, mais comme il peut porter sur plusieurs dizaines d'années, il est un excellent moyen de stockage d'attente. Lorsqu'un arbre meurt, la décomposition du bois libère le CO_2 qui avait été piégé, mais une grande partie du CO_2 emmagasiné dans le système radiculaire va rester dans le sol. Il est donc certain que ce type de piégeage pourrait s'avérer fructueux pour les pays qui ont de grands espaces faiblement peuplés. Les États-Unis, en particulier, étudient des végétaux génétiquement modifiés pour accroître leur capacité de stockage de CO_2. Des cultures comme les algues fixent également le CO_2 mais pour une durée plus courte que dans le cas du bois. Le vivant (faune et flore), comme étape entre le gazeux et le solide, paraît être de loin la plus efficace des solutions biochimiques à long terme.
La séquestration du CO_2 est l'axe stratégique retenu par les États-Unis. Ne voulant pas réduire leurs émissions en touchant à leurs habitudes de consommation, les Américains du Nord s'apprêtent à investir massivement dans les procédés de séquestration. L'objectif affiché du DOE (Departement of Energy) est de réduire le coût de la séquestration d'une tonne de carbone à dix dollars ou moins d'ici à 2015.
Ce faisant, les États-Unis poursuivent un double but : 1- disposer les premiers de technologies qu'ils pourront proposer, sur une base commerciale, aux autres grands consommateurs d'énergie (l'Europe en particulier), 2- devenir un grand vendeur de droits à polluer.
Il y a là un véritable **défi lancé à l'Europe**. Il s'agit ni plus ni moins que de son indépendance

technologique dans le domaine de la protection de l'environnement et de sa position de vendeur ou acheteur sur un marché qui pourrait s'avérer des plus profitables.

Peux-t-on voir se développer en Europe une industrie de la décarbonation des hydrocarbures, ou en d'autres termes, l'objectif de rendre propres les hydrocarbures est-il susceptible de créer une activité industrielle profitable ?

La réponse positive à cette question se trouve dans la possibilité de faire se rencontrer une offre avec une demande solvable. Si le marché des droits d'émission se met en place, comme il y a beaucoup de chances que cela se fasse – surtout lorsque les États-Unis disposeront des technologies les mettant en situation de vendeurs sur ce marché – il y aura une demande solvable. En effet, toute solution technique qui conduira à éliminer, par quelque voie que ce soit, l'émission d'une tonne de carbone sera économiquement viable si son prix à la tonne de carbone est inférieur au prix du permis d'émission correspondant. Gageons même qu'en application des lois économiques bien connues, ce coût du permis d'émission sera au moins égal au coût marginal de la séquestration.

Quel est alors **l'enjeu économique** ?

Entre 2005 et 2020, la France va libérer en moyenne 31 mt de carbone par an. Si l'on se base sur un coût du permis d'émission de 100 euros la tonne de carbone, le marché global annuel se monte alors à 3,1 milliards d'euros.

Notons en passant qu'une des vertus, et non des moindres, du concept de permis de polluer aura été de créer la solvabilité de la demande de protection de l'environnement et de permettre l'évaluation des marchés comme nous venons de le faire. Sans cette solvabilité, l'économie de la protection environnementale serait restée virtuelle. L'échec relatif de la « e-économie » et son effondrement financier vient en grande partie du fait que face à une offre technique et commerciale structurée ne s'est pas trouvée une demande solvable.

Revenons au CO_2. Comment bâtir une offre face à la demande ?

Le processus n'est pas très différent de celui qui a présidé à la naissance de l'industrie parapétrolière française et européenne. Les éléments principaux en sont :

- une R & D innovante, fortement soutenue par les fonds publics,
- la création d'entreprises avec un fort soutien technique et financier émanant d'organismes comme l'IFP,
- la mise en réseau de ces entreprises.

Mais il y a une condition nécessaire au succès d'un tel projet. La protection de l'environnement ne doit pas être considérée par les acteurs industriels comme une contrainte pesante que l'on est obligé de respecter, comme un boulet que l'on traîne avec soi, mais comme un ensemble d'opportunités qui s'offre aux plus dynamiques. Il faut penser positivement l'environnement. C'est ce que font aujourd'hui l'industrie et les pouvoirs publics américains.

Dans cet esprit, revenons sur un sujet qui a souvent occupé la une des médias durant l'année 2000 : le **transport maritime des hydrocarbures**.

Deux événements majeurs sont intervenus l'année passée : le pompage des cuves de l'**Erika** et le naufrage du **Iévoli Sun**.

Mais avant d'aborder ces deux sujets, rappelons quelques éléments de base du transport maritime des hydrocarbures.

En 2000, le trafic pétrolier maritime a atteint environ 1 500 mt pour le brut et 400 mt pour les produits. En 2000, 42 % de la production de brut a emprunté la voie maritime pour atteindre les marchés (*figure 25*).

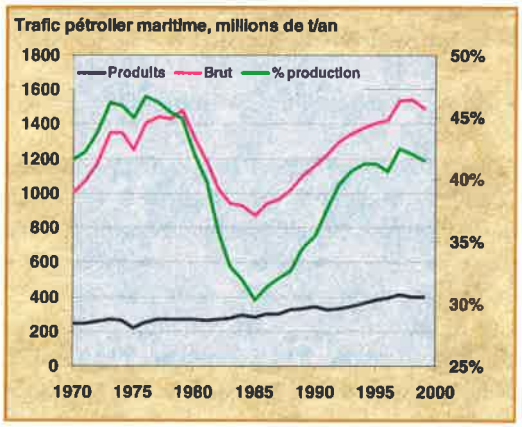


Figure 25 - Historique du trafic pétrolier maritime (source : BRS).

Depuis le début des années 80, des progrès considérables ont été réalisés dans le domaine de la sécurisation de ce transport (*figure 26*).

Le nombre d'accidents qui était de l'ordre de 25 par an dans les années 70 est passé à environ 8 par an pour la dernière décennie du siècle. Les quantités déversées ont, elles aussi, diminué mais dans une moindre proportion. La chute du marché du transport fin des années 70 début 80 a fait disparaître du marché les unités les moins performantes, donc les moins sûres, lesquelles unités étaient en général de petite taille.

La décision récente concernant l'utilisation de navires à double coque devrait avoir le même effet.

Concernant l'Erika, l'année 2000 aura vu la réussite des opérations de pompage. Ces opérations,

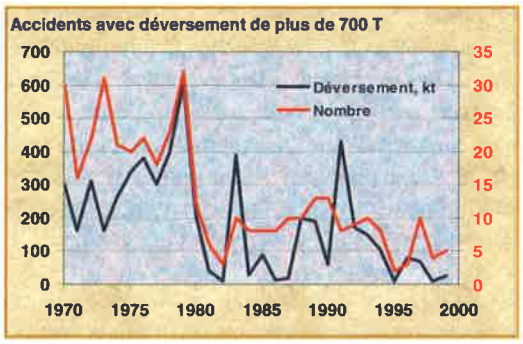


Figure 26 - Accidents de transport pétrolier, 1970-2000 (source : BRS).

difficiles en raison de la nature des fluides et des conditions de mer, se sont déroulées du mieux possible. L'industrie pétrolière et parapétrolière a incontestablement montré là sa maîtrise des opérations sous-marines. Il lui reste à démontrer qu'elle maîtrise tout aussi bien la phase de traitement des déchets récupérés.

Ce succès des opérations de pompage de l'Erika est de bon augure quant à la suite des opérations concernant l'Iévoli Sun. Le styrène contenu dans les cuves de l'épave devrait pouvoir être récupéré sans dommage pour l'environnement.

Quelques mots sur **l'année automobile** avant de conclure.

2000 ne devrait pas être un trop mauvais millésime. La régression est faible par rapport à 1999 : -0,7 %. Mais 1999 avait été une très bonne année. Les marques françaises se sont mieux comportées que les groupes étrangers : +5,4 % pour PSA et +2,7 % pour Renault, -5,2 % pour l'ensemble des marques étrangères. L'année aura été marquée par une diésélisation accrue du parc automobile, que ce soit dans les groupes français (PSA +14 %, Renault +6,7 %), ou chez les étrangers (Volkswagen +15 %, Opel +10,5 %, Mercedes +21,8 %), le diesel a gagné du terrain. La plupart des constructeurs prévoient que le succès de cette motorisation ne devrait pas se démentir en 2001.

Il est certain que les performances actuelles des moteurs diesel ainsi que de leurs équipements antipollution sont une excellente solution dans l'attente des moteurs du futur utilisant des carburants décarbonés.

En conclusion

2000 aura donc été une année riche en évènements pour l'énergie et en particulier pour les hydrocarbures. Mais, pour nous, elle marque par-dessus tout un tournant essentiel quant aux défis techniques et humains que nous devons affronter.

A l'échéance du milieu du siècle qui débute, l'utilisation des hydrocarbures sera propre ou elle ne sera plus. La menace de l'épuisement des réserves a été écartée. L'apparition de nouvelles énergies pour le transport paraît bien lointaine et nous ne pouvons prendre le risque de compter dessus.

Comme je le disais au début de cet exposé, nous pouvons avoir confiance dans le progrès technologique pour apporter les réponses aux questions que nous pose le siècle qui naît, mais le succès tient avant tout aux hommes et aux femmes qui depuis plus d'un siècle ont fait notre industrie. La génération des sahariens s'efface, celle de la mer est à son apogée, demain celle de la décarbonation prendra le relais. Nous devons lui préparer le terrain. En particulier, en maintenant notre effort de recherche et en créant les conditions d'épanouissement de ce que j'oserais nommer les nouveaux chercheurs : des hybrides de chercheurs et d'entrepreneurs. Des hybrides capables non seulement de trouver les moyens techniques d'atteindre nos objectifs, mais aussi de traduire ces moyens en une activité industrielle génératrice de richesses. Car le meilleur moyen d'inscrire la propreté des hydrocarbures dans la réalité des faits, c'est de l'inscrire dans la réalité du marché.

Notre objectif en tant que pétroliers a toujours été d'apporter aux habitants de la planète une énergie sûre et bon marché, afin que s'améliore sans cesse leur condition de vie. C'est notre devoir de faire que cette énergie, arrachée depuis plus de 150 ans aux entrailles de la terre, ne puisse être un jour la source de leur malheur. Les hommes et les femmes qui se sont succédés pour vivre l'aventure du pétrole ont toujours su affronter avec succès les défis qui se présentaient à eux, nul doute qu'ils sauront en faire autant pour ceux que leur offre le siècle à venir.

Les recherches chimiques au Vietnam Appréciations des acquis actuels et espérances dans l'avenir

Chu Dinh Kinh*, professeur

Nous vous présentons ici un article sur la recherche au Vietnam qui s'insère dans le dossier sur la chimie au Vietnam, publié dans le numéro d'avril de *L'Actualité Chimique* (NDLR).

Comme beaucoup d'autres pays orientaux, le Vietnam est une nation aux traditions millénaires, peu en phase cependant avec les pratiques et les idées des temps modernes. Il en est ainsi pour la branche de la chimie : alors que dans le peuple, particulièrement dans les minorités ethniques des montagnes, subsistent des solutions chimiques merveilleuses, voire incompréhensibles, telles que les médicaments contre la morsure de serpent, contre le chancre des animaux domestiques, la substance qui attire les moustiques, les parfums aux effets extatiques, dans la civilisation urbaine, le concept même de recherche chimique n'est né qu'il y a à peine un demi-siècle, dans les années 50, avec des fondateurs directement formés en France ou portant profondément le cachet de la culture française comme feu les professeurs Nguyên Hoan, Vo Thi Tri Tuc, Nguyên Dinh Huê... Les recherches chimiques n'ont vraiment commencé à être entreprises qu'au début des années 60 avec la génération des chimistes vietnamiens formés dans les pays socialistes tels que la République Démocratique Allemande, l'URSS, la Tchécoslovaquie...

Pendant les années 1960-1980, les chimistes ont dû travailler dans une conjoncture de guerre atroce, avec des instruments et équipements rudimentaires. Mais grâce à leur ardeur de jeunesse, à leur patriotisme ardent, à leur liberté d'action et leur mépris pour les intérêts matériels, ils ont créé un fondement d'organisation et acquis des connaissances de base pour développer les recherches chimiques, même s'ils n'ont pu alors obtenir des résultats de recherche appréciables.

Il est regrettable que dans la période allant des années 80 jusqu'au début de la décennie 90, à cause des difficultés économiques extrêmes, conséquences du passage nécessaire de l'économie de subventions budgétaires à l'économie de marché, les recherches chimiques n'aient pratiquement plus existé. Il n'en restait que le nom qui protégeait des activités de production artisanale de produits chimiques dont l'effet était essentiellement d'augmenter le revenu économique individuel d'un certain nombre de gens, plutôt que de contribuer à satisfaire les intérêts du pays et à développer la discipline chimique elle-même.

Depuis 1995 jusqu'à maintenant, l'économie de marché a commencé à prendre forme au Vietnam et s'est substituée pas à pas à l'économie de subventions budgétaires. La production à grande échelle de marchandises dont la qualité et le prix de revient jouent un rôle concurrentiel primordial, d'abord dans le pays et peu à peu dans la région, est devenue une exigence impérieuse et vitale de la société. Cette exigence a débouché sur la formation d'une chaîne de travaux obligatoires tels que la réévaluation des ressources, le choix des articles à produire, l'élaboration (ou l'importation) de la technologie de production, l'évaluation de la qualité des produits d'après les critères internationaux (ou régionaux). La branche de la chimie est une des branches qui subissent la répercussion la plus directe des réactions sociales à cette chaîne.

Dans la branche de la chimie, pour des raisons intrinsèques, on s'intéresse beaucoup moins aux tâches de recherche, particulièrement à la recherche fondamentale, qu'aux autres tâches telles que la transformation de matières premières ou la production des marchandises. Néanmoins, le mécanisme

* Institut de Chimie, CNRS du Vietnam, rue Hoang Quoc Viet, Cau giay, Hanoi, Vietnam.
Tél. : +84 (4) 8363677. Fax : +84 (4) 361283. E-mail : kinhcd@ich.cnst.ac.vn ou chudinhkinh@yahoo.com

de développement global de la branche a entraîné l'expansion des recherches chimiques, y compris la recherche fondamentale.

Appréciations des acquis actuels

En général, au cours de ces deux ou trois dernières années, les recherches chimiques au Vietnam ont connu une mutation positive. Il s'est produit deux changements notoires :

- L'État a fourni des sommes considérables pour les investissements, de sorte qu'un certain nombre d'établissements de recherche ont pu acheter des équipements modernes coûteux. Pendant les seules trois dernières années, toute une série d'équipements chimiques modernes tels que GC-MS, LC-MS, MS multifonction, X-ray, ICP-Laser-MS et RMN, ont été achetés et mis en service.
- Les relations internationales dans la coopération pour la formation des spécialistes de recherche chimique ont été promues et diversifiées. Toutes les formes de coopération pour la formation, à différentes échelles – au niveau national, des unités administratives, des entreprises ou des individus – sont encouragées et soutenues. Les formalités ont été considérablement allégées, le temps d'accomplissement des formalités raccourci.

Cependant, il faut constater que ces changements se sont faits sans planification, sans orientation et qu'ils manquaient de profondeur.

Les équipements modernes ont été achetés en assez grand nombre mais sans réflexion suffisante sur le moment et le lieu de leur implantation, de sorte que l'efficacité d'utilisation n'est pas assez élevée. Il est à remarquer notamment que la compréhension dans la société de la valeur des informations scientifiques qu'apportent ces équipements est insuffisante. Pour cette raison, les résultats scientifiques obtenus par cette instrumentation sont peu ou mal utilisés et ne constituent souvent qu'une ornementation qui se manifeste même dans les rapports scientifiques, dans les thèses d'agrégation et de doctorat. Il est rare que les laboratoires dotés de matériel moderne reçoivent des contrats de recherches venant des organismes d'État, des usines, des entreprises... Aussi, les ressources destinées aux dépenses de fonctionnement de ces équipements sont-elles dérisoires, difficiles à obtenir. L'État et les administrations n'ont pas encore suffisamment financé les dépenses d'entretien pour permettre aux laboratoires, à ces équipements modernes, de surmonter les difficultés du démarrage.

L'effectif des spécialistes formés par l'entremise de la coopération internationale a augmenté en quantité mais l'efficacité de leur travail est au plus bas. La plupart des jeunes spécialistes scientifiques formés à l'étranger ont travaillé sur des thèmes de recherche imposés par le laboratoire qui ont aidé à leur formation ; aussi à leur retour au pays, ne peuvent-ils pas s'adapter à la tâche qui les attend, souvent éloignée des thèmes de leur formation. C'est pourquoi leur expérience accumulée pendant la formation à l'étranger se perd peu à peu au fil du temps. Ces défauts sont la conséquence évidente d'un manque de stratégie. Encore faut-il arriver à établir et énoncer officiellement des orientations générales, d'ordre national, susceptibles de guider le développement des recherches chimiques dans l'immédiat et dans la durée. En rassemblant les idées exprimées au cours de conférences ou de colloques et les avis personnels des chimistes expérimentés, on peut s'apercevoir que les chimistes vietnamiens forment les souhaits suivants concernant les objectifs et orientations des recherches chimiques au Vietnam dans un avenir proche :

- Faire des recherches chimiques pour recenser systématiquement les ressources naturelles forestières, aquatiques, minérales..., afin d'élaborer des données précises pour les projets de développement de la branche de la chimie des substances naturelles au Vietnam.
- Faire progresser et évoluer la formation des spécialistes pour développer les recherches interdisciplinaires, aux frontières de la chimie, telles que les recherches en biochimie organique, biochimie inorganique, biochimie moléculaire, chimie de l'environnement, chimie tropicale et chimie informatique, et développer ces orientations de recherche de manière à en faire des branches d'activité bien identifiées et bien structurées.
- Faire des recherches chimiques orientées vers le service de la vie et de la santé : triage, extraction, caractérisation des composés d'origine naturelle à activité biologique, pour aboutir à l'hémisynthèse ou à la synthèse totale, en vue de préparer des produits à haute valeur économique d'intérêt médical.
- Synthétiser des matériaux nouveaux par la voie de la chimie douce (« soft chemistry ») et dans des solvants supercritiques afin d'atteindre la correspondance optimale entre la structure du produit et la propriété recherchée.
- Entreprendre des recherches fondamentales en chimie théorique et en physico-chimie sur les mécanismes des processus biochimiques et sur la corrélation entre l'activité et la structure.

On doit accepter, dans une certaine mesure, le caractère aventureux d'un certain nombre de travaux de recherche afin de réaliser des progrès marquants dans l'avenir.

La plus grande difficulté pour élargir l'envergure des recherches chimiques et élever leur qualité, c'est le problème du contingent de spécialistes. Pendant ces dernières années, le fait de promouvoir l'économie de marché a agi sur la psychologie des jeunes diplômés. La perspective de se livrer avec empressement aux activités économiques, avec l'auréole que l'opinion publique a, sans le vouloir, posé sur la tête des jeunes hommes d'affaires, a captivé la jeunesse et l'a désorientée dans sa préparation à l'entrée dans la vie active. Pendant ce même temps, le revenu salarial des intellectuels se livrant à la recherche scientifique est resté trop bas ; les titres et grades universitaires ne sont plus tenus en aussi haute estime qu'avant. La conséquence inévitable, c'est que les étudiants ne se préoccupent pas d'approfondir leurs connaissances scientifiques fondamentales. Même les étudiants qui ont fait des études de sciences fondamentales, sortant de l'université avec un brillant palmarès, utilisent leur diplôme comme une étiquette, un moyen dans la concurrence pour trouver un travail dans les agences, les entreprises. Ceux qui « se sont trompés de chemin » en s'engageant dans les établissements scientifiques ou qui, vaincus par la concurrence, sont obligés d'y travailler, ne prennent plus d'intérêt à faire le travail scientifique. La plupart cherchent par tous les moyens à augmenter leurs revenus en assumant une occupation secondaire à l'intérieur ou en dehors de leur établissement.

Cependant, et de plus en plus, les connaissances, les savoirs accumulés et les compétences acquises participent au processus de développement économique et social du pays. Ils constituent une ressource soumise à compétition entre tous les acteurs du développement. Cette ressource a un coût, celui de la formation, des équipements et des structures nécessaires à son acquisition ; mais elle est aussi productrice de richesses nouvelles, elle a une valeur. En ce sens, il y a au Vietnam une économie et un marché du savoir auxquels la chimie, comme les autres disciplines, participe.

Ainsi, au fur et à mesure que s'est développée l'économie de marché, le concept « d'économie du savoir » a commencé à s'infiltrer dans le marché vietnamien. Ceci a commencé à agir sur le développement de la société et continuera à le faire. Le prix du savoir va augmenter de jour en jour, et les jeunes Vietnamiens ayant par nature du flair pour sentir les courants sociaux porteurs, bon nombre d'entre eux, dont la plupart des meilleurs, ne manqueront pas de chercher à se pousser par la voie des études, bien qu'elle soit hérissée de difficultés, à cause notamment du niveau encore bas du développement social.

Les espoirs pour l'avenir

Les informations provenant des administrations de l'État et les changements sociaux dans ces derniers mois ont fondé pour les chimistes vietnamiens de nouveaux espoirs :

- Dans un ou deux ans, beaucoup d'équipements de recherche modernes seront achetés et installés grâce à des financements de l'État.
- Un certain nombre de laboratoires modernes seront bientôt construits.
- Les crédits investis dans la recherche fondamentale seront augmentés.
- Le mécanisme de financement bénéficiera d'un changement : il prendra la forme d'une sélection sur une base scientifique de sujets de recherche et d'attribution directe de crédits à la réalisation des sujets choisis.

Ces indications concrètes, données à titre d'exemples, proviennent des analyses des orientations stratégiques des dirigeants vietnamiens, faites unanimement par tous les spécialistes. Elles vont créer un élan pour des changements conséquents dans la branche de la chimie au Vietnam et se répercuteront sur le travail et la vie de chacun des chimistes.

Le Vietnam est un pays aux nombreux potentiels encore inexploités. Les connaissances sur les ressources naturelles actuelles du Vietnam présentent encore des lacunes par rapport à l'existant. Beaucoup de richesses matérielles précieuses se cachent au fond des mers, dans les sols, les forêts et les montagnes, domaines immenses trop peu explorés.

Cela conduit facilement à la perception d'une vérité primordiale : dans le marché du savoir du Vietnam, si l'on investit beaucoup pour le développement et la mise en œuvre des connaissances, des bénéfices énormes sont promis en retour. Une grande quantité de savoir, possédé par l'ensemble de centaines de milliers de Vietnamiens ayant un niveau d'instruction universitaire ou davantage, et dont la plupart sont des jeunes, reste encore cachée, pour ainsi dire, dans des dépôts hermétiquement clos que même leurs propriétaires ne connaissent pas ou en sous-estiment la richesse.

Celui qui arrivera à ouvrir ces dépôts, prendra possession de « matières premières intellectuelles en réserve » importantes, favorisant ainsi d'une manière décisive l'exploitation des matières premières « naturelles » et le développement de la société.

Pour faire sortir de l'erreur ou de la passivité le contingent des jeunes intellectuels, il est nécessaire

de leur présenter des exemples susceptibles de leur donner de l'élan et de fortifier leur enthousiasme. L'apparition de jeunes intellectuels acquérant rapidement des niveaux élevés, ayant une position sociale reconnue et un revenu matériel proportionné à leur valeur intellectuelle, produira un tel effet qu'elle incitera les jeunes à s'intégrer dans le développement de l'économie du savoir au Vietnam.

Pour que tous ces espoirs se réalisent, l'investissement international dans la première étape est extrêmement important.

Avec leur expérience disponible et leurs « établissements de production du savoir » bien organisés et bien stables, il faut que les pays scientifiquement développés investissent des moyens matériels et humains dans les activités scientifiques du Vietnam. Car ils sont capables de le faire avec efficacité : la forme d'investissement immédiat étant d'aider ce pays dans la formation de spécialistes, bien orientée par rapport aux tendances actuelles du développement de l'économie et par rapport aux besoins spécifiques du Vietnam.

Actuellement, dans le contingent des spécialistes qui font des recherches chimiques au Vietnam, beaucoup ont été formés en France, ou portent le cachet de la chimie française.

Si la chimie française, à partir de sa position actuelle, renforce encore son investissement dans la chimie vietnamienne, elle contribuera au développement du marché du savoir chimique vietnamien, apportant certainement ainsi un grand bénéfice au Vietnam et même, probablement, un profit pour les deux pays.

DR Yann Thomas

Procédés d'élaboration de surfaces sélectives aux rayonnements

Laurent Arurault*, maître de conférences, René S. Bès*, maître de conférence et Jean-Pierre Bonino*, ingénieur de recherche CNRS

Summary **Elaboration processes of selective surfaces**
We present here some processes developed in our laboratory in order to obtain various selective surfaces :
- absorbing surfaces allowing the photothermal conversion of solar energy (from stainless steel, aluminium, copper and zinc) ;
- radiative cooling surfaces (from zinc).

Mots-clés Absorbeur solaire, surface émettrice.
Key-words Solar absorber, radiative cooling materials.

Nous présentons ici les procédés développés au laboratoire en vue de l'obtention de surfaces sélectives diverses :
- surfaces absorbantes permettant la conversion photothermique de l'énergie solaire (à partir d'acier inoxydable, aluminium, cuivre et zinc) ;
- surface émettrice produisant des abaissements de température (à partir de zinc).

La fonctionnalisation d'une surface s'effectue généralement en cinq étapes successives : dégraissage, décapage, oxydation chimique ou électrochimique, éventuellement imprégnation chimique ou électrochimique et traitement thermique de finition.

Surfaces absorbantes

Acier inoxydable Z6CT17 [1]
L'acier est dégraissé à l'éthanol puis décapé avec une solution d'acide sulfurique. La plaque est ensuite oxydée chimiquement en surface dans une solution sulfurique de thiosulfate de sodium et d'alcool propargylique. Le traitement thermique de finition est effectué dans une étuve à 90 °C.
Les couches élaborées aussi bien à l'échelle du laboratoire qu'à l'échelle pilote ont été caractérisées au microscope électronique à balayage (MEB), par spectroscopie de masse des ions secondaires (SIMS) et spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE). Au plan des propriétés optiques, ont été mesurés la réflectance R en fonction de la longueur d'onde (de 0,25 à 20 µm), le facteur d'absorption α et le facteur d'émission hémisphérique ε à 70 °C. Les propriétés optimales sont $\alpha = 0{,}95$ et $\varepsilon = 0{,}16$ jusqu'à une température de 450 °C à l'air et sous vide (10^{-3} Torr). La surface présente en outre une bonne résistance à la corrosion.

Cuivre (b1-1/2 dur) [2]
On procède ici à un dégraissage au trichloroéthane puis à un décapage avec une solution d'acide nitrique. La surface est ensuite oxydée électrochimiquement dans une solution basique de chlorite de sodium. Une imprégnation chimique est alors réalisée dans une solution basique de permanganate de potassium. Le traitement thermique de finition est effectué dans une étuve à 90 °C.
Les couches élaborées aussi bien à l'échelle du laboratoire qu'à l'échelle pilote ont été caractérisées au MEB et par SIMS et SIE. Comme dans le cas de l'acier R, α et ε ont été mesurés. Les propriétés optiques optimales sont $\alpha = 0{,}96$ et $\varepsilon = 0{,}15$ jusqu'à une température de 220 °C à l'air et sous vide primaire. La surface sélective possède également une bonne résistance à la corrosion.

Zinc (UM) [3]
L'alliage de zinc utilisé (Zn, Cu, Ti) est dégraissé à l'alcool éthylique puis oxydé électrochimiquement à faible tension dans un bain basique de carbonate de sodium. Le traitement thermique de finition est effectué dans une étuve à 90 °C.
Les couches élaborées ont été caractérisées au MEB, par SIE, SIMS et microanalyse des rayons X secondaires. Les propriétés optiques optimales sont $\alpha = 0{,}93$ et $\varepsilon = 0{,}17$ jusqu'à une température de 230 °C à l'air.

* Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux (CIRIMAT), UMR 5085, CNRS/INPT/UPS, Laboratoire de chimie des matériaux inorganiques et énergétiques (LCMIE), Université Paul Sabatier, 118, Route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 04. Tél. : 05 61 55 62 80. Fax : 05 61 55 61 63. E-mail : arurault@ramses.ups-tlse.fr

Aluminium [1, 4]
Deux alliages ont été envisagés : 6060 (Al, Mg, Si) et 1050A (Al, Fe, Si). Avec l'alliage 6060, le dégraissage est effectué au trichloroéthane et le décapage à la soude, immédiatement suivi d'une neutralisation à l'acide nitrique. Avec l'alliage 1050A, seul le dégraissage diffère et s'effectue dans un bain alcalin contenant du carbonate, du métasilicate, du gluconate et du phosphate de sodium. La plaque est ensuite oxydée électrochimiquement dans un bain d'acide phosphorique (anodisation) puis imprégnée sous tension alternative (50 Hz) dans une solution borique de sulfates (NH_4^+, Mg^{2+}, Ni^{2+}) avec pour résultat majeur le dépôt de nickel métallique dans les pores de la couche d'alumine. Le traitement thermique de finition est effectué dans une étuve à 90 °C.
Les couches élaborées aussi bien à l'échelle du laboratoire qu'à l'échelle pilote ont été caractérisés au MEB et au microscope électronique à transmission (MET) ainsi que par SIMS, SIE, analyse chimique par spectroscopie électronique (ESCA) et diffraction électronique. Les propriétés optiques R, α et ε ont été mesurées. Avec l'alliage 6060, on obtient les valeurs optimales $\alpha = 0{,}95$ et $\varepsilon = 0{,}20$ et $\alpha = 0{,}94$ et $\varepsilon = 0{,}14$ pour l'alliage 1050A et ce jusqu'à une température de 450 °C à l'air et sous vide primaire. Les surfaces sélectives possèdent également une bonne tenue à la corrosion.
En négligeant les pertes thermiques par conduction et convection, l'efficacité thermique η d'une surface peut être estimée par la relation [5] : $\eta = \alpha - 0{,}85.\varepsilon_{343}$ où 0,85 est le rapport de la radiance du corps noir à 343 K (786 W/m^2) à l'irradiance solaire AM1 (925 W/m^2). Une valeur $\eta \geq 0{,}80$ est caractéristique d'une surface absorbante sélective.

Émetteur sélectif

Un matériau émetteur sélectif – utilisé pour réaliser des abaissements de température – est caractérisé par une valeur de ε importante, une transmittance T élevée dans la fenêtre atmosphérique (8-13 µm) et une faible valeur de α hors de ce domaine de longueur d'ondes IR.
Nous présentons le procédé d'élaboration d'une surface type émetteur sélectif avec l'alliage de zinc précédemment utilisé [6]. L'alliage est ici décapé avec une solution d'acide nitrique, puis anodisé dans le même bain basique de carbonate de sodium mais à plus forte tension : la couche superficielle est alors blanche. On réalise ensuite une imprégnation chimique dans une solution de silicate de sodium. Le traitement thermique de finition est effectué dans un four à 200 °C.
Les couches élaborées ont été caractérisées au MEB, par SIMS, SIE et microanalyse des rayons X secondaires. Les valeurs optimales des propriétés optiques obtenues $\alpha = 0{,}47$ et $\varepsilon = 0{,}73$ et transmittance moyenne T = 0,93 dans la fenêtre atmosphérique (mesurée par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier) sont caractéristiques d'une surface type émetteur sélectif. Les performances de cette surface fonctionnalisée au plan abaissement de température sont en cours d'évaluation sur site réel (université de Bethlehem et Institut Weizmann).

Références

[1] Belghith M.H., doctorat de l'université Paul Sabatier, nov. **1995**.
[2] Belghith M.H., Bès R.S., Traverse J.-P., Procédé de traitement de surface sur substrat en cuivre ou alliage de cuivre en vue de réaliser des capteurs solaires thermiques. Brevet français 9508090, Université Paul Sabatier, 3 juillet **1995**.
[3] Konate S., doctorat de l'université Paul Sabatier, sept. **1997**.
[4] Salmi J., Bonino J.-P., Bès R.S., *J. Mat. Sci.*, **2000**, *35*, p. 1347–1351.
[5] Pekruhn W., Thomas L.K., Broser I., Schroder A., Wenning U., *Solar Energy Materials*, **1985**, *12*, p. 199–209.
[6] Konate S., Bès R.S., Traverse J.-P., *Ann. Chim. Sci. Mat.*, **1997**, *22*, p. 67–87.

Remerciements

Les auteurs remercient les docteurs M.H. Belghith, S. Konate, J. Salmi et J.-P. Dasquet pour leur contribution essentielle à l'avancement des travaux de l'équipe lors de la préparation de leurs thèses.

Préparation des échantillons « poids par poids »

François Azière*, ancien responsable du Laboratoire d'analyses contrôle-qualité d'Avecia (ex. Zeneca)

Cet article met en avant les avantages du travail « poids par poids » en analyse chimique grâce aux balances électroniques. J'entend par le terme « poids par poids » la substitution de l'utilisation du volume par le poids en terme de méthode de travail dans un laboratoire d'analyses.

Les questions à se poser sont :

Pourquoi utilise-t-on comme unité le volume en chimie (mol/L) ?

L'analyse chimique a pris naissance au siècle dernier en même temps que la chimie. Pour résoudre les problèmes rencontrés, les chimistes ont employé la technologie dont ils disposaient. Pour l'analyse quantitative de solutions, ils ont utilisé comme mesure le volume car c'était la méthode la plus pratique à mettre en œuvre. Ils disposaient de verre avec de bonnes résistances chimiques et thermiques, facile à travailler au laboratoire. Depuis, sur toutes les paillasses se trouvent burettes, pipettes et fioles jaugées.

Ils auraient pu utiliser le poids, mais à cette époque, ils disposaient de balances à plateaux, plus tard mécaniques, qui sont fragiles et d'utilisation fastidieuse. Elles ne permettent pas un travail rapide, nécessitent beaucoup de maintenance et doivent être utilisées par du personnel qualifié.

L'utilisation du volume pour déterminer des concentrations a des atouts, mais avec les progrès techniques, ***ces avantages sont-ils encore valables aujourd'hui ?***

Ne faudrait-il pas revoir les méthodes de travail dans les laboratoires d'analyses ?

Avec l'arrivée, il y a plus de 20 ans, des balances électroniques, nous avons un nouvel outil de travail très performant et le plus souvent sous-exploité. Les balances actuelles ont de grandes gammes de mesure et de plus, elles permettent de faire des pesées négatives, des tares automatiques, et du multipesage. Par ailleurs, elles sont très stables et peuvent être directement utilisées sur une paillasse. Toutes ces possibilités remplacent dans beaucoup de cas les instruments volumétriques de laboratoires, mais impliquent une autre méthodologie de travail.

Les avantages de travailler en poids sont nombreux, prenons-les au cas par cas :

La précision

Pour comparer la précision entre les balances et la verrerie jaugée, il faut le faire à quantité équivalente. Dans le cas de la verrerie, à chaque instrument correspond un volume, alors que pour les balances, on peut considérer deux classes :

- La balance de précision au 1/10 000 de gramme avec un plage de pesée de l'ordre de 200 grammes et une précision de 0,1 mg ;
- Le Trébuchet au 1/100 de gramme avec un plage de pesée de 1 gramme à 3 kilogrammes et une précision de 0,02 gramme.

Pour la verrerie jaugée, quelques exemples de précisions sont données dans le *tableau I*.

Tableau I.

Verrerie	Tolérance en mL
Fiole de 5 mL	0,004
Fiole de 50 mL	0,01
Fiole de 500 mL	0,04
Fiole de 1000 mL	0,1
Pipette de 1 mL	0,003
Pipette de 5 mL	0,006
Pipette de 10 mL	0,007
Pipette de 20 mL	0,009

On constate dans tous les cas que les balances sont beaucoup plus précises que la verrerie volumétrique.

La reproductibilité

Quelque soit l'instrument utilisé pour prélever un volume, la reproductibilité dépend du manipulateur, alors qu'avec une balance, la reproductibilité ne dépend que de l'appareil.

* Le Président, allée B, rue Saint-Alban, Les Vignes, 38200 Vienne.
Tél. : 04 74 53 38 78. Fax : 04 72 71 26 07. E-mail : francois-aziere@wanadoo.fr

La mise en œuvre

Pour travailler en « poids par poids » dans un laboratoire, il existe un grand nombre de possibilités, et tout dépend du besoin.
Si l'on travaille sur des quantités inférieures à 100 g, une balance au 1/10 000 g avec une plage de 160 g suffit.
Si les méthodes requièrent des dilutions importantes, par exemple 1 g à 500 g ou 0,1 g à 1 000 g, il est nécessaire d'employer 2 balances, une au 1/10 000 de gramme pour le soluté et une au 1/100 de gramme avec une plage de 2 à 5 kg pour le solvant.
En ce qui concerne le matériel de prélèvement et la vaisselle, une fois encore, tout dépend des besoins, mais il est recommandé d'utiliser le plus possible du consommable jetable du type compte-gouttes en plastique ou en verre, pots en polyéthylène, etc.

Les dilutions

Avec 2 balances, une au 1/10 000 et une au 1/100 de gramme, on peut effectuer des gammes de dilution presque illimitées.
De plus, les dilutions « poids par poids » permettent de résoudre les problèmes de mousses, de viscosités, de traits de jauge et de parallaxes rencontrés avec de la verrerie.

La conformité des appareils

Il est très facile de vérifier ou de calibrer une balance, soit par des moyens internes, soit par l'intermédiaire de spécialistes (service après-vente des fournisseurs).
Par contre, il est problématique et très onéreux de faire certifier une pipette, une fiole jaugée ou une burette.
Par ailleurs, la masse ne dépend pas de la température alors que le volume, lui, y est sensible. L'étalonnage des balances est donc moins contraignant.

La sécurité

Le verre est une cause importante d'accidents dans les laboratoires. Pour les éviter, il faut diminuer son usage, d'où l'avantage d'utiliser les balances électroniques car elles permettent d'employer un maximum de matériels consommables jetables. En outre, le travail en poids supprime les risques de « pipetage » avec la bouche qui est interdit, mais hélas encore quelquefois pratiqué.

Les coûts

Il est moins onéreux de travailler avec des balances électroniques que d'utiliser de la verrerie volumétrique de laboratoire. D'abord les balances ne cassent pas comme du verre, et les éléments suivants démontrent cette affirmation :

- Une balance de précision coûte en moyenne 25 000 F,
- Une balance au 1/100 de gramme coûte 10 000 F.

Soit pour 2 balances, un coût de 290 F par mois, avec une durée de vie de 10 ans minimum.
Le coût d'une seule fiole jaugée de 1 litre est déjà de 400 F.
Si l'on considère que les laboratoires sont déjà équipés de balances, le coût de revient de cette méthode de travail est équivalent à celui du consommable.
Au point de vue temps de manipulations, l'expérience montre que la méthode « poids par poids » est aussi rapide que les méthodes traditionnelles et que de surcroît, on gagne sur le temps de lavage en utilisant du matériel consommable en plastique.

L'utilisation d'une balance comme burette

L'utilisation d'une balance comme burette n'est pas fréquente dans les laboratoires d'analyses chimiques. Voici un exemple démontrant les possibilités qu'offrent les balances électroniques.

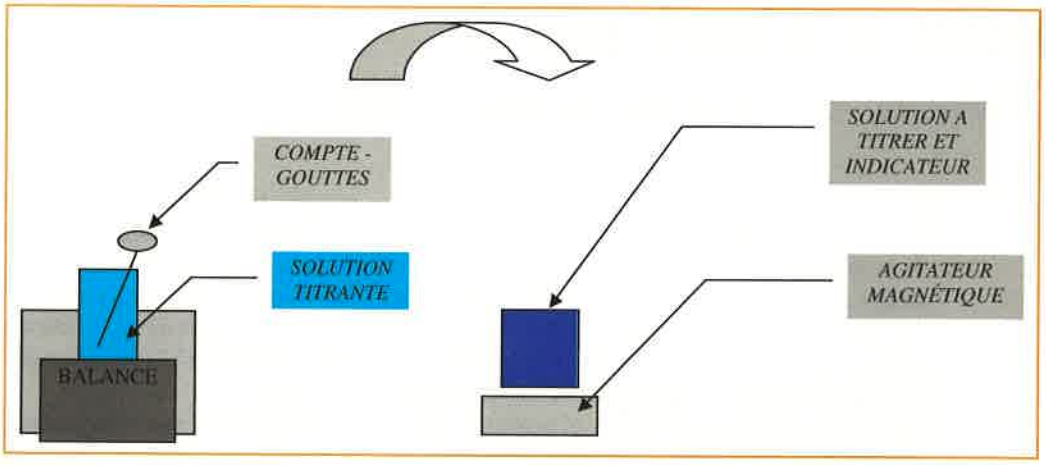
Matériel à utiliser :

- une balance électronique,
- un flacon de solution titrante,
- un compte-gouttes en plastique,
- un agitateur magnétique,
- un erlenmeyer de 250 mL.

Mode opératoire :

- mettre le flacon de solution titrante et le compte-gouttes sur la balance,
- effectuer la mise à zéro,
- mettre la quantité en masse de produit à doser et l'eau dans l'erlen,
- mettre l'erlen sous agitation,
- ajouter le mode de détection dans l'erlen (indicateur coloré ou électrode),
- doser en ajoutant la solution titrante avec le compte-gouttes,
- au point équivalent mettre le compte-gouttes sur la balance et relever la masse (valeur négative), car elle correspond au volume équivalent.

Schéma :



Cette méthode supprime les problèmes de parallaxe des burettes manuelles et des bulles d'air dans les tuyaux pour les burettes automatiques. Elle permet d'avoir autant de réactifs que l'on veut pour un coût qui reste modeste. Elle est conforme à toutes les normes en vigueur si la balance est étalonnée régulièrement.

- Si l'on utilise des solutions titrantes de l'ordre de 0,01 mol/L, la masse au point équivalent correspond directement au volume car la densité est voisine de 1.
- Si l'on utilise des solutions titrantes plus concentrées (1 ; 2 ; 0,1 mol/L), il faut tenir compte de la densité.

Exemples d'utilisation du travail « poids par poids » en analyse chimique

- Les méthodes « poids par poids » s'adaptent facilement à l'analyse de l'eau. Par exemple, dans le cas de la $D.B.O._5$[1], l'avantage principal de travailler « poids par poids » est que l'on peut utiliser les dilutions que l'on veut pour obtenir le meilleur résultat possible.
- La préparation des échantillons et des étalons pour l'analyse des métaux par ICP ou absorption atomique est très pratique et rapide.
- Pour la préparation des éluants pour HPLC, la méthode « poids par poids » supprime les problèmes de contraction de volume due au mélange de solvants.
- La préparation des échantillons et des étalons pour les analyses chromatographiques en « poids par poids » permet parfois de les effectuer directement dans des vials[2] de 2 mL pour un passeur d'échantillons.

Pour toutes ces raisons, je pense que cette méthodologie de travail a de l'avenir dans la chimie analytique. Mais il faut former et convaincre les chimistes que c'est un plus pour la qualité de leur travail.

Dans certains cas, on est obligé d'utiliser les volumes, aussi je conseillerais d'utiliser les pipettes automatiques qui sont reproductibles et peuvent être étalonnées aisément.

Le mode de travail « poids par poids » va dans le sens de la diminution de l'utilisation de verre dans les laboratoires de chimie qui est souvent cause d'accidents.

Avec le matériel actuel, essentiellement le consommable en plastique, la verrerie peut être remplacée dans de nombreux cas.

Alors que les appareils d'analyses ont beaucoup progressé (ils permettent de détecter des ppt), l'échantillonnage et la préparation des échantillons peuvent, quant à eux, encore évoluer.

Notes

[1] $D.B.O._5$: demande biochimique en oxygène après 5 jours (indique la biodégradabilité d'une eau résiduaire).

[2] Vial : flacon standardisé (généralement de 2 mL) pour les passeurs automatiques d'échantillons HPLC, CPG ou autres.

PolymerExpert SA : histoire d'une « start-up »

Alain Deffieux*, directeur de recherche CNRS

Le transfert du savoir-faire des grands établissements d'enseignement et de recherche (universités, grandes écoles, CNRS...) vers le milieu industriel, notamment vers les PME-PMI, ont été et demeurent un thème d'actualité majeur. Soutenue au plan institutionnel par les différents ministères concernés, la valorisation des compétences des laboratoires publics de recherche et de ses chercheurs a fait l'objet d'un large débat dont les médias se sont fait l'écho. Au travers de la mise en place de filières appropriées, l'incitation et le soutien institutionnels ont permis à nombre de projets de voir le jour, de s'essayer dans un environnement propice et finalement de se concrétiser par la création de jeunes entreprises à fort potentiel technologique.

Si les secteurs des biotechnologies, de l'informatique et de l'Internet ont été les plus largement concernés, ou du moins les plus en vue, des exemples se rencontrent également dans des créneaux d'activités plus conventionnels et plus anciens comme ceux de la chimie et des matériaux. Le cas de PolymerExpert, qui comme son nom l'indique concerne le domaine des polymères, est tout à fait exemplaire à cet égard.

Historique

PolymerExpert a débuté son parcours en tant que cellule de valorisation et de transfert technologique de l'École Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de Bordeaux (ENSCPB).

Sa création en 1996, sur mon initiative, a été concrétisée par le recrutement de personnels et l'ouverture d'une ligne budgétaire gérée par l'Association pour le Développement de l'Enseignement et de la Recherche auprès des Entreprises d'Aquitaine (ADERA). La cellule a démarré son activité avec le soutien du Laboratoire de chimie des polymères organiques (LCPO), de l'ENSCPB, du Conseil Régional d'Aquitaine et de la DRRT, sous un statut de type associatif.

Après une phase initiale délicate (liée au démarrage de l'activité), la cellule a réussi à identifier de manière précise son périmètre d'intervention. Elle a su valoriser ses compétences et son savoir-faire dans le domaine de la synthèse, caractérisation et formulation des polymères et s'est positionnée comme un centre de recherche appliquée, spécialisé dans la synthèse à façon et l'expertise des matériaux polymères.

La souplesse de son organisation, la disponibilité et le professionnalisme de son équipe ainsi que l'appui scientifique du LCPO lui ont permis de répondre de manière concrète aux demandes de ses clients dans divers secteurs des matériaux polymères : élastomères, thermoplastiques, thermodurcissables. Le respect des délais, la confidentialité et les démarches « qualité » ont été les autres atouts mis en avant par la cellule pour la réussite des études entreprises. Celles-ci ont été à l'origine du dépôt de plusieurs brevets (biomatériaux implantables) et de la mise sur le marché de produits innovants correspondants.

La volonté de ses responsables, l'audit réalisé par le cabinet Ernst & Young concluant à un important potentiel de développement, mais aussi la nécessité de créer une unité de production pour assurer un suivi d'approvisionnement aux clients de PolymerExpert, ont été les principaux facteurs de l'évolution vers la création d'une entreprise de type privé.

Ce projet de création, sélectionné dans le cadre du Concours Visa Valoris 1998, a été retenu comme l'un des meilleurs projets régionaux au Concours de Création d'Entreprises de Technologie Innovante 1999 et 2000 et a bénéficié d'un engagement important des institutionnels (MRT, CNRS, université Bordeaux I, ANVAR...). Des conventions de partenariat et des aides financières ont permis de préparer dans de bonnes conditions la transformation en société anonyme.

La participation de l'ENSCPB au capital de la société a été possible grâce à la loi sur l'innovation du 12 juillet 1999 et à son décret d'application du 13 décembre 1999.

Les derniers obstacles administratifs franchis en octobre 2000, PolymerExpert SA, fort de six ingénieurs et techniciens et d'un administratif,

* PolymerExpert SA, 16, avenue Pey Berland, 33607 Pessac Cedex. Tél. : 05.56.84.66.61. Fax : 05.57.96.29.87.
E-mail : contact@polymerexpert.fr - http://www.polymerexpert.fr
ENSCPB, LCPO, 16, avenue Pey Berland, 33607 Pessac Cedex. Tél. : 05 56 84 84 85. Fax : 05 56 84 84 87.
E-mail : deffieux@enscpb.u-bordeaux.fr

a démarré son activité dans des laboratoires loués à l'ENSCPB.

Activités

Le métier de PolymerExpert SA est l'expertise et la production dans le domaine des matériaux polymères. Sa vocation principale est de répondre aux besoins d'innovation de ses clients et de les accompagner du stade de laboratoire à la commercialisation du produit.

La société propose actuellement :

- **une activité de service et d'appui technique en R & D dans le domaine des polymères**

L'intervention de PolymerExpert concerne aussi bien l'assistance des équipes de R & D de ses clients que la prise en charge totale d'une étude à finalité appliquée. L'un de ses objectifs est de répondre d'une part aux besoins d'externalisation de recherche des grands groupes et, d'autre part, de devenir un centre de recherche en temps partagé pour des PME-PMI opérant dans des secteurs d'activités non concurrentiels.

La spécificité de l'offre repose d'une part sur le professionnalisme des intervenants et d'autre part sur la complémentarité entre une approche scientifique pure, provenant de l'environnement et de la formation des personnels, et l'expérience issue des relations industrielles et des contraintes qui lui sont propres (gestion de projet, respect de délais, confidentialité totale des travaux, démarche qualité – certification ISO 9001 en cours…)

- **une capacité de production de polymères spéciaux et de matériaux nouveaux de plusieurs centaines de kilogrammes ;**

Une des limitations au développement et à l'utilisation par les entreprises de produits nouveaux réside dans leur difficulté à s'approvisionner en polymères spéciaux ou en matériaux répondant à un besoin très spécifique. La possibilité de produire dans le cadre de partenariats d'industrialisation, des produits ou matériaux dont l'élaboration demande une haute technicité, doit les aider à faire sauter ce verrou. C'est notamment ce qui est déjà réalisé dans le cadre de la fabrication au stade industriel d'une nouvelle gamme de biomatériaux implantables.

Un autre aspect des capacités de production de PolymerExpert concerne l'application des procédés de polymérisations « vivantes », anionique, cationique et radicalaire pour élaborer une gamme complète de polymères, copolymères étalons et d'autres architectures macromoléculaires, de structures et de dimensions précisément définies et caractérisées. Ces polymères et copolymères peuvent être synthétisés à façon, ou sont pour certains disponibles sur catalogue consultable par Internet.

Pour réaliser ces travaux, PolymerExpert s'appuie sur des personnels hautement qualifiés (docteurs, ingénieurs et techniciens), spécialistes du domaine concerné, ainsi que sur des équipements spécifiques récents, propres à la société (réacteurs de polymérisation, appareils de spectroscopie IRFT, UV-visible, de chromatographies HPLC, GPC, etc.). Elle bénéficie également de l'accès à des équipements lourds (RMN, spectromètre de masse, analyse mécanique DMA, AED, dynanomètre, etc.) grâce à des conventions passées avec l'ENSCPB, l'université de Bordeaux I et le CNRS.

Enfin, fort de ses compétences et équipements, **PolymerExpert développe, par une recherche menée en interne**, parfois en collaboration avec des laboratoires universitaires porteurs d'une idée ou d'une technique, **des produits et procédés innovants propres**. Les équipes travaillent notamment sur un projet de substitut de disque intervertébral à propriétés amortissantes à base de polymère, sur un activateur de polymérisation radicalaire non toxique pour les ciments acryliques utilisés en prothèse articulaire, ainsi que sur les aspects du recyclage de certains polymères par micronisation à froid. Plusieurs brevets sont en cours de dépôt dans ces différents domaines. Une industrialisation à moyen terme de ces procédés et matériaux, certains directement par PolymerExpert, les autres au travers de cessions de brevets ou de licences, sont les voies de valorisation retenues.

L'innovation pour PolymerExpert SA est un concept qui, mis en application, doit apporter de la valeur ajoutée à l'ensemble des partenaires. C'est dans cet état d'esprit que le PDG Marc Dolatkhani et son équipe mènent les différentes études qu'ils entreprennent et veulent assurer la réussite de PolymerExpert.

Les diplômes de la chimie dans l'enseignement supérieur français (2)

Les études courtes : BTS, DUT et licences professionnelles

Elsa Champion, Séverine Bléneau

Les futurs étudiants en sciences n'imaginent pas toujours à quel point la chimie est impliquée dans toute l'industrie et est indispensable à la recherche. De la parfumerie aux adhésifs en passant par la pharmacie, la chimie représente probablement un des secteurs les plus diversifiés, offrant une palette de métiers très variée. De son côté, la recherche pourrait bien de plus en plus faire appel aux chimistes pour l'étude de disciplines émergentes telles que la génomique par exemple.

Après une période difficile dans ce secteur, les propositions de postes sont de nouveau nombreuses, notamment pour les techniciens supérieurs diplômés et qualifiés.

Si les jeunes bacheliers scientifiques (issus de **S** ou **STL**) s'orientent majoritairement vers l'université, la filière des études courtes, à savoir celle des **BTS** et des **DUT**, constitue la deuxième voie d'accès aux études supérieures. Ces formations courtes rendent prioritaire l'insertion professionnelle et pour cela accordent une grande importance aux travaux pratiques et aux stages en entreprises. Si BTS et DUT se déroulent dans des structures différentes, ils ont tous deux pour objectif de former des jeunes en 2 ans à un métier qui réponde le mieux possible aux besoins des industriels.

Ces diplômes bénéficient d'un fort encadrement pédagogique : volume horaire des enseignements relativement important, travail en petits groupes…

Néanmoins, si les jeunes sont opérationnels au bout des 2 ans, bon nombre d'entre eux utilisent BTS ou DUT comme une passerelle vers la poursuite de leurs études.

Suivant les établissements, jusqu'à deux-tiers des étudiants optent pour une année de spécialisation qualifiante « post-BTS » ou « post-DUT », rejoignent un 2e cycle universitaire ou encore intègrent une école d'ingénieurs. Pour ce qui est du cursus universitaire, les étudiants ont le choix entre la filière classique (licence) et les filières préparant des diplômes à finalité professionnelle (IUP, MST).

Cela dit, une nouvelle piste est offerte aux titulaires de BTS, de DUT ou de DEUG : il s'agit des **licences professionnelles**. Il en existe actuellement quatre dans le domaine de la chimie, accréditées par le ministère de l'Éducation nationale. Mis en place à la rentrée 2000, ce diplôme assure une formation complémentaire aux titulaires d'un bac + 2 qui leur permettra d'intégrer directement des postes de techniciens spécialisés. Dans le cadre de l'harmonisation européenne en cours, ce diplôme offre un niveau de sortie reconnu à bac + 3.

La licence professionnelle vise non seulement l'insertion professionnelle mais permet également aux jeunes d'acquérir de bonnes connaissances de l'univers de l'entreprise, des notions de droit, de linguistiques…

Les industriels coopèrent avec les enseignants afin de s'adapter aux évolutions nouvelles du monde de la chimie et de répondre aux besoins nouveaux de connaissances.

Par ailleurs, la formation en alternance attire de plus en plus de jeunes. Cette formule nécessite beaucoup de travail mais responsabilise les apprentis très

Lexique indispensable au déchiffrage des sigles employés

Bac S : baccalauréat scientifique
Bac STL : baccalauréat sciences et technologies de laboratoire
BTS : Brevet de Technicien Supérieur
CFA : Centre de Formation d'Apprentis
CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers
DEUG : Diplôme d'Études Universitaires Générales
DEUST : Diplôme d'Études Universitaires Scientifiques et Techniques
DNTS : Diplôme National de Technologie Spécialisé
DUT : Diplôme Universitaire de Technologie
GRETA : groupement d'établissements publics locaux d'enseignement qui fédèrent leurs ressources humaines et matérielles pour organiser des actions de formations continues
IUP : Institut Universitaire Professionnalisé
IUT : Institut Universitaire de Technologie
MST : Maîtrise de Sciences et Techniques
STS : Section de Techniciens Supérieurs
UIC : Union des Industries Chimiques
UFR : Unité de Formation et de Recherche

rapidement et leur permet une intégration efficace au sein des entreprises.

BTS, DUT et DEUST : former des techniciens supérieurs

La liste des établissements préparant aux différents BTS, DUT et DEUST de chimie est disponible sur le serveur de la SFC : **http://www.sfc.fr**

Les BTS (Brevets de Techniciens Supérieurs)

La préparation des Brevets de Techniciens Supérieurs s'effectue dans des Sections de Techniciens Supérieurs (STS), le plus souvent dans des lycées publics ou privés.

Le BTS est un diplôme national de niveau III ; les programmes et les épreuves sont donc uniformisés sur tout le territoire français.

- Les diplômes

Les titulaires d'un bac S ou STL se voient proposer plusieurs BTS dispensant un enseignement de chimie.

Tout d'abord, on répertorie deux BTS généralistes où la chimie est majoritaire :

- BTS chimiste (1 371 élèves inscrits en 1999 en France métropolitaine),
- BTS biochimiste (1 845 inscrits en 1999).

Il existe aussi des BTS beaucoup plus appliqués :

- BTS peintures, encres et adhésifs (71 inscrits en 1999),
- BTS métiers de l'eau.

Citons également d'autres BTS consacrant une petite part de leurs enseignements à la chimie comme le BTS techniques physiques pour l'industrie et le laboratoire ou encore le BTS hygiène, propreté, environnement.

- La sélection

La sélection se fait sur dossier. Il peut y avoir un entretien de motivation devant un jury parfois composé de professionnels. Celui-ci est obligatoire pour les candidats aux formations en alternance.

- Les enseignements

Le BTS est une excellente formation pour l'enseignement des techniques de manipulation, ce qui passe obligatoirement par un volume horaire important de travaux pratiques : 11 h hebdomadaires en 1ère année de BTS chimiste et 13,5 h en 2e année.

Les étudiants doivent également effectuer un stage à plein temps en milieu professionnel. Les futurs techniciens supérieurs pourront ainsi mieux appréhender la réalité professionnelle et appliquer les connaissances acquises en milieu scolaire. Ils conforteront un certain nombre de pratiques grâce à l'observation, à l'implication et à l'analyse de cas concrets, multiples et diversifiés tels qu'en offre la profession.

Au total, les enseignements sont répartis sur une trentaine d'heures hebdomadaires partagées entre cours, travaux dirigés et travaux pratiques auxquels s'ajoutent des cours généraux comme le français, les langues…

Il faut souligner que les futurs techniciens supérieurs, même si cela ne figure pas explicitement dans le programme, sont sensibilisés aux notions primordiales de sécurité et d'environnement.

- L'alternance

De plus en plus d'étudiants cherchent à effectuer leur formation en alternance. Cela représente une masse de travail considérable, mais l'étudiant acquiert une maturité professionnelle certaine et possède déjà une expérience lorsqu'il obtient son diplôme.

Cela dit, la motivation doit être grande, les épreuves de l'examen final restant identiques à celles de la filière normale. Les apprentis ne suivent que les 2/3 des cours par rapport aux autres étudiants.

- La formation continue

Les organismes comme le GRETA ou le CNAM proposent une préparation aux différents BTS pour les salariés d'entreprise, mais également pour de jeunes bacheliers, à condition qu'ils aient trouvé une entreprise d'accueil.

- Les débouchés

Le technicien supérieur chimiste, par sa formation scientifique, technologique et humaine, possède les connaissances et le savoir-faire nécessaires à l'accomplissement d'activités industrielles et de laboratoire concernant à la fois l'élaboration de substances et l'analyse de produits chimiques.

Ces activités sont exercées dans des branches pluridisciplinaires variées : chimie lourde, chimie fine, pharmacie, matières plastiques, industries agroalimentaires, industrie nucléaire ou traitement des eaux.

Il ne faut pas négliger les possibilités d'évolution de carrières offertes à ces techniciens supérieurs. En fonction de leur personnalité et du type d'entreprise dans lequel ils travaillent, les jeunes diplômés peuvent suivre une formation continue (avec le GRETA, le CNAM…), qui leur permettra d'évoluer jusqu'à un niveau d'ingénieur par exemple.

• Le **BTS chimiste** est préparé par 24 établissements dont 4 en région parisienne.

Ce BTS approfondit 3 domaines de la chimie :

- chimie générale, physico-chimie, chimie minérale et travaux d'analyse,
- chimie organique et travaux de synthèse organique,
- technologie et génie chimique.

Catherine Ripert, professeur de chimie en BTS chimiste au lycée polyvalent Galilée de Gennevilliers (Hauts-de-Seine) :

• Quelles sont les différences au niveau du recrutement des étudiants issus des filières S ou STL ?

« Les bacheliers issus de S et STL n'ont pas suivi les mêmes études donc n'ont pas les mêmes niveaux respectifs. Le programme est fait de telle manière qu'en 1ère année, ils n'ont pas tout à fait les mêmes horaires. On a renforcé les heures de français, anglais et mathématiques pour les élèves issus de STL. Pour les élèves venant de S, on a étayé le programme de génie chimique. Les TP n'ont pas été modifiés car on s'est rendu compte que les élèves s'adaptaient. En fait, c'est surtout la partie génie chimique que les élèves de S n'ont jamais abordée et qui est très, très particulière. Ça compense l'anglais, les mathématiques et le français. A la fin de la première année, il n'y a plus de différence de niveau entre les élèves.

On recrute à Gennevilliers moitié de S et moitié de STL ; ce qui permet entre autre aux élèves de côtoyer des personnes d'horizons différents. On a une classe de 28 élèves en 1ère année et cette année, ils sont 32 en 2e année ».

• Pouvez-vous comparer les formations BTS et DUT ?

« Le BTS est un diplôme national. Tous les BTS ont donc le même niveau et, évidemment, les programmes vont être généraux. Par contre, les DUT ont un peu leur spécialisation et n'ont pas tous exactement le même niveau. De plus, il semblerait que les IUT recrutent les S et de moins en mois les STL.

BTS et DUT sont des filières sélectives.

L'emploi du temps est lourd, les coefficients sont de 7 pour la théorie, pour le génie chimique et pour les TP en section de BTS chimiste. Les études en STS nécessitent d'être un élève régulier et « bosseur ». Les absences sont suivies alors que dans les IUT, on est plus au régime fac.

C'est la 4e année que le programme actuel du BTS est en place, le précédent était resté en place 10 ans. Dans les commissions, la présence des industriels est indispensable et nécessite des ajustements pédagogiques pour que les programmes soient à la hauteur de l'attente des professionnels ».

• Comment se déroule l'alternance dans votre établissement ?

« C'est à la demande des industriels de la chimie qu'on a créé cette section d'apprentissage. On a donc une section de cursus normal et une demi-section d'apprentis dans laquelle l'UIC Ile-de-France avec son AFI 24 est en jeu.

En plus ici, on a une formation de préapprentissage : environ 8 semaines aux mois de mai, juin, juillet pendant lesquelles on prend des élèves en échec scolaire (qui ont fait une année de faculté de médecine, pharmacie...) qu'on essaie de remettre à niveau.

Sur Gennevilliers, c'est la sixième promotion d'apprentis. On a toujours eu statistiquement le même taux de réussite par rapport à la filière normale. Il y a même eu des années où le taux de réussite en apprentissage était supérieur mais les effectifs sont trop petits pour faire des statistiques.

L'apprentissage requiert beaucoup de motivation. Les apprentis passent le même diplôme que les autres ; par contre, ils partagent leur temps entre école et entreprise. Ils ont beaucoup moins d'heures de cours et travaillent pendant les vacances.

Ils ont peut-être un peu plus de facilités à trouver du travail mais il faut reconnaître que pour le moment, nos autres étudiants n'ont pas eu trop de mal à décrocher un premier emploi ».

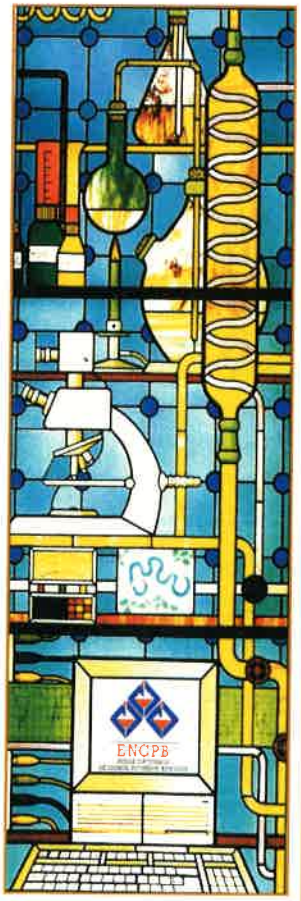
• Quel est le devenir de vos étudiants ?

« C'est environ la moitié de nos élèves qui poursuivent leurs études principalement pour effectuer une année de spécialisation. Nous ne poussons pas nos élèves à entrer en licence à l'université ; néanmoins, beaucoup ne veulent pas entrer dans la vie active après leur BTS. Les meilleurs réussissent à intégrer des écoles d'ingénieurs. La licence professionnelle, c'est tout à fait nouveau et cela me semble très bien, proche des formations actuelles BTS + 1 ».

• Quel est le point de vue des industriels vis-à-vis de ces étudiants ayant suivi une formation professionnalisée ?

« L'embauche des industriels est sensiblement identique entre BTS et DUT ; le raisonnement se fait souvent plus par tradition que par préférence de la part des professionnels.

Il y a eu un creux au niveau du marché de l'emploi en chimie ces dernières années, mais il semblerait que ça reparte.
On est en réalité touché par la désaffection des étudiants pour les études scientifiques. Les classes préparatoires voient leur dossier diminuer et si BTS et DUT remplissent leurs sections, les candidats sont moins nombreux et d'un niveau plus faible.
Il faut savoir que les promotions existent, la formation continue peut offrir de véritables opportunités, si les jeunes les saisissent.
Le BTS métier de l'eau semble offrir de bons débouchés, tandis qu'un BTS peinture, encres et adhésifs est peut-être trop pointu et ferme des portes.
Pour la moitié d'entre eux, les titulaires d'un BTS chimiste ne sont pas embauchés par l'industrie chimique. Ils peuvent être recrutés par l'industrie agroalimentaire, la police scientifique, les aéroports de Paris, les Ponts et Chaussées... Par ailleurs, beaucoup d'élèves effectuent leurs stages dans des laboratoires du CNRS, des Instituts Curie ou Pasteur... même si l'embauche y est moins évidente ».



Vitrail réalisé par Annie et Patrick Confetti

Daniel Charpentier, chef de travaux des BTS chimiste et métiers de l'eau à l'ENCPB (École Nationale de Chimie, Physique, Biologie) :

• Comment se fait la sélection des candidats au BTS chimiste ?
« La sélection se fait sur dossier, à la fois au niveau du bac S et des bac technologiques.
Ici, nous sommes dans un lycée préparant au bac STL, ce qui est aussi un moyen de recrutement correspondant bien à une poursuite d'études en BTS. Nous recrutons aussi des élèves venant d'autres établissements et ceux titulaires d'un bac S. Les effectifs sont à peu près de 50 % de bac S et 50 % de bac STL. On les mélange. En BTS chimiste, il y a 60 élèves par promotion répartis dans 2 classes.
On sélectionne donc les candidatures sur dossiers et on a des grilles d'évaluation pour les noter ».

• Que pensez-vous de l'alternance ?
« Nous sommes une unité de formation par apprentissage et nous le faisons pour un centre de formation qui s'appelle l'AFI 24 située à La Défense. Les candidats doivent trouver eux-mêmes leurs entreprises. Ici, nous avons 16 apprentis. En général, il y a 15 jours d'école et 15 jours en entreprise ; le nombre d'heures de TP et de cours étant réduit par rapport à la filière normale.
Je dis toujours aux jeunes que l'apprentissage c'est très dur. Il faut être en bonne santé et bien savoir gérer son énergie. On est salarié et on a des comptes à rendre à l'entreprise mais également à l'établissement scolaire.
Ce qui est sûr, c'est que les apprentis passent les mêmes épreuves, dans les mêmes conditions que les autres. Donc, ils sortent avec le même niveau que ceux de la filière classique, mais avec de l'expérience professionnelle.
Pour le BTS chimiste, et avec mon expérience ici, l'apprentissage est une possibilité mais, si dans notre établissement, nous avons 95 % de réussite par la filière normale, pour la voie de l'apprentissage, c'est 70-75 % ».

• Comment considérer le fait que beaucoup de diplômés poursuivent leurs études ?
« Je le verrais comme un choix vers une formation professionnelle courte sans se fermer de portes. Choisir cette voie peut être sécurisant : 2 ans après le bac, on peut rentrer dans la vie active et on a un métier recherché et reconnu. On peut continuer des études universitaires ou des études d'ingénieurs.
Il y a 2-3 ans, il y avait une crise et la poursuite d'études était un moyen de reculer l'échéance pour entrer dans la vie active ».

• Quelles sont les possibilités d'évolution de carrière pour des techniciens supérieurs ?
« Les industriels participent aux programmes donc nous connaissons bien leurs attentes. Les modifications pédagogiques et le renouvellement des matières se font en accord avec la profession. Le but est de former des jeunes qui, quand ils sortent, puissent répondre à la demande des professionnels. On a d'anciens élèves de BTS qui ont continué leurs études et qui font des carrières mirobolantes ».

ENSEIGNEMENT

Annick Robin, étudiante en 2e année de BTS chimiste à l'ENCPB

• Quel est ton parcours ? Pourquoi as-tu choisi un BTS chimiste plutôt qu'un DUT de chimie ?
« Je suis rentrée à l'ENCPB en 2de technologique et j'y ai obtenu mon bac STL.
Le DUT, c'était à l'université. On y est plus libre alors qu'ici, on est plus encadré. Le stage ici se fait en 1ère année, on est donc concentré sur l'examen pendant la 2e année.
Le BTS suivait plus l'enseignement du bac STL au niveau des TP, de l'encadrement ... ».
• Comment s'est déroulé ton stage en fin de 1ère année ?
« J'ai eu la chance de faire mon stage au Canada, à Montréal. J'ai fait de la synthèse organique à l'université, au sein de l'Institut National de Recherche Scientifique.
Nous avions un sujet : mettre au point des solutions biodégradables sur des barquettes alimentaires qui avaient tendance notamment à prendre l'eau. On a donc fabriqué des films biodégradables, imperméables à l'eau. Concrètement, je faisais les films. Nous étions tout au début de l'étude, les ingénieurs et le thésard du laboratoire nous ont d'abord demandé de faire les manipulations à partir des mécanismes qu'ils avaient mis en place. Au début, ils nous indiquaient les modes opératoires puis, peu à peu, c'était nous qui les faisions ».
• Les 2 mois de stage ont-ils été suffisants ?
« Je suis restée pratiquement 3 mois car j'étais à l'étranger.
Pour partir, l'école en début d'année nous a montré des listes d'entreprises en France et à l'étranger. Environ une dizaine d'étudiants est partie à l'étranger, surtout en Europe ».
• Que comptes-tu faire l'année prochaine ?
« Je me suis renseignée pour les écoles d'ingénieurs si on arrive à les intégrer car c'est dur, il faut un dossier en « béton ». Il me semble plus facile d'intégrer la fac.
Je ne me vois pas trop travailler mais plutôt faire une maîtrise internationale.
Le domaine de la chimie dans lequel je travaillerai dépendra des opportunités ».
• As-tu des remarques à faire sur la formation que tu suis ?
« Les TP, c'est très bien car on applique les cours ; l'emploi du temps est vraiment partagé entre les deux. Pour les étudiants qui ont du mal à voir sur le papier, là, ils peuvent le voir directement et ça peut les aider à comprendre.
Peut-être faudrait-il plus d'interactions dans les cours généralistes ».

Cet enseignement spécialisé représente 21,5 h hebdomadaires pour les étudiants issus de S et 19,5 h pour ceux venant de STL. Il s'accompagne également de modules de français (2 h/semaine pour les étudiants issus de S), d'anglais (1 h/semaine), de mathématiques et de physique (6,5 h/semaine), de gestion et de législation (1 h/semaine), ainsi que d'informatique…
Le stage en milieu professionnel dure 8 semaines et donne lieu à une évaluation.

• Le **BTS biochimie** permet l'acquisition de connaissances utiles dans les laboratoires de biochimie, biologie cellulaire et de microbiologie. La chimie y est enseignée surtout en tant qu'appliquée à la biologie. L'enseignement professionnel de biochimie et technologies d'analyse représente un volume horaire hebdomadaire de 7 h dont 5 h consacrées aux TP.
Si l'on peut passer relativement facilement du BTS chimiste à celui de biochimiste; l'inverse n'est pas vrai.

• Le **BTS métiers de l'eau**
4 établissements préparent à ce diplôme relativement récent.

Daniel Charpentier, chef de travaux à l'ENCPB : *« Au niveau des professionnels, on prenait jusqu'à maintenant des chimistes pour tout ce qui concernait les activités des métiers de l'eau. Pour nous, le BTS métiers de l'eau va concerner essentiellement 2 activités : la fabrication d'eau potable et le traitement des eaux de rejet.*
Dans le contenu des programmes, il y a une partie génie des procédés qui ressemble beaucoup à ce qu'on retrouve dans le génie chimique (utilisation de divers procédés pour traiter l'eau potable et les eaux de rejets) : en effet, on retrouve la filtration, la décantation, l'échange d'ions... Par ailleurs, la formation comprend une partie d'analyse chimique de l'eau qui correspond bien à ce que fait un chimiste. Bien sûr, il y a toute une partie d'analyse bactériologique de l'eau.
Le technicien supérieur en métiers de l'eau va se retrouver dans une station de traitement des eaux et sera chargé de la gérer ».

• Le **BTS peinture, encres et adhésifs**
2 établissements préparent à ce diplôme : le lycée privé Notre-Dame (Côtes d'Armor) et l'Institut

Textile et Chimique de Lyon (ITECH), établissement public.
Le diplôme est ouvert aux titulaires d'un bac S ou STL et la sélection se fait sur dossier.
A l'ITECH, la formation comprend 2 stages : le premier, ouvrier, en fin de 1ère année et un 2e, intégré aux études avant les épreuves du BTS.
Les cours sont constitués d'un enseignement général (expression française, langue vivante, législation, gestion et organisation du travail, informatique...), d'un enseignement professionnel (initiation aux peintures, encres et adhésifs ; chimie appliquée aux matériaux, initiation à la couleur...), et enfin de travaux pratiques.
A partir de septembre 2001, l'ITECH proposera ce BTS en alternance.
Les débouchés ont soit un caractère essentiellement technique (fabrication, laboratoire de recherche ou de mesures et contrôle), soit un caractère technico-commercial.
« *Les techniciens supérieurs qui sortent travaillent chez les fabricants de peintures, les fournisseurs de matières premières (colorants, pigments...), chez les équipementiers automobiles qui utilisent des peintures... La chimie des spécialités est en développement et l'emploi se trouve facilement* ». (Mme Pinton, chargée de la mise en place de l'alternance à l'ITECH).

Les DUT (Diplômes Universitaires de Technologies)

Les DUT se préparent dans les IUT, généralement au sein des universités, et l'on dénombre 19 établissements enseignant la chimie.
En 1999, on comptait 5 077 étudiants inscrits en France métropolitaine en IUT de chimie.
Il s'agit d'un diplôme universitaire, donc sans impératif national comme le BTS. Le volume horaire du DUT pour les 2 ans est d'environ 1 800 h contre environ 1 100 h pour les DEUG sciences. 300 h sont destinées au projet tutoré et le stage en entreprise est de 10 semaines au minimum. L'enseignement scientifique compte 1 530 h dont 660 h de travaux pratiques. Le reste, à savoir 270 h, est prévu pour l'enseignement tertiaire.
Chaque département oriente tout naturellement ses enseignements en fonction des besoins de l'industrie chimique locale et les adaptations peuvent atteindre jusqu'à 20 % de l'horaire prévu.
Le DUT peut être obtenu, hormis la formation initiale, par formation en alternance, ce qui implique alors un partenariat avec les industries locales et sous l'égide d'un ou de plusieurs centres de formation d'apprentis.
On distingue différents DUT de chimie parmi les 19 IUT en France :
- DUT chimie/productique chimique ou chimie/matériaux,
- DUT génie chimique (bioprocédés, procédés/bioprocédés),
- DUT sciences et génie des matériaux,
- DUT mesures physiques ; option techniques instrumentales ou matériaux et contrôle physico-chimique.

L'objectif principal des départements de chimie des IUT est de former des techniciens supérieurs, collaborateurs directs de l'ingénieur ou du chercheur dans tous les domaines de la chimie et des industries annexes, qu'il s'agisse de la recherche, du développement, de la production, de l'analyse ou du contrôle.
Nous avons interviewé **Gérard Périchet** qui est responsable de l'IUT de chimie de Lyon et membre de diverses commissions nationales pédagogiques : « *Les DUT forment à un niveau universitaire, lié à la recherche. Le niveau théorique y est supérieur à celui des BTS tout en cherchant à maintenir un bon niveau pratique. Si les étudiants ont beaucoup à apprendre des matières comme les mathématiques et la physique, ils ont un très bon niveau en chimie. Les entreprises sont satisfaites des DUT car les diplômés font preuve d'une grande mobilité et donc d'évolution de carrières intéressantes* ».
En première année, l'IUT de Lyon offre des cours d'expression française : CV, lettre de motivation... en utilisant du matériel audiovisuel. En 2e année, un module est consacré à l'étude économique et juridique des entreprises ainsi qu'à la gestion. Il y a de plus une formation à la recherche bibliographique et à la connaissance d'Internet.
Par ailleurs, Gérard Périchet a indiqué que le gouvernement avait demandé aux membres des assemblées des chefs de départements de chaque spécialité de réfléchir « *à un projet tendant vers une évolution du DUT qui se retrouve désormais coincé entre les BTS et les licences professionnelles* ».

Les DEUST (Diplômes d'Études Universitaires Scientifiques et Techniques)

Le DEUST est un diplôme qui a la même classification que le DUT, mais il se prépare au sein des UFR d'universités. Il dure 2 ans (entre 1 200 et 1 400 h d'enseignements) et son accès se fait au niveau du bac S ou STL ou de la 1ère année de DEUG sciences.
L'avantage de ce diplôme est qu'il est mis en place en liaison avec les professionnels ; un stage est

Tableau I.

Ville	Université	DEUST
Nice	Nice	Chimie analytique
Montpellier	Montpellier II	Parfums, arômes, cosmétiques Génie des préventions et traitements des pollutions
	Montpellier I	Technicien en analyse chimique et physico-chimique
Le Mans	Le Mans	Rhéologie et formulation
Lorient	Bretagne-Sud	Matériaux
Mulhouse	Mulhouse	Analyse, procédés de traitements et gestion des effluents Thermique des bâtiments
Mont-Saint-Aignan	Rouen	Matériaux polymères industriels
Limoges	Limoges	Technicien de contrôle et de mise au point pour l'industrie pharmaceutique Conseiller en hygiène et environnement des collectivités
Angers	Angers	Microbiologie, hygiène et qualité
Corte	Corse	Analyse des milieux biologiques
Villeneuve d'Ascq	Lille I	Technicien en environnement et déchets Génie des technologies de la propreté
Lille	Lille II	Santé environnement techniques industrielles et commerciales
Paris	Paris VI	Biologie santé environnement options bio-industries ou praticien de l'eau
Marseille	Aix-Marseille II	Production et qualité dans les industries pharmaceutiques, cosmétologiques et diététiques

obligatoire et on réalise la préparation d'un projet. Il n'y a pas d'intitulé réglementé, les DEUST doivent répondre à des besoins locaux.
Ils forment des techniciens supérieurs et des assistants ingénieurs dans des domaines d'actualité. La liste des DEUST est donnée dans le *tableau I*.

La professionnalisation des bac + 3

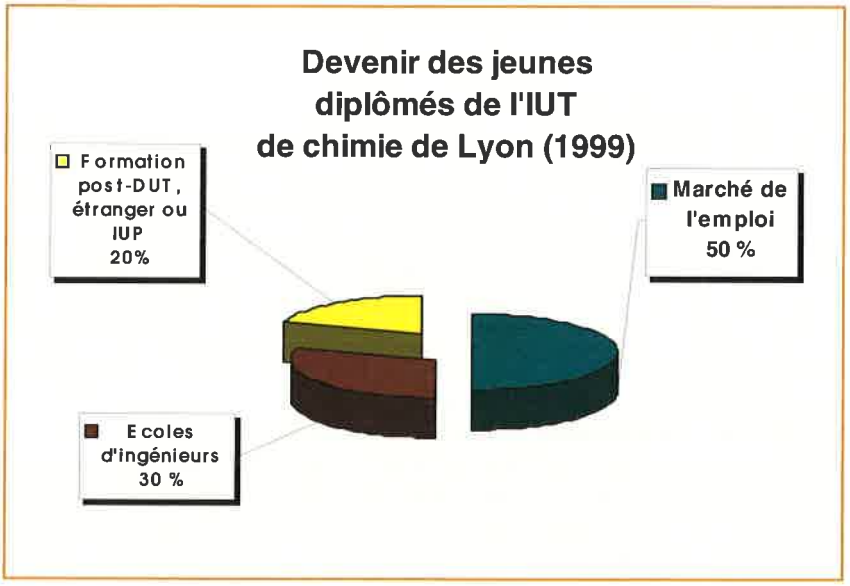
Les jeunes « fraîchement » diplômés de BTS ou de DUT sont nombreux à poursuivre leurs études. Malgré l'objectif professionnalisant de ces diplômes, certains complètent leur formation par une année de spécialisation « post-BTS » ou « post-DUT ». D'autres rejoignent les cursus universitaires en intégrant des IUP, des MST ou encore des licences classiques voire professionnelles.
« *En licence de chimie, on recrute des élèves sortant d'IUT, ce qui n'est pas le cas en physique. Ce ne sont peut-être pas de très bons théoriciens mais ils sont d'excellents praticiens* » (Lilia Bonazzola, enseignante en licence de chimie à la faculté d'Orsay).
La *figure ci-contre* illustre un exemple du devenir des jeunes diplômés de l'IUT de chimie de Lyon (cet exemple est globalement valable pour les autres IUT en France, principalement ceux des grandes villes).

Les formations post-BTS et post-DUT

Que ce soit dans les universités ou dans les lycées, les titulaires de BTS ou de DUT se voient proposer une année de spécialisation qualifiante, dont le contenu est propre à chaque établissement. A titre d'exemple, l'ENCPB propose une formation complémentaire dans les domaines du génie chimique ou du contrôle régulation. Seuls quelques IUT et quelques STS publics délivrent ces **DNTS**.

La licence professionnelle

La licence professionnelle a été créée par Claude Allègre et ouverte dans les différentes UFR à la rentrée 2000 après avoir reçu l'accréditation du ministère de l'Éducation Nationale. Elle est issue de projets totalement nouveaux ou bien résulte de la transformation de formations existantes, comme le DNTS.
Éric Lesellier (maître de conférence et responsable de la licence professionnelle de chimie analytique à



l'université Paris-Sud) : « *Les grandes évolutions des cursus universitaires résultent souvent de multiples pressions dont la convergence finit par bousculer les structures en place.*

Dans le cas des licences professionnelles, nouvelles formations mises en place dans l'enseignement supérieur, trois raisons principales peuvent être avancées :

- *l'intégration européenne préconisée par le rapport Attali avec des niveaux de sortie à bac + 3, bac + 5 et bac + 8 ;*
- *la nécessité d'une harmonisation des diplômes post-bac + 2 dont la multiplicité de dénomination (DNTS, licence, DEUST...) et de statuts (délivrés par les IUT, les universités, les lycées, les écoles privées), rend souvent difficile le choix de poursuites d'études courtes ;*
- *les besoins croissants du monde industriel en personnel autonome et qualifié dans des domaines où l'évolution technologique et l'informatisation augmentent la complexité des missions de travail* ».

La licence professionnelle a 3 objectifs :

- Faciliter l'émergence de nouveaux métiers, de nouveaux emplois intermédiaires entre techniciens supérieurs et ingénieurs ou cadres supérieurs.

Cela implique un partenariat étroit entre le monde du travail et l'enseignement supérieur.

- En formation initiale, le cursus est ouvert aux titulaires de DEUG et aux diplômés des formations professionnalisées en 2 ans.

La licence professionnelle permet de désengorger la filière généraliste.

- D'autre part, elle offre un diplôme de sortie (de niveau II) reconnu par les professionnels à bac + 3 dans le cadre de l'harmonisation européenne en cours. A la sortie, le type d'emploi visé est celui d'assistant ingénieur.

Comportant un enseignement majoritaire de la chimie, on distingue actuellement 4 licences professionnelles ayant obtenu une accréditation (voir *tableau II*).

La licence professionnelle est conçue dans un objectif d'insertion professionnelle. Cette caractéristique exige donc une pédagogie innovante : des enseignements théoriques et pratiques, des stages de 12 à 16 semaines, des projets tutorés,

Tableau II.

Ville	Université	Licence professionnelle
Bordeaux	Bordeaux I	Chimie industrielle : - formulation des polymères et adhésifs - formulation des milieux dispersés - méthodes physico-chimiques
Montpellier	Montpellier II	Élaboration et technologie des matériaux polymères organiques
Strasbourg	Mulhouse	Applications industrielles des matériaux polymères
Versailles	Paris XI	Chimie analytique

Dominique Leclerc, responsable de la licence professionnelle en chimie industrielle (LPCI) à l'université de Bordeaux I :

• Quelle a été la genèse de la LPCI ?
« Depuis 3 ans à l'université de Bordeaux I, il existe un diplôme de niveau bac + 3 : le diplôme de technologie en chimie industrielle (DTCI). Ce diplôme était novateur il y a 3 ans et il a servi de « maquette » aux licences professionnelles. En effet, les 2 diplômes sont constitués de la même manière. L'université a demandé une habilitation, et la LPCI a repris à 80 % la structure du DTCI qui était un diplôme propre à l'université. En 1999-2000, 30 étudiants étaient inscrits en DTCI et cette année, 38 étudiants suivent la formation de LPCI. Parmi ces derniers effectifs : 1/3 est issu de DEUG scientifique, 1/3 des IUT et le 1/3 restant vient des BTS, de DEUST ou de licences classiques (2/3 des jeunes viennent d'Aquitaine).
Le recrutement se fait sur dossier avec un entretien de motivation. Tous les candidats sont auditionnés par un jury constitué d'industriels et d'universitaires ».

• Comment se déroule l'enseignement en partenariat avec les industriels ?
« 20 à 25 % des heures d'enseignements sont faites par 18 industriels venant de secteurs divers.
L'enseignement comporte un tronc commun : 140 h d'enseignement scientifique ou général (hygiène, langage informatique...). Une partie optionnelle qui représente 270 h propose des cours spécialisés parfois dispensés par des professionnels. Les industriels gèrent notamment deux cours : l'un sur la propriété industrielle et l'autre sur la qualité.
De plus, il existe le projet tutoré ; il s'agit d'un sujet fourni de préférence par un industriel et réalisé pendant 140 h à l'université. C'est une façon d'évaluer le candidat par rapport à l'acquisition de ses connaissances pratiques et techniques, tout en ayant pour fonction de rassurer les étudiants avant qu'ils n'effectuent leur stage ».

• Quels types de débouchés sont offerts aux étudiants sortant d'une licence professionnelle ?
« Même si la LPCI n'a qu'un an, Bordeaux I a été une université pilote et connaît le devenir des ses étudiants issus du DTCI. Les élèves sortent en septembre. Le jour de la remise des diplômes, environ 30 % des jeunes avaient trouvé un emploi. A Noël, 66 % avaient du travail. Les étudiants n'ont pas poursuivi leurs études.
Le but du diplôme est de spécialiser les jeunes pour les envoyer sur le marché du travail.
Les étudiants sortent avec un bac + 3 de techniciens. Ils sont considérés comme des techniciens supérieurs spécialisés et des assistants ingénieurs ».

• Quels sont les salaires d'embauche des jeunes issus de licence professionnelle ?
« Les salaires dépendent du secteur d'activité. Si l'on considère des postes production, recherche et développement... hors technico-commercial, ils sont de l'ordre de 110 à 140 KF par an. Si l'on considère les postes de type assistance clientèle, les salaires sont bien supérieurs à 140 KF. Or, cela touche 25 % des étudiants. En effet, dans la chimie, il n'y a plus de commerce avec un catalogue, on recherche désormais un produit avec de la technique. Il peut y avoir besoin de la vente d'une solution technique, d'un suivi. Cette fonction représente 1/3 des offres d'emploi ».

• Comment va évoluer cette nouvelle formation ?
« A Bordeaux I, il y a un Comité des études mis en place avec des industriels, des universitaires et d'autres intervenants compétents. Il vise à affiner les contenus pédagogiques ».

des formations en alternance, des appels aux technologies de l'information et de la communication.
La reconnaissance de ce diplôme homologué au niveau II aura des répercussions sur les conventions collectives et donc sur les salaires.
Un exemple est celui du département de chimie de l'**IUT d'Orsay** qui a choisi de transformer le DNTS intitulé méthodes physico-chimiques analytiques en une **licence professionnelle de chimie analytique**.
« Ce DNTS fonctionnait déjà depuis 13 ans et bénéficiait d'une reconnaissance forte dans les industries chimiques, pharmaceutiques ou autres laboratoires d'analyses, aussi bien en région parisienne qu'en province. Cette reconnaissance explique l'appui fort qu'a apporté la chambre syndicale des industries d'Ile-de-France à ce projet, en reconnaissant notamment le rôle précurseur des IUT dans la professionnalisation.
Ce projet a aussi reçu le soutien de l'université Paris-Sud dont le président X. Chapuisat déclarait récemment que « l'enjeu de l'insertion professionnelle devait devenir un objectif pédagogique majeur pour l'université » *(Plein Sud,* déc. 99) [...].
Sur le plan pédagogique, cette transformation a été l'occasion d'actualiser les contenus de formation

abordés et de compléter les enseignements de chimie analytique par des modules plus généralistes visant à garantir l'évolution professionnelle du futur licencié. Ce saut qualitatif sera indubitablement favorable aussi bien aux étudiants qu'aux entreprises qui les accueilleront [...].

Trois domaines d'enseignement se partagent le volume horaire de 550 h réparties en 15 unités d'enseignement, auxquels s'ajoutent un projet tutoré et l'évaluation du stage en entreprise :

- *formation humaine (94 h) : organisation du travail en management ; communication*
- *formation scientifique générale (122 h) : chimie industrielle et formulation ; chimie organique ; mathématiques statistiques et micro-informatique ; assurance qualité*
- *formation scientifique spécifique (334 h) : chromatographie et techniques apparentées ; préparation d'échantillons et extractions ; RMN ; IR ; spectrométrie de masse ; spectroscopie atomique et moléculaire.*

Une caractéristique importante de cette licence est qu'elle fonctionne par apprentissage avec l'Union des Industries Chimiques (AFI 24) qui est partenaire à part entière de ce projet.

Le long passage en entreprises (6 mois) équivaut à une réelle expérience professionnelle, tant recherchée pour décrocher un premier emploi. Par ailleurs, l'alternance confère aux apprentis un recul et une maturité plus rarement observée dans d'autres cycles plus classiques [...]. *La formation vise également à développer les qualités de communication des licenciés vis-à-vis de leur environnement industriel, indispensable pour atteindre* ces *objectifs, ainsi que leurs capacités à rechercher et à synthétiser les informations nécessaires à l'élaboration de nouveaux projets* [...]. *D'autre part, la licence professionnelle de chimie analytique pourra être suivie en formation continue, après validation d'acquis* [...]. *Le taux de placement des anciens DNTS de 90 % à six mois montre la rapidité qu'ont les apprentis ainsi formés pour trouver un emploi à l'issue de la formation* » (Éric Lessellier, responsable de la licence professionnelle de chimie analytique à Orsay).

La licence professionnelle n'en est qu'au stade embryonnaire : de nouveaux projets ont été présentés et un comité de suivi analyse l'évolution de celles déjà mises en place.

Remerciements

Nous souhaitons remercier tout particulièrement Nicole Leray, déléguée à l'emploi SFC, ainsi que toutes les personnes interviewées.
Nous remercions également les chefs de bureau aux différentes formations du ministère de l'Éducation Nationale qui nous ont fourni de nombreux et précieux renseignements.

Quelques sites à consulter :

www.sfc.fr	www.cndp.fr
www.education.gouv.fr	www.uic.fr
www.onisep.fr	www.letudiant.fr

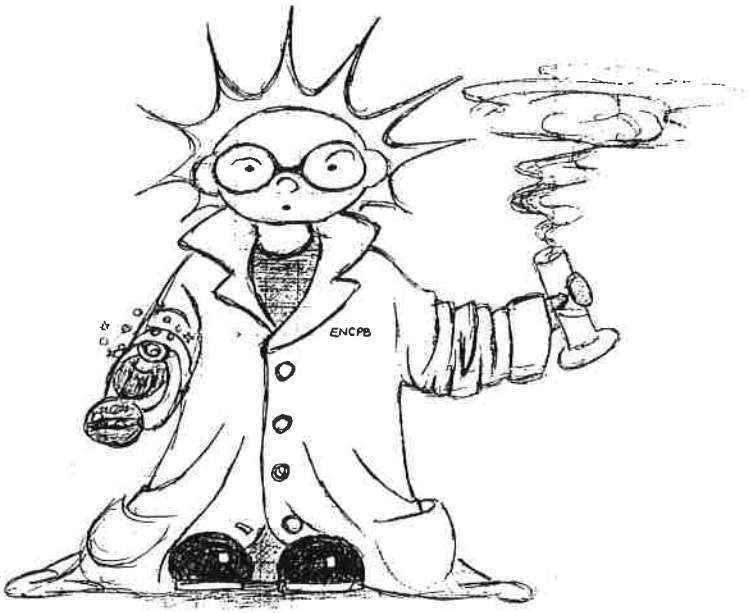


Illustration réalisée par Aude Chopin

Jean-Baptiste Dumas, pionnier de la chimie organique théorique, professeur hors pair et serviteur de la cause publique

Jean-Pierre Senet*, directeur scientifique chimie

Summary **Jean-Baptiste Dumas, founder of theoretical organic chemistry, brilliant teacher, and public servant.**
Jean-Baptiste Dumas (b. 1800 Alès, d. 1884 Cannes) was an outstanding chemist and teacher, as well as an influential politician and public servant. After receiving his early scientific education in Geneva, where he performed promising physiological research, he lived and worked in Paris until the end of his life. He guided the vigorous development of the infant science of organic chemistry and laid the foundation of phosgene chemistry as a close relative of carbon dioxide. He headed the first research school of organic chemistry in his private laboratory. He was a talented teacher and his students, such as Louis Pasteur, were most impressed. In middle age, he started a successful second career in public service. His activities as minister of Agriculture and Commerce and also as President of the council of the city of Paris were recognized. He restarted laboratory work in Pasteur's Lab at the age of 71.

Mots-clés J.-B. Dumas, chimie, physiologie, phosgène, Pasteur.
Key-words J.-B. Dumas, chemistry, physiology, phosgene, Pasteur.

Portrait de J.-B. Dumas (1800-1884).

De l'utilité des commémorations

Un portrait de Jean-Baptiste Dumas figure en bonne place, à côté de celui de Lavoisier, parmi les cinq qui ornent la bibliothèque dans le grand hall du centre de recherches du Groupe SNPE. Certains visiteurs, plus curieux que les autres, se demandent à quel titre et d'abord qui était ce Dumas bien moins connu que ses illustres homonymes du XIXe siècle, les Dumas (Alexandre), père et fils.

Dans un article consacré à Jean-Baptiste Dumas et Charles Adolphe Würtz, Jean Jacques rappelait déjà, dans les pages de cette même revue [1], l'utilité des anniversaires pour sortir de l'oubli, au moins pour un temps, les personnages les plus remarquables de notre pays.

Ainsi, le 24 novembre 2000 s'est déroulée à Alès, sur l'initiative du Centre culturel Scientifique et Technique de cette ville, une journée Jean-Baptiste Dumas à l'occasion du bicentenaire de sa naissance. Lors de cette manifestation, le professeur Robert Corriu, membre de l'Académie des Sciences, a inauguré une nouvelle statue de Dumas, érigée sur le socle d'origine de l'ancienne, inaugurée par Louis Pasteur en 1889 et disparue lors de la dernière guerre mondiale.

Les grandes personnalités françaises sont souvent mieux reconnues à l'étranger qu'en France et il faut aller chercher dans la littérature anglo-saxonne les études et documents récents consacrés à l'œuvre de J.-B. Dumas comme en témoignent les articles suivants : « *Jean-Baptiste Dumas: the Victor Hugo of Chemistry* » [2] ; « *Jean-Baptiste André Dumas: a dominating influence in nineteenth century French chemistry* » [3] ou encore la très longue revue parue en 1985 dans *Annals of Science* : « *A research school of chemistry in the nineteenth century: Jean-Baptiste Dumas and his research students* » [4].

Chimie du phosgène et progrès de la chimie organique

C'est de façon très concrète que j'ai pris connaissance en 1971 de l'œuvre de J.-B. Dumas et plus précisément de ses extraordinaires qualités pratiques d'expérimentateur. Jeune chef d'un laboratoire de chimie au centre de recherches du Service des Poudres, qui allait devenir SNPE un an plus tard, j'étudiais les applications du dichlorure de l'acide carbonique, plus connu sous le nom de « phosgène ». Il s'agissait de définir les conditions optimales de la réaction du phosgène avec l'éthanol afin d'obtenir du chloroformiate d'éthyle très pur pour une application pharmaceutique. Je trouvais alors, dans l'étude bibliographique correspondante,

* Groupe SNPE, Centre de recherches du Bouchet, 9, rue Lavoisier, 91710 Vert-le-Petit.
Tél. : 01 64 99 11 32. Fax : 01 64 99 13 42. E-mail : jp.senet@snpe.com

Mode opératoire de la première réaction chimique du phosgène selon Dumas en 1833 [5]

« ***Éther oxichlorocarbonique.*** *J'ai préparé quinze litres de gaz chloroxicarbonique, et j'ai fait passer trente grammes d'alcool absolu dans le ballon qui le renfermait.*
Presque à l'instant, l'alcool s'est échauffé fortement, en prenant une couleur ambrée. J'ai agité le ballon, et quand la réaction m'a paru terminée, j'ai laissé rentrer de l'air pour remplacer le gaz qui avait disparu. Au bout d'un quart d'heure, j'ai extrait la liqueur du ballon, et j'y ai ajouté à peu près son volume d'eau distillée. A l'instant, il s'est formé deux couches : l'une pesante, d'aspect huileux, offrant toute l'apparence de l'éther oxalique ; l'autre plus légère, aqueuse et fortement chargée d'acide hydrochlorique libre.
Le liquide huileux soutiré avec une pipette, et rectifié sur du chlorure de calcium et de la litharge au bain-marie, m'a offert tous les caractères d'un véritable éther, en sorte que ma prévision semblait réalisée. Mais cet éther renfermait évidemment du chlore ; il brûlait avec une flamme verte, et précipitait après sa combustion le nitrate d'argent avec une grande intensité...
Il bout à 94 °C sous la pression de 0,773. Sa densité est égale à 1,133 à la température de 15 °C...
La densité de vapeur a été prise par le moyen que j'ai fait connaître, et s'est trouvée égale à 3,82 »
(ce qui correspond à une masse molaire de 110,8 pour une théorie de 108,5).

que cette réaction avait été réalisée avec grand soin et ses conséquences exploitées avec une extrême rigueur dès 1833 par un certain Dumas [5]. C'était la description de la toute première application chimique du phosgène découvert quelques vingt ans plus tôt en 1812 par John Davy, le frère cadet de Sir Humphry Davy, inventeur entre autre de la fameuse lampe de sûreté utilisée dans les mines.
John Davy écrivait alors que « *ce gaz (phosgène) se dissout dans l'alcool* », sans mentionner aucune réaction. Les motivations de Dumas pour entreprendre l'étude de cette réaction sont curieuses mais bien révélatrices de ses talents d'investigateur et de sa méthode. Alors qu'il tentait vainement d'élucider la structure du sucre qu'il assimilait à un homologue de l'hypothétique éther carbonique [6], il chercha les moyens propres à produire l'éther carbonique lui-même par réaction de l'éthanol avec le phosgène.
Les conditions utilisées (voir encadré), à savoir introduction de l'éthanol (0,65 mole) dans un ballon contenant un léger excès de phosgène (0,67 mole) lui firent obtenir non pas le carbonate escompté mais le chloroformiate d'éthyle qu'il appela « *éther oxichloro-carbonique* » (*figure 1*).
La stratégie adoptée par Dumas pour préparer du saccharose n'était assurément pas la bonne mais son résultat est un exemple de réponse à la question posée par Philippe Compain dans l'article « *Stratégie et synthèse organique* » [7] : « *La synthèse organique peut-elle s'enrichir de la pensée stratégique ? Cette pensée peut-elle fournir un cadre de réflexion et de questionnement fructueux ?* ». En effet, Dumas tira avantage de son échec relatif pour faire progresser, de manière inattendue, la chimie organique, non seulement en découvrant de nouvelles synthèses, mais aussi et surtout, en développant le concept de fonction chimique. Ainsi, par réaction du chloroformiate d'éthyle avec l'ammoniac, il obtint en 1833, pour la première fois, le carbamate d'éthyle qu'il appela « uréthane » [5] pour illustrer sa parenté avec l'urée dont la synthèse chimique, qui marque la naissance de la chimie organique, n'avait été découverte que cinq ans auparavant par Wöhler. Dumas démontra d'ailleurs par une série d'expériences admirables de logique que cet uréthane était un composé distinct, avec une fonction chimique différente, de la lactamide qui a rigoureusement la même formule brute (*figure 1*).

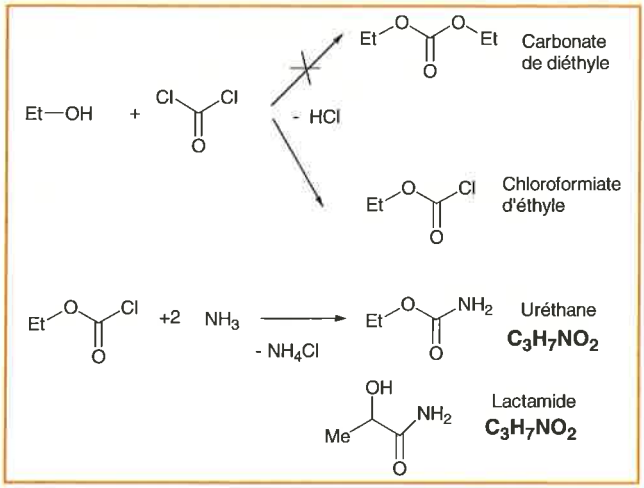


Figure 1 - Premières synthèses du chloroformiate d'éthyle et de l'uréthane par Dumas en 1833.

Chimiste pratique, Dumas améliora à cette occasion la technique de préparation du phosgène par action du chlore sur le monoxyde de carbone en adaptant pour la première fois, sur les tubulures des ballons en verre, des joints en caoutchouc sertis dans des rondelles de plomb à la place des mastics résineux, limitant ainsi fortement les fuites. Notons au passage que les chimistes de l'époque prenaient quelques risques en manipulant, sans précaution particulière, de telles quantités de phosgène (voir encadré), eu égard à l'extrême toxicité de ce gaz, utilisé comme gaz de combat lors de la première guerre mondiale [8].

J.-B. Dumas avait entrevu les immenses possibilités de la chimie du phosgène en l'apparentant clairement à celle du gaz carbonique (source du carbone de la matière vivante via la synthèse chlorophyllienne) comme le démontre l'introduction de sa communication lue à l'Académie des Sciences le 16 décembre 1833 :

« *L'acide chloroxicarbonique (phosgène), qui peut tout aussi bien être considéré comme un chlorure d'oxide de carbone, offre une combinaison si simple et si remarquable que, s'il réalisait toutes les réactions que l'on a droit d'en espérer, on parviendrait à reproduire, à son aide, les combinaisons les plus curieuses de la chimie organique* ».

Il s'agissait véritablement d'une opinion prophétique quand on sait l'importance prise par la chimie du phosgène et ses implications industrielles immenses dans les sciences de la vie : pharmacie, agrochimie, cosmétique, synthèse peptidique, etc.

Première période de la vie de J.-B. Dumas : « *Qui travaille fait sa maison* » [9]

Jean-Baptiste Dumas naît le 14 juillet 1800 à Alès (on écrit alors Alais) dans le Gard, d'une famille nombreuse et sans fortune mais cultivée. Son père est un homme instruit, lettré et artiste qui, après avoir passé quelques années à Paris pour développer ses dons de dessinateur, est revenu au pays pour exercer les fonctions de secrétaire de l'hospice civil et de la municipalité. Au collège d'Alès, les maîtres et les condisciples de J.-B. Dumas remarquent déjà ses brillantes qualités intellectuelles et son ardeur au travail. Dès son plus jeune âge, il fait preuve d'un talent littéraire certain comme en témoigne cette traduction libre des vers en latin du chimiste Becher (1635-1685) brossant un portrait quelque peu railleur des chimistes de l'époque :

« *Gens macérés dans l'eau de pluie,*
Flairant de loin l'odeur de suie,
Flambés, roussis ou rissolés,
Et par leur fumée aveuglés ».

L'enseignement qu'on dispense à cette époque dans les collèges est principalement littéraire et Dumas restera, sa vie durant, fortement imprégné des humanités classiques. Il peut dès lors paraître surprenant que ce littéraire de formation, poète à ses heures, soit devenu l'un des plus grands hommes de science de son temps.

Poussé par un désir insatiable de s'instruire, il passe de longues journées entre 1810 et 1815, seul, à la bibliothèque publique d'Alès à étudier, à dévorer, de nombreux ouvrages aussi bien littéraires que scientifiques. Il en garde jusqu'à la fin de sa vie le souvenir [10] :

« *La faculté, qui m'a été accordée dans ma jeunesse, de mettre à profit la Bibliothèque d'Alais et d'y passer mes heures de loisir, a décidé de ma vie. C'est par cette fréquentation assidue de nos grands écrivains que j'ai pu, grâce à ce secours, compléter mon éducation littéraire, ébaucher mon éducation scientifique, élargir le cercle de mes idées et comprendre la loi de la vie qui est le travail* ».

En 1815, pour gagner sa vie et sur les conseils d'Étienne Bérard, ami de la famille et ancien associé de Chaptal [11], il entre comme apprenti dans une pharmacie de sa ville natale. C'est encore Bérard qui, se rendant compte de l'inclination de Dumas pour les sciences et leurs applications, le recommande au pharmacien Le Royer à Genève qui accepte de le recevoir comme élève. Il part alors à pied, sac au dos, avec ces mots touchants, écrits de la main de son père : « *Mon fils cadet partit d'Alais pour Genève le 26 avril 1817. Je le recommande à Dieu, souverain protecteur des voyageurs* ».

Ses premiers travaux en sciences naturelles menées en collaboration avec des physiologistes suisses, notamment ceux sur l'utilisation de l'iodure de potassium comme agent de prévention du goitre, sur le rôle du sang et surtout sur le mécanisme de l'ovulation chez les mammifères, sont très novateurs et injustement méconnus. Ces travaux brillants qui préfigurent la physiologie moderne attirent l'attention, en particulier celle d'Alexander von Humboldt, qui lui rend visite un jour de 1822 sans s'être annoncé. Von Humboldt est alors l'explorateur et le savant le plus illustre des deux mondes et exerce une véritable fascination sur la jeunesse cultivée de l'époque. Il parle longuement à Dumas des travaux de Lavoisier et des extraordinaires possibilités de la chimie. Mais c'est son maître, le botaniste de Candolle, qui le convainc finalement de passer à cette science : « *Votre avenir est à Paris ; la chimie est votre carrière... La physiologie sans chimie*

n'est pas possible. C'est vers la chimie qu'il faut diriger toutes vos forces ... ».

Recherches en chimie organique et enseignement : l'École Dumas

Recommandé par ses maîtres de Genève à Arago, il se rend à Paris en 1823 où il obtient le poste de répétiteur de Thenard à l'École Polytechnique. Son mariage en 1826 avec Herminie Brongniart, fille d'Alexandre Brongniart, professeur de minéralogie au Muséum et lui-même fils de l'architecte de la Bourse, marque déjà une réussite sociale qui se confirme rapidement. En 1829, il fonde l'École Centrale des Arts et Manufactures. En 1832, il est membre de l'Académie des Sciences, docteur en médecine, professeur à la Sorbonne et à l'École Polytechnique.

De 25 à 50 ans, il consacre tout son temps aux activités de recherche scientifique et d'enseignement. C'est pendant cette période particulièrement féconde qu'il pose les bases de la chimie organique moderne avec une conception générale de la théorie atomique. Ses recherches le conduisent à distinguer, le premier, « *l'atome particule insécable des corps simples de la molécule, particule ultime des corps composés* ». On doit cependant à la vérité d'ajouter que Dumas considère la théorie atomique, qu'il juge plutôt conjecturale, comme non indispensable à l'édification de la chimie. Sur un plan pratique, il lui préfère bien vite le « système des équivalents » qui lui semble mieux tenir à l'expérience. Pire, tout en défendant l'utilité des théories en les comparant à des béquilles, il s'emporte même contre la théorie atomique à la fin d'un de ses cours en déclarant : « *Si j'en étais le maître, j'effacerais le mot atome de la science, persuadé qu'il va plus loin que l'expérience ; et jamais, en chimie, nous ne devons aller plus loin que l'expérience* » [12]. Exemple de contradictions d'un grand scientifique...

C'est encore Dumas, le premier, qui prend l'hydrogène comme unité de poids atomique alors qu'auparavant, ce rôle était attribué à l'oxygène avec la valeur 100. Il invente une méthode précise de mesure des masses moléculaires, en application de la règle d'Avogadro établissant une relation directe entre la densité de vapeur d'un corps et sa masse moléculaire. Il détermine ainsi les poids atomiques de nombreux éléments dont celui du carbone. Il améliore considérablement les méthodes de la chimie analytique, par exemple en mettant au point le dosage volumétrique de l'azote dans l'analyse élémentaire des composés organiques.

Il introduit la notion de fonction chimique et de radical fonctionnel en découvrant plusieurs séries homologues de produits organiques tels que les alcools possédant le radical caractéristique hydroxyle –OH ou encore les amides dont l'importance est très rapidement reconnue par ses contemporains. Il développe l'emploi systématique des formules chimiques et est le premier à mettre couramment les réactions chimiques en équations.

Dumas, à force d'arguments et de conviction, réussit à imposer la loi des substitutions dont il partage la gloire de la découverte initiale avec son élève « révolté et maudit » Auguste Laurent. Un événement curieux précipite semble-t-il l'émergence de cette nouvelle théorie chimique : le bal raté aux Tuileries en 1829 [13]. Lors d'une soirée, les invités du roi Charles X, pris d'intenses suffocations, doivent évacuer d'urgence les salons. Dumas, alerté, en trouve rapidement la cause : le fournisseur de la Cour a livré des bougies blanchies par traitement au chlore et leur combustion a dégagé une très importante quantité d'acide chlorhydrique.

Dumas montre dès 1833 que « *quand un corps hydrogéné est soumis à l'action déhydrogénante du chlore, du brome, de l'iode, de l'oxygène etc., pour chaque atome d'hydrogène qu'il perd, il gagne un atome de chlore, de brome ou d'iode, ou un demi-atome d'oxygène* » [14]. Mais c'est surtout la découverte de l'acide trichloracétique, en 1838, qui permet la diffusion la plus large de la théorie des substitutions (*figure 2*).

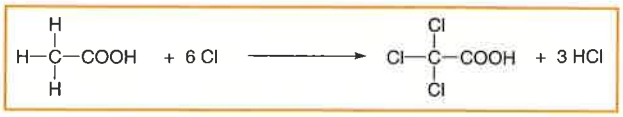


Figure 2 - Substitution de 3 atomes d'hydrogène par 3 atomes de chlore dans l'acide acétique pour donner l'acide trichloracétique. La moitié du chlore utilisé se retrouve dans l'acide chlorhydrique libéré.

La loi des substitutions, qui paraît bien naturelle au chimiste d'aujourd'hui mais qui bouscule les idées reçues des grands chimistes de l'époque et donc rencontre une opposition farouche [15], est considérée comme extrêmement importante dans la création de la chimie organique. En effet, elle a contribué de manière décisive à l'élaboration des principes fondamentaux de la chimie organique par l'appréhension de la structure chimique.

Pendant cette période, Dumas est aussi un maître de recherche respecté qui forme à la science chimique dans le laboratoire privé qu'il a créé toute une génération d'étudiants dont beaucoup deviendront des chimistes de premier rang : Pasteur, Wurtz, Cahours, Piria, Sainte-Claire Deville, etc.

Enfin, Dumas est aussi et surtout un professeur brillant, possédant véritablement l'art de la

« Nouveau prodige de la chimie : Dumas est arrivé à faire sortir de sa cornue un portefeuille! ... ».
Dumas, ministre de l'Agriculture en 1850 vu par Daumier.

pédagogie, « *irréprochable de tenue, maître de son émotion comme de son sujet, mais brûlant de passion contenue, éveillant les idées qui suscitent les vocations scientifiques* ». Louis Pasteur, 21 ans alors, élève de Dumas, juge ainsi son professeur dans une lettre à ses parents en 1843 :

« *Je suis le cours qui est fait à la Sorbonne par M. Dumas, célèbre chimiste de l'époque. Son cours est facile à comprendre, je le rédige exactement. Vous ne pouvez pas vous figurer quelle affluence de monde il y a à ce cours. La salle est immense et toujours remplie. Il faut y aller une demi-heure d'avance pour avoir une bonne place, absolument comme au théâtre. Pareillement on applaudit beaucoup. Il y a toujours 600 à 700 personnes* ».

Le tournant : le politique et l'administrateur

A partir de 1850, et jusqu'en 1870, Dumas abandonne provisoirement la science active pour se consacrer exclusivement à la politique et surtout à l'administration. En 1849, il est élu député de Valenciennes. En 1850, il est nommé par le Prince Président, Louis Napoléon Bonaparte, ministre de l'Agriculture et du Commerce, ce qui lui vaut d'être la cible de Daumier dans une caricature célèbre.

Il reste deux ans ministre puis est nommé sénateur en 1851. En 1859, il est président du Conseil de Paris.

Moins connue que son activité scientifique, l'œuvre de l'administrateur au service de l'intérêt général est néanmoins considérable. Il suffit d'en rappeler quelques aspects comme l'organisation de l'enseignement et de la recherche agronomique avec la fondation de l'Institut National Agronomique, la mise en place du Crédit Foncier et du Crédit Agricole, la lutte contre les maladies des plantes et des animaux, le développement de la pisciculture, le reboisement, la lutte vigoureuse contre les fraudes sur les engrais. La contribution inestimable de Dumas aux avancées de l'agriculture dans tous les domaines a été récemment très justement soulignée par le professeur Myriam Scheidecker-Chevallier au colloque « *Nourrir les hommes, hier et demain. Apports de la chimie* » à Paris les 18-19 novembre 2000 [16].

Il fonde le Bureau International des Poids et Mesures. Il œuvre avec le Baron Haussmann pour la transformation de la capitale : eau, égouts, éclairage, ceinture verte…

Écologiste avant l'heure, il insiste déjà sur l'intérêt de préserver l'environnement dans un discours au Sénat en 1867 : « *Il ne faut pas se contenter, comme on l'a fait jusqu'ici, de s'écrier : j'amène de l'eau à la ville, et quand celle-ci a servi, je la rejette dans un cours d'eau quelconque et je m'en débarrasse. Non ! Cette eau que vous rejetez est une richesse* ».

Il réussit enfin à faire distribuer de l'eau potable aux Parisiens : « *Une vieille routine persistant même à l'hôtel de ville tendait à innocenter l'eau de la Seine. Dumas fit apporter deux carafes scellées à la cire, l'une contenant de cette eau, l'autre de l'eau de la Dhuys.*

Trois semaines plus tard, il n'eut qu'à présenter les carafes aux édiles pour les convaincre de visu : l'eau de Seine n'était plus qu'un liquide nauséabond, foisonnant de moisissures et de végétations… » [12].

Grâce à l'autorité de son nom et l'influence qu'il exerce sur ses anciens élèves, Dumas sait trouver les moyens pour résoudre les problèmes qu'il ne peut résoudre lui-même. Ainsi, il exige que Pasteur s'intéresse au traitement de la maladie qui ravage les élevages de vers à soie et met en péril l'économie du Midi : « *Je mets un prix extrême à voir votre attention fixée sur la question… La misère dépasse tout ce que vous pouvez imaginer* » (lettre à Pasteur du 17 mai 1865). Pasteur quitte Paris le 6 juin 1865 et s'installe pour cinq ans près d'Alès. Il réussit à enrayer le fléau, mais cela a contrarié ses propres recherches : « *Comment ai-je cédé à sa confiante prière, malgré l'attrait de mes travaux commencés ? Je ne puis répondre autre chose, sinon que je n'aurais su trouver la hardiesse de résister à l'invitation d'un confrère illustre et d'un maître vénéré* » (étude sur la maladie des vers à soie, 1870).

En conclusion

En 1871, Jean-Baptiste Dumas se retire de la vie politique et reprend son activité scientifique en entrant à 71 ans comme chimiste chercheur (on dirait aujourd'hui « post-doc ») au laboratoire de Pasteur à l'École Normale Supérieure, rue d'Ulm,

où il effectue des travaux remarquables sur la fermentation et la chimie enzymatique. Pasteur écrira plus tard : « *Malgré ses soixante-douze ans, il n'avait rien perdu des qualités qui avaient fait de lui un grand investigateur... Et en travaillant près de lui, avec lui, je retrouvais, moi son élève vieilli, toutes mes émotions et mes enthousiasmes de jeunesse. Ah ! Pourquoi la politique l'avait-elle éloigné de la science ?* ».

Sa collaboration et longue correspondance scientifique avec Pasteur (qui adresse plus d'une centaine de lettres à Dumas de 1850 à 1884), signe de la rencontre entre la chimie et la physiologie qu'il a lui-même expérimentée, est pour une grande part à l'origine de la microbiologie.

Contrairement à ce qui est parfois écrit dans certaines biographies qui lui sont consacrées, il est très loin d'abandonner la vie publique et associative.

Ainsi, Dumas qui a toujours été sensible à la misère d'autrui, s'implique concrètement dans plusieurs actions sociales et humanitaires. Par exemple, il participe assidûment aux jurys Montyon qui récompensent les actions entreprises pour « *rendre un art ou un métier moins insalubre* ». De 1873 à sa mort, il préside avec efficacité la Société de Secours des Amis des Sciences destinée à venir en aide aux hommes de sciences et à leur famille dans le besoin. En 1880, à 80 ans, c'est lui qui, profondément affligé par les difficultés financières de cette société, redresse la situation grâce à une initiative personnelle vigoureuse. Révolté par les fraudes sur les engrais qu'il combat avec pugnacité jusqu'à la fin de sa vie [17], il écrit : « *S'il est une fraude qui doive plus qu'aucune autre inspirer la sévérité du législateur et du magistrat, c'est celle, à coup sûr qui s'attaque à toutes les espérances du laboureur* ». Enfin, l'un des premiers, il défend la cause de la protection de l'enfance en préconisant l'interdiction du travail des jeunes enfants dans les manufactures et suit attentivement l'application des lois correspondantes dans plusieurs rapports au président de la République.

Dumas s'intéresse aussi de très près à la sécurité du travail par plusieurs actions en faveur d'études techniques sur l'aération des locaux, les limites d'explosibilité des gaz ou encore sur les risques d'explosion de poussières comme celles de farine dans les minoteries.

Le 16 décembre 1875, il est élu à l'Académie française au fauteuil de François Guizot.

En 1881 à Paris, il préside avec son autorité coutumière le Congrès International des Électriciens où figurent de grands savants étrangers comme H. von Helmholtz, G. Kirchhoff, W. von Siemens, etc. Dès 1864, le mémoire de Dumas pour l'attribution du Grand Prix d'Électricité à H.D. Ruhmkorff, avait attiré l'attention du monde scientifique sur l'avenir riche de promesses de l'électricité dans tous les domaines.

Fin 1883, souffrant de bronchite, il part passer l'hiver à Cannes où il meurt, suite à un refroidissement, le 11 avril 1884. Une statue en bronze, qui le représente debout dans sa gestuelle favorite de professeur, est inaugurée à Alès le 21 octobre 1889. Et c'est Louis Pasteur lui-même, président de la cérémonie qui, dans un vibrant hommage, rend hommage à la mémoire du grand chimiste et à ses exceptionnelles qualités humaines.

Remerciements

L'auteur tient à exprimer sa gratitude au professeur Georges Bram pour son aide documentaire et ses conseils lors de la préparation de cet article. Il remercie aussi vivement les organisateurs de la journée Jean-Baptiste Dumas du 24 novembre 2000 à Alès : MM. Ramanadin, Gerente et Roustan, respectivement président du Centre Culturel Scientifique et Technique, adjoint au Maire et Maire d'Alès, pour lui avoir donné l'occasion de s'acquitter enfin d'un devoir de mémoire.

Références et notes

[1] Jacques J., *L'Actualité Chimique*, juin-juillet **1984**, p. 10.
[2] Chastain B.B., *Bull. Hist. Chem.*, **1990**, *8*, p. 8.
[3] Newbold B.T., *Canadian Chemical News*, July/August **1998**, p. 17.
[4] Klosterman L.J., *Annals of Science*, **1985**, *42*, p. 1–40 et 41–80.
[5] Dumas J., *C.R. Acad. Sci.*, **1833**, *T. 54*, p. 225.
[6] Diéthyl ester de l'acide carbonique ou carbonate de diéthyle, on confondait à cette époque éthers et esters.
[7] Compain P., *L'Actualité Chimique*, décembre **2000**, p. 12.
[8] Une atmosphère contenant 6 g/m^3 de phosgène est mortelle en quelques secondes pour l'être humain. Son inhalation, même à faible dose, peut provoquer après une phase trompeuse de rémission de 24 à 48 heures, un œdème pulmonaire aigu nécessitant un traitement médical immédiat. C'est pourquoi la mise en œuvre industrielle du phosgène est restreinte à quelques usines spécialisées qui disposent des moyens de protection nécessaires.
[9] Chaigneau M., *Jean-Baptiste Dumas, sa vie, son œuvre (1800-1884)*, **1984**, Guy Le Prat, éditeur, 5, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.
[10] Écrit de J.-B. Dumas, rapporté par son petit-fils, le général Dumas.
[11] Étienne Bérard avait été l'associé de Chaptal à l'époque où ce dernier dirigeait la fabrique de produits chimiques de La Paille près de Montpellier.
[12] Massain R., *Chimie et chimistes*, **1961**, Éditions Magnard, Paris, 3e éd..
[13] Bram G., Nguyen Trong Anh, « *Les belles histoires de la chimie* », *ORSAY Infos*, avril **1998**, p. 51.
[14] Dumas J., *P.V. Acad. Sci.*, 13 janvier **1835**, *Mém. de l'Acad. Sci.*, **1838**, 2e S., *15*, p. 519.
[15] Le grand chimiste suédois, Jacob Berzelius (1779-1849), dérouté, manifesta son opposition à la théorie des substitutions en ces termes : « *Comment peut-on admettre que le chlore, élément électronégatif, puisse se substituer à l'hydrogène, élément électropositif ?* ».
[16] Scheidecker-Chevallier M., *L'Actualité Chimique*, numéro spécial, novembre **2000**, p. 55.
[17] Dumas J.-B., *Bull. Soc. Agr.*, **1883**, *43*, p. 254.

La fausse entrée d'Auguste Laurent au Collège de France

Jean Jacques*, directeur de recherche émérite au CNRS

Summary **The sham entrance of Auguste Laurent in the Collège de France**
The resignation of Pelouze in 1850 left open the succession to the Chair of Chemistry of the Collège de France. There was no shortage of candidates. The political circumstances had changed a great deal since the previous year and the chances of the « revolutionists » were no longer the same. The candidature of Balard took an official character and those of Gerhardt and then of Laurent were considered by some people to be a provocation. The victory in the first vote round of Laurent, the author of the *Méthode de Chimie* was only considered by him as a success due to his colleagues' sympathy. In spite of the ardent defence of the candidature of Laurent by Biot, the Académie des Sciences and the ministère de l'Éducation set everything in order and finally, Balard was appointed. If Laurent had won, he would not have had much time to enjoy his « victory ». He died two years later.

Mots-clés Succession de Pelouze, Collège de France, candidatures de Laurent, Balard, Gerhardt, 1848.
Key-words Succession of Pelouze, Collège de France, candidatures of Laurent, Balard, Gerhardt, 1848.

« *Je n'aime dans l'histoire que les anecdotes et parmi les anecdotes je préfère celles où j'imagine trouver une peinture vraie des mœurs et des caractères d'une époque donnée* », Prosper Mérimée, *Chroniques du règne de Charles IX*.

La nomination d'un scientifique au titre de professeur au Collège de France, que beaucoup considèrent comme le couronnement d'une carrière, obéit à un rituel exigeant qui, depuis 1849, a souvent été modifié. Sur un point essentiel cependant il n'a pas varié. Si un premier vote de l'Assemblée des Professeurs désigne le candidat qui, en première ligne, a ses préférences, ce choix peut être exceptionnellement remis en question par l'Académie des Sciences. Finalement le Premier ministre, qui a le dernier mot, signera le décret de nomination du nouveau titulaire de la chaire vacante. L'histoire nous fournit des exemples où le vote de l'Académie a contredit celui du Collège, et d'autres où le Gouvernement a révisé le jugement de ces deux premières instances.

La nomination de Jérôme Balard comme professeur de chimie, en 1850, illustre un de ces cas de figures. Le choix de l'Assemblée des Professeurs, qui lui avait préféré Auguste Laurent, n'était pourtant pas en sa faveur. L'Académie avait « rectifié » ce vote sans doute jugé, selon ses critères, « politiquement incorrect », c'est le cas de le dire. Nous sommes à quelques mois du coup d'État du 2 décembre 1851 que prépare Napoléon III et Laurent a la réputation d'un dangereux sans-culotte.

Cette affaire a laissé des traces écrites qui, selon moi, méritent d'être relues et commentées : les collègues du XIXe siècle, acteurs ou victimes de ces intrigues politico-académiques sont loin de m'être tous sympathiques, mais ils avaient incontestablement du style.

Théophile Jules Pelouze avait été nommé professeur de chimie au Collège en 1845. En 1848, pendant les journées fiévreuses de février où l'on crut pendant quelques mois à la « révolution sociale », il avait été élu président de la Commission des monnaies et, aux élections de 1849, conseiller municipal de Paris. Dans le cours de l'année 1850, le petit monde scientifique savait qu'avec ces responsabilités politiques, il ne pourrait pas continuer indéfiniment à remplir son rôle de scientifique à plein temps. Les gens avertis parlaient déjà de Jérôme Balard comme de son successeur évident. La démission de Pelouze, prévue et attendue, ne sera pourtant annoncée officiellement à l'Assemblée des professeurs du Collège de France que le 18 novembre 1850. Les nombreux candidats à sa succession qui la guettaient se manifestèrent immédiatement.

Des deux premiers postulants déclarés, il n'y a pas grand chose à dire. Ni Alexandre Baudrimont (1806-1880), ni François Persoz (1807-1867) n'ont laissé un souvenir inoubliable dans l'histoire de la chimie. Ces deux honnêtes professeurs connaissaient bien le Collège de France ; ils y avaient tous deux été préparateurs du cours de Thenard entre 1830 et 1835, avant d'être nommés le premier à Bordeaux, le second à Paris au Conservatoire des Arts et Métiers. Ni l'un ni l'autre ne figureront dans le sprint final. L'interminable lettre de candidature que Baudrimont avait adressée à Regnault n'avait apparemment convaincu personne.

Le cas de Charles Gerhardt, troisième candidat déclaré, mérite qu'on s'y arrête plus longuement. Charles Gerhardt (1816-1856) a été indiscutablement un des chimistes les plus importants de son temps, le premier grand leader de l'atomisme

* Collège de France, Chimie des interactions moléculaires, 11, place Marcelin Berthelot, 75005 Paris.
Tél. : 01 44 27 13 57. E-mail : jean.jacques@college-de-france.fr

moderne. Tous les historiens de la chimie ne sont pas loin, je crois, de partager cette opinion enthousiaste.
En fait, Gerhardt avait été le premier en date à envoyer à l'administrateur du Collège sa lettre de candidature.

« *Monsieur l'Administrateur*
Les travaux auxquels je me livre depuis quinze ans, la direction toute nouvelle qu'ils ont contribué à donner à la chimie, et particulièrement à la chimie organique, me font penser que mon nom ne serait pas déplacé sur la liste des candidats qui aspirent à l'honneur d'obtenir la chaire aujourd'hui vacante au Collège de France. J'ose donc vous prier de vouloir bien m'inscrire et de soumettre à l'appréciation de messieurs les professeurs la notice ci-jointe concernant l'analyse de mes travaux.
Veuillez agréer, Monsieur l'Administrateur, l'expression de ma considération la plus distinguée.
Ch. Gerhardt
le 14 novembre 1850
professeur à la faculté des Sciences de Montpellier
en congé à Paris ; 10 rue Vavin ».

La notice à laquelle Gerhardt fait allusion et dont un rare exemplaire a été conservé aux archives du Collège prouve qu'il avait préparé son coup depuis longtemps. Ce remarquable document de 20 pages imprimées fait un bilan très complet de tous les travaux du candidat sur un ton qui ne s'embarrasse pas de modestie. Cette *Notice analytique sur les travaux de M. Charles Gerhardt, professeur à la faculté des sciences de Montpellier*, peu connue, je crois, des historiens de la chimie, est en tous points remarquable. Elle mériterait certainement d'être republiée *in extenso*. Je me bornerai à en citer ici quelques extraits :
« *La chaire de chimie du Collège de France est vacante.*
Si j'ai bien compris le rôle spécial de cette célèbre institution, elle a pour but d'offrir aux idées neuves une tribune où elles peuvent librement et largement se produire, sans être tenues à cette réserve que leur impose nécessairement l'enseignement officiel de l'Université.
C'est cette considération qui me fait aspirer à l'honneur d'obtenir la chaire aujourd'hui inoccupée.
Les travaux auxquels je me livre depuis quinze ans, la direction toute nouvelle qu'ils ont contribué à donner à la chimie, et particulièrement à la chimie organique, l'impulsion, parfaitement visible aujourd'hui, qu'en a reçue la philosophie générale de la science, tels sont les titres avec lesquels je me présente à mes juges. Je veux essayer dans cette notice d'en donner un aperçu.
J'indiquerai, dans un premier paragraphe, les idées dont l'application a eu pour effet de détourner la chimie des méthodes et des systèmes en vigueur avant moi, ces méthodes et ces systèmes ayant conduit à des erreurs matérielles que les idées ont servi à rectifier ».
Dès cette introduction, le ton est donné. Gerhardt poursuit :
« *Dans un mémoire publié en 1842 et intitulé :* Recherches sur la classification chimique des substances organiques, *abordant la question des équivalents chimiques comme première base d'une classification philosophique, je suis arrivé à ce résultat que dans le système généralement adopté, il y avait des contradictions les plus flagrantes, et qu'il fallait ou doubler les formules de la plupart des combinaisons minérales ou dédoubler celles des combinaisons organiques. Ce point établi, j'en ai déduit quelques corollaires relatifs à la divisibilité, par certains nombres, des formules chimiques en général, et j'ai proposé un système particulier d'équivalents.*
Plusieurs chimistes distingués les ont déjà adoptés [...]. Entre tous, je dois citer M. Laurent dont l'adhésion immédiate est devenue l'origine d'une association intellectuelle qui, je ne crains pas de le dire, exerce aujourd'hui une influence manifeste sur la marche des idées. Antagonistes d'abord, nous avons fini par comprendre l'identité de nos tendances et de nos principes, apportant chacun notre part de labeur et de pensées, nous nous sommes mis à remuer les questions de méthode, de classification, de théorie générale. Si nous n'avons pas encore réussi à renverser le vieil édifice de la chimie dualistique, les nombreuses brèches que nous y avons faites en présagent du moins l'écroulement prochain ».
Pour montrer l'importance de son nouveau système d'équivalents et « *faire ressortir l'influence qu'il est appelé à exercer encore sur la marche de la science* », Gerhardt se lance dans une énumération sans complaisance des erreurs plus ou moins importantes qu'il lui a permis de corriger. Il en dénombre 35. Leurs auteurs, souvent illustres, de J.-B. Dumas à J. Liebig en passant par Chevreul, en prennent pour leur grade.
Mais laissons Gerhardt poursuivre imperturbablement son exposé :
« *2. Séries homologues*
Le principe de la divisibilité des formules et des équivalents que j'en ai déduit, m'ont conduit à la

découverte d'une loi fondamentale qui régit la composition des substances organiques et sans laquelle, je crois pouvoir l'affirmer, une classification philosophique de ces composés, dont le nombre va à l'infini, serait absolument impossible. Suppléant aux données incomplètes et souvent inexactes de l'expérience par les corrections qu'indiquaient mes équivalents, j'ai pu distinguer dans la longue liste des combinaisons connues, des séries parallèles, dont la loi de développement une fois trouvée, il suffisait de la connaissance d'une seule d'entre ces séries pour en déduire les autres. Propriétés chimiques et propriétés physiques, densités, points d'ébullition, indices de réfraction, formes cristallines, métamorphoses sous l'influence des réactifs, chaleur dégagée dans les combinaisons, étaient autrefois des caractères isolés, pour ainsi dire des accidents qui ne semblaient se rattacher par aucun lien. Aujourd'hui on reconnaît parfaitement la sériation de ces propriétés dans mes homologues, que j'ai ainsi définies : substances carbonées remplissant les mêmes fonctions chimiques, et dont la composition ne diffère que par n fois CH_2, n étant un nombre entier. Deux ou plusieurs corps homologues donnent, en se métamorphosant par le même agent, de nouvelles substances homologues entre elles... ».

Cette candidature en fanfare n'eut cependant pas de suite. Quelles discussions, quels conseils d'amis réussirent-ils à convaincre Gerhardt que son combat, sur le terrain où il se plaçait, était perdu d'avance ? Nous ne le saurons sans doute jamais. Sans éclat, quelques jours après cet acte manqué de candidature-manifeste, il se retirait de la compétition pour laisser toutes ses chances à son ami Auguste Laurent.

Laurent, tout aussi révolutionnaire en matière de chimie que son ami Gerhardt, adopta, sans doute sur les conseils amicaux du grand physicien Jean-Baptiste Biot (1774-1862) qui s'était chargé de le défendre devant l'Assemblée des Professeurs, un ton de candidat plus tranquille.

« Monsieur l'Administrateur

Je vous prie de vouloir bien m'inscrire au nombre des candidats qui sollicitent l'honneur de succéder à M. Pelouze dans la chaire de chimie du Collège de France.

Mon dévouement absolu à la science est le seul titre qui puisse m'être permis de faire valoir, mais je crois nécessaire de joindre ici une courte explication de la manière dont j'envisagerais le cours si j'étais élu.

De toutes les parties de la science chimique, celle qui s'occupe des substances organiques est la plus neuve et la moins fixée. En cherchant à découvrir les rapports de composition qui pourraient la simplifier et l'étendre, j'ai été conduit à les présenter sous des formes et avec des interprétations dont j'espère que le temps et des recherches ultérieures confirmeront les avantages. Mais tout en continuant de suivre, pour moi, ces vues nouvelles, en m'efforçant de les perfectionner et d'attirer sur elles l'attention de nos grands juges académiques, je ne voudrais pas les introduire dans un enseignement public avant que le suffrage général des savants leur fut acquis. Je regarderais au contraire comme un devoir de ne présenter à la jeunesse que ce qui peut lui être immédiatement utile, c'est-à-dire ce qui est positif et certain, ce qui est provisoirement considéré comme acceptable par la majorité des chimistes, dans les sujets encore douteux et controversés.

Recevez, Monsieur, l'assurance de la haute considération avec laquelle j'ai l'honneur d'être

Votre très humble serviteur

Aug. Laurent

Paris le 19 novembre 1850 ».

Balard, le postulant que tout le monde attendait et désignait déjà comme le successeur de Pelouze, fut le dernier à se déclarer. Il ne le fit que le premier décembre.

« A Monsieur l'Administrateur et à Messieurs les professeurs du Collège de France

La chaire de Chimie du Collège de France est vacante et je viens vous prier de m'inscrire au nombre de candidats qui sollicitent auprès de vous l'honneur d'une présentation. J'appuie ma demande sur deux sortes de titres : sur des titres scientifiques et sur des titres relatifs à l'enseignement. Les derniers sont connus de quelques-uns d'entre vous car c'est à Paris que je les ai surtout acquis. Après avoir pendant 7 à 8 ans enseigné à Montpellier les diverses branches de la chimie, j'ai été appelé il y a une douzaine d'années à partager avec M. Dumas l'enseignement de cette science à la Faculté de Paris. Pendant ce long temps consacré à l'enseignement supérieur, j'ai été assez heureux pour n'avoir jamais eu de congés à solliciter, pas même une leçon à supprimer, et je puis ainsi hautement invoquer le passé pour vous donner la mesure de l'exactitude que je mettrai à remplir d'une manière complète les devoirs du nouvel enseignement dont je désire être chargé. Cet enseignement serait d'ailleurs entièrement distinct de celui que je pourrais être appelé à faire à la Sorbonne soit dans l'un soit dans l'autre semestre et je ferai tous mes efforts pour lui conserver le caractère d'élévation qu'il a toujours au Collège de France.

Permettez-moi de vous dire, Messieurs, que cette tâche double devrait être en quelque sorte pour moi, vu mes occupations actuelles, un repos relatif. Chargé depuis 6 ans de l'enseignement de la chimie à l'École Normale, je dois, pendant dix mois de l'année, y faire presque chaque jour de longues conférences où le professeur, on le sait bien, a tout à donner et rien à acquérir. Le laboratoire de l'école est d'ailleurs clos et n'admet pas l'accès d'assistants étrangers. Vous comprendrez dès lors combien je dois désirer de substituer à ces fonctions l'enseignement élevé du Collège de France, utile aux maîtres aussi bien qu'aux auditeurs, et de jouir d'un laboratoire libre où je pourrais me faire assister dans mes travaux. Celui de la Sorbonne, on le sait bien, est exclusivement réservé à la préparation de cours et M. Biot, en venant il y a quelques mois y suivre quelques expériences que nous exécutions en commun, a pu se convaincre qu'à cet égard, le dénuement était aussi complet qu'à l'époque de son décanat.

Pour ce qui concerne mes titres scientifiques, je pourrais me contenter de rappeler qu'ils m'ont valu, il y a quelques années, l'honneur d'être élu à l'Académie des Sciences, si je n'en avais depuis acquis un autre, encore peu connu sans doute, mais auquel j'attache une grande importance.

Les recherches de science que j'avais dirigées vers l'étude de l'eau de mer, m'avaient amené il y a quelques années à jeter les bases d'une industrie nouvelle qui fait servir l'évaporation de cette eau par la chaleur solaire à la fabrication de produits chimiques variés. L'extraction de la soude avait été ainsi simplifiée, mais l'extraction de la potasse contenue dans l'eau de la mer présentait un bien plus haut degré d'intérêt. C'est cette dernière étude que j'ai suivie avec persévérance depuis plusieurs années et que j'ai complétée dans ces derniers temps. Je crois avoir ainsi doté le pays d'une industrie toute nouvelle qui se développe et grandit peu à peu, et dont M. Regnault a consigné les bases dans le traité de chimie qu'il vient de publier. Je regrette de ne pouvoir invoquer à cet égard l'opinion de M. Michel Chevalier, votre collègue, mais M. Coste, né comme moi dans le Midi, connaît toute l'étendue de ces marais pleins d'eau saumâtre qui déciment les populations. Transformer ces foyers d'infection en une vaste usine fournissant aux arts et à l'agriculture des sels de potasse à bas prix m'a toujours paru un but assez élevé pour justifier les efforts que j'ai faits pour l'atteindre.

Je vous prie, Messieurs, de vouloir bien agréer l'hommage de ma respectueuse considération.

Balard

Paris le 1er décembre 1850 ».

Cette lettre de candidature de Balard appelle un certain nombre de commentaires.

Le déroulement de cette campagne qui doit aboutir à la désignation du successeur de Pelouze est encombré de non-dits qui visent la personnalité de Laurent, son « mauvais » caractère et ses opinions politiques. Personne, que je sache, n'osera cependant mettre ouvertement en avant que Laurent est socialiste et que 1848 est déjà loin ; que ses amis comme Jean Reynaud ou Flocon ne sont plus au pouvoir. Les temps sont révolus où il pouvait, avec son complice Gerhardt, faire circuler des pétitions demandant l'abolition du cumul de postes dont bénéficiaient un certain nombre de professeurs bien en place.

Il y avait cependant, dans la perspective de cette compétition toute proche, une donnée à laquelle il eut aussi été indécent de faire trop clairement allusion : c'était l'état de santé de Laurent. Celui-ci, depuis plusieurs années (on manque de renseignements précis sur ce point), était atteint de la tuberculose pulmonaire dont il mourra en 1853. A la fin de l'année cinquante, son état avait commencé à s'aggraver. Dès janvier 1851, il sera obligé d'aller se « reposer » plusieurs mois dans le Midi. On comprend mieux dès lors la mention apparemment incongrue que Balard fait, parmi ses titres, d'une santé florissante. L'argument est hautement électoral. Lui, au moins, contrairement à son rival, n'est pas menacé de devoir interrompre ses cours pour raison de santé.

Pour ce qui concerne ses titres scientifiques, Balard, comme il le dit lui-même, aurait pu se contenter de rappeler qu'ils lui avaient valu l'honneur d'être élu à l'Académie des Sciences. Il est vrai que sa découverte du brome en 1826 n'est pas rien, mais elle fut et restera celle de sa vie. Entre 1837 et 1858, Balard prit quatre brevets relatifs à « l'extraction des sels de soude et de potasse de l'eau de mer » et un dernier sur la « fabrication des sels de soude et potasse caustiques et non caustiques ». Après des déboires initiaux, ses procédés furent exploités avec succès par un groupe de propriétaires de salines qu'on retrouvera en 1856 dans la Compagnie des Salines du Midi. La découverte des mines de Stassfurth en Allemagne et l'effondrement des prix du chlorure de potassium ruinèrent les espérances de ce brave homme qui avait eu la chance d'être découvert par un nouvel élément (je paraphrase une méchanceté inventée par Laurent).

Le vote de l'Assemblée des Professeurs du Collège de France eut lieu le 30 décembre 1850. Il y avait 22 votants : Balard obtint 9 suffrages et Laurent 13. Il faut croire que la présentation de Biot avait été convaincante. « *M. Laurent sera présenté comme*

candidat du Collège » précise le registre des procès verbaux. L'affaire n'était pourtant pas encore dans le sac. La confirmation de ce choix par un vote de l'Académie des Sciences était encore loin d'être acquise.

Biot connaissait bien ses collègues académiciens qu'il fréquentait depuis presque un demi-siècle. Il savait leur conformisme et leur conservatisme. Si Laurent, comme Balard, était membre de l'Académie, il n'y était que correspondant... Biot se souvenait aussi du vieux contentieux de priorité que Laurent avait osé soulever à propos de la découverte des phénomènes de substitution attribuée au seul Jean-Baptiste Dumas. Il n'oubliait pas que ce dernier n'avait rien pardonné à son élève révolté et qu'il était plus puissant que jamais. Ne venait-il pas, le mois précédent, le 31 octobre 1850, d'être nommé ministre de l'Agriculture et du Commerce dans le fameux ministère de coup d'état du Prince Louis-Napoléon Bonaparte ?

Sentant le danger de voir, sous son influence, l'Académie renverser l'ordre de présentation proposé par le Collège de France, Biot prend l'initiative inouïe de mettre en garde ses collègues contre l'injustice qu'ils vont peut-être commettre. Il adresse à chacun des membres de la section de chimie de l'Académie des Sciences une lettre qui est un chef-d'œuvre de courage et d'intelligence (cette lettre sera par la suite publiée dans les *Comptes rendus de Gerhardt*, t. VI, p. 441). Elle mérite qu'on en reproduise de larges extraits :

« Mon cher Confrère,

Dans la dernière assemblée des Professeurs du Collège de France, M. Laurent a été présenté pour la chaire de chimie, au premier tour de scrutin, à la majorité de 13 voix, contre M. Balard, 9. Ce choix ayant été inspiré par un pur sentiment d'intérêt scientifique et devant être soumis à votre appréciation, comme membre de la section de chimie de l'Académie des Sciences, je crois devoir vous exposer les motifs qui l'ont décidé. Je le dois, en effet, puisque c'est moi qui l'ai fait valoir devant mes confrères du Collège de France. Je n'hésite même pas à vous les présenter plus ouvertement que je ne le fis alors parce que je ne craindrais de votre part ni une application fâcheuse de mes paroles ni une interprétation défavorable à mes intentions.

Vous connaissez le sort restreint, parcimonieux, qui est assigné depuis 1848 à ceux qui cultivent les sciences pour elles-mêmes. Il est tel qu'à moins d'être depuis longtemps engagé dans cette carrière, et de s'y être fait une position supportable ou d'avoir l'espérance prochaine de l'obtenir par un puissant patronage, un homme de talent, encore jeune et actif, ne peut y être poussé, ou retenu, que par une passion presque imprudente. Aussi voyons-nous tous les jours ceux qui ne sont pas liés aux sciences par un passé irrévocable, ou par des protections décisives, s'efforcer d'en sortir ou s'en faire un marchepied pour arriver à des existences plus fructueuses dans l'industrie, l'administration ou la politique, qui, maintenant, conduit à tout. Ce mal, trop évident, ne peut que s'accroître. Déjà le nombre des travailleurs actifs au-dehors, oserais-je dire ici même, est bien petit. Les recherches de science pure excitent peu d'attention, quand elles ne sont pas liées à un intérêt de personne, de sorte que le véritable amour des sciences, celui qui les embrasse pour elles-mêmes, s'alanguit et s'éteint.

Dans ces circonstances, s'il se rencontre un homme d'un vrai talent, qui soit possédé de cet amour, qui l'ait invariablement conservé avec la fidélité d'un culte, jusque dans les plus rudes épreuves de l'adversité, et qu'il se présente une occasion de donner à cet homme les moyens de travail, je dis qu'il faut la saisir en mettant de côté tous les inconvénients fondés ou non fondés que l'on peut reprocher à la susceptibilité de son esprit, toutes les controverses scientifiques, justes ou injustes, dans lesquelles il a pu s'engager, même envers vous. Il faut oublier tout cela pour tirer son talent de peine. Voilà ce qui domine, à mon avis, la question qui vous est soumise.

En effet, comment justifierez-vous, scientifiquement, une solution différente ? Depuis que l'on savait que la chaire de chimie du Collège de France deviendrait vacante par la démission de M. Pelouze, le seul candidat ostensible, je dirais presque officiel, était M. Balard. Personne ne conteste son mérite, son esprit, l'aménité de son caractère. Sa belle découverte du brome l'a conduit à une grande application pratique, dont les conséquences seront éminemment fructueuses, pour lui-même et pour la France, s'il parvient, comme il l'espère, à la rendre commerciale. Son talent chimique, ainsi manifesté, lui a obtenu, à Paris, deux chaires d'enseignement supérieur. Enfin, il l'a élevé, depuis six ans, au plus haut degré des honneurs scientifiques, celui de membre de l'Académie. Après tant de succès obtenus, ayant les moyens de travail les plus étendus dans les mains, qu'a-t-il fait pour la science ? Rien, ou presque rien. Il s'est reposé, sans voir les obligations que lui donnait, vis-à-vis de vous, une position si belle et si complète. Quand la vacance du Collège est arrivée, il s'est réveillé, non comme travailleur, mais comme seul candidat légitime, n'imaginant point que la place pût lui être disputée, je ne dis pas en vertu de titres scientifiques supérieurs, mais en vertu d'un intérêt scientifique plus puissant. Sous ce dernier rapport, je crois qu'il s'est complètement déçu.

Je vous ai dit que je ne prétends pas justifier les torts académiques que vous pouvez attribuer à M. Laurent, soit envers des savants étrangers, soit envers vous-même. Mais j'ai voulu savoir s'ils venaient de l'isolement et d'une susceptibilité ombrageuse, ou d'un mauvais fond de cœur. J'ai commencé de le connaître de près il y a deux ans, par suite d'un important service scientifique qu'il m'avait rendu et que je n'avais pu jusque-là obtenir ni même espérer du zèle ou de l'habileté de personne. J'ai eu depuis avec lui des communications fréquentes et intimes qui me l'ont fait complètement apprécier. Je l'ai vu bon et aimant, dans son modeste intérieur. J'ai souvent engagé avec lui des discussions très vives sur les points auxquels il tenait le plus ; elles ont mis à mes yeux, dans une vive lumière, son dévouement passionné pour la science, et l'empressement, l'entière sincérité avec lesquels il acceptait une contradiction qu'il savait être bienveillante. Ces entretiens, aujourd'hui si rares parmi les savants, m'ont inspiré pour lui autant d'affection que d'estime. J'ai pu voir ainsi que l'expérience lui a montré la nécessité de dégager le fond de ses idées de ce qu'il a pu y mêler de hasardeux ou d'insolite dans les expressions. Ce départ qui commence à s'opérer dans son esprit, par la réflexion, ne me laisse apercevoir désormais en lui que l'expérimentateur habile et heureux, dont les travaux occupent déjà une grande place parmi ceux de notre temps, qui ont le plus contribué aux progrès de la chimie organique ; et comme il est dans toute la force de l'âge et du talent, d'un talent qui n'a fait, depuis dix-huit années, que se développer et s'accroître, même dans les luttes de l'adversité, il est de ceux dont on peut dire, sans crainte, que leur passé répond de leur avenir.

Je tiens encore à éclaircir un point important, sur lequel j'ai entendu élever contre lui une hypothèse injuste, aussi dénuée de preuves que toutes celles qu'on lui reproche. « S'il est nommé, il va introduire ses systèmes chimiques dans l'enseignement ». C'est le juger mal, et le condamner d'avance sans le connaître [...]. Il s'est expliqué à ce sujet de la manière la plus nette dans la lettre qu'il a adressée aux Professeurs du Collège de France, pour se présenter à leurs suffrages ; et comme on ne l'a jamais vu soumettre sa pensée à des liens que sa conscience ne lui aurait pas rendus volontaires, je ne crois pas que personne ait le droit ou veuille prendre la charge de mettre en doute la sincérité de cet engagement, non plus que son aptitude à le remplir. Toutefois, ces justes réserves étant admises, et je ne pense pas qu'on puisse me reprocher de les avoir jamais méconnues, on conviendra que l'esprit d'initiative n'est pas déplacé au Collège de France. On regardera sans doute aussi comme un avantage, je dirais presque comme une condition de convenance, que le professeur appelé à ce haut enseignement soit connu pour faire de la science, non seulement à son cours, mais hors de son cours, pour lui être entièrement, exclusivement dévoué [...]. Quand il recommandera à ceux qui l'entendront, le travail, la persévérance et le zèle, on aura le modèle sous les yeux. Nous n'en pourrions pas dire autant de son compétiteur, tout membre de l'Institut qu'il soit.

Il me reste, mon cher confrère, une dernière considération à vous soumettre. La section de chimie, dans cette circonstance, va faire l'office d'un jury d'instruction, devant la haute cour scientifique de l'Académie. Si elle juge à propos d'intervertir la présentation du Collège de France en faveur de M. Balard, il faudra qu'elle dise les motifs de cette préférence. Ce ne peut pas en être un suffisant que d'appartenir à la section et à l'Académie. Le titre de membre de l'Institut est la plus haute récompense comme le plus grand honneur qu'un savant français puisse recevoir. Mais cela ne constitue point un privilège d'inactivité dont on n'ait plus qu'à se prévaloir pour tout obtenir [...]. Or, depuis bien des années, M. Balard est en possession de deux grands laboratoires où il aurait pu exécuter tous les travaux que son zèle lui aurait suggérés, tandis que tous ceux de M. Laurent ont été effectués par ses seuls efforts personnels, au prix des plus rudes sacrifices. Mettre M. Balard au Collège de France, ce n'est rien ajouter aux instruments d'étude qu'il a depuis longtemps dans les mains; mais c'est ôter à M. Laurent les moyens de travail qui lui ont toujours manqué et que nous avions l'occasion de lui fournir. La section de chimie, et ensuite l'Académie, peuvent facilement juger de quel côté se trouvent ici la justice scientifique et l'intérêt des progrès futurs ».

L'exhortation extraordinaire de Biot – extraordinaire par son style et par la franchise dont elle témoigne – ne fut pas entendue par les mandarins qui régissaient la chimie française de l'époque, ni par ceux qui les influençaient. Le lundi 13 janvier 1851, le vote de l'Académie fut implacable : 35 voix à Balard, 11 à Laurent, un bulletin illisible et un bulletin blanc. Un décret du Président de la République, en date du 21 janvier 1851, nommait aussitôt Balard professeur de chimie au Collège de France. Il le restera jusqu'à sa mort, en mars 1876. Laurent, qui n'avait pas la bonne santé dont pouvait se prévaloir son heureux concurrent, mourut de sa tuberculose deux ans après cette scandaleuse décision.

FONCTIONNALISATION DE SUPPORTS SOLIDES POUR LA PRÉPARATION DE DÉRIVÉS DE L'ACIDE GLYOXYLIQUE

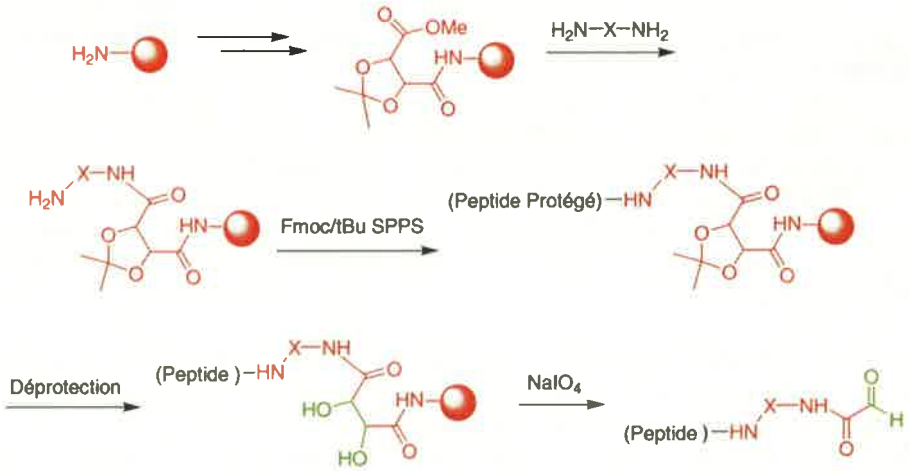
Cyrille GRANDJEAN, *SEDAC-Therapeutics**

La **ligation chimique** consiste à coupler des fragments moléculaires complètement déprotégés grâce à des réactions chimiosélectives, douces et efficaces, réalisées en milieux aqueux. Cette méthodologie a permis la préparation de longs peptides, de protéines, de conjugués (peptides/hydrates de carbone, peptides/oligonucléotides...) voire la modification de cellules.

De par leur versatilité, les **fonctions aldéhydes** ont souvent été engagées dans des réactions de ligation pour conduire à des **liens oximes**, **hydrazones**, **semicarbazides** ou **thiazolidines**. Cependant, ces fonctions ne sont en général pas présentes à l'état natif sur les partenaires destinés à être ligués et doivent être introduites.

Par exemple, des groupes **α-oxo-aldéhydes** (très réactifs et stables dans une large gamme de pH) peuvent être **générés**, **post-synthèse**, sur des peptides par oxydation périodique de diols ou d'amino-alcools vicinaux. Les précurseurs du groupe glyoxylique proviennent le plus souvent du glycérol, du 3-amino-1,2-propanediol ou de résidus séryles ou thréonyles introduits aux extrêmités du peptide ou sur la chaîne latérale d'un résidu lysine.

La modification de supports solides par un nouveau linker, dérivé de l'acide D-tartrique, conduit directement à des glyoxylyl-peptides lors de l'étape de clivage. [1, 2].



Le linker est obtenu par ancrage du (+)-diméthyl-2,3-*O*-isopropylidène-D-tartrate sur une résine de type amino-PEGA ou PEG-PS suivi d'une transacylation avec un excès de diamine (le choix de la diamine permet de modifier les propriétés du composé final et d'ajuster la distance entre l'aldéhyde et le peptide). Après élaboration du peptide en stratégie Fmoc/*t*Bu, les chaînes latérales du peptide sont déprotégées et la fonction diol du dérivé de l'acide tartrique démasquée par un traitement à l'acide trifluoroacétique. Finalement, la séparation du composé du support solide et l'introduction de la fonction aldéhyde est réalisée grâce à une oxydation au periodate de sodium.

* SEDAC-Therapeutics - Institut de Biologie de Lille
1, rue du Professeur Calmette - 59021 Lille Cedex
www.sedac-therapeutics.com
Cyrille.Grandjean@sedac-therapeutics.com

[1] Fruchart J.S., Gras-Masse H., Melnyk O., *Tetrahedron Lett.*, **1999**, *40*, p. 6225.
[2] Melnyk O., Fruchart J.S., Grandjean C., Gras-Masse H., *J. Org. Chem.*, **2001**, *66*, sous presse.

Condensat de Bose-Einstein d'atomes d'hélium métastable

Roger-Gérard Schwartzenberg, ministre de la Recherche, félicite les deux équipes françaises, celles de Michèle Leduc et Claude Cohen Tannoudji (École Normale Supérieure de Paris) et celle de Christophe Westbrook et Alain Aspect (Institut d'Optique d'Orsay), pour une **première mondiale** en physique atomique : la production d'un condensat de Bose-Einstein constitué d'atomes d'hélium dans un état excité métastable. Ces résultats vont être publiés dans *Science Magazine* et *Physical Review Letters*.

Un condensat de Bose-Einstein est produit à des températures proches du zéro absolu, de l'ordre du millionième de degré Kelvin, grâce aux méthodes de refroidissement par laser qui ont valu le prix Nobel à Claude Cohen Tannoudji en 1997. Les propriétés de cohérence de cet ensemble atomique sont très analogues à celles que l'on rencontre dans les lasers, sauf qu'ici on utilise des atomes et non des photons.

Cette découverte permet d'envisager une nouvelle génération de lasers à atomes d'hélium métastables où tous les atomes auront exactement la même direction et la même vitesse. Grâce à la grande énergie interne de ces atomes, ces nouveaux lasers sont susceptibles de graver leur impact sur une surface, comme les rayons X et les électrons, ouvrant la voie à une nanolithographie à l'échelle atomique.

- Communiqué de presse, ministère de la Recherche, 6/04/2001.

Piles à combustible

Une invention suédoise pourrait permettre d'obtenir des piles à combustible plus petites et moins onéreuses. Trois chercheurs de l'École polytechnique KTH (Stockholm) viennent de déposer un brevet portant sur une pile où le graphite de la plaque bipolaire a été remplacé par de l'acier inoxydable ordinaire. L'inconvénient de l'acier est son poids, mais les avantages sont nombreux : il est bon marché, solide et facile à travailler industriellement. En amincissant la plaque, les chercheurs espèrent atteindre 1 kW par kg. La plaque bipolaire a un rôle central dans toutes les piles : elle sert au transport de l'hydrogène et de l'oxygène vers les électrodes, et conduit le courant entre l'anode et la cathode. L'équipe de KTH n'est pas la seule à utiliser l'acier au lieu du graphite plus fragile, mais elle a aussi développé une nouvelle méthode de fabrication, encore confidentielle puisqu'elle fait l'objet de la demande de brevet récemment déposée. Les chercheurs ont démarré une start-up, Cellkraft AB, qui coopère déjà avec une entreprise plus importante dans le domaine de la fabrication. Les résultats des tests réalisés à l'aide d'un prototype sont de haut niveau, mais des essais sur la longévité de la pile restent à faire, en particulier en ce qui concerne les effets de la corrosion. En effet, toutes les piles perdent une partie de leur efficacité avec le temps et Cellkraft n'a pas encore effectué de tests de longue durée. Les recherches dans le domaine des piles à combustible intéressent l'industrie automobile, en particulier Volvo qui essaie d'intégrer les piles dans ses véhicules.

- *Sciences & Technologies en Suède*, 6 avril **2001**.
  Source : *NyT Industri* n°*13*.

Polymères stimulables

Système sensible à la pression

L'Institut de technologie de Kanazawa vient de mettre au point un matériau qui devient 1 000 fois plus visqueux lorsqu'il est sous pression. Il s'agit d'une huile de silicone mélangée à des particules de polymères organiques. A température ambiante, le matériau possède la viscosité d'une huile mais sous forte pression il devient caoutchouteux.

- *ADIT – Bulletin Électronique du SST de l'Ambassade de France au Japon*, n° *176*, 26 mars **2001**.
  Contact : luc.foubert@diplomatie.gouv.fr

Les polymères dans le marché de l'emballage

Des bouteilles papier pour concurrencer les bouteilles plastiques ?

KAO corporation lance un procédé qualifié de « révolutionnaire » pour fabriquer des bouteilles par moulage, à partir de vieux papiers. Bien que les bouteilles soient fabriquées avec un revêtement intérieur et un revêtement extérieur, le procédé se distingue des techniques classiques « multicouches » utilisées pour l'emballage carton du lait. Il est possible de produire des bouteilles de diverses formes, qui peuvent être scellées, avec des résistances mécaniques comparables à celles des bouteilles plastiques. Ces bouteilles sont, bien sûr, facilement recyclables. KAO a obtenu plusieurs brevets au Japon et à l'étranger sur cette technologie « Paper-bottle molding system » et cherche à céder des licences.

- Communiqué de presse de Kao Co du 25 octobre **2000**.
  Contact : Kao Corporation. Tél. : +81-3-3660-7043.

Développement de membranes polymères

Politique de développement de la NEDO au Japon

Au Japon, la NEDO (New Energy and industrial Development Organization) va renforcer en 2001 (année fiscale) ses activités dans la mise en œuvre de piles à combustible à membrane polymère (PEFC), avec 11 milliards de yens (environ 110 millions d'euros), ce qui correspond à une augmentation de 80 % par rapport à l'année fiscale 2000.

Le développement des PEFC stationnaires et celui des PEFC pour véhicules est mené par la NEDO seule et par la NEDO associée aux constructeurs automobiles (Toyota, Honda, Nissan, etc). L'Europe et les USA accélérant le développement en la matière, la NEDO cherche à prendre l'initiative de la standardisation en

Brèves Scientifiques

renforçant le développement et la mise en œuvre.
Le budget de la NEDO pour l'année fiscale 2000 était de 6 milliards de yens dont 4,45 milliards sur des projets de développement des unités stationnaires, l'aménagement des infrastructures, et le développement de techniques permettant une amélioration substantielle des rendements, et 1,6 milliards de yens pour le réseau WE-NET (système international d'énergie propre utilisant l'hydrogène).
Les 11 milliards de yens prévus au budget 2001 se décomposent en 2,7 milliards pour le développement, à échéance fin 2001, de 2 types de stations d'hydrogène liées au WE-NET, le reste (8,3 Md) se répartissant entre :
- prolongement de projet PEFC stationnaires pour une durée de 4 ans (3 Md) ; les matériaux pour membranes et séparateurs permettant d'augmenter la tenue et la densité de puissance feront l'objet d'un appel d'offres auprès des industriels.
- 5 milliards pour l'aménagement des infrastructures permettant la généralisation de l'utilisation des PEFC (en particulier, programme de standardisation pour l'évaluation de la sécurité et de la fiabilité des piles), ainsi qu'une subvention couvrant 50 % des frais engagés par les groupes industriels associés (Toshiba, Matsushita, Japan Storage Battery, Hitachi, Sanyo).

- *ADIT – Bulletin Électronique du SST de l'Ambassade de France au Japon*, n° *171*, 19 février **2001**.

Un film séparateur plus fin pour les batteries rechargeables

Mitsui Chemical a décidé de doubler avant la fin de l'année la capacité de production annuelle de son usine de Iwakuni Otake pour les nouvelles générations de batteries lithium rechargeables, et de batteries polymères. Le produit permettant ce résultat est un film séparateur basé sur un polymère conducteur dont l'épaisseur devrait pouvoir encore être réduite. Avec l'expansion du marché des batteries rechargeables, la demande pour des séparateurs performants s'est fortement accrue. Asahi Kasei et Tonen Chemical, deux importants producteurs de batteries, viennent de renforcer leur production alors que de nouveaux acteurs annoncent leur intention de pénétrer le marché. Le film de Mitsui Chemical est constitué d'un polyéthylène dont le monomère a une très faible masse molaire. Le matériau avait été développé à l'origine pour avoir une forte résistance mécanique, une forte résistance thermique mais une faible résistance électrique. La compagnie a développé des films de 15 à 20 microns d'épaisseur alors que le standard utilisé pour les batteries lithium rechargeables se situe autour de 20 microns d'épaisseur. La compagnie a déjà distribué des échantillons et espère pouvoir réduire l'épaisseur de ses films jusqu'a 9 microns. Les films de la compagnie sont déjà utilisés dans les batteries lithium polymères fabriquées par Sony ainsi que dans celles de la Société Matsushita Battery International.

- *ADIT – Bulletin Électronique du SST de l'Ambassade de France au Japon*, n° *174* ,12 mars **2001**.
  Source : *Japan Chemical Week*, 22 février **2001**.
  Contacts : Mitsui Chemical. Fax : +81-3-3592-4213, luc.foubert@diplomatie.gouv.fr

Composite moléculaire à base de polyamide

Un composite moléculaire est obtenu lorsqu'un polymère rigide est dispersé à l'échelle moléculaire dans un polymère flexible sans séparation de phase.
Un oligomère imide, terminé à chaque extrémité par un aminobenzoate de phényle, a été utilisé pour l'amorçage du caprolactame. Cela a conduit à un polymère triblocs : Nylon 6–Polyimide-Nylon 6 sans séparation de phase. Le module et la contrainte en traction du copolymère sont supérieurs à ceux du nylon, ainsi que la stabilité thermique, la résistance chimique et la résistance à l'impact ; ceci même pour de très faibles concentrations d'imide (5 %).

- Y. Pae et F.W. Harris, *J. Polym. Science. Part A ; Polym. Chem.* **2000**, *38*, p. 4247-57.

Une nouvelle famille de monomères de spécialité

Rhodia annonce la commercialisation d'une nouvelle famille de monomères et de tensioactifs copolymérisables. Ces produits sont en phase de développement et paraissent particulièrement attrayants pour la polymérisation en émulsion et pour les applications peinture (stabilité des émulsions et adhésion sur divers supports).

- M.J. Chen, J. Kiplinger, N. Johnson, E. Walsh et H. Adam, *« Phosphate Monomers as Adhesion promoters and Latex Stabilizers »*, Intern. Coating Exhibition, Chicago , Oct 18-20, **2000**.
  H.S. Yang, H. Adam, J. Kiplinger, E. Anderson, R. Reierson, P. Hasling, et A. Archer, *« New Polymerizable Surfactant for Emulsion Polymerization »*, Intern. Waterborne, High-Solids and powder Coatings Symposium, New Orleans, Feb. 21-23, **2001**.
  Contact : jean-marc.ubrich@eu.rhodia.com

Les brèves concernant les polymères nous ont été transmises par Jean-Claude Daniel (Groupe Français des Polymères).

Index des annonceurs

Argonaut Technologie ..... p. 68, IIIe de couv.
Chemspeed ..... p. 66
EDP Sciences ..... IIe de couv., IVe de couv.
Groupe Français de Rhéologie ..... p. 55
Polymer ..... p. 58
SEDAC ..... p. 52
Sigma Aldrich ..... p. 59

36ème colloque annuel du Groupe Français de Rhéologie

RHÉOLOGIE - GÉNIE CIVIL et ENVIRONNEMENT

MARNE-LA-VALLÉE • 10-12 Octobre 2001

organisé en concertation avec la Société Canadienne de Rhéologie

Le Groupe Français de Rhéologie est membre de la Société Européenne de Rhéologie

OBJECTIFS DU COLLOQUE

Le colloque sera consacré :

• aux fluides complexes du génie civil au sens large, tels que : bétons, mortiers, coulis, pâtes de ciment, bitumes ou enrobés bitumineux, fluides pétroliers, boues de forage, mousses, plâtres, poudres, enduits, peintures, colles, granulats;

• aux matériaux pris en compte pour le respect de l'environnement, tels que : résidus miniers, boues résiduaires, matériaux de recyclage;

• aux écoulements naturels, tels que : laves volcaniques, avalanches, laves torrentielles, déplacements de dunes, sols liquéfiés, lahars.

L'objectif est de favoriser les échanges entre scientifiques des milieux industriels et universitaires (physiciens, mécaniciens, chimistes ou géologues) autour de problématiques communes à ces matériaux.

Ainsi, le colloque sera organisé autour de thèmes tels que :

- mélange, malaxage
- thixotropie, seuil de contrainte
- ségrégation, blocage, instabilités
- vieillissement, séchage, prise
- simulations numériques des écoulements ou du comportement
- origine microstructurelle du comportement des suspensions, mousses, émulsions ou pâtes granulaires
- techniques de mesure spécifiques (in situ ou en ligne) ou d'observation interne (RMN, SANS, SAXS, Diffusion de la lumière).

CALENDRIER

Les auteurs désirant présenter une communication orale ou un poster sont invités à envoyer un **résumé** d'une page au secrétariat du colloque au plus tard le **15 avril 2001**.

L'acceptation des propositions sera notifiée aux auteurs au plus tard le **30 mai 2001** et le **texte complet** des communications retenues devra être adressé au plus tard le **31 juillet 2001**.

La date limite des **inscriptions** est fixée au **31 juillet 2001**.

Toutes les informations remises à jour sont consultables sur internet : **www.enpc.fr/GFR2001/**

BULLETIN DE PRÉINSCRIPTION

à retourner (par courrier ou par e-mail) au secrétariat du colloque avant le **15 avril 2001.**

Nom : . . . . . .

Prénom : . . . . . .

Organisme : . . . . . .

Adresse : . . . . . .

Code Postal : . . . . . .

Ville : . . . . . .

Pays : . . . . . .

Tél. : . . . . . .

Fax : . . . . . .

e-mail : . . . . . .

- Souhaite recevoir la 2ème circulaire comprenant le bulletin d'inscription et le programme détaillé o
- Souhaite présenter :
  une communication orale o
  une affiche o

Joindre le titre et le résumé (une page maximum).

À retourner au :

Secrétariat du 36ème colloque du GFR
LMSGC, 2 allée Kepler • 77420 Champs-sur-Marne • France
Tél : 01 40 43 65 41 • Fax : 01 40 43 54 85

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Industrie

Ce qu'il faut savoir pour monter un projet environnemental

Le colloque « Les aides à l'environnement pour entreprendre », organisé par AFINEGE, inspiré d'un ouvrage rédigé par Chantal Richardeau, aura lieu les 6 et 7 juin prochain à Paris (voir p. 62).

Durant ces journées, les thèmes présentés seront : description des mesures fiscales, bancaires ou d'assurance qu'il convient de connaître pour monter un projet environnemental, aides financières spécifiques encourageant compétitivité et investissements novateurs, choix de technologies ou productions nouvelles les mieux adaptées, mise en place de dispositifs de surveillance, d'économie d'eau ou d'énergie. Les nouvelles opportunités offertes par l'espace européen de la recherche favorisant la participation et la mobilité des chercheurs ou encourageant les entreprises à s'engager dans des activités de recherche seront explicitées, une table ronde permettra des échanges.

• Renseignements : 01 46 53 11 89.

Bilan de l'activité de l'industrie chimique française en 2000 et perspectives pour 2001

Au cours de la conférence de presse du 22 mars 2001, René Deleuze, président de l'Union des Industries Chimiques (UIC), a dressé le bilan des résultats de l'industrie chimique française en 2000.

• L'industrie chimique française a poursuivi en 2000 la **croissance** forte qui avait été la sienne au deuxième semestre 1999 : par rapport à 1999, l'indice de production en volume a augmenté de **4,6 %** et le chiffre d'affaires est passé de 480 à 525 MdF (milliards de francs) (soit + 9,4 %).

Ce bon résultat est dû à la forte demande intérieure, notamment de la part des secteurs industriels, aux bons résultats de l'économie mondiale, notamment en Europe de l'Est (PIB : + 5,8 %) et en Asie du Sud-Est (PIB : + 6,5 %), et aux performances exceptionnelles du commerce mondial de biens et services qui a crû de 12 % en volume entre 1999 et 2000.

La croissance de l'industrie chimique française est supérieure à celle de l'industrie manufacturière française (+ 3,7 %), comme à celle du PIB (+ 3,2 %). Tous les secteurs de la chimie y ont contribué : de la chimie minérale (+ 6,7 %) à la pharmacie (+ 4,9 %), en passant par la chimie organique (+ 4,1 %), les cosmétiques et les produits d'entretien (+ 5,2 %), et la parachimie (+ 3,3 %), à l'exception des produits phytosanitaires.

L'augmentation des prix de vente a été de 4,6 % sur l'ensemble de l'année, mais avec de grandes disparités entre les secteurs : + 31 % en chimie organique (par suite de l'envolée des prix du pétrole brut de + 60 % en $), + 5 % en chimie minérale et + 1 % seulement en parachimie et cosmétique.

• Profitant de la fin des crises russe et asiatique et du dynamisme des demandes américaine et européenne, l'industrie chimique française a accru ses exportations de 14,8 % en valeur par rapport à 1999 (314,1 MdF), tandis que ses importations augmentaient de 17,4 % (254,8 MdF) par suite de la demande intérieure, de la hausse du prix du pétrole et de la faiblesse de l'euro : le taux de couverture a donc baissé de 1,25 à 1,23.

Les résultats 2000 de Solvay... ou les recettes d'une bonne diversification

Millions d'euros	1999	2000	% variation
CA	7 870	8 860	+ 13
Résultat net	423	433	+ 2
Investissement	919	872	- 7
R & D	345	359	+ 4

En commentant les résultats, résumés dans le tableau ci-dessus, Aloïs Michelsen, président du Comité exécutif de Solvay, a tenté de livrer les ingrédients d'une bonne diversification :

- Une présence, sur un nombre limité de secteurs dont les résultats, avant imposition s'équilibrent globalement :

Millions d'euros	CA 2000	Résultats avant imposition		
		1999	2000	% variation
Plastiques	3 000	200	230	+ 15
Chimie	2 585	212	233	+ 10
Transformation plastiques	1 725	83	69	- 17
Pharmacie	1 548	157	134	- 15

- La fabrication de produits où le groupe détient des positions mondiales et le développement simultané de spécialités :

• la chimie minérale : avec CO_3Na_2 et NaOH (activités historiques de Solvay), CO_3(Ba, Sr), peroxydes d'hydrogène...

• les plastiques, pour lesquels la stratégie repose sur une politique de partenariat en PVC, en PE-HD (avec BP) et le développement de compounds spéciaux (à base de cristaux liquides par exemple) ;

• la transformation plastique dans laquelle Solvay détient des positions fortes : systèmes à carburant pour automobilistes, feuilles pour poches à sang et dialyse, tubes pour distribution de l'eau et du gaz ;

• la pharmacie, avec des percées intéressantes (AndroGel® pour le traitement des déficiences masculines en testostérone aux USA) et des acquisitions (Sintofarma au Brésil) dans le domaine des traitements hormonaux, et plusieurs produits en développement tels un antidépresseur (Luvox® au Japon) et deux anti-hypertenseurs (Teveten® et Aceon®), malgré une concurrence sévère dans ce dernier domaine.

A l'inverse de la plupart des grands groupes qui tentent de se concentrer tantôt sur la chimie ou tantôt sur la pharmacie, Solvay entend garder deux fers à chaud. Jusqu'à quand ?

Gilbert Schorsch

L'excédent de 59 MdF place l'industrie chimique française au 3e rang des contributeurs au solde bénéficiaire du secteur industriel.

Par secteurs, la balance des échanges s'est dégradée en chimie minérale (solde négatif de 5,4 MdF), en parachimie et en pharmacie (soldes positifs de 6,5 et 11,9 MdF respectivement), et s'est améliorée en chimie organique et en cosmétiques (soldes positifs de 15,6 et 30,7 MdF respectivement).

Par zones géographiques, l'Union européenne constitue encore en 2000 le principal marché de l'industrie chimique française (63 % des exportations), mais la balance des échanges s'est dégradée de plus de 4 MdF, notamment avec l'Allemagne ; les échanges ont été particulièrement dynamiques avec l'Espagne, la Belgique et le Royaume-Uni. Sur toutes les zones, les échanges ont augmenté, notamment avec les États-Unis, la Russie et l'Asie, mais le solde déficitaire avec les États-Unis et le Japon est resté stable (- 7,6 et - 1,4 MdF respectivement).

• Initiée début 1999, l'envolée des prix du pétrole s'est poursuivie pendant la majeure partie de l'année 2000 (+ 60 % en dollars, + 84 % en euros) et a eu pour conséquence une progression moyenne des prix de vente de 4,6 % par rapport à 1999.

La hausse a été particulièrement forte dans les secteurs de la chimie organique (+ 31 %) et de la chimie minérale (+ 5 %).

• Poursuivant leur mouvement, les dépenses d'investissement industriel se sont accrues de 8 % par rapport à 1999 et ont dépassé 25 MdF. Cet effort d'investissement reflète le besoin d'augmenter les capacités de production arrivées à saturation et la poursuite de la mise en place des TIC (technologies de l'information et de la communication). Néanmoins, sur les années 1995-1999, cet effort (de 3,1 Md€ (milliards d'euros) par an en moyenne) reste nettement inférieur à ceux de l'Allemagne (6,6 Md€) et du Royaume-Uni (3,8 Md€).

La part consacrée à la protection de l'environnement représente plus de 5 % du total et près de 25 % du total des investissements de l'industrie française dans ce domaine. La chimie française maintient donc ses efforts dans le cadre de l'Engagement de Progrès.

SNPE : dégradation des résultats mais concentration dans les matériaux énergétiques et spécialisation dans la chimie

A l'inverse de beaucoup de groupes chimiques, les résultats 2000 de la SNPE n'ont pas été particulièrement encourageants :

Millions FF	1999	2000	% variation
CA	5 534	5 389	- 2,6
Résultat d'exploitation	312	211	- 32
Résultat net	171	42	non significatif (plus-values de cession en 1999)

Les raisons de la contre-performance sont clairement identifiées :
- l'échec du lancement de certains médicaments (anti-protéase et anti-obésité), l'annulation de nouveaux programmes dans les missiles et des reports de commandes dans les poudres et explosifs militaires,
- des retards dans la construction de la nouvelle usine de Houston (USA) et l'accident de l'usine de Sorgues durant l'été,
- la difficulté de répercuter la hausse des prix des matières premières et de l'énergie.

La chimie fine, c'est-à-dire la fourniture d'intermédiaires pour la pharmacie et l'agrochimie, et les nitrocelluloses représentent actuellement 60 % de l'activité de la société, contre 40 % pour les matériaux énergétiques.

Mais la SNPE s'est remise en marche en 2001 en rationalisant ses activités dans les matériaux énergétiques pour la défense et l'espace avec ses partenaires moyens :
• création d'HERAKLES avec la propulsion solide de la SNECMA,
• création de NEW CELERG dans l'étude et la production de moteurs pour les armes tactiques avec EADS,
• création de PECO en vue de la restructuration des poudres et explosifs avec Rheinmetall et RUAG.

Dans la chimie, SNPE propose une nouvelle segmentation avec d'un côté la chimie fine (où SNPE retrouve comme concurrents DSM, Degussa, Lonza et Rhodia) et de l'autre, les spécialités chimiques (nitrocellulose, explosifs industriels, placage de métaux par explosifs…).

De quoi repartir d'un bon pied en 2001 car les activités de la SNPE sont très techniques : le budget de R & D est de l'ordre de 10 % depuis 5 ans !

Gilbert Schorsch

• Les derniers chiffres connus (1998) des dépenses de recherche-développement montrent une relative stabilité en valeur absolue, mais une nette diminution en pourcentage par rapport au chiffre d'affaires pour la pharmacie. Celle-ci est cependant pour la première fois en tête de tous les secteurs économiques pour les dépenses dans ce domaine.

• En 2001, dans le contexte des **perspectives** de ralentissement de l'économie, notamment aux États-Unis, les prévisions de croissance de l'industrie chimique européenne anticipent une modération. En France, le taux resterait néanmoins de l'ordre de 4 %.

Compte tenu des restructurations en cours ou à venir, le « site industriel France » devra renforcer sa compétitivité non seulement par la promotion de la formation et de l'innovation, mais aussi par le desserrement des contraintes sociales et réglementaires qui pèsent sur l'économie française.

Yves Dubosc

PCAS : bilan 2000 et perspectives 2001

J.-P. Stephan, PDG de PCAS, a présenté en mars dernier les résultats consolidés 2000 de son groupe, qui confirment et même améliorent ceux du premier semestre (*L'Ac. Chim.*, janvier **2001**, p. 36-37). Le chiffre d'affaires s'est élevé à 138,6 M€, en croissance de 24 % par

Recherche Chef de publicité

EDP Sciences, maison d'édition scientifique, recherche un(e) chef de publicité pour 2 revues spécialisées, dont *L'Actualité Chimique*.
1 an d'expérience minimum dans la vente d'espaces publicitaires, connaissance des centrales et agences. Vous êtes dynamique et passionné(e) avec une forte aisance relationnelle, et donc prêt(e) à rejoindre une équipe en pleine croissance.
Merci d'adresser votre CV + lettre de motivation à Susan Mackie, EDP Sciences, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

rapport à 1999. A périmètre constant (la société Pharmacie Centrale de France acquise en 1999 est consolidée pour la première fois en année pleine), la croissance aurait été de 15 %. Le résultat net avant amortissement des écarts d'acquisition s'établit à 8,4 M€, en croissance de 15 % par rapport à 1999.
Avec le soutien financier de son actionnaire principal Dynaction (100 MF) et une ligne de crédit bancaire (182 MF), PCAS a un ambitieux programme de croissance externe pour 2001. L'acquisition du laboratoire Martin Johnson & Johnson/MSD (Bessay, Allier), spécialisé dans les formes pharmaceutiques liquides et pâteuses, et la prise de participation dans le capital de E-Pharma (Gannat, Allier), spécialisé dans les formes pharmaceutiques sèches et notamment effervescentes, seront concrétisées en 2001. Elles permettront à PCAS, en y adjoignant l'activité de formulation de sa filiale Pharmacie Centrale de France (La Voulte, Ardèche) de réaliser un chiffre d'affaires dans ce domaine d'environ 150 MF. La synthèse pour la pharmacie est donc le principal chantier de développement pour PCAS en 2001. Néanmoins, une autre acquisition dans la chimie fine est prévue pour 2001 en fonction des opportunités, provenant soit du rachat possible d'usines de grands groupes qui externalisent leur production de produits chimiques, soit du rachat de petites sociétés n'ayant plus les moyens de leur développement.
A moyen terme, l'objectif de PCAS est de rentrer dans les 10 premières sociétés mondiales de chimie fine en doublant sa taille dans les 3 ans, par sa croissance interne et par acquisitions, pour atteindre un chiffre d'affaires de 250 M€.

Yves Dubosc

Divers

« Pompéi. Nature, sciences et techniques »

Le Palais de la Découverte vous invite à découvrir la surprenante et remarquable maturité de la civilisation romaine en matière scientifique, technique et artistique, à travers une exposition à caractère archéologique et artistique qui se tiendra **jusqu'au 22 juillet 2001**. Dans cette exposition, la culture rassemble les arts, les lettres, la philosophie et les sciences. Les Grecs ont apporté leurs contributions fondamentales à la philosophie et à la découverte des concepts de la science. Les Romains ont démontré qu'ils pouvaient être des ingénieurs et des artisans exceptionnels.

- Avenue Franklin Roosevelt, 75008 Paris. www.palais-decouverte.fr

Plus de femmes au CNRS

10 700 femmes aux côtés de 14 600 hommes au CNRS : le fameux organisme de recherche ne respecte pas vraiment la parité ! Fin 1999, on comptait moins de 130 directrices de recherche 1re classe sur un effectif total de 3 400 chercheuses, alors qu'il y avait 830 directeurs de recherche pour 7 950 chercheurs. Geneviève Berger, directrice générale du CNRS, a annoncé le 27 mars 2001 la mise en place d'un comité « Disciplines, métiers, carrières et genre. La place des femmes au CNRS » en coordination avec le « Comité de pilotage pour l'égal accès des hommes et des femmes aux postes supérieurs de la fonction publique » et « l'Unité Femmes, Sciences et Technologies », en cours de création au ministère de la Recherche. Ce comité aura en charge de nombreuses études statistiques et qualitatives ainsi que diverses manifestations afin d'établir un plan d'action visant à améliorer l'équilibre hommes/femmes au sein du CNRS.

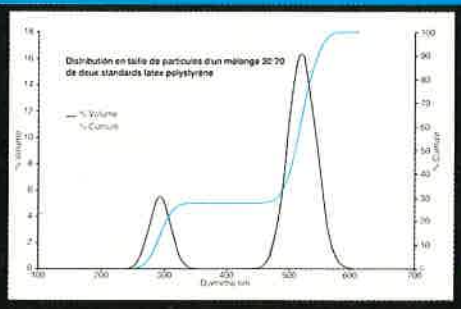
Elsa Champion

PL-PSDA NOUVEL ANALYSEUR DE TAILLE DE PARTICULES

Si vous avez besoin de mesurer la taille de vos particules, ne faites pas les choses à moitié !

Avec le nouvel analyseur Polymer Laboratories, vous obtiendrez

- grande précision et justesse
- facilité d'emploi
- durée d'analyse réduite
- gamme de travail 10-3000nm pour les distributions complexes.



Vous désirez en savoir plus ?
Appelez-nous ou visitez notre site web:
www.polymerlabs.fr

Polymer Laboratories

Polymer Laboratories SARL
Centre Silic Marseille Sud, Impasse du Paradou
Bâtiment A4, 13009 Marseille
Tel: 04 91 17 64 00 Fax: 04 91 17 64 01
Email : Support@polymerlabs.fr

One Stop Shopping
for All Your NMR Needs

...

Deuterated Solvents

...

NMR Tubes
and Tube Cleaners

...

Books and Software

...

Quality, Service,
and Selection

ALDRICH

Si vous souhaitez recevoir le nouveau catalogue RMN et être contacté pour une offre sur les solvants RMN...

INTRODUCING...

PRODUCTS FOR

NMR SPECTROSCOPY

... complétez ce coupon et faxez le au : 04 74 99 10 74

❑ *Je souhaite recevoir le nouveau catalogue RMN* ❑ *Je souhaite être contacté pour une offre sur les solvants RMN*

Mr, Mme, Melle : _____

Institut : _____

Laboratoire : _____

Adresse : _____

Tél : _____

Fax : _____

E-mail : _____

SIGMA ALDRICH Fluka Riedel-de Haën SUPELCO

Livres et médias

Livres

De l'alchimie à la chimie

Olivier Lafont
Ellipses (coll. L'esprit des Sciences)
Paris, 2000

L'alchimie a toujours été considérée comme une discipline mystérieuse, à la limite entre philosophie et sciences. Elle est née des plus anciennes civilisations. Par son langage ésotérique, ses symboles mystérieux, ses représentations énigmatiques, elle était réservée à des adeptes, pour lesquels la recherche de la pierre philosophale, conduisant à la médecine universelle et autorisant la transmutation du plomb vil en or lors du Grand Œuvre, n'était que l'aspect matériel des choses, car par là-même, ayant obtenu la pierre philosophale, l'homme étant transcendé, transformé par cette transmutation mystique qui lui conférait la connaissance suprême, la Gnose, et le mettait en communication avec le Créateur.

Le véritable adepte rejetait par suite les charlatans, les « souffleurs », qui n'envisageaient la transmutation que dans un but mercantile. Si l'obtention de la pierre philosophale et la réalisation du Grand Œuvre sont restées une chimère, en revanche, les alchimistes, par la somme considérable d'expériences réalisées, ainsi que par les techniques et les appareils mis au point, ont apporté, inconsciemment le plus souvent, une contribution scientifique certaine dont les chimistes bénéficieront par la suite.

Dans son ouvrage *De l'alchimie à la chimie*, l'auteur n'aborde (volontairement) que peu les aspects spirituels de l'alchimie, préférant analyser plus spécifiquement les apports de l'alchimie pratique et montrer comment au début du XVIIe siècle, s'est constituée la chimie, science expérimentale à la naissance de laquelle l'alchimie n'a pas été étrangère, mais qui reposait sur des faits précis, des expériences clairement rapportées, la constitution progressive d'un corps de doctrines à support expérimental. L'hermétisme, comme le mythe de la pierre philosophale et du Grand Œuvre, avaient cessé de vivre et les ouvrages de Béguin, Glaser, Nicolas Lémery et Boyle, entre autres, sont là pour témoigner de ce divorce entre alchimie et chimie.

Sept chapitres forment la matière de cet ouvrage, qui constitue une excellente approche du sujet : la connaissance de la matière avant l'apparition de l'alchimie ; la naissance et le développement de l'alchimie ; la doctrine alchimique ; le matériel et les techniques ; la révolution paracelsienne ; la séparation de la chimie et de l'alchimie ; l'opinion de quelques chimistes sur l'alchimie.

Très documenté, assorti d'une bibliographie sélectionnée, d'un précieux index des noms patronymiques cités, d'une iconographie intéressante, et présenté d'une manière agréable et soignée, ce petit ouvrage offre un intérêt indéniable pour tout lecteur qui souhaite découvrir ou mieux comprendre ce qu'était l'alchimie et ce qu'elle a apporté à la chimie.

Claude Viel

Arago 25 : Biomimétisme et matériaux

OFTA, Paris, janvier 2001

La parution d'un ouvrage de l'OFTA (Observatoire Français des Techniques Avancées) est sans conteste un évènement scientifique très intéressant, car le choix des sujets de la collection Arago est toujours lié à un problème d'actualité qui mérite analyse, réflexion et débat. Rappelons le fonctionnement de l'OFTA : après avoir choisi un thème, le directeur Marc Dupuis réunit une équipe autour d'un coordinateur et le groupe, constitué de spécialistes, travaille avec des réunions régulières pendant environ 2 ans, avant de publier l'état du domaine considéré et des recommandations pour ce qui concerne les évolutions envisagées. Il s'agit donc d'un document de prospective scientifique.

Arago 25, qui fait l'objet de cette chronique, est consacré au biomimétisme pour la conception de matériaux. La coordination a été confiée à Clément Sanchez et le groupe était constitué de 18 personnalités du monde universitaire et industriel français.

L'ouvrage comprend trois parties principales et les conclusions du groupe.

La première partie (d'environ 100 pages) est consacrée à la description des matériaux de base rencontrés dans le monde vivant animal : chitine et collagène, les constituants des membranes plasmiques, couches protéiques ou polysaccharides pour les procariotes et systèmes composites pour les eucariotes ; mais aussi les différentes morphologies d'ADN en milieu dense. Le rôle de ces matériaux organiques dans les procédés de biosylilation, de cristallisation et d'organisation des sels de calcium (phosphates et carbonates) pour la formation des os des carapaces et coquillages, etc. est passionnante : on apprend, par exemple, comment une biocatalyse par deux sites de la silicatéine produit la silice des diatomées, comment une matrice organique comme le collagène structure la cristallisation de l'hydroxyapatite pour la formation de l'os ou de l'aragonite pour créer la nacre. Et bien d'autres exemples sont donnés. La biominéralisation procède d'une manière générale de l'organisation contrôlée des minéraux par des protéines selon un mécanisme de nucléation-croissance. Cette partie s'achève par quelques illustrations montrant la parfaite adéquation de certains biomatériaux aux fonctions qu'ils sont sensés remplir : les ailes de papillons, la peau de dauphin, le fil d'araignée… On remarque que les matériaux du monde vivant végétal ne sont pratiquement pas traités dans cet ouvrage.

La seconde partie (de presque 190 pages) est dédiée aux travaux basés sur des approches biomimétiques. En ce qui concerne les matériaux minéraux poreux, les stratégies de préparation seront différentes selon qu'il s'agit de systèmes micro (0,5 à 1 micron), méso (2 à 50 microns) ou macro (au-delà de 50 microns). La méthodologie générale est basée sur la recherche d'empreintes organiques nécessaires à la structuration du réseau minéral et sur l'utilisation de techniques de chimie douce, c'est-à-dire des réactions en solution à température proche de l'ambiante. Des travaux ont été réalisés surtout avec des silices mais aussi avec des silicates, oxydes ou phosphates.

La partie consacrée aux matériaux polymères montre les différentes façons de créer et de contrôler les morphologies dans le cas des polymères semi cristallins, des copolymères à blocs et des mélanges de polymères. Ces méthodes, qui n'ont pas un caractère réellement biomimétique, permettent cependant d'optimiser les propriétés de ces matériaux.

Les articles suivants traitent de deux exemples de texturation de matériaux à partir de solutions par simple évaporation, et nous sommes à nouveau dans des conditions qui rappellent le monde vivant. Le premier cas est l'évaporation d'une solution d'un précurseur de silice ; la structuration s'effectue grâce à la présence d'un tensio-actif qui s'organise sur la surface avant la formation du réseau de silice. L'autre cas intéresse la matière molle puisqu'il s'agit de la transformation par cisaillement d'une phase lamellaire en objet sphérique dit en oignon.

La troisième partie traite du fonctionnement biomimétique de certains matériaux. Il est montré que les défauts de structure dans les membranes cellulaires jouent un rôle dans la formation des composites naturels que sont les os, squelettes et autres carapaces. Si l'on considère des agents structurants de synthèse tels que les cristaux liquides, il est possible de contrôler des défauts en imposant des contraintes de champs électriques ou magnétiques, et l'on voit ainsi des possibilités de contrôle des morphologies des matériaux obtenus par techniques biomimétiques.

Différents aspects de la chimie supramoléculaire sont traités dans l'ouvrage : modèles enzymatiques avec la chimie des cyclodextrines, autoassemblage de complexes organométalliques simples ou en hélices, complexes d'ADN et de tensioactifs cholestériques pour le transfert transmembranaire. Tous ces exemples illustrent un comportement biomimétique de produits de synthèse. La technique de l'empreinte moléculaire peut être considérée aussi sous l'angle de la chimie supramoléculaire : il s'agit de rechercher des matériaux macromoléculaires capables d'accueillir des molécules cibles grâce à des sites récepteurs. Ces empreintes peuvent servir en chromatographie d'affinité, pour des tests immunologiques, comme capteurs, mais aussi comme lieu de synthèse grâce à une pré-organisation des réactifs.

Un aspect fascinant du biomimétisme est observé avec les polymères stimulables. Certains polymères hydrophiles présentent des discontinuités de comportement lorsqu'ils sont soumis à des variations de pH, de force ionique ou de température. On peut alors observer des variations importantes de viscosité ou de formation réversible de gels.

Le livre traite aussi de la protection de réactifs biochimiques ou biologiques, par l'immobilisation sur des supports ou par encapsulation. Ces opérations se font soit sur des silices, soit sur des polymères, et servent à réaliser des biocapteurs, des systèmes pour la catalyse enzymatique des réactions antigène/anticorps. Cette démarche est en pleine évolution pour la réalisation d'outils de diagnostics et la vectorisation de gènes.

On trouve dans le livre, et en particulier dans la dernière partie, des exemples d'applications industrielles de matériaux et de systèmes réalisés selon une démarche biomimétique : les bétons ductiles sont des matériaux comportant des renforcements multiéchelles avec des fibres de différentes natures ; en cosmétologie, des liposomes ou des nanocapsules sont utilisés pour le transport de principes actifs ; dans le domaine des matériaux, les polymères biodégradables ont été imaginés pour une durée de vie programmée et les matériaux autonettoyants sont conçus sur le modèle de certaines feuilles possédant des surfaces hydrophobes.

Ce livre est une très belle synthèse de l'approche biomimétique pour la réalisation de matériaux structuraux et, au-delà, de systèmes adaptatifs, c'est-à-dire capables de réagir à une sollicitation (en émettant un signal ou en fournissant un travail, par exemple).

Les recommandations du groupe offrent au lecteur une synthèse des réflexions d'équipes pluridisciplinaires sur ce qui peut être l'évolution de la recherche dans ce domaine.

Cet ouvrage est destiné aux spécialistes de la recherche, mais il semble indispensable aux enseignants et, en particulier, à ceux du 3e cycle des formations doctorales orientées vers les matériaux.

Bernard Sillion

A signaler

Plantes toxiques. Végétaux dangereux pour l'Homme et les animaux
Jean Bruneton
576 p., 670 FF., EMInter, 2001

Biopolymers (10 vol. prévus)
1. Lignin, humic substances and coal
2. Polyisoprenoides
498 DM le volume. Wiley-VCH, **avril 2001**

Techniques de l'ingénieur
- Sciences fondamentales, 8 580 FF,
- Constantes physico-chimiques, 5 990 FF,
- Analyse et caractérisation, 8 190 FF,
- Génie des procédés, 9 480 FF,
- Mesures et contrôle, 10 110 FF,
- Environnement, 3 950 FF.

(les prix ci-dessus HT comprennent le prix de l'ouvrage et de l'abonnement).

Revues

BUP (Bulletin de l'Union des Physiciens)

Sommaire du n° 833, avril 2001

- « L'expérience de Franklin », encore..., par Étienne Bolmont.
- Effet de serre et climat : l'influence humaine, par Yves Fouquart.
- Météorologie et enseignement : le site Educnet-météo, par Jean Cassanet.
- Météorologie et enseignement : expériences simples de sciences physiques, par Yves Corboz.
- Vous avez dit : « U = R.I » ?, par Didier Malafosse, Jean-Michel Dusseau.
- Comment résoudre un problème d'électrocinétique ?, par Jean-Noël Beury.
- Les premiers pas de l'éclairage électrique au XIXe siècle, par Jean-Pierre Caron.
- Résistance sur mesure, par Dany Launer.
- Défense absolue de toucher aux fils électriques même tombés à terre..., par El Hassane Boubcheur.
- Le circuit électrique d'une voiture, par Florence Jutard.
- Oxydation vive de l'aluminium, par Roger Marical.
- « La main à la pâte », un exemple de coopération en Seine-Saint-Denis, par Renaud Carpentier, Cyril Bolis.
- Enseigner les sciences en section littéraire et économique, par François Saint-Jalm.
- La « culture scientifique » vue par nos voisins européens, par Claudine Hermann.

MANIFESTATIONS

Jusqu'au 22 juillet 2001

Pompéi, nature, sciences et techniques
Paris
- Palais de la découverte.
  Tél. : 01 40 74 81 04.
  Fax : 01 40 74 81 50.

sfc 31 mai 2001

Synthèse organique : stratégies et méthodes
Rouen
Section Normandie
(*L'Act. Chim.*, mars 2001, p. 71)
- Gérard Plé. Tél. : 02 35 52 24 10.
  Fax : 02 35 52 29 71.
  Gerard.Ple@univ-rouen.fr

3- 8 juin 2001

RDPA'01 : 9th International Meeting on recent developments in pharmaceutical analysis
Messine (Italie)
- P. Ficarra, RDPA'01.
  Tél. : +39 (90) 6766407.
  Fax : +39 (90) 6766407.
  pficarra@pharma.unime.it

6- 7 juin 2001

Les aides à l'environnement pour entreprendre
Paris
- Chantal Richardeau, Afinege.
  afinege@uic-idf.fr

6- 9 juin 2001

ISMEC 2001 : 12th Italian-Spanish Congress on thermodynamics of metal complexes - XXVIII annual congress of « Gruppo di Termodinamica dei complessi »
Parme (Italie)
- Sezione di Chimica fisica applicata, Università di Parma
  Tél. : +39 (521) 905034.
  Fax : +39 (521) 905006.
  chifiapp@unipr.it
  http://www.newteam.it/ismec2001

9 - 14 juin 2001

From structure to function - folding, catalysis, interaction and signalling
Karrebaeksminde (Danemark)
- Euresco office.
  Tél. : 03 88 76 71 35.
  Fax : 03 88 36 69 87.
  euresco@esf.org
  http://www.esf.org/euresco

sfc 14-16 juin 2001

In vino analytica scientia
Bordeaux
(*L'Act. Chim.*, mai 2000, p. 50)
- Congress Rive Droite.
  Tél. : 05 56 32 82 29.

19- 23 juin 2001

XXXI Congresso Nazionale du Chimica Fisica
Padoue (Italie)
- http://pd2001.chfi.unipd.it

23- 28 juin 2001

Euroconference on molecular mechanisms of heterogeneous catalysis
San Feliu de Guixols (Espagne)
- Euresco office.
  Tél. : 03 88 76 71 35.
  Fax : 03 88 36 69 87.
  euresco@esf.org
  http://www.esf.org/euresco

27- 29 juin 2001

L'entreprise agroalimentaire du futur
Gothenburg (Suède)
- Eivor Johansson, SIK.
  Tél. : +46 (31) 335 5600.
  Fax : +46 (31) 83 37 82.
  eivor.johansson@sik.se
  http://www.foodfactory.sik.se/

sfc 2-6 juillet 2001

10th ISHHC
Villeurbanne
(*L'Act. Chim.*, avril 2001, p. 67)
- Catherine Santini.
  Tél. : 04 72 43 18 10.
  Fax : 04 72 43 17 95.
  shhc10@cpe.fr
  www.cpe.fr/shhc10/registration

sfc 4-6 juillet 2001

GFP-SQP2001
Nancy
(*L'Act. Chim.*, avril 2001, p. 67)
- Denis Roizard.
  Tél. : 03 83 17 52 73.
  GFP-SQP2001@ensic.inpl-nancy.fr
  http://www.ensic.inpl-nancy.fr.GFP-SQP2001

sfc 10-11 juillet 2001

Colloque sur les matériaux bifonctionnels
Strasbourg
(*L'Act. Chim.*, mars 2001, p. 71)
- Marc Drillon.
  Tél. : 03.88.10.71.31.
  drillon@ipcms.u-strasbg.fr

sfc 15-18 juillet 2001

Fast reactions in solution meeting : FRIS 2001
Versailles
(*L'Act. Chim.*, janvier 2001, p. 49)
- F. Terrier. Tél. : 01 39 25 44 50.
  fris01@chimie.uvsq.fr
  http://www.uvsq.fr/rech/colloques/010715fris.html

15- 28 juillet 2001

Nato Asi on Principles and methods for accelerated catalyst design, preparation, testing and development
Vilamoura (Portugal)
- F. Lemos.
  qflemos@alfa.ist.utl.pt http://flemos.ist.utl.pt/natoasi2001

26- 31 août 2001

CBIC 10 : 10th International Conference of bioinorganic chemistry
Florence (Italie)
- ICBIC 10 Secretariat, CERM, University of Florence.
  Tél. : +39 (55) 4574261/4260.
  Fax : +39 (55) 4574253.
  icbic10@cerm.unifi.it
  http://www.cerm.unifi.it/icbic/

5- 8 septembre 2001

IMA 2001 : International Conference on instrumental methods of analysis, modern trends and applications
Ioannina (Grèce)
- IMA'01 Conference Secretariat.
  Tél. : +30 (651) 98719.
  Fax : +30 (651) 98793.
  Ima2001@cc.uoi.gr
  http://www.uoi.gr/confsem/ima2001

8- 13 septembre 2001

Euroconference on interfaces and thin films of polymers and colloidal systems
Acquafredda di Maratea (Italie)
- Euresco office.
  Tél. : 03 88 76 71 35.
  Fax : 03 88 36 69 87.
  euresco@esf.org
  http://www.esf.org/euresco

9- 13 septembre 2001

International workshop/Conference on coupled, hyphenated and multidimensional liquid chromatographic procedures for separation of macromolecules
Bratislava (Rép. de Slovaquie)
- Dusan Berek.
  Tél. : +421 (7) 5477 1641.
  Fax : +421 (7) 5477 5923.
  upolconf@savba.sk
  http://nic.savba.sk/-upoldber/

9- 14 septembre 2001

9th International Conference on correlation analysis

in chemistry (CAIC-IX)
Borowno (Bydgoszcz) (Pologne)
- R. Gawinecki,
  Tél. : +48 (52) 379 2900.
  Fax : +48 (52) 3731160.
  gawiner@chem.atr.bydgoszcz

sfc 11-13 sept. 2001

JCO 2001
Palaiseau
Division Chimie organique
(*L'Act. Chim.*, janv. 2001, p. 50)
- Congrès Scientifiques Services (C2S). Tél. : 01 47 71 90 04.
  Fax : 01 47 71 90 05.
  c2s@club-internet.fr
  http://www.congres-scientifiques.com/JCO2001

11-14 septembre 2001

Medicta 2001 : 5th Mediterranean Conference on calorimetry and thermal analysis
Santiago de Compostela (Espagne)
- L. N. Regueira.
  Tél. : +34 981 524350.
  Fax : +34 981 524350.
  medicta@sc.es
  http://aiff.usc.es/

sfc 12-15 sept. 2001

Interaction of laser radiation with matter at nanoscopic scales
Bressanone/Brixen (Italie)
Division Chimie physique
(*L'Act. Chim.*, juillet-août 2000, p. 79)
- bozio@chfi.unipd.it

sfc 14 septembre 2001

2e Rencontre franco-tunisienne de chimie organique
Paris
Division Chimie organique
(*L'Act. Chim.*, avril 2001, p. 65)
- E-mail : jftco@chimie.uvsq.fr

17-19 septembre 2001

1st International Conference on inverse gas chromatography
Londres (Royaume-Uni)
Des contributions peuvent être soumises sur les thèmes : nouveaux aspects théoriques ; caractérisation des matériaux et corrélation des propriétés pour leurs applications ; applications à la catalyse, industrie pharmaceutique, industrie alimentaire, bâtiment, industrie automobile, zéolithe, environnemental, pigments... ; nouvelles méthodes de carac-térisation telles que adsorption compétitive, flash désorption...
- Daryl R. Williams.
  d.r.williams@ic.ac.uk

18-21 septembre 2001

IXe Journées polymères conducteurs
Angers-La-Pommeray
Cette manifestation, qui réunit l'essentiel de la communauté scientifique française intéressée par les matériaux, revêt cette année un relief particulier avec la participation d'Alan McDiarmid, l'un des pères fondateurs du domaine et lauréat du prix Nobel de chimie 2000.
- jpc0160@univ-angers.fr

16-21 septembre 2001

ECIS 2001 : XVth Conference European Colloid and Interface Society
Coimbra (Portugal)
- ECIS Secretariat.
  Tél. : +351 (239) 852080.
  Fax : +351 (239) 827703.
  Ecis2001@qui.uc.pt
  http://www.ecis2001.qui.uc.pt

22-27 septembre 2001

Chemical building blocks for new materials
Acquafredda di Maratea (Italie)
- Euresco office.
  Tél. : 03 88 76 71 35.
  Fax : 03 88 36 69 87.
  euresco@esf.org
  http://www.esf.org/euresco

8-12 octobre 2001

JADH'2001: 11e Journées d'étude sur l'adhésion
Lège-Cap Ferret
- SFV/SFA. Fax : 01 42 78 63 20.
  sfv@vide.org
  http://www.vide.org/jadh2001.htm

22-26 octobre 2001

4th International Symposium on ionic polymerization
Crète (Grèce)
- Nikos Hadjichristidis.
  Tél. : +30 (1) 724 9103.
  Fax : +30 (1) 722 1800.
  hadjichristidis@chem.uoa.gr

29-31 octobre 2001

Madica 2001 - Journées Maghreb-Europe sur les matériaux et leurs applications aux dispositifs capteurs
Hammamet (Tunisie)
- Nicole Jaffrezic-Renault.
  Tél. : 04 72 18 62 43.
  Fax : 04 78 33 15 77.
  Nicole.Jaffrezic@ec-lyon.fr

29-31 octobre 2001

Journées d'automne 2001
Paris
- SF2M. Tél. : 01 41 02 03 90.
  Fax : 01 41 02 03 88.
  sfmm@wanadoo.fr
  http://www.sf2m.asso.fr

4-9 novembre 2001

AICHE 2001 : annual meeting Synthesis and characterization of novel nanoporous materials
Reno (NV, États-Unis)
- A. Neimark, TRI/Princeton.
  aneimark@triprinceton.org
  http://www.aiche.org/conferences/Annual/

3-7 septembre 2002

ISCH13 : 13th International Symposium on homogeneous catalysis
Tarragone (Espagne)
- Nuria Ruiz. Tél. : +34 977 558 047.
  Fax : +34 977 559 563.
  13ishc@quimica.urv.es
  http://quimica.urv.es/13ishc

24-27 septembre 2002

3e Congrès mondial de l'émulsion
Lyon
Ce congrès est destiné à favoriser les échanges entre les chercheurs, scientifiques et ingénieurs des diverses industries autour du thème commun de l'émulsion et à promouvoir les transferts de technologie et de connaissance fondamentale dans ce domaine.
Date limite de soumission : 1er novembre 2001
- CME. Tél. : 01 47 61 76 89.
  Fax : 01 47 61 74 65.
  alain.lecoroller@wanadoo.fr
  http://www.cme-emulsion.com

Un grand nombre de manifestations scientifiques sont consultables directement sur le site de la SFC :
http://www.sfc.fr/Recherche.asp

Activités de la SFC

Assemblée générale
Élections au conseil d'administration

vendredi 29 juin 2001 à la SFC

Les informations concernant l'assemblée générale, la liste des candidats et leurs CV pour les élections au conseil d'administration sont encartées sous la 1re de couverture de ce numéro.

Divisions

Catalyse

11-16 juillet 2004
13th International Congress on catalysis
Paris

- Michèle Breysse. E-mail : breysse@ccr.jussieu.fr
  http://www.ccr.jussieu.fr/lrs/13ICC.htm

Sections

Alsace

Nouveau bureau

Président :	Patrick Pale
Vice-président :	Jacques Streith
Secrétaire :	André Mann
Trésorier :	Pierre Rabu

Membres : Xavier Allonas, Jean-Pierre Fleury, Jean-Louis Paillaud, Angélique Simon.

- Patrick Pale, Institut Le Bel, LSRO, Faculté de chimie, 4, rue Blaise Pascal, 67000 Strasbourg Cedex. Tél./Fax: 03 88 41 60 42. E-mail : ppale@chimie.u-strasbg.fr

Centre/Centre-Ouest

21-22 juin 2001
Journées scientifiques : aspects modernes des techniques d'analyses élémentaires et structurales
La Rochelle

Les techniques analytiques concernent toute la communauté des chimistes. Leur évolution est rapide du fait des progrès dans le traitement des données et dans la conception du matériel. Par ailleurs, de nouvelles méthodes apparaissent et d'autres se modernisent.

Le but de ces journées sera de faire un état de l'art des principales techniques analytiques. Des conférenciers invités interviendront pour présenter les récentes avancées scientifiques dans leur spécialité.

D'autres exposés présenteront des applications plus particulières ou originales de la même technique. Toutes les présentations seront suivies d'un débat. En complément des communications orales, deux séances de communications par voie d'affiches seront organisées. Chaque poster fera l'objet d'une courte présentation en amphi (2 minutes, deux transparents).

Avant programme scientifique :

- Analyses élémentaires : ICP, ICP-AES, fluorescence X...
- Analyses structurales : microscopie électronique, diffraction électronique, XANEF/EXAF, pyrolyse, diffraction et diffusion des rayons X et/ou neutrons.
- Caractérisation de surfaces : XPS, Auger, molécules sondes, échange isotopique...

Une visite de La Rochelle sera organisée samedi matin.

- D. Lemordant, univ. de Tours. Tél. : 02 47 36 69 53. Fax : 02 47 36 70 40. E-mail : lemordant@univ-tours.fr ou B. Elouadi, univ. de la Rochelle. E-mail : belouadi@univ-lr.fr

Le prix technologie SCPS

La Société de Conseil et de Prospective Scientifique (SCPS) a créé l'an dernier un prix annuel dans le cadre de la Société Française de Chimie. Ce prix est destiné à récompenser l'activité d'un scientifique (ingénieur ou technicien) du secteur privé ou public du domaine de la chimie, qui a joué un rôle important :

- soit dans le développement d'un procédé industriel nouveau,
- soit en favorisant le transfert d'une recherche universitaire vers l'industrie.

En 2000, le prix a été décerné à **Farouk Tedjar** (chercheur et directeur général de Récupyl SA), pour ses travaux en électrochimie.

Pour l'obtention du prix 2001, les dossiers de candidature, comprenant un CV et une description de l'innovation en 4 à 8 pages, devront être adressés par le candidat ou un responsable de l'entreprise (membre de la SFC) à l'attention du secrétaire général de la SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris, **avant le 1er juillet 2001**.

Un jury de 5 personnes, désigné par le bureau de la SFC, sélectionnera le lauréat. Le prix, d'un montant de 20 000 FF, sera remis au cours du colloque Formula III à la Grande Motte en octobre 2001.

Clubs de jeunes

Bordeaux

Nouveau bureau

Président :	Guillaume Chastanet
Trésorier :	Stéphanie Leroy
Vice-trésorier :	Thomas Labrot
Secrétariat :	Sylvain Gatard
Chargé des relations externes :	Iyad Hassan

- Guillaume Chastanet, univ. de Bordeaux I, ICMCB, UPR 9048, 87, av. du Dr A. Schweitzer, 33608 Pessac Cedex. Tél. : 05 56 84 26 79. E-mail : chastane@icmcb.u-bordeaux.fr

Parrainages

28-29 mai 2001
European Polymer Federation Workshop on electroluminescence and polymers
Paris

- A.-J. Attias, Université Pierre et Marie Curie, Unité de chimie des polymères (UMR 7610), tour 44, 1er étage, case 185, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05. Tél. : 01 44 27 53 02. Fax : 01 44 27 70 89. E-mail : attias@ccr.jussieu.fr http://www.ccr.jussieu.fr/epf-paris01

30 mai 2001
Cinquantenaire de la découverte du ferrocène
Paris

Cette journée, parrainée par la division Chimie de coordination, se déroulera à l'ENSCP.
Au programme :
- Présentation de la journée, par Gérard Jaouen (ENSCP).
- *Les ligands ferrocéniques chiraux, voies d'accès et applications en catalyse asymétrique*, par Henri Kagan (université Paris-Sud).
- *Dérivés ferrocéniques et cancer du sein : une rencontre pleine de promesses*, par Anne Vessières-Jaouen (ENSCP).
- *L'électroactivité du ferrocène au service de nouvelles méthodes d'analyses biologiques*, par Benoît Limoges (Paris 7).
- *Des dérivés ferrocéniques aux matières hybrides : vers de nouvelles applications*, par Marie-Hélène Delville (université de Bordeaux).
- *Les métallocènes : premières années*, par Jean Tirouflet (université de Dijon).
- *Le ferrocène : une solution à la chimiorésistance du paludisme*, par Jacques Brocard (université de Lille).
- *Ferrocène et nanosciences*, par Didier Astruc (université de Bordeaux).
- *Perspectives dans la chimie des phosphaferrocènes*, par François Mathey, président de la SFC (École polytechnique, Palaiseau).

- Gérard Jaouen, ENSCP, Laboratoire de chimie organométallique (UMR 7576), 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : 01 44 27 66 98. Fax : 01 43 26 00 61. E-mail : jaouen@ext.jussieu.fr

Analytical and Bioanalytical Chemistry : le nouveau journal européen des sciences analytiques

Le nouveau journal des sciences analytiques précédemment annoncé dans *L'Actualité Chimique* d'avril, p. 65, s'intitulera en fait *Analytical and Bioanalytical Chemistry*.

Parution prévue début 2002.

Cinquantenaire de la découverte du ferrocène Un panorama actuel

C'est devenu une habitude que de faire coïncider l'essor de la chimie organométallique des métaux de transition avec la découverte du ferrocène en 1951. Très vite, la nature des liaisons p de type sandwich a été établie puis récompensée par l'attribution du prix Nobel de chimie à Wilkinson et Fischer en 1973. Qu'en est-il de ce métallocène-clé cinquante ans après ? C'est pour faire le point en cet anniversaire sur les différentes orientations actuelles de cette chimie que la SFC organise cette réunion scientifique d'une journée. En effet, si le ferrocène a conduit à la découverte d'autres organométalliques apparentés, il intervient aussi dans la préparation de ligands chiraux pour la synthèse asymétrique, dans l'analyse immunologique, la chromatographie, l'étude des transferts d'électrons, des dendrimères, voire dans des voies thérapeutiques nouvelles. C'est cet univers foisonnant qui sera illustré tant par des pionniers du domaine, que des défricheurs d'axes nouveaux, voire même en émergence. Il se trouve que la chimie française joue un rôle reconnu dans ces diverses orientations et illustre bien le mélange des générations, recherché par ailleurs.

Gérard Jaouen

1-11 septembre 2001
École d'été de l'OTAN :
New frontiers in mass spectrometry.
Recent development in instrumentation and application
Tétouan (Maroc)
Cette école d'été, consacrée à la spectrométrie de masse et à ses applications, sera la 4e manifestation d'une série débutée en 1990 en Italie (17-29 juin 1990, Cetraro ; 23 juin-5 juillet 1993, Lacco Ameno, Ischia ; 7-18 juillet 1996, Altavilla-Milicia, Sicile).
Plusieurs bourses conjointement attribuées par l'OTAN, la Société Française de Spectrométrie de Masse (SFSM) et la division Chimie analytique de la SFC (DCA-SFC) seront attribuées à des étudiants de laboratoires du territoire national préparant une thèse utilisant la spectrométrie de masse. Ces bourses sont destinées à couvrir les frais d'inscription et de séjour, à l'exclusion des frais de voyage pour se rendre sur le lieu de l'École. Le nombre total de bourses n'est pas totalement fixé, mais il ne devrait pas être inférieur à 5. Les candidats adresseront un CV accompagné d'une lettre de motivation, **avant le 31 mai,** à Patrick Arpino, division Chimie analytique, SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

- Patrick Arpino. E-mail : p.arpino@sfc.fr http://www.nato.int/science/e/calasi2001.htm

16-18 octobre 2001
SAJEC 2001
Rouen (Val de Reuil)
Ce symposium est entièrement organisé par des jeunes chercheurs de la section Normandie et par l'ADIRCOF (Association des docteurs de l'IRCOF).
- E-mail : sajec2001@insa-rouen.fr

4-5 décembre 2001
Chimiométrie 2001
Paris
Ce colloque organisé par le Groupe Français de Chimiométrie (SCI/SFC division Chimie analytique) permettra de faire le point sur les nouvelles méthodes et leurs applications. Il mettra également en contact les expérimentateurs, les chimiométriciens et les statisticiens dans les domaines où la mesure et le traitement de l'information expérimentale ont une importance capitale.
L'accent sera mis sur les domaines et thèmes suivants : sécurité alimentaire ; pharmacie, cosmétique, parfums et arômes ; pétrole et chimie ; sécurité, environnement ; authentification ; échantillonnage, validation de méthodes ; plans d'expériences ; fabrication et génie des procédés ; formulation ; recherche de modèles 2D et 3D QSAR ; chimie combinatoire, data base mining.
- Société de Chimie Industrielle,
  28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.
  Tél. : 01 53 59 02 10. Fax : 01 45 55 40 33.
  E-mail : stephanie.paysant@wanadoo.fr
  http://www.sfc.fr

Ernest Maréchal promu docteur Honoris Causa

La Faculté des sciences appliquées de l'université de Louvain-la-Neuve a honoré le professeur Ernest Maréchal en lui conférant le titre de docteur Honoris Causa. La cérémonie officielle s'est déroulée le 11 mai 2001 à Louvain-la-Neuve lors de la journée scientifique organisée en son honneur « Nouvelles synthèses et nouveaux matériaux macromoléculaires ».

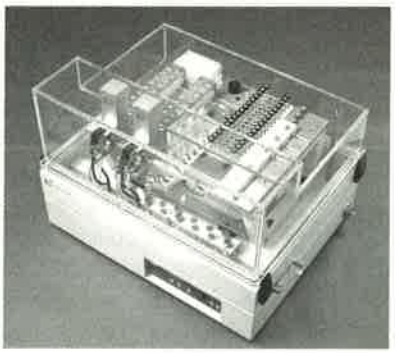
La rédaction lui adresse ses vives félicitations.

Ingénieurs, scientifiques, ceci vous intéresse

Le Répertoire français des ingénieurs, créé par le CNISF (Conseil national des ingénieurs et scientifiques de France), se développe et comprend maintenant 402 468 ingénieurs, soit 13 300 ingénieurs de plus qu'en 2000.
Un accord a été signé le 18 décembre 2000 entre le CNISF et les organismes similaires en Angleterre et en Italie, dont l'objectif est d'assurer aux intéressés la reconnaissance complète de leurs compétences dans les trois pays.
Afin de vérifier que vous figurez bien sur le Répertoire, vous pouvez accéder à celui-ci sur Internet en vous connectant sur http://www.cnisf.org
- Candidature ou information : Nadine Colliot, SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.
  Tél. : 01 40 46 71 66. Fax : 01 40 46 71 61. E-mail : adhesion@sfc.fr

MSW500 Manual Synthesis Workstation

Chemspeed



The Entrance to Chemspeed Technology

Parallel Multistep Synthesis in Solution- and Solid-Phase

- **Addition of Reagents** while Shaking, Heating, and Cooling under Inert Conditions
- **Work up** Extraction, Evaporation, Filtration
- **Output** Pipetting to Disposables or Microtiter Plates

The **MSW500** belongs to a family of synthesizers (ASW1000, ASW2000), which gives you a choice of instrument to suit your budget, but also offers the flexibility to upgrade and ad new features, if needed, at a later date. Investing in the **MSW500** is an investment in your laboratories future.

www.chemspeed.com

Chemspeed Ltd. Switzerland Phone **+41 61 816 95 00**
Chemspeed Inc. USA Phone **+1 732 329 1225**
Chemspeed Ltd. UK Phone **+44 1276 670 668**

Multiply your productivity!

En français, en anglais, mais pas en « franglais »

Daniel Vivien*

Enfin Malherbe vint, et, le premier en France, ... D'un mot mis en sa place enseigna le pouvoir.
Boileau (*Art Poétique*)

Mes activités d'enseignant-chercheur me conduisent à lire de nombreux mémoires de thèses, DEA et autres microthèses d'élèves ingénieurs. Force m'est de constater que l'utilisation d'anglicismes dans ces textes en français rend quelquefois leur compréhension délicate. Ne peuvent comprendre certaines phrases que les lecteurs maîtrisant bien à la fois la langue anglaise et le sujet traité.
Un recensement des anglicismes rencontrés dans mes lectures récentes m'amène à les classer en trois catégories, par ordre de gravité croissante :

1. Mots anglais compris par tous

L'intelligence du texte n'est pas en cause ici, mais il est néanmoins préférable d'utiliser la traduction française quand elle existe.
Ainsi, plutôt que « le **splitting** des orbitales d dans un champ cristallin octaédrique », il vaut mieux écrire « l'éclatement » ou « la levée de dégénérescence » ou encore le « dédoublement » des orbitales d... De même, « le **quenching** de la luminescence de l'ion... » ne se justifie guère puisque l'on peut traduire par « l'extinction » ou par « le blocage » de la luminescence...
Par contre, certains mots ou sigles anglais peuvent être admis parce qu'ils sont entrés dans les mœurs (« CD » ou « compact disc » plutôt que disque à lecture laser ou disque à codage numérique), ou parce que le mot anglais exprime plus que sa traduction française. Ainsi par exemple, « la séance **poster** aura lieu pendant le **break** » suppose que des panneaux seront disponibles pour y fixer les affiches, que celles-ci traiteront de sujets scientifiques (et non du prochain film...), qu'il y aura du café pendant la pose etc.
Dans certains cas enfin, la traduction française d'un mot anglais peut être inconnue ou inusitée. On parle par exemple de « **beam waist** » pour désigner le diamètre minimum d'un faisceau lumineux dans une cavité laser. Il paraît que l'on peut traduire par « cercle de gorge », mais je n'ai pour ma part jamais vu écrit cela.

2. Mots « fabriqués » à partir de l'anglais

Les Américains inventent fréquemment des mots pour décrire un concept nouveau. Ainsi par exemple, « exposé ou irradié aux rayons X » peut se traduire par « X-rayed ».
Le problème, c'est que ces mots ne peuvent être compris que par l'homme de l'art. De plus, le français ne permet pas la création de tels néologismes.
Pourtant, on trouve dans les mémoires des étudiants des phrases telles que « *le matériau a été **polé*** » (pour « polarisé par application d'un champ électrique »).
L'informatique est particulièrement « riche » en barbarismes de ce genre : il faut « **booster** » (pour « augmenter les performances de ») l'ordinateur pour pouvoir **scanner** (pour « numériser ou digitaliser ») des images.
Si l'on n'est pas spécialiste de la discipline en question, on ne peut clairement comprendre la signification de telles phrases qu'en connaissant les mots anglais dont ces néologismes franglais sont issus.

3. Mots anglais dont la traduction est impropre

Qui de nous n'a pas buté pendant ses études sur ces « faux amis anglais » qui ressemblent à des mots français mais ont un sens différent !
Cette difficulté, nos étudiants la ressentent également, ce qui nous vaut quelques phrases savoureuses du genre (je cite) :
- « *Les **habitudes** morphologiques du cristal* » (sont-elles bonnes ou mauvaises ?) : l'anglais « habit » a ici le sens de forme, aspect.
- « *Les auteurs ont **reporté** la synthèse...* » (jusqu'à quand ?) : « to report » se traduit par rapporter (c'est, je crois, l'impropriété la plus souvent rencontrée).
- « *Ce paramètre reflète **l'habilité** de la molécule à perdre un électron* » (mais qui donc a habilité cette molécule-là à perdre un électron ?) : le mot « ability » dans ce contexte signifie aptitude, capacité.
- « *Si l'on **assume** que le rendement est voisin de un* » (on accepte donc la responsabilité d'un rendement aussi bon !) : « to assume » doit se traduire par supposer, admettre.
- « *Il faut donc **filmer** le gel sur le substrat* » (avec une caméra ?) : évidemment, déposer un film (ou recouvrir d'un film) se traduit en anglais par « to film ».
Ces quelques exemples suffisent à montrer les erreurs d'interprétation que l'on peut faire si l'on ne remonte pas au sens du mot anglais mal traduit.
Je ne suis pas contre l'anglais, langue de communication et d'échange entre personnes de toutes nationalités. Je suis par contre soucieux - comme tout scientifique doit l'être - de la précision et de la clarté de l'expression, tant écrite qu'orale d'ailleurs. Alors, que les mots soient anglais quand on écrit un article en anglais et français lorsqu'on présente un mémoire en français.
Mes chers collègues, soyez attentifs aux textes de vos étudiants. Les documents qu'ils rédigent y gagneront en précision et après tout, ne dit-on pas : « *ce qui se conçoit bien s'énonce clairement ?* ».

* LCAES, ENSCP, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05.
E-mail : vivien@ext.jussieu.fr

Argonaut Technologies AG

L'approche parallèle au service de la recherche et du développement.

Amira Abou-Hamdan*, Account Manager Europe, Chemical Industry

Abstract : Parallel synthesis provides a fundamentally more efficient way for chemists to work. The key is to design parallel synthesis tools that are suited to the specific requirements of each area of research and development.

Mots clefs: Automatisation, Synthèse Parallèle, Chimie Combinatoire, Développement des procédés

La majorité des synthèses organiques sont encore effectuées séquentiellement ce qui demeure une tâche laborieuse. Le potentiel économique d'une nouvelle molécule est directement lié à la voie de synthèse choisie ainsi qu'à son degré de complexité.

La chimie combinatoire, l'automatisation, la miniaturisation et les autres développements technologiques et scientifiques ont assurément permis d'accélérer le processus de synthèse de large librairies de produits destinés au criblage à haut débit (high-throughput screening). Cependant, par le passé, ces techniques furent principalement utilisées par des spécialistes dans les étapes initiales du processus de la recherche. L'introduction de ces technologies en R&D permet également de raccourcir de façon prépondérante le temps consacré à cette phase.

La synthèse parallèle consiste à effectuer simultanément une série de réactions. Elle offre aux chimistes une méthode de travail fondamentalement plus efficace. La clef de cette approche est la conception d'outils appropriés aux spécificités des différents domaines R&D. En effet, on doit distinguer les besoins propres du scientifique élaborant une librairie ciblée, à ceux du chimiste étudiant la relation structure-activité sur une série de molécules, ou à ceux du chimiste de développement optimisant les conditions de réaction en vue du scale-up.

Chez Argonaut Technologies, la conception et les spécifications de nouveaux produits destinés à la synthèse parallèle commence par la compréhension et par l'identification de ces besoins propres. Notre équipe de chimistes et d'ingénieurs travaillent en collaboration étroite avec différents interlocuteurs d'entreprises leaders dans leurs secteurs. Ces teams identifient les objectifs, définissent les limites des conditions expérimentales, et décident du degré d'automatisation nécessaire tout en tenant compte des applications particulières de chacun. Dans une deuxième phase, ces équipes poursuivent leur collaboration pour réaliser et valider ces instruments en laboratoire.

Synthèses de librairies :

Actuellement l'objectif est de synthétiser des librairies moins larges de nouvelles molécules mais plus ciblées. Le synthétiseur doit être capable de maintenir une atmosphère inerte et de manipuler des réactifs sensibles à l'air et à l'humidité. Lorsque que l'on traite un grand nombre de réactions, une automatisation devient nécessaire, ce qui, d'ailleurs, permet également de libérer un temps précieux pour le chimiste. Le système Trident™ est une plate-forme qui consiste en a) un synthétiseur automatique -Trident Automated Synthesizer- développé pour les synthèses en phase solide et en solution , b) le Trident Workstation semi-automatique et c) le Trident Sample Processing Station pour le workup automatique (extraction liquide-liquide, extraction SPE, support scavengers...)

Multiplier le nombre de réactions:

Le synthétiseur Quest™ est utilisé dans des centaines de laboratoires dans le monde. Ce simple équipement permet d'effectuer la synthèse d'une série d'une vingtaine de molécules ainsi que des réactions avec du gaz et les workups. Le nouveau FirstMate™ est un module simplifié (possibilté de chauffage/refroidissement/ atmosphère inerte/agitation) utilisant de la verrerie courante.

Optimisation d'hydrogénation catalytique:

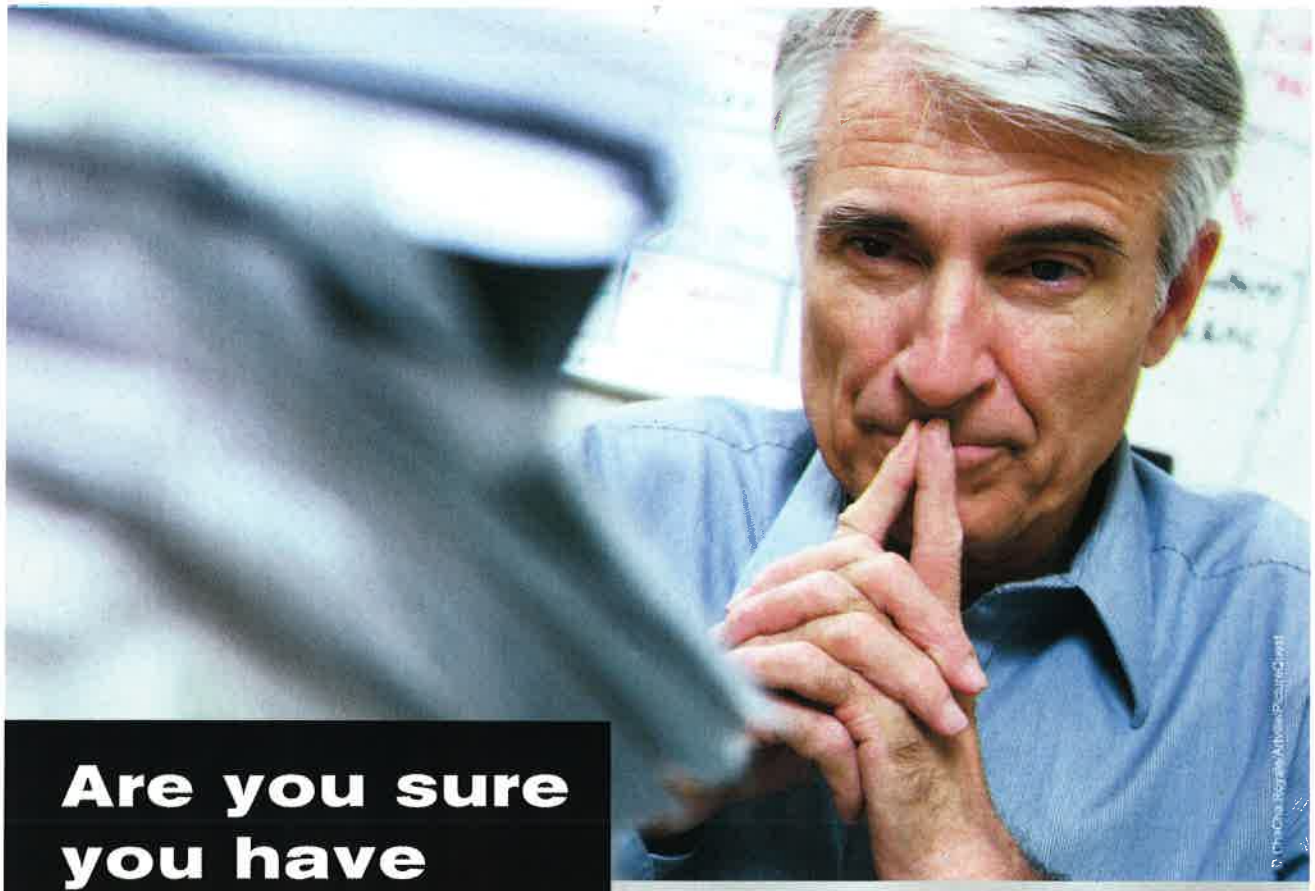
En collaboration avec Symyx Technologies, nous avons conçu le réacteur Endeavor™ qui permet d'effectuer huit réactions gazeuses en parallèle tout en assurant un contrôle individuel de la température, de la pression et du monitoring de la consommation du gaz. Endeavor est utilisé pour réaliser notamment des réactions d'hydrogénation, de carbonylation, de polymérisation ainsi que pour le screening de catalyseurs.

Raccourcir le cycle à l'échelle du développement de procédés:

Lorsqu'un produit aboutit à l'étape de développement de procédés, la pression est énorme pour la mise au point rapide du procédé. Surveyor™, conçu dans le cadre d'un consortium, permet de contrôler individuellement les différentes conditions expérimentales de dix réactions simultanées. L'échantillonage automatique et l'analyse par HPLC sont intégrés dans cette plate-forme. Surveyor utilise un software intuitif pour la programmation du déroulement des expériences, le contrôle de température et de son gradient, l'addition des réactifs et solvents, l'agitation, l'échantillonage et les analyses.

L'approche parallèle reste une voie d'avenir. Argonaut Technologies a pour mission de développer les outils nécessaires à l'approche parallèle et de répondre aux attentes de nos clients tout en offrant également un service et un soutien de premier ordre.

*Argonaut Technologies AG,
St. Jakob-Strasse 148, P.O.Box,
CH-4132 Muttenz 2
Tel.: +41 61 465 98 98
Fax: +41 61 465 98 99
E-Mail: aabou-hamdan@argotech.com
http://www.argotech.com



Are you sure you have the right...

temperature
solvent
reagents
catalyst

for your chemistry?

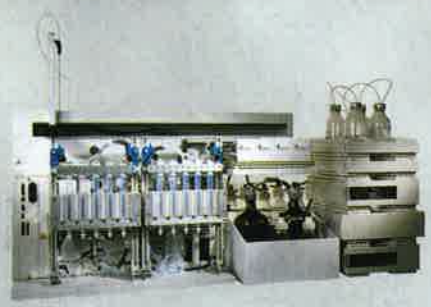
Have you identified the optimal reaction parameters?

Do you have confidence that your process will work to produce the highest yield and purity?

In order to be sure, you need consistent data - from more experiments with more variables. But who has that much time?

Running reactions in parallel, with automated control and monitoring of the individual reaction parameters, enables you to:

- **Evaluate more variables over a wider range**
- **Run more experiments in the same amount of time**
- **Set up consistent experiments for consistent results**



Surveyor
Automated process optimization with independent control of reaction conditions in each of ten vessels, plus integrated sampling and HPLC analysis

Endeavor
Eight parallel pressurized, gaseous reactions with independent control of reaction conditions and measurement of gas consumption in each reaction vessel.

ARGONAUT TECHNOLOGIES

WWW.ARGOTECH.COM
887 INDUSTRIAL ROAD, SUITE G, SAN CARLOS, CA 94070 TELEPHONE 888.598.1350 FAX 650.598.1359
ST. JAKOB-STRASSE 148, POSTFACH 43, 4132 MUTTENZ 2, SWITZERLAND TELEPHONE +41.61.465.9898 FAX +41.61.465.9899
MK KOJIMACHI BLDG 4-2-1, KOJIMACHI CHIYODA-KU, TOKYO 102-0083 JAPAN TELEPHONE +81.3.3234.4321 FAX +81.3.3234.1359

Surveyor is a trademark of Argonaut Technologies. Endeavor is a trademark of Symyx Technologies. © *2000 Argonaut Technologies*

www.edpsciences.org

VULGARISATION

La Terre chauffe-t-elle ?
Le climat de la Terre en question
Collection Bulles de sciences
G. Lambert

Les activités humaines risquent-elles de bouleverser le climat de la planète ? Dans son « roman scientifique », l'auteur expose les problèmes liés à l'effet de serre et décrit les découvertes effectuées dans ce domaine. Le lecteur se forge sa propre opinion en suivant les aventures et enquêtes d'un personnage imaginaire, qui rencontre des scientifiques passionnés et visite des laboratoires et des terrains d'expérimentations, disséminés aux quatre coins du monde.
2001 • 2-86883-515-5 • 224 p. • **98,40 FF (15 €)**

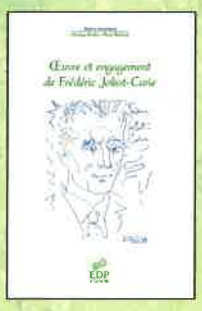
L'élémentaire et le complexe
Collection Physique
et Interrogations Fondamentales
M. Crozon, Y. Sacquin, Éds.

Les relations entre l'élémentaire et le complexe couvrent tous les champs des sciences, et au-delà. L'élémentaire ne peut expliquer tout le complexe, et inversement ; nous pouvons toutefois nous demander si les deux démarches sont vraiment antagonistes. Les réflexions d'une philosophe et d'un musicologue nous aident à mieux pondérer notre approche. Cet ouvrage ne prétend pas résoudre le problème. Mais la qualité et la pluridisciplinarité des interventions sur des thèmes déterminants pour la science actuelle en font un outil précieux pour approfondir la question.
2001 • 2-86883-514-7 • 164 p. • **124,63 FF (19 €)**

L'énergie dans le monde
Bilan et perspectives
Collection Un dossier scientifique
J. L. Bobin, H. Nifenecker, C. Stéphan

L'énergie est au cœur des débats publics : hausses erratiques du prix de l'essence, réticences de la population vis-à-vis de l'industrie électronucléaire, inquiétudes face aux rejets de gaz à effet de serre sont à l'ordre du jour... Le présent document traite, de façon aussi objective que possible, de l'évolution prévisible de la demande énergétique en regard des réserves, des nuisances inhérentes aux modes de production choisis, du rôle éventuel et du coût du nucléaire et des formes variées d'énergies renouvelables. Ce document s'adresse à tout citoyen curieux de l'état actuel de l'énergie dans le monde, notamment aux décideurs politiques.
2001 • 2-86883-503-1 • 104 p. • **78,80 FF (12 €)**

HISTOIRE DES SCIENCES



Œuvre et engagement de Frédéric Joliot-Curie
M. Bordry, P. Radvanyi, Éds

Lors d'un colloque, pour le 100e anniversaire de la naissance de F. Joliot-Curie, l'Association Curie et Joliot-Curie a fait revivre sa personnalité et montré combien elle était proche de nos préoccupations actuelles. L'ouvrage présente les exposés historiques et d'actualité sur les thèmes suivants : la radioactivité artificielle, l'énergie nucléaire, l'engagement social et politique du scientifique, l'organisation de la recherche.
2001 • 2-86883-525-2 • 228 p. •
196,78 F (30 €)

PHYSIQUE

Théorie des formes de croissance
Digitations, dendrites et flammes
Collection Savoirs Actuels
P. Pelcé

Ouvrage de synthèse sur les différentes formes de croissance de la matière inanimée et, plus accessoirement, de la matière vivante. Une première partie de l'ouvrage est consacrée aux bases physiques nécessaires à la compréhension des problèmes de croissance. Une autre partie, plus pointue, traite de l'évolution non linéaire des interfaces. Un chapitre final propose une ébauche de lien avec certains phénomènes de croissance cellulaire dans le monde vivant. L'ouvrage s'adresse aux chercheurs physiciens, mathématiciens et biologistes, ainsi qu'aux étudiants de fin de 2e et 3e cycle.
Coédité avec CNRS Éditions
2000 • 2-86883-477-9 • 400 p. • **250 FF (38,10 €)**

CHIMIE

Thermodynamique chimique (Cédérom)
Collection Grenoble-Sciences
J.P. Damon, M. Vincens

Une navigation aisée entre notions de base (cours) et éléments d'approfondissement, autotests et exercices, permettra à l'étudiant de 1er cycle de s'approprier les éléments fondamentaux de thermodynamique chimique. Le chercheur, le professionnel et l'enseignant trouveront dans cet ouvrage un outil de consultation pratique pour combler une lacune ou un oubli.
2001 • 2-86883-520-1 • CD Rom et livret de 8 p. •
183,67 FF (28 €)

EDP SCIENCES

Pour commander nos ouvrages :

EDP Sciences : 7, av. du Hoggar • BP 112 • P.A. de Courtabœuf • 91944 Les Ulis Cedex A • France
Tél. : +33 (0)1 69 18 75 75 • Fax : +33 (0)1 69 86 06 78
E-mail : customers@edpsciences.org • www.edpsciences.org