

l'actualité chimique

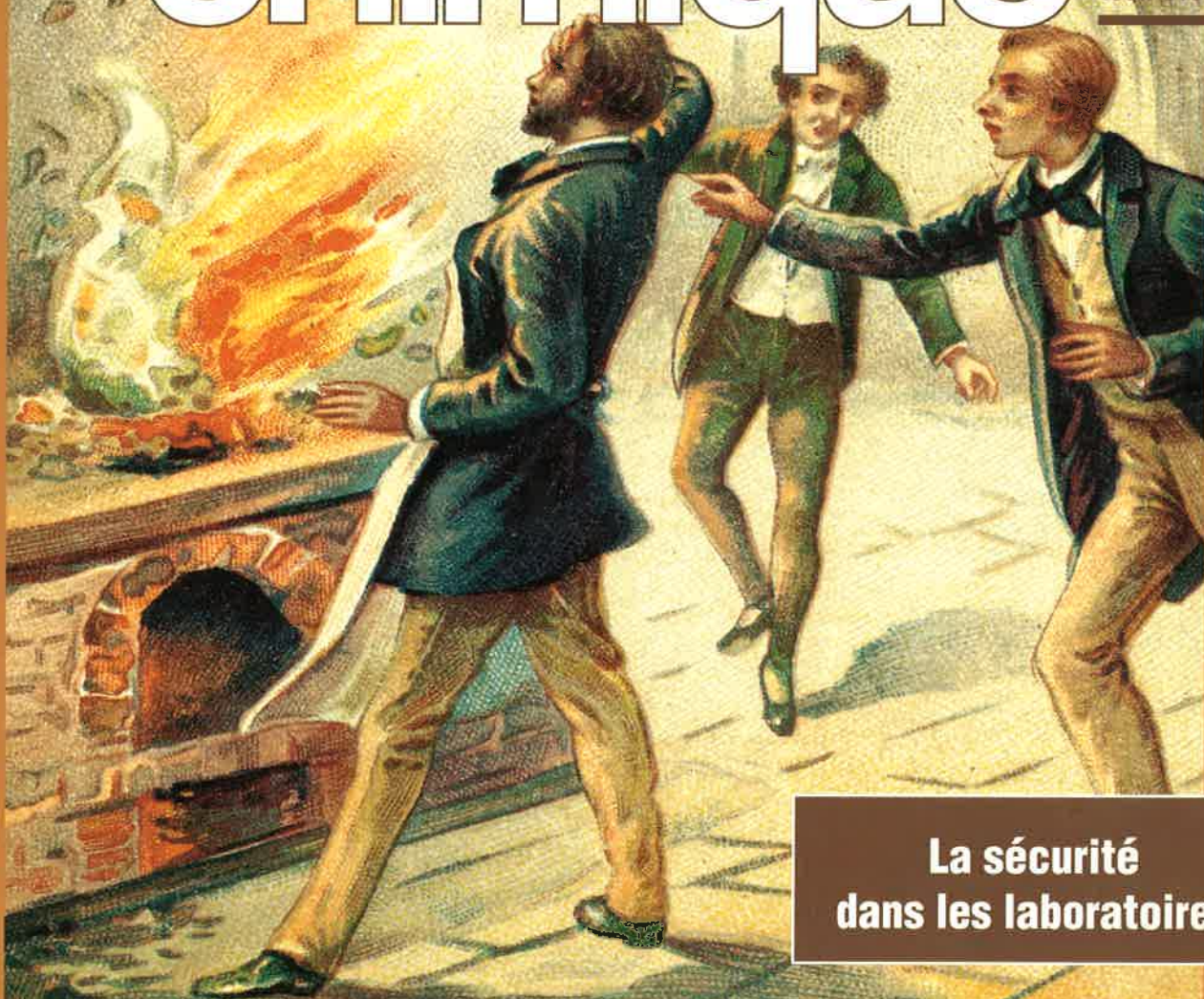
N°5

OCTOBRE

NOVEMBRE

1993

ISSN 0151 9093



**La sécurité
dans les laboratoires**

Accident de Laboratoire



Gay-Lussac



ÉDITÉE PAR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE ET LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE INDUSTRIELLE



BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Publication de la Société Française de Chimie



Le *Bulletin de la Société Chimique de France* publie des contributions originales et des articles de synthèse dans tous les domaines de la chimie moléculaire. 85 % de ses lecteurs résident hors de France : 37 % en Amérique du Nord, 30 % en Europe et 8 % au Japon.

En choisissant le *Bulletin de la Société Chimique de France* pour publier votre prochain article, vous êtes certain de toucher un public très large et international. Les manuscrits peuvent être soumis en français ou en anglais. Le *Bulletin de la Société Chimique de France* paraît 6 fois par an. Il n'y a aucun frais de soumission d'articles et 25 tirés à part gratuits sont remis aux auteurs. Les recommandations aux auteurs sont disponibles auprès de la rédaction.

Le *Bulletin de la Société Chimique de France*, publié depuis 1859, connaît un renouveau en 1992 :

- centré sur tous les aspects de la chimie moléculaire
- nouvelle équipe éditoriale
- nouveau conseil scientifique
- nouvelle politique de relecture (2 referees, dont un au moins réside hors de France)
- nouvelle couverture
- fac-simile d'articles historiques
- analyses de livres

Rédacteur en chef

F Mathey,
DCFG Ecole polytechnique,
91128 Palaiseau Cedex, France

Rédacteur consultant

J Seyden-Penne

Rédacteurs associés

P Batail, G Bertrand, J Cossy,
JY Lallemand,
I Tkatchenko et
D Ballivet-Tkatchenko

Comité de parrainage

JM Lehn, Président
M Julia, G Ourisson, P Potier

Cité/indexé dans :

Biological Abstracts,
Chemical Abstracts,
CNRS/Pascal,
Current Contents (Physical,
Chemical and Earth Sciences),
Science Citation Index

Conditions d'abonnement

1993 - 6 numéros - France 2195 FF. ISSN 0037-8968

Pour plus d'information, contacter :



EDITIONS SCIENTIFIQUES

ELSEVIER

29 rue Buffon, 75005 Paris, France



Notre couverture : Collection personnelle.

Directeur de la publication :
Jean-Baptiste Donnet

Rédacteur en chef :
Raymond Hamelin

Rédactrice, chef des informations :
Thérèse Chaudron

Rédactrice :
Miren Helou

Secrétaire de rédaction-maquette :
Evelyne Girard

Relations extérieures, promotion :
Gérard Perreau

Comité de rédaction :

G. Balavoine (Orsay), G. Bram (Orsay), J. Buendia (Roussel-Uclaf), P. Caro (Cité des sciences), D. Decrooq (IFP), J.C. Depeyaz (Paris V), J.B. Donnet (SFC), J.P. Foulon (Lycée Henri IV), J.P. Guetté (CNAM), R. Hamelin (SFC), J.H. Lefour (Ecole polytechnique), P. Leprince (IFP), J.C. Mendelsohn (Elf Atochem), G. Montel (INP, Toulouse), A. Navarro (INSA - Lyon), R. Ouliac (Rhône-Poulenc), G. Ourisson (ULP - Strasbourg), A. Picot (ICSN, Gif-sur-Yvette), D. Reymond (SFC - SCI), R. Rosset (ESPCI), L. Sajus (Technip Ingénierie)

L'ACTUALITÉ CHIMIQUE
250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris
Tél. : (1) 43.25.20.78
Télécopie : (1) 43.25.87.63

RÉGIE PUBLICITAIRE

Promoduc,
91, faubourg Saint-Honoré,
75370 Paris Cedex 08
Tél. : (1) 44.71.35.28
Fax : (1) 39.76.68.07

Publication analysée par
Chemical Abstracts Service



SOMMAIRE

ÉDITORIAL

▲ La sécurité : parlons-en !, par R. Hamelin

5

ENSEIGNEMENT

- ▲ Opération Sécurité Top Niveau, par J.C. Bernier et J. M. Ohlmann 7
- ▲ Sécurité et laboratoires d'enseignement par B. Montfort et B. Jeanjean 11
- ▲ La sécurité dans les laboratoires de l'ENCPB, par G. Colpin 23
- ▲ Associer à tout enseignement supérieur de chimie, un minimum (vital !) d'initiation à la "sécurité dans les laboratoires". Comment ? 26
- ▲ Informations et documents didactiques pour les enseignements supérieurs de chimie en langue française 28
- ▲ 25^e Olympiade internationale de chimie 30
- ▲ Recherche du premier emploi. Enquête des grandes écoles sur les années 90-92 32

RECHERCHE

- ▲ La sécurité dans un laboratoire de chimie organique allemand. Exemple de l'université de Hanovre, par A. Mauvais 35
- ▲ La prévention à l'Inserm, par I. Muranyi-Kövacs 39
- ▲ Sciences et sécurité 43
- ▲ Bilan de la Deauville Conférence 46
- ▲ L'utilisation de la langue française dans les domaines scientifique et technique, par B. Cerquiglini 47
- ▲ Fiche Logiciel n° 4 49

HYGIÈNE-SÉCURITÉ

- ▲ Sécurité et prévention. Approche chimique de la toxicologie, par A. Picot 51
- ▲ Prise en compte de la sécurité dans les laboratoires de chimie par JC Maucuit 61
- ▲ La radioprotection dans les laboratoires, par B..Auborioux 62
- ▲ Organisation de la prévention à l'Inra. L'accueil des entrants, par N. Locquet 67

INDUSTRIE

- ▲ La sécurité à l'Institut Français du Pétrole, par M. Dorel 73
- ▲ La sécurité des bancs moteurs, à Rueil-Malmaison, par R. Massé 74
- ▲ La sécurité au Cedi, à Solaize, par P. Perez 77
- ▲ Les laboratoires de l'Ineris, riches d'exemples à suivre. Propos recueillis par M. Helou 79

HISTOIRE DE LA CHIMIE

- ▲ Gay-Lussac et ses accidents. Chimie, la science de tous les dangers ? par G. Bram et Nguyễn Trongh Anh 85
- ▲ Aperçu historique sur l'analyse conformationnelle, par M. Beugelmans-Verrier 87
- ▲ Il y a cent ans... 91

LIVRES

93

NOUVEAUTÉS

97

▲ Index des annonceurs

106

L'ACTUALITÉ CHIMIQUE

est présente au

SALON DU LABORATOIRE

du 7 au 10 décembre 1993 - Paris Nord-Villepinte
sur le stand n° H14, Hall n° 4

Pour deux colloques :

• **La Formulation : une science, une industrie**
le mercredi 8 décembre 1993 (après-midi, salle 5)
(voir programme détaillé ci-dessous)

• **La sécurité dans les laboratoires**
le vendredi 10 décembre 1993 (matin, salle 5 A)
(voir programme détaillé page 6)

LE GROUPE FORMULATION ET FORMATION DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

vous convie à la 1/2 journée sur

LA FORMULATION : UNE SCIENCE, UNE INDUSTRIE

le mercredi 8 décembre 1993 (après-midi)
Salon du Laboratoire- Paris-Nord Villepinte - salle 5

14h - 14h30	La déformulation, une analyse à quatre niveaux - J.M. Aubry, et D. Barbry
14h30 - 15h	Caractérisation d'échantillons "tels quels" par l'analyse chimiométrique des données acquises par spectrométrie infrarouge par transformée de Fourier - J.P. Huvenne
15h - 15h30	Pause
15h30 - 16h15	La mesure de la tension interfaciale - E. Nakache
16h15 - 17h00	La physico-chimie au service des formulations de nos clients - P.L. Derian (Rhône-Poulenc, Aubervilliers)
17h00 - 17h30	Conclusion, et questions.

La sécurité : parlons-en !

Parler de la sécurité dans son laboratoire ne semble pas aller de soi. La réalisation de ce numéro de *L'Actualité Chimique* ne fut pas facile, moins encore celle de la réunion devant le compléter (voir encadré).

"Parler de la recherche : d'accord ! Mais, parler de la sécurité... On en fait, comme monsieur Jourdain, de la prose...". Surprenante réaction d'un

directeur de grande entreprise. Bien significative : la sécurité se vit sur le tas, mais ne se dit pas, du moins en dehors du sérail. Mais ne se disant pas, elle ne s'enseigne pas (ou si peu !). A moins que ce soit

l'inverse ?

Pendant que se préparait ce numéro, deux livres majeurs* traitant du même thème étaient publiés. Ils prouvent qu'en dépit de certaines apparences la sécurité est dans notre pays un sujet de réflexion et d'action pris très au sérieux. C'est grâce à cela que notre industrie chimique a pu amener ses statistiques d'accidents au même niveau que les secteurs Commerces et Vêtements.

Ce numéro de *L'Actualité Chimique* veut contribuer à cet effort permanent de réflexion et d'action, particulièrement au niveau des enseignements secondaire et supérieur, là où sont formés les futurs techniciens, chimistes et ingénieurs de l'industrie (chimique ou autre).

Comme il peut exister un certain écart entre l'écrit (volontiers simplificateur et auto-indulgent) et la réalité "vraie", *L'Actualité Chimique* prend, pour la première fois, l'initiative d'organiser une réunion publique pour aller plus loin.

Plus aisément peut-être, des responsables universitaires et industriels s'expliqueront sur l'inadéquation des formations, des bâtiments, des règlements, des comportements humains... Cela ne s'écrit pas facilement, mais doit pouvoir se dire entre responsables conscients de l'enjeu.

La sécurité dans les laboratoires : parlons-en !

R. Hamelin

Rédacteur en Chef

* La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie, par A. Picot et Ph. Grenouillet.

La sécurité dans les laboratoires, sous la direction de Jean Guibert. (cf. la rubrique livres)

**"La sécurité se vit,
mais ne se dit pas.
Ne se disant pas,
elle ne s'enseigne pas.
A moins que ce ne soit l'inverse".**

L'actualité chimique organise une demi-journée d'étude

LA SÉCURITÉ DANS LES LABORATOIRES

le vendredi 10 décembre 1993

de 9 h - 12 h 30

dans le cadre du Salon du Laboratoire, salle 5 A, Paris-Nord Villepinte

Renseignements : SFC - 250, rue Saint-Jacques - 75005 Paris - Tél. : (1) 43.25.20.78.

LA SÉCURITÉ DANS LES LABORATOIRES

le vendredi 10 décembre 1993

au Salon du Laboratoire, Paris-Nord Villepinte, salle 5 A

- 8 h 45 Accueil des participants
- 9 h **Ouverture de la réunion**
R. Hamelin (rédacteur en chef de *L'Actualité Chimique*)
- 9 h 15 **La prévention des risques. Solutions actuelles dans les laboratoires universitaires ou industriels**
A. Picot (directeur de recherche, CNRS/Gif-sur Yvette)
- 9 h 50 Discussion
- 10 h **Prise en compte de la sécurité dans la conception et la construction des laboratoires**
B. Faucher (chef du département Appui technique et Travaux Neufs, Ineris)
R. Simon (Architecte, CNRS).
- 10 h 45 Discussion
- 11 h 20 **Prise en compte de la sécurité dans le fonctionnement des laboratoires universitaires ou industriels**
Table ronde animée par J. Guibert (ancien chef du département Sécurité- Environnement, Roussel-Uclaf/Romainville) avec la participation de :
Mme M. Rivière (Université Paul Sabatier, Toulouse),
Mme MM. Jeanroy (Université Paris VI, Jussieu),
M. R. Renaud (Inspecteur général des Installations classées, Préfecture de Police de Paris).
- 12 h 30 Fin de la session

Renseignements

Société Française de Chimie
250, rue Saint-Jacques
75005 Paris.

Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63



Opération Sécurité Top Niveau

J.C. Bernier* *directeur de l'EHICS*

J.M. Ohlmann* *ingénieur des Services généraux de l'EHICS*

L'École Européenne des Hautes Études des Industries Chimiques de Strasbourg est une ENSI de chimie qui a un recrutement multinational (25 % d'étrangers CEE) et un enseignement multilingue. Elle est installée avec une partie de la faculté de chimie de l'université Louis Pasteur dans un bâtiment particulièrement dangereux, en centre ville, puisqu'il compte, à côté d'un bâtiment bas classique de 4 étages dévolu principalement à l'enseignement théorique et pratique, une tour de 16 étages abritant des laboratoires de chimie, de recherche essentiellement. A côté de 210 élèves ingénieurs, autant d'étudiants de licence et de maîtrise fréquentent l'établissement et près de 250 personnes enseignants, chercheurs, ingénieurs, techniciens et thésards travaillent dans les laboratoires.

Sensibilisé par le coût de remise en état d'un étage de travaux pratiques sinistré par un incendie en juin 1991, le Conseil d'administration de l'école sous l'impulsion de son président, M. Vuillard (qui a été pendant plusieurs années le directeur Sécurité Environnement Qualité de Rhône-Poulenc), engageait vivement la direc-

tion de l'école à mener une opération de sensibilisation à la sécurité en chimie allant au-delà de la simple formation classique en travaux pratiques et cours, intégrée dans le cursus des élèves, mais en faisant une action thématique prioritaire pendant une année et pour tous.

Après concertation avec la présidence de l'université Louis Pasteur, le Comité d'Hygiène de Sécurité des Conditions de Travail (CHSCT), le directeur de l'école et celui de la faculté de chimie lancent l'opération "Sécurité Top Niveau" en octobre 1992, décidant d'en faire le sujet de l'année universitaire 1992/93 autour des grands thèmes suivants :

- Manipulation de nuit
- Charte Sécurité
- Maîtrise de nos déchets
- Dangers électriques et maîtrise des flux d'air
- Formation et sécurité
- Connaissance des consignes de sécurité
- Gestion des stocks de produits
- Cigarettes
- Informations et bulletin "rouge".

La programmation de novembre à juillet étant prévue, une équipe d'animation autour du CHSCT (notamment MM. Ohlmann, Lagrange, Blanzat, Meullemestre) s'est mise en place. Des réunions de lancement de l'opération avec les chefs de service et de suivi de l'opération furent programmées avec la direction de l'école. Enfin, la liaison entre l'ingénieur d'hygiène et de sécurité du CNRS (A.D. Alsace, celui de l'ULP) et les médecins du travail (MM. C. Teissier, P. Koenig, J.P.

Schwartz, Dr. Karli et Dr Duval) fut également assurée par une information réciproque suivie sur l'opération.

Motivations et objectifs

Établissement d'enseignement et école d'ingénieurs, nous avons un rôle de formation évident à la sécurité. La toxicologie, la prévention des risques, l'environnement sont des matières qui font l'objet de cours spécifiques ou intégrés dans l'enseignement classique pour les élèves ingénieurs. De plus, des démonstrations par les pompiers, des exercices d'intervention sont organisés systématiquement une à deux fois par an. Le rôle des chefs de travaux pratiques y est essentiel, notamment en première année où l'accent est mis sur la sécurité au laboratoire. Par contre, pour les troisièmes cycles, thésards, chercheurs et personnels de la recherche, peu de choses ont été faites. Dans les laboratoires, il était supposé (à tort) que les consignes, gestes et comportements sécuritaires étaient traditionnellement respectés.

En fait, au cours des huit dernières années, trois incendies dont deux avec intervention des pompiers ont été assez conséquents et ont entraîné des remises en état coûteuses. L'analyse des causes a toujours mis en lumière une mauvaise maîtrise de l'utilisation ou du stockage de solvants inflammables. Dans les trois cas, fort heureusement aucun blessé ou décès, aucune réaction en chaîne, jamais de gros stocks de produits n'avaient été mis en cause. La chance n'étant pas toujours cer-

taine, il fallait réagir et cela au moins dans trois directions :

- Les installations du bâtiment.
- Les habitudes des manipulations de chimie et leur environnement.
- L'attitude des personnels.

Réalisations

Le bâtiment et les installations

Cet immeuble de grande hauteur (IGH) fut érigé entre 1961 et 1963, avant que ne soit établie la réglementation IGH en 1977. La conformité totale avec les nouveaux textes ne peut être réalisée. Sous l'impulsion du précédent directeur de l'ENSCS (M. Daire), le ministère avait accordé la création de postes pour une équipe renforcée de maintenance et de sécurité, compte tenu de la spécificité de la chimie et des dangers qu'elle génère. Enfin, des crédits de mise en sécurité avaient pu être dégagés depuis 1985, et renforcés par voie contractuelle depuis 1988. Plus de 6,5 MF ont été consacrés successivement à l'installation de portes coupe-feu à chaque étage, au réaménagement de la cage d'escalier principale avec mise en surpression en cas d'alerte, à l'installation de détecteurs d'incendie à



chaque étage et dans toutes les salles d'enseignement, à l'implantation d'une extinction automatique dans le bâtiment stockage des solvants, à une mise en conformité et réfection des circuits électriques, à la rénovation du système d'extraction et de ventilation d'air.

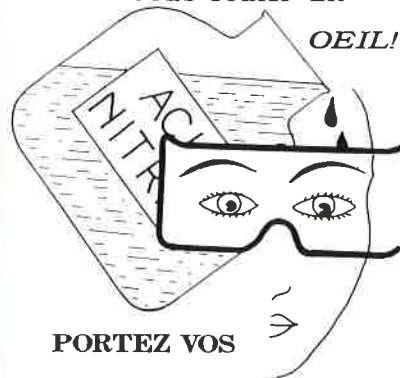
La présence de veilleurs de jour comme de nuit avec des rondes systématiques ont permis que de petits incidents (inondation, court-circuit, erreur de manipulation) ne dégénèrent pas en accidents et sinistres plus graves. Ces investissements ont permis de pallier ou corriger des aberrations sur le plan conformité et sécurité impensables en milieu industriel et que seul l'État peut tolérer dans ses propres équipements.

Les habitudes de manipulation et leur environnement

La structure administrative et financière des laboratoires de recherche et des établissements d'enseignement n'est pas très adaptée à une prise en compte prioritaire des impératifs de sécurité. Les chercheurs et enseignants ont comme priorité la production scientifique, la formation pratique des élèves, et ressentent peu la nécessité des investissements pour la sécurité. Confronté aux faibles budgets de

fonctionnement, on privilégiera toujours le nouveau spectromètre ou le nouveau logiciel, plutôt que l'armoire de stockage ventilée et coupe-feu. Ce n'est qu'en 1986 que sont apparues des lignes maintenance et mise en conformité dans les budgets des établissements, confortés dans les contrats d'établissement signés avec le ministère de tutelle depuis 1990. Le port obligatoire des lunettes, l'interdiction de fumer dans les laboratoires, la récupération des solvants usés, le port de gants jetables ne furent introduits dans les laboratoires d'enseignement que progressivement dans la dernière décennie. Il y a donc, comme en micro-informatique, un décalage culturel entre la jeune génération et les plus anciennes dans les laboratoires de recherche. Les installations universitaires datent en général au moins de 20 à 30 ans, l'aménagement des espaces de travail, leur ventilation, leur conformité, leur protection ont fait de grands progrès dans cette période. Les incitations extérieures que l'on rencontre dans l'industrie (DRIRE, commissions préfectorales, pompiers, inspecteur du travail) sont bien plus fortes que celles que l'on rencontre dans l'administration. L'inspecteur du travail, par exemple, n'a aucune compétence dans un laboratoire de recherche administré par l'État. Les présidents d'université et directeurs d'école

Une seule goutte peut
vous coûter un



PORTEZ VOS

LUNETTES DE
PROTECTION

sont responsables de l'ordre et de la sécurité dans leurs établissements, mais les marges de manœuvre et d'intervention sont limitées.

Ceci dit, l'évolution à long terme reste très positive, les démarrages involontaires d'incendie éteints sur place à l'extincteur étaient monnaie courante il y a 20 à 30 ans, aujourd'hui ils sont l'exception. On se lavait les mains au benzène, aujourd'hui il a disparu des labos. Il n'en reste pas moins vrai qu'une action musclée sur l'aménagement des espaces de travail en recherche et en enseignement reste à mener.

Information et sensibilisation des personnels

Si des efforts importants peuvent être consentis financièrement par décision politique pour l'environnement du chercheur ou de l'élève, une action efficace et profonde requiert son adhésion. La sensibilisation et l'information est souvent pour nous, établissement d'enseignement et de recherche, un domaine vierge où les gisements de progrès possibles sont très vastes, l'ignorance normale ou volontaire souvent encyclopédique !

Ici encore, la population particulière des laboratoires publics de recherche et d'enseignement est à prendre en compte. L'enseignant chercheur, quand il est bon, est un passionné : ses objectifs priment sur son mode de vie. Combien de fois n'avons

nous pris des risques avec des montages "à la Dubout" car nous étions impatients de voir ce qui allait sortir de cette réaction, de cette synthèse inédite. Cette démarche et cette attitude intellectuelle, que tout responsable (issu du même sérail) comprend bien, ajouté au peu de moyens de coercition dont il dispose à l'égard des agents de la fonction publique et au désir légitime des jeunes thésards d'accumuler le maximum de résultats dans le minimum de temps, entraînent sur le plan de la sécurité des conséquences parfois cocasses.

- La contrainte sécurité est ressentie personnellement comme une entrave au progrès et à la carrière.
- Laisser dire que la chimie est dangereuse est une atteinte à cette discipline.
- La stagnation des crédits de fonctionnement courants et la diminution du nombre de m²/par chercheurs sont les excuses types de non-prise en compte de la sécurité.

La tâche se révélait ingrate, comme le soulignait l'un des chefs de service, car "son efficacité ne peut être reconnue que par ceux qui, éventuellement grâce à elle, ont évité le pire". Il fallait donc avec humour faire passer des idées sérieuses, avec opiniâtreté tenter de faire changer des habitudes, avec légèreté peser sur des décisions sans apparaître comme des gêneurs.

Quelques bilans

Sans pouvoir être exhaustif, nous voudrions mettre l'accent sur quelques actions ou résultats qui ont été enregistrés. Nous tenons à disposition, pour les lecteurs intéressés, les documents, rapports, compte rendus, tous mis au point cette année par les services de l'école, de la faculté de chimie et les responsables de l'opération.

**L'important
sur les étiquettes
de produits chimiques**

**c'est ce que
vous ne lisez pas**

Manipulations de nuit

Après concertation avec les chercheurs concernés, des réunions de travail groupant le CHSCT, des chercheurs et quelques chefs de service ont essayé de définir une politique pour les manipulations de longues durées, précisant que les "manipulations de nuit" étaient en principe à proscrire. Celles durant plus de 10 heures pouvant être passagèrement sans surveillance pouvaient être tolérées à condition d'obéir à certaines règles. A cette occasion ont été diffusés :

- Une série de diapositives prises le soir, très instructives sur l'état de certains endroits "chauds", destinée à faire réagir.
- Une page de recommandations sur les circuits d'eau, électrique, thermostats à utiliser, etc.
- Une fiche sécurité à afficher sur la hotte ou près de l'appareillage.
- Une fiche d'indication de manipulation à afficher sur la porte du laboratoire à destination du veilleur.
- Un schéma de montage avec détecteurs, vannes, thermostat, sécurité avec les prix et fabricants à destination des chercheurs.

Charte sécurité

Il s'agissait d'établir, par service, un document qui soit propre à l'unité fonctionnelle (le laboratoire) qui définisse les risques spécifiques liés aux activités de ce laboratoire, les actions à respecter pour maîtriser la sécurité dans ce cadre. La méthode d'élaboration s'est inspirée de la mise en place des cercles de qualité, puisqu'après une réunion des chefs de service enseignement et recherche, en présence du responsable extérieur (pompier) de la commission départementale, nous avons procédé comme suit :

- Audit interne en présence de l'ingénieur sécurité maintenance.
- Discussion du guide ligne proposé par le CHSCT (identification des risques - techniques d'observations - communication et consignes de sécurité - formation des nouveaux arrivants et permanents - environnement matériel - produits et toxicologie - protection et moyens d'intervention).
- Élaboration de la charte signée par le chef de service qui doit être le code de conduite par étage ou par service et qui fait office de règlement intérieur pour les permanents mais aussi pour les thésards et les stagiaires.

Si la plupart des laboratoires, en juin 1993, avaient réalisé les deux premières phases, seules cinq chartes définitives avaient matérialisé l'effort et l'accord de tous les acteurs.

Cigarettes

Comment, dans un lieu ouvert au public (étudiants) et présentant des caractères de danger, faire respecter une interdiction de fumer, étendue elle-même à tous lieux affectés à un usage collectif par le décret 92-478 de mai 1992. Une réunion avec le médecin du travail groupant volontaires non-fumeurs et fumeurs a permis de débattre du problème fin octobre 1992. Les solutions retenues et proposées à la direction sont les suivantes :

- L'interdiction absolue de fumer dans le bâtiment sauf dans les endroits spécialement autorisés.
- La création, cependant, de quelques zones permises (une zone en cafétéria - une zone distributeur de boissons - quelques zones laissées à l'initiative des responsables de laboratoire).
- La pose de panneaux à toutes les entrées à destination de nos visiteurs, s'accompagnant de cendriers (lourds) extérieurs.
- Une information massive rappelant, de plus, les spécificités de notre bâtiment.

Le consensus, la discipline consentie librement ne sont pas encore parfaits. Ici plus qu'en d'autre matière l'attitude de la direction et des responsables est essentielle pour gagner.

L'information et la sensibilisation des personnels

Dans un milieu universitaire, très libéral(iste), très critique, comment faire passer le maximum de messages, d'informations utiles et de textes de sensibilisation ? Une préréunion avec un texte catastrophe, genre "Tour infernale", avait montré, y compris chez des scientifiques persuadés de l'importance du sujet, les limites d'acceptation des réalités possibles, impliquant leur responsabilité et nous avait persuadé que le ton des campagnes sécurité de l'industrie n'était pas adapté.

Nous nous sommes alors servi des passages obligés (l'entrée arrière très fréquentée par les personnels, les ascenseurs, le bulletin de liaison de la chimie dit bulletin bleu par les chimistes).

Quelques exemples :

- Un gigantesque poster décoratif dans l'entrée du sous-sol représentant une très belle vague bleue avec Gérard d'Abboville luttant dans sa barque et comme slogan "travailler en sécurité, ce n'est pas fuir le risque mais le gérer intelligemment".
- Panneau affichage sécurité dans les ascenseurs avec slogans, dessins humoristiques, images, sigles, interactifs en demandant parfois d'y inscrire des remarques (avec provocation).
- Pose de panneaux pour l'affichage tournant des affiches CRAM (très bien faites).
- Création d'une page rouge dans le bulletin bleu hebdomadaire avec des informations, des dessins, des compte rendus, des directives, des consignes, des exemples d'actualité, les incidents du mois...
- L'enquête consigne de sécurité avec questionnaire sous forme écrite ou sous forme interview.

Conclusion

Le thème sécurité s'est terminé en juillet 1993 avec les vacances universitaires, nous n'avons pas encore suffisamment de recul pour en juger les effets. Les quelques enquêtes auxquelles nous nous sommes livrés montrent que cette action était :

– **Nécessaire** parce que, même dans une population évoluée, théoriquement de grande culture scientifique, on trouve encore pas mal de personnels ne connaissant pas bien les sigles toxicologie ou les produits inflammables ou les couleurs des bouteilles de gaz qu'ils utilisent tous les jours.

– **Indispensable** pour la sécurité des mêmes personnels, certains étant incapables en cas d'incident d'appeler le service de sécurité, de déclencher l'alerte, d'attaquer un front de flammes avec le bon extincteur.

– **Utile** car elle a fait réfléchir, pas seulement les habitués du CHSCT, mais tout le monde sur son environnement, sur la gestion des déchets au laboratoire (vieux bouteille de solvant dans les poubelles, vous connaissez ?), sur sa propre gestion de produits (stock zéro et flux tendus ou stock personnel dans ma vieille armoire ?), sur son propre comportement (installation avec disjoncteur différentiel ou arbre de Noël de multiprises sur une 220 V-5 A ?).

Cette opération laisse cependant encore insatisfaits leurs promoteurs car :

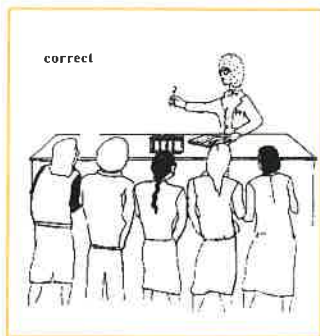
- Elle a parfois agacé les chercheurs et professeurs dont certains considèrent encore que la sécurité n'est pas leur affaire et qui ne sont pas persuadés que les contraintes introduites ne soient pas contradictoires avec la notion de qualité du travail scientifique.
- Elle n'a pas mobilisé pleinement les responsables de laboratoire. Certes, lors de quelques réunions importantes, tous les laboratoires étaient représentés, mais il était rare de dépasser la moitié des responsables.
- Elle a parfois manqué de moyens et dans un milieu universitaire, n'a pas pu sur certains points, même simples, faire changer radicalement et totalement les habitudes.

Les réflexions, les réactions, les commentaires qu'ont bien voulu nous faire les intéressés nous amènent à dire :

- Qu'il faut continuer la sensibilisation et l'information pendant plusieurs années.
- Que le comité d'hygiène et sécurité d'un établissement public est un puissant levier et un relais efficace d'opinion.
- Que la hiérarchie, y compris les directeurs d'école et de faculté, doivent s'y impliquer plus. La valeur d'exemple en la matière est essentielle.
- Que la formation doit systématiquement à tout niveau impliquer des notions de maîtrise des risques généraux et particuliers du laboratoire.
- Que l'information interne et externe doit être multipliée dans un souci de transparence, d'éducation et de prévention.

Ce sont sans doute des conclusions simples auxquelles étaient arrivés nombre de responsables industriels ou scientifiques ainsi que les chercheurs de l'INRS (voir par exemple le *Journal du CNRS*, juin 1993 et les CR du Forum européen Sciences et Sécurité (cf. compte rendu dans notre rubrique Recherche). Plusieurs chimistes de Strasbourg l'ont vécu simplement en 1993 et ils se promettent de continuer.





Sécurité et laboratoires d'enseignement

Bernard Montfort* *Enseignant-chercheur*
Bernard Jeanjean** *Enseignant-chercheur*

Pour l'enseignant comme pour l'étudiant, la chimie expérimentale doit être motivante et enrichissante, mais il n'est pas acceptable que des accidents graves se produisent au cours des manipulations proposées. Si, par une prudence excessive ou la peur d'accidents, l'enseignant limite sans raison l'éventail du travail pratique, alors celui-ci ne sera pas intéressant. Il est possible de maintenir un excellent programme d'éducation en chimie avec un niveau de risque très bas, à condition que les équipes pédagogiques adoptent une démarche intégrant les consignes de sécurité et les respectent.

Ce sujet est si important que le Comité Technique de l'Enseignement de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) a publié en anglais [1] un guide simple, concis, facile à lire, destiné à aider les enseignants dans la pratique quotidienne de leur métier. Traduit et adapté en portugais [2], en espagnol [3] et en français [4], ce fascicule a déjà été diffusé à plusieurs milliers d'exemplaires. Parallèlement à ces initiatives internationales, différents ateliers organisés par la division "Enseignement" de la SFC ou par le Centre International Francophone d'Éducation en Chimie (CIFEC) ont permis d'apporter une réflexion com-

plémentaire sur ce thème [5]. Par ailleurs, en septembre 1993, à Paris, un forum intitulé "Intégration d'une formation à la sécurité dans les enseignements supérieurs" a bien montré le caractère interdisciplinaire de la notion de danger. Cet article ne présente pas une étude exhaustive des problèmes posés dans les laboratoires d'enseignement, mais il se limite à mettre en évidence certaines difficultés rencontrées par les enseignants français dans ce domaine, il précise également les principales sources d'accidents et propose quelques règles simples qui permettent d'effectuer des travaux pratiques sans risques importants.

PRINCIPALES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES AU SUJET DE LA SÉCURITÉ

Un examen rapide des programmes d'enseignement destiné à la formation du citoyen, de l'école primaire jusqu'à la troisième ou la terminale, met en évidence un vide presque complet dans le domaine de la prévention, dans celui des gestes à effectuer en cas d'accident ou des conduites à éviter absolument. Des initiatives ministérielles comme "L'enseignement des gestes de survie dans les collèges" [6] ou "Apprendre le geste qui sauve" en classe de sixième [7] peuvent être citées en exemple, néanmoins, on peut déplorer que ces opérations restent bien souvent localisées à un nombre limité d'établissements ou même de classes dans le même établissement. Un effort

particulier concrétisé par l'accord-cadre du 1er février 1993 [8] montre une volonté de développer un "enseignement de la prévention des risques professionnels" dans les établissements de l'enseignement technique. Cet accord propose un plan, pour les cinq prochaines années, qui doit promouvoir les volets d'actions prioritaires suivants :

- l'enseignement dispensé aux élèves,
- la formation des enseignants,
- les outils pédagogiques,
- les actions spécifiques et les études.

Par contre, pour les jeunes enseignants de sciences physiques susceptibles de diriger des séances de travaux pratiques en collège, au lycée ou à l'université, cette absence de formation ne semble pas encore comblée par des cours spécifiques. Un manque d'information et de connaissances explique peut-être l'embarras, la gêne, le désarroi ou alors l'indifférence, le mutisme, parfois la dérision dont certains enseignants font preuve lorsqu'on aborde le problème de la sécurité dans les laboratoires.

Un vide éducatif certain

B. Jeanjean, D. Cachau et D. Cros [9] ont réalisé une enquête destinée à mettre en évidence le concept de sécurité chez les étudiants. Le questionnaire utilisé, conçu progressivement selon la séquence suivante : entretiens libres puis semi-directifs, préquestionnaire et questionnaire définitif, a été appliqué aux élèves ingénieurs entrant en première année de l'école de chimie de Montpellier (niveau

* GRIMEP, Département Chimie, Institut Universitaire de Technologie, BP 1559, 25009 Besançon Cedex. Tél. : 81.66.68.63. Fax : 81.66.68.01.
 ** LCGM, Faculté de pharmacie, Université de Montpellier I, 34060 Montpellier Cedex 1. Tél. 67.63.53.60. Fax : 67.54.75.33.

bac + 2). Les résultats obtenus permettent de donner les conclusions suivantes :

- la notion de sécurité reliée au produit chimique n'est pas immédiatement conceptualisée par l'étudiant. Sa définition semble difficile à établir et cette notion apparaît surtout comme étant intuitive. Bien que rarement définie, la sécurité est qualifiée d'importante dans les salles de TP pour 82 % de la population étudiée.
- le questionnement sur les symboles de danger liés au produit chimique montre que les principaux risques sont connus sauf celui correspondant aux substances comburantes qui est rarement cité. L'enquête montre que les étudiants ne connaissent pas les gestes élémentaires de secourisme et que, dans certains cas, ils feraient volontiers ce qu'il faut éviter.
- l'importance attachée au rôle que doivent jouer ou que devraient jouer les enseignants dans ce domaine est très grande. Il semble que l'attente des étudiants ne se limite pas au laboratoire mais s'étend aux problèmes de sécurité liés à la vie courante.

La sécurité dans les laboratoires : une démarche collective

Elle n'est pas seulement la préoccupation de l'enseignant et des apprenants, mais implique tous les partenaires de la vie éducative (figure 1).

Les autorités éducatives générales

Entendons par là, les différents organismes qui décident des grandes orientations pédagogiques, définissent les programmes d'enseignement et en assurent la réalisation par des dotations budgétaires en moyens et personnels. Le désir de préserver la sécurité des personnes présentes dans les établissements d'enseignement est évidemment le souci permanent de toutes ces instances. Les accidents graves en laboratoire de chimie sont rares et les maladies professionnelles semblent peu fréquentes, néanmoins, leur nombre doit être réduit le plus possible. L'action de ces autorités doit se traduire par une volonté :

- D'information : dans le domaine de la sécurité, une information claire doit être fournie aux différents partenaires de l'acte éducatif. Elle doit être actualisée

par une formation permanente de tous les personnels.

- De réglementation : les directives ou règles sont perçues par l'individu comme une restriction à sa liberté d'agir et entraînent à priori une réaction de rejet. Parallèlement aux notions d'obligation et de dissuasion, une réglementation est un moyen très efficace pour transmettre l'information et développer la prévention. Elle atteste la présence de choix qui ont été pris au niveau décisionnel et obligatoirement des engagements de mise en application. Pour être utile, une règle doit être bien adaptée, applicable et appliquée.
- De cohérence : "Ne pas définir d'objectifs à atteindre sans en donner les moyens nécessaires". Que ce soit dans le domaine de la réglementation ou dans celui des choix éducatifs, tout projet, pour être réalisé, doit être accompagné des moyens correspondants.

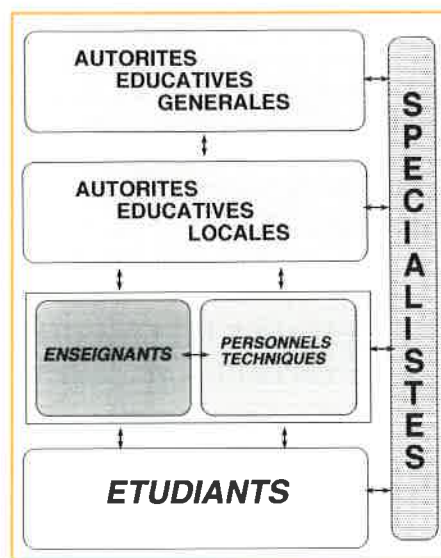


Figure 1 - Une démarche collective.

A ce sujet, il faut souligner l'effort entrepris par les régions (Bourgogne, Franche-Comté, Languedoc-Roussillon et sûrement bien d'autres ...) pour éliminer les vieux stocks de produits chimiques des établissements scolaires. A titre d'exemple, on peut citer la région Languedoc-Roussillon qui, avec l'aide de l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement, souhaite dépasser le stade d'actions ponctuelles pour enclencher un système de gestion qui fasse disparaître définitivement les rejets toxiques dans la nature. En plus des opérations de collecte, dans un souci d'information, elle a édité et diffusé dans les établissements un guide [10] très at-

trayant pour mieux "gérer les déchets des laboratoires et pour éduquer les jeunes dans le respect de l'environnement".

Les autorités éducatives locales

Il s'agit de l'ensemble des personnes qui ont la responsabilité de la vie quotidienne d'un établissement (collège, lycée, UFR, institut, école). Elles en assurent la gestion, l'animation et doivent appliquer les directives et règles établies par les autorités éducatives générales. L'établissement et les modifications du règlement intérieur leur incombent ; celui-ci doit préciser les conditions de fonctionnement des laboratoires d'enseignement et les remarques faites au paragraphe précédent s'appliquent. Pour les salles de travaux pratiques, il doit spécifier en particulier : le nombre maximal d'étudiants par salle, le nombre d'enseignants, le mode de fonctionnement, les heures de présence et la qualification des personnels techniques.

Les personnels techniques

Leur présence est irremplaçable pour assurer l'organisation matérielle des séances de TP, ainsi que les nombreuses tâches correspondant à un fonctionnement satisfaisant des laboratoires sur le plan de la sécurité. Sans être exhaustif, on peut citer :

- reconditionnement éventuel des produits en récipients de plus faible quantité,
- préparation et distribution des échantillons destinés aux étudiants,
- remplacement des matériels défectueux, de la verrerie cassée,
- préparation du matériel et des produits nécessaires aux différentes séances,
- approvisionnement quotidien des laboratoires en produits inflammables,
- nettoyage de la verrerie et stockage des déchets chimiques,
- gestion des réserves et magasin de produits,
- présence en cas d'absence imprévue de l'enseignant,
- vérification régulière du bon état des matériels de sécurité ...

En permanence au laboratoire, ils doivent être informés sur les risques liés à l'emploi des produits chimiques, disposer de moyens suffisants de protection individuelle et être formés à la manipulation des produits dangereux dans le respect des règles de l'art.

Les enseignants

Par leur présence permanente en salle de travaux pratiques, par le choix des activités et leur démarche pédagogique, ils doivent motiver les apprenants pour qu'ils réalisent leurs manipulations avec un minimum de risques. Nous reprenons volontiers Hitchings [1], qui n'hésite pas à dire que dans ce domaine l'enseignant doit agir à la place de parents responsables. Pour nous, il doit se demander "Est-ce que je ferais manipuler ma fille, mon fils ou mon frère, ma sœur (pour les jeunes enseignants) dans ces conditions ?". En laboratoire de chimie, cela signifie que seul un travail expérimental bien assimilé par l'enseignant doit être proposé en tenant compte de ses propres compétences et de celles des étudiants. Il doit alors prendre en compte les notions suivantes :

- la **collégialité**. L'absence d'une attitude commune vis-à-vis des problèmes de sécurité rend plus difficile et peut-être moins crédible les efforts faits par certains. La réticence dans ce domaine est le fait de causes variées, notamment.

- l'absence d'informations ou de formations facilement accessibles,

- la priorité de la fonction recherche pour certains enseignants chercheurs. Elle se traduit par une absence totale d'intérêt pour les travaux pratiques. Ceux-ci sont alors une charge très contraignante, ralentissant le déroulement d'une carrière universitaire,

- l'impression d'ingérence et de restriction de liberté qui peut résulter d'une attitude commune,

- l'inutilité de modifier des habitudes qui sont un gain de temps dans l'exécution de tâches répétitives,

- une faible sensibilisation à la présence d'accidents au laboratoire,

- la dégradation de la relation éducative due au nombre très important d'élèves que l'enseignant côtoie au cours d'une année scolaire,

- des conditions de travail très difficiles (manque de matériel, succession trop rapide des séances, surpeuplement des laboratoires, personnel technique en nombre insuffisant ...).

- l'**exemplarité**. Par son attitude, l'enseignant doit montrer qu'il met lui-même en pratique les contraintes de protection demandée, à l'élève pendant les séances de TP, il s'agit surtout du port permanent des

lunettes de sécurité, de la blouse, de l'emploi d'une poire aspirante pour pipeter...
 – l'**information**. "S'informer est indispensable" mais pas toujours facile. Les ouvrages et articles sur la sécurité et la toxicité sont nombreux, mais ils sont bien souvent destinés à des spécialistes, pas toujours faciles à se procurer et rarement adaptés aux travaux pratiques. Dans ce domaine, il semble qu'un effort de publication devrait être fait, les CDI (Centres de Documentation et d'Information) pourraient alors jouer un rôle important dans la diffusion de l'information au niveau des lycées et collèges.

Les apprenants

Leur implication dans l'adoption d'une attitude réfléchie vis-à-vis de leur activité dans le laboratoire est évidente. De même que dans la vie quotidienne, le nombre d'accidents pouvant survenir en TP peut être considérablement réduit par la prévention, la vigilance, la prudence et le bon sens. En général, la plupart d'entre-eux sont très réceptifs à l'adoption de consignes de sécurité (*tableau 1*) et ils les appliquent volontiers si l'enseignant leur demande, mais il ne faut pas croire que, pour autant, ils les ont intégrées dans leur comportement, par exemple :

- pour pipeter, l'habitude d'utiliser une poire aspirante prise dans un laboratoire peut s'évanouir complètement dans un laboratoire voisin, même en mettant ce matériel à la disposition des étudiants,

- le cas d'une stagiaire habituée à porter continuellement des lunettes de protection pour manipuler : arrivant dans un laboratoire où le port des lunettes n'était pas la règle, elle les porte encore environ une semaine, puis les range définitivement.

De tels exemples peuvent se multiplier, ils montrent bien le rôle de l'enseignant dans l'application des consignes les plus élémentaires.

Les spécialistes

De plus en plus sollicités pour des actions ponctuelles de formation, différents organismes ou services administratifs jouent un rôle de premier plan dans le développement de la sécurité. En plus de la compétence disciplinaire, ils apportent un regard externe irremplaçable sur le fonctionnement des laboratoires.

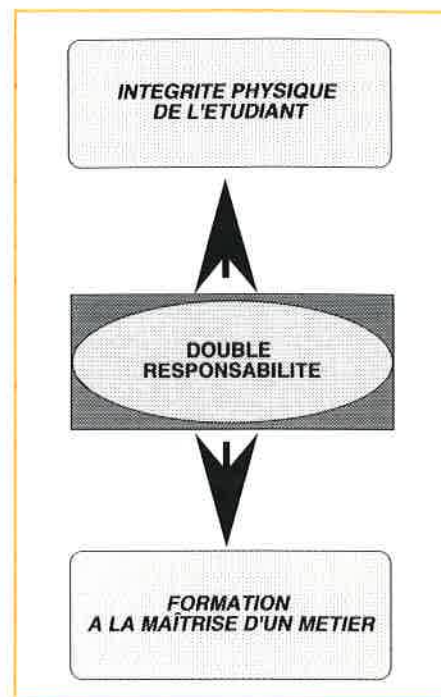


Figure 2 - Une responsabilité double.

On peut citer principalement : les services de prévention des caisses régionales d'assurance maladie, les comités d'hygiène et sécurité des différents établissements, les services de la médecine du travail, les ingénieurs sécurité des universités et des organismes de la recherche publique. Au niveau national, une place particulière peut être faite à l'Institut National de Recherche sur la Sécurité qui réalise et diffuse de nombreuses études.

La responsabilité

L'absence d'informations facilement accessibles rend cette notion délicate à cerner, on peut néanmoins en souligner deux aspects : la responsabilité morale et la responsabilité légale.

Pour l'enseignant assurant des travaux pratiques, la responsabilité morale met en évidence une véritable dualité illustrée par la *figure 2* : préserver l'intégrité physique des apprenants et en même temps les familiariser ou les habituer à manipuler des produits chimiques présentant des dangers réels. Le responsable de TP doit réaliser un véritable compromis entre ces deux positions, car éviter à tout prix les accidents, même mineurs, entraînerait obligatoirement la réduction maximale des risques liés aux produits, à l'emploi de la verrerie et aux manipulations. Cette situation donnerait une image complètement

fausse de la discipline qu'est la chimie. Ce dernier point est particulièrement important pour les enseignements à finalité professionnelle. Une formation d'où serait banni tout risque et toute substance dangereuse ne correspondrait pas à l'attente de la profession, le contrat formateur/formé ne serait plus honoré. L'enseignant est alors moralement obligé d'habituer l'apprenant à manipuler des produits dangereux dans des conditions présentant un minimum de risque d'accident.

Sur le plan légal, si nous suivons Hitchings [1] : "Généralement, un enseignant est civilement responsable des conséquences d'un accident seulement dans le cas où l'on peut montrer qu'il a failli dans l'adoption de précautions raisonnables. Le terme "précautions raisonnables" dépend de "l'habitude professionnelle", des exigences du curriculum, de l'attente de la communauté et d'autres facteurs.

Un enseignant qui manque à l'application des règlements n'adopte pas une attitude raisonnable. (...)

Les règlements de sécurité varient d'un pays à l'autre et même quelquefois entre les divers établissements d'un même pays. Leur généralisation dépend de la finalité des laboratoires, du degré d'équipement en matériel de sécurité et des programmes d'enseignement eux-mêmes".

Un enseignant doit toujours, en premier lieu, connaître et observer les règlements utilisés localement.

Cette approche de la responsabilité, peut-être fortement influencée par la culture anglo-saxonne, illustre bien la complexité de l'application de cette notion à l'enseignement. On peut néanmoins noter que dans l'enseignement secondaire français, en présence d'accidents graves, la responsabilité du chef d'établissement est souvent engagée.

LES ACCIDENTS DE LABORATOIRE LES PLUS FRÉQUENTS

A notre connaissance, en France, aucune étude concernant les accidents survenus dans les laboratoires de travaux pratiques de chimie n'a été publiée. Si l'on se rapporte à T.R. Hitchings [1], une enquête, effectuée en 1980, montre que les accidents les plus fréquents sont les suivants.

Contact de produits chimiques avec le corps

L'œil

Les yeux sont la partie du corps la plus souvent affectée par les accidents. Les accidents oculaires sont difficiles à prévoir et potentiellement très graves.

Les lunettes de sécurité ou de protection* doivent être portées pendant les travaux pratiques, dès le début de toute manipulation, dans la mesure où l'établissement peut les fournir.**

Chauffer en même temps un solide et un liquide dans un tube à essai est une des principales, si ce n'est la principale, causes d'accident. Les quantités à utiliser doivent être bien précisées sans avoir peur d'insister. On peut dire, par exemple, de ne pas mettre dans les tubes à essai un solide sur une hauteur de plus de 0,5 cm. Le respect de la règle générale,

"employer de petites quantités dans des tubes suffisamment grands"

permet de réduire le risque d'une réaction incontrôlée ou de projections. Dans le cas de liquides, des tubes de plus petite taille peuvent être chauffés plus régulièrement par un bain d'eau chaude. Un léger tampon de coton de verre placé à l'orifice du tube à essai réduit le risque de projection de solide chaud.

De nombreux accidents oculaires sont le résultat de mauvaises habitudes de travail. Pendant les démonstrations pratiques (expériences généralement faites par l'enseignant), les étudiants doivent se trouver au moins à 1 ou 2 m de la paillasse. En cas de nécessité, ils doivent pouvoir s'éloigner rapidement. De nombreux accidents graves se sont produits pendant ces démonstrations et, dans ce cas, les lunettes doivent toujours être portées.

Si un produit chimique atteint l'œil, ne pas chercher à l'enlever. Laver immédiatement avec un léger courant d'eau froide pendant environ 15 à 20 minutes en maintenant les paupières ouvertes.

Il faut ensuite placer une compresse sur les yeux (pansement occlusif lâche). Ne pas tenter de neutraliser et ne pas évacuer le blessé vers un centre hospitalier sans avoir irrigué abondamment l'œil atteint.

Le moins cher et le plus pratique des appareils pour le lavage des yeux est un tuyau de caoutchouc flexible très propre, relié à un robinet d'eau froide. Il permet non seulement de diriger le jet dans l'œil mais aussi d'en réduire la pression afin de maintenir un débit modéré et régulier. Une douchette de sécurité*** peut être utilisée très efficacement comme fontaine oculaire.

La projection de bases (hydroxyde de sodium et hydroxyde de potassium) dans les yeux est particulièrement dangereuse, elle peut entraîner rapidement la perte de la vue si des soins immédiats ne sont pas effectués.

Le port des lentilles de contact est à déconseiller au laboratoire.

Selon A. Picot et P. Grenouillet [11], de nombreux produits volatils (hydracides, dérivés halogénés) peuvent se dissoudre dans le canal lacrymal, sur lequel surnage la lentille et provoquer des irritations importantes (phénomène accentué avec les lentilles souples).

* Les lunettes de sécurité (safety spectacles) sont plus faciles et plus confortables que les lunettes de protection (goggles) ou que les écrans faciaux.

** Dans certains cas, il est envisageable de les prêter aux étudiants contre une caution.

*** Les douchettes de sécurité se raccordent directement sur le réseau d'eau. Le diffuseur relié par un tuyau souple d'environ un mètre délivre un jet d'eau et des bulles d'air qui n'irritent pas la cornée.

La bouche

Manger, boire ou fumer dans un laboratoire doit être absolument interdit.

La plus fréquente source de danger est le pipetage à la bouche. Dans plusieurs pays, cette pratique a été complètement abandonnée. Il est fortement conseillé d'entraîner les étudiants à utiliser des seringues de remplissage ou des poires aspirantes.

Dans le cas où un système d'aspiration sûr n'est pas disponible et où l'aspiration par la bouche doit être employée, les deux règles suivantes doivent être appliquées :

– **Le pipetage à la bouche de produits organiques (y compris les solvants), de liquides corrosifs, de solutions chaudes, de poisons connus et d'échantillons biologiques (par exemple sang, urine...) doit être interdit.**

– **Le pipetage à la bouche de toute solution de concentration supérieure à 0,1 mol.dm⁻³ doit être interdit.**

En cas d'ingestion accidentelle de produit corrosif au laboratoire :

– **Appeler le centre antipoison et faire conduire immédiatement le blessé dans un centre ORL d'urgence.**

– **Ne rien donner à boire : ni eau, ni lait, ni pansement gastrique, ni substance neutralisante.**

– **Ne jamais tenter de faire vomir (ni manœuvres, ni vomitifs), car cela aggraverait les brûlures lors d'un second passage du produit.**

Les voies respiratoires

L'inhalation

Toutes les vapeurs des produits toxiques ou nocifs ne sont pas forcément désagréables, il faut particulièrement se méfier de certaines substances dangereuses qui sont inodores ou ont une odeur attirante.

Les enseignants doivent être attentifs aux situations suivantes :

Certains solvants usuels sont actuellement reconnus comme potentiellement cancérigènes et doivent être substitués par des solvants moins toxiques dit "de remplacement". Par exemple, employer

le toluène à la place du benzène, le 1,1,1-trichloroéthane* et non pas le trichloréthylène à la place du chloroforme ou du tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone). Le cyclohexane ou l'heptane remplaceront l'hexane dont la neurotoxicité périphérique a été montrée [11].

Des étudiants peuvent être asthmatiques, ce qui les rend habituellement sensibles au dichlore, dibrome, dioxyde de soufre et aux gaz "acides". L'hyperréactivité n'est pas seulement la cause d'une atteinte plus longue mais aussi d'une douleur plus intense. Il est recommandé de placer alors l'étudiant dans un endroit bien ventilé.

Chez les adolescents, l'inhalation de solvants comme moyen de se droguer est un fait actuellement reconnu dans plusieurs pays. S'assurer que les réserves en produits narcotiques (éthers, esters, toluène, solvants chlorés) sont gardées sous clé, fait partie de la responsabilité des enseignants.

Des vapeurs dangereuses sont émises lorsque des matières plastiques (polyuréthanes, polystyrène ou P.V.C.) sont synthétisées par des réactions de polymérisation ou dégradées par combustion.

Les gaz toxiques tels que le dichlore doivent être préparés et manipulés sous une sorbonne.

L'amiante sous ses différentes formes est actuellement classée comme une substance cancérigène. La poussière formée par abrasion de produits à base d'amiante est facilement inhalée. Bien que les quantités mises en jeu soient peu importantes pour les étudiants, elles ne sont pas négligeables pour les personnels techniques et les enseignants (particulièrement pour les fumeurs).

Pendant plusieurs années, les enseignants peuvent avoir été exposés à la présence d'amiante par l'utilisation de laine d'amiante, de paillasse recouvertes en amiante "mou", ou par le chauffage de toiles métalliques dont le centre est garni d'amiante. Dans leur propre intérêt, ils doivent être vigilants, se renseigner et utiliser des produits de remplacement.

La toxicité de la vapeur de mercure est actuellement bien établie [12], et son inha-

lation doit être évitée. Pendant longtemps, ce métal a été utilisé en quantité importante dans les laboratoires et des renversements ou des débordements ont pu se produire. Ils ont entraîné sa pénétration dans les recoins les plus difficilement accessibles (fentes des paillasse ou des parquets). Le minimum que l'on puisse faire est de l'enlever chaque fois qu'il est décelé. Deux cas d'intoxication par inhalation en milieu scolaire ont été rapportés [13].

Le nez, détecteur olfactif

La reconnaissance des produits chimiques par l'odorat a toujours été considérée comme une compétence du chimiste. Si le nez doit être utilisé comme détecteur olfactif, éloigner la source des vapeurs et ne jamais diriger le tube à essai vers le visage, se servir de la main comme d'un éventail pour diriger les vapeurs, diluées par de l'air, en direction du nez. (figure 3, extraite de [14])



Figure 3, extraite de [14]

Sauf dans le cas de formations bien spécifiques nécessitant l'apprentissage de la reconnaissance olfactive des produits chimiques usuels, il est fortement conseillé de décourager les étudiants d'inhaler des substances chimiques.

La peau

Les brûlures chimiques

Elles sont causées par le contact de certains produits chimiques corrosifs avec la peau. L'action des acides forts, des solu-

Retirer les vêtements contaminés pour éviter un contact prolongé. Sécher rapidement avec du papier absorbant ou un chiffon. Laver abondamment la partie touchée avec de l'eau froide, pendant au moins 10 minutes. Appeler une assistance médicale

* Ce composé fait partie des substances susceptibles de détruire la couche d'ozone. Le protocole de Montréal (1987), révisé à Londres en 1990, puis à Copenhague, va réduire considérablement sa production mondiale.

tions basiques concentrées, des métaux alcalins, du dibrome ou du phosphore est particulièrement grave.

Il faut ensuite protéger par une compresse stérile ou un linge propre, prévenir éventuellement l'état de choc en allongeant le blessé, et le faire conduire rapidement dans un centre hospitalier.

Il faut absolument éviter :

- de diluer progressivement le caustique ou l'acide en ajoutant de petites quantités d'eau qui risquent d'entraîner des réactions exothermiques,
- d'employer de l'eau chaude,
- d'essayer de neutraliser avec des solutions faiblement basiques ou alcalines,
- d'évacuer le blessé vers un centre hospitalier sans avoir lavé la zone atteinte.

L'absorption et les allergies

Certains produits chimiques peuvent entraîner des troubles graves par absorption rapide à travers la peau, par exemple : les nitroarènes (nitrobenzène, nitrophénols...), les amines aromatiques (aniline), les hydrazines, plusieurs solvants lipophiles (toluène, sulfure de carbone) et les composés du chrome (VI).

Le DMSO (diméthyl sulfoxyde), l'acétone (propanone) et d'autres solvants peuvent faire traverser la peau à un soluté ou à un produit chimique qui ne serait pas absorbé naturellement.

Une petite proportion d'étudiants peut développer des réactions allergiques à partir de n'importe quel produit. De même que pour les produits cancérigènes, l'absorption cutanée peut être évitée en entraînant les étudiants à ne pas manipuler les produits chimiques à main nue.

- Il faut toujours utiliser une spatule pour transférer les solides.

- Ne jamais employer de verrerie cassée, fêlée ou fendue, ce qui augmente les risques d'accidents et de souillures.

Laver avec de l'eau froide tout produit chimique répandu accidentellement sur le corps. Ne jamais faire de la chimie sur, ni avec le corps.

Accidents provenant de chocs corporels, de la manipulation du matériel ou de l'inflammation de produits

Chocs corporels

Ces accidents se produisent lorsque les étudiants sont poussés, tombent ou glissent. Ils peuvent provenir du surpeuplement des laboratoires, d'indiscipline ou du manque d'attention. La nature du sol peut aussi en être la cause. Les enquêtes qui ont été effectuées montrent qu'ils représentent jusqu'à 10% des accidents survenus dans les laboratoires scolaires.

Lorsque des étudiants peu motivés ou se contrôlant mal effectuent des travaux pratiques sous la direction d'enseignants inexpérimentés ou maladroits, toutes les conditions sont réunies pour que des accidents de ce type se produisent. La plupart peuvent être évités si les séances sont bien préparées, bien organisées et si elles occupent tous les élèves pendant toute leur durée.

Les règles de travail appliquées en travaux pratiques doivent être simples (figure 4), concises et présentées clairement aux étudiants sous la forme de documents écrits ou d'aides visuelles. Une bonne organisation, le calme, une circulation non désordonnée dans le laboratoire aident beaucoup.

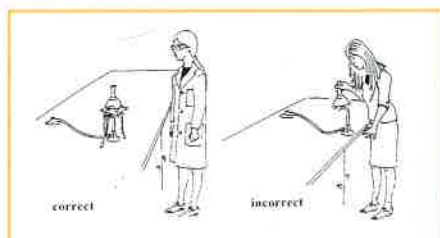


Figure 4, extraite de [14]

Si un enseignant estime qu'une classe est trop nombreuse pour effectuer une expérience en toute sécurité, il est préférable de la réaliser sous la forme d'une démonstration.

Coupures

En général, les coupures aux mains sont mineures. Lorsqu'elles sont plus profondes, elles peuvent sectionner des tendons et entraîner une incapacité permanente dans l'usage de la main. Plus ou moins grave, cet accident semble être l'un des plus fréquents dans les laboratoires d'enseignement.

La plupart d'entre elles sont dues à de la verrerie qui se casse, tout particulièrement en ôtant le tuyau souple d'une tubulure (d'un réfrigérant par exemple) ou en introduisant un tube de verre ou un thermomètre dans un bouchon. Avec simplement un peu d'habileté, il est possible de faire cette dernière opération en toute sécurité. Ne jamais utiliser directement la main pour pousser le tube, toujours la protéger par un morceau de tissu et donner un léger mouvement de rotation pour en favoriser l'introduction (figure 5).

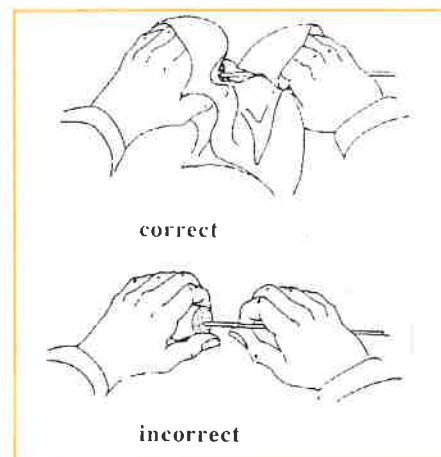


Figure 5, extraite de [14]

Les extrémités des tubes coupés ou cassés doivent être bordées par chauffage à la flamme (becs ou chalumeau).

Les personnels chargés du ramassage des déchets de laboratoire peuvent être blessés par du verre cassé, si celui-ci n'est pas correctement enveloppé dans du papier ou placé dans des boîtes en carton.

Brûlures thermiques

Les conduites d'urgence en cas de brûlures ont déjà fait l'objet d'un article séparé [15], elles sont dues essentiellement :

- au contact avec du matériel chaud (trépieds, tube à essai, verrerie sortant d'une étuve) ou d'appareils de chauffage électrique tels que les plaques chauffantes (agitateurs magnétiques, bancs pour la détermination des points de fusion) ou les manchons chauffants (chauffe-ballons, chauffe-entonnoirs).
- à l'action directe d'une flamme de bec Bunsen,
- à la projection de liquide chaud ou de vapeur (vapeur sèche en atelier pilote),
- à l'inflammation de vapeurs de solvant.

Il est indispensable de signaler aux étudiants qu'en présence d'une flamme, les

vêtements flottants (blouse ouverte, cravate...) ou les cheveux longs non attachés sont dangereux. Il faut faire aussi attention aux cheveux sur lesquels on a appliqué des produits divers (laques, gels...).

Les blouses ou vêtements en tissu synthétique combustible doivent être interdits.

En cas de brûlure simple, sans facteur particulier de gravité, pour en diminuer la douleur et les effets :

Refroidir la brûlure aussi rapidement que possible avec de l'eau froide. La laisser immergée pendant 10 minutes. L'application de glace à travers une compresse est efficace, sur le visage par exemple.

Il faut ensuite prévenir l'infection par l'emploi d'un antiseptique et/ou appliquer une pommade calmante ou cicatrisante. La région brûlée doit être enveloppée par une bande de gaze ou des compresses. La prévention du tétanos doit être envisagée.

Il faut éviter :

- d'appliquer des corps gras alimentaires ou des produits coagulants ou tannants comme l'acide picrique,
- de percer une cloque ou une ampoule,
- d'appliquer des produits colorés (mercurescène ou teinture d'iode) et de mélanger les produits mercuriels et les produits iodés qui donnent des composés organo-mercuriels néocrosants.

Des brûlures plus graves sont dues habituellement à des feux plus importants. L'éthanol est le principal coupable. Les solvants usuels inflammables sont l'éthanol, le méthanol, l'éther de pétrole, l'éther diéthylique (éthoxyéthane), le tétrahydrofurane (THF), le toluène (méthylbenzène) et l'acétone (propanone). Ils sont tous volatils et leur point éclair est bas. Il faut être très vigilant si l'on effectue des expériences mettant en jeu de l'éther diéthylique, ses vapeurs peuvent se répandre sur de longues distances et être enflammées aussi bien par les étincelles des interrupteurs électriques que par les flammes nues des becs. Tous ces solvants s'enflamment spontanément à des températures bien inférieures à celles du chauffage au rouge et des listes de solvants inflammables sont données dans les ouvrages spécialisés.

Fumer doit être interdit dans les réserves à produits et dans les laboratoires.

C'est le rôle et le devoir des autorités éducatives locales que d'établir une réglementation concernant la localisation des lieux de rangement des substances inflammables, définissant la quantité et la nature des produits stockés ainsi que certaines conditions de stockage. Cette réglementation doit pouvoir être appliquée quotidiennement par la mise en place d'une structure de travail appropriée, notamment par la présence d'un personnel technique qualifié en nombre suffisant.

Les enseignants ont une responsabilité particulière en ce qui concerne le rangement et l'emploi des produits inflammables. Dans le laboratoire même, la quantité de chaque solvant gardé devrait seulement être suffisante pour l'utilisation au jour le jour. Sans aucun doute, des quantités supérieures à un litre nécessitent un stockage réfléchi et une surveillance attentive dans leur transport. Il faut avoir à l'esprit que bien souvent un début d'incendie peut être éteint à l'aide d'un extincteur approprié.

Une brûlure de plus de 10 % de la surface du corps est **très grave**. Il est impératif de faire transporter d'urgence la victime à l'hôpital.

En cas d'incendie, il faut faire évacuer immédiatement le laboratoire sauf si le feu est peu important et si l'enseignant est sûr qu'il peut arriver à l'éteindre. Tous les types d'extincteurs et tous les moyens de lutte contre l'incendie sont efficaces à la condition d'être facilement accessibles et d'être vérifiés régulièrement. Les enseignants doivent connaître les différentes catégories d'extincteurs et être habitués à les utiliser.

Ne pas oublier que, même lorsque de faibles quantités de solvants ou de matières plastiques brûlent, des volumes importants de fumées nocives peuvent se dégager.

Une opération d'évacuation ne peut s'effectuer rapidement que si des exercices d'entraînement sont faits régulièrement. Il ne faut pas admettre que les sorties soient obstruées par des meubles, des sacs ou des vêtements. Les sorties de secours doivent

EN CAS D'INFLAMMATION des vêtements, les flammes doivent être éteintes : immédiatement avec une couverture, avec d'autres vêtements (blouse par exemple), par un arrosage abondant (douche), éventuellement en se roulant sur le sol. Faire attention à l'effet de cheminée : lorsqu'une personne est enveloppée debout dans une couverture, les flammes et les vapeurs toxiques peuvent alors être dirigées sur le visage.

EN CAS DE PROJECTION de liquide chaud ou de vapeur :

- **déshabiller immédiatement le brûlé car le temps de contact aggrave la profondeur de la brûlure,**
- **attention à garder la dernière couche de tissus en contact avec la peau,**
- **laver abondamment à l'eau froide de 5 à 10 min et appliquer si nécessaire un pansement stérile sur la brûlure.**

Dans les deux cas, il faut ensuite :

- **allonger le brûlé,**
- **la tête plus basse que les pieds afin de prévenir l'état de choc,**
- **le rassurer,**
- **surveiller les fonctions vitales (conscience-respiration-circulation),**
- **attendre les secours pour le transport du blessé vers un centre hospitalier.**

Il faut éviter :

- **de retirer les vêtements qui peuvent adhérer à la zone brûlée,**
- **de retirer les vêtements en tissus synthétiques qui fondent sous l'action de la chaleur et collent à la peau au risque d'arracher celle-ci,**
- **d'appliquer des produits sur une plaie,**
- **de percer les cloques qui ont pu se former au niveau de la plaie,**
- **l'agitation de l'accidenté.**

toujours pouvoir s'ouvrir rapidement de l'intérieur.

Les explosions survenues dans des laboratoires d'enseignement sont dues principalement à l'emploi du gaz hydrogène, du gaz utilisé pour l'alimentation des becs Bunsen, de l'éther diéthylique ou de mélanges qui peuvent exploser de manière imprévisible. L'ouvrage de L. Médard,

“les explosifs occasionnels” [16], réédité récemment, est d'un grand intérêt dans ce domaine. On évitera tout particulièrement l'utilisation d'un réfrigérateur non antidéflagrant pour refroidir des solvants inflammables. Il faut toujours avoir à l'esprit que quelques cm³ de solvant inflammable peuvent transformer un simple réfrigérateur en une bombe potentielle.

Le choc électrique

Dans les laboratoires de chimie des écoles, les risques électriques ne sont pas très différents de ceux existant à la maison. Les réglementations locales concernant les installations électriques doivent être scrupuleusement respectées. Si des prises d'alimentation sont installées à partir du secteur, elles doivent être vérifiées régulièrement par un électricien professionnel.

Il est fortement recommandé de prévoir un interrupteur collectif pour toutes les prises mises à la disposition des étudiants.

Tous les appareils portatifs fonctionnant sur le secteur, tels que les générateurs basse tension, doivent être inspectés et vérifiés par du personnel compétent. Les prises cassées, les fils effrangés ou dénudés, les fusibles inappropriés, les boîtiers perdus ou endommagés doivent être réparés.

En cas de choc électrique, couper immédiatement l'alimentation. Si la personne est inconsciente et ne respire pas, pratiquer la respiration artificielle pour la réanimer.

Tous les cursus d'enseignement devraient contenir un cours rapide sur les techniques de respiration artificielle pour tous les enseignants et les étudiants (figure 6).

- 1 – Allonger la personne sur le dos, à plat.
- 2 – Desserrer les vêtements (ceinture, soutien-gorge).
- 3 – Contrôler si la personne respire en plaçant la main sur l'abdomen, ou en écoutant l'entrée et la sortie de l'air (nez, bouche).
- 4 – Si la personne ne respire pas, essayer de la réanimer, pour cela :
 - se placer à genoux à côté de l'accidenté, une main soutenant la nuque,

- ouvrir la bouche de la victime pour s'assurer qu'aucun corps étranger n'obstrue l'arrière bouche, sinon l'ôter en tournant la tête sur le côté,

- incliner la tête en arrière, une main sous la nuque, l'autre sur le front,

- souffler de l'air par la bouche ou par le nez, jusqu'à ce que la poitrine se soulève (si l'on souffle par la bouche, fermer le nez et vice-versa). Effectuer cette opération 3 à 6 fois rapidement et profondément. (écouter attentivement, un ronflement ou un gargouillis indique une obstruction de la gorge). Contrôler si la personne respire.

Si elle ne respire pas, répéter l'opération avec une vitesse de 12 à 15 fois par minute pour les adultes et de 25 à 30 fois par minute pour les adolescents, en se relevant entre chaque insufflation pour aspirer l'air.

Dès que la respiration reprend, cesser le bouche à bouche.

Appeler un secours médical

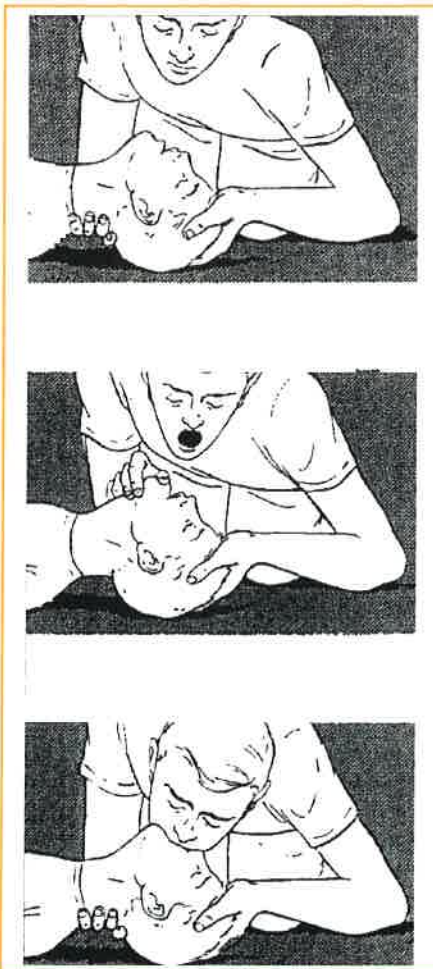


Figure 6, extraite de [17]

Démarches pédagogiques

Si l'on se limite à une perception strictement disciplinaire du danger, toute formation doit intégrer les notions correspondantes liées à la sécurité. Pour les activités expérimentales, il nous semble que le règlement établi par le Ministère de l'Éducation nationale du Grand-Duché de Luxembourg [18] est un bon support pour une réflexion sur les démarches pédagogiques à mettre en œuvre dans ce domaine. L'article 2 du chapitre 14, intitulé “Sécurité dans les laboratoires et les ateliers”, mentionne en effet :

(14.2.01) L'éducation dans les laboratoires et les ateliers doit porter notamment sur :

- l'instruction sur les risques et dangers inhérents aux machines, installation, travaux, équipement, activités et manipulations,
- la prise de conscience de ces risques et dangers,
- la motivation pour leur prévention adéquate, l'instruction sur les moyens et mesures de prévention utiles concernant notamment l'élimination des dangers, les dispositifs et mesures de protection, les moyens de protection individuelle, l'équipement personnel, la signalisation et la surveillance,
- l'instruction sur les mesures d'urgence et de premier secours à prendre en cas d'accident ou d'incident,
- l'exercice et l'entraînement,
- le contrôle des connaissances acquises,
- l'éducation en matière d'hygiène.

(14.2.02) Les diverses activités et manipulations scientifiques, artisanales ou pratiques dans les laboratoires et les ateliers ne peuvent être effectuées par les élèves que s'ils ont reçu l'éducation visée à l'alinéa qui précède et s'ils ont prouvé au moyen notamment de tests, d'interrogations ou d'essais à blanc avoir compris et assimilé ladite éducation.

(14.2.03) Au cours des manipulations, l'élève doit être surveillé par l'enseignant responsable, qui en cas de manquement grave doit interrompre l'activité et reprendre l'éducation précitée dans la mesure des besoins.

En les adaptant aux différents cursus scolaires et universitaires, ces directives très générales, pourraient s'appliquer à la plu-

part des situations rencontrées en laboratoire de chimie. Elles mettent particulièrement en évidence l'importance attachée à "l'instruction" et définissent ainsi des objectifs d'enseignement. Ceux-ci ne peuvent être atteints que par une conjonction de moyens pédagogiques utilisés tant pour l'acquisition de connaissances théoriques que pour leur mise en application pendant les séances de travaux pratiques.

Acquisition de connaissances

Il ne s'agit pas ici de proposer un cours sur la sécurité industrielle chimique ou la science du danger, mais de donner des notions suffisantes aux débutants pour leur permettre de comprendre et d'appliquer les règles de travail utilisées en laboratoire. Dans la plupart des cas, l'emploi exclusif du cours magistral sous une forme essentiellement verbale, place la sécurité au niveau d'autres disciplines sans insister sur les contraintes qu'elle impose et sans faire prendre conscience de l'incidence d'un accident sur l'individu. Le canal de la perception visuelle (diapositives, films) présente une influence plus durable [19]. Par l'emploi de logiciels interactifs, l'informatique permet une approche complémentaire totalement individualisée.

Les sujets traités peuvent être les suivants :

- Risques liés aux propriétés physico-chimiques des produits.
- Risques liés aux propriétés toxiques des produits.
- Règles et consignes de sécurité.
- Autres risques présents dans les laboratoires d'enseignement.
- Conduites à tenir en cas d'accidents.

Il existe actuellement des sources documentaires très intéressantes dans ce domaine et la bibliographie publiée par A. Picot et P. Grenouillet [11] peut être utilisée avec beaucoup de profit. On peut souligner que les ouvrages de chimie expérimentale présentent maintenant très souvent un chapitre sur les risques liés aux produits et aux manipulations.

Démonstrations et exercices d'entraînement

Pour leur bonne intégration dans le vécu de l'individu, une présentation réelle des

notions vues précédemment est indispensable, sinon, elles ne resteront que des acquisitions théoriques peu transférables en travaux pratiques. Cette présentation peut se dérouler en deux étapes : démonstrations puis exercices. Un manque de temps ou de moyens empêche souvent le déroulement de cette deuxième étape. Elle est pourtant indispensable chez le débutant. En plus du savoir-faire, elle développe la confiance en soi et le sang-froid, deux éléments importants pour la maîtrise de la conduite à tenir en présence d'un accident.

Il est possible de proposer des exercices dans les situations suivantes :

- *Protection contre l'incendie* : Les démonstrations peuvent aller du simple emploi d'une grille métallique ou d'un verre de montre pour éteindre une inflammation très localisée sur une pailleasse jusqu'au maniement de différents types d'extincteurs.

- *Secourisme* : Les conduites d'urgence à tenir en cas d'accident peuvent faire l'objet d'une présentation avec mise en pratique de gestes simples. A cet effet, on peut citer B. Piacenza [20] qui, en début d'année, fait effectuer un rinçage de l'œil sous un robinet à tous ses élèves, par binôme, chacun à son tour joue le rôle de l'accidenté et du "premier secouriste".

- *Manipulations* : Certaines opérations de laboratoires nécessitent une présentation par l'enseignant pour pouvoir être effectuée sans risque par les étudiants. Le temps investi sous cette forme n'est jamais du temps de perdu. On peut citer par exemple : l'emploi rigoureux de la poire aspirante pour pipeter, le prélèvement d'acides concentrés, l'assemblage des pièces de verrerie pour réaliser un montage stable ... L'un de nous a montré [21] que dans le cas d'une activité complexe, comme le prélèvement de substances nocives ayant un bas point de fusion [22], une démonstration pratique a été le moyen le plus efficace pour la faire réaliser avec peu d'erreur par les étudiants.

Souvent de tels exercices ne sont pas faciles à mettre en œuvre car ils engagent des moyens en temps, en personnels et parfois en locaux qui impliquent plusieurs partenaires de l'équipe éducative dont l'adhésion n'est pas toujours acquise.

Manipulation en travaux pratiques

Le laboratoire de travaux pratiques est souvent un lieu sûr où la santé des usagers et des personnels est préservée. Pour éviter que des incidents ou accidents se produisent, deux conditions doivent être réunies : une organisation satisfaisante et des conditions strictes d'enseignement.

L'organisation

Elle dépend principalement de trois facteurs : les locaux, les personnels et les équipements.

- Indépendamment de leur conception, les locaux doivent être conformes à leur destination initiale. Il n'est pas rare que des salles destinées à la préparation des manipulations, au stockage du matériel, de produits soient requises pour d'autres utilisations. Ce manque de place se traduit ailleurs par un surencombrement générateur d'accidents.

- Les personnels, il faut entendre par là, les enseignants, les personnels techniques et les personnels d'entretien ou de service. Malgré les problèmes relationnels inhérents à tout travail en équipe, c'est souvent le sous-encadrement qui entraîne un surcroît d'activité préjudiciable à une bonne organisation des tâches liées au fonctionnement des salles de travaux pratiques. Cette absence de personnels est due soit à l'augmentation importante du nombre des apprenants qui n'a pas été anticipée par les autorités éducatives générales, soit à une mauvaise répartition des tâches qui incombe aux autorités éducatives locales.

- Les équipements. Sur le plan de la sécurité dans les laboratoires, la présence d'appareils de protection et de premiers secours est indispensable. Ceux-ci doivent être vérifiés régulièrement.

Un téléphone facilement accessible, utilisable pendant toute la durée de la séance de TP, est indispensable pour tout appel d'urgence en cas d'accident.

Les conditions d'enseignement

Elles dépendent essentiellement de la motivation et de la volonté de l'enseignant. Sa conduite est souvent liée au fait qu'il ait intériorisé la possibilité qu'un accident puisse se produire, et qu'un accident grave est toujours inattendu, brutal,

entraînant une situation dramatique pour l'accidenté et très traumatisante pour lui-même.

Pour essayer de développer de bonnes conditions de manipulation, il doit :

1 – Créer une atmosphère de travail incluant naturellement la sécurité sans inquiéter inutilement les élèves. A ce sujet, les participants à l'atelier "Sécurité" des 7^e Jirec [23] ont reconnu l'inutilité d'employer certains produits qui présentent des risques hors de proportion avec leur intérêt pédagogique. Pour les travaux pratiques des formations générales, on peut citer :

- l'acide fluorhydrique,
- l'acide perchlorique,
- le benzène et les produits reconnus "cancérogènes" pour l'homme (l'emploi du benzène est interdit dans les collèges et dans les classes d'enseignement général des lycées ; RLR, note de service n° 93-209 du 19 mai 1993),
- le sulfure de carbone,
- le chrome au degré d'oxydation "+6",

2 – Informer les étudiants sur les risques liés aux différentes manipulations et leur faire chercher eux-mêmes les dangers se rapportant aux produits qu'ils vont manipuler. Le résultat de ces recherches documentaires doit alors faire partie intégrante de leur compte rendu. A. Mauvais rapporte qu'à Hanovre, en chimie organique, "la recherche concernant la sécurité compte pour une bonne moitié du rapport final" [24.]

Pour obtenir les modes opératoires concernant les manipulations, il est recommandé d'employer de préférence des livres ou des manuels de laboratoire récents. Les ouvrages plus anciens restent toujours des sources documentaires valables contenant des informations très utiles. Cependant, ils ne donnent pas une appréciation récente de quelques dangers courants dus par exemple à l'amiante, au tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane), au benzène ou au mercure métallique. Les risques liés à l'emploi de ces produits n'ont été que récemment pris en compte par les auteurs des ouvrages d'enseignement. D'autre part, il ne faut jamais oublier que même les descriptions de manipulations publiées récemment doivent être testées prudemment par l'enseignant avant d'être employées en classe.

3 – Surveiller attentivement le déroulement des manipulations pour prévenir et

éviter les erreurs pouvant entraîner des accidents. Cette tâche est très difficile lorsque les laboratoires sont surpeuplés d'étudiants et pratiquement impossible lorsqu'un enseignant est responsable d'étudiants répartis dans plusieurs salles.

Depuis plusieurs années, l'un de nous essaye d'observer la prise en compte des consignes de sécurité par les apprenants et inclut systématiquement cette dimension dans l'évaluation finale de l'activité de l'apprenant [25].

Une liste de consignes destinées aux enseignants est décrite dans le tableau 2 [23] et il faut avoir à l'esprit que l'emploi du matériel miniaturisé réduit souvent la gravité des accidents.

L'élimination des produits chimiques

Ce sujet est d'actualité car il permet de présenter concrètement aux élèves et aux étudiants le problème des rejets vis-à-vis de l'environnement. Dans tous les cas, l'enseignant doit toujours :

Suivre les règles établies par les autorités éducatives concernant le conditionnement, la destruction ou l'élimination des produits utilisés au laboratoire.

De plus en plus, des collectes spécifiques se mettent en place, elles nécessitent alors un "tri" sélectif au niveau des laboratoires, et, par expérience, nous pouvons affirmer que ce tri est actuellement difficile à faire réaliser aux étudiants au cours de leurs manipulations. Pour être efficace, une récupération des rejets dans des récipients spécifiques demande une explication précise, des répétitions fréquentes et une grande discipline au niveau de l'application.

Les produits chimiques particulièrement toxiques, dangereux, explosifs, difficilement dégradables ou nocifs pour l'environnement, tels que les alcanes halogénés et certains métaux lourds (Cr, Ni, Hg,...), doivent être éliminés en se conformant exclusivement aux méthodes proposées par les autorités administratives.

Un enseignant est responsable non seulement vis-à-vis des étudiants, mais aussi vis-à-vis des personnels chargés du nettoyage, du ramassage des ordures et des autres personnes qui peuvent être impliquées dans la manutention ultérieure des déchets jetés sans précaution.

Faire évacuer des produits dans le but de les détruire par du personnel qui n'est ni informé des risques potentiels, ni capable de faire face aux problèmes qui pourraient survenir est inacceptable.

La destruction par enfouissement dans le sol n'est pas recommandée, pas plus que la combustion des produits inflammables,

Tableau II - Conseils aux enseignants, extrait de [23]

Conseils aux enseignants

- 1-SE PROTEGER N'EST PAS RIDICULE.
- 2-SE PROTEGER LES YEUX EST INDISPENSABLE.
- 3-SE PROTEGER LA PEAU EST POSSIBLE.
- 4-NE PAS PIPETER EN ASPIRANT AVEC LA BOUCHE.
- 5-UTILISER L'INSTRUMENT OU LE MONTAGE ADAPTE.
- 6-FAIRE ATTENTION AUX SOURCES D'INCENDIE.
- 7-UTILISER UN REFRIGERATEUR ANTIDFLAGRANT.
- 8-NE PAS FUMER, BOIRE OU MANGER.
- 9-EVITER DE JETER A L'EVIER DES METAUX LOURDS OU DES PRODUITS NUISIBLES POUR L'ENVIRONNEMENT.
- 10-EVITER DE BANALISER LE RISQUE.
- 11-AVOIR EN PERMANENCE UNE ATTITUDE REFLECHIE.

sauf si cette dernière méthode est approuvée par les autorités compétentes.

Des laboratoires de l'industrie ou d'autres institutions offrent quelquefois des excédents de stock de produits chimiques aux établissements scolaires. Il faut vérifier soigneusement ces produits, s'assurer qu'ils correspondent aux programmes d'enseignement et que leur présence ne constitue pas un danger supplémentaire. Il faut refuser d'accepter tout produit qui ne satisfait pas à ces deux conditions.

Conclusion

Bien que l'on observe un changement dans les comportements, actuellement dans les laboratoires français d'enseignement de la chimie, la prise de conscience de la sécurité et de la protection de l'environnement est encore trop le fait d'enseignants intéressés par ces questions. Les interrogations et parfois les critiques des élèves ou des étudiants, l'influence des autorités éducatives et la prochaine application de directives européennes aux établissements scolaires vont nécessiter un effort certain dans ce domaine.

Les actions à entreprendre sont multiples et s'adressent à tous les partenaires de la communauté éducative. Un rôle important de formation et de soutien pourrait être assuré par les établissements de l'enseignement supérieur. Nous reprenons ici la proposition de création de cellules universitaires faite par Joëlle Guignard au forum précédemment cité [26]. celles-ci auraient pour tâches principales :

- d'assurer une formation initiale des enseignants universitaires qui doivent introduire les notions de sécurité et de connaissance du risque dans leur cursus,
- de proposer des stages de formation continue de courte durée (3 à 5 journées) aux enseignants des universités et des établissements du premier et du second degré,
- de répondre à toute question sur le thème sécurité et connaissance du risque ou d'orienter vers un organisme susceptible de répondre.

Ces cellules travailleraient avec des organismes nationaux compétents, les centres de documentation et les ingénieurs d'hygiène et de sécurité de leur université.

Pour conclure cet article, nous rapportons A. Mauvais [24] qui cite le profes-

seur Winterfeldt mettant en garde les chercheurs de l'Institut de chimie organique de Hanovre après la violente explosion de novembre 1992 qui entraîna la mort d'un technicien : " *Je sais à quel point cet accident vous a choqué, mais je sais également que la peur est tout aussi dangereuse que le laxisme avec la sécurité, elle est une mauvaise conseillère : continuez à travailler comme vous l'avez fait précédemment, avec prudence mais sans crainte* " .

Les auteurs remercient Messieurs. S. Girard, Ingénieur d'Hygiène et Sécurité de l'Université de Montpellier II, A. Brendel Ingénieur-Sécurité à la 7^e circonscription du CNRS et A. Picot, Directeur de recherche au CNRS pour l'aide et les conseils qu'ils leurs ont toujours apporté. Ils remercient également tous ceux, qui dans le cadre des activités de l'IUPAC-CTC ou de sociétés savantes, ont participé à la rédaction des différentes adaptations du fascicule "Safety in school laboratory" de T.R. Hitchings, cette brochure a été un support important pour la rédaction de cet article.

RÉFÉRENCES

- [1] T.R. Hitchings, Safety in the school laboratory, *International Newsletter on Chemical Education*, IUPAC-CTC, **1986**, n° 29.
- [2] M.P. Peireira, Segurança em laboratorios escolares, *International Newsletter on Chemical Education*, versao en portugês, Sociedade Portuguesa de Quimica, Lisbonne, **1988**.
- [3] F. González V., G. Rebolledo M., D. Candellé, Medidas de seguridad y protection en los laboratorios de quimica n°3, CENAMEC, Caracas, Venezuela, **1990**.
- [4] B. Montfort, La sécurité dans les laboratoires d'enseignement de chimie, Division «Enseignement» de la Société Française de Chimie, Paris, **1991**.
- [5] a- Atelier n°4, la sécurité en salles de TP, 6^e Jirec, Montpellier, 11-14 juin **1989**; b- École internationale d'automne, Recherche en didactique de la chimie, La Grande Motte, 26-31 octobre **1990**.
- [6] Enseignement des gestes élémentaires de survie dans les collèges, RLR, note de service n° 82-307 du 20 juillet **1982**.
- [7] Opération "Apprendre le geste qui sauve" aux élèves des classes de sixième, RLR, note de servie n° 86-091 du 28 février **1986**.
- [8] Accord cadre national pour l'enseignement et la prévention des risques professionnels, RLR, accord cadre du 1 février **1993**.
- [9] B. Jeanjean, D. Cachau et D. Cros, Les problèmes de sécurité liés à la chimie, actes de l'École internationale d'automne, La Grande Motte, p 172-177, Cifec, Montpellier, **1991**.
- [10] "N'en jetez plus... Fiches de données de sécurité de produits chimiques", Agence méditerranéenne de l'Environnement, région Languedoc-Roussillon, Montpellier, **1993**.
- [11] A. Picot et P. Grenouillet, La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie, 2^e édition, Tec Doc Lavoisier, Paris, **1992**.
- [12] Fiche toxicologique n° 55 de l'Institut National de Recherche sur la Sécurité.
- [13] E. Fernandez, communication au cours de l'atelier "Safety", 11 ICCE, York, **1992**. P. Borrows, communication au cours de l'atelier "Safety", 11 ICCE, York, **1992**.
- [14] Sécurité dans les manipulations scientifiques à l'usage des élèves débutants, INRS, 30 rue Olivier-Noyer, 75680 Paris Cedex 14.
- [15] B. Jeanjean, Les secours d'urgence des brûlures, *Bulletin du Cifec*, **1989**, n°4 p. 29-34.
- [16] L. Médard, "Les explosifs occasionnels", 2^e édition, Tec Doc Lavoisier, Paris, **1992**.
- [17] Une méthode pratique : L'apprentissage de la respiration artificielle par la méthode "bouche à bouche" au moyen d'un mannequin de grandeur naturelle, film et mannequin de démonstration. Asmund S. Laerdal, Stavanger, Norvège.
- [18] Règlement grand-ducal du 13 juin 1979 concernant les directives en matière de sécurité dans les écoles, *Mémorial*, Journal officiel du Grand-Duché de Luxembourg, 1 juin **1987**.
- [19] E. Fernandez, J.A. Santaballa et L. Cascarini, I will never had an accident, Bringing chemistry to life, Actes des 11^e ICCE, York, p 270 - 2, The Royal Society of Chemistry, Londres, **1992**.
- [20] B. Piacenza, communication au cours de l'atelier des 7^e Jirec, Montpellier, **1989**.
- [21] B. Montfort et M. Rebetez, "Emploi d'une balance digitale pour prélever des produits dangereux : exemple d'une démarche permettant d'appliquer des consignes de sécurité", 6^e Jirec, Montpellier, **1989** et Actes du séminaire international, "Evaluation enseignement expérimental"; Gredic, Pau, p. 74-79, **1991**.
- [22] Produits à bas point de fusion, La sécurité avec Merck, traduction de la 2^e édition allemande de janvier **1983**, p. 78, E. Merck, Darmstadt.
- [23] B. Jeanjean, B. Montfort, A. Picot, S. Girard, Y. Fenech, Compte rendu de l'atelier "Sécurité"; 6^e Jirec, *Bulletin du Cifec*, **1990**, n° 5, p. 60-71.
- [24] A. Mauvais, Bilan de l'exposition à l'Institut de chimie organique de Hanovre, communication au forum "Sciences et Sécurité", Strasbourg, décembre **1992**.
- [25] B. Montfort, L'enseignement de la sécurité au cours des travaux pratiques de chimie, *L'Actualité Chimique*, **1986**, octobre p. 37.
- [26] J. Guignard, Contribution à la formation des enseignants et des étudiants en matière de sécurité et de connaissance du risque, "Intégration d'une formation à la sécurité dans les enseignements supérieurs", Paris, 15-16 septembre **1993**.

EN RÉSUMÉ

Dans les premières secondes qui suivent un grave accident de laboratoire, il faut avoir à l'esprit trois points importants :

- **RAPIDITÉ.** Plus l'intervention est rapide, moins les conséquences de l'accident sont graves.
- **EAU FROIDE.** Ce n'est pas simplement une solution de fortune, mais souvent la meilleure intervention.
- **AIR FRAIS.** Dans le cas de problèmes respiratoires, être prêt à effectuer une réanimation par le bouche à bouche.



Vos Règles de Sécurité



Le plus grand danger dans le laboratoire, c'est VOUS !

Vous êtes un danger chaque fois que vous êtes soit ignorant ou négligent, soit les deux à la fois.

Souvenez-vous de cela,
car la personne la plus à même de souffrir de vos erreurs,

 **c'est VOUS!** 

1. Ne jamais entrer dans un laboratoire sans autorisation
2. Ne jamais courir çà et là ou se précipiter dans un laboratoire
3. Ne rien mettre à la bouche dans un laboratoire
4. Ne pas toucher sans raison au matériel et aux produits chimiques
5. Ne jamais prendre quoi que ce soit dans un laboratoire sans permission
6. Ne rien lancer dans un laboratoire
7. Toujours porter des lunettes lorsque votre enseignant vous le demande
8. Les cheveux longs doivent être noués derrière la tête, les cravates, gilets et autres vêtements ne doivent jamais pendre librement.
Ne pas utiliser pour les cheveux, des produits sous forme d'aérosol, avant d'aller dans un laboratoire.
9. Lorsque vous chauffez un produit, en utiliser toujours de petites quantités et surveiller constamment ce que vous êtes en train de faire.
Ne jamais diriger un tube à essai vers vous ou vers quelqu'un d'autre.
Ne jamais regarder dans l'axe d'un tube à essai.
10. Tout accident et toute casse ou détérioration de matériel, même mineur, doivent être signalés immédiatement à votre enseignant.
11. Si vous mettez accidentellement quelque chose dans votre bouche, crachez-le immédiatement et lavez abondamment à l'eau.
12. Si vous vous brûlez ou si un produit est projeté sur votre peau, lavez immédiatement la partie atteinte avec beaucoup d'eau.

D'après l'Association for Science Education, "Safeguards in the school laboratory"(Hatfield : 9ème éd., 1988)..

La sécurité dans les laboratoires de l'École Nationale de Chimie, Physique et Biologie à Paris

Gérard Colpin* *Directeur de l'ENCPB*

Depuis plusieurs années, la sécurité est au centre des préoccupations de notre école. Des raisons convergentes nous ont incités à développer un état d'esprit sécuritaire et une stratégie de prévention.



L'École Nationale de Chimie, Physique et Biologie de Paris.

– La première est d'ordre éthique. Elle est née avec la création de l'école. Elle concerne le respect de l'intégrité physique des jeunes qui manipulent, certes avec des précautions spécifiques et un encadrement adapté, mais dans des laboratoires qui fonctionnent en vraie grandeur, environnements qu'ils ne connaissaient pas.

– La seconde est d'ordre administratif. Le décret de mise en place des commissions d'hygiène et de sécurité dans les établissements scolaires est paru et doit s'appliquer à tous les établissements d'enseignement. Il a donné un caractère officiel à des pratiques jusqu'alors officieuses dans notre école.

– La troisième, c'est l'écho que nous avons trouvé auprès des responsables de la sécurité de grandes entreprises françaises dont l'école constitue un vivier de techniciens et techniciens supérieurs. Il a paru important que l'école ait la même démarche que l'entreprise, l'une n'étant que le prolongement de l'autre.

– De façon générale, sous la poussée des professionnels, les programmes d'enseignement de la sécurité ont été fortement développés dans les nouveaux diplômes ; cette tendance est maintenue pour toute création de filière nouvelle et à chaque fois qu'un diplôme est rénové. La sécurité concerne donc, plus que jamais, tous les établissements scolaires qui assurent la préparation des diplômes correspondants.

Si l'on veut intégrer la sécurité dans un programme d'enseignement, c'est donc que l'on a acquiescé implicitement à la question fondamentale "la sécurité s'apprend-elle ?"

La réponse ne pouvant être qu'affirmative, il a fallu concevoir une pédagogie adaptée.

L'École Nationale de Chimie, Physique et Biologie (ENCPB) est une école qui permet la formation de 2 000 élèves dans 66 classes de techniciens, techniciens supérieurs et classes préparatoires aux grandes écoles.

Soixante-quatre laboratoires et un atelier de demi-grand nous permettent d'assurer, dans d'excellentes conditions, la formation technologique de nos élèves.

Incidences de la réglementation en matière de sécurité sur le fonctionnement de notre école

L'ENCPB est une école, dès lors s'applique la législation concernant les établissements recevant du public scolaire.

C'est une école de chimie, donc la législation sur les risques liés aux produits chimiques et à leur prévention est à prendre en considération avec vigilance.

C'est une école de biologie, donc les contraintes imposées par l'utilisation de produits contaminés biologiquement (bactéries pathogènes, expérimentation animale, organismes génétiquement modifiés...) doivent être scrupuleusement respectées.

C'est également une école de physique qui nécessite la maîtrise des risques liés à l'utilisation de l'électricité, des rayonnements non ionisants et des radioéléments.

Les sujets de réflexion concernant la sécurité ne manquent pas !

Types de mesures adoptés

La sécurité avait été au cœur de notre réflexion lors de la mise au point du projet d'établissement. Si finalement nous ne lui avons pas donné une place centrale dans la rédaction du projet, c'est que nous avons considéré tous ensemble que le sujet allait de soi. Nous avons si longtemps déploré l'absence de commission d'hygiène et de sécurité dans les établissements scolaires que nous avons applaudi à l'initiative du législateur (*Bulletin Officiel*, 30 janvier 1992, n°5,) qui nous en dotait, à l'égal des entreprises.

Mais nous avons essayé d'aller plus loin. Sous la responsabilité du chef d'établissement, un cercle de réflexion sur la sécurité, constitué de professeurs volontaires, expertise les conditions de sécurité dans l'école et propose les améliorations qu'il estime réalisables, sachant que rien ne peut être fait en une seule fois, les avancées se faisant toujours pas à pas.

* 11, rue Pirandello, 75013 Paris. Tél. : (1) 43.31.90.94. Fax : (1) 47.07.42.48.

Les mesures de protection sont tout d'abord collectives

Certaines ont peu d'incidences péculaires mais demandent en revanche une détermination sans faille :

- l'interdiction absolue de fumer,
- le respect des règles de stockage de tous produits, particulièrement des solvants et des poisons (pas plus de deux jours de consommation stockée dans les laboratoires),
- la mise à disposition dans chaque laboratoire des fiches toxicologiques des produits utilisés.

D'autres exigent des moyens financiers importants, voire très importants, soit ponctuels soit permanents :

- une modification de la ventilation des laboratoires, notamment en chimie organique pour capter les solvants à leur lieu d'émission,
- la mise en place d'une détection incendie efficace dans chaque laboratoire ou salle de collection reliée à un service central de sécurité,
- la suppression du gaz dans tous les laboratoires et le remplacement de tous les matériels pédagogiques fonctionnant avec cette énergie par d'autres fonctionnant à l'électricité,
- la destruction des déchets chimiques solides et liquides et des produits biologiquement contaminés.

Aucun produit toxique, inflammable ou contaminé n'est jeté à l'égout, ou livré aux services de collecte des ordures ménagères

La destruction des déchets est faite par le personnel de l'ENCPB ou en utilisant les services d'entreprises spécialisées :

- les solvants sont stockés en tenant compte de leur nature (organochlorés, alcools, alcanes, etc.), puis livrés aux entreprises spécialisées,
- les solutions aqueuses de métaux lourds sont concentrées puis traitées comme les solvants,
- les poisons solides subissent une procédure chimique de destruction (bromure d'éthidium, cyanure, etc.) ou mis à disposition des entreprises en emballage convenablement étiqueté,
- les produits biologiques sont décontaminés totalement par un cycle d'autoclavage à température effective contrôlée, puis enlevés par les services de la voirie.

Les cadavres des animaux de laboratoires ainsi que le petit matériel à usage unique (seringues) sont stockés dans des containers inviolables puis confiés à des entreprises agréées dont c'est le métier de les détruire.

Mais cela nécessite du personnel compétent donc formé et l'appel à des entreprises extérieures coûte très cher.

Il est souhaitable que ces mesures d'élimination des rejets et résidus de manipulations soient étendues à l'ensemble des établissements avec un système de collecte systématique. Le problème du financement reste posé.

Les mesures de protection individuelles sont multiples

Citons entre autres :

- le port d'une blouse fermée dans le textile adéquat dès que l'on pénètre dans le laboratoire,
- le port de lunettes de protection dès que l'on manipule, ou même dès qu'un autre élève manipule dans le laboratoire,
- l'interdiction formelle de pipeter à la bouche,
- l'interdiction de déposer ses vêtements de ville dans le laboratoire,
- l'interdiction de manger ou boire dans le laboratoire,
- l'obligation de travailler sous hotte lorsque l'on manipule des produits particulièrement toxiques ou corrosifs,
- le port de gants ; des règles d'utilisation en hématologie, immunologie et dans d'autres secteurs de biologie ont été clairement définies,
- la désinfection des paillasse dans les laboratoires exposés à une contamination,



L'attention des élèves et du professeur avant la séance de travaux pratiques porte aussi bien sur la qualité du montage que sur sa sécurité.

– l'hygiène des mains (robinet à pédale, savon liquide détergent, bactéricide, dévidoirs de papiers...) dans les laboratoires exposés à des risques de contaminations.

Mais cela coûte aussi très cher et ce surcoût de la formation devrait être pris en charge par nos autorités de tutelle. Il nous reste à les convaincre !

Mais pourquoi toutes ces mesures ?

Il est aisé de répondre pourquoi : c'est assurer la sécurité des jeunes qui nous sont confiés, mais aussi leur donner dès l'école l'habitude d'assumer les contraintes qui leur seront imposées quand ils travailleront dans une entreprise ou un laboratoire.

C'est aussi permettre à nos élèves l'acquisition de compétences définies dans les référentiels des différents diplômes :

- Mettre en œuvre une méthode d'analyse a priori des risques liés à une manipulation ou à une activité : inventaire correct et exhaustif des produits utilisés (produits chimiques et biologiques), description des différentes catégories de risques encourus (risques chimiques, risques électriques, risques liés à l'utilisation de machines et d'appareils, risques biologiques).
- Mettre en œuvre une méthode d'analyse a posteriori des risques : analyse des incidents et accidents survenus dans des manipulations ou activités du même type et mise en évidence logique et argumentée de facteurs potentiels d'accidents.
- Répertoire les textes réglementaires, les normes, les recommandations, les "bonnes pratiques de laboratoires", les règlements intérieurs qui s'appliquent à une manipulation ou à une situation donnée.
- Prévoir les mesures de sécurité conformes au diagnostic réalisé pour la manipulation ou l'activité envisagées.
- Prendre les mesures de sauvegarde adaptées en cas de dysfonctionnement et de danger : arrêt immédiat des appareils et des installations, neutralisation ou destruction ou évacuation des produits et des micro-organismes.
- Savoir donner l'alerte en cas d'accident.
- Savoir transmettre l'alerte aux services de sauvetage-secours et de soins adaptés en liaison avec l'infirmerie et le service central de sécurité.
- Savoir protéger du suraccident.

– Adopter le bon comportement en cas de brûlure par flamme ou de projections de produits corrosifs.

– Estimer les conséquences sur l'environnement.

Comment ces mesures sont-elles enseignées à nos élèves ?

Les méthodes pédagogiques que nous avons adoptées ont un caractère interactif.

Le respect de la discipline par des méthodes autoritaires ne peut marcher que si l'on est capable de les faire appliquer par des mesures drastiques !

Ce n'est pas notre cas. Nous adoptons donc une pédagogie de sensibilisation et de motivation suivie des étapes capitales de vérification, d'exécution et de rappels périodiques.

La première intervention est faite par un professionnel de la chimie, qui vient décrire ce qui est pratiqué dans l'entreprise où il travaille.

Il est important que le premier message reçu par le débutant soit annoncé par ceux qui pratiquent la sécurité au quotidien dans les entreprises. Les élèves en concluent que ce n'est pas seulement un problème scolaire mais un sujet professionnel sérieux.

Comment la sécurité devient-elle un enseignement actif ?

En l'intégrant totalement dans l'enseignement professionnel :

– Chaque TP donne lieu à une consultation des fiches toxicologiques (celles de l'INRS conviennent parfaitement bien), et le compte rendu doit obligatoirement comporter une partie relative aux mesures de sécurité à prendre lors de la manipulation. Nous souhaitons vivement que les sujets d'examen comportent des questions portant sur cet aspect.

– La méthode de l'auto-audit est employée en permanence : l'élève est invité à apporter les améliorations qu'il estime nécessaires sur le plan de la sécurité. Si leur mise en place est possible matériellement, elles sont immédiatement appliquées, sinon elles sont différées, et l'on essaie de trouver une mesure palliative provisoire. C'est la politique des "petit pas". Mais une fois une mesure adoptée, si modeste soit-elle, elle ne doit pas souffrir d'exception.

– Si un incident se produit, on applique la méthode de l'arbre des causes : c'est-à-dire que, a posteriori, on analyse la situation, on détermine la cause de l'incident et on trouve une mesure qui évite qu'il ne se reproduise.

Cette pédagogie donne de bons résultats et permet de diminuer les incidents mi-

neurs, sans gravité, qui sont le signe d'une certaine négligence sur le plan sécuritaire ; en effet, lorsque l'élève sait qu'il effectue une manipulation particulièrement dangereuse, il est attentif, mais c'est dans les gestes banals du quotidien que naissent les situations pouvant engendrer des incidents graves.

Formation à la sécurité des personnels enseignants et de laboratoire

Elle est indispensable et doit être constamment renouvelée. Là, encore, se pose le problème de son financement et de sa généralisation souhaitable à l'ensemble des personnels des établissements scolaires. Une solution pourrait être trouvée par l'intermédiaire des plans de formation du personnel gérés par la Mission académique à la formation des personnels de l'Éducation nationale en liaison avec les organisations professionnelles.

Mais tout ceci n'a de chance de réussir que si l'engagement de l'ensemble des professeurs, des agents de laboratoire, de l'administration de l'établissement est total et si tous sont bien persuadés que la sécurité est indissociable d'un enseignement de bonne qualité.

G. Colpin

Directeur de l'ENCPB

DEMAIN LA CHIMIE : des formations d'ingénieurs diversifiées pour des métiers d'avenir

Mercredi 8 décembre 1993

Maison de la chimie
28, rue Saint-Dominique
75007 Paris

Secrétariat : Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.
Tél. : (1) 45.55.69.46. Fax : (1) 45.55.40.33

Associer à tout enseignement supérieur de chimie, un minimum (vital!) d'initiation à la "sécurité dans les laboratoires"

Comment ?

Maurice Gomel* *Services interuniversitaires CH 13*

Bernard Martel** *GREDEC*

Tous les enseignements supérieurs de chimie comportent, vérité d'évidence, du "travail en laboratoire" (travaux pratiques de chimie, par ex.) et, de plus en plus, des stages dont plusieurs s'effectuent en laboratoires de recherche, laboratoires de contrôles, etc. Quant aux formations de 3^e cycle, le laboratoire en est le cadre naturel quasi unique.

Mais, hormis les enseignements déjà spécialisés (du type "hygiène et sécurité", en IUT) et hormis quelques exceptions dans telle et telle universités (chacun peut en citer), soyons clairs : quelle est, dans les enseignements universitaires, l'initiation à "la sécurité dans les laboratoires" systématiquement délivrée ?

Et, en dehors de toute mode "environnement et sécurité", est-il admissible de considérer que cette initiation à la sécurité dans les laboratoires puisse être acquise sur le tas ? Est-il admissible qu'un(e) chimiste professionnel(le) soit formé(e) sans une approche minimum des questions de sécurité ?

Tout titulaire d'une maîtrise de chimie a généralement suivi, depuis son entrée à l'université, et en chimie proprement dit, un enseignement encadré (c'est-à-dire en présence d'un enseignant) de l'ordre de

1200 à 1500 h en tout. Sur un tel total, combien d'heures ont-elles été explicitement consacrées à un minimum d'initiation aux problèmes de la sécurité dans les laboratoires ? (nous parlons ici d'une initiation sérieuse, avec informations précises, exercices de réflexion, etc.).

La réponse peut varier de zéro à une dizaine d'heures, si l'on compte dans cette dizaine le temps souvent consacré par les responsables de travaux pratiques à communiquer les "consignes de sécurité", et parfois aussi, il faut le dire, à procéder sur le tas à cette réelle initiation à la sécurité évoquée ici.

Mais 10 h ou même 20 h sur 1200 h, est-ce sérieux ?

Or, les enjeux de la sécurité sont considérables, on le sait, au niveau de l'individu d'abord, mais aussi au niveau de l'établissement ou de l'entreprise, et enfin au niveau de toute la société.

Et comme il s'agit à la fois d'un état d'esprit, de connaissances, et de compétences à acquérir, l'initiation à la sécurité ne saurait être baclée, encore moins escamotée.

Création d'un multimédia original

La conscience de l'ensemble de ces faits et de nos faiblesses universitaires en ce domaine, conduisait, dès 1978, le responsable du laboratoire LIRDIC (Laboratoire

Interuniversitaire de Recherche en Didactique de la Chimie), auteur de ces lignes à solliciter un chimiste organicien, Bernard Martel, professeur à l'université de Paris Nord (où il enseignait, dans un département IUT "hygiène et sécurité").

En effet, B. Martel avait déjà développé et expérimenté dans son propre enseignement, une initiation, en fait assez avancée, à la sécurité dans les laboratoires, reposant notamment sur l'usage de méthodes actives d'enseignement plutôt que "le cours magistral" et aussi l'emploi auxiliaire d'outils audio-visuels (diapositives programmées par cassette magnétique).

Il n'était suggéré à B. Martel que de développer sa propre expérience, afin de mettre en forme un "outil d'enseignement" original qui puisse être diffusable dans toutes les universités et qui soit utile à une initiation (même par des non-spécialistes) de tous nos étudiants en chimie, à "la sécurité dans les laboratoires".

Sur le plan scientifique et conceptuel, B. Martel fut donc le seul maître d'œuvre de ce travail. Au sein du laboratoire LIRDIC, nous ne lui apportons que notre compétence en "ingénierie pédagogique" ou encore - c'était le cas de Joël Monteau, jeune chimiste, peintre et graphiste - un réel talent artistique. Enfin, de très nombreux spécialistes de sécurité de grandes entreprises acceptèrent, à la demande de B. Martel, de coopérer à ce travail et de l'évaluer.

* CH 13, Faculté des Sciences, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex. Fax : 49.45.36.00.

Ces services interuniversitaires regroupés sont : le Laboratoire Interuniversitaires de Recherche en Didactique de la Chimie (LIRDIC), le Centre Universitaire de Diffusion de Nouveaux Média d'Enseignement (CUDNME), le Service "Enseignement Supérieurs-Didactique de la Chimie (SESDiC).

** Gredic, Université de Paris-Nord, Place du 8-Mai-1945, 93206 Saint-Denis Cedex. Fax : (1) 49.40.62.00.

Le résultat en fut, dès 1979, une production ... d'avant-garde en quelque sorte : le multimédia "sécurité dans le laboratoire", ouvrage signé de Bernard Martel avec la collaboration technique de Joël Monteau. Ce multimédia était aussitôt disponible, à prix coûtant, auprès du CUDNME (Centre Universitaire de Diffusion de Nouveaux Médias d'Enseignement) que le secrétariat d'État aux universités venait de créer à titre expérimental à l'université de Poitiers.

La diffusion de ce multimédia

– En 1982, un court article de présentation de ce multimédia sur la base d'un "plaidoyer" pour un enseignement minimum (une initiation, en fait) de "Sécurité dans les laboratoires" était proposé à la division «enseignement» de la Société Chimique de France en vue de sa publication dans *L'Actualité Chimique*. Mais la démarche "Enseigner la Sécurité à l'Université" (et surtout avec un "multimédia"!) devait être, en 1982, une démarche d'enseignement bien trop innovante... Quoiqu'il en soit, cet article ne fut pas publié.

Cependant, le CUDNME fit connaître, ailleurs et autrement, ce plaidoyer et le

résultat fut la commande de ce multimédia par une cinquantaine de centres universitaires dont une trentaine en France et une vingtaine à l'étranger ; ainsi que son acquisition par de nombreuses grandes entreprises (Rhône-Poulenc, Thomson-CSF, Esso S.A.F, ATO Ch., CDF Ch., Michelin, Centre d'Et. Nucl. Saclay,...).

– En 1993, nous sommes parvenus à une diffusion de ce multimédia vers, environ, 250 "points d'enseignement supérieur".

Mais aussi, en 1993, le développement de la rubrique "sécurité" au sein de *L'Actualité Chimique* et la nouvelle politique de cette revue (dont les contenus relèvent maintenant d'une équipe rédactionnelle responsable, et indépendante des divisions), nous ont conduit à présenter ici ce nouveau plaidoyer, toujours actuel, en faveur d'une "initiation à la sécurité" dans les enseignements universitaires de chimie.

Et, pour sa part, ce multimédia créé au service de cette initiation, a selon nous, bien vieilli, comme le font les bons vins. Car, si les textes officiels, réglementant la sécurité, ont évolué depuis 1979, les stratégies fondamentales pour assurer la sécurité et en analyser les problèmes ont peu changé.

Quant à la stratégie pédagogique et aux supports de ce multimédia "d'avant garde" en 1979, ils sont aujourd'hui ... très actuels ; et, certainement loin d'être dépassés si l'on pense, par exemple, à tant de livres publiés, encore récents mais inévitablement classiques, pour l'enseignement de la chimie en 1^{er} cycle universitaire.

Mais il est vrai que la cible "lecteurs" de ces derniers ouvrages est infiniment plus vaste que celle d'un multimédia consacré spécifiquement à la sécurité dans les laboratoires...

Il est vrai aussi que les auteurs des multimédias diffusés par le Centre CUDNME ne perçoivent, eux, aucun "droit d'auteur", compte tenu du fait que ce centre est un organisme (national) purement universitaire, assurant (sans but lucratif) une mission de "diffusion de nouveaux médias d'enseignement" ... comme son nom l'indique.

Pour recevoir le multimédia "Sécurité dans les laboratoires" : CUDNME - Faculté des Sciences - 40, avenue du Recteur Pineau - 86022 Poitiers cedex ; joindre un bon de commande, ou un chèque de 400 F à l'ordre du CUDNME, Université de Poitiers.

Multimédia Sécurité dans les laboratoires

Niveau d'enseignement : 1^{er} ou 2^e cycle universitaire (et écoles d'ingénieurs)

Document de la série "Initiation élémentaire aux méthodes et techniques de la Chimie"

Eléments constituant le document de travail ; modes possibles d'utilisation

1. Module (Fiches et diapositives) ASA - Analyse Systématique d'Accidents.

Les deux exemples traitent deux cas prélevés sur le module suivant ECA.

Dans ces deux exemples est présentée la méthodologie d'analyse systématique, conduisant à l'arbre des causes et à la définition des mesures de prévention correspondantes.

Ces mesures apparaissent sous forme de numéros placés dans les rectangles d'où partent des flèches.

Ces numéros renvoient aux mesures de prévention numérotées figurant sur le module suivant ORSEC.

Le premier des exemples présentés est illustré par les diapositives ASA 1 à 16.

2. Module (Fiches et diapositives*) ECA - Etude de Cas d'Accidents.

*Diapositives ECA 17 à 80, pilotées par cassette magnétique synchronisée.

De nombreux cas (réels) d'accidents sont répertoriés.

Ils peuvent donner lieu à des exercices d'analyse selon la méthode ASA indiquée ci-dessus. A cet effet, sont indiquées avec chaque cas :

a) les diapositives correspondantes ECA illustrant le facteur ayant contribué à l'accident, b) les mesures de prévention correspondantes (indiquées par leur numéro sur le module suivant, ORSEC).

Une utilisation "autonome" des diapositives est parfaitement possible, indépendamment des fiches ECA. Elle permet une présentation systématique des facteurs de risque et quelques exercices actifs de réflexion avec auto-correction possible. De plus, la cassette magnétique jointe permet le cas échéant la diffusion d'un commentaire parallèlement à la projection de diapositives.

3. Module (fascicule) ORSEC - Organisation et Règles de Sécurité.

Ce fascicule regroupe un ensemble de :

1) consignes générales d'organisation de la sécurité au laboratoire,

2) règles de sécurité lors de la préparation et à la réalisation d'une manipulation.

Cet ensemble résulte d'une analyse (selon la méthode ASA) d'un grand nombre de cas d'accidents (tels les cas ECA), et constitue en un "catalogue de mesures de prévention" (d'accidents).

Chacune de ces mesures est dotée d'un numéro d'identification, auquel les autres modules (ASA et ECA) peuvent simplement renvoyer leurs utilisateurs.

A ce module ORSEC peut être associée (avant ou après) l'utilisation "autonome" de l'ensemble des diapositives ECA qui permet une présentation systématique des facteurs de risque, et plusieurs exercices de réflexion, avec auto-correction possible.

Enseignements supérieurs de chimie en langue française

Informations et documents didactiques

Le service "Enseignements Supérieurs-Didactique de la Chimie" (SESDiC)* édite une publication, créée depuis 1977, comportant des informations et des abrégés.

Documents provenant des auteurs

Science des matériaux

Tome 1 : **Connaissance générale des matériaux** (340 p.)

J.-L. Sculfort, IUT de Troyes.

(IUT, 2^e et 3^e cycle universités, concours enseignement).

Ce document constitue une synthèse de nombreux ouvrages traitant de la métallurgie et des matériaux. C'est un élément d'un traité de science des matériaux. Ce cours constitue le tome 1. Il se compose de trois chapitres :

- 1 : Constitution, structure, liaisons.
- 2 : Méthodes de caractérisation des propriétés mécaniques des matériaux. Essais.
- 3 : Études spécifiques des matériaux métalliques. Diagrammes d'équilibre. Traitements thermiques.

Enseigné au niveau IUT, ce cours peut également intéresser les étudiants de CAPES, CAPET, agrégation et tous les enseignants ayant à traiter les principes de métallurgie car ils trouveront rapidement au sein d'un seul volume un grand nombre de renseignements dans le domaine de la science des matériaux.

Acquisition : J.-L. Sculfort (73, av. de Saint-Cloud, 78000 Versailles), contre remboursement de 180 F.

Synthèse organique : la sélectivité (12 p.)

D. Sparfel, ESPCI Paris.

(DEUG, licence de chimie).

La chimie organique orientée vers la synthèse requiert un bon contrôle de la sélectivité. Ce document général aborde la sélectivité sous les trois aspects fondamentaux :

- la réactivité chimique (ou chimiosélectivité),
- l'orientation de la réaction (ou régiosélectivité),
- l'arrangement spatial (diastéréo- ou énantiométrique).

Acquisition : D. Sparfel (ESPCI, Laboratoire de recherches organiques, 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05), contre 1 timbre à 5 F.

Aspects dimensionnels de la constante d'équilibre en phase gazeuse. Usage des tables de thermodynamique (7 p.)

S. Antonik, Univ. Sc. et Techn. de Lille. (1^{er} et 2^e cycle enseignement supérieur).

Conformément aux indications de l'UICPA, la constante thermodynamique K° est définie par :

$$\Delta_r G^\circ = - RT \ln K^\circ$$

avec K° constante d'équilibre sans dimension,

dans le cas des gaz parfaits, égale à :

$$K^\circ = K^\circ(T) = \prod_i \left(\frac{P_i}{P^\circ} \right)^{\nu_i}$$

P_i étant la pression partielle à l'équilibre du gaz parfait, P° la pression de référence. Selon l'UICPA, l'usage de la constante

dimensionnée est possible.

$$K_p = \prod_i (P_i)^{\nu_i}$$

Dans l'hypothèse où les gaz sont considérés comme parfaits, K° et K_p sont rigoureusement liées par la relation :

$$K^\circ = \frac{K_p}{(P^\circ)^{\sum \nu_i}} = \frac{K_p}{(\text{unité de } K_p)}$$

si $P^\circ = 1 \text{ atm}$ (tables de thermodynamique)

avec $\sum \nu_i =$ variation du nombre de moles.

D'un point de vue pédagogique, il faudrait maintenir ces deux constantes, car elles présentent chacune leur propre intérêt. L'abandon de l'unité atmosphère au profit de l'unité bar ne nécessitait pas un changement d'état de référence.

Acquisition : SESDiC (Faculté des sciences, Laboratoire chimie 13, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex), contre 5 F en timbres.

Documents provenant de centres documentaires

Centre de ressources pédagogiques en chimie : économie, industrie, EXC-1

Données industrielles, économiques, géographiques sur des produits inorganiques et métaux

J.L. Vignes, ENS Cachan (publication conjointe du Centre de Ressources Pédagogiques et de l'Union des Physiciens).

La 4^e édition (1992) entièrement mise à jour (données 1990) est disponible.

Pour chaque produit, sont étudiés : les matières premières, la fabrication indus-

trielle, les productions, les principaux producteurs mondiaux, la situation française, les utilisations, en insistant sur les principales d'entre elles (par exemple les lampes pour les gaz rares, le PCV pour le chlore, le verre pour le carbonate de sodium, les ciments pour le carbonate de calcium, les aciers inoxydables pour le nickel, le fer blanc pour l'étain...). Des développements sont consacrés à l'effet de serre pour le dioxyde de carbone, à l'eutrophisation pour les phosphates, à la pollution pour l'eau, ... Diverses cartes et graphiques sont joints et, pour chaque produit, une bibliographie est donnée.

Pour réaliser cet ouvrage, les données disponibles les plus récentes ont été utilisées et, en général, avant publication, les divers chapitres ont été envoyés pour corrections aux producteurs, centres techniques, etc., concernés.

Cette 4^e édition (256 pages en 2 tomes) comporte, en plus d'un index, les nouveaux chapitres suivants : azote, gaz rares (lampes), savon, énergie, pollution de l'eau, or, chimie mondiale, européenne et française. Divers chapitres ont été complétés (eau de Javel, carbone, silice-silicium, manganèse, cadmium...).

Acquisition : J.-L. Vignes (Centre de Ressources Pédagogiques en Chimie : Économie-Industrie - EXC-1, ENS de Cachan, 61, av. du Président Wilson, 94235 Cachan Cedex), contre 150 F (pour la France) ou 160 F (pour l'étranger) en chèque à l'ordre de J.-L. Vignes.

Si vous possédez les éditions précédentes, vous pouvez récupérer les couvertures et ainsi commander des exemplaires sans couverture aux tarifs suivants : 115 F (pour la France), 125 F (pour l'étranger).

Diffusion sous forme de disquette :

A compter de cette année, cet ouvrage est diffusé sous forme de disquettes 3.5" lisible sous :

- Word 4 - Macintosh. Cette version est identique à la version papier, sans les cartes
- Les formats suivants, convertis par Word 5 à partir de fichiers Word 4 sont également disponibles, avec des problèmes de lisibilité liés à la conversion :
- Mac Write 2 : pour Macintosh,
- Word MS Dos et Word pour Window 2 : pour PC

Les 2 disquettes (précisez Mac ou PC et le logiciel de traitement de texte) sont vendues au prix de 100 F port compris.

Centre Documentaire ECF "Enseignement Chimie-Formulation"

Les cahiers "Formulation et formation"

Publication collective coordonnée par G. Tersac, École Centrale Châtenay-Malabry (publication conjointe du Service SESDiC "Enseignements Supérieurs-Didactique de la Chimie" et de la Société Française de Chimie) : volumes 2 et 3.

Créer des documents didactiques ayant pour thème la formulation répond à un besoin. En effet, de tels documents peuvent servir aussi bien dans le cas de formations pour lesquelles la formulation est une évidence (exemple : pharmacie galénique, cosmétiques, adhésifs,...) que pour celles où le concept de formulation est a priori hors sujet (formations classiques en chimie). En effet, dans le premier cas, il est en fait intéressant de confronter les spécialistes de disciplines a priori très différentes ainsi que l'atteste le succès des colloques Formula. Dans le second cas, les enseignants peuvent puiser dans ce type de documents des notions de formulation.

La création collective de documents didactiques est l'un des soucis aussi bien du Centre Documentaire Enseignement chimie-Formulation issu de "ReCoDiC" que du groupe de travail "Formulation et formation" créé par la Société Française de Chimie. A cette fin, différents membres de ces groupes ont présenté, au cours de séminaires, des réalisations pratiques didactiques.

Les textes présentés au séminaire organisé à l'ENS de Cachan, en mai 1989, ont été publiés dans le volume 1 des cahiers "Formulation et formation".

Les textes présentés au séminaire organisé à l'ENSIA à Massy, en avril 1991 sont publiés dans les volumes 2 et 3 de ces cahiers.

Ont participé activement à la rédaction de cet ouvrage, des chimistes des établissements suivants : ENSC Lille, IGC Toulouse, ITECh Lyon, Société Coatex, Université de Besançon.

Sommaire du volume 2 :

- Préparation, évaluation sensorielle et optimisation d'un rouge à lèvres.
- Les agents tensio-actifs dans les procédés chimiques (opérations de séparation).
- Recherche d'un système solvant d'un adhésif polychloroprène pour coller du polystyrène expansé.

- Planification d'expériences appliquées à la formulation d'une colle époxyde pour métal.

- La rhéologie : un outil indispensable pour la formulation actuelle.

Sommaire du volume 3 :

- Documents didactiques :

- . la rhéologie appliquée à la formulation,
- . formulation de polyesterdiols, obtenus à partir de déchets de PET, en vue de la fabrication de panneaux d'isolation thermique,
- . suspensions de produits minéraux en milieu aqueux et recherche d'optimisation de formulations,
- . la mesure de la tension interfaciale.

- Colloque "Formulation et enseignement" du Forum Formula II :

- . conférence plénière : enseignement de la formulation ; du pragmatisme à la compréhension des phénomènes,
- . compte rendu du colloque.

- Documents publiés à la suite des forums Formula I et Formula II :

- . Documents publiés dans *L'Actualité Chimique*.
- . Documents publiés dans *Informations Chimie*.

Acquisition : G. Tersac (Centre Documentaire Enseignement Chimie-Formulation, École Centrale des Arts et Manufactures, Grande Voie des Vignes, 92295 Châtenay Malabry), contre 60 F en chèque par volume, à l'ordre de la SFC, pour les membres du SESDiC ou RECLaF. Pour les autres : 100 F par volume à l'ordre de la SFC.

Catalogues

1 - Le catalogue de l'ensemble des publications du service SESDiC

SESDiC (Faculté des Sciences, Laboratoire chimie 13) 40, av. du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex, contre 5 F en timbres.

2 - Le catalogue de l'ensemble des multimédias et documents du centre CUDNME

CUDNME, (Faculté des sciences, Laboratoire chimie 13, 40, av. du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex), contre 5 F en timbres.

25^e Olympiade Internationale de Chimie

11 au 22 juillet 1993, Pérouse (Italie)

La délégation française en Olympiades Internationales de Chimie (OIC) revient de Pérouse (Ombrie) avec une médaille d'argent et deux médailles de bronze tout à fait honorables. Les responsables de la délégation préparent déjà la prochaine Olympiade d'Oslo, en juillet 1994, et mobilisent pour cela un nombre croissant d'enseignants et d'élèves.

A l'invitation de la Società Chimica Italiana et du Ministero della Pubblica Istruzione, 152 des meilleurs jeunes chimistes du monde entier se sont retrouvés du 11 au 22 juillet 1993 à Pérouse, en Ombrie, pour participer à la 25^e Olympiade Internationale de Chimie.

Composition de la délégation

La délégation française était composée de quatre élèves de mathématiques supérieures, ayant bénéficié d'une formation supplémentaire intensive. Une succession d'épreuves théoriques et pratiques a permis de sélectionner ces heureux élus :

Jean-Guy Boiteau, 19 ans, élève de mathématiques supérieures TB au lycée Déodat de Séverac (Toulouse),
Frédéric Caupin, 16 ans, élève de mathématiques supérieures au lycée Louis-le-Grand (Paris),
Daniel Pascal, 18 ans, élève de mathématiques supérieures au lycée Montaigne (Bordeaux),
et Emmanuel Vaniche, 18 ans, élève de mathématiques supérieures au lycée Louis-le-Grand (Paris).

Les quatre candidats étaient encadrés par :
– Florence Charbonnier, maître de conférence à l'École Normale Supérieure de la rue d'Ulm, responsable pédagogique,
– Jean-Pierre Mahy, chargé de recherche à l'URA 400 du CNRS, chef de la délégation, et Alain Vaniche, ingénieur-élève du corps des Mines, responsable national des OIC.

Déroulement de la compétition

Cette année, 38 pays participaient à la compétition : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, la Bulgarie, le Canada, la République Populaire de Chine, la Communauté des États Indépendants (en fait toute l'ex-URSS sauf les pays baltes), Chypre, Cuba, le Danemark, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Iran, l'Italie, le Koweït (de retour après deux ans d'absence), la Corée (du Sud uniquement), la Lettonie, la Lituanie, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, la Roumanie, le Royaume-Uni, la République Tchèque et la Slovaquie (séparées pour la première fois), Singapour, la Slovénie (seule délégation de l'ex-Yougoslavie, depuis deux ans déjà), la Suède, la Suisse, Taïwan (qui n'a pu utiliser ni son drapeau officiel, ni son hymne national, selon les exigences de la République Populaire de Chine), la Thaïlande et le Venezuela. L'Argentine, l'Estonie et la Turquie ont envoyé des observateurs en vue d'une participation prochaine, et deux observatrices russe et ukrainienne préparaient une possible scission de la délégation de la CEI.

Les élèves ont tous composé lors d'une épreuve de 4 h de travaux pratiques (notée sur 40), dans leur langue maternelle. Le surlendemain, ils se sont penchés pendant 4 h sur des exercices théoriques de chimie organique et chimie générale (chimie analytique, thermochimie et cinétique), notés sur 60.

L'épreuve pratique comportait un dosage acido-basique et une synthèse organique notée uniquement sur la pureté du produit obtenu. Le protocole indiqué et le matériel disponible rendaient la manipulation difficile, et seul un quart des candidats ont obtenu le produit attendu. Aucun de nos candidats n'y est parvenu, nous obligeant à renoncer à tout espoir de médaille d'or. Deux d'entre eux sont cependant les seuls responsables de leur mésaventure : l'un d'eux a utilisé 4 mL d'un oxydant puissant lorsque l'énoncé précisait 0,4 mL, l'autre a utilisé tout le flacon d'oxydant, en le rinçant pour être sûr de ne pas en perdre une goutte !

Nos élèves se sont rattrapés sur l'épreuve théorique, avec de très bons résultats parfois. Notre programme intensif de chimie organique semble porter ses fruits, puisque pour la 2^e année consécutive la chimie or-



La délégation française en Olympiades Internationales de Chimie : (de gauche à droite) Daniel Pascal, Florence Charbonnier, Emmanuel Vaniche (médaille de bronze), Jean-Pierre Mahy, Jean-Guy Boiteau (médaille de bronze), Frédéric Caupin (médaille argent) et Alain Vaniche.

ganique, tant redoutée par les autres pays, et presque complètement nouvelle pour nos élèves, a constitué l'un de leurs points forts. La thermochimie a été sans surprise (réactions concurrentes de combustion du méthane) ; la chimie "théorique" (cinétique d'une désintégration) était triviale mais aucun de nos élèves n'a obtenu le maximum. Le jury italien a enfin imposé (pour des raisons politiques) un exercice de chromatographie CLHP basé sur la mémorisation de formules théoriques, au mépris des usages olympiques et des critiques unanimes du jury international.

Résultats

L'ensemble des copies a fait l'objet, pendant la semaine suivante, d'une double correction, par le comité scientifique italien et par les délégués de chaque pays. Les élèves ont profité de cette semaine pour visiter Assise (où ils étaient logés), Pérouse, Rome, le Vatican et Florence, et participer à de nombreuses activités culturelles et sportives. Jean-Guy Boiteau et Daniel Pascal ont ainsi remporté la 2^e et la 3^e place de la compétition de natation...

En chimie, les résultats de notre délégation sont aussi, malgré tout, plutôt satisfaisants : Frédéric Caupin a obtenu une médaille d'argent (parmi les toutes premières), Jean-Guy Boiteau et Emmanuel Vaniche une médaille de bronze (les médailles d'or sont attribuées aux meilleurs 10 %, les médailles d'argent au 20 % suivants, et le bronze aux 30 % suivants). Les grands gagnants de cette Olympiade furent les Chinois, les pays d'Europe de l'Est et d'Extrême-Orient en général, et l'Allemagne.

On peut rappeler cependant que l'an dernier, aux États-Unis, la France avait obtenu deux médailles d'or, et n'avait été devancée que par la République Populaire de Chine. De tels résultats ne sont possibles que lorsque la pression des mathématiques ne nous prive pas des élèves les plus intéressés par la chimie, et tout particulièrement des élèves lauréats (en terminale) des Olympiades Nationales de Chimie. La préparation de la prochaine délégation est déjà lancée, avec l'espoir que l'information diffusée par les enseignants, la presse et le comité des Olympiades nationales nous permettra de rapporter de l'or norvégien l'été prochain.

Les prochaines Olympiades Internationales

La prochaine Olympiade aura lieu du 3 au 11 juillet 1994, à Oslo (Norvège). Dès janvier 1994, tous les volontaires pourront suivre les cours qui seront organisés à Bordeaux, Clermont-Ferrand, Dijon, Grenoble, Lille, Lyon, Montpellier, Nancy, Paris, Poitiers, Reims, Rennes et Toulouse. Les épreuves seront réservées aux élèves des lycées, niveau bac + 1, de nationalité française, et nés après le 5 juillet 1974.

Les inquiétudes quant à l'avenir des OIC avaient mené l'an dernier à la création d'un comité exécutif, comptant un représentant français parmi ses membres (Alain Vaniche). Ces inquiétudes sont maintenant dissipées, et des organisateurs ont été trouvés pour les Olympiades Internationales jusqu'à la fin de la décennie : la Norvège donc en 1994, la République Populaire de Chine en 1995, la Russie en 1996, le Canada en 1997, l'Australie en 1998, Taiwan semble-t-il en 1999, et beaucoup d'organisateur potentiels pour l'an 2000.

Le français se porte plutôt bien en Olympiades : notre collaboration avec les Belges, les Suisses voire les Canadiens francophones pour l'élaboration d'un sujet commun devrait bien, un jour ou l'autre, aboutir à une Olympiade francophone en marge des OIC. Nombreux sont aussi les délégués qui préfèrent parler français plutôt qu'anglais. Il n'est donc pas rare d'entendre les Roumains, les Mexicains, les Vénézuéliens, les Lituanais, les Chypriotes et les Norvégiens communiquer en français.

Par ailleurs, on assiste depuis quelques années à une mainmise des pays anglophones sur l'ensemble des réunions du jury et autres comités. Ce "lobby" à la solidarité exemplaire a su tirer profit de l'abandon *de facto* du russe, du français, et de l'allemand comme langues de travail des OIC, pour imposer ses avis qui ne se contentent plus d'être linguistiques. De nombreux pays plus discrets, les pays asiatiques et certains pays d'Europe de l'Est, s'en trouvent marginalisés.

Les excellents résultats de nos élèves l'an dernier (restés dans la mémoire de tous les délégués), les bons souvenirs de l'organi-

sation en France de l'Olympiade Internationale de 1990, notre participation au comité exécutif, et les relations amicales que nous entretenons avec l'ensemble des délégations font que notre équipe jouit d'une excellente réputation, et que nos avis sont toujours accueillis avec beaucoup d'intérêt.

Remerciements

La participation française aux Olympiades Internationales de Chimie est prise en charge par la DAGIC du ministère de l'Éducation nationale.

La délégation française a aussi bénéficié du soutien de :

- l'Union des Industries Chimiques,
 - l'École Nationale de Chimie, Physique, Biologie (rue Pirandello, Paris),
 - l'École Normale Supérieure (rue d'Ulm, Paris),
 - l'École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles (Paris),
 - le lycée Louis-le-Grand (Paris),
 - la Société Nationale Elf Aquitaine,
 - le secteur Spécialités chimiques du groupe Rhône-Poulenc,
 - le Centre de recherche Pernod-Ricard (Créteil),
 - la compagnie Air France,
- et tient à remercier l'équipe d'enseignants et tous ceux et celles qui ont contribué à ses succès.

Les sujets de présélection, de sélection, les sujets italiens et tous les renseignements concernant les Olympiades Internationales peuvent être obtenus auprès de Alain Vaniche, responsable national des OIC, 141, boulevard de Charonne, 75011 Paris. Tél. : (1) 43.70.09.09.

Compte rendu réalisé par
Florence Charbonnier,
Jean-Pierre Mahy et Alain Vaniche,
délégués français en OIC.



Recherche du premier emploi

Enquête des grandes écoles sur les années 90-91-92

Cette enquête sur la recherche du premier emploi a été réalisée par le Conférence des Grandes Écoles* pour avoir une vision sérieuse du marché de l'emploi pour les élèves des grandes écoles, afin de mieux informer les étudiants eux-mêmes, les professeurs et les directions des grandes écoles, et l'ensemble des candidats aux écoles et leurs familles, des acteurs économiques et de l'opinion.

Les seules informations disponibles à ce jour à l'APEC (Association pour l'Emploi des Cadres) concernaient le recrutement de l'ensemble des cadres qui a reculé de 19 % de 1991 à 1992 et celui des jeunes diplômés de toutes origines qui a reculé de 25 % pendant la même période.

Les entreprises, devant l'afflux des candidatures spontanées qu'elles recevaient, ont considérablement diminué leurs recours aux petites annonces. Ainsi, les offres d'emploi de cadres parues dans la presse ont chuté de 30 % en un an et en deux ans de 56 %, et celles relatives aux jeunes diplômés de 50 % en un an et de 75 % en deux ans. Les entreprises ont également mieux ciblé leurs interventions dans les écoles dont les forums ont continué leurs efforts pour se regrouper.

L'enquête a été effectuée en mars 1993 auprès des élèves sortis des grandes écoles en 1990, 1991 et 1992.

Situations

La situation actuelle des jeunes diplômés (*tableau I*) montre une certaine stabilité, compte tenu des périodes de recherche d'emploi. L'augmentation du nombre des élèves poursuivant des études n'est

qu'apparente, du fait de la différence de la durée des études, notamment du doctorat.

La répartition des études suivies par promotion est en effet liée à leur durée, comme le montre le *tableau II*.

Par rapport à la population totale, on constate que les pourcentages d'élèves préparant une thèse restent stables, entre 7 et 8 % et que près de 6 % des élèves d'une promotion font un master dans les trois années qui suivent leur sortie d'école.

A la question qui leur est posée de savoir quelle est la raison de poursuite de leurs études, 10 % seulement de ceux qui y répondent l'expliquent par la crainte de ne pas trouver l'emploi qu'ils cherchent, la situation étant stable à cet égard.

Durée de recherche

Parmi les diplômés en recherche d'emploi, le temps depuis lequel ils sont en recherche est mentionné dans le *tableau III*.

Si l'on rapproche ces résultats des diplômés en activité et que l'on exclut les diplômés qui sont au service national ou qui font des études complémentaires, les pourcentages sont inscrits dans le *tableau IV*.

Les cas difficiles de recherche infructueuse au bout de six mois, rapportés à l'effectif total de la promotion, concernent fina-

lement les pourcentages suivants : 2 % (en 1990), 2,3 % (en 1991) et 3,6 % (en 1992).

La photographie des trois dernières promotions sortantes semble montrer que l'on continue à s'acheminer au bout d'un an vers un ordre de grandeur du nombre de cas difficiles aux environs de 2 % à 3 %, situation proche des éléments d'information disponibles par le passé. Ces cas concernent des diplômés qui font une recherche très ciblée ou qui ont gardé des exigences de salaire ou de responsabilité de début de carrière trop fortes, ou qui se donnent les moyens d'attendre en refusant des offres disponibles qui ne leur conviennent pas, et aussi quelques cas réels d'échec.

Par ailleurs, les élèves de la promotion 1990 en activité ont déjà commencé leur mobilité, puisque 17 % d'entre eux en sont à leur deuxième emploi.

En considérant toujours les diplômés en activité, la durée de recherche d'emploi est donnée dans le *tableau V*.

Si l'on pondère les durées de recherche des populations ayant trouvé un emploi et de celles qui sont encore en recherche, on obtient les photographies suivantes pour ceux des diplômés qui n'ont pas trouvé au bout de 4 mois, ou au bout de 6 mois, valeurs rapportées à l'ensemble de la population.

Tableau I – Répartition en % de la population des jeunes diplômés.

Promotion	1990	1991	1992
En activité	79	60	60
Service national	3	18	34
Etudes complémentaire	10	12	21
En recherche d'emploi	8	10	15

* Conférence des Grandes Écoles, 60, bd Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06. Tél. : (1) 43.26.25.57 et (1) 46.34.08.42. Fax : (1) 46.34.56.70.

On voit clairement apparaître le choc de 1991 et une certaine stabilité si ce n'est, même, un certain retour en 1992, l'analyse de cas difficiles résolus et non résolus (recherche de plus de 6 mois) rapportés à l'ensemble de la population des promotions se stabilisent entre 5 et 6 %.

Modalités de recherche

Un indicateur intéressant est le nombre de CV envoyé par chaque candidat pour trouver un emploi.

Pour les diplômés en activité, on constate un net élargissement du champ de recherche en 1991, puis le retour à une situation intermédiaire en 1992, les diplômés ayant sans doute pris conscience de la nécessité de mieux cibler leurs démarches en fonction des contacts préalables, et du risque important de perte de CV envoyés sans accompagnement.

On constate quand même que 34 % des diplômés de 1992, qui ont trouvé un emploi, ont pris moins de 10 contacts.

Un autre élément intéressant est l'évolution du nombre de diplômés qui ont accepté un contrat à durée déterminée, parmi ceux qui sont en activité : 7 % en 1990, 14 % en 1991 et 20 % en 1992.

Toutefois, cette analyse doit être pondérée par le fait qu'il se peut que parmi les 16 % de diplômés de la promotion 1990 qui en sont déjà à leur deuxième emploi, un certain nombre aient accepté un contrat à durée déterminée pour leur premier emploi.

En conclusion, cette première enquête conduit à atténuer très clairement les rumeurs alarmistes concernant les difficultés de recherche d'un premier emploi à la sortie des grandes écoles. La situation est plus difficile et peut rester incertaine à l'avenir. Toutefois, il apparaît que la situation des jeunes diplômés des grandes écoles est sans commune mesure avec celles des jeunes diplômés en général, malgré l'accroissement récent de la taille de leurs promotions, leurs élèves paraissant savoir s'adapter à la conjoncture difficile actuelle. Ils sont prêts à relever les défis actuels et les entreprises apparaissent disposées à placer en eux une confiance raisonnable.

Tableau II – Répartition des types d'études complémentaires.

Promotion	1990	1991	1992
Mastères	7	16	17
DEA, DESS	4	21	35
Doctorat	78	7	20
Autres études	11	16	28

Tableau III – Répartition de la sous-population en recherche d'emploi.

Promotion (en recherche d'emploi)	1990	1991	1992
. Moins de 2 mois	28	24	35
. 2 à 4 mois	25	27	14
. 4 à 6 mois	21	25	23
. Plus de 6 mois	26	24	28

Tableau IV – Répartition des sous-populations en activité ou en recherche d'emploi.

Promotion (en activité) et en recherche d'emploi	1990	1991	1992
. En activité	92	80	66
. En recherche d'emploi depuis moins de 6 mois	6	15	24
. En recherche d'emploi depuis plus de 6 mois	2	5	10

Tableau V – Répartition de la sous-population en activité selon un critère de durée de recherche d'emploi.

Promotion (en activité)	1990	1991	1992
moins de 2 mois	56	49	53
2 à 4 mois	31	29	24
4 à 6 mois	9	14	17
Plus de 6 mois	4	8	6

Tableau VI – Proportion des élèves n'ayant pas trouvé d'emploi à l'issue d'un certain délai.

Promotion	1990	1991	1992
N'ont pas trouvé en 4 mois*	15	22,5	17
N'ont pas trouvé en 6 mois*	5	7,1	5,5

EN BREF

L'INSTITUT EUROPÉEN DE GÉNIE DES PROCÉDÉS

La Commission du titre d'ingénieur a habilité, lors de sa réunion du 6 juillet 1993, le projet d'Institut Européen de Génie des Procédés au sein de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

Des ingénieurs diplômés des meilleures grandes écoles, universités et instituts de technologie de la Communauté européenne acquerront en une année (niveau bac + 6) une formation avancée dans les sciences et techniques de l'ingénieur de procédés, avec une spécialisation dans un domaine de pointe (matériaux, biotechnologie, réacteurs et séparateurs, automatique) complétée par des éléments de culture économique européenne, de gestion internationale de l'entreprise...

L'Institut, installé sur le pôle de La Craffe de Nancy, qui abrite l'ENSIC et ses laboratoires, s'appuiera sur les structures et compétences du pôle nancéien de génie des procédés et sur les universités de Lorraine, qui bénéficient, depuis mai 1993, du label de pôle universitaire européen (le troisième créé en France après Strasbourg en 1991 et Grenoble en 1992).

Une cinquantaine d'étudiants devraient être accueillis dans la phase de démarrage de l'IEGP, dont les responsables souhaitent qu'il soit également accessible à des ingénieurs de l'industrie pour y recevoir une formation de pointe en génie des procédés.

Renseignements : A. Storck, ENSIC, BP 451, 54001 Nancy Cedex. Tél. : 83.17.50.01. Fax : 83.3508.11.

DES INGÉNIEURS À TOULOUSE PAR LA FORMATION CONTINUE

L'Institut National Polytechnique "Formation Continue" de Toulouse propose à des titulaires de diplômes de niveau bac + 2 (DUT, BTS, DEUG...) suivi de 3 années de réelle expérience professionnelle en qualité de technicien dans un domaine proche de la filière choisie de devenir ingénieurs par la voie de la formation continue. Un cycle préparatoire de 16 à 18 mois par correspondance + 2 ans d'études à temps plein. Spécialités : agrono-

mie, chimie, génie chimique, électronique, électrotechnique, hydraulique, informatique et mathématiques appliquées. Date limite d'inscription : 1^{er} février 1994.

Renseignements : INP Formation continue, 6, allée Émile Monso, BP 4038, 31029 Toulouse Cedex. Tél. : 62.24.21.00. Fax : 62.24.21.01.

LE PRIX BP CHEMICALS POUR INGÉNIEURS HEI

Lors de la remise des diplômes HEI, début juillet, l'usine BP Chemicals de Wingles a décerné le prix BP Chemicals 1993 à Hervé Blicke, jeune ingénieur HEI.

Ce prix a été créé pour symboliser le partenariat entre cette entreprise et l'école. Il récompense les ingénieurs qui non seulement disposent d'un solide bagage technique, fait de précision et de rigueur, mais qui font aussi preuve de capacités de communication, de dialogue et d'écoute.

Un représentant de chacune des orientations d'HEI avait été présélectionné en fonction de ses résultats scolaires et de ses aptitudes humaines, puis reçu, dans des conditions d'entretien de recrutement, par trois responsables de BP Chemicals.

Le prix BP Chemicals est accompagné d'un chèque de 5.000 francs.

LE PROJET PÉDAGOGIQUE À LA DÉCOUVERTE DE LA CHIMIE

L'équipe pédagogique de l'école élémentaire La Renney, installée à Blanquefort depuis 1988, a été à l'origine d'un premier projet : éducation à la sécurité en et par l'éducation physique et sportive. Aujourd'hui, l'école va plus loin encore et a souhaité étendre son éducation de la vigilance constante à l'univers industriel. D'où le projet pédagogique, agréé par l'Éducation nationale, sur le thème à la découverte de la chimie.

Ce projet original et ambitieux, qui s'est déroulé l'année scolaire passée, a pu voir le jour grâce à la coopération de Labso Chimie Fine. La première étape a consisté à évaluer le niveau des connaissances et de perception des enfants sur la chimie, puis une action a été mise en place : deux

journées portes ouvertes des classes de CP aux classes CM2, suivies d'un compte rendu sous forme de dessins pour les plus petits et d'écrits pour les plus grands.

Le deuxième objectif du projet était d'exposer et de faire comprendre les problèmes de communication liés à l'entreprise, ainsi que ses différentes techniques. Après la visite du Futuroscope de Poitiers pour la découverte de l'image et ses moyens de diffusion, il a été proposé aux enfants d'organiser leur propre campagne de communication et d'établir un "état des lieux" sur la perception de la chimie par leur entourage pour mieux fixer les axes de leur communication. Une enquête auprès de 250 personnes a permis d'établir la stratégie.

La création d'un journal et un programme de relations publiques avaient pour but de faire découvrir, à leurs parents, l'univers de la chimie par l'organisation d'une nouvelle journée portes ouvertes chez Labso Chimie Fine.

NOMINATIONS

– Jean-Pierre Bardet, professeur des universités, nommé directeur général des Enseignements supérieurs.

– François Hinard, professeur des universités, nommé directeur de l'information scientifique et technique des bibliothèques.

– Hervé Béchade, professeur des universités, nommé recteur de l'académie de Limoges.

– Guy Aubert, professeur à Grenoble I, nommé directeur de l'École Normale Supérieure de Lyon.

– Pierre David, nommé président du Conseil d'administration de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette.



La sécurité dans un laboratoire de chimie organique allemand

L'exemple de l'université de Hanovre

Antony Mauvais * *docteur en chimie organique de l'université Louis Pasteur de Strasbourg*

L'Allemagne est souvent considérée comme pionnière en matière de sécurité, de traitement des déchets et de protection de l'environnement ; il est donc intéressant d'observer les pratiques de notre voisin.

Pour ce qui est de la sécurité dans les laboratoires universitaires, l'exemple de Hanovre et de l'accident qui s'y est produit voici un an devraient fournir bon nombre d'informations précieuses aux chimistes. Côté enseignement également, un gros effort est réalisé dès le début du cursus universitaire, et dans plusieurs universités, certaines initiatives prolongent celle décrite par Hans Fischer à l'université de Zürich, où les déchets chimiques à détruire ont été réduits à 10 kg/an.

En novembre 1992, la réserve de produits chimiques de l'Institut de chimie organique de Hanovre explosait violemment, puis prenait feu, provoquant la mort d'un technicien et d'importants dégâts matériels [1, 2]. Fait remarquable, cette réserve était en parfaite conformité avec les normes en vigueur : une commission de sécurité avait visité la réserve peu de temps auparavant et n'avait manifesté aucune critique envers sa réalisation.

Que ce soit au niveau de l'installation électrique, située à l'extérieur, du point de vue du conditionnement des solvants, relié à la terre, ou encore des sorbonnes, tout risque d'accident semblait écarté. Le feu qui a suivi l'explosion fut alimenté par les solvants : la plupart de ceux qui sont

utilisés par les chimistes organiciens y étaient représentés, comme l'éther, l'éther de pétrole, le méthanol et l'acétate d'éthyle. Une hotte contenant les acides minéraux et quelques produits toxiques, le cyanure de potassium par exemple, a aussi été détruite. Mais la plus grande partie des produits chimiques a été préservée, car ceux-ci étaient entreposés dans des armoires de sécurité, dont la fermeture automatique a été déclenchée immédiatement par l'explosion.

Les résultats des analyses, réalisées par la suite pour rechercher les dioxines notamment, se sont révélés inférieurs aux seuils fixés en Allemagne. Ce sont les armoires de sécurité qui ont évité le pire : la combustion de composés plus lourds que les solvants aurait augmenté de beaucoup la dose de ces dioxines, auquel cas l'accès des chercheurs et des étudiants à l'Institut aurait été interdit pendant une durée assez longue. Ainsi, pour les dioxines, la dose mesurée fut inférieure à celle occasionnée par un incendie domestique ! La pollution principale fut causée par la suie provenant de la combustion des solvants, propagée par le système d'aération.

Par chance, l'évacuation du bâtiment s'est déroulée en bon ordre et fut facilitée par l'absence des étudiants, en raison d'une coupure d'eau froide. Pratiquement tous les chercheurs pensèrent à couper l'eau et l'électricité, après avoir arrêté les pompes à palettes. Une fumée âcre et épaisse envahit les couloirs en quelques minutes.

Il faut souligner la compétence remarquable des pompiers. Leur intervention fut extrêmement rapide. Aux lances à eau utilisées, au début pour pouvoir approcher du foyer, succède l'usage de la neige carbonique, afin de ne pas aggraver la situation. Simultanément, un périmètre de sécurité fut installé par la police autour de l'Institut. Le voisinage dut fermer les fenêtres (les mesures effectuées sur la fumée âcre produite par le feu n'indiquèrent pas de toxicité particulière) et un bloc opératoire fut installé.

D'autres explosions ponctuèrent le travail des pompiers et, bien après qu'ils eurent maîtrisé l'incendie, le feu reprenait encore par endroits. Après une heure cependant, ils pouvaient évacuer l'eau et la neige carbonique (jusqu'à mi-cuisse), afin de ne pas aggraver les dégâts causés par leur intervention. Ainsi, seules quelques larges traînées marquent encore les murs au premier étage, au-dessous de la réserve sinistrée. Toute la nuit fut alors nécessaire pour détruire les produits chimiques contenus dans les armoires, apparemment intacts, mais ayant été exposés à une chaleur intense. C'est donc le lendemain matin seulement que tout risque était écarté : la qualité de l'intervention et de l'expertise menées par les pompiers témoignent d'une bonne connaissance des substances chimiques.

L'origine de l'explosion restera malheureusement inconnue. Les enquêtes exhaustives menées par des experts des



L'Institut de Chimie Organique de Hanovre.

pompiers, de la Kriminal Polizei et des assurances n'ont pas permis d'avancer la moindre explication. Comme l'indique un témoignage, il s'agit vraisemblablement d'une explosion du volume de la pièce : la pièce se serait emplie de feu, puis les quatre fenêtres se seraient volatilisées aussitôt, projetant du verre jusqu'à trente mètres et activant l'incendie. L'extrême violence de l'explosion, que certains chercheurs ont pris pour une mine sur le chantier voisin, favorise aussi cette hypothèse, mais sans en expliquer la cause. Aux dires des experts, l'explosion aurait été causée par un solvant ou moins probablement par un gaz : il n'y en avait pas dans la réserve. L'inventaire de la pièce, fourni par l'Institut, n'a pas pu éclairer davantage les experts et la formation d'une étincelle reste inexplicée.

Les chercheurs purent se remettre au travail deux semaines après l'accident, dans une atmosphère encore nauséabonde, mais sans qu'aucun document scientifique n'eût été détruit. Chaque jour, puis chaque semaine, une réunion des professeurs et des chercheurs permettait de faire le point et de trouver des solutions pour une bonne remise en route. Après les différentes enquêtes, menées par la Kriminal Polizei, l'administration et l'université, la pièce fut condamnée, pour être nettoyée par une entreprise spécialisée : elle est pour le moment toujours condamnée. Il fallait par ailleurs trouver une solution pour redémarrer les travaux pratiques et l'enseignement, ce qui revenait à inventorier les produits chimiques encore dispo-

nibles et à rechercher des essais réalisables par les étudiants.

Pour la recherche, le problème le plus épineux était la création d'une nouvelle réserve, non pas en raison du manque de produits chimiques, car une deuxième petite réserve était située au sous-sol, ni à cause de la place requise, mais parce qu'elle devait se faire dans des conditions de sécurité suffisantes. La solidarité des autres instituts et la générosité de certaines industries a aussi permis de créer la nouvelle réserve plus rapidement. Le traumatisme récent causé par le drame enjoignait à une extrême vigilance vis-à-vis de sa conception, notamment pour ce qui est des quantités ou pour l'examen régulier de l'inventaire, afin de supprimer les produits inutilisés ou trop vieux.

La distribution des produits fut divisée par catégories : c'était une nouveauté, afin d'éviter toute fausse manœuvre. Les solvants, les acides et les autres produits constituent désormais trois lots différents, qui sont entreposés et distribués séparément. Les solvants, séparés en quatre groupes pour éviter la confusion (éther et éther de pétrole, le lundi, etc.), sont distribués une demi-heure par jour. Les acides peuvent être délivrés deux fois dans la semaine, pendant un quart d'heure, et les autres produits trois fois une demi-heure par jour. Les chercheurs disposent d'un planning et d'un inventaire des produits qui leur permettent de s'organiser aisément et le système se révèle très peu contraignant.

Autre point important, et c'était déjà le cas avant l'explosion, l'étiquetage de tous les récipients est systématique. Tout flacon ou bouteille doit être muni d'une étiquette lisible lors de la distribution (elle indique nomenclature, nom trivial, dangers d'utilisation, toxicité et inflammabilité), sans quoi le produit demandé n'est pas délivré : un programme informatique permet de les imprimer à la demande aisément. Dans le même ordre d'idées, les solvants ne sont pas conditionnés dans des récipients d'une contenance supérieure à 2,5 l, exception faite de l'éther et de l'éther de pétrole, qui doivent impérativement être distribués et stockés dans des récipients de sécurité en acier inoxydable pour liquides inflammables et explosifs d'une contenance de 5 l, munis d'un filtre de Davy, d'un joint thermofusible en alliage fondant à 60 °C et d'un clapet de surpression. Ce mode de conditionnement devrait s'étendre progressivement aux autres solvants inflammables.

De nouvelles armoires de sécurité ont été achetées pour remplacer les anciennes et équiper certains laboratoires : chacun de ceux-ci devrait en être doté prochainement. Les solvants et les produits inflammables y sont stockés, voire même certains réactifs : les quantités entreposées sur les étagères de paillasses sont ainsi considérablement réduites.

Au-delà des chimistes, c'est le public qui est touché par un tel accident. L'Institut de chimie organique de Hanovre est contigu à un quartier résidentiel, et les voisins se sont unis pour en savoir plus, à la fois sur la cause de l'explosion, mais aussi sur le risque que représente la chimie organique. Plusieurs rencontres, réunissant des habitants et des représentants de la chimie organique, ont été organisées, souvent dans un climat très passionné, voire hostile. Malgré la parfaite transparence des informations livrées par les chimistes, un véritable dialogue n'a pu s'installer.

Il apparaît donc nécessaire d'informer le public et les médias en permanence ; c'est certainement de cette manière que l'on pourra instaurer des échanges constructifs pour tous. L'opération portes ouvertes organisée en chimie au mois de septembre 1993 sur tout le territoire allemand est une initiative dans ce sens.

En Allemagne, les lois traitant des conditions de travail à l'université ont été redé-

finies en octobre 1986. Le travail avec les produits chimiques, y compris leur stockage, leur transport et leur élimination y est décrit. Ces textes ont été réactualisés le 5 juin 1991 [3] et le ministère du Travail a entériné la loi en octobre 1991, en publiant une règle technique pour le travail avec les produits dangereux dans le domaine universitaire [4]. Envers les étudiants, l'université est tenue pour responsable de la bonne application des textes. Elle doit, non seulement tenir compte de ces exigences légales en matière de sécurité, mais aussi, et c'est le ministère du Travail qui va plus loin ici, assurer la formation des étudiants sur ce point dès le début de l'enseignement. Au cours de leur cursus, les étudiants doivent donc apprendre à éviter les substances dangereuses, à diminuer la production de déchets et à accroître le recyclage. De fait, depuis deux ans, les lois concernant la sécurité dans l'industrie et à l'université sont les mêmes, ce qui rend la réglementation en vigueur plus stricte à l'université.

Mais, bien plus que les textes en vigueur, ce sont les pratiques qui témoignent d'un réel progrès. Là aussi, certains faits démontrent l'effort fait outre-Rhin, comme c'est le cas à Hanovre. Il convient avant tout de préciser le déroulement de l'enseignement de la chimie organique en Allemagne [5] : les deux premières années universitaires constituent le Grundstudium (notre DEUG), suivi du Hauptstudium (licence et maîtrise) puis du Diplomarbeit et du Doktorarbeit (DEA et thèse). Pendant le Grundstudium déjà, le Grundpraktikum (les travaux pratiques correspondants) permet aux étudiants de réaliser plusieurs étapes de synthèse. Au cours du Hauptstudium, ils effectuent d'abord les travaux pratiques d'analyse, puis à nouveau de la synthèse. Entre le Hauptstudium et le Diplomarbeit enfin, l'occasion leur est donnée d'approcher un thème de recherche sous le parrainage d'un doctorant dans le cadre du Schwerpunktpraktikum. Ces modalités peuvent varier d'une université à l'autre, une caractéristique commune étant que tout au long de leur cursus, ce sont les thésards qui assurent le bon déroulement des travaux pratiques. Ce sont eux, avec les responsables de l'enseignement, qui sont les garants des conditions de travail.

Ainsi, dès le début du Grundpraktikum, les étudiants signent un protocole d'ac-

cord avec les responsables des travaux pratiques, avant même de mettre les pieds dans un laboratoire. Ils y lisent de manière très claire et détaillée le fonctionnement de l'Institut, ainsi que les consignes de sécurité à observer dans un laboratoire. Les travaux pratiques leur sont alors présentés, là encore avec la sécurité pour fil rouge, et une brochure est distribuée et publiée conjointement par la Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh, Société Allemande de Chimie) et les sociétés d'assurances [6]. Elle décrit clairement la sécurité en chimie et les premiers secours ; les illustrations qui y sont contenues permettent une lecture rapide et aisée.

Quand ils ont connaissance de leur thème de travail, les étudiants doivent alors réaliser une recherche bibliographique sérieuse des dangers pouvant être causés par les produits qu'ils vont mettre en œuvre. Avant même de manipuler, ils doivent prévoir ce qu'ils vont faire des déchets et comment les détruire, le cas échéant. Ils discutent alors avec le responsable, qui, après accord, leur fournit les produits chimiques nécessaires à l'expérimentation. Cette recherche-sécurité est prise en compte dans la notation.

C'est l'évidence même, le port des lunettes et de la blouse est extrêmement strict. Les thésards suivent cette règle et les rappels à l'ordre sont sévères. L'apprentissage des étudiants commence également avec la propreté. Les paillasses doivent être propres ; l'appréciation d'un travail tient moins compte du rendement atteint que de la qualité et de la propreté de l'expérimentation. Pour les thésards aussi, les surfaces de travail sales ou encombrées attirent les critiques : en chimie, propreté est mère de sûreté. Après expérimentation, le traitement des déchets est assuré par les étudiants et les thésards : c'est un gros travail, consommateur de temps pour l'étudiant concerné, mais aussi très formateur. Chacun connaît le numéro de téléphone des spécialistes quand un problème se présente (thermomètre à mercure cassé par exemple) et les accumulations de produits dangereux sont ainsi évitées.

Dans le cas des manipulations particulières, des salles prévues à cet effet ont été aménagées. C'est le cas pour les hydrogénations, les expériences poursuivies la nuit et les manipulations particulièrement nauséabondes ou toxiques (mercaptans et

cyanures par exemple). Dans chacune de ces salles, ainsi que dans la chambre froide, l'expérimentateur laisse une fiche à côté de l'expérience en cours, précisant son nom, son numéro de téléphone, la pièce où il travaille ainsi que les réactants et la durée de l'essai, ceci valant pour les cristallisations en chambre froide.

Autant que possible, les solvants usés sont recyclés, y compris les mélanges utilisés pour les chromatographies, et l'éther de méthyle et de t-butyle est en passe de remplacer l'éther d'éthyle. Les restes sont divisés en solvants chlorés et non chlorés dans des récipients à usage unique dans chaque laboratoire : ils sont éventuellement neutralisés ou filtrés, puis détruits tels quels. La quantité à détruire est ainsi minime et il n'est pas nécessaire de transvaser.

Les restes de silice, l'huile usagée et les déchets contenant du chrome ou du mercure sont collectés séparément.

Enfin, c'est indirectement une mesure de sécurité mais plutôt une mesure d'économie et de protection de l'environnement, l'université a demandé il y a quelques années que les laboratoires utilisateurs d'évaporateurs rotatifs réduisent leur consommation d'eau. Depuis lors, des appareils régulateurs de vide équipent quasiment tous les évaporateurs. Il s'agit de boîtiers à commande électronique équipés d'une électrovanne, qui sont intercalés entre l'évaporateur et la trompe à eau. On peut ainsi programmer le vide requis pour l'évaporation du solvant et la trompe à eau est automatiquement régulée. Il est encore possible d'adapter ce système sur une pompe à diaphragme, qui fournit un meilleur vide sans consommer d'eau. Ces pompes remplacent toutes les trompes à eau au fur à mesure des possibilités du budget. Peu encombrantes et silencieuses, elles permettent aussi de distiller des liquides sous vide et de les obtenir anhydres aisément.

La consommation d'une trompe à eau est estimée à 0,75 m³/h et sa durée de mise en service à 4 h/jour pendant 225 jours. Avec les contrôleurs, la consommation d'eau est divisée par deux, alors que les pompes à membranes ne consomment que du courant (0,21 kW pendant la même durée) ; l'économie est substantielle et le niveau de bruit dans le laboratoire diminue. Autre avantage avec les produits qui "sautent" : il est facile de régler le boîtier sur le vide adéquat.

Comme en témoignent les publications en langue allemande, il y a actuellement un intérêt croissant pour l'amélioration de la sécurité et la protection de l'environnement à l'université. Ainsi, l'université de Zürich fut la première à rapporter comment elle avait pu réduire considérablement la masse de ses déchets [7], à l'aide de mesures simples et peu contraignantes. En Allemagne, certains travaux prolongent ou complètent cette initiative, comme c'est le cas à Darmstadt, où V. Wiskamp décrit un travail basé sur le modèle zurichois [8, 9]. Les principes directeurs en sont les suivants :

- Éviter les substances très toxiques et nocives à l'environnement.
- Réduire les quantités de produits chimiques quand ils sont une charge pour l'environnement.
- Intégrer le flux des produits chimiques mis en œuvre dans un cycle.
- Faire en sorte que les expériences mettant en jeu des produits toxiques ou nocifs à l'environnement aboutissent à des déchets faciles à traiter.
- Collecter séparément les déchets nuisant à l'environnement.
- Leur trouver des traitements simples et rapides.
- Pour un contrôle efficace, suivre aussi précisément que possible les quantités consommées et produites.

Ces conditions ont pu être remplies à Darmstadt, notamment avec la diminution des métaux comme le mercure, le cadmium, l'arsenic et l'antimoine [10]. Dans cette université, l'accent porte sur les essais qui peuvent constituer un cycle. Le recyclage (des sels de chrome par exemple), l'optimisation des essais et surtout la séparation des déchets aqueux puis leur traitement par des méthodes classiques en technologie des eaux usées [11] permettent de diminuer les déchets tout en gagnant du temps et de l'argent.

Les étudiants appréhendent ainsi les processus chimiques dans leur ensemble et approchent la protection de l'environnement industrielle. C'est précisément l'esprit de la loi. Il est remarquable que la curiosité scientifique soit simultanément suscitée : les participants sont très motivés par les améliorations, en deviennent des acteurs et ne ressentent en aucun cas cette tâche comme une charge supplémentaire par rapport à l'apprentissage de la chimie et des techniques de travail.

Enfin, ces enseignements supplémentaires appellent des informations pour la compréhension du processus et peuvent être approfondis par des séminaires et des examens. Le moteur de tout cela est le dynamisme des responsables de travaux pratiques, bien plus que les moyens financiers.

Comme la nouvelle réglementation est parfois limitative vis-à-vis des travaux pratiques existants, T. Eicher (Saarbrücken) et L. F. Tietze (Göttingen) viennent de publier un livre de chimie organique pour les travaux pratiques [12] afin de répondre à ces nouvelles exigences : cet ouvrage est destiné aux étudiants débutant la chimie préparative et a été réalisé à la suite d'un projet pilote mené à l'université. De nombreuses réactions y sont décrites, avec les précautions d'emploi pour chaque produit et les méthodes de traitement des déchets. De tels travaux trouvent également un intérêt croissant en chimie inorganique [13-14] et sont à rapprocher de la démarche industrielle [15].

Comme on peut le constater par l'exemple des universités allemandes, l'amélioration et l'innovation de la sécurité peuvent trouver leur place dans le cadre de l'enseignement et de la recherche, sans pour autant alourdir le budget ni l'emploi du temps. Les nouveaux concepts qui y ont été développés devraient s'étendre aux autres universités et grandes écoles où le risque chimique existe et pourraient être exposés lors de rencontres scientifiques internationales au bénéfice de tous. Il ne fait aucun doute que la coopération industrie-université soit extrêmement positive dans ce domaine et le Forum européen "Science et Sécurité", qui s'est tenu à Strasbourg en décembre 1992, représente certainement une base idéale pour cette entreprise.

RÉFÉRENCES

- [1] *Hannoversche Allgemeine Zeitung*, n° 271, vendredi 20 novembre 1992.
- [2] A. Mauvais, *La Recherche*, avril 1993, n° 253, 458.
- [3] Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) 1986, modifié le 05. 06. 1991 (BGBI, p. 1218), voir aussi "Gefahrstoffe an Hochschulen", 2e édition, Frankfurt am Main, 1990.
- [4] TRGS 451 : "Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich", 1991.
- [5] Le fonctionnement des universités de l'ex-Allemagne de l'Est était fondamentalement différent, tant au niveau de la sécurité que de l'organisation de l'enseignement. Quoi qu'il en soit, la réunification allemande offre les mêmes lois pour tous et le dynamisme de certaines universités de l'est (Jena...) est de bonne augure.
- [6] "Sicheres arbeiten in chemischen Laboratorien, Einführung für Studenten", réalisé et édité par la GDCh et le GUV (Gemeindeunfallversicherungsverband), 1986, réf. GUV 50. 0. 4.
- [7] H. Fischer, *Chemie in unserer Zeit*, 1991, 25, 249.
- [8] V. Wiskamp, *J. prakt. Chem.*, 1993, 335, 217.
- [9] V. Wiskamp, R. Bauer, K. Trageser, V. Wenzel, *Chemie in unserer Zeit*, 1993, 27, 48.
- [10] C. Mahr, E. Fluck, *Anorganisches Grundpraktikum*, VCH, Weinheim, 1976, 418.
- [11] L. Hartinger, *Taschenbuch der Abwasserbehandlung*, Hanser, München, 1976, tome 1, chapitre 3.
- [12] Th. Eicher, L. F. Tietze, *Organisch-chemisches Grundpraktikum unter Berücksichtigung der Gefahrstoffverordnung*, Georg Thieme, Stuttgart, 1993.
- [13] Jander-Biasius : *Einführung in das anorganisch-chemisches Praktikum*, 13e éd., S. Hirzel, Stuttgart, 1990.
- [14] P. Fischer, W. Heitzer, R. Thalacker : *Präparatives Praktikum*. G. Thieme, Stuttgart, 1988.
- [15] J. Wiesner (Hrsg). *Produktionsintegrierter Umweltschutz in der chemischen Industrie*, Dechema, GVC.VDI und schweiz. Akad. der Techn. Wissenschaften, Frankfurt am Main, 1990.



Les risques chimiques dans la recherche biomédicale

La prévention à l'Inserm

Ivan Muranyi-Kovacs * *Chargé de mission aux risques chimiques*

La deuxième moitié du XX^e siècle a vu un développement prodigieux de la recherche biologique et médicale avec une diversification et un enrichissement extraordinaires des techniques et des moyens mis en œuvre.

Ce développement n'a pas toujours été accompagné de la prudence nécessaire.

Les agents infectieux (risque biologique), autrefois manipulés seulement par des microbiologistes expérimentés, sont utilisés de nos jours par des biologistes moléculaires rarement formés à la manipulation des micro-organismes pathogènes. Les risques d'exposition aux radiations ionisantes se sont également banalisés à outrance. A ces risques, s'ajoutent ceux liés à l'utilisation des produits chimiques variés allant des solvants aux réactifs spécifiques offerts par une chimie fine de plus en plus performante.

En France, l'attention sur les risques professionnels dans les laboratoires de recherche biomédicale s'est cristallisée, il y a quelques années, après l'observation d'une série de tumeurs du cerveau chez des chercheurs travaillant avec des mutagènes nitrosés [1] et d'une série de cas de cancer à l'Institut Pasteur. Leur évaluation épidémiologique a été entreprise en France [2], en Grande-Bretagne



[3] et au niveau international sous l'égide du Circ [4].

Parmi les risques professionnels de la recherche biomédicale, ceux liés aux produits chimiques sont incontestablement réels et importants. A titre d'exemple, à l'Inserm plus de la moitié des maladies professionnelles reconnues au cours des quatre dernières années sont liées à l'utilisation de produits chimiques.

Pour mieux les appréhender et les prévenir, il nous semble utile d'en identifier les spécificités dans la recherche biomédicale.

Risques chimiques dans les laboratoires de biologie

D'une manière générale, par rapport aux laboratoires de chimie, on pourrait penser que les risques sont réduits. En fait, ce sont plutôt les risques d'accidents brutaux (explosions, incendies, projections de produits à hautes températures, intoxications aiguës par inhalation) qui sont diminués.

En effet, les réactifs sont mis en œuvre en petites quantités, souvent à grande dilution et en solution aqueuse à la température du laboratoire ou à 37 °C. De même, on utilise habituellement les solvants organiques en quantités limitées et pratiquement jamais pour des extractions à températures élevées.

Mais ces éléments positifs qui réduisent les risques sont largement compensés par les spécificités qui augmentent les risques :

1.- Le biologiste fait réagir, *in vivo* ou *in vitro*, des produits chimiques ayant une action spécifique ou non sur la matière vivante pour en modifier les structures et/ou le fonctionnement qui sont l'objet de son expérimentation. Il en découle, évidemment, que ces réactifs sont susceptibles de réagir avec son propre organisme, s'ils arrivent à son contact.

L'utilisation d'un réactif chimique pour son action biologique rend souvent problématique un moyen de prévention majeur qui est le remplacement des produits toxiques par des produits qui le sont



"Le biologiste utilise une grande variété de produits chimiques"

moins. Dans la plupart des cas, le substitut efficace garde une toxicité significative. C'est le cas par exemple pour l'inhibition des protéases, du remplacement du diisopropyl fluorophosphate (DIFP) par le phénylméthanésulfonyl fluorure (PMSF) cent fois moins neurotoxique mais qui est néanmoins toxique et corrosif. C'est également le cas pour le remplacement, heureusement généralisé, de la benzidine par la 3,3'-diaminobenzidine qui est encore cancérigène chez l'animal et mutagène dans le test d'Ames.

Le 3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine qui, lui, n'est plus cancérigène, ne peut remplacer le DAB que dans quelques techniques bien particulières.

2 - Faute d'une formation suffisante en chimie, et souvent sans notion de toxicologie, le biologiste utilise une extrême diversité de produits chimiques, en les considérant comme simples outils sans s'attarder à s'informer sur leurs caractéristiques chimiques ou leur toxicité. De plus, tous les ans de nombreux réactifs nouveaux sont proposés et souvent sans étude toxicologique préalable.

3 - L'utilisation de petites quantités de nombreux réactifs biochimiques coûteux, qui souvent se conservent mal en dilution, conduit à la multiplication des pesées qui sont l'étape expérimentale à risque par excellence.

4 - Si les risques d'explosion ou d'incendie sont notablement réduits par l'emploi des solvants en quantités limitées et à la

température du laboratoire, en revanche, les risques d'intoxication sont accentués du fait de leur manipulation trop fréquente sans captage à la source, *en particulier hors sorbonnes adaptées*. De plus des risques d'absorption transcutanée sont fréquents : à titre d'exemple combien de millions de lames histologiques ont été nettoyées à la main à l'aide de chiffons ou papier filtre imbibés de toluène.

Même sans de telles pratiques imprudentes, les risques d'intoxication par inhalation des solvants sont réels. Dans une étude récente réalisée dans des unités Inserm [5], on a pu observer des effets neurotoxiques décelables par des tests neuropsychologiques chez les personnes exposées aux solvants, à faibles doses répétitives et irrégulières dans le temps, lors de manipulations courantes.

5 - La manipulation sans précaution suffisante des solvants, mais aussi de produits très divers tels que des fixateurs (glutaraldéhyde, ...), des résines, des colorants, etc. peut induire des réactions allergiques cutanées ou respiratoires, qui sont des affections relativement fréquentes en laboratoire.

6 - La manipulation courante, quelquefois quotidienne, de génotoxiques (mutagènes et cancérigènes) conduit à la banalisation du risque qui, s'ajoutant à "l'érosion des techniques" peut amener les expérimentateurs à négliger les mesures de prévention et créer de réelles situations de danger.

7 - Aux risques chimiques s'ajoutent, dans la recherche biomédicale, les risques biologiques (virus, Organismes Génétiquement Modifiés (OGM), prion ...) et ceux liés à la manipulation de la radioactivité.

Les informations sur les synergies possibles entre ces trois types de risques sont encore très pauvres, mais il est raisonnable de considérer que, pour le moins, ils s'additionnent et doivent être strictement limités chacun à leur minimum possible.

La prévention de chaque type de risque, pris séparément, est généralement simple, mais leur conjonction peut poser des problèmes complexes.

Pour la gestion des déchets, la règle générale est d'éliminer d'abord le risque infectieux puis de traiter ou non le risque chimique, en concertation avec l'Andra responsable de l'enlèvement des déchets radioactifs, et seulement si l'on est assuré de ne pas provoquer une réaction brutale ou un dégagement gazeux.

Prévention des risques chimiques à l'Inserm

L'organisation de la prévention des risques professionnels est conditionnée par les spécificités décrites ci-dessus et les structures de l'organisme qui ont conduit à définir une politique adaptée.

Structures de l'Inserm

L'Inserm (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale) est caractérisé par une implantation géographique dispersée de ses 250 unités de recherche sur l'ensemble du territoire national, comme dans la région parisienne où se situe la moitié de son potentiel.

Les unités sont soit implantées dans des bâtiments Inserm (moins de la moitié), soit hébergées par des universités, des hôpitaux ou autres organismes. Sous la responsabilité de leur directeur, elles bénéficient d'une grande autonomie dans leur fonctionnement interne.

L'Inserm est un organisme d'accueil : le nombre de ces 4 800 agents statutaires est plus que doublé par les scientifiques non rémunérés par l'Inserm, parmi lesquels une population temporaire comprenant en particulier les thésards (plus de 650), un millier de DEA ou assimilés mais également les postdoc et plus de 300 boursiers étrangers.

Dans les unités

La prévention des risques professionnels est de la responsabilité des directeurs, la mise en œuvre est assurée par les correspondants d'hygiène et sécurité qui sont nommés par le directeur général sur proposition du conseil de l'unité.

Les Administrateurs Délégués Régionaux (ADR), représentants locaux du directeur général, veillent à l'application de la réglementation et des instructions internes à l'organisme.

Les dix ingénieurs "hygiène et sécurité" régionaux et inter-régionaux apportent leurs conseils et leurs compétences techniques aux unités et animent au niveau local, sous l'égide des ADR auxquels ils sont rattachés, la mise en œuvre de la politique nationale de prévention. Par une spécialisation dans des domaines complémentaires, ils participent à la création d'un véritable pôle national de compétence et d'ingénierie de conception dans le champ de la prévention. Ils participent à l'information par la rédaction de documents, ainsi qu'à la formation.

Au niveau national

L'inspecteur en hygiène et sécurité contrôle le respect de la réglementation.

Le responsable (Jean Gony) du Bureau de Prévention des Risques Professionnels (BPRP), chargé de mettre en œuvre la politique nationale de prévention, anime l'équipe des ingénieurs HS, assure la concertation avec la médecine de prévention. Le chargé de mission aux risques chimiques et le chargé de mission aux risques biologiques sont également rattachés aux BPRP. La fonction de chargé de mission aux risques chimiques a été créée en 1987 par le directeur général dans le cadre de la politique d'amélioration de la prévention des risques professionnels, qu'il a défini en 1986. Cette création répondait au besoin, exprimé par l'ensemble des préventeurs, d'une source d'information centralisée sur les risques liés aux produits chimiques manipulés. Elle a été suivie de peu par l'installation du chargé de mission aux risques biologiques.

C'est une originalité des structures de prévention de l'Inserm. Il s'agit de chercheurs qui ont pour mission de sensibiliser le personnel de l'institut aux risques et d'apporter aux préventeurs (ingénieurs, médecins, ...) et à l'ensemble de la communauté

scientifique des informations sur les risques et les moyens de prévention. Ils participent dans leur domaine à la définition des contenus et à l'animation des actions de formation. Ils peuvent également susciter des mises au point techniques et des recherches relatives à la prévention.

Prévention des risques chimiques**La formation**

Le point de départ de toute action de prévention est la formation. Nous avons considéré que la priorité était de sensibiliser et initier à la prévention tous ceux qui arrivent dans nos laboratoires, qu'ils soient étudiants, thésards, stagiaires ou des agents recrutés.

A leur arrivée dans le laboratoire, ils reçoivent au cours d'un entretien avec le correspondant HS de l'unité la plaquette "Suivez le guide - Prévention" qui comprend un dossier particulier par type de risque. Celui qui concerne les risques chimiques comprend six pages, il décrit les groupes de produits dangereux (corrosifs, irritants, solvants, génotoxiques, etc.) et les règles essentielles de la prévention.

Une traduction anglaise a récemment été éditée à l'intention de nos stagiaires étrangers.

Le stage d'initiation

En début d'année universitaire, des stages de deux jours sont organisés localement, au niveau des ADR, par les ingénieurs HS. Tous les nouveaux entrants des unités rattachées à l'ADR sont convoqués et leur présence est contrôlée. Les risques chimiques représentent le quart du programme. L'édition et la diffusion nationale du cours rédigé par le chargé de mission assure l'homogénéité de la formation, dispensée par de nombreux intervenants.

L'EAO risque chimique

L'Inserm, en collaboration avec le CEA, le CNRS, l'INRA, l'INRS et l'institut Pasteur, a participé à la conception d'un didacticiel d'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) sur le risque chimique. L'objectif de cet EAO est d'apprendre à analyser les risques lors de la manipulation des produits chimiques et à choisir les moyens de prévention et de protection adaptées. Cet outil de formation peut être utilisé par les personnels déjà en place et

par les nouveaux entrants ou les stagiaires qui, pour des raisons de date, ne peuvent pas assister au stage annuel d'initiation à la prévention.

A ce jour, il a été implanté dans une cinquantaine d'unités, dans le cadre d'une stratégie de formation active. Le didacticiel est placé sous la responsabilité des correspondants HS auxquels il est remis à la fin d'un stage de formation interactif.

Ces stages, animés par les ingénieurs HS et le chargé de mission aux risques chimiques, ont permis de consolider la formation générale des correspondants sur les risques chimiques.

L'information

L'information générale sur les risques chimiques est diffusée à l'ensemble du personnel grâce à la rubrique permanente du journal interne de l'organisme "Inserm Actualités", édité à 15000 exemplaires.

Des fiches d'information sur les produits manipulés sont élaborées par le chargé de mission et soumises à un comité de lecture composé d'une vingtaine de scientifiques. Les vingt-cinq premières "fiches produits Inserm" ont été éditées sous forme de dossier *Prévention* (n° 4, sept. 1990) et diffusées à 1500 exemplaires.

La diffusion a largement dépassé le cadre de l'Inserm puisqu'elle comprend le CNRS, l'Inra, l'institut Pasteur et certaines universités et hôpitaux qui en ont fait la demande.

Des fiches techniques de recommandation de bonnes pratiques de laboratoires sont également diffusées aux ingénieurs HS qui les transmettent aux correspondants des unités concernées.

Enfin, le chargé de mission est à la disposition des préventeurs et des personnels pour répondre à toutes demandes d'informations ou de conseils sur la manipulation des produits chimiques.

L'évaluation des risques

Au plan local, l'évaluation des risques est réalisée de manière générale par le correspondant HS de l'unité avec le soutien de l'ingénieur HS régional. L'évaluation technique de l'état des moyens de protection collectifs a abouti, en 1989, à la mise en place d'un plan pluriannuel de "réfection des sorbonnes" pour lequel un budget national de 9 MF a été affecté. Ce plan, rééchelonné suite aux restrictions de crédits, est en cours.

En liaison avec ce plan pour l'amélioration des moyens de protection collectifs une étude comparée des effets neurotoxiques des solvants organiques [5] a été menée dans deux bâtiments Inserm, avant et après la remise en conformité des sorbonnes. Les résultats de cette étude ont montré une amélioration globale des performances aux tests neuropsychologiques après les travaux.

Au plan national, l'évaluation des risques chimiques est menée par le service de médecine de prévention, dans le cadre de l'évaluation de l'ensemble des risques professionnels, par l'exploitation statistique des fiches individuelles d'exposition remplies par les agents et remises à leur médecin de prévention.

L'exploitation de ces données permet d'évaluer la fréquence et la cartographie des expositions aux produits chimiques à risques et d'orienter l'action des préventeurs.

Conclusion

L'organisation de la prévention des risques chimiques à l'Inserm est adaptée à la nature du travail scientifique et à nos structures.

Les professionnels de la prévention organisent la formation et assurent la diffusion des informations sur les risques et les moyens de prévention. Ils contribuent par leurs conseils et leurs compétences techniques à résoudre les problèmes posés. Ils peuvent intervenir directement dans des actions concertées comme l'organisation de l'élimination des déchets ou la mise en conformité des moyens de protection collectifs. Par la synthèse des expériences acquises sur le terrain, ils participent à l'évaluation des risques et peuvent proposer les objectifs nouveaux d'une politique de prévention.

De nouveaux progrès seront possibles si toute la communauté prend conscience

que les véritables acteurs de la prévention sur le terrain doivent être les personnels dans leur ensemble. Les animateurs de cette action quotidienne sont les correspondants HS des unités, placés sous la responsabilité des directeurs qui doivent soutenir leur action et veiller au respect de la réglementation.

RÉFÉRENCES

- [1] Plevin., Falcy M, Audran R, Philbert M, Efthymiou ML *J. Toxicol. Med.* **1984**, 4, 249.
- [2] Cordier S *Lancet*, **1990**, 1, 1097
- [3] Carpentier L, Beral V, Roman E, Swerdlow AJ, Davies G Cancer in laboratory workers. Report on feasibility study, IARC, Lyon, **1989**
- [4] Sasco A J International study of cancer risk in biology research laboratory workers. *Lancet*, **1991**, I, 1080.
- [5] A Brun et J. Simons Etude des effets neurotoxiques des solvants organiques, *Inserm Actualités*, mars **1993**, n° 114.



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

CNRSFormation

au service de l'Entreprise

du 10 au 14 janvier 1994 à TALENCE (33)

**Formation aux spectrométries infrarouge
par transformée de Fourier et Raman**

du 17 au 21 janvier et du 7 au 10 février 94 à LYON (69)

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection
Option IIA : sources scellées - Stage agréé**

du 17 au 21 janvier et du 14 au 17 mars 94 à LYON (69)

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection
Option IIB : sources non-scellées - Stage agréé**

du 21 au 25 mars 1994 à ORSAY (91)

**Initiation aux méthodes de spectroscopie laser :
applications à la chimie et à la biologie**

Catalogue, programmes et inscriptions :

CNRSFormation

1 place Aristide Briand - 92195 MEUDON Cedex - FRANCE

Téléphone : (33-1) 45 07 56 72 - Télécopie : (33-1) 45 07 59 00

Sciences et Sécurité

Un forum européen* a réuni du 9 au 11 décembre 1992 à Strasbourg, sous la présidence du professeur Guy Ourisson, membre de l'Académie des sciences, des responsables d'établissements de recherche publique ou privée. Les conclusions et recommandations de cette manifestation sont reproduites ci-après.

CONCLUSIONS

Les recommandations qui suivent ont été établies sur la base des conclusions des groupes de travail. Certaines concernent la recherche en général, d'autres sont plus spécialement destinées à la recherche publique. Elles sont fondées sur la reconnaissance de quelques grands principes, qui se sont dégagés de l'ensemble des discussions et devraient être retenues dans tous les établissements de recherche.

Principes

Nécessité d'une décision, prise au niveau le plus élevé, d'appliquer une politique de sécurité. Nécessité d'obtenir l'implication active, à tous les niveaux, de la hiérarchie.

Nécessité d'assurer, en matière de risques professionnels liés à la recherche, la transparence et l'information tant à l'extérieur qu'à l'intérieur de l'établissement, ainsi que la formation de l'ensemble du personnel. Nécessité d'intégrer les notions de prévention des risques professionnels, de sécurité et de respect de l'environnement dans tous les programmes de recherche et de formation, et cela dès le dossier d'inscription.

Nécessité de faire reconnaître que les contraintes éventuellement introduites ne sont pas contradictoires avec la notion de qualité de travail scientifique :

"qualité-sécurité = même combat !"

Message aux directeurs des organismes participants

Les recommandations qui suivent s'adressent à chacun de nous. Si vous ne vous engagez pas personnellement à faciliter la mise en œuvre de celles qui peuvent s'adresser à votre établissement, à votre institut, à votre administration, vos subordonnés n'auront aucune raison de les prendre au sérieux.

En permettant au Forum européen "Sciences et Sécurité" de Strasbourg de se tenir, vous avez mis en route un processus qu'il vous appartiendra maintenant de poursuivre, pour qu'en 1994 ou 1995, en répondant à la proposition faite par nos amis catalans d'organiser le Forum n° 2 à Barcelone, il soit possible d'y faire un premier bilan de votre action.

Guy Ourisson

RECOMMANDATIONS

Respect de la réglementation

La partie hygiène et sécurité du code du travail et l'ensemble des règlements nationaux et communautaires relatifs à la sécurité doivent être évidemment valables pour l'ensemble des établissements publics comme ils le sont pour le privé. L'État doit respecter ce qu'il impose au secteur privé ; cependant, l'impression de beaucoup des participants est que, faute de mesures de contrôle, et faute d'attribution d'une priorité suffisante aux investissements nécessaires, faute aussi d'une information suffisante, la réglementation est souvent mal respectée dans certains établissements publics de recherche, notamment dans les universités.

Nous recommandons

Que soit demandée à la Commission des Communautés européennes et au Conseil de l'Europe de faire entreprendre une étude comparative de la situation réelle dans les divers pays.

Que soit développée rapidement la mise en pratique de l'examen en temps opportun des "livres verts" annoncés par la Com-

mission des Communautés européennes pour préparer à l'avenir ses règlements.

Que, dix ans après la parution du décret du 28 mai 1982 réglementant ce domaine, une évaluation soit faite en France de la politique publique réelle. Le cadre de cette évaluation pourrait être trouvé dans le comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques, créé par décret en 1990, et les modalités devraient en être définies par le comité scientifique de l'évaluation.

Que soient sans tarder étudiées les mesures (organisation, statut des spécialistes de la sécurité, moyens financiers) propres à assurer dans les services de recherche publics, qu'ils dépendent d'un organisme ou des universités, le fonctionnement régulier des structures de sécurité et en particulier des services de médecine du travail et de prévention.

Que soient assurés dans tous les centres universitaires et de recherche la mise en place effective et le fonctionnement régulier de comités d'hygiène et de sécurité (CHS), en commun avec tous les organismes de recherche localement représentés. Nous recommandons que, sous l'impulsion de ces CHS, et grâce à des visites annoncées ou inopinées dans les laboratoires de recherche et d'enseignement,

*Le forum de Strasbourg a été tenu dans le cadre de l'Année européenne pour la sécurité, l'hygiène et la santé sur le lieu du travail.

soit mieux assurée la prise de conscience par tous de leur responsabilité personnelle dans ce domaine.

Formation

Deux aspects différents ont été bien caractérisés, en ce qui concerne les mesures à prendre pour la formation dans le domaine de la sécurité : la formation de spécialistes et la formation aux notions de base des techniciens et des chercheurs, au cours de leurs études. Les deux domaines ont paru mériter des actions spécifiques. Il est évidemment difficile de dissocier complètement ces recommandations de celles qui sont relatives à l'information traitée ci-après.

Nous recommandons

Que chaque organisme construise un véritable plan de formation sur la maîtrise des risques généraux et spécifiques, à destination de l'ensemble du personnel (y compris les visiteurs et les nouveaux embauchés).

Que soit établi, soit au niveau national, soit au niveau européen, un comité institutionnel des programmes de sécurité, définissant un niveau minimal de connaissances nécessaires dans la formation de tous les techniciens et chercheurs. Pour la France, une évaluation préalable de la politique publique en matière de formation est nécessaire. Comme pour la réglementation, cette évaluation gagnerait à être menée sur les conseils du Comité scientifique de l'évaluation et jugée par le Comité interministériel. Nous recommandons en conséquence à monsieur le ministre chargé de la Recherche de bien vouloir saisir de cette question le Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques. Que soit intégrée la sécurité dans tous les degrés de l'enseignement : primaire, secondaire, supérieur et écoles d'ingénieurs.

Que les nouveaux directeurs d'unités de recherche d'organismes comme le CNRS, qui reçoivent en début de mandat une brève formation à leurs responsabilités administratives, soient également informés au cours de cette formation sur leurs responsabilités en matière de sécurité et sur les connaissances nécessaires pour l'exercice de ces responsabilités.

Que soit organisée une réunion des responsables européens de formations spé-

cialisées dans les sciences de la sécurité pour comparer objectifs, programmes, placement, reconnaissance des diplômes, reconnaissance des qualifications, etc.

Que soient diffusées, par l'intermédiaire des sociétés savantes nationales et des fédérations européennes, les informations disponibles sur des actions exemplaires dans le domaine de la formation (par exemple, travaux pratiques de chimie "sans déchets" de l'université de Zürich, formation initiale dans les unités de recherche de l'Inserm ou du CNRS).

Que toutes les commissions nationales d'évaluation comptent toujours positivement les efforts dans ce sens...

Implication de la hiérarchie

Les responsables de laboratoires de recherche, comme les chercheurs, sont évalués en fonction des résultats de recherche obtenus ; ils peuvent être tentés de fermer les yeux sur des pratiques potentiellement risquées, mais faisant apparemment gagner du temps aux chercheurs. Il nous a semblé primordial de les convaincre de l'importance à accorder au respect des contraintes réglementaires et de leur non-contradiction avec la "bonne" recherche. Comme nous le disions plus haut :

"qualité-sécurité = même combat !"

Nous recommandons

Que les représentants de la direction des établissements, lors des visites d'évaluation, soient explicitement attentifs à la présentation des rapports des spécialistes de la sécurité et des comités d'hygiène et de sécurité, et s'informent sur les moyens mis en œuvre pour l'information et la formation.

Que la hiérarchie veille à ce que les problèmes de sécurité soient pris en compte à toutes les phases d'un programme de recherche qui peuvent avoir des répercussions sur la santé et la sécurité des agents : conception des locaux et des installations, des matériels, des procédures, de l'organisation, des plannings et normes de travail, ...

Que les documents demandés à tous les directeurs d'unités, à l'occasion de leur premier mandat ou renouvellement, prévoient les cases nécessaires pour qu'ils

décrivent l'état de la sécurité dans leur unité et qu'ils indiquent quelles actions de formation en matière de sécurité ils ont suivies, animées ou organisées.

Que les rapports d'activité demandés périodiquement aux chercheurs prévoient, eux-aussi, de donner des informations sur les actions de formation à la sécurité suivies, animées ou organisées.

Information et communication

Il a déjà été plusieurs fois question d'information et de communication. Concernant le premier point, nous avons constaté qu'il est parfois difficile d'obtenir une information fiable sur les circonstances et sur les causes d'accidents ou d'incidents, même quand elles sont connues : il y a là une autocensure excessive, potentiellement génératrice de la pérennisation de risques inutiles. Concernant la communication, l'information du public, il en est de même, alors que l'expérience du secteur privé démontre largement qu'il est avantageux de multiplier les informations, de donner des explications franches sur les incidents, sur les accidents, mais aussi sur les précautions prises et sur la nature exacte des risques résiduels encourus. Si le secteur industriel (privé et public) a reconnu les avantages d'une bonne politique de communication, il est temps pour les organismes de recherche de développer la même politique.

Nous recommandons

Que les organismes assurent la diffusion de toutes les informations, obtenues par les spécialistes de la sécurité et les comités d'hygiène et de sécurité, sur risques, incidents et accidents, en les dépersonnalisant si nécessaire, pour assurer un meilleur *retour de l'expérience*. Cette diffusion doit faire largement appel aux organes de liaison des sociétés savantes, associations, fédérations européennes, et pas seulement aux bulletins internes. Sans doute, faudrait-il envisager de créer un lieu de centralisation de ces informations pour en faciliter la diffusion (banque de données).

Que l'ensemble des organismes de recherche publics et privés profitent de leurs bonnes relations pour améliorer leur connaissance réciproque de bonnes pra-

tiques éprouvées ("auto-audit sécurité" pratiqué dans certaines industries, stages dans les services de développement plutôt qu'exclusivement en recherche).

Que soit établie une politique de communication complète avec tous les personnels, en particulier en matière d'accueil des nouveaux embauchés ; l'expérience montre en effet, outre la sensibilisation à l'objectif d'amélioration de la sécurité de tous, que c'est une étape plus aisée que la communication avec le public, et qu'un dialogue interne approfondi améliore immédiatement l'image extérieure. Que chaque établissement de recherche (ou même plusieurs ensemble par exemple, localement, CNRS, Inserm, Inra et universités) établisse des relations suivies avec les médias, avec les journalistes mais aussi les chefs de rédaction, pour chercher à construire une relation de confiance réciproque permanente, et pas uniquement à l'occasion d'un problème.

Que toutes les opérations d'information du public (portes ouvertes, "sciences dans la rue", visites de lycéens, etc.) soient utilisées pour démontrer la maîtrise des risques - et, le cas échéant, décrire les conséquences sanitaires positives des recherches menées.

Recherches sur la sécurité

Il nous a paru que, dans beaucoup de cas, des programmes de recherche sont nécessaires pour réduire des risques inutiles dans la pratique des laboratoires de recherche. Il peut s'agir de recherches sur les méthodes générales de travail, mais aussi sur certaines opérations potentiellement dangereuses pouvant être évitées moyennant des progrès dans les connaissances scientifiques, orientés par le souhait de minimiser les risques. L'industrie est, là encore, parfois très en avance, et nous recommandons de profiter de son expérience.

Nous recommandons

Que soient menées des recherches et diffusées des informations sur les opérations potentiellement dangereuses pouvant trouver des substituts. Les commissions spécialisées, nationales et locales, devraient favoriser ces recherches et en diffuser les résultats.

Que soient largement diffusés les conseils de "bonne pratique" résultant des recherches de l'INRS.

Que soient encouragées les recherches sur les pathologies spécifiques aux milieux de recherche, que connaissent bien les médecins du travail des organismes.

Que soient encouragées des recherches sur les attitudes et comportements des chercheurs face aux risques spécifiques de la recherche.

Que soient encouragés les programmes de recherche sur les problèmes de communication en matière de risque, que ce soit en sociologie ou en psychologie sociale.

Que soit maintenu, par exemple au niveau de la CCE ou du Conseil de l'Europe, un "observatoire" des progrès réalisés dans ces domaines dans les divers pays européens, pour en garder mémoire et les diffuser.

Ouvertures européennes

Le Forum européen de 1992 a été organisé par un trop grand nombre d'organismes de recherche français, et par un trop petit nombre d'autres, pour qu'il ait été "européen" autrement que symboliquement : il y a eu des intervenants et des participants non français, mais ils étaient une très faible minorité. Il est regrettable que les recommandations ci-dessus soient par conséquent adressées aux organismes français. Plusieurs d'entre elles sont cependant relatives à des actions européennes. Nous nous contentons de les récapituler ci-après :

Nous recommandons

Que soit demandée à la Commission des Communautés européennes et au Conseil de l'Europe de faire entreprendre une étude comparative de la situation *réelle* dans les divers pays.

Que soit établi, soit au niveau national, soit au niveau européen, un comité institutionnel des programmes de sécurité, définissant un niveau minimal de connaissances nécessaires dans la formation de tous les techniciens et chercheurs.

Que soit organisée une réunion des responsables européens de formations spécialisées dans les sciences de la sécurité pour comparer objectifs, programmes, placement, reconnaissance des diplômes, reconnaissance des qualifications, etc.

Que soient diffusées, par l'intermédiaire des sociétés savantes nationales et des fédérations européennes, les informations disponibles sur des actions exemplaires dans le domaine de la formation (par exemple, travaux pratiques de chimie "sans déchets" de l'université de Zürich, formation initiale dans les unités de recherche de l'Inserm ou du CNRS).

Que soit maintenu, par exemple au niveau de la CCE ou du Conseil de l'Europe, un "observatoire" des progrès réalisés dans ces domaines, dans les divers pays européens, pour en garder mémoire et les diffuser.

Parmi les recommandations du Forum, beaucoup devraient pouvoir être mises en œuvre rapidement. On peut donc espérer - et ce pourrait être un objectif pour les milieux de la recherche, en particulier pour les grands organismes publics - que des résultats soient constatés dans des délais tels qu'on puisse déjà en faire état lors du 2^e Forum européen "Sciences et Sécurité" que l'université autonome de Barcelone se propose d'organiser en 1994 ou 1995. Nous recommandons vivement que cette proposition soit acceptée.

L'Actualité Chimique rappelle à ses lecteurs les numéros à thèmes publiés en 1992 :

- . L'électrochimie (janvier-février 1992), épuisé.
- . La microscopie à effet tunnel (mars-avril 1992).
- . Les matériaux d'avenir (septembre-octobre 1992).

Société Française de Chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63. Prix : 200 F.

Bilan de la "Deauville Conférence"

Première grande manifestation européenne de chimie analytique

Pour suivre au plus près l'évolution de leur discipline les analystes pouvaient soit lire les revues spécialisées, soit devaient partir pour les États-Unis et participer à la "Pittsburgh Conference". En effet, il n'existait pas de grandes expositions consacrées uniquement à la chimie analytique. Quelques chanceux avaient les moyens de faire le voyage outre-Atlantique et les autres devaient se contenter des comptes rendus ! Malgré la qualité des rédacteurs, cette lecture ne remplaçait pas le contact direct, les mille questions que l'on voulait poser, les discussions que l'on désirait avoir avec les meilleurs spécialistes. Cette époque est révolue. La vieille Europe se réveille et c'est à Deauville que la petite sœur de la Pittsburgh Conference vient de naître. Elle s'est appelée la "Deauville Conférence". Elle était accompagnée du Symposium on Analytical Sciences ou SAS 93. Sur son berceau, plus de 1 400 visiteurs sont venus lui rendre hommage. Ils sont venus de France, mais aussi des pays d'Europe et même des Amériques, d'Afrique, d'Asie et d'Océanie. Ils sont restés trois bonnes journées (du 4 au 6 mai) au cours desquelles ils ont pu se rencontrer, discuter et évaluer les nouvelles méthodes, confronter leurs idées, se passer des tours de main ou de bonnes recettes, échanger des informations, poser des questions aux constructeurs et aux exposants. En un mot, vivre enfin un véritable symposium uniquement consacré à la chimie analytique, sans avoir à traverser l'océan ni à déboursier une petite fortune.

Les participants à la Deauville Conférence ont-ils tous été satisfaits ? Une réponse par oui ou par non serait trop brutale, il faut nuancer. D'abord l'organisation, trois personnes sur quatre sont satisfaites. Cela signifie qu'environ 25 % des participants ont une remarque ou un reproche à faire.

Cela signifie aussi qu'il y a des voies de progrès à exploiter. Par exemple, améliorer l'accueil du premier jour et faciliter les contacts entre visiteurs. Ou en-

core, mieux préparer la fin de la Conférence et éviter de laisser partir les participants sans leur dire "au revoir" et leur donner les dates et lieu de la prochaine "D' Conf." comme certains disent déjà. Comme on le voit, il ne s'agit pas véritablement de reproches mais plutôt de conseils et de suggestions pour améliorer la convivialité et la communication entre les participants.

Tout au long de ces journées, il est apparu que la recherche analytique de haut niveau pouvait être rapidement utilisée pour des applications pratiques : la Deauville Conférence et SAS 93 ont été ouverts par le professeur G.J. Martin célèbre pour ses travaux sur la détection par RMN de la chaptalisation des vins. Le prix de la division Chimie analytique a été remis par Jacques Goupy à O.X. Donart pour ses travaux sur la spéciation qui ont permis de sauver les huîtres des parcs ostréicoles français et hollandais. Les symposiums de SAS 93, qui se sont déroulés sous le patronage de la Société Française de Chimie, ont été fort appréciés.

Bien que l'on puisse regretter l'absence de certains constructeurs renommés, il

faut dire que les exposants présents ont su satisfaire la curiosité et l'intérêt des visiteurs. Le taux de satisfaction est néanmoins faible. Il est de 65 % et s'explique par la non-participation de fabricants d'appareils intéressant le public. En période de crise, ces fabricants n'ont peut-être pas osé miser sur une manifestation toute nouvelle qui n'avait pas encore fait ses preuves. Ils doivent, aujourd'hui, regretter ce manque de confiance et nous sommes persuadés qu'ils seront heureux d'exposer leurs nouveautés à la prochaine "D' Conf." car la prochaine édition de cette exposition-colloque vient d'être annoncée.

Cette prochaine grande manifestation des chimistes analystes est déjà programmée. Elle aura lieu à Montreux du 15 au 20 mai 1994. Nous ne pouvons qu'encourager une telle initiative qui tend à resserrer les liens de la communauté des analystes.

Jacques Goupy
Président

de la division Chimie analytique
de la Société Française de Chimie



À la Deauville Conférence, les analystes ont suivi l'évolution de leur discipline et ont échangé de nombreuses informations.

L'utilisation de la langue française dans les domaines scientifique et technique

Ces quelques remarques ont été rassemblées par la Délégation Générale à la Langue Française qui est chargée, par le Premier ministre, de mener une politique linguistique active.

Cinq domaines peuvent être distingués :

I - Grandes réunions scientifiques internationales tenues en France (congrès, colloques, séminaires...)

1 - Documents d'annonce, appels à communication ou conférence.

Ces documents, souvent plurilingues, comporteront toujours un texte en langue française, placé en première position en cas de plurilinguisme.

2 - Langue(s).

Le principe naturel est que pour toute réunion tenue en France, le français soit la langue de l'environnement (discours d'ouverture, de clôture etc.). Si le français, pour des raisons d'opportunité, ne peut être retenu comme seule langue de travail (conférences, communications, discussions), il conviendra, en retenant alors une ou plusieurs autres langues de travail, de veiller à ne pas pour autant exclure le français.

3 - Comptes rendus, actes, etc.

Les actes, documents de travail, comptes rendus, seront rédigés soit uniquement en français, soit en français et autres(s) langue(s) de travail. Dans tous les cas, le français ne saurait être exclu de tels documents, et notamment des plus importants (grandes conférences, exposés de synthèse, etc.). A de tels niveaux, dans le cadre de textes primitifs en une langue de travail autre que le français, une traduction s'imposera donc avant publication, qui peut alors être bilingue. Par contre, dans le cas de communications plus ponctuelles, un résumé en français pourrait suffire, si le texte in-extenso a été communiqué dans une autre langue de travail.

II - Cycles de conférences de haut niveau, organisés en France

1 - Documents d'annonce, appel à conférences, etc. Voir remarques ci-dessus.

2 - Langue(s) de conférences

La qualité scientifique du conférencier retenu étant le seul critère de sa sélection, son choix de langue sera déterminant, ce qui ne doit pas exclure le français des discussions, alors plurilingues.

3 - Comptes rendus, actes, etc.

Voir les considérations développées ci-dessus en I.3. Si la langue adoptée par le conférencier n'était pas le français, il conviendrait alors d'envisager, après traduction, des modalités de publications bilingues.

III - Réunions scientifiques locales ou réunions scientifiques très spécialisées, tenues en France

Dans ce genre de réunions, l'usage exclusif du français est assez général. Celui d'autres langues est alors le plus souvent dicté par d'incontournables raisons d'opportunité. Dans tous les cas, les annonces diffusées en France et dans les pays francophones doivent à l'évidence être rédigées en français.

IV - Communication de résultats de travaux scientifiques par voies écrite (publication) ou électronique (informatique, télématique)

Dans ce domaine, il revient certes aux scientifiques eux-mêmes de définir leurs principes et de les appliquer. Il importe cependant de rappeler avec insistance la nature et le poids des enjeux linguistiques, ainsi que leurs conséquences à termes.

Par ailleurs, le plurilinguisme semble une solution d'avenir, dès que les moyens d'assister automatiquement la traduction auront progressé. Cependant, en cette période transitoire où la concurrence des langues scientifiques est de fait parmi les revues, un effort particulier doit se porter vers les publications de langue française visant la synthèse ou la mise au point, en tous domaines scientifiques, et au plus haut niveau. Pour ce qui concerne les revues primaires (ou les revues mixtes, de communication primaire et de mise au point), les scientifiques sont invités à déterminer les matières où des revues accueillant les publications en français pourraient avec pertinence être développées ou créées.

V - Communications (ouvrages, articles, didacticiels, documents audiovisuels) utiles aux enseignements supérieurs scientifiques et techniques

Il ne serait pas acceptable que la formation supérieure en France soit réduite à utiliser, en nombre croissant, des instruments faisant appel à une langue autre que le français. Il convient d'être particulièrement attentif à la langue de l'enseignement, notamment à la veille des échéances européennes de 1993 : la nécessité d'encourager les échanges universitaires, le besoin de développer la pratique des langues étrangères ne devront pas servir de prétexte, dans les enseignements supérieurs scientifiques et techniques, à une réduction progressive du poids et de la place de la langue française.

Bernard Cerquiglini

Délégué général à la Langue Française
Professeur à l'Université Paris VII

EN BREF

MÉDAILLES D'ARGENT DU CNRS

Le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) a attribué ses médailles d'argent 1993. Citons, pour les lauréats du département des sciences chimiques :

- Christian Amatore (ENS Paris), directeur de recherche au CNRS, spécialiste de l'étude électrochimique des processus élémentaires de la réactivité en chimie organométallique.

- Bernard Cabane, directeur de recherche au CNRS, spécialiste en physico-chimie des milieux dispersés. Il est directeur d'une unité mixte CEA-Rhône-Poulenc, (CNRS Gif-sur-Yvette).

LE PRIX HEINRICH EMANUEL MERCK 1993

Le lauréat du 3^e prix Heinrich Emanuel Merck de chimie analytique est le professeur Aviv Amirav de l'université de Tel Aviv (Israël). Le prix lui a été remis lors de la cérémonie d'Euroanalysis VIII à Edimbourg. En 1993, ce prix avait pour thème, l'analyse de composés organiques dans l'environnement, à finalité l'amélioration des conditions de vie humaine. Le professeur Amirav a décrit un nouveau concept de détection moléculaire basé sur les techniques impulsionsnelles à flamme, avec en application la conception et la mise en service d'un détecteur impulsionsnelle à flamme.

PRIX DE THÈSE DE L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE PAUL NEUMANN

Le lauréat est M. Dobler (université Louis Pasteur, Strasbourg) pour sa thèse sur les mécanismes de coalescence des latex.

Un second prix a été décerné à M. Espiard (université Claude Bernard, Lyon) pour sa thèse sur l'encapsulation de silices colloïdales par polymérisation en émulsion : latex filmogènes.

PRIX "SCIENCE POUR L'ART" 1993

"Science pour l'art" est un prix scientifique créé en 1988 par Moët Hennessy-

Louis Vuitton pour encourager la recherche dans les domaines où se révèle possible l'alliance de l'art, de la science et de l'industrie.

Parmi les lauréats 1993, nous relevons :

- Sir Samuel Edwards (Cavendish, Grande-Bretagne), 1^{er} Prix scientifique pour sa contribution aux théories actuelles sur les polymères, les gels, les colloïdes,

- Wolfgang Helfrich (Berlin, Allemagne), 1^{er} Prix innovation pour l'invention du dispositif d'affichage par cristaux liquides nématiques et de la dynamique des membranes biologiques,

- et trois Vinci d'honneur à des Français : Roland Lenormand de l'Institut Français du Pétrole (Étude du comportement des fluides dans des milieux poreux), Manuel Nunez-Regueiro du CRT BT/CNRS (diamants de fullerènes) et Pawel Pieranski du CNRS (cristaux liquides et colloïdes).

PRIX DU JEUNE CHERCHEUR DE LA VILLE DE LYON 1993

Pour matérialiser l'intérêt qu'elle porte à la recherche, la Ville de Lyon décernera à nouveau, deux prix de 30 000 F chacun :

- l'un dans le domaine des sciences de la vie, de la matière et de la technologie,

- l'autre dans le domaine des sciences humaines, littéraires, sociales, économiques et juridiques.

Dates limite de remise des dossiers de candidatures : 10 décembre 1993.

Renseignements : contacter le secrétariat de J.-M. Dubernard, adjoint au Maire, Hôtel de ville, place de la Comédie, BP 1065, 69205 Lyon Cedex 01. Tél. : 78.27.71.31, poste 30 86.

UN RÉSEAU EUROPÉEN DE COMMUNICATION ET D'INFORMATION SCIENTIFIQUE

Les membres fondateurs de l'ESICIN (European Science Communication and Information Network) sont les directeurs de communication des principaux instituts scientifiques d'Allemagne, d'Autriche, de Belgique, de France, de Norvège, des Pays-Bas, du Royaume-Uni, de Suède et de Suisse.

L'ESICIN a pour but d'améliorer la perception et la compréhension de la recherche par les citoyens européens et les leaders d'opinion. Participent, d'ores et déjà, à ce réseau pour la France, le CNRS, l'Ifremer, l'Inra et l'Inserm.

ASSOCIATION DE LA MONTAGNE SAINTE-GENEVIÈVE

En vue de développer les coopérations scientifiques, entre autres dans les domaines du cancer, l'École Normale Supérieure (Pr Guyon), l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (Pr de Gennes, prix Nobel de physique 1991), l'Institut de Biologie Physico-Chimique, Fondation Edmond de Rothschild (Pr Paoletti) et l'Institut Curie (Pr Burg) ont décidé de se fédérer au sein d'une association.

Cette association porte le nom de "Montagne Sainte-Geneviève". Elle a choisi pour président Hubert Curien, ancien ministre de la Recherche.

L'association développera des actions communes en recherche scientifique et médicale s'occupera de la formation et de l'enseignement, des activités sociales et culturelles et de l'acquisition et de la gestion d'intérêts communs. Une meilleure connaissance des laboratoires entre eux et, principalement, de leurs complémentarités est un des principaux objectifs de l'association.

BANQUES DE DONNÉES POUR L'INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE

Disponible en janvier 1994, cette base de données sera une source rapide d'information sur les nouveaux composés biologiquement actifs, leur synthèse et les intermédiaires. Les données sont extraites de brevets, de la littérature et de conférences. Ce nouveau service sera disponible par Oracle ou ISIS/Base, ChemBase ou MACCS-II. Les nouveautés seront envoyées toutes les semaines sur disquette ou via ISDN ou Internet.

Dominic Edwards, Derwent Publications Ltd., 14, Great Queen Street, London, WC2B 5DF, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (71) 344 2800. Fax : +44 (71) 344 2821.

Fiche logiciel n°4*

TSAR

Auteurs et/ou diffuseurs : **Oxford Molecular SA**

RESSOURCES

TSAR est opérationnel sur les stations Unix suivantes :

- Silicon Graphics tous modèles
- Hewlett-Packard 9000 série 700
- IBM Risc/6000 (avec bibliothèque Phigs et run-time Fortran)

Pour toutes ces stations de travail, une carte graphique 24 bits/Z-buffer est recommandée

RÉALISATION

Auteurs :

Dr R. Lahana (Centre de Recherche Pierre Fabre et Oxford Molecular), Prof. G. Grassy (Centre de Biologie Structurale de Montpellier), Dr T. Koscielniak (OMSA, Palaiseau), Dr J. Woods (Oxford Molecular, Oxford)

Langage utilisé : Fortran, C

Volume des instructions : supérieur à 100 000 lignes

Org. ayant participé au financement : CRPF, OML

Date de la dernière version : juillet 1993

État du logiciel : progiciel

Version de démonstration : version bridée

DIFFUSION

Oxford Molecular SA - Tél. : (1) 69.33.35.90

Nature de la diffusion : commerciale

Support de diffusion : cartouche 150 MB ou DAT 4 mm

Format : binaire

Suivi du produit : assistance, maintenance et formation assurées. Télémaintenance possible par réseau. Une version majeure par an + une version intermédiaire par trimestre. Collaborations envisageables

Conditions financières : les prix sont fonction de la machine. Conditions spéciales pour les sites académiques (universités, CNRS, Inserm, écoles, etc.)

Obligations de l'acquéreur : licence d'utilisation

Particularités techniques de l'installation : installation assurée par la société ou par l'utilisateur. La bande contient un utilitaire d'installation automatique

Références d'installation : - France : Synthelabo, Fabre, Ibesis, Fournier, etc., plusieurs dizaines d'universités- Étranger : Glaxo, Smith Kline Beecham, Pfizer, Hoffmann Laroche, etc., plusieurs dizaines d'universités...

Nombre d'installations : supérieur à 100.

DOCUMENTATION

Manuel d'utilisation, plaquette de présentation, jeux de tests.

ADRESSES

Oxford Molecular SA - X-Pole, École polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex. Tél. : (1) 69.33.35.90. Fax : (1) 69.33.30.41.

Oxford Molecular Ltd - The Magdalen Centre, Oxford Science Park, Sandford on Thames, Oxford OX4 4GA, UK. Tél. : +44 865.784.600. Fax : +44 865.784.601.

Oxford Molecular GmbH - Am Sportplatz 8, D-6108 Weiterstadt, Allemagne. Tél. : +49 6150.52.654. Fax : +49 6150.52.654.

Oxford Molecular Inc - 744 San Antonio Road, Suite 27 Palo Alto, CA 94 303, USA. Tél. : +1 415.494.6274. Fax : +1 415.494.7140.

Fiche logiciel n° 4 - suite

TSAR

MOTS CLÉS

Relations structure-activité
 QSAR
 Statistiques multivariées
 Pharmacophores
 Descripteurs topologiques

DÉFINITION

TSAR (Tools for Structure Activity Relationships) est un produit intégrant toutes les fonctionnalités nécessaires pour traiter des problèmes de relations structure-activité, au travers d'un tableur moléculaire puissant et convivial.

DESCRIPTION

TSAR est constitué des cinq blocs fonctionnels suivants :

- Tableur moléculaire : il permet de manipuler aisément à la fois des données numériques ou alphanumériques et des structures moléculaires. Celles-ci sont soit des molécules, soit des groupes fonctionnels (substituants) associés à une molécule générique. On peut visualiser jusqu'à 5 substituants par molécule. Il est également possible d'importer toute série de valeurs sauvegardée dans un fichier ASCII et d'appliquer des fonctions mathématiques sur les colonnes

- Générateur de descripteurs : pour une molécule ou un substituant, on peut calculer une large variété de descripteurs topologiques, tels que les indices de Kier et les autocorrélogrammes de Moreau. D'autres descripteurs permettent la mise en évidence de pharmacophores ou de tout un ensemble de caractéristiques tridimensionnelles, électroniques ou moléculaires (indices de Verloop, Sigma et Pi de Taft, surface, inertie, moment dipolaire, Log P, etc.)

- Analyse statistiques : régression multiple pas à pas, analyse discriminante pas à pas, analyse en composantes principales, PLS (partial least squares), classification hiérarchique, plus proches voisins, etc. Cross validation, détail des calculs sauvegardables

- Bases de données de substituants : de très nombreux groupements fonctionnels associés à des descripteurs venant de la littérature sont rassemblés en bases de données accessibles depuis le tableur. L'utilisateur peut créer ses propres bases ou enrichir celles existantes

Visualiseur : nombreux types d'affichage (courbes, tracés 2D ou 3D, nuages de points, dendogrammes, etc.) avec codages de couleurs ajustables en fonction de n'importe quelle colonne du tableur et outils d'analyse graphique des résultats

TSAR peut importer des molécules suivant plusieurs formats (MAD, PDB, CSSR, Tripos molfiles, MDL molfiles et SD files) et complète donc parfaitement n'importe quel programme de modélisation

TSAR inclut une interface complète avec ASP, le programme de similitude moléculaire développé par le Prof. Graham Richards et diffusé par Oxford Molecular

Autres produits complémentaires diffusés par Oxford Molecular :

- Cobra : analyse conformationnelle automatique par intelligence artificielle. Conversion 2D/3D d'une chaîne Smiles

- ASP : similitude moléculaire quantitative

- Anaconda : comparaisons de propriétés de surfaces par projection gnomonique

- Proquantum : package de mécanique quantique complet, permettant entre autres l'évaluation de la réactivité et des caractéristiques spectroscopiques d'une molécule. Interfaces avec Mopac V6, Ehprop et Cadpac

- Proexplores : prédiction de structure secondaire, alignements multiples de séquences et homologie

- Prosimulate : simulation par dynamique moléculaire de macromolécules ou de petites molécules. Très nombreuses fonctionnalités. Les moteurs interfacés sont Gromos et Amber

- Mad : progiciel de modélisation moléculaire généralistes, permettant la construction, la manipulation, l'analyse conformationnelle et le calcul de propriétés physico-chimiques de molécules

- Iditis : base de données relationnelle de structures de protéines.

- ABM : modélisation d'anticorps (de la séquence à la structure tridimensionnelle)

- Nemesis : logiciel de modélisation pour Macintosh et PC/Windows

Sécurité et prévention

III - Approche chimique de la toxicologie

A - La toxicochimie organique

André Picot *

■ DÉFINITION DE LA "TOXICOCHIMIE"

La toxicochimie, discipline à l'interface de la chimie et de la toxicologie, permet d'aborder sous l'aspect moléculaire la prévision de la toxicité d'un produit chimique xénobiotique [1].

Étudiant les interactions moléculaires entre les substances xénobiotiques et les cibles biologiques, la toxicochimie nécessite une approche pluridisciplinaire associant la chimie et la toxicologie comme l'indique le schéma 1.

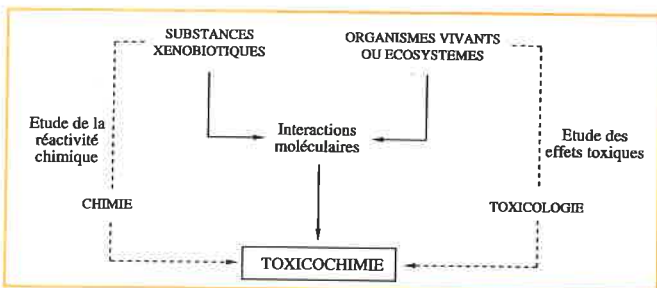


Schéma 1

Conditions de l'expression de la toxicité

Globalement, l'action toxique d'un produit donné, depuis son introduction dans l'organisme (phase d'exposition) jusqu'à l'effet observé (phase toxicodynamique), peut se résumer en trois grandes étapes dans lesquelles la capacité de métabolisation (phase toxicocinétique) joue un rôle essentiel [2] :

- une phase d'exposition durant laquelle le produit xénobiotique se présente sous une forme absorbable (gaz, aérosols, vapeurs, liquides, solides...);
- une phase toxicocinétique qui correspond à l'absorption du produit selon des voies variables suivie de sa redistribution dans l'organisme, en particulier par la voie sanguine. Si le produit n'est pas directement éliminé tel quel, il peut subir une métabolisation enzymatique qui le transforme en un ou plusieurs métabolites hydrosolubles qui sont ultérieurement excrétés ;

– une phase toxicodynamique durant laquelle le xénobiotique lui-même : le toxique direct ou le toxique "ultime", provenant soit de l'hydrolyse directe du xénobiotique soit de sa métabolisation (métabolite réactif), interagit avec les cibles biologiques.

A part les toxiques directs qui agissent tels quels (produits corrosifs, irritants, alkylants directs, toxines, toxiques inhibiteurs de systèmes enzymatiques comme l'acide cyanhydrique...), la plupart des composés xénobiotiques nécessitent, pour devenir toxiques, l'intervention d'enzymes de métabolisation [3].

Cette biotransformation, qui est sous la dépendance de facteurs génétiques (révélés par la grande susceptibilité individuelle vis-à-vis des toxiques), peut faire apparaître des entités intermédiaires réactives qui présentent, le plus souvent, une grande affinité pour les électrons (entités électrophiles telles que les cations, les radicaux libres, les molécules neutres électrophiles...) : ce sont les toxiques ultimes. Un cas particulier est celui des composés instables dans l'eau. Ceux-ci, en présence de l'eau cellulaire, ou des milieux biologiques, s'hydrolysent en formant le toxique ultime. Le schéma 2 résume ces différentes possibilités.

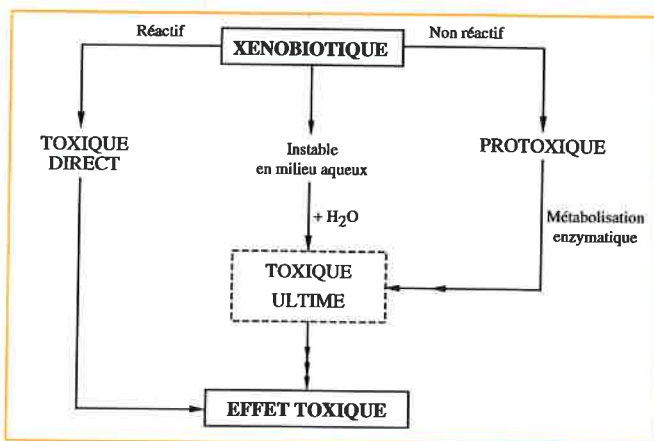


Schéma 2

*UPS 831 Prévention du Risque Chimique, ICSN, CNRS, 91198 Gif sur Yvette Cedex. Tél. : (1) 69.82.30.65. Fax : (1) 69.07.72.47.

Beaucoup de produits organiques sont lipophiles, c'est-à-dire solubles dans les graisses. Leur destinée dans l'organisme est conditionnée par leur capacité à franchir les différentes barrières lipoprotéiques puis à être pris en charge par les systèmes de métabolisation localisés principalement dans les membranes du réticulum endoplasmique lisse.

En règle générale, les produits lipophiles se répartissent dans les organes les plus riches en lipides (phospholipides) de l'organisme (système nerveux, cœur, moelle osseuse...).

Au niveau du système nerveux ces molécules xénobiotiques perturbent la transmission de l'influx nerveux, d'où des phénomènes d'excitation (ébrioité...) puis de dépression (anesthésie, narcose...) pouvant aboutir à la mort.

Il ne semble pas exister de relations évidentes entre la structure chimique d'un xénobiotique donné et sa fixation plus sélective dans un tissu riche en graisse. Il y a dans ce domaine des variations individuelles très importantes. Ainsi, la fixation des solvants lipophiles dans les graisses de soutien varie selon le sexe de l'individu : les femmes (20 % de graisses de soutien en moyenne) retenant plus les produits liposolubles que les hommes (en moyenne 10 % de graisses de soutien).

Mis à part quelques xénobiotiques très liposolubles comme les composés organochlorés : dichlorodiphényltrichlorométhane (DDT), hexachlorocyclohexane (HCH), hexachlorobenzène (HCB), polychlorodibenzodioxines (PCDD), polychlorodibenzofuranes (PCDF), ainsi qu'à un degré moindre divers solvants chlorés : dichlorométhane (chlorure de méthylène), trichloroéthylène (trichlo), tétrachloroéthylène (perchloréthylène ou perchlo), etc, qui sont stockés partiellement dans les graisses de soutien, la majorité des composés liposolubles sont pris en charge par les systèmes enzymatiques de métabolisation en vue de les transformer en composés plus hydrosolubles [3].

Généralement cette hydrosolubilisation nécessite deux étapes consécutives : une première étape dite de fonctionnalisation fait apparaître sur la molécule de départ un groupe fonctionnel polaire (alcool, phénol, ...). Le métabolite primaire ainsi formé n'est généralement pas assez hydrosoluble et, dans une seconde étape dite de conjugaison ou de transfert, ce métabolite primaire fixe, sur la fonction réactive formée, une petite molécule endogène (acide sulfurique, acide glucuronique), susceptible de donner un sel alcalin hydrosoluble. C'est ce métabolite final qui est excrété par l'intermédiaire des reins dans les urines. Ces métabolites finals qui se retrouvent ainsi dans les urines sont susceptibles d'y être dosés, ce qui permet de déterminer le taux d'élimination urinaire d'un xénobiotique liposoluble ayant pénétré dans l'organisme.

Les relations éventuelles entre la structure d'un xénobiotique donné et sa capacité à être "biotransformé" en métabolites hydrosolubles ne semblent pas évidentes.

Au cours des réactions de détoxication peuvent apparaître des intermédiaires dont la réactivité est suffisamment grande et la durée de vie assez longue pour permettre leur liaison covalente avec les macromolécules cellulaires. Les macromolécules vitales ainsi modifiées peuvent ne plus assurer leur fonction, ce qui peut entraîner une dégradation cellulaire. Selon le type de macromolécule attaquée par ces intermédiaires réactifs, on observe des effets toxiques variables à long terme. Ainsi, la

dégradation des lipoprotéines des biomembranes peut entraîner une nécrose cellulaire.

La modification des glycoprotéines à la surface des membranes peut conduire à l'apparition d'atteintes immunologiques comme les réactions d'hypersensibilité (allergies) immédiates ou retardées. Mais ce sont les atteintes portant sur les acides nucléiques et, en particulier, sur l'ADN qui peuvent être les plus lourdes de conséquence. La modification de l'ADN peut aboutir à une mutation qui, si elle n'est pas éliminée ou si elle est mal réparée, conduit au démarrage d'un processus tumoral.

Si l'atteinte de l'ADN s'effectue durant la période embryonnaire, on peut aboutir à l'apparition de malformations au niveau de la descendance, ce sont les effets tératogènes.

En résumé, l'apparition d'un processus toxique à long terme est variable selon les cibles biologiques atteintes : nécrose cellulaire touchant plus ou moins sélectivement un organe donné, effets immunotoxiques ou génotoxiques, le tout pouvant aboutir à la mort cellulaire.

La prévision de la toxicité des produits xénobiotiques doit donc associer, d'une part, des informations liées à leur "bio-disponibilité" (phase toxicocinétique) et, d'autre part, des données sur l'interaction de l'entité réellement responsable de l'effet toxique ultime avec sa cible (phase toxicodynamique) (schéma 3).

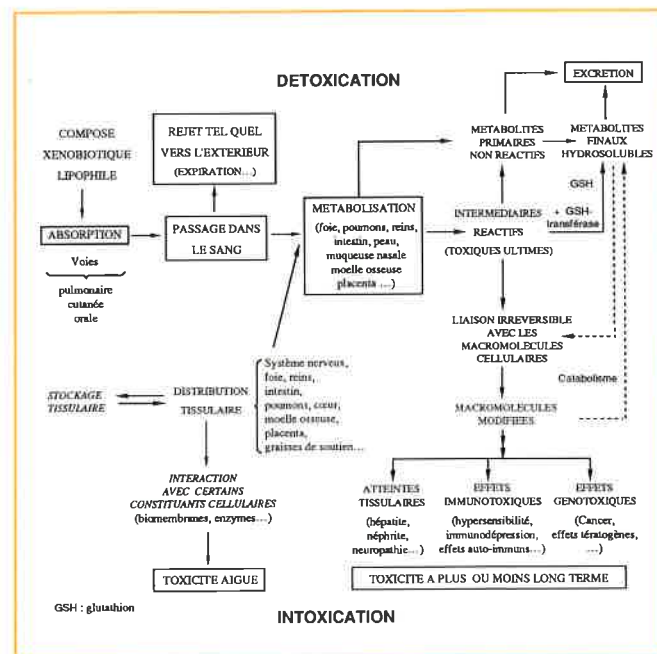


Schéma 3

Notion de "toxicophore"

Une approche relativement simple permettant de rendre compréhensible les relations entre la structure chimique d'une molécule donnée et son activité toxique est de rechercher sur celle-ci la présence ou non d'un toxicophore [1].

Le toxicophore peut se reconnaître au fait que toute modulation chimique qu'il va subir modifie ou supprime totalement son activité toxique tandis que son transfert sur une molécule

quelconque a des chances de conférer à cette dernière l'activité toxique. En revanche, les autres modulations chimiques apportées à la molécule ailleurs que sur le toxicophore ne doivent pas altérer l'activité qualitative mais seulement l'intensité d'action.

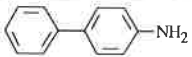
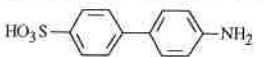
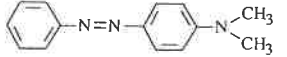
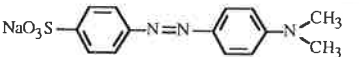
Pour les composés qui nécessitent, pour devenir toxiques, une métabolisation dans l'organisme et que l'on peut qualifier de "protoxiques", on peut ainsi rechercher la présence d'un "protoxicophore" dont l'activation enzymatique conduit ultérieurement à un groupement "toxicophore". Cette notion de toxicophore comme celle de pharmacophore (partie de la molécule porteuse de l'activité thérapeutique), dont elle est un cas particulier, est à interpréter avec la plus grande prudence et il faut se garder de toute généralisation excessive.

A titre d'exemple, l'introduction d'une fonction sulfonique sur le noyau d'une amine aromatique (arylamine) peut supprimer toute activité génotoxique, vraisemblablement en rendant le composé hydrosoluble et donc inaccessible aux enzymes de métabolisation liposolubles [2]. Ainsi le 4-aminobiphényle, cancérigène vésical puissant, est rendu non génotoxique par introduction d'une fonction acide sulfonique en position para [4] (tableau 1).

Par contre, dans le cas du 4-diméthylaminoazobenzène ou jaune de beurre, colorant liposoluble mutagène et hépatocancérigène, l'introduction en para d'un groupe acide sulfonique (sous forme de son sel de sodium) conduit à un colorant hydrosoluble, l'hélianthine ou méthyl orange (indicateur coloré) qui présente encore une activité mutagène mais n'est plus cancérigène en expérimentation animale [5] (tableau 1).

Ces notions de toxicophore et de protoxicophore, que nous avons proposées en 1984 [1], peuvent permettre, dans une série chimique donnée, une certaine approche des relations entre la structure chimique et la toxicité, en particulier la toxicité à long terme (effets mutagènes, cancérigènes, tératogènes, immunotoxiques ou organotoxiques).

Tableau 1

GENOTOXIQUE STRUCTURE	ACTIVITE	
	mutagène (test d'Ames)	cancérigène (expérimentation animale)
 4-Aminobiphényle	+	+
 Acide 4-aminobiphényle-4'-sulfonique	-	-
 4-Diméthylaminoazobenzène (jaune de beurre)	+	+
 4-Diméthylaminoazobenzène-4'-sulfonate de sodium (hélianthine)	+	-

EXEMPLES D'APPLICATION DE LA TOXICOCHIMIE

L'hexane, solvant neurotoxique périphérique et ses produits de remplacement

Parmi les solvants hydrocarbonés de la série des alcanes (hydrocarbures linéaires non ramifiés), il est surprenant de constater que seul l'hexane (composé à 6 atomes de carbone) est doué de propriétés neurotoxiques périphériques puissantes. Cette toxicité se manifeste par une paralysie progressive des membres (polynévrite)[6].

En expérimentation animale, au cours d'intoxication à long terme, on observe une dégénérescence de la partie terminale des nerfs longs, d'où la suppression de la conduction nerveuse (schéma 4).

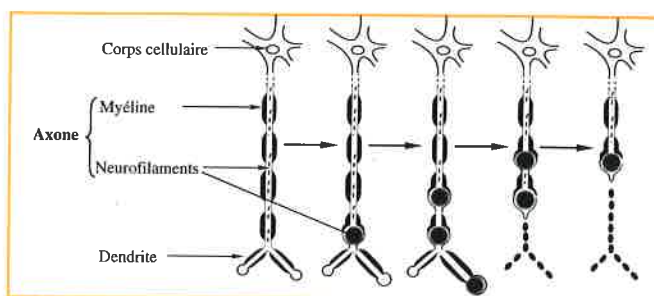


Schéma 4

En comparant les formules développées des alcanes de C5 à C7, on ne peut prévoir que seul l'hexane est un neurotoxique périphérique. C'est donc au niveau de la transformation dans l'organisme de ces composés qu'il faut rechercher une différence [3].

Les alcanes, composés très liposolubles, doivent pour être éliminés de l'organisme subir une métabolisation qui les transforme en composés hydrosolubles (métabolites) que l'on retrouve dans les urines. Classiquement, cette biotransformation s'effectue en deux étapes successives (schéma 3). L'une va, par oxydation sélective de l'avant dernier atome de carbone (position $\omega-1$), transformer l'alcane en un alcool secondaire (alcan-2-ol). Cet alcool, pas assez hydrosoluble pour être éliminé tel quel, nécessite le transfert sur son groupe hydroxyle de petites molécules endogènes très polaires, comme l'acide glucuronique (dérivé du glucose) ou l'acide sulfurique, qui sont au préalable activées sous forme de dérivés phosphorés. Ce sont ces glucuronides et ces sulfates sous forme de sels alcalins que l'on retrouve dans les urines et qui peuvent servir dans certains cas d'indicateurs biologiques d'une intoxication (schéma 5), dosages mis en application dans les techniques de surveillance biologique (biomonitoring).

C'est ainsi que sont éliminés des alcanes comme le pentane, l'heptane et, pour une faible part, l'hexane. En fait, dans le cas de l'hexane, l'hexan-2-ol formé lors de la première étape d'oxydation, au lieu d'être éliminé par conjugaison, est pris en charge par diverses enzymes qui le transforment par l'intermé-

dière de l'hexane-2-one (méthylbutylcétone) en hexane-2,5-dione, métabolite ultime, responsable de la neurotoxicité [6] (schéma 6).

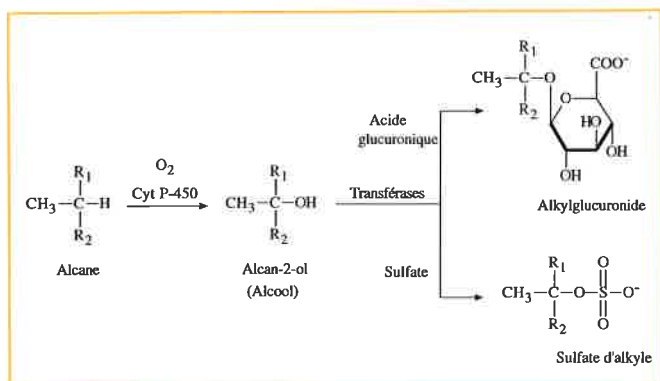


Schéma 5

A titre de comparaison, chez le rat, l'hexane-2,5-dione est 3,3 fois plus neurotoxique que l'hexane-2-one (méthylbutylcétone) et 38 fois plus neurotoxique que l'hexane.

Chez l'homme, l'hexane-2,5-dione est le métabolite principal que l'on retrouve dans le sang et les urines et c'est l'agent responsable des polynévrites observées lors de l'intoxication à long terme par l'hexane ou l'hexane-2-one [6].

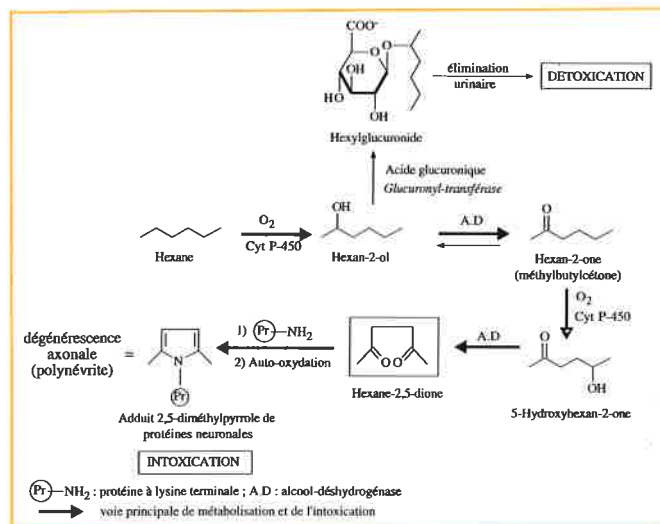


Schéma 6

L'hexane-2,5-dione, comme les autres 1,4-diones, peut réagir selon une réaction de Paal-Knorr avec une fonction amine primaire terminale de certains constituants de la cellule nerveuse (protéines...) en formant un hétérocycle pyrrolique, ce qui peut entraîner une dénaturation de ses structures vitales, vraisemblablement après auto-oxydation (schéma 7).

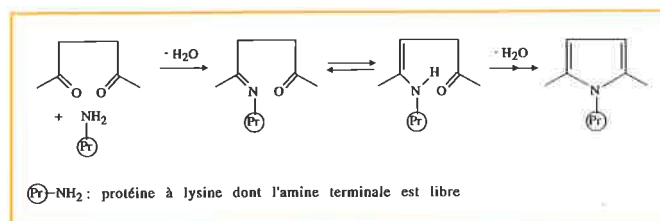


Schéma 7

Cette hypothèse, émise par A. Picot en 1979 [3], a été confirmée en 1981 par l'isolement de protéines de neurofilaments dont les fonctions amines terminales libres des restes lysine sont bloquées sous forme de dérivés pyrroliques [7].

Comme on pouvait le prévoir, le pentane (n = 2) et l'heptane (n = 4) qui ne conduisent pas après métabolisation à des composés 1,4-dicétoniques du type hexane-2,5-dione, ne sont pas des neurotoxiques périphériques.

Cette différence de toxicité provient bien d'une déviation de la métabolisation de l'hexane vers un métabolite neurotoxique qui contient un toxicophore 1,4-dicétonique (schéma 8).

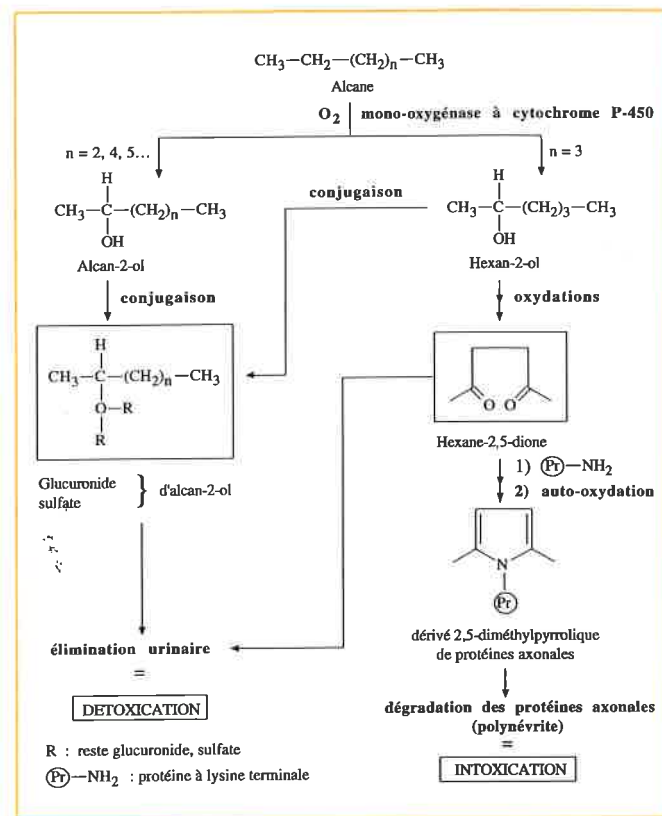
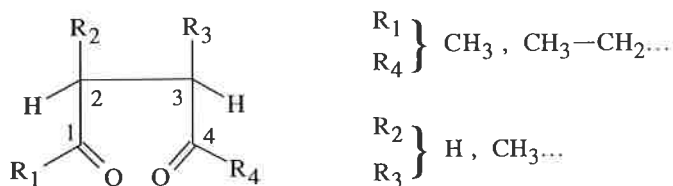


Schéma 8

On peut considérer une 1,4-dione comme le toxicophore responsable de la neurotoxicité périphérique de l'hexane et des différents métabolites intermédiaires qui aboutissent à l'hexane-2,5-dione.

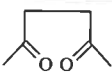
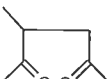
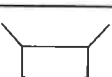



"Toxicophores" 1,4-dione

La mise en évidence de relations structure-activité toxique est particulièrement intéressante dans la série des 2,4-diones.

En prenant pour référence la neurotoxicité périphérique de l'hexane-2,5-dione, l'expérimentation chez le rat a permis de quantifier le pouvoir neurotoxique de quatre homologues méthylés de l'hexane-2,5-dione (tableau II).

Tableau II

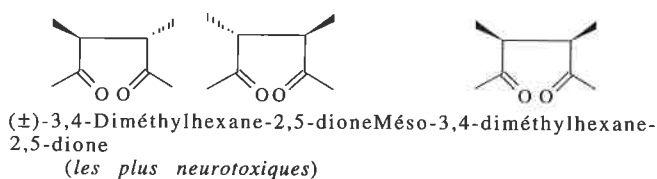
Hexane-2,5-diones	Formules développées	Neurotoxicité
Hexane-2,5-dione		1
3-Méthylhexane-2,5-dione		3,5
3,4-Diméthylhexane-2,5-dione		2,3
3,3-Diméthylhexane-2,5-dione		0

Si l'adjonction d'un méthyle en position 3 sur l'hexane-2,5-dione augmente sensiblement (3,5 fois) la neurotoxicité périphérique, l'addition de deux méthyles, respectivement en position 3 et 4, accroît de plus de 20 fois (23 fois) cet effet. Dans ce dernier cas on observe chez le rat une paralysie totale des membres en 4 semaines. L'étude histologique des neurones des nerfs longs (sciatique...) ainsi touchés montre que ce sont les zones du neurone situées près du corps cellulaire qui subissent des altérations structurales, ce qui contraste avec l'atteinte distale observée avec l'hexane-2,5-dione (schéma 4).

Comment expliquer cet accroissement de la neurotoxicité observée expérimentalement avec ces deux homologues méthylés de l'hexane-2,5-dione ? L'étude cinétique de la réaction de Paal-Knorr entre des amines primaires et diverses hexane-2,5-diones substituées montre une nette augmentation de la vitesse de formation de pyrroles dans le cas de la 3,4-diméthylhexane-2,5-dione (accélération due à l'effet inducteur +I apporté par les deux groupes méthyles).

De même in vivo, la formation de dérivés du diméthyl-2,5-pyrrole doit être favorisée dans le cas de la 3,4-diméthylhexane-2,5-dione, augmentant de ce fait l'effet neurotoxique observé.

Par ailleurs, la vitesse de formation du 2,3,4,5-tétraméthylpyrrole est plus rapide avec le racémique (±)-3,4-diméthylhexane-2,5-dione qu'avec la méso-3,4-diméthylhexane-2,5-dione. Ceci est en accord avec l'apparition chez le rat de paralysie des nerfs longs trois fois plus rapidement avec les isomères du racémique qu'avec l'isomère méso.



L'absence d'action neurotoxique périphérique avec la 3,3-diméthylhexane-2,5-dione peut s'interpréter par l'impossibilité de former un noyau pyrrole, s'il n'y a pas au moins un hydrogène sur le carbone en position 3. La formation d'une énamine sur le carbone 1 est envisageable à partir de l'imine intermé-

diaire, mais les étapes ultérieures ne peuvent pas aboutir à un noyau pyrrole, comme dans le cas des composés possédant un hydrogène libre en position 3 (schéma 9).

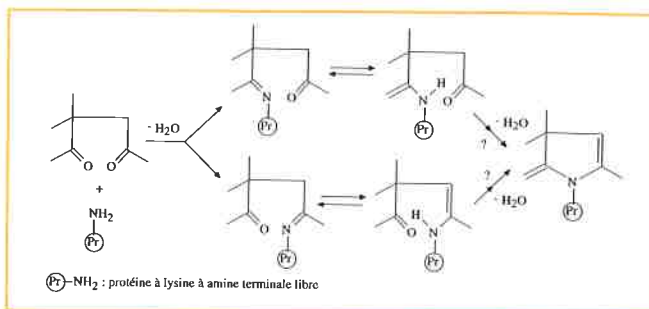


Schéma 9

Tous ces résultats mettent en évidence qu'en plus du groupe dicétonique en 2,5, il est nécessaire qu'une l'hexane-2,5-dione substituée possède sur ses carbones 3 et 4 au moins un hydrogène libre pour pouvoir former un noyau pyrrole. Ainsi la 3,4-diméthylhexane-2,5-dione, en présence d'une amine primaire forme facilement un composé de type 2,3,4,5-tétraméthylpyrrole comme l'indique le schéma 10.

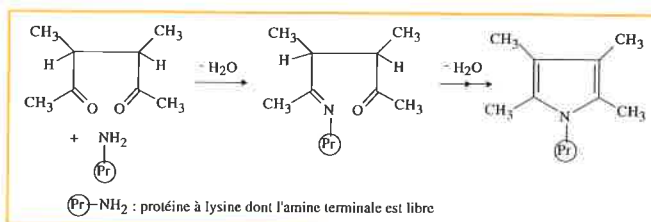


Schéma 10

Il est probable que la neurotoxicité périphérique observée avec l'hexane-2,5-dione et ses dérivés méthylés en 3 et diméthylés en 3,4 procède par des mécanismes similaires. Ceux-ci doivent faire intervenir la formation par réaction de Paal et Knorr d'un 2,5-diméthylpyrrole à partir de la fonction amine libre d'une lysine terminale des protéines neuronales.

L'étude du mécanisme de la réaction de Paal-Knorr entre l'hexane-2,5-dione, ou ses produits de substitution, et une amine primaire semble privilégier la formation rapide d'un hémiaminal (carbinolamine) qui se cycliserait dans une étape lente en 2,5-dihydroxypyrrolidine substituée. Cette dernière se déshydrate en énamine puis finalement en 2,3-diméthylpyrrole 3,4-disubstitué (schéma 11).

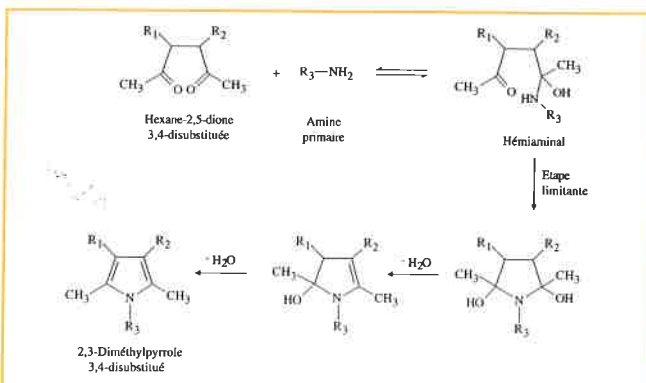


Schéma 11

Un tel mécanisme permet d'expliquer la cyclisation plus facile des isomères du racémique par rapport à l'isomère méso dans la série de la 3,4-diméthylhexane-2,5-dione.

Il faut remarquer que les pyrroles substitués ainsi formés sont très sensibles aux réactions d'auto-oxydation dont certaines peuvent in vivo participer aux réactions de pontage entre les neurofilaments et à l'apparition de pigments orangés au niveau des neurones traités par l'hexane-2,5-dione.

Dans la famille des composés dicarbonylés, des 1,2-diones (α -diones) aux 1,5-diones (δ -diones), seules les 1,4-diones (γ -diones) sont capables de former avec les amines primaires des hétérocycles stables, en l'occurrence un pyrrole. Ce sont aussi les seules diones qui sont des neurotoxiques périphériques (tableau III).

Tableau III

Dicétones	a	b	g	d
Structure				
Neurotoxicité	-	-	+	-

Ainsi l'heptane-2,5-dione et l'octane-3,6-dione présentent chez le rat une neurotoxicité similaire à celle observée avec l'hexane-2,5-dione. Selon l'hypothèse du toxicophore, il est probable que la nonane-2,5-dione et la nonane-3,6-dione soient aussi des neurotoxiques périphériques (tableau IV).

Tableau IV

Hexane-2,5-dione	Heptane-2,5-dione	Octane-3,6-dione
Nonane-2,5-dione	Nonane-3,6-dione	

En résumé, dans cette approche toxicochimique, pour être un bon toxicophore capable de provoquer des neuropathies périphériques il est indispensable que l'enchaînement 1,4-dicétonique possède au moins un atome d'hydrogène sur chacun des carbones (en 2 et 3) situés entre les deux groupes carbonylés.

L'étude expérimentale de la neurotoxicité périphérique de l'hexane-2,5-dione et de ses dérivés méthylés montre qu'il est parfois possible d'établir certaines relations entre la structure de composés, dans une famille déterminée, possédant un toxicophore caractéristique et une toxicité spécifique.

Mais dans la pratique, comment mettre en application ces concepts théoriques ?

L'exemple de la recherche d'un solvant de remplacement pour l'hexane qui est un neurotoxique périphérique chez l'homme est tout à fait caractéristique.

Dans le choix d'un solvant de remplacement, il est indispensable de prendre en compte les critères physico-chimiques, en particulier la volatilité. Celle-ci en effet joue un rôle primordial dans l'inflammabilité d'une substance donnée.

Dans le cas des alcanes, composés hydrocarbonés très inflammables, il est préférable de sélectionner comme solvant de remplacement de l'hexane ($E_b = 69^\circ\text{C}$ sous 760 mm) plutôt l'heptane ($E_b = 98,5^\circ\text{C}$ sous 760 mm) que le pentane ($E_b = 36^\circ\text{C}$ sous 760 mm) qui est lui très volatil.

Les essences spéciales comme les éthers de pétrole dont certains contiennent beaucoup d'hexane (essence C...) sont à déconseiller.

Il faut remarquer que la cyclisation de l'hexane en cyclohexane ($E_b = 80,7^\circ\text{C}$ sous 760 mm) supprime toute neurotoxicité périphérique.

Dans le milieu du travail, le remplacement de l'hexane peut facilement être entrepris.

Le pentane, l'heptane ou le cyclohexane sont de bons substitués mais il faut tenir compte des conditions climatiques lors de leur utilisation (le pentane est à déconseiller dans les pays chauds, tandis que le cyclohexane qui cristallise facilement à basse température doit être additionné d'une petite quantité de méthylcyclohexane afin de diminuer le point de congélation du mélange).

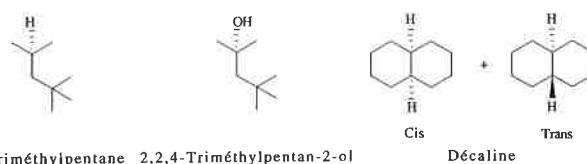
D'autres facteurs doivent aussi intervenir dans les critères de choix : coût, facilité d'approvisionnement ...

Les alcanes néphrotoxiques

En expérimentation animale, chez le rat mâle, l'exposition à des mélanges d'hydrocarbures saturés renfermant des alcanes ramifiés (isoparaffines) entraîne l'apparition d'atteintes rénales particulières (dégénérescence des tubes contournés avec dépôts hyalins de nature protéique) [10]. L'iso-octane (2,2,4-triméthylpentane) et divers cyclanes comme la décaline provoquent aussi spécifiquement chez le rat mâle des atteintes rénales identiques [11].

Aucune corrélation entre la structure de ces alcanes et les propriétés néphrotoxiques observées chez le rat mâle (et non chez le rat femelle) n'a été jusqu'à présent mise en évidence. Éventuellement, elle pourrait faire intervenir des voies de métabolisation entraînant l'accumulation dans les tubules rénaux de métabolites ultimes, qui s'associeraient avec une protéine rénale : l' α -2 microglobuline ou α -2 μ globuline qui est spécifique du rat mâle [11] (schéma 12).

Dans le cas de l'iso-octane, c'est le 2,2,4-triméthylpentan-2-ol, le métabolite principal, qui forme un complexe avec l' α -2 μ globuline.

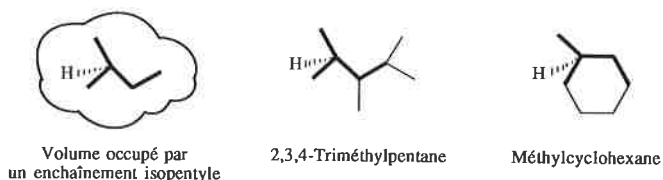


Chez des travailleurs en contact avec des produits pétroliers, des atteintes rénales (glomérulo-néphrites, cancers...) ont été décrites sans qu'aucune corrélation précise avec la nature des composés, éventuellement néphrotoxiques, n'ait pu être jusqu'à présent établie [11f, 11g].

Néanmoins des études préliminaires de relations structure-activité [11f, 11g] semblent indiquer que la capacité d'associa-

tion (réversible) de ces structures avec l' α -2 μ globuline dépend, pour une part, d'interactions hydrophobes (nécessité d'une région hydrophobe occupant l'espace d'un enchaînement isopentylique) et, d'autre part, d'interactions de type "pont hydrogène" (liaison forte avec le 2,2,4-triméthylpentan-2-ol).

Expérimentalement, d'autres hydrocarbures, aliphatiques comme le 2,3,4-triméthylpentane ou cycliques comme le méthylcyclohexane, entraînent chez le Rat mâle l'apparition de dépôts hyalins de nature protéique ce qu'une approche structure-activité simplifiée avait pu prédire [11f].



Avec l'exemple des alcanes doués de propriétés néphrotoxiques, on peut mesurer la difficulté d'établir des relations simples entre la structure chimique et une activité toxique donnée. Ainsi, en expérimentation animale, l'espèce, le sexe, les facteurs nutritionnels, etc., interviennent parfois de façon prépondérante, surtout au niveau de la biotransformation d'un xénobiotique. Dans ces conditions, toute extrapolation se fera avec beaucoup de prudence, même dans une série analogue.

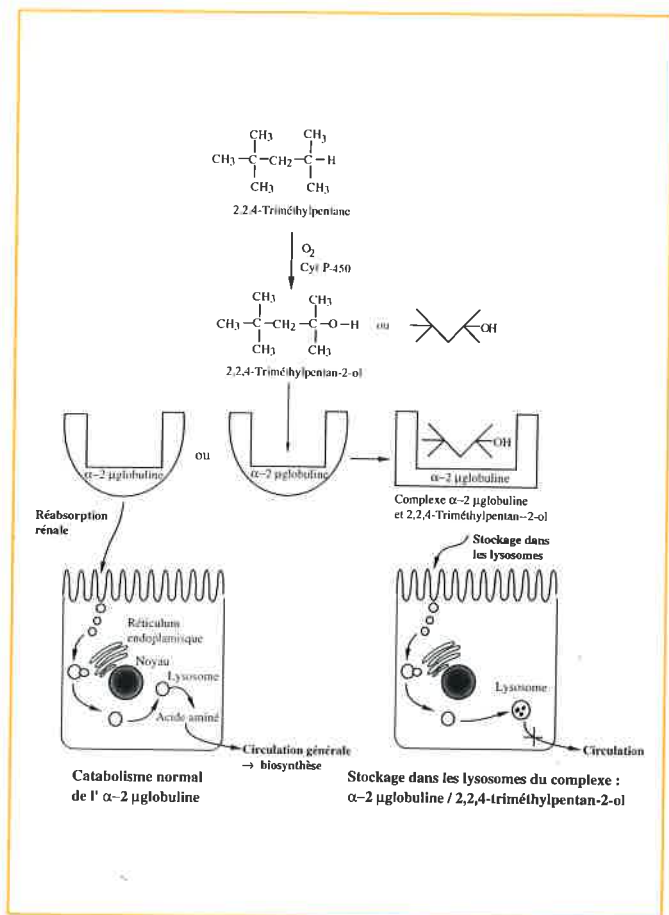


Schéma 12

La benzidine, cancérigène vésical et ses produits de remplacement

La benzidine est l'un des produits les mieux connus parmi les amines aromatiques, famille qui constitue les matières premières de base de la synthèse des colorants azoïques (les colorants à l'aniline) [13]. Ainsi, la benzidine est le produit de base de plus de 250 colorants, mais actuellement son utilisation est soumise à de sévères réglementations dans de nombreux pays, en particulier aux États-Unis et son usage industriel tend à diminuer.

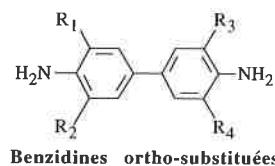
Dans les laboratoires, la benzidine est encore utilisée comme réactif de révélation : en chimie (détection de l'eau oxygénée, du chlore, des cyanures, des sulfates, des sucres...), en biochimie (révélation des peroxydases...), en clinique (révélation des traces de sang...). Même certaines manipulations de travaux pratiques mettent en œuvre des révélations à la benzidine ou à ses dérivés (o-dianisidine, o-tolidine...) [14].

Or, il s'agit de l'un des cancérigènes humains les plus redoutables rencontrés dans les laboratoires. Comme d'autres amines aromatiques (2-naphtylamine, 4-aminobiphényle, o-tolidine...), la benzidine peut amener après des temps de latence très variables (de quelques mois à 15-20 ans ou plus) à l'apparition d'un cancer de la vessie particulièrement dramatique.

Son mode d'action est encore imparfaitement connu et semble procéder par divers mécanismes variables selon le lieu de métabolisation. Au niveau de la vessie, des systèmes enzymatiques à activité peroxydasique (peroxydases ou cyclo-oxygénase du métabolisme de l'acide arachidonique) oxydent l'un des atomes d'azote de la benzidine selon un mécanisme de type radicalaire (oxydation à un seul électron) [15].

Le premier intermédiaire de type cation-radical s'oxyde ultérieurement en entités réactives (diimines, nitrénium...) suspectées d'être responsables de la formation de liaisons covalentes solides avec les macromolécules (ADN...) des cellules épithéliales de la vessie, début du processus d'initiation de la cancérogénèse (schéma 13).

En encombrant suffisamment l'accès aux deux atomes d'azote de la benzidine, on peut envisager de perturber suffisamment l'accès des enzymes impliquées dans l'oxydation de ceux-ci et ainsi d'empêcher la formation des intermédiaires réactifs responsables de la toxicité.



L'adjonction d'un seul substituant sur chacun des noyaux aromatiques (R_1 et $R_3 = CH_3, OCH_3, Cl, NH_2...$) ne supprime pas l'activité génotoxique, les produits sont encore mutagènes et cancérigènes. Par contre, l'addition de deux substituants de part et d'autre des atomes d'azote, comme dans le cas de la 3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine (TMB) supprime l'activité mutagène et cancérogénèse tout en préservant sa capacité de détection des peroxydases ou des produits à activité peroxydasique (cytochrome P-450...) [16] (tableau 5).

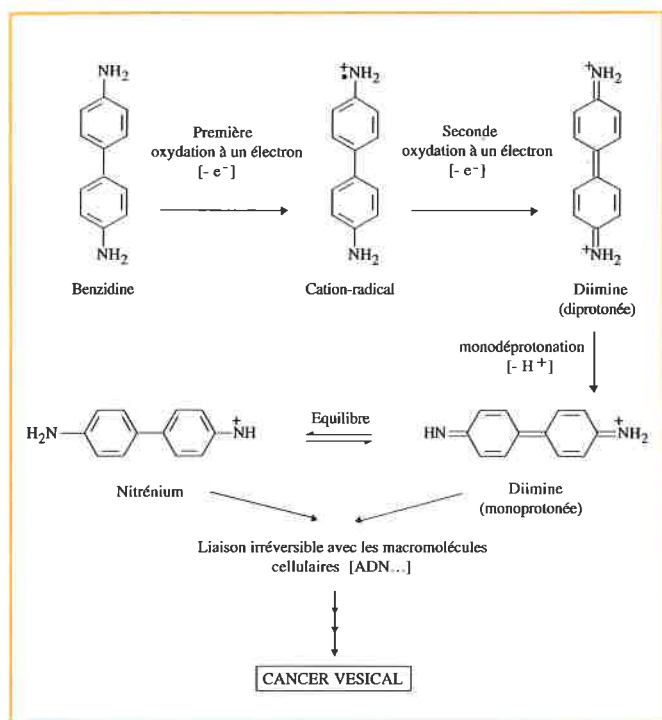


Schéma 13

Afin de préciser si l'encombrement autour des atomes d'azote est une condition suffisante pour supprimer l'activité génotoxique, des analogues tétrahalogénés en position ortho-ortho'

Tableau V

COMPOSE	ACTIVITE MUTAGÈNE	ACTIVITE CANCÉROGÈNE	DETECTION DES PEROXYDASES (sensibilité)
 Benzidine	+	++	++
 Ortho-tolidine	+	++	+++
 3,3',5,5'-Tétraméthylbenzidine	-	-	+++

ont été synthétisés, leur activité mutagène testée [17] et des voies de bioactivation proposées (schéma 14).

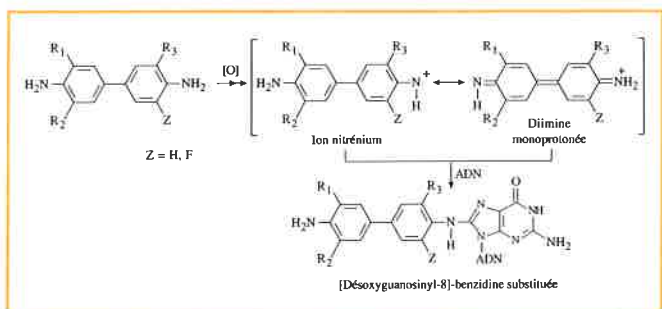


Schéma 14

Alors que les dérivés tétrachlorés et tétrabromés en position 3,3',5,5' sont inactifs tout comme le dérivé tétraméthylé, par

contre le dérivé tétrafluoré montre une activité mutagène, dans certains tests d'Ames, égale à celle de la benzidine (tableau VI).

Tableau VI

Rayon de Van Der Waals	Composé	Activité mutagène (test d'Ames avec activation)
H : 0,12 nm	 Benzidine	++
F : 0,135 nm	 3,3',5,5'-Tétrafluorobenzidine	++
Cl : 0,18 nm	 3,3',5-Trichlorobenzidine	+++
Cl : 0,18 nm	 3,3',5,5'-Tétrachlorobenzidine	0
CH ₃ : 0,20 nm	 3,3',5,5'-Tétraméthylbenzidine	0

Si l'on considère le rayon de van der Waals de ces différents atomes, seuls les atomes ou groupes d'atomes nettement plus volumineux que l'hydrogène (Cl, CH₃, Br) sont capables d'inhiber cette activité mutagène. Par ailleurs, la 3,3',5-trichlorobenzidine qui possède une position ortho libre présente une forte activité mutagène, beaucoup plus importante que celle de la benzidine elle-même [17]. La présence d'atomes d'halogène comme le chlore et le brome en position ortho et ortho' (positions 3, 5 et 3', 5') augmente fortement l'activité mutagène de la benzidine à condition de laisser une position ortho avec un substituant peu encombrant (Z = H ou F dans le cas de la 3,3',5,5'-tétrafluorobenzidine (schéma 13) (tableau VI).

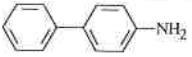
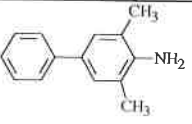
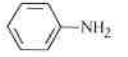
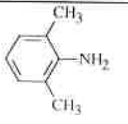
Dans la série de la benzidine il semble que, pour observer une activité mutagène (tableau VI), il soit nécessaire d'avoir au moins une position en ortho non encombrée (Z = H ou F). L'absence d'effet encombrant dans cette position permet la formation d'adduit entre une guanine en position C-8 de l'ADN et l'intermédiaire réactif (diimine monoprotonée ou nitrénium) provenant de l'activation de l'un des atomes d'azote de la benzidine [18] (schéma 14).

Dans cette série de la benzidine, pour observer une activité, mutagène, il est nécessaire que cette benzidine substituée possède :

- des fonctions amines primaires libres et non encombrées,
- s'il y a des substituants encombrants autour des fonctions amines primaires, au moins une des positions ortho libre.

Comme il a été signalé précédemment dans ces approches toxicochimiques, il faut se garder de faire des généralisations

Tableau VII

COMPOSE	ACTIVITE GENOTOXIQUE	
	Mutagénicité	Cancérogénicité expérimentale
 4-Aminobiphényle	+	+
 4-Amino-3,5-diméthylbiphényle	+	?
 Aniline	-	+
 2,6-Diméthylaniline	?	+

hâtives. Ainsi, dans la série du 4-aminobiphényle [4] et de l'aniline [19], l'encombrement de l'atome d'azote par des groupes méthyle en ortho et ortho' ne supprime pas l'activité génotoxique, peut-être par suite de la possibilité de métabolisation intervenant au niveau de la position en para de l'amine qui est libre par rapport aux dérivés de la benzidine (tableau VII).

En pratique, la 3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine (TMB) peut avantageusement remplacer la benzidine dans ses principaux usages pour la détection des peroxydases (cytochimie, cyto-immunochimie, clinique...).

Au contraire de la benzidine et des benzidines disubstituées en ortho ($R_1 = R_2 = \text{CH}_3, \text{Cl}, \text{Br}, \text{NH}_2, \dots$), la 3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine n'est pas sensible à la polymérisation (impliquant une position ortho libre), ce qui exclut son utilisation pour certaines caractérisations comme la détection de l'hémoglobine sur les gels de polyacrylamide en milieu acide. Par contre, la 3,3'-diaminobenzidine, très utilisée en cytochimie, est un excellent substitut de la benzidine bien qu'elle soit mutagène et faiblement cancérogène en expérimentation animale [20].

Pour beaucoup d'utilisateurs, le choix d'un produit de substitution implique obligatoirement des qualités égales à celles du produit à remplacer. Malheureusement, ce n'est pas toujours possible pour des produits aux multiples applications. La benzidine est dans ce sens exemplaire.

Ainsi, dans une majorité d'utilisation la 3,3',5,5'-tétraméthylbenzidine est un excellent substitut, souvent même plus sensible que la benzidine elle-même [16]. Par contre, dans quelques techniques spécifiques, seule la 3,3'-diaminobenzidine donne des résultats satisfaisants et, dans ce cas, il faut l'utiliser en mettant en œuvre la méthodologie rigoureuse nécessaire pour la manipulation des produits génotoxiques [21].

Il reste encore beaucoup à faire pour que des recherches soient initiées afin de trouver des réactifs de substitution suffisam-

ment sensibles et non toxiques et qui puissent garantir, pour les personnels amenés à travailler en permanence avec ces produits (laboratoires de contrôle, d'essais, de recherche...), une meilleure protection de leur santé.

QU'ATTENDRE DE LA TOXICOCHIMIE ?

La toxicochimie, discipline interdisciplinaire, peut apporter une explication moléculaire (décrite par la chimie) à l'effet toxique observé (décrit par la toxicologie) (schéma 1).

L'intérêt majeur d'une telle approche théorique est d'être prédictive. Partant d'une bonne connaissance de la "biodisponibilité" et de la réactivité du toxique final (toxique ultime), il est possible, dans certains cas, de rechercher dans une série donnée de composés celui ou ceux qui ont, à qualité égale bien entendu, le moins d'effets néfastes sur la santé, surtout à long terme.

Ainsi, dans la famille des alcanes, comment expliquer que seul l'hexane soit un neurotoxique périphérique ? L'étude de sa biotransformation (schéma 6) montre qu'il est surtout métabolisé en hexane-2,5-dione que l'on retrouve dans le sang et au niveau des tissus nerveux où il s'accumule et produit les effets toxiques observés (dégénérescence des nerfs longs). Ce métabolite final présente dans sa structure un enchaînement 1,4-dicétonique porteur de la forte réactivité et, par là même, de la toxicité de cette molécule. Par contre, les autres alcanes n'aboutissent pas à des métabolites renfermant un tel toxico-phore.

Ainsi, l'identification d'un toxicophore dans une série de composés à propriétés voisines peut permettre d'éliminer le composé toxique (ici l'hexane) et ceci afin de sélectionner les composés présentant à qualité égale (par exemple l'heptane, le pentane...) le moins de risque pour la santé [22].

Dans une série déterminée, pour un composé donné, si l'on possède d'une part une bonne connaissance de sa "biodisponibilité", en particulier sur sa métabolisation, et que d'autre part l'on acquiert des informations sur la réactivité du ou des métabolites ultimes (ou des intermédiaires réactifs) impliqués dans la toxicité, il est possible d'établir d'éventuelles relations entre la structure chimique de ce composé et la toxicité observée.

Même dans une série analogue, l'extrapolation à d'autres composés se fera toujours avec prudence et seulement à titre indicatif. En effet, seule l'expérimentation animale (sur au moins 2 espèces dont un rongeur) et surtout l'épidémiologie peuvent permettre de confirmer ou non la toxicité à long terme d'un composé prévue par des approches toxicochimiques [23].

Historiquement, l'étude quantitative des relations structure-activité, dite méthode QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationships) [24] a surtout été développée par C. Hansch [25] qui prit en considération les facteurs thermodynamiques et électroniques des molécules.

En 1981, J. Kaufman [26] a proposé une méthode informatique pour élucider les relations structure-activité toxique en vue d'une éventuelle prédiction de la toxicité.

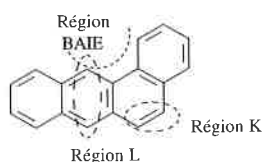
L'utilisation de méthodes graphiques comme le système DARC mis au point par J.E. Dubois [27], est tout à fait adaptée pour une telle approche.

L'approche QSAR permet, en théorie, de prédire dans des séries données la nature des groupements "toxiques" porteurs de la toxicité.

Il est important de considérer qu'en plus du ou des toxico-phores (ou des protoxico-phores nécessitant une bioactivation enzymatique) des groupes fonctionnels ou parties de molécule présentes sur une molécule peuvent jouer un rôle essentiel dans la "biodisponibilité" de la molécule, en particulier pour la métabolisation détoxifiante (formation de métabolites hydrosolubles facilement éliminés hors de l'organisme).

A titre d'exemple, dans la bioactivation des hydrocarbures polycycliques (HPA) qui, comme le benzo(a)pyrène (BaP) sont d'importants polluants environnementaux, il est nécessaire de prendre en considération plusieurs facteurs pour prédire l'éventuelle génotoxicité.

Comme l'ont démontré D.M. Jerina et R.E. Lehr [28], la présence d'une région "baie" renfermant un carbone benzylique très électrophile est essentielle pour l'activité génotoxique, la voie de métabolisation aboutissant aux métabolites ultimes (diol-époxydes) intervenant à ce niveau [23]. Néanmoins, si l'on veut distinguer les activités mutagène et cancérogène de tels composés il faut aussi prendre en considération deux autres régions : les régions K et L qui furent définies par A. et B. Pullmann [29]. La région K est, semble-t-il, plus une région d'activation qui serait importante en mutagenèse bactérienne, tandis que la région L serait plutôt impliquée dans les processus de détoxification des composés qui comportent un tel arrangement nucléaire.



CONCLUSION

Une approche prévisionnelle associant des informations sur les propriétés physico-chimiques des composés eux-mêmes, sur leur interaction avec les cibles biologiques ou les écosystèmes peut, dans des cas précis, permettre de proposer des produits de remplacement capables d'être substitués à des composés présentant des risques pour les éventuels utilisateurs.

En règle générale, pour les produits de remplacement, il est nécessaire de prendre en compte non seulement les différents types de toxicité (irritation, organotoxicité, immunotoxicité, génotoxicité...), mais aussi les critères physico-chimiques (volatilité, inflammabilité, instabilité...) et ne pas substituer un risque à un autre.

Pour l'avenir, l'utilisation de l'informatique ne peut qu'aider à une meilleure approche dans la prévision du risque toxique. Ainsi, l'utilisation de systèmes experts s'appuyant sur l'intelligence artificielle devrait permettre dans l'avenir de mieux appréhender les éventuelles relations structure-activité toxique [29].

Néanmoins, quelle que soit l'approche, il ne faut pas s'attendre à trouver dans tous les cas des solutions miracles qui permettraient d'éliminer du milieu professionnel tous les produits dangereux, tant pour l'homme lui-même que pour son environnement.

REFERENCES

- [1] Picot A., Gaignault J.C. et Glomot R. *L'Actualité Chimique*, janvier **1984**, 22-28 ; **1984**, 23-33.
- [2] Ariens E.J., Simonis A.M. et Ofermeier J. *Introduction to general toxicology*, Academic Press, New-York, **1976**.
- [3] Picot A. *Aspect biochimique de la toxicité de diverses substances chimiques (solvants, produits mutagènes, cancérogènes...)* CNRS (Gif-sur-Yvette), **1979**.
- [4] Ashby J., Paton D., Lefevre P.A., Styles J.A. et Rose F.L. *Carcinogenesis*, **1982**, 3, (11), 1277-1282.
- [5] De Serres F.J. et Ashby J. *Evaluation of short-term test for carcinogens*, Elsevier, **1981**.
- [6] Couri D. et Milk M., *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **1982**, 22, 145-166.
- [7a] Weber P. et De Caprio A.P. *Toxicologist*, **1981**, 1, 134.
- [7b] De Caprio A.P. *Chem. Biol. Interact.*, **1985**, 54, 257-270.
- [7c] De Caprio A.P. *Hexane neuropathy : studies experimental animals and man*, in De Matteis F. et Loc E.A. *Selectivity and molecular mechanisms of toxicity*, Mac Millan Press (Londres), **1987**.
- [8] Anthony DC., Boekerheide K., Anderson CW. et Graham DG. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **1983**, 71, 372-382.
- [9] Sayre L.M., Shearon C.M., Wrong-Mongkolrit TR., Medori R. et Gambetti P. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **1986**, 84, 36-44.
- [10] Mehlan MA., Hemstreet GP., Thrope JJ. et Weaver NK. *Advances in Modern Environmental Toxicology. Vol. VII. Renal effects of petroleum hydrocarbons* Princeton Scientific Pu. **1984**.
- [11a] Lock E., Charbonneau M., Strasser J., Swenberg J. et Bus J. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **1987**, 91, 182-192.
- [11b] Loury DJ., Smith-Oliver T. et Butterworth BE. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **1987**, 88, 44-56.
- [11c] Borghoff SJ., Strasser J., Charbonneau M. et Swenberg JA. *Toxicologist*, **1988**, 8, 135.
- [11d] Swenberg JA., Snort B., Borghoff SJ., Strasser J. et Charbonneau M. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **1989**, 97, 35-46.
- [11e] Stone L.C., Kanerva R.L., Burns J.L. et Alden C.L. *Food Chem. Toxicol.*, **1987**, 25, 43-52.
- [11f] Bomhard E., Marsmann M., Rühl-Fehlert Ch. et Zywieta A. *Arch. Toxicol.*, **1990**, 64, 530-538.
- [11g] Borghoff S.J., Miller A.B., Bowen J.P. et Swenberg J.A. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **1991**, 107, 228-238.
- [12] Pitha J.V., Hemstreet G., Asal N., Petrone B., Trump B. et Silvas F. *Toxicol. Ind. Health*, **1987**, 3, (4) 491-506.
- [13] Picot A. in *Les Risques du Travail : pour ne pas perdre sa vie à la gagner*, Ouvrage collectif sous la direction de Cassou B. (et al), La Découverte (Paris), **1985**, 359-362.
- [14] Searle CE. *Chemical Carcinogens*, **1984**, Vol. II, p. 303-323, ACS Monograph n° 182, 2nd Edn.
- [15] Josephy PD. (1985) *Environ. Health Perspect.*, **1985**, 64, 171-178.
- [16] Holland VR., Saunders B.C., Rose FL. et Walpole AL. *Tetrahedron*, **1974**, 30, 3299-3302.
- [17] Josephy PD. et Williams L. *Mutagenesis*, **1987**, 2, (3) 225-228.
- [18] Martin CN., Beland FA., Roth RW. et Kadlubar FF. *Cancer Res.*, **1982**, 42, 2678-2686.
- [19] Zeiger E. *Cancer Res.*, **1987**, 47, 1287-1296.
- [20] Weisburger EK., Russfield AB., Homburger F., Weisburger J.H., Boger E., Van Dongen CG. et Chu K.C. *J. Environ. Pathol. and Toxicol.*, **1978**, 2, 325-356.
- [21] Picot A. *Bulletin d'Information Toxicologique*, mai **1988**, 5, CNRS (Gif-sur-Yvette)
- [22] Picot A. *Bulletin d'Information Toxicologique*, mai **1988**, 3, CNRS (Gif-sur-Yvette)
- [23] Picot A. *Bulletin d'Information Toxicologique*, mai **1988**, 4, CNRS (Gif-sur-Yvette)
- [24a] Golberg L. *Structure-activity correlation as a predictive tool in toxicology*, Hemisphere Publ. Corp. (Washington), **1983**.
- [24b] Tichy M. *QSAR in Toxicology and Xenobiochemistry*, Pharmacology Library (Nauta W.Th. et Rekker R.F. ed.), **1985**, 8, Elsevier, Amsterdam.
- [24c] *Structure-activity relationships in toxicology and ecotoxicology : an assessment Ecotox. monograph n°8*, **1986**, European Chemical Industry, Bruxelles.
- [25] Hansch C. et Leo AJ. *Substituent constants for correlation analysis in Chemistry and Biology* Wiley J. ed. New-York, **1979**.
- [26] Kaufman J.J. (1981) *Int. J. Quantum Chem. QBS*, **1981**, 8, 419-439.
- [27] Dubois JE. *DARC System in chemistry* (Wipke W.T., Heller S., Feldmann R. et Hyde E. ed.), John Wiley New-York, **1973**.
- [28] Lehr RE. et Jerina DM. *Arch. Toxicol.*, **1977**, 39, 1.
- [29] Pullman A. et Pullmann B. *Adv. Cancer Res.*, **1955**, 3, 117-169.
- [30a] Rosenkranz HS., Mitchell C. et Klopman G. *Mutation Res.*, **1985**, 150, 1-11.
- [30b] Rosenkranz HS., Krierson MR. et Klopman G. (1986) *IARC*, **1986**, 83, Lyon.
- [30d] Krierson MR., Klopman G. et Rosenkranz HS. *Environ. Mutagen.*, **1985**, 8, 283.

Prise en compte de la sécurité dans les laboratoires de chimie

J.C. Maucuit * responsable du service hygiène, sécurité et conditions de travail (Appave)

Les problèmes de sécurité rencontrés dans les laboratoires revêtent des spécificités propres à leur activité (recherche, analyse...).

Les risques sont néanmoins connus (électricité, pression, gaz, fluides, produits chimiques...), mais l'habitude et l'accoutumance sont bien souvent à l'origine des accidents qui s'y produisent. L'analyse de quelques risques démontre de manière évidente que le respect de règles simples permet d'améliorer considérablement la sécurité :

– La réglementation exige de la part des fournisseurs un étiquetage précis, libellé en langue française avec les symboles de risques et le nom écrit en toutes lettres (arrêté du 21.02.90). Après leur utilisation, les flaconnages doivent être rebouchés ; s'ils sont vides, ils doivent être rincés de manière à éliminer le risque lié aux produits.

L'on rencontre très souvent des flacons non étiquetés provenant de mélange ou dilution ; ce sont ceux-ci qui représentent souvent un risque pour le personnel de laboratoire. Une action simple d'étiquetage permettrait de l'éliminer. Il ne faut pas oublier dans cette opération les pissettes, flacons compte-gouttes.

Cet étiquetage devra être renouvelé chaque fois que cela s'avère nécessaire : perte d'étiquetage, usure du temps, détérioration par le produit, cette dernière peut être évitée en versant le produit du côté opposé à l'étiquette et en la protégeant par un film plastique ou de la paraffine.

Il est important de signaler que de nombreux flacons sont réutilisés à d'autres fins que leur destination première (autre contenu) ; dans ce cas, il est indispensable d'enlever complètement l'étiquetage existant et de le remplacer par celui correspondant au nouveau produit stocké.

Une autre précaution devient obligatoire, c'est de s'assurer de la compatibilité des produits et ne jamais utiliser, par exemple, d'emballage ayant contenu des produits réducteurs pour stocker des oxydants.

– Le stockage des produits doit s'effectuer dans des locaux ou armoires ventilées et possédant une rétention. Dans le laboratoire, ne doivent être présentes que les quantités minimales pour une journée de travail et même moins lorsqu'il s'agit de produits inflammables.

– Une autre obligation fixée par le Code du travail est celle qui est faite à l'utilisateur de se procurer avant utilisation la fiche de données de sécurité qui reprend tous les points précités et permet de connaître les risques du produit :

• Pour l'homme : (cancérogènes, asphyxiants, irritants, allergènes...),

• Pour l'environnement : avec l'obligation et le type d'élimination.

• La fiche de données de sécurité a un but préventif ; elle comporte néanmoins des indications précises en cas d'accident ou d'incident et préconise la conduite à tenir. Tout utilisateur de produits doit en prendre connaissance avant utilisation, et s'assurer de l'avis du médecin du travail.

– De nombreux laboratoires sont équipés de canalisations transportant les fluides, le cheminement souvent employé est le faux-plafond. Cette situation aggrave le risque pour les opérateurs en cas de rupture. La solution est de prévoir le passage de celle-ci au plus près du sol, dans des fourreaux. La normalisation française fixe les couleurs qui doivent servir au repérage et à l'identification des produits transportés. Seules ces couleurs doivent être utilisées.

– Contre les risques spécifiques encourus par la manipulation et le transport des pro-

duits chimiques, il existe différents types de protection :

• La protection individuelle (lunettes, gants, blouse) : bien adaptée, elle offre une sécurité optimale de l'opérateur mais engendre des contraintes à son niveau, qui expliquent la difficulté pour en faire respecter le port.

• La protection collective (sorbonnes, écran, ...) : celle-ci est plus adaptée et moins contraignante pour l'opérateur, mais nécessite la mise en place d'un programme d'entretien.

La protection collective comprend aussi les moyens de première intervention tels que douches et lave-oeil, dont l'efficacité est maintenue par un entretien hebdomadaire consistant en un déclenchement.

– Les problèmes de ventilation, aération, sont souvent mis en cause lors d'émanation de vapeurs ou d'odeurs. Les ambiances des lieux de travail sont reprises dans le décret 841093 du 7 décembre 1984 - article R.232-5 à R. 232-5-14. Dans ces articles, sont décrits les obligations de l'employeur et le rôle de l'inspecteur du travail.

L'ensemble des laboratoires produisent des sous-produits qui font partie d'une étude approfondie des déchets, qu'ils soient liquides ou gazeux. Il paraît néanmoins indispensable de respecter les mêmes règles de sécurité que pour les produits neufs.

Cet article n'a pas pour prétention de prendre en considération l'ensemble des risques d'un laboratoire, mais de montrer que leur prise en compte permet de diminuer très sensiblement le risque. L'audit réalisé par des spécialistes en hygiène, sécurité et conditions de travail permet de recenser les dysfonctionnements et de proposer un plan d'action tant en formation que dans le domaine technique.

* Appave (Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur et électrique), 13 à 17, rue Salneuve, 75854 Paris Cedex 17. Tél. : (1) 40.54.58.00. Fax : (1) 40.54.58.88.

La radioprotection dans les laboratoires utilisateurs de radioéléments

B. Auboiroux * responsable d'Activité radioprotection (Appave)

Toute activité humaine entraîne l'apparition d'un certain nombre de nuisances. L'utilisation des rayonnements ionisants n'échappe pas à ce phénomène général. Les préoccupations particulières posées par ces derniers se rencontrent dans des domaines aussi différents que les enceintes des réacteurs nucléaires ou dans les laboratoires utilisant les radioéléments et le nombre de ces laboratoires n'a cessé de croître durant ces vingt dernières années.

Le travail sur les substances radioactives exige donc certaines règles pour se protéger et entre la terreur irraisonnée de la radioactivité et l'inconscience totale et dangereuse, il existe un moyen terme où l'expérimentateur sait adapter les protections au type de travail.

Notre propos s'adresse particulièrement aux personnes qui commencent à manipuler dans les laboratoires utilisant les sources radioactives ainsi qu'aux personnes plus expérimentées pour leur rappeler que l'habitude est source de négligence et leur remettre à l'esprit quelques notions oubliées.

Nous ne traiterons ici que des problèmes soulevés dans les laboratoires de faibles activités (ou laboratoires de chimie bien équipés) laissant de côté les laboratoires

de médecine nucléaire des hôpitaux [2,4,7] et les laboratoires mettant en œuvre des hautes activités dans les installations nucléaires de base. Ces derniers possèdent des équipements spéciaux, lourds et coûteux qui ne relèvent pas des manipulations couramment rencontrées dans un laboratoire de chimie, biologie ou analogue.

But de la radioprotection

Contrairement à bien d'autres sources de dangers (feu, acide ...), qui ne dissimulent pas leur agressivité, les rayonnements ionisants constituent un risque sournois. En effet, ils ne se voient pas, ne se sentent pas et leurs effets apparaissent parfois longtemps après leur action sur l'organisme. Le but de la radioprotection est de protéger l'individu des risques liés aux rayonnements ionisants en limitant les doses au niveau le plus bas possible.

Des règles strictes doivent être appliquées pour l'utilisation des sources de rayonnements. Elles concernent soit chaque individu pris isolément (protection individuelle), soit un groupe d'individus (protection collective). Ces règles sont énoncées dans les divers textes réglementaires et normatifs en vigueur. Il faut les connaître et les appliquer scrupuleusement, mais souvent, le bon sens et la réflexion sont, en ce domaine comme en bien d'autres, des facteurs prépondérants de sécurité.

Tout ceci suppose toutefois une compréhension suffisante de la nature des phénomènes en cause, mais, dans un souci de simplification, nous renvoyons le lecteur qui désirerait approfondir ou rafraîchir ses connaissances sur les phénomènes

élémentaires (les différents rayonnements, l'interaction des rayonnements avec la matière ...) aux nombreux ouvrages traitant le sujet [3-5].

Action de rayonnement sur l'organisme

Un individu peut être soumis à l'exposition externe au rayonnement si la source reste extérieure à l'organisme, ou à l'exposition interne lorsque la source a pénétré à l'intérieur de l'organisme. Cette exposition interne est la conséquence de la dispersion préalable de substances radioactives dans le milieu environnant, il y a alors contamination et les substances peuvent alors être inhalées ou ingérées par l'individu.

La libération dans les tissus et organes d'une certaine quantité d'énergie associée à la création d'ions chargés électriquement provoque des dommages chez les individus exposés aux rayonnements. En fonction, notamment, de la quantité d'énergie libérée par le rayonnement, c'est-à-dire la dose absorbée (*tableau 1*), et de la nature des tissus et organes exposés, ces dommages sont plus ou moins importants. Les effets des rayonnements sur l'organisme surviennent à l'échelle moléculaire dans les cellules de l'organisme [5]. Les effets sont soit cellulaires (retard dans la division cellulaire, perte de capacité de reproduction, mort cellulaire) soit tissulaire (troubles de vascularisation, réactions inflammatoires...). La radiosensibilité des tissus est essentiellement fonction de la vitesse de reproduction des cellules à l'intérieur des organes. Les tissus les plus résistants sont les tissus musculaires, osseux ou nerveux chez l'adulte, les plus radiosensibles sont les

* Appave (Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur et électrique), 97-103, boulevard Victor-Hugo, 93400 Saint-Ouen. Tél. : 40.54.58.67. Fax : 40.54.59.50.

tissus embryonnaires, les organes sanguiformateurs, les muqueuses intestinales et les gonades.

Plusieurs critères peuvent servir à classer les effets biologiques des rayonnements : apparition précoce ou tardive, atteinte globale ou partielle, effets somatiques ou génétiques. La classification suivante tient compte du caractère probabiliste ou non dans l'apparition des effets :

– Les effets non stochastiques (non aléatoires) qui présentent un seuil au-dessus duquel ils apparaissent de façon certaine et dont la gravité et la précocité d'apparition est fonction de la dose reçue (radiodermites, cataractes ...). On pourra prévenir ces effets en limitant les doses au-dessous du seuil.

– Les effets stochastiques (aléatoires) pour lesquels la probabilité d'apparition semble augmenter avec la dose et dont le temps de latence peut être d'une ou plusieurs années (cancers, leucémies, effets génétiques). Ces affections ne se distinguent en rien de celles survenant spontanément chez les sujets non exposés aux rayonnements. On ne pourra donc pas les

prévenir, mais on limitera les doses de façon que la fréquence d'apparition chez les individus exposés reste au-dessous de la fréquence naturelle d'apparition de ces effets chez les individus non exposés.

Réglementation en radioprotection

La réglementation actuellement en vigueur est l'aboutissement d'une longue évolution et s'inspire des travaux élaborés par les organisations internationales (CIPR, Euratom, AIEA).

A l'échelon national, les organismes officiels représentant les ministères de la Santé, du Travail, de l'Agriculture élaborent les textes (décrets, arrêtés ...). Le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI), service technique du ministère de la Santé, est chargé de la surveillance des travailleurs, mais aussi des installations et de l'environnement.

Le décret 86-1103 du 2 octobre 1986 [8] constitue la transposition en droit français des normes fondamentales de radiopro-

tection élaborées par la CIPR (recommandations 26 de 1977) et de la directive Euratom (15 juillet 1980). Ce texte prévoit notamment :

- la classification des travailleurs (art. 3) et des équivalents de dose maximaux (art. 6),
- des mesures d'ordre administratif avec, en particulier, la nomination d'une personne compétente (art. 17) dont la formation est définie par l'arrêté du 25 novembre 1987,
- des mesures d'ordre technique avec les différents contrôles des installations (art. 28 à 30) dont les méthodes et la fréquence sont précisées par les arrêtés des 1^{er} juin et 2 octobre 1990,
- des mesures d'ordre médical (art. 36 à 40), les recommandations aux médecins du travail étant définies par l'arrêté du 28 août 1991.

Nota : La publication 60 de la CIPR [6] en 1991 apporte quelques modifications notamment au niveau des équivalents de dose qui vont être abaissés sur la durée totale de travail, l'esprit restant toujours le même "recevoir des doses aussi faibles qu'il est raisonnablement possible".

Tableau I

GRANDEURS ET UNITES	
<p>ACTIVITÉ (A)</p> <p>Elle caractérise le nombre d'émissions issues du radioélément par unité de temps. L'unité est le becquerel (Bq). 1 Bq = 1 des./s. L'ancienne unité est le curie (Ci). 1 Ci = 37 milliards de Bq</p> <p>1 Ci = 37 GBq - 1 mCi = 37 MBq - 1 µCi = 37 kBq</p> <p>La décroissance de la radioactivité dans le temps est caractérisée par la période T qui est le temps nécessaire pour diviser l'activité par 2.</p> <p>DOSE ABSORBÉE (D) :</p> <p>Elle traduit l'énergie cédée par le rayonnement à la matière.</p> $D = \frac{E}{M}$ <p>L'unité est le gray (Gy). 1 Gy = 1 J/kg L'ancienne unité est le rad (rd).</p> <p>1 Gy = 100 rad</p> <p>L'ÉQUIVALENT DE DOSE (H)</p> <p>Selon leur nature les rayonnements auront sur l'organisme une efficacité différente. Pour l'action des rayonnements sur l'homme, on tiendra compte d'un facteur Q qui dépend du transfert linéique d'énergie, dans la matière vivante.</p> $H = D \cdot Q$ <p>Pour Beta et Gamma : Q = 1</p> <p>L'unité est le Sievert (Sv) L'ancienne unité est le rem.</p> <p>1 Sv = 100 Rem</p>	<p>Dans le cas d'une exposition interne, on définit l'équivalent de dose engagée (De) qui est celui reçu par un organe ou l'organisme entier pendant toute la durée de l'action du radioélément et sur une période de 50 ans pour les périodes longues.</p> <p>LIMITES ANNUELLE D'INCORPORATION (LAI)</p> <p>C'est l'activité incorporée en un an qui entraîne un équivalent de dose engagée de 500 mSv au niveau de l'organe cible ou de 50 mSv pour la somme des équivalents de dose engagée, pondérés par des coefficients si on considère le corps entier.</p> <p>LIMITES DERIVÉES DE CONCENTRATION DANS L'AIR (LDCA)</p> <p>Si on considère 2000 heures de travail, la concentration moyenne annuelle dans l'air inhalé ne devra pas dépasser la LDCA qui est la limite entraînant une incorporation égale à la LAI.</p> <p>Si la concentration dans l'air est c pour un temps de travail t en heure, l'activité incorporée est alors :</p> $I = \frac{LAI \cdot c \cdot t}{LDCA \cdot 2000}$ <p>PERIODE EFFECTIVE (Te)</p> <p>Dans l'organisme un radioélément décroît avec sa propre période radioactive (Tr) mais aussi en fonction du métabolisme des éléments dans le corps humain avec une période biologique (Tb). La combinaison de ces deux périodes est la période effective Te définie par</p> $Te = \frac{Tr \cdot Tb}{Tr + Tb}$

Classifications des travailleurs

Les travailleurs dont l'exposition est susceptible de dépasser un dixième des limites fixées par l'article 6 du décret sont classés par l'employeur (*tableau II*) en :

- Catégorie A : Si l'exposition est susceptible de dépasser les 3/10 des limites,
- Catégorie B : Si l'exposition se situe entre 1/10 et 3/10 de ces limites.

Au dessous de 1/10 de ces limites les travailleurs sont non exposés. Les limites considérées tiennent compte aussi bien de l'exposition externe que de l'exposition interne.

Dans le cas de l'exposition interne, elles sont déterminées en fonction des limites annuelles d'incorporation (LAI) et des limites dérivées de concentration dans l'air (LDCA) (*tableau I*). Les valeurs de LAI et LDCA pour les principaux radioéléments utilisés en laboratoire se trouve dans le *tableau III* (voir *annexe IV* du décret 86-1103 [8]).

Surveillance des travailleurs

Les travailleurs de catégorie A doivent faire l'objet d'une surveillance individuelle de l'exposition (art. 34), selon les méthodes élaborées par le SCPRI (arrêté du 30 septembre 87). Les résultats de ces évaluations sont destinés au médecin du travail qui tient à jour une fiche d'exposition dans le dossier médical spécial.

Pour l'exposition externe, la surveillance est réalisée par dosimétrie photographique, les films dosimètres sont lus tous les mois.

Pour l'exposition interne, la recherche de radioéléments dans l'organisme est faite

par anthropogammamétrie (pour les émetteurs gamma) et par la radiotoxicologie des urines. La fréquence de ces analyses est généralement semestrielle mais elles peuvent être ponctuelles en cas d'accident.

Dans les laboratoires de chimie, étant donné les faibles activités employées et les faibles énergies des rayonnements, seules les analyses radiotoxicologiques (notamment pour H 3 et C 14) donneront une bonne évaluation des risques dans le cadre de la surveillance dosimétrique et revêtiront un caractère obligatoire, car les dosifilms ne seront jamais impressionnés, sauf dans le cas précis de l'utilisation de grosses quantités de phosphore 32 ou iode 131.

L'évaluation du risque ne peut se faire qu'après des calculs difficiles qui tiennent compte de la radiotoxicité du radioélément incorporé (*tableau III* où le groupe 1 représente la toxicité la plus élevée), et de la durée de présence du radioélément dans l'organisme (voir la période effective dans le *tableau I*).

Utilisation des sources radioactives dans les laboratoires

La radioprotection dans les laboratoires devra être adaptée au type de sources utilisées. Il sera pris en compte les activités manipulées ou stockées, le type de rayonnements émis (alpha, bêta, gamma, neutrons ...), et la nature des sources :

- sources scellées qui, livrées absentes de contamination, ne peuvent en utilisation normale qu'entraîner une exposition externe,

- sources non scellées qui peuvent, lors de leur manipulation, se reprendre sur les sols, dans l'atmosphère ou sur le manipulateur, entraînant alors après pénétration du radioélément dans l'organisme, une exposition interne.

Autorisation de détention

La détention et l'utilisation des radioéléments artificiels sont soumises à une autorisation préalable de la Commission Interministérielle des Radioéléments Artificiels (CIREA). L'autorisation de création du laboratoire est subordonnée à :

- la compétence de l'utilisateur responsable,
- l'infrastructure technique et la sécurité biologique de l'installation,
- la nomination d'une personne compétente en radioprotection,
- les moyens d'évacuation des déchets radioactifs.

Si l'autorisation est accordée, l'employeur est tenu d'en informer l'inspecteur du travail et l'organisme de sécurité sociale, le SCPRI étant informé en parallèle (art. 15 du décret 86-1103).

Sources scellées

Les sources scellées présentes dans les laboratoires sont peu nombreuses. Placées dans des appareils de mesures (chromatographe, compteur bêta ...), elles sont de faibles activités, inaccessibles la plupart du temps et ne délivrent pas, en dehors de l'appareil, le moindre débit d'équivalent de dose.

D'autres sources, utilisées dans des laboratoires de métallurgie (mesure d'épaisseur, analyse d'alliage), sont manipulées lors de leur mise en place. Les règles les plus essentielles de radioprotection sont à respecter pour diminuer l'exposition externe surtout au niveau des doigts [2] :

- augmenter la distance en utilisant les moyens de préhension,
- diminuer le temps de manipulation,
- utiliser des écrans adaptés (plomb pour le rayonnement gamma, Plexiglass pour le rayonnement bêta),
- choisir une source d'activité la plus faible possible pour l'utilisation recherchée.

Sources non scellées

Protection collective et organisation des locaux

Pour les sources non scellées [1-2-7], le risque principal sera celui de l'exposition

Tableau II

LIMITES D'EXPOSITION EN mSv

	TRAVAILLEURS EXPOSES						TRAVAILLEURS NON EXPOSES OU PERSONNE DU PUBLIC			
	CATEGORIE A (DATR)				CATEGORIE B (NDATR)					
	CAS GENERAL		CAS PARTICULIERS							
			Femmes en état de procréer	Femmes enceintes	APPRENTIS 16<N<18 ans					
ORGANISME ENTIER (sauf ci-dessous)	H _a	50	H _t	50	H _e	10	H _a	15	H _a	5
	H _t	30	H _t	12,5			H _t	9		
PEAU, MAINS AVANT-BRAS	H _a	500	H _a	500	H _a	500	H _a	150		
PIEDS,CHEVILLES	H _a	300	H _a	300	H _a	300	H _a	90		
CRISTALLIN	H _a	150	H _a	150	H _a	150	H _a	45		
	H _t	90	H _t	90	H _t	90	H _t	27		

H_a : Exposition annuelle
 H_t : Exposition trimestrielle
 H_e : Exposition pour la période de grossesse.

Tableau III

LES RADIOELEMENTS COURAMMENT UTILISES DANS LES LABORATOIRES

SOURCES SCHELLEES

Radioisotopes	Activité des Sources (MBq)	Emission-Energie en keV	Période radioactive	Groupe de toxicité
3 H	370	Béta 18	12,3 ans	4
55 Fe	1500	Gamma 100	2,9 ans	3
60 Co	10	Béta-Gamma 2500	4,25 ans	2
63 Ni	370	Béta 67	120 ans	3
90 Sr	100	Béta 2270	28 ans	2
109 Cd	200	Gamma 88	1,3 ans	2
133 Ba	10	Gamma 360	8 ans	3
137 Cs	10	Béta 662	33 ans	3
147 Pm	10	Béta 230	2,6 ans	3
152 Eu	10	Béta 120	13 ans	2
204 Tl	10	Béta 770	3,9 ans	3

SOURCES NON SCHELLEES

Radioisotopes	Emission Energie en keV	Période radioactive	Période effective	Protection à prévoir	LAI MBq	LDCA kBq/m ³	Groupe Toxicité
3 H	Béta 18	12,3 ans	12 j	5 mm dans l'air	3000	800	4
14 C	Béta 158	5700 ans	15 j	14 mm dans l'air	90	4	3
32 P	Béta 1710	14,5 j	13,5 j	8 mm de plexiglass	10	0,6	3
35 S	Béta 167	88 j	7 j	0,3 mm plexiglass	500	200	4
125 I	Béta 35	60 j	42 j	5 mm de verre	2	0,1	2
131 I	Béta 610 Gamma 364	8 j	7,6 j	e1/10 Pb = 2,3 cm	2	0,7	2

interne. Les locaux, dans lesquels sont entreposées ou manipulées des substances radioactives, sont groupés et différenciés des locaux ordinaires par un classement en zone contrôlée ou surveillée, selon les activités manipulées. Les nouvelles fiches éditées conjointement par l'INRS et le SCPRI (édition 1993) donnent une limite d'activité pour ces deux zones. Les accès de ces zones doivent faire l'objet d'une signalisation appropriée (trèfle conventionnel) et un règlement intérieur doit préciser les conditions d'accès et de travail. Ces locaux doivent pouvoir fermer à clé.

Les sols, les parois, les surfaces de travail doivent être recouverts d'un revêtement lisse et facilement décontaminable. Il existe actuellement des bacs de rétention recouverts d'une feuille de Rhodoïd qui sera changée en fin de manipulation. Un renouvellement de l'air par des systèmes de ventilation appropriés (2 à 3 renouvellements par heure) doit être assuré et l'air rejeté ne doit pas pouvoir être recyclé.

Dans le cas de hotte de marquage (utilisation de l'iode 125 par exemple), une ventilation spéciale assure 5 renouvellements par heure minimum. Un filtre pour piéger

les particules radioactives est mis en place en sortie de hotte.

Les éviers dans lesquels sont susceptibles d'être rejetés des effluents liquides radioactifs sont repérés et munis de robinets à commande autre que manuelle. Ils sont reliés aux conduites normales lorsque l'activité journalière rejetée n'excède pas les valeurs trouvées dans l'avis du 6 juin 1970 [8] (voir fiche INRS pour chaque radioélément).

A la sortie du laboratoire doivent être prévus une douche pour la décontamination corporelle, ainsi que des détecteurs appropriés au type de rayonnement utilisé, pour le contrôle des mains et des vêtements de travail. Ces derniers doivent être séparés des vêtements de ville dans le vestiaire.

Des mesures d'urgence (art. 50 du décret 86-1103) doivent être prévues et portées à la connaissance du personnel. Elles précisent la conduite à tenir en cas d'incendie, de perte ou vol de sources et de contamination des lieux et des personnes.

Bien qu'elle ne soit qu'expérimentale, la norme M 62-101 de 1970 est une bonne base pour l'organisation des locaux utilisant les sources non scellées.

Protection individuelle et méthode de travail

Toute personne travaillant avec les sources non scellées doit porter des vêtements adaptés (gants, blouse...). L'employeur est tenu de fournir des mouchoirs en papier. Toute entrée ou sortie de radioélément sera notée sur un registre.

Il est interdit de manipuler à main nue et de prélever des solutions à la bouche, il faut utiliser des gants, des seringues ou des pipettes automatiques.

Il est formellement interdit de boire, manger, fumer ou utiliser des cosmétiques.

L'application scrupuleuse de quelques règles durant les manipulations empêche la propagation de la contamination :

- maintenir les surfaces de travail propre et les débarrasser de tout objet inutile aux manipulations,
- affecter des ustensiles de travail repérés par "trèfle" pour chaque laboratoire, et ne pas, utiliser dans les laboratoires conventionnels,
- signaler les récipients contenant les produits radioactifs par des étiquettes normalisées,

- effectuer des contrôles de contamination quotidiennement et procéder à la décontamination immédiate des surfaces et matériels contaminés,

- éviter de répondre au téléphone et d'ouvrir les portes sans avoir enlevé les gants,

- se laver les mains en quittant les lieux de travail et vérifier la non-contamination corporelle avant de quitter le laboratoire (mains, vêtements, chaussures).

En cas de contamination d'une surface de travail, laver avec un décontaminant (ou du savon liquide) en prenant soin de ne pas étendre la surface contaminée.

En cas de contamination corporelle, broser légèrement la peau avec de l'eau et du savon, sans provoquer d'irritation pour ne pas transformer une contamination superficielle en contamination interne.

Les déchets radioactifs

Ils doivent faire l'objet d'un tri et d'une évacuation contrôlée s'ils ne répondent pas aux conditions suivantes :

- pour les rejets gazeux : concentration à la sortie du conduit inférieur à 1/3 de LDCA (voir fiche INAS pour chaque radioélément),

- pour les effluents liquides : concentration à la sortie de l'émissaire avant dilution inférieure à la LAI par ingestion,
- pour les déchets solides se reporter à l'activité massique selon la radiotoxicité du radioélément donnée dans l'avis du 5 juin 1970 [8].

Au-delà de ces limites, les déchets solides et liquides et, pour les laboratoires utilisant H 3 et C 14, les liquides scintillants sont récupérés et stockés dans des fûts et bombonnes avant élimination par l'Agence Nationale pour les Déchets Radioactifs (ANDRA). Le local de stockage devra être aéré, situé à l'extérieur, fermé à clé, facilement accessible pour l'enlèvement des fûts. Les demandes d'enlèvement doivent d'abord être adressées au SCPRI. La personne responsable de la gestion des déchets tiendra à jour un registre précisant la date, la nature et les quantités de radioéléments mises aux déchets. Dans le cas de période courte ($T < 30$ jours), il est possible, à condition d'avoir un local suffisamment grand, de faire décroître l'activité pour atteindre les limites inférieures au seuil précisées ci-dessus pour un rejet direct.

Rôle des intervenants en radioprotection

Le médecin du travail

Il procède à l'examen médical des travailleurs : deux visites par an pour la catégorie A, une seule pour la catégorie B. Il tient à jour les fiches d'expositions et de conditions de travail dans le dossier médical spécial.

Il remet, à chaque travailleur de catégorie A, une carte individuelle de suivi médical

(art. 40 du décret du 86-1103) à demander au SCPRI (arrêté du 31 juillet 1991). Il renouvelle auprès des femmes enceintes l'information concernant les risques encourus sur l'embryon.

La personne compétente

Il fait l'analyse des postes de travail et rédige en liaison avec le médecin du travail la fiche des conditions de travail pour chaque travailleur de catégorie A.

Il veille au respect des mesures de protection, recense les situations pouvant conduire à un accident, élabore et est capable de mettre en œuvre un plan d'intervention avec les premières mesures d'urgence.

Il participe à la formation à la sécurité des travailleurs.

L'organisme agréé

Il assure le contrôle des sources radioactives et des lieux de travail pour les sources non scellées en collaboration avec la personne compétente (art. 28 à 31 du décret 86-1103). En dehors de sa mission sur le strict contrôle réglementaire, l'organisme agréé peut jouer le rôle de conseiller auprès des utilisateurs pour des problèmes techniques mais aussi administratifs. En dehors de la formation réglementaire de la personne compétente, il peut assurer en assistance à celle-ci la formation des utilisateurs.

Conclusion

Le progrès des équipements et les dispositions réglementaires d'organisation du travail ont fait diminuer l'exposition des travailleurs au point de l'amener au niveau de l'exposition naturelle. Mais ce

résultat ne peut être maintenu qu'avec la vigilance de chacun, elle-même basée sur l'information indispensable et sans cesse renouvelée. D'abord, il faut exiger que les manipulateurs connaissent les phénomènes de base et soient formés pour le travail mettant en œuvre des produits radioactifs. Ensuite, il ne faut jamais occulter les autres risques (biologique, virologique, chimique ...), devant le risque radioactif. Enfin, chaque manipulateur doit être responsabilisé de façon qu'il sache se protéger lui-même, protéger les personnes présentes dans les locaux où il manipule et songer aussi à protéger les autres personnes étrangères au laboratoire et qui ne sont en aucune façon concernées par le travail sous rayonnements.

REFERENCES

- [1] Apave, Cours de personne compétente, 1992.
- [2] Auboiron B., La radioprotection dans le domaine médical. Etude de dosimétrie aux extrémités, Mémoire CNAM, 1986.
- [3] Foos J., Manuel de radioactivité à l'usage des utilisateurs. Formascience, 1993.
- [4] Frost D., Jammet H., Manuel de radioprotection dans les hôpitaux et en pratique générale, Vol. 2, Sources non scellées, OMS-Genève, 1975.
- [5] Galle P., Paulin R., Biophysique-Radiobiologie-Radiopathologie, Masson, 1992.
- [6] ICPR, Publication 60, Pergamon press, Oxford, 1991.
- [7] INRS, La sécurité dans l'emploi des radionucléides en sources non scellées, 1978.
- [8] Journal Officiel, Brochure n° 1420, Edition 1992.
- [9] Pannetier R., Vade-mecum du technicien, tome I - II - III, SCF du Bastet, 1981.

L'ACTUALITÉ CHIMIQUE ORGANISE UNE DEMI-JOURNÉE D'ÉTUDE

LA SÉCURITÉ DANS LES LABORATOIRES

le vendredi 10 décembre de 9 h à 12 h 30

dans le cadre du Salon du Laboratoire, salle 5 A, Parc des Expositions, Paris-Nord Villepinte.

Renseignements : G. Perreau, SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63.

Organisation de la prévention à l'Inra

L'accueil des entrants

Comme tous les organismes de recherche, les 22 centres Inra accueillent chaque année un nombre important de personnes selon divers statuts, qui effectuent des séjours de durées variables.

Cette population d'entrants représentent environ 6 000 "passages" par an, en plus des 8 500 agents. Ils ont les statuts suivants : agents recrutés sous contrat à durée déterminée ou sur poste, boursiers, chercheurs étrangers, thésards, DEA, objecteurs de conscience...

En terme de risques, ces entrants sont plus vulnérables que les autres, car ils sont jeunes et inexpérimentés. Ils arrivent dans un milieu mal connu et ont, de ce fait, des difficultés à mesurer les risques.

De plus, dans les laboratoires, les risques sont souvent insidieux et il peut s'écouler plusieurs années entre l'exposition à une substance et l'apparition d'une pathologie ; d'où l'importance de la surveillance médicale. Dès la prise de fonction, chaque entrant peut passer une visite médicale ; celle-ci a pour but de vérifier que son poste de travail ne présente pas de contre-indication susceptible de nuire à sa santé. Chaque personne pourra ainsi tout au long de sa carrière être suivie médicalement.

Mais des risques tels que les brûlures et les coupures sont aussi des accidents fréquents ! Ainsi, des statistiques nationales prouvent même que le nombre d'accidents du travail et de jours d'arrêt est plus élevé pour ces personnes.

Des propositions ont été faites pour améliorer la situation : parmi celles-ci, on peut retenir l'organisation de l'accueil (parcours obligé), mais aussi la réalisation d'un livret d'accueil prévention.

D'ores et déjà, deux brochures ont été réalisées. Une brochure générale et une brochure spécifique Prévention, intitulée "Réussir ensemble la prévention".

Des formations sont organisées tant au niveau national pour les nouveaux titulaires et qu'au niveau des centres pour les autres stagiaires en particulier.

	Responsables Décideurs	Assistés par	
		des structures de concertation	des préventeurs
Niveau national	Direction Générale*	CCHS** CTP**	Délégué National Prévention Médecin Coordonnateur National
Niveau local	Président de Centre Secrétaire Général	CHS** Conseil de Gestion	Délégué*** Prévention de Centre Médecin de Prévention
Niveau du service	Chef de Service	Conseil de Service	Agent Chargé de Prévention

* Un inspecteur Hygiène et Sécurité, analogue à l'inspecteur du travail, est désigné par les ministres de tutelle et placé auprès de la direction générale.

** CTP : Comité Technique Paritaire - CCHS : Comité Central Hygiène Sécurité - CHS : Comité Hygiène Sécurité.
*** 5 Délégués Prévention de Centre assurent également la fonction de Délégué Régional Prévention. Leur mission est en particulier d'animer, coordonner et conseiller dans leurs actions les Délégués Prévention de Centre.

Le tableau ci-dessus résume l'organisation de la prévention à l'INRA, montrant qu'à chaque niveau, correspond une structure prévention.

Les deux derniers niveaux sont importants pour l'accueil des nouveaux : d'une part, le délégué prévention de centre, d'autre part, l'agent chargé de prévention, choisi par son chef de service.

C'est ce dernier maillon qui est fondamental pour accueillir en particulier les stagiaires dès leur arrivée en collaboration avec le maître de stage.

Ainsi une réflexion globale a eu lieu au sein des délégués prévention afin de développer des moyens pour organiser l'accueil des entrants et fournir des outils aux agents chargés de prévention pour repérer les entrants, les informer, intervenir auprès de leur maître de stage ...

Des informations minimales sont fournies aux arrivants : une fiche d'accueil à remplir avec le maître de stage, des informations générales de prévention et un aide-mémoire prévention.

Le parcours du nouvel entrant peut se situer autour de trois points d'appui :

- 1- accueil par le maître de stage du nouvel arrivant, qui devra remplir une fiche d'accueil,
- 2- action de l'agent chargé de prévention : il fait le tour du service avec l'entrant et lui présente la brochure d'accueil "réussir ensemble la prévention", et veille à ce que les informations minimales sur les risques soient données,
- 3- information ou formation.

Vu la diversité des situations dans les différents centres (taille, activités ...), l'idée est qu'à partir de la démarche proposée et

des documents existants, chaque délégué mette en œuvre, sur son centre, l'action de sensibilisation à la prévention en terme d'information.

Après ces actions d'information réalisées par l'agent chargé de prévention, des actions de formation sont organisées au niveau du centre sur des risques particuliers tels que les risques chimiques, radiologiques

Si un organisme de recherche comme l'INRA met en œuvre une politique d'accueil et des actions auprès de la population des entrants en particulier des stagiaires (DEA, thésards), c'est que la notion de maîtrise des risques est encore peu répandue dans l'enseignement supérieur. Il est urgent d'intervenir pour intégrer la sécurité dans le cursus universitaire ; c'est dans ce but qu'un forum a été organisé, les 15 et 16 septembre 1993, sur "l'intégration d'une formation à la sécurité dans les enseignements supérieurs" par les services Hygiène-Sécurité des universités P. et M. Curie (Paris 6) et Denis Diderot (Paris 7) au centre universitaire Jussieu.

Nathalie Locquet

Inra, Mission centrale Prévention des risques professionnels



ANNÉE DE LA CHIMIE

CONGRÈS DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

SFC 94

BICENTENAIRE D'ANTOINE-LAURENT DE LAVOISIER

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON I

LA DOUA-VILLEURBANNE

26-30 SEPTEMBRE 1994

**Renseignements : SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.
Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63.**



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

CNRSFormation

au service de l'Entreprise

du 16 au 20 mai 1994 à ORSAY (91) **Spectrométrie de masse en chimie et biologie**

du 16 au 20 mai 1994 à BONDY (93) **Spectrométrie d'absorption atomique. Initiation**

du 16 au 21 mai 1994 à GIF-SUR-YVETTE (91) **Les techniques chromatographiques**

du 16 au 20 mai 1994 à NANTES (44) **Résonance Magnétique Nucléaire et ses applications.
Initiation**

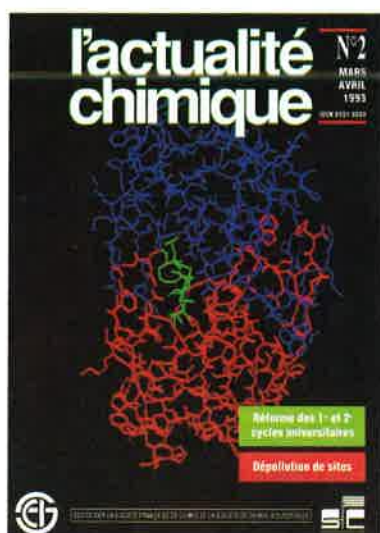
Catalogue, programmes et inscriptions :

CNRSFormation

1, place Aristide-Briand - 92195 Meudon Cedex - FRANCE

Tél. : (1) 45.07.56.72 - Fax : (1) 45.07.59.00

L'Actualité Chimique



Vingt ans après sa création, en 1973, L'Actualité Chimique annonce un renouvellement complet de sa politique rédactionnelle.

La Société Française de Chimie est décidée à transformer L'Actualité Chimique en une publication de grande diffusion dans laquelle pourront s'exprimer tous les membres de la communauté des chimistes de langue française, qu'ils soient enseignants, chercheurs, industriels, ...

Il n'est guère de secteur de l'économie, ou de discipline scientifique, qui ne dépende directement ou indirectement de la chimie. L'Actualité Chimique renouvelée a donc vocation à être largement diffusée.

Elle couvre tous les domaines dans ses rubriques régulières : Enseignement, Environnement, Histoire de la chimie, Industrie, Recherche.

Extraits du programme rédactionnel 1994

- Mars 1994 : Numéro spécial sur la photochimie et ses applications
- Avril 1994 : Bicentenaire de Lavoisier
- Juin 1994 : Numéro spécial sur le chlore
- Septembre 1994 : Journées Lavoisier/Congrès SFC 94

Renseignements

Société Française de Chimie
250, rue Saint-Jacques
75005 Paris.
Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63



BIENVENUE DANS UN M
OU LA CHIMIE
EST AU SERVICE DE L'ENVIR

Agence Photo: Terje Kveien - The Image Bank

Rhône-Poulenc met son expérience et ses compétences
au service de l'environnement :
sa connaissance des molécules, son savoir-faire technique
sa maîtrise des procédés



Traitement Recyclage Valorisation Régénération

**Rhône-Poulenc a créé l'activité
"Services pour l'Environnement"
pour offrir aux industriels
et aux collectivités locales
la solution la mieux adaptée
à la protection de leur environnement**

"Services pour l'Environnement"
et les autres activités du groupe Rhône-Poulenc
offrent des solutions et des compétences pour :

- La régénération de l'acide sulfurique
- Le traitement des eaux potables et usées
- Le traitement de déchets industriels spéciaux
- Le traitement des gaz et des pollutions accidentelles
- Le diagnostic des pollutions, la capacité d'analyse, la rémédiation des sols



N'hésitez pas à nous appeler ou à nous écrire :

Rhône-Poulenc Chimie
Secteur Intermédiaires Organiques et Minéraux (IOM)

Services pour l'Environnement
25, quai Paul Doumer - 92408 Courbevoie Cedex - France
Tél : (1) 47 68 27 58 ou 47 68 09 40 - Fax : (1) 47 68 21 50

ences

et industriel,

ANALYSIS

Objectifs

ANALYSIS propose un panorama des progrès scientifiques dans le domaine de la chimie analytique. Chaque mois, vous trouverez :

- des articles scientifiques, des revues et « Analysis letters », soumis à un double référé, garant de la qualité des publications, sur toutes les méthodes d'analyse : chromatographie, spectrographie, RMN, électrochimie.
- des rubriques sur l'actualité de la profession ; la vie des entreprises ; les hommes dans les sociétés ; manifestations ; dossier ; applications ; nouveautés de la profession ; infos laboratoire ; livres.

DOSSIERS 1993

janvier/février	Analyses chimiques
mars	L'analyse <i>in vivo</i>
avril	Perspectives de l'électrophorèse
mai	Après Pittsburgh
juin	Spectrométrie FT-IR, microscopie FT-IR
juillet	Chimie et criminalistique
août/sept	Explorer l'espace grâce à la chimie analytique
octobre	Chimie analytique des surfaces
novembre	Méthodes rapides de contrôle en milieu industrielle
décembre	Salon du laboratoire Le marché de l'instrumentation analytique

Rédacteur en chef

NG DAO
28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris

Secrétaire de rédaction

B BROUARD

Rédacteurs associés

L CAMPANELLA (*Rome, Italie*)
R HOURIET (*Lausanne, Suisse*)
R KAUFMANN (*Düsseldorf, Allemagne*)
R KELLNER (*Vienne, Autriche*)
M VALCARCEL (*Cordoue, Espagne*)
T VO-DINH (*Oak Ridge, TN, États-Unis*)

Cité/indexé dans

Biological Abstracts, Chemical Abstracts, CNRS/Pascal, Current Contents (Physical, Chemical and Earth Sciences), Science Citation Index

Conditions d'abonnement

1993 : Vol 21 (10 numéros)
France : 1 950 FF
CEE particuliers : 2 342,21 FF TTC
CEE organismes et sociétés avec n° d'identification de TVA et
Hors CEE (par avion) : 2 300 FF
ISSN 0365-4877



*Demandez
un spécimen gratuit*



EDITIONS SCIENTIFIQUES
ELSEVIER

MEMBRE DU GROUPE REED ELSEVIER
29 rue Buffon, 75005 Paris, France

La sécurité à l'Institut Français du Pétrole

Depuis sa création, en 1944, auxiliaire de la politique énergétique française, l'IFP poursuit ses missions de recherche et développement (R & D), de formation et d'information au service de l'ensemble de la chaîne pétrolière, c'est-à-dire l'exploration, le forage, la production, le raffinage et la pétrochimie, les moteurs, l'utilisation de l'énergie ainsi que, préoccupation permanente et croissante de l'industrie, la protection de l'environnement.

De nouveaux procédés, des nouvelles technologies, des nouveaux matériaux sont étudiés, depuis la recherche fondamentale jusqu'au stade du développement industriel, par des équipes pluridisciplinaires dans le cadre de programmes établis chaque année, en étroite concertation avec l'industrie, et menés, le plus souvent, au sein de collaborations scientifiques et techniques internationales.

Pour réaliser ses missions statutaires de R & D, formation et documentation, c'est un ensemble de 1 800 personnes environ (chercheurs, ingénieurs, cadres, techniciens, ouvriers) qui constitue le personnel de l'IFP auquel il faut ajouter environ 400 personnes représentées par les élèves de l'ENSPM, les stagiaires (thèses, post-doctorats, élèves-ingénieurs, universitaires), les détachés, les intérimaires et les personnels des entreprises intervenantes. Les activités de l'IFP sont regroupées sur deux sites : l'établissement principal, également siège social, à Rueil-Malmaison, près de Paris (1 500 personnes IFP environ), et l'établissement situé à Solaize, près de Lyon (environ 300 personnes IFP) disposant des moyens et des compétences pour assurer la mise au point d'une technique, d'un produit ou d'un procédé au stade du développement préindustriel.

La politique de l'IFP en matière de sécurité, sûreté et protection est placée sous la responsabilité de la direction de la Sécurité. La mission de cette direction est d'analyser l'ensemble des risques induits par toutes les activités de l'entreprise, de rechercher en permanence, en collaboration avec les équipes de recherche et les services techniques, la meilleure adéquation des moyens de protection et des règles de sécurité à la nature et à la gravité des risques encourus, tout en favorisant la meilleure efficacité des travaux, puis de la mettre en place, et enfin d'assurer et de contrôler leurs fonctionnements et leurs respects par tous.

Avant d'examiner certains aspects de la sécurité liés à l'activité technique de recherche et développement, il faut évidemment mentionner la mise en œuvre, pour chaque établissement, de moyens particuliers d'intervention générale : un service médical avec la présence permanente d'un médecin du travail, une ambu-

lance, des équipes d'intervention, un véhicule de premier secours, ... Et, en raison des règlements de sécurité et des impératifs liés à l'environnement urbain ou industriel (Solaize), l'intervention des sapeurs-pompiers, du Samu et des services agréés de lutte contre la pollution est immédiatement requise selon la gravité des accidents.

Pour illustrer la prise en compte de la sécurité à l'IFP, deux exemples ont été choisis :

- l'activité de recherche et développement dans le domaine des moteurs, carburants et lubrifiants à Rueil-Malmaison : les bancs moteurs,
- l'activité de recherches et développements de l'établissement de Solaize : le Centre d'Études et de Développement Industriels (Cedi).

Marc Dorel

*Directeur de la Sécurité IFP**



Travaux de recherche en biotechnologie dans les laboratoires de l'IFP.

(Source : IFP)

* Institut Français du Pétrole (IFP), BP 311, 92506 Rueil-Malmaison Cedex. Tél. : (1) 47.49.02.14. Fax : (1) 47.52.70.00.

La sécurité des bancs moteurs à Rueil-Malmaison

René Massé *Chef du département Sécurité (IFP)*

En raison de la multiplicité des contraintes apparaissant dans toutes les activités liées au transport, la mise au point et l'optimisation des moteurs, d'une part, et la formulation des carburants et lubrifiants, d'autre part, ont nécessité la mise en place d'équipes de recherche pluridisciplinaires au sein d'une division de recherche de l'IFP : la division des Techniques d'Applications Énergétiques (TAE).

Cette activité va de la recherche fondamentale à l'application industrielle et nécessite de disposer de capacités humaines et technologiques pour analyser, comprendre et résoudre les problèmes les plus complexes.

La TAE regroupe une équipe importante de 180 personnes (115 techniciens, 65 ingénieurs auxquels il faut ajouter les chercheurs postdoctoraux, les thésards et

les stagiaires) et dispose de moyens d'essais dotés d'équipements performants, regroupés sur deux sites distincts mais complémentaires : Rueil-Malmaison et Solaize.

Le site de Rueil, créé en 1952 après le transfert de la station nationale Claude Bonnier à l'IFP, comporte actuellement 42 bancs moteurs (*photo 1*) présentant une grande diversité d'équipements :

- bancs de recherche, conçus notamment pour l'utilisation de méthodes de mesures avancées,
- bancs d'endurance automatisés,
- bancs à rouleaux pour la mesure des émissions de polluants des véhicules sur cycles,
- bancs d'organes et d'essais mécaniques,
- plusieurs laboratoires d'analyses spécialisés.

Bien que les moyens techniques de sécurité mis en œuvre concourent le plus sou-

vent à la sécurité, à la fois, des personnes, des biens et des activités, nous distinguerons deux aspects :

- la sécurité des personnes et des biens,
- la sécurité des essais.

Sécurité des personnes et des biens

L'un des risques les plus graves est celui d'intoxication par la présence de monoxyde de carbone (CO) ou d'oxydes d'azote (NO_x), entraînés par des fuites éventuelles des échappements.

Le premier dispositif de sécurité est l'utilisation d'une ventilation très puissante dans chaque cellule comportant un ou des bancs d'essais : 24 000 m³/h en soufflage, 25 000 m³/h en aspiration pour créer en permanence une dépression. Cette ventilation provoque une dilution très importante des fuites d'échappement, rendant peu probable l'intoxication. Son arrêt accidentel entraîne automatiquement l'arrêt immédiat du banc moteurs.

Une autre ventilation, installée dans le circuit de collecte des gaz d'échappement, permet de les diluer très fortement avant le rejet à l'atmosphère dans des conditions réglementaires, analogues à celles d'une chaufferie. L'arrêt de cette ventilation entraîne l'arrêt général de tous les bancs.

A cette mesure, s'ajoute une détection automatique de gaz toxiques dans tous les locaux exposés à ce risque.

Pour CO, une double détection, la première dite "séquentielle" et très sélective par absorption des infrarouges, la deuxième permanente, par cellules électrochimiques, déclenche une alarme pour un premier seuil de 30 ppm de CO dans l'atmosphère et provoque l'arrêt du banc moteur pour un seuil de 50 ppm.

Pour NO₂, les seuils de la détection séquentielle par cellules électrochimiques sont 3 ppm pour l'alarme et 5 ppm pour l'arrêt du banc.



Photo 1 - Cellule d'essai moteur - Poste de travail face à la baie vitrée pour l'observation de la cellule. (Source: IFP)

A toutes ces situations, correspond une signalisation locale informant le personnel éventuellement exposé.

Contre les risques d'explosion, plusieurs niveaux de sécurité sont mis en œuvre. Comme pour les gaz toxiques, le premier niveau est assuré par la ventilation qui, en cas de fuite de combustible volatil ou de gaz, diminuera fortement le risque d'explosion par dilution.

Ensuite, pour les cellules d'essais d'endurance, présentant la particularité de comporter deux plates-formes d'essais indifféremment utilisées avec un moteur à essence ou un moteur Diesel, le fonctionnement simultané de ces deux types de moteur nous a imposé de mettre en service différents systèmes de détection de fuites et de vapeurs de gazole :

- une sonde capacitive sous le dispositif de contrôle de débit,
- une sonde capacitive sous le banc lui-même,

- une détection automatique de vapeur de gazole, par absorption sélective d'infrarouges, qui permet également de détecter les vapeurs d'essence. Cette installation est séquentielle et permet de détecter 20 ppm en préalarme et 50 ppm en alarme. Un recul de 8 ans a montré l'efficacité de ce type de détection, plutôt inhabituel dans le domaine de la sécurité,

- une détection automatique explosimétrique, permanente, classique par le procédé de combustion catalytique.

L'utilisation conjointe des deux procédés dans les cellules améliore la sécurité globale explosimétrique.

De même, pour les bancs utilisant un combustible gazeux, une détection automatique très sensible à base de semi-conducteurs est utilisée. Il est ainsi possible d'apprécier quelques "pour cent" de la limite inférieure d'explosibilité (LIE), difficiles à atteindre avec les procédés classiques.

En troisième lieu, toutes les cellules sont équipées de cloisons fonctionnant comme un clapet d'évacuation vers l'extérieur à partir d'une surpression d'environ 200 kg/m², et le couloir central, depuis lequel sont dirigés et surveillés les essais par les opérateurs, est équipé de cloisons résistant à une surpression de 1 500 kg/m².

Une troisième catégorie de risque est celui de l'incendie dont les signes précurseurs sont les fumées et les flammes.

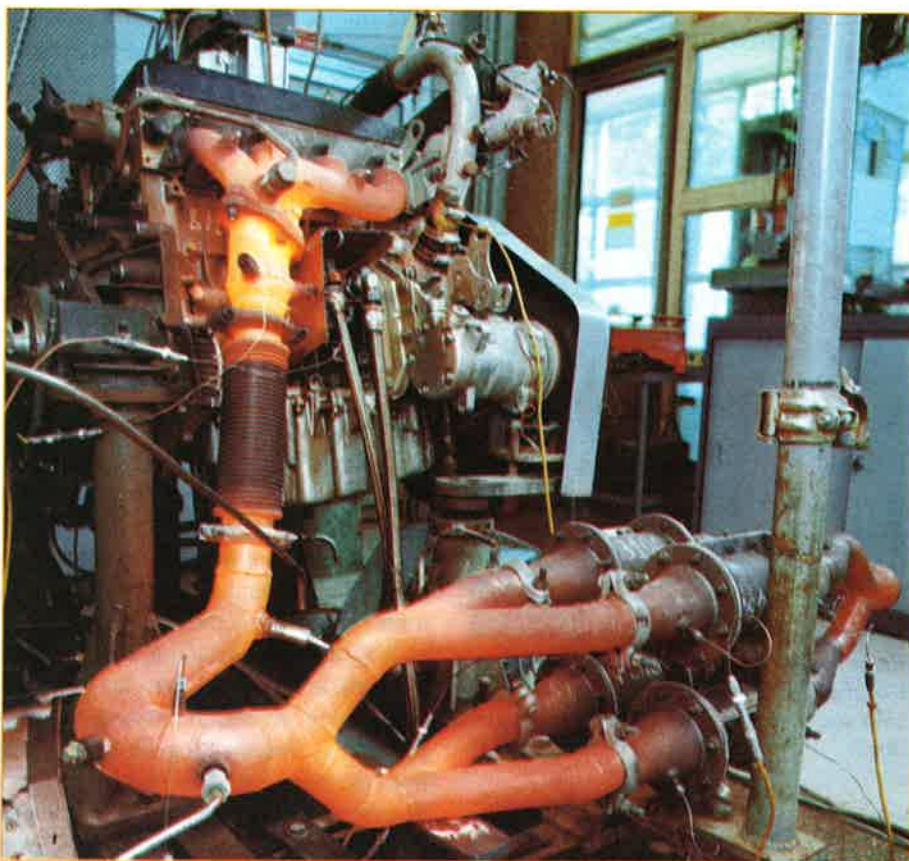


Photo 2 - Banc moteur pour les essais d'endurance des pots catalytiques - Exemple de température très élevée par le rougeoiment incandescent du pot.
(Source : IFP)

Aussi, comme les autres locaux techniques de l'IFP à Rueil, ceux de la division de recherche TAE sont équipés de détecteurs de fumée utilisant le principe d'ionisation de l'air : variation d'un courant de garde en cas de présence de fumée. En plus, les cellules d'essais des moteurs sont équipées de détecteurs de flammes : émissions d'infrarouges dans des plages caractéristiques de longueurs d'onde et de fréquences d'occultation. Certains locaux, en particulier ceux de stockage de combustibles liquides, sont aussi équipés de détection automatique thermovélocimétrique basée sur la mesure d'une vitesse d'élévation de température supérieure à 15 degrés centigrades en une minute.

Toutes ces détections sont associées à des alarmes et à des signalisations locales informant le personnel situé près du risque.

Pour lutter contre l'incendie, les locaux présentant un risque élevé sont équipés d'installations automatiques d'extinction par épandage d'un produit extincuteur : halon 1301, accessoirement CO₂,

associés automatiquement à la détection de fumée et de flamme ou à la détection thermovélocimétrique, et manuellement à un déclencheur.

Dans tous les cas, la sécurité des opérateurs est réglementairement assurée par une temporisation et une signalisation locale enjoignant le personnel à évacuer avant l'épandage du produit.

Pour les bancs d'endurance, est prévue une seconde extinction par eau pulvérisée "sprinkler" associée à une détection thermique.

En cas de déclenchement d'extinction, automatique ou manuelle, tous les bancs sont arrêtés automatiquement ainsi que les ventilations. Pour éviter la propagation du feu et accroître l'efficacité de l'extinction, le confinement est contrôlé par une alarme signalant l'ouverture prolongée d'une porte.

Une commande de désenfumage prioritaire, volontairement éloignée des locaux à risques, permet aux sapeurs-pompiers la mise en marche forcée des ventilateurs, indépendamment de la succession des automatismes avant et pendant le sinistre.



Photo 3 - Principe du moteur transparent pour l'analyse des propriétés des gaz dans la chambre de combustion par des techniques laser. (Source : IFP)

Certains types d'essais, nécessitant le fonctionnement des moteurs à des régimes très élevés (5 à 6 000 tr/min), présentent des risques de projection de parties métalliques et des nuisances au niveau du bruit et des vibrations (*photo 2*). De façon générale, la présence d'opérateur dans les cellules est limitée à des cas particuliers pendant une durée très courte, et quasi interdite pendant les périodes à régimes élevés. La protection contre les projections est assurée par des grillages lestés verticaux, appelés "cottes de mailles", entourant le moteur. Des matériaux absorbant les bruits tapissent les cloisons des cellules protégeant à la fois les opérateurs et l'environnement, tandis que différents systèmes amortisseurs situés sous les massifs supportant les bancs et sur les parties métalliques de liaison permettent d'absorber les vibrations. Signalons une particularité importante. La division TAE met en œuvre des moyens expérimentaux originaux, en particulier des moteurs munis d'accès optique, dits "transparents", permettant de visualiser et de mesurer l'ensemble des paramètres contrôlant la combustion (*photo 3*). Des hublots et des pistons spéciaux en quartz et titane autorisent l'introduction de faisceaux et de plans de lumière laser sondant le milieu gazeux de la chambre de combustion. Ces moteurs

sont implantés dans des cellules spécifiques munies de dispositifs optiques parmi les plus avancés et de nombreuses sources laser et comportant des systèmes de contrôle et de sécurité. Ainsi, les faisceaux sont canalisés pour éviter toute réflexion accidentelle. Le personnel et les visiteurs sont astreints à porter des lunettes de protection adaptées. Une signalisation extérieure à chaque salle interdit l'entrée dans les cellules au personnel non habilité durant les "tirs" de laser.

Tous les systèmes de détection et d'intervention automatique décrits précédemment sont reliés à un automate de gestion des asservissements et des signalisations, et à des centrales locales au bâtiment ou partie de bâtiment concerné regroupant toutes les informations permettant de connaître avec précision le lieu, la nature et la gravité du risque dans les cas où les équipements de mesures et de détection le permettent. Une synthèse de ces informations est transférée dans le même temps à un central de surveillance situé au niveau du département Sécurité (jour) ou du poste central de surveillance (nuit et week-end) où une permanence est assurée et réagit par l'envoi d'une estafette de reconnaissance, ou d'équipes d'intervention ou de moyens d'intervention extérieurs, selon la nature de l'alarme reçue et des périodes heures ouvrées (jour) ou non ouvrées (nuit et week-end).

Bien entendu, comme nous l'avons vu, une signalisation locale informe immédiatement le personnel concerné et, si nécessaire, l'arrêt automatique du banc est déclenché.

Sécurité durant le déroulement des essais

Un aspect, regroupé sous ce chapitre, contribue également à la sécurité d'ensemble des essais sur les bancs moteurs, c'est celui des fuites de combustibles liquides.

Les cellules d'essais sont alimentées en combustibles liquides par des lignes en tête desquelles se trouvent des pompes assurant une pression constante avec la particularité d'être en fonctionnement par intermittence. Ainsi, si une fuite se produit, le maintien de la pression réclame un fonctionnement continu de la pompe qui commande l'arrêt immédiat de la pompe

concernée. De plus, un pressostat de sécurité, raccordé sur la ligne, ferme la vanne pneumatique située en amont dès que la pression mesurée est anormalement basse, due à l'existence d'une fuite.

Comme nous l'avons signalé, pour chaque plate-forme d'essai existe un dispositif de mesure et de contrôle du débit de combustible. Sous ce dispositif se trouve un collecteur de fuites associé à une sonde capacitive à seuil entraînant la fermeture de la vanne pneumatique en aval de la ligne concernée.

Pour les bancs d'endurance imposant des conditions sévères d'essai, un détecteur original de fuite d'hydrocarbures a été développé et mis au point par l'IFP, le système breveté Nereide, basé sur le principe de la dilution d'une membrane spéciale, entraînant l'arrêt immédiat du banc concerné.

Pour chaque type d'essai, des seuils de fonctionnement sont définis par les opérateurs : pression, température, régime, etc., dont les capteurs sont reliés à un ordinateur de surveillance et de programmation du déroulement de l'essai. L'atteinte, accidentelle ou non, de un ou plusieurs seuils signalant un fonctionnement anormal ou témoignant d'un "risque" à court terme entraîne l'arrêt du moteur. Inversement, toute anomalie de fonctionnement de l'ordinateur lui-même entraîne l'arrêt de l'essai (dispositif dit "chien de garde"). Ces arrêts sont transférés à l'automate de gestion et de contrôle du système de sécurité qui le signale par une alarme spécifique à l'opérateur ou à l'agent de surveillance si cela se produit en dehors des heures ouvrées. Si l'arrêt est la conséquence d'une détection automatique, une alarme spécifique supplémentaire parvient systématiquement à l'agent de surveillance : fumée, flamme, explosimétrie, fuite, coupure de courant, arrêt de ventilation, coupure de l'alimentation en eau de refroidissement, etc.

Les asservissements et les signalisations automatiques sont naturellement plus nombreux en période des heures non ouvrées (nuit et week-end). La mise en service de l'automate se fait en présence de l'agent de surveillance à qui sont remis la clef de mise en service et un document attestant la vérification préalable de toutes les sécurités des cellules en essais et les dates et heures prévues pour l'arrêt programmé de chaque moteur.

La sécurité au Cedi à Solaize

Pierre Perez *Responsable Sécurité*

L'IFP a implanté son Centre d'Études et de Développement Industriels (CEDI) à Solaize, près de Lyon, pour être en mesure de réaliser des essais nécessaires au développement de procédés et de technologies. Cette activité se situe à mi-chemin entre le laboratoire et l'industrie et concerne la production et le raffinage du pétrole, la pétrochimie, la chimie ou la biochimie, ainsi que les tests de moteurs.

Une expérience de plus de 25 ans nous a permis d'aborder, dans ce domaine très particulier, des problèmes très variés, de nature technique, économique, réglementaire et de sécurité en général. Très vite, il a fallu rechercher des solutions à ces problèmes qui, bien que ne se situant pas au niveau industriel, surtout par les quantités de produits mises en œuvre, dépassent largement le cadre du laboratoire.

Les outils de développement, appelés *unités pilotes* et *maquettes*, sont répartis sur une superficie de près de 15 ha, située au sud de Lyon, entre l'autoroute A7 et le canal du Rhône. Leur taille est très différente suivant les études et leur capacité varie entre quelques litres et plusieurs m³. Ils sont implantés dans des bâtiments ou à l'extérieur suivant leur importance.

Des risques spécifiques

Utilisant un équipement semi-industriel, nos travaux sont caractérisés vis-à-vis des risques d'incendies et d'explosions par les éléments suivants :

- Quantités de produits inflammables variables d'une unité à l'autre, mais suffisamment importantes pour créer un risque ; certains pilotes, par exemple, nécessitent des stockages d'hydrocarbures de plusieurs dizaines de m³,
- Grande variété des produits mis en œuvre (hydrocarbures gazeux ou liqui-

des, réactifs chimiques, hydrogène, etc.) et pouvant changer au cours de l'exploitation d'une même unité. C'est le cas des essais de fatigue de flexibles, pour la production et le transport d'hydrocarbures (à terre ou en mer), qui sont réalisés sur hydrocarbures liquides, gaz comprimés ou liquéfiés (*photo 1*).

- Construction et mise en œuvre des unités pilotes dans un délai souvent très court, pouvant parfois être incompatible avec le délai d'obtention des autorisations administratives.

Aussi, en accord avec l'administration, des halls sont construits en respectant des règles d'éloignement, de ventilation, de détection et de nature des matériaux en fonction des quantités fixées de produits autorisés à être manipulés ou stockés. Ces dispositions permettent d'implanter rapidement des installations dans ces structures d'accueil en harmonie avec les règles administratives.

- Utilisation de matériel scientifique ou de mesure non "antidéflagrant" à la fabrication, à proximité d'unités pouvant créer des risques d'atmosphère explosible.

Ainsi, des matériels classiques de laboratoire tels que chromatographe, densimètre, etc. sont utilisés près des unités, suivant les besoins. Il est fait appel, pour travailler en sécurité, à des techniques de pressurisation, globale ou individuelle, contrôlées en permanence et doublées par un réseau de détection d'atmosphère explosible.

Une autre particularité du centre est la nécessité de travailler en continu pour effectuer des essais de longue durée ; de ce fait, des équipes de personnel posté ont la charge des installations fonctionnant sans interruption.

Des solutions originales

Pour tenir compte de ces particularités, nous avons été amenés, sur un plan régle-



Photo 1 - Banc d'essai de flexibles de production - Installation extérieure pour des essais de longue durée en conditions réelles d'un flexible prototype de 12 m de long et de 10,56 cm (4 pouces) de diamètre.

Conditions de fonctionnement et conditions de sécurité : pression élevée : jusqu'à 300 bar, température de - 40 °C à 110 °C, fluide, HC liquide et gazeux, durée : plusieurs millions de cycles de flexion.

Risques : rupture/explosion.

Installation en fosse. Protections latérales par rideaux en cote de maille métallique destinés à contenir des matériaux en cas de rupture. Protection supérieure par flatelage bois et sacs de sable. Détection vapeur inflammable. Seuils de détection 10 à 20 % de la limite inférieure d'explosivité de n-pentane. Signalisation de fonctionnement. Protection de l'opérateur. (Source : IFP)

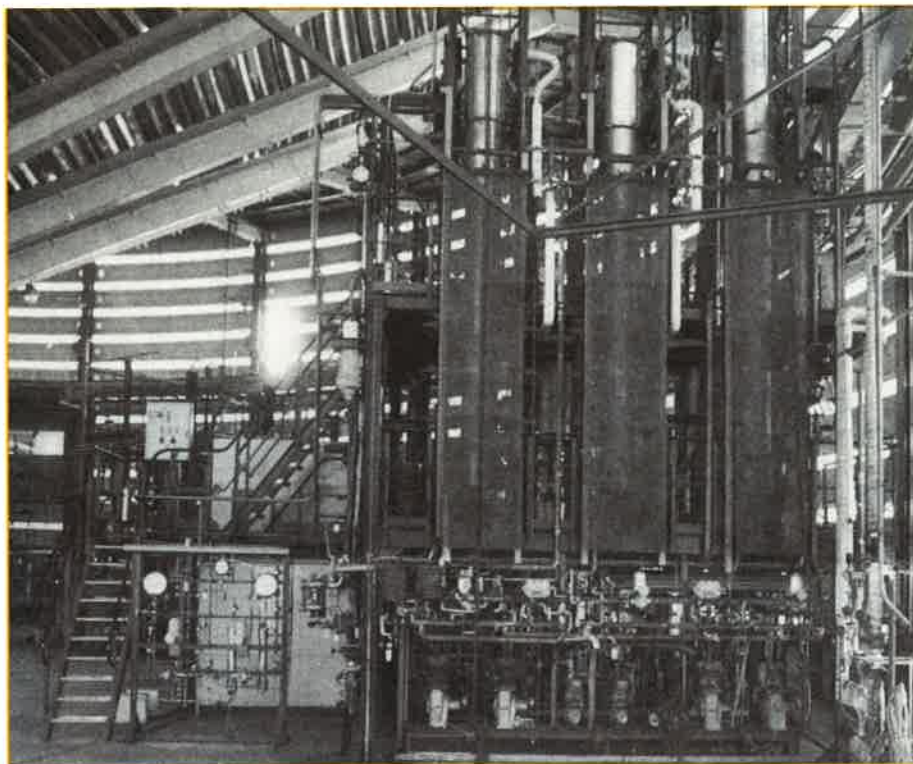


Photo 2 - Unité pilote d'hydrotraitement catalytique dans un hall à structure légère. Conditions de fonctionnement et conditions de sécurité : ventilation : 5 à 10 renouvellements par heure avec extractions d'air haute et basse. Pression de calcul : 300 bar. Température maximale : 500 °C. Fluides : hydrocarbures, hydrogène, H₂S. Stockages extérieurs : cuves de 5 m³ ou fûts de 200 litres réchauffés dans des étuves. Équipement de sécurité :

- 5 détecteurs permanents d'atmosphère explosible, à 2 seuils avec action sur la ventilation et l'arrêt de l'unité en sécurité. Seuils de détection 10 et 20 % de la limite inférieure d'explosivité du n pentane et hydrogène,
- réseau fixe d'extinction à la mousse physique,
- cuvette de rétention,
- protection contre les risques de rupture accidentelle des réacteurs par cote de maille métallique,
- matériel électrique de sûreté (antidéflagrant ou pressurisé),
- contrôle électronique centralisé.

(Source : IFP)

mentaire, à collaborer avec l'administration (DRIRE principalement) et à mettre en place des solutions originales :

- Création de règles fixant des quantités de produits à ne pas dépasser dans les halls et laboratoires. Ces règles tiennent compte évidemment de la qualité des produits, ainsi que de leurs conditions d'utilisation. Elles s'articulent avec la réglementation des installations classées.

Par exemple, dans un hall :

. Règle des produits

La quantité de produits inflammables pour chaque unité indépendante ou groupe d'unités interconnectées est limitée compte tenu de son emprise au sol à :

- . 1 000 L/m² de liquides peu inflammables,

- . 80 L/m² de liquides inflammables de 1^{re} et 2^e catégories ou de liquides peu inflammables réchauffés dans leur masse à une température supérieure à leur point éclair,
- . 20 L/m² de liquides particulièrement inflammables,
- . 20 m³ TPN/m² de gaz combustibles.

. Règle des capacités

Aucune capacité de stockage ou de mise en œuvre de liquide inflammable n'aura un volume supérieur à 3 000 L. Dans le cas d'utilisation sous pression, le produit de son volume, exprimé en litres par sa pression en bar, restera inférieur à 20 000.

- création d'une zone de sécurité avec un schéma directeur permettant l'implantation des unités en tenant compte des risques engendrés vis-à-vis de l'environnement.

- Mise en place d'un réseau de détection d'atmosphère explosible actif à 2 seuils de détection, agissant directement sur des ventilations de secours ou sur l'arrêt en sécurité des installations.

- Création de règles internes permettant d'utiliser du matériel scientifique conventionnel près des installations. C'est le cas en particulier pour les analyseurs en ligne (chromatographes, par exemple) et ordinateurs de conduite.

Face à des problèmes particuliers tels que la mise en œuvre de matériels à des pressions ou températures élevées, ou la manipulation de produits toxiques ou dangereux, des équipements spécifiques sur les unités permettent d'éviter, en cas d'incident, des projections de matériaux ou de liquides risquant d'atteindre les zones d'évolution du personnel ou le domaine public (autoroute en particulier). Aussi, nous avons recourus à des cellules en béton, des merlons, des cuvettes, des cottes de mailles, des enceintes ventilées. Pour tenir compte de la protection de l'environnement, les structures d'accueil mises en place permettent de garder la maîtrise des rejets liquides par la présence d'un système de collecte séparative des eaux et d'une station de traitement des eaux polluées, avant rejet au canal, et des rejets gazeux par la création d'un collecteur d'effluents gazeux inflammables alimentant une torche d'incinération et de nombreuses installations de neutralisation de gaz dangereux.

C'est le cas en particulier pour toutes les unités pilotes d'hydrotraitement catalytique, produisant de l'hydrogène sulfuré (H₂S), qui est capté par des solutions alcalines (photo 2).





Les laboratoires de l'Ineris, riches d'exemples à suivre

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris) dispose de laboratoires très divers : écotoxicologie, matériaux, analyse organique et analyse minérale. Ces deux derniers nous ont plus particulièrement intéressés car, rénovés depuis peu, ils l'ont été sous l'angle de "la sécurité avant tout".

Pour nous en parler, nous avons rencontré Maurice Mazza (directeur Essais Recherche) et Bruno Faucher (chef du département Appui technique et Travaux neufs).

L'Actualité Chimique : L'Ineris a-t-il réfléchi aux aspects sécurité avant de bâtir ses laboratoires de chimie ?

Maurice Mazza : Nos laboratoires ne sont opérationnels que depuis quelques mois (il s'agit d'anciens laboratoires entièrement rénovés). Je pense qu'au niveau sécurité, tous les aspects ont été examinés.

A. C. : Comment cette réflexion sur la sécurité a-t-elle été conduite, puis intégrée dès la conception de ces nouveaux laboratoires ? Quelles contraintes supplémentaires cela vous-a-t-il posé ?

Bruno Faucher : Dès le début, il faut une étroite collaboration entre le maître d'œuvre et l'utilisateur. A tel point que l'on arrive actuellement à avoir des laboratoires faits presque sur mesure pour les activités qui s'y font.

A. C. : Le laboratoire standard est-il une aberration ?

B. Faucher : Pour nous, le laboratoire standard n'existe pas ! Un laboratoire est un poste de travail. Ainsi, dès l'origine on procède à un examen très attentif de tout ce qui va s'effectuer à ce poste et cela bien sûr en discutant avec le futur utilisateur.

A. C. : Et si les utilisations évoluent ?

B. Faucher : On adapte alors le laboratoire aux nouvelles utilisations. Je vous dirai même, que si l'utilisateur change, nous sommes amenés à apporter des modifications, parce que cette nouvelle personne travaille de manière différente de la précédente. En fait, il y a toujours de petites améliorations à effectuer. Cela veut bien dire que l'on considère vraiment le laboratoire comme un poste de travail.

M. Mazza : A cela, il faut ajouter l'aspect réglementaire qui peut intervenir ou évoluer en cours de construction et nous sommes obligés d'en tenir compte.

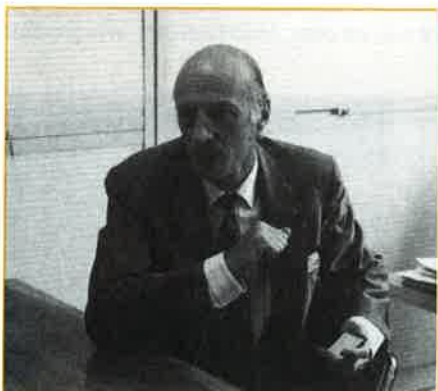
A. C. : Parce que la construction d'un laboratoire s'étend sur une très longue période, combien de temps faut-il prévoir entre l'établissement du cahier des charges et la mise en route d'un laboratoire ?

B. Faucher : Cela dépend. S'il s'agit de l'aménagement intérieur d'un laboratoire existant...

M. Mazza : Ce qui est le cas chez nous.

B. Faucher : Il faut, en moyenne, 6 mois pour 600 m² de laboratoire.

A. C. : Votre logique en matière de conception de laboratoire suppose donc une équipe pluridisciplinaire pour la réflexion en amont, réflexion



Maurice Mazza (directeur Essais-Recherche, INERIS) : "Tous les aspects sécurité ont été approchés dans la conception de nos laboratoires, y compris le volet nuisances sur l'environnement".



Bruno Faucher (chef du département Appui technique et Travaux neufs, INERIS) : "Il faut avant tout impliquer les utilisateurs et adapter en permanence les laboratoires à leurs utilisations et aux personnels concernés".



M. Mazza : "Le spectromètre ICP-masse haute résolution est dans une salle climatisée dont l'accès est très réglementé. Les gaz dangereux utilisés font l'objet d'un contrôle par détecteurs et alarmes. Il ne fonctionne jamais sans la présence d'un spécialiste".

qui aboutit à un cahier des charges très précis et un type de construction souple afin de pouvoir apporter des aménagements au gré des changements d'activités, voire de personnel. Est-ce vraiment compatible et facile à gérer ?

B. Faucher : Il y a une contradiction, c'est vrai... Un laboratoire, c'est effectivement très rigide. Du point de vue installation, ce n'est pas comme un bureau où on peut décider de mettre quelqu'un ici ou là, et pourtant, il faut constamment le modifier. La conséquence de cette contradiction, c'est qu'elle génère des coûts ! Déplacer une hotte de chimie, ça coûte très cher !

M. Mazza : C'est pourquoi, dès la conception, il faut procéder à une analyse des produits qui vont être utilisés et des quantités nécessaires, des essais qui seront réalisés, des risques : inhalation, toxicité, incendie, explosion. Cela ne peut être fait que par l'utilisateur au travers de sa fonction d'ingénieur.

Le PVC renforce la sécurité

A. C. : Vous impliquez combien de personnes au total ?

B. Faucher : On implique l'utilisateur, l'ingénieur sécurité de l'Ineris, le secrétaire du CHSCT et nous-mêmes, le service Travaux Neufs de l'Ineris.

M. Mazza : Il faut ajouter qu'un laboratoire est aussi conçu en fonction du risque feu. Ainsi, les portes ne sont pas faites n'importe comment, les issues sont conçues en tenant compte des risques.

A. C. : Vous voulez dire que les matériaux utilisés pour les portes, les murs,

les peintures... sont choisis en fonction des risques ?

B. Faucher : Tout à fait. Si l'on considère les sols par exemple. Ils sont toujours carrelés sauf cas particuliers. Ainsi, un laboratoire équipé d'appareils utilisant des sources radioactives doit absolument éviter toute poussière. Dans ce cas, le sol carrelé n'est pas adapté parce qu'il y a des joints et que les joints sont des pièges à poussière. Pour ce laboratoire, il faudra installer des surfaces lisses. Autre exemple, un laboratoire où il faut être très vigilant en ce qui concerne les microbes et les bactéries, va aussi nécessiter des surfaces lisses, facile à nettoyer et à désinfecter.

M. Mazza : De plus, systématiquement les laboratoires de chimie disposent de sols traités anti-acides.

B. Faucher : Voilà pour les sols. Si on regarde les murs, on applique des peintures glycéro phtaliques classiques mais là on prend soin de choisir des teintes qui ne soient pas trop gênantes pour le personnel. On s'est en effet rendu compte qu'avec le développement de l'informatique, la lumière se réfléchissait sur les murs trop clairs et rendait le travail à l'écran pénible. On a aussi adopté des systèmes d'éclairage à températures froides, installé des stores. Dans le cas du laboratoire d'écotoxicologie, nous avons réalisé des essais sur les peintures afin de s'assurer de leur non-toxicité sur les microorganismes utilisés lors des tests.

A. C. : Cela n'est-il pas plus du domaine du confort que de la sécurité ?

B. Faucher : C'est plutôt de l'hygiène.

M. Mazza : Une observation générale concernant la conception : la matière

plastique a remplacé les produits type inox. Cela apporte à la fois l'hygiène et la sécurité. L'introduction du PVC a vraiment renforcé la sécurité dans les laboratoires.

B. Faucher : Toujours au niveau de la conception, la climatisation des laboratoires (température et hygrométrie) est très importante aujourd'hui (même si cela ne concerne pas directement la sécurité). On climatise pratiquement un laboratoire sur deux. Ceci est plus lié aux bonnes pratiques du laboratoire qu'à la sécurité.

A. C. : Si on entre plus dans le détail du laboratoire, est-ce que les paillasses font aussi l'objet de précautions particulières ?

B. Faucher : Effectivement, il y a trois types de paillasses :

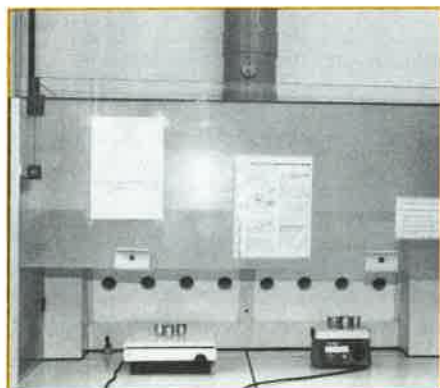
- la paillasse de physique, dite paillasse sèche. C'est la grande table carrelée, simplement traitée anti-acide au niveau de son revêtement ;

- la paillasse de chimie, comme la précédente, mais équipée des différents fluides : air, vide, eau et parfois de gaz spéciaux (azote, argon...).

M. Mazza : Il y a en plus un système d'aspiration ...

B. Faucher : Et un écoulement d'eau avec raccordement ou non à l'égout selon la nature des mélanges qui vont être déversés dans l'évier. Ces paillasses sont également munies d'électricité.

Enfin, il y a la paillasse encore plus élaborée : elle est identique à la précédente mais se trouve sous une hotte fermée. Cette "enveloppe" qui entoure la paillasse est en dépression. Dans notre jargon nous appelons cette paillasse "sorbonne". Dans ce cas, on comprend bien que, si le produit



B. Faucher : "La "sorbonne" accroît la sécurité du manipulateur qui est extérieur à la paillasse en dépression".



M. Mazza : "Les mélanges de gaz toxiques font l'objet d'un stockage particulier dit de haute sécurité".



émet des vapeurs, l'opérateur est protégé puisque le volume dans lequel a lieu l'émission est en dépression par rapport au local de travail.

A. C. : Je suppose que ces paillasses sont réservées à un certain type d'analyse ?

B. Faucher : Oui, les analyses utilisent les acides et solvants. Ces "sorbonnes" sont de plus en plus demandées, parfois un peu abusivement peut-être... Une précision, tous nos ventilateurs sont en toiture de manière à avoir tout le conduit d'aspiration en dépression par rapport au bâtiment. C'est un progrès.

A. C. : Nous avons parlé jusqu'ici de la sécurité dans le laboratoire vis-à-vis des manipulateurs. Élargissez-vous votre réflexion sur les risques par rapport à l'environnement ?

B. Faucher : C'est plus qu'une réflexion puisque nous regardons tout ce qui sort du laboratoire. Effectivement, il peut y avoir des rejets préjudiciables pour l'environnement immédiat.

A. C. : Comment procédez-vous ? Faites vous des analyses de tous les rejets ?

B. Faucher : On examine systématiquement tous les effluents gazeux ou vapeurs. On regarde s'il est nécessaire de traiter.

Cet aspect nuisances est pris en compte dès la conception du laboratoire. Des évier avec non-raccordement à l'égoût ont été élaborés. Les produits sont alors stockés dans un container dans un premier temps, puis systématiquement envoyés à la destruction.

A. C. : Quelle proportion représentent dans vos laboratoires, ces évier équipés de container de stockage ?

M. Mazza : Dans le laboratoire de chimie minérale, ce doit être un sur deux. Dans le laboratoire de chimie organique, cela peut être deux sur trois et ceci est fonction du nombre de solvants utilisés.

A. C. : Si nous revenions au problème des rejets, sur quels barèmes jugez-vous s'il faut les traiter ?

M. Mazza : Il y a la réglementation en vigueur. A l'Ineris, toute substance chimique entrant dans l'institut doit être reçue emballée et étiquetée en fonction de ses propriétés dangereuses et dans des conditions conformes aux dispositions nationales ou communautaires en vigueur.

A. C. : Vous vous alignez sur les normes en vigueur ?

M. Mazza : Notre politique de base est de nous situer toujours en deçà des valeurs recommandées pour les normes ! L'Ineris dispose de moyens analytiques performants qui nous permettent d'effectuer des mesures à des niveaux 10 à 100 fois inférieurs aux valeurs recommandées par la réglementation.

Les gaz, hors du laboratoire

A. C. : En matière de stockage des produits, prenez-vous des précautions particulières ?

B. Faucher : Oui, on regarde de très près tout ce qui est stocké. Depuis quelques années l'utilisation d'armoires ventilées s'est généralisée, ce qui entraîne des coûts importants lors de l'installation.

A. C. : Quels sont leurs avantages ?

B. Faucher : Elles ont essentiellement deux fonctions : elles permettent de limiter le risque de toxicité par accumulation

de produits toxiques et le risque d'explosion. Elles obligent à modérer les quantités car une armoire ventilée a des dimensions limitées et elles éliminent les stockages "sauvages" (sur les armoires, sous les paillasses, dans le couloir...).

A. C. : En matière de gaz, comment procédez-vous ?

B. Faucher : Nous utilisons énormément de gaz. Je suis heureux d'en parler car nous sommes pilotes en la matière. En effet, nous stockons les gaz utilisés pour les analyses en dehors des laboratoires !

A. C. : C'est-à-dire ?

B. Faucher : Au niveau des laboratoires, il y a des lignes d'arrivée de gaz basse pression, le stockage des bouteilles et les armoires de distribution sont à l'extérieur des bâtiments.

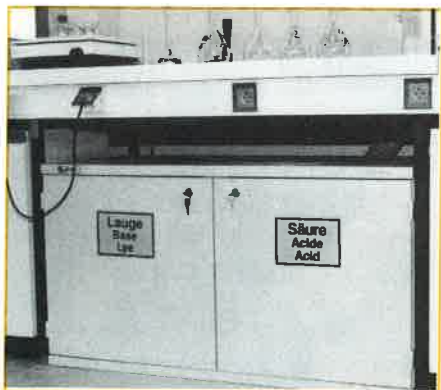
M. Mazza : Aujourd'hui, à l'intérieur des laboratoires, on ne trouve vraiment que quelques bouteilles qui sont utilisées par nos clients. Ces mélanges gazeux préparés spécifiquement pour une analyse particulière. Mais, depuis trois ans, l'ensemble des gaz couramment utilisés (oxygène, azote, hélium, argon, air comprimé...) est stocké à l'extérieur.

A. C. : Vous avez donc plusieurs sites de stockage car vos bâtiments paraissent assez éloignés les uns des autres ?

M. Mazza : Bien sûr. Nous avons un site de stockage par demi-bâtiment.

B. Faucher : Cela revient très cher et peut donc paraître du luxe, mais nous considérons qu'en matière de sécurité c'est primordial.

A. C. : Que faites-vous de ces quelques bouteilles de mélanges spéciaux que vous êtes malgré tout obligés de conserver à l'intérieur du laboratoire ?



M. Mazza : "Les produits sont stockés selon leur nature : acides, bases, solvants..."



B. Faucher : "Tous les effluents gazeux ou vapeur sont analysés et traités si nécessaire".



B. Faucher : "Les armoires de stockage ventilées se développent de plus en plus. Elles limitent les risques de toxicité et d'explosifs. Inconvénient : leur coût... 50 KF".

M. Mazza : Ce stockage interne concerne des mélanges certifiés dont la concentration est sûre. Nous sommes obligés de les conserver dans des conditions de stabilité thermique. Donc, ils sont obligatoirement à l'intérieur et l'aspect sécurité est assuré à l'aide de détecteurs munis d'alarmes.

B. Faucher : On évite ainsi la grande dispersion de ces bouteilles de gaz. On les centralise et on installe des alarmes. Ces stockages intérieurs ne concernent que de petites bouteilles de mélange étalon de 5 L qui le plus souvent proviennent de nos clients extérieurs.

A. C. : En matière de formation du personnel, menez-vous des activités particulières ?

M. Mazza : Oui, à deux niveaux. D'une part, il y a la volonté de l'Ineris d'assurer à tout le personnel une formation en matière de sécurité. D'autre part, dans le cadre d'activités spécifiques, on assure une formation adaptée, par exemple, effectuée par la société qui fabrique les gaz, s'il s'agit de gaz...

A. C. : En cas d'accidents, comment sont-ils gérés ?

B. Faucher : Les laboratoires sont conçus pour les éviter. Nous n'avons jamais eu à gérer d'accidents. Des consignes sont affichées dans chaque bâtiment. Plus de 80 secouristes sont répartis sur le centre avec pour mission de protéger la victime, donner l'alerte et prendre les premières mesures de sauvegarde en attendant l'arrivée du personnel médical. Rappelons que l'Ineris s'appuie sur près d'un demi-siècle de compétences dans le domaine de la sécurité industrielle.

Propos recueillis
par Miren Helou

L'INERIS AUJOURD'HUI

Tutelle : ministère de l'Environnement

Directeur général : Michel Laverie

Effectif : 440 personnes

Principaux domaines d'activités

Mesures et analyses
Toxicologie, écotoxicologie
Sol, sous-sol, écosystèmes
Explosion, incendie
Évaluation, modélisation et analyse des risques
Systèmes électrique et électroniques de sécurité
Appui technique et travaux neufs

Principales formes de prestations

Études et conseils
Recherches appliquées et essais
Normalisation, réglementation, labellisation

Principaux clients et partenaires

Les industriels
Les pouvoirs publics
Les collectivités locales

Atouts majeurs

Des moyens d'études et d'expérimentation uniques
Des équipes d'experts pluridisciplinaires capables d'intervenir sur toute la chaîne du risque et de l'environnement industriels.

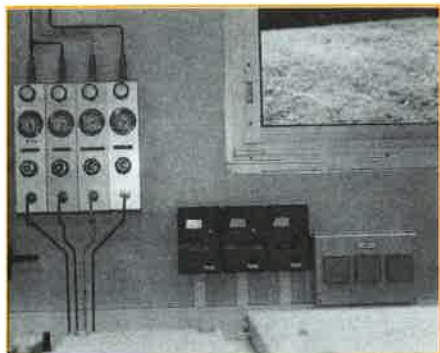
Ineris, Parc Technologique Alata,
BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte.
Tél. : 44.55.66.77. Fax : 44.55.66.99



B. Faucher : " La douche de sécurité est située dans un local où il est possible d'allonger l'accidenté si nécessaire et de le déshabiller en toute discrétion".



M. Mazza : "Les cheminées d'aspiration mobiles constituent aussi un énorme progrès".



B. Faucher : "Les gaz arrivent au laboratoire par des lignes basse pression. Des capteurs permettent de signaler une insuffisance de stock, ou autre anomalie".



M. Mazza : "Tous les gaz couramment utilisés dans nos laboratoires sont stockés à l'extérieur des bâtiments avec toutes les garanties de sécurité nécessaires".



L'accès au laboratoire est limité aux personnes munies du badge adéquat.

EN BREF

TRANSPORT DES PRODUITS CHIMIQUES

Un accord a été signé entre l'Union des Industries Chimiques (UIC), l'Association française des Transporteurs de Matières Dangereuses (ATMD), la Chambre des Loueurs et Transports Industriels (CLTI), la Fédération Nationale des Transporteurs Routiers (FNTR) et l'Association Professionnelle des Laveurs Intérieurs de Citernes Agréés (APLICA) dans le but d'améliorer la qualité et la sécurité des transports de produits chimiques, liquides ou pulvérulents, par l'adoption d'un code de bonnes pratiques en ce qui concerne la propreté intérieure des citernes affectées à ces transports.

Le transport des produits chimiques, dangereux ou non, liquides ou pulvérulents, réalisé le plus souvent dans des citernes multivalentes, exige une propreté rigoureuse, afin de préserver l'intégrité des produits transportés et d'assurer une parfaite sécurité en évitant toute réaction chimique qui pourrait engendrer des accidents. De surcroît, il est nécessaire, à l'occasion des opérations de lavage, de veiller au traitement correct des effluents et à la destruction des déchets.

C'est pourquoi les trois professions impliquées dans le transport des produits chimiques (chimistes, transporteurs et laveurs) se sont entendues pour codifier les bons usages dans ce domaine.

Elles ont défini les obligations de chacun en ce qui concerne la propreté interne des citernes et établi un système d'information et de suivi des opérations de nettoyage, basé principalement sur l'établissement par le transporteur d'une commande écrite de nettoyage et par la station de lavage d'un certificat attestant que le nettoyage a été effectué conformément à la demande et dans un centre autorisé.

Union des Industries Chimiques, Cedex 99, 92909 Paris-la-Défense. Tél. : (1) 46.53.11.00. Fax : (1) 46.53.11.05.

SÉCURITÉ INCENDIE, EXPLOSION ET RISQUES CHIMIQUES POUR L'AGRO-ALIMENTAIRE

L'Ineris étudie l'ensemble des procédures de sécurité incendie, explosion et risques

chimiques d'une usine de la société Chamtor, située près de Reims (Marne). Cette unité, consacrée à la valorisation des produits agro-alimentaires, transforme du blé en glucose et des racines de chicorée en fructose. L'étude se divise en deux axes : analyse des méthodes de prévention et de protection de chacune des parties de l'installation, étude expérimentale de sécurité des produits mis en œuvre.

Ineris, Parc Technologique Alata, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte. Tél. : 44.55.66.77. Fax : 44.55.66.99. Contact : Roland Lodel. Tél. : 44.55.65.79.

SYSTÈME DE SÉCURITÉ POUR CONTRÔLE D'ACCÈS À ENCEINTES DE LIGNES DE PRODUCTION AUTOMATISÉES ET CHÂÎNES D'EMBALLAGE

Les exploitants accédant aux lignes de production hautement automatisées et équipées de robots telles que les chaînes d'emballage, les lignes de transfert et machines-outils automatisées sont exposés à des risques de choc, d'écrasement et de brûlure.

Pour éliminer ces risques, fréquents dans les industries du verre, de l'emballage et de la manutention, Serv Trayvou Interverrouillage SA, commercialise un nouveau système de contrôle d'accès aux zones dangereuses, appelé AmGard. Outre son rôle de protection du personnel, AmGard interdit l'interruption du cycle de production ou d'emballage de la machine et, par conséquent, évite les pertes de production ainsi que les détériorations éventuelles d'outillage. AmGard, associé à chacun des accès de la ligne de production, autorise les intervenants à pénétrer dans les zones dangereuses en toute sécurité afin d'effectuer des modifications de programme, de régler des outillages et d'approvisionner la machine.

Conçu conformément à la norme européenne EN292, le AmGard utilise un mécanisme de verrouillage avec barillet à piston à code unique. Le degré de protection du boîtier (IP65) est conforme à la norme européenne EN60529.

Serv Trayvou Interverrouillage SA, 56-58, rue Brûlefer, 93100 Montreuil. Tél. : (1) 48.59.43.31. Fax : (1) 48.59.68.50.

DU PONT COMMENCE LA PRODUCTION À GRANDE ÉCHELLE DU HFC-134A

Le HFC-134a est destiné au froid industriel, à la climatisation, aux réfrigérateurs domestiques et au transport frigorifique.

La nouvelle installation, implantée à Corpus Christi, au Texas, est la seconde du genre sur le même site. Grâce à cette nouvelle installation, Du Pont dispose d'une capacité globale de plus de 50 000 tonnes de HFC-134a, soit plus de trois fois celle de n'importe quel autre producteur.

Le HFC-134a est l'un des neuf produits "Suva" proposés pour la plupart des grandes applications. Avec l'usine de Corpus Christi, Du Pont a investi jusqu'ici plus de 500 millions de dollars dans le développement et la commercialisation de substituts aux CFC.

Du Pont de Nemours Int. SA, M. Vivian Sheridan, Case postale 50, CH-1218 Grand-Saconnex/Genf, Suisse. Tél. : +41 (22) 717.52.74. Fax : +41 (22) 717.60.77.

BASF : DÉVELOPPEMENTS EN COURS

BASF vient de mettre en service une nouvelle unité de production d'oxyde d'éthylène et d'éthylèneglycol sur son site d'Anvers. Elle remplace les installations détruites par une explosion en 1989 et dispose d'une capacité de 250 000 tonnes/an. Pour sa construction, BASF a développé un nouveau concept de sécurité. Cette unité sera approvisionnée à partir du nouveau vapocraqueur que BASF achève sur son site d'Anvers et qui entrera en service début 1994. Grâce à cette nouvelle unité, BASF pourra couvrir ses propres besoins en oxyde d'éthylène et en glycol. Elle pourra également renforcer sa position sur le marché européen des glycols. La production d'Anvers permettra ainsi de réduire les importations de glycols vers l'Europe.

BASF va expérimenter le recyclage des matières plastiques usagées en matières premières sur son site de Ludwigshafen.

Après une période de développements réussis, BASF construit actuellement une unité pilote de 15 000 tonnes de capacité annuelle. Dès 1994, cette unité livrera, à partir de plastiques usagés, différentes matières premières pétrochimiques qui pourront être utilisées pour la production des matières plastiques, d'acétylène et de gaz de synthèse. Si l'expérience se révèle positive, BASF construira une unité plus importante de revalorisation des matières plastiques. Elle pourrait entrer en service à partir de 1996.

BASF poursuit la restructuration de son activité Engrais. A cette fin, le groupe projette la fermeture, au cours du second semestre 1994, de certaines unités de production de son site de Ludwigshafen (Allemagne). Cette mesure concernera surtout les engrais simples ; elles entraînera une diminution de capacités d'environ 600 000 tonnes/an.

BASF, 49, avenue Georges Pompidou, 92593 Levallois-Perret Cedex. Tél. : (1) 49.64.50.00. Fax : (1) 49.64.51.00.

RHOM AND HAAS AUGMENTE SES CAPACITÉS DE PRODUCTION D'ADDITIFS POUR PLASTIQUES

Le groupe chimique Rohm and Haas a achevé la moitié de son programme, échelonné sur six ans, d'amélioration et d'accroissement de ses capacités de production d'additifs pour plastiques.

Au total, l'investissement s'élèvera à 130 millions de dollars et l'expansion à 55 000 tonnes. Ces chiffres ne comprennent pas l'unité de production démarrée en 1990 à Singapour, dans le cadre du partenariat avec Kureha Chemicals, qui couvre les besoins des clients en Asie du Sud-Est.

Rhom and Haas produit des modifiants-choc, des agents de mise en œuvre et des modifiants spéciaux pour le PVC, le polypropylène et les plastiques techniques. Ces additifs interviennent dans la formulation des matières plastiques utilisées pour fabriquer des pièces pour le bâtiment (fenêtres, profilés, bardages et tuyauteries), des capots d'ordinateurs, des produits électroménagers, des emballages ou des pièces détachées pour l'automobile. Si une partie de ces marchés ont atteint la maturité dans cer-

taines régions du monde, ils connaissent une croissance importante dans d'autres régions.

Rhom and Haas France SA, La Tour de Lyon, 185, rue de Bercy, 75579 Paris Cedex 12. Tél. : (1) 40.02.50.00.

CONTRATS SERETE EN FRANCE

Alçon (groupe Nestlé) a confié à Serete Industries la restructuration et l'extension - de 4 000 m² à 8 000 m² - de son site de Kaysersberg près de Colmar (France). Cette mission permettra d'augmenter les capacités de production de l'unité produits ophtalmologiques monodoses et lentilles.

Investissement : 75 millions de francs. Maîtrise d'œuvre des lots techniques et climatiques, et des salles blanches classe 10 000 (clean concept).

Après avoir réalisé le plan directeur organisation et informatique pour les Laboratoires Logeais, Serete Industries les assiste dans la mise en place du progiciel de gestion de production Prizem.

Les laboratoires Ciba-Geigy à Huningue (France) ont confié à Serete Industries une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour le contrôle du projet d'ensemble Biotech (futur centre de biotechnologie, le plus important d'Europe). Cette mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage porte d'une part sur le process et d'autre part sur le contrôle de l'ensemble du projet : coûts, planning et achats.

Serete Industries poursuit sa collaboration avec les Laboratoires Janssen pour élever encore le niveau des performances de leur nouvelle unité industrielle de Val-de-Reuil (France) et prépare la mise en œuvre de divers projets productifs dont l'automatisation de la palettisation des produits finis.

Serete, 86, rue Regnault, 75640 Paris Cedex 13. Tél. : (1) 45.70.50.00. Fax : (1) 45.70.50.12.

ACCORD DEGUSSA AG ET CONSTAB POLYMER-CHEMIE

Degussa AG et Constab Polymer-Chemie ont conclu un accord pour la com-

mercialisation, dans le monde entier, de mélanges-maîtres à base de noir de carbone pour la fabrication de films. Cet accord permet à Degussa de trouver des débouchés supplémentaires aux "concentrés Colcolor noirs de carbone". La commercialisation du mélange-maître se fait sous la dénomination "Colcolor" lancée par Degussa.

Prewe Presse-Service, Postach 66 04 45, D-28244 Bremen. Tél. : +421 56.00.33. Fax + 421 56.00.34.

BIOCARBURANT : ACCORD NOVAMONT/ICI

Novamont, filiale du groupe Ferruzzi Montedison, a passé un accord pour la production à façon, à partir de mi-94, de 40 000 tonnes de biodiesel (ester méthylique de colza) dans l'usine de Balaycourt/Verdun (Meuse) de ICI C&P.

Le process de production est fourni par Novamont, qui dispose déjà en Italie et en France de plus de 100 000 tonnes de capacités de production de biodiesel.

ICI à Balaycourt est spécialisé depuis 30 ans dans la fabrication d'esters et de paraffines chlorées, vendus principalement comme plastifiants du PVC ou lubrifiants.

Les modifications des installations nécessaires à la mise en place de la production à Verdun sont estimées à 10,80 MF et ont été définies en commun par Novamont et ICI, le réalisateur des travaux.

La commercialisation du produit sera assurée par Novamont.

Cette capacité de production permet dès 1993 de cultiver environ 35 000 hectares de colza sur jachère énergétique.

Ferruzzi, 54 avenue Hoche, 75008 Paris. Tél. : (1) 44.09.05.18. Fax : (1) 47.66.42.19.



HISTOIRE DE LA CHIMIE

Gay-Lussac et ses accidents



Chimie, la science de tous les dangers ?

Georges Bram * *professeur à Polytechnique*
et Nguyễn Trong Anh ** *professeur à Polytechnique*

La notion de danger a toujours été présente dans l'image de l'activité chimique. Ne disait-on pas, il y a un siècle, qu'un chimiste chevronné était facilement reconnaissable ; il lui manquait généralement plusieurs doigts et parfois un œil ! Durant sa longue carrière, Gay-Lussac a été victime d'impressionnants accidents de laboratoire dont quelques uns sont évoqués ici.

Répétiteur de chimie à l'École polytechnique depuis septembre 1804, il est membre de l'Institut depuis décembre 1806 et sera en 1809, à 31 ans, nommé professeur à la Faculté des sciences de Paris. Il s'est déjà fait connaître par des travaux : la dilatation thermique des gaz (loi de Charles-Gay-Lussac, (1802), leurs chaleurs spécifiques (1806), la capillarité (1806), et la variation du magnétisme terrestre qu'il a étudiée en 1804 lors de deux mémorables ascensions en ballon. A la fin de 1808, Gay-Lussac va présenter les résultats qui lui permettront de proposer comme règle générale que "*les combinaisons des substances gazeuses, les unes avec les autres, se font toujours dans les rapports les plus simples*" (loi des volumes de Gay-Lussac, qui contribuera à asseoir l'hypothèse atomique).

Le 3 juin 1808, Gay-Lussac est victime d'un accident de laboratoire dont les conséquences auraient pu être dramatiques. Atteint au visage par des projections de potasse fondue, il est ramené du laboratoire de l'École Polytechnique à son domicile, rue des Poules (l'actuelle rue Laromiguière), par Thenard et Humboldt. Soigné par son compatriote limousin Dupuytren, alors chirurgien adjoint à l'Hôtel-Dieu, il ne recouvrit totalement la vue que plus d'un mois plus tard et, au témoignage de sa femme, il ne put supporter, pendant plus d'une année, d'autre lumière que les reflets d'une petite veilleuse. Malgré les soins de Dupuytren, les points lacrymaux furent détruits et

Gay-Lussac conserva toute sa vie des yeux rouges et larmoyants. Depuis cet accident, il porta des lunettes épaisses qui, lui seront d'un grand secours 36 ans plus tard, nous le verrons plus loin.

Que s'était-il passé ? En novembre 1807, Davy avait annoncé à Londres qu'il venait de réussir la décomposition électrolytique de la soude et de la potasse, et d'isoler ainsi, en faibles quantités, le sodium et le potassium. Pour cela, Davy avait utilisé une grande pile de la Royal Institution à l'aide de laquelle il isola, en juin 1808, les métaux alcalino-terreux. Immédiatement, grâce au soutien de Napoléon, des fonds importants furent dégagés pour doter la science française d'un outil comparable : fin juillet 1808, une "pile géante" formée de 600 paires de plaques de zinc et de cuivre de 900 centimètres carrés de surface était installée à l'École polytechnique. Thenard et Gay-Lussac qui avaient conçu la pile étaient responsables de son utilisation. En fait, elle leur permit seulement de confirmer pour l'essentiel les résultats de Davy et de préciser les facteurs de l'efficacité des électrolyses. La belle découverte faite à cette occasion allait être obtenue sans l'aide de la fameuse pile. En effet, la méthode électrochimique de Davy ne permettait d'obtenir le sodium et le potassium qu'en quantités trop faibles pour pouvoir en étudier les propriétés. Thenard et Gay-Lussac utilisèrent alors une autre voie grâce à laquelle ils purent, dès le 7 mars 1808, présenter à leurs collègues de l'Institut plusieurs grammes de potassium. La réaction mise en œuvre, dont le mécanisme exact ne sera précisé qu'en 1866 par Sainte-Claire Deville, consiste en la décomposition de la potasse en présence de tournure de fer, dans un canon de fusil porté à haute température. Cette méthode s'applique également très bien à l'obtention du

*Institut de Chimie Moléculaire d'Orsay (ICMO) et Groupe d'Histoire et de Didactique des Sciences d'Orsay (GHDSO), bâtiment 307, Université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex. Tél. : (1) 69.41.72.66. Fax : (1) 69.85.54.93.

**Laboratoire des Mécanismes Réactionnels, École Polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex. Tél. : (1) 69.33.41.77. Fax : (1) 69.33.30.10.

sodium. Thenard et Gay-Lussac purent ainsi étudier les propriétés et les réactions des deux métaux. Leurs résultats sont consignés dans les *“Recherches physico-chimiques”* parues en 1811, livre qui demeure un grand classique de la chimie du siècle dernier et dont la lisibilité reste étonnante.

C'est durant ce travail que se produisit un nouvel accident que Thenard et Gay-Lussac racontent aussi dans leur livre, sans préciser auquel d'entre eux il est arrivé : *“le liquide avec lequel nous avons ordinairement chargé notre grande batterie pour nos expériences, était de l'eau tenant en dissolution 9 à 10 centième de muriate de soude (NaCl) et 1/70 d'acide sulfurique concentré. La commotion que cette batterie donne est insupportable et même dangereuse, lorsqu'on a les mains mouillées d'acide ou de sel en dissolution, et armées d'un cylindre métallique. L'un de nous qui l'a reçue s'en est senti pendant plus de vingt-quatre heures, et a éprouvé, pendant tout ce temps, une très grande faiblesse dans les bras”*.

C'est en 1813 que Gay-Lussac caractérisa l'iode, qu'un fabricant de salpêtre, un certain Courtois, avait isolé en 1811, et en étudia les propriétés. Durant ces recherches effectuées en un temps très court (Gay-Lussac était de nouveau en compétition ouverte avec Davy, qu'il devança de peu), Gay-Lussac fut sérieusement blessé à la main et au pied droit par des projections d'acide sulfurique qu'il faisait réagir sur l'iode.

On pouvait lire, le 18 février 1844, dans le *Moniteur Universel* les lignes suivantes : *“M. Gay-Lussac vient d'être grièvement blessé dans le laboratoire du Jardin du Roi (notre Muséum National d'Histoire Naturelle). Au moment où le célèbre professeur débouchait un flacon pour préparer une expérience, le contact de l'air en inflamma le contenu. Aussitôt une violente explosion, que les personnes du dehors ont pu comparer à celle que produirait la décharge d'un fusil de munition, se fit entendre. M. Gay-Lussac fut renversé, les deux mains et le front labourés par des éclats de verres. Ces blessures sont graves, mais on espère qu'elles ne présenteront pas de danger pour le mouvement des articulations. Un jeune préparateur a également été atteint, mais beaucoup plus légèrement”*. Il semble que Gay-Lussac était en train d'étudier les hydrocarbures gazeux provenant de la distillation d'huiles ; c'est pendant l'ouverture d'un ballon renfermant des gaz et laissé à l'écart depuis un certain temps que se produisit la violente explosion ; Gay-Lussac fut blessé gravement à la main ; heureusement il portait, depuis l'accident de 1808, des lunettes épaisses qui protégèrent ses yeux.

Gay-Lussac a été le type même du savant important qui a marqué par ses œuvres et ses fonctions la mémoire populaire. Il est frappant de constater combien son nom et son image reviennent dans les récits qui, au siècle dernier et au début de celui-ci, ont popularisé la science en la glorifiant ; la vignette qui lui est consacrée dans une très belle série de chromos de cette époque (cf. la couverture de ce numéro) fait de tout évidence allusion à l'accident de 1808. Le texte très détaillé qui l'accompagne évoque, dans le style emphatique en honneur à l'époque *“...les longs efforts de ce savant consciencieux sur le champ de bataille de la science, où des dangers sans nombre, tels que d'épouvantables explosions, attendent ceux qui veulent arracher son secret à la matière”*.

Champs de bataille ? Dangers sans nombre ? Il est vrai que la leçon a été dure pour nos devanciers, et elle n'a été que lentement retenue. Ainsi, au XVII^e siècle, Lémery pensait que *“l'acidité d'une liqueur consiste en des particules de sel (sic) pointues”* et, pour prouver que *“l'acide a des pointes”*, remarquait *“qu'il n'est besoin que de le goûter pour tomber dans mon sentiment”*. Et jusqu'à la fin du siècle dernier, les chimistes indiquaient très souvent le goût des substances qu'ils venaient de préparer.

Ne dramatisons pas trop cependant ! Certes, les dangers existent - on risque aussi sa vie en traversant la rue ou en se penchant à la fenêtre - mais les accidents ne sont pas des fatalités et leurs conséquences peuvent être minimisées en respectant les consignes de sécurité maintenant courantes. On ne peut s'empêcher, à la lecture de ces récits, de penser que le port de lunettes et de gants, obligatoire aujourd'hui pour ce genre d'expérience, aurait évité à Gay-Lussac bien des ennuis !

RÉFÉRENCES

- Arago D.J.F., “Gay-Lussac, Biographie lue pendant une séance de l'Académie des Sciences le 20 décembre 1852”, Œuvres, notices biographiques, vol. 3, p. 1-112.
- Blanc E. et Delhoume L., “La vie émouvante et noble de Gay-Lussac”, Paris 1950.
- Crosland M., “Gay-Lussac. Scientist and bourgeois”, Cambridge 1978. Traduction française : “Gay-Lussac. Savant et bourgeois”, Paris 1991.
- Lémery N., “Cours de Chimie”, 5e édition, Paris 1683.
- Thenard P., “Un grand Français. Le chimiste Thenard. 1777-1857 par son fils ; avec introduction et notes de G. Boucharde”, Dijon 1950.





Aperçu historique sur l'analyse conformationnelle

Michèle Beugelmans-Verrier * chercheur au CNRS

Dédié au Professeur Sir Derek Barton
à l'occasion de son soixante-quinzième anniversaire**.

C'est grâce aux méthodes physiques modernes, spectroscopie tout particulièrement, que le concept fondamental d'analyse conformationnelle a pu prendre son essor au milieu du XX^e siècle.

Le mot conformation apparaît pour la première fois en 1929 dans la littérature, introduit par W.N. Haworth dans son ouvrage sur les sucres [1]. Il désigne l'un quelconque des arrangements dans l'espace des atomes d'une molécule qui résulte de la rotation autour d'une simple liaison ; ces arrangements spatiaux ou conformères sont rapidement interconvertibles et donc inséparables. Théoriquement, la plupart des molécules peuvent avoir un nombre infini de conformations ; cependant, en général, quelques-unes d'entre elles sont énergétiquement favorisées c'est-à-dire plus stables. De multiples méthodes ont été utilisées pour déterminer les conformations privilégiées des molécules : diffraction des rayons X et électronique, infrarouge, Raman, ultraviolet, résonance magnétique nucléaire, dispersion rotatoire entre autres.

La conformation du cyclohexane revêt une importance particulière du fait que des cycles à six chaînons entrent dans la structure d'un grand nombre de molécules d'intérêt biologique et de produits naturels.

La découverte des conformations du cyclohexane a une histoire qui remonte à la fin du siècle dernier. En 1890, le physico-chimiste de Berlin, Hermann Sachse [2], sur la base de calculs, avança l'hypothèse suivante : le cycle cyclohexanique peut adopter deux formes non planes (le terme configuration est utilisé) dans lesquelles les liaisons de valence de tous les carbones sont dirigées à 109° l'une de l'autre, c'est-à-dire suivant l'angle tétraédrique, par conséquent ces deux formes sont libres de contraintes angulaires et ainsi décrites :

- une forme rigide ou chaise dont la représentation graphique proposée par Sachse (*figure 1*) se présente comme deux triangles superposés, décalés de 60° , obtenus en joignant les positions des trois atomes de carbone situés dans chacun des deux plans.

- une forme flexible qui peut être facilement tordue en une variété de transformations dont l'une ressemble à un bateau.

Bien que Sachse ait remarquablement compris la géométrie tridimensionnelle du cyclohexane, ses idées ne furent pas retenues et même furent complètement ignorées dans un livre de base sur la chimie des composés alicycliques publié en 1905 par le chimiste finlandais O. Aschan [3] en Allemagne (Brunswick).

Cette situation était due pour une grande part à la prééminence de la théorie des tensions d'Adolph von Baeyer [4] selon laquelle le cyclopentane, cycle à cinq chaînons, était une molécule plane stable car les angles internes d'un pentagone régulier sont de 108° , une valeur très proche de celle de l'angle tétraédrique $109^\circ 28'$. Quant au cyclohexane, il devait être également plan, du fait de sa parenté avec le benzène, mais cependant moins stable que le cyclopentane, à cause des tensions devant résulter de ce que les angles internes d'un hexagone sont de 120° , valeur éloignée de celle de l'angle tétraédrique.

Le fait que la proposition de Sachse n'ait pas reçu d'écho favorable à l'époque où elle fut émise était probablement dû aussi à ce qu'il suggérait, quoique de manière hypothétique seulement, que ce que nous appelons maintenant des conformères pouvaient être isolables et correspondre à certaines substances isomères étudiées alors, hypothèse qui s'est avérée erronée.

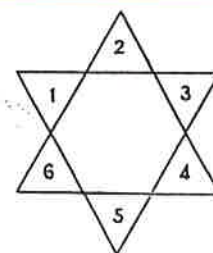


Figure 1 - Configuration normale symétrique" du cyclohexane de Sachse (1890).

* Institut de Chimie des Substances Naturelles du CNRS, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex. Tél. : (1) 69.82.43.55. Fax : (1) 69.07.72.47.

** D'après un exposé fait à la Journée du Club d'Histoire de la Chimie le 18 mai 1992, ESPCI, 10, rue Vauquelin, 75005 Paris.

En 1918, à Heidelberg, Ernst Mohr [5] ressuscite le concept de Sachse et fait remarquer, sans cependant apporter de preuves, que l'interconversion des conformères doit être trop rapide pour permettre leur isolement. Mais son article a peut-être eu plus d'impact que celui de Sachse car il est illustré par les premières représentations tridimensionnelles des formes chaise et bateau du cyclohexane (figure 2), dessinées probablement d'après des modèles moléculaires de Kékulé. Aussi, par la suite, la théorie des cycles cyclohexaniques non plans fut parfois mentionnée comme théorie de Sachse et Mohr [8a][11d].

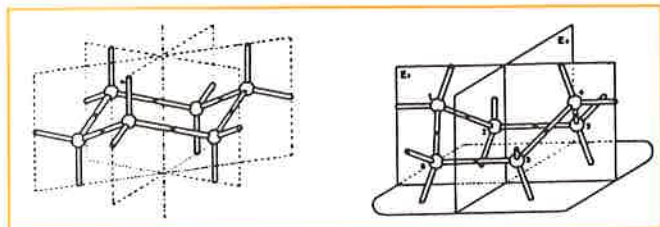


Figure 2 - Modèles chaise et bateau du cyclohexane de Mohr (1918).

De plus, Mohr avait prévu que les composés constitués d'anneaux cyclohexaniques accolés non plans, la décaline par exemple, pouvaient exister sous forme d'isomères *cis* et *trans* ; il supposait pour la décaline *cis* une structure bateau-bateau et pour la décaline *trans* une structure chaise-chaise (figure 3).

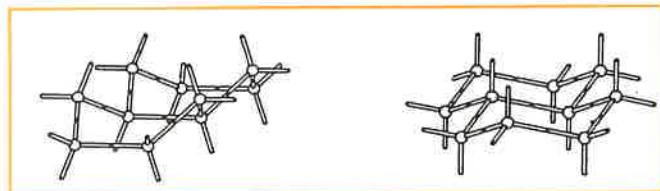


Figure 3 - Modèles des décalines *cis* et *trans* de Mohr (1918).

Au milieu du silence quasi général qui entourait cette théorie, il faut signaler cependant que, vers 1920 à Delft, J. Böeseken et ses collaborateurs, H.G. Derx en particulier, faisaient appel à des facteurs conformationnels pour rendre compte de leurs résultats concernant la conductivité de complexes de cyclohexane-diols-1,2 *cis* et *trans* avec l'acide borique et la formation d'un dérivé acétonique à partir du seul isomère *cis* [6]. "M. Böeseken (1920) attribuait la conduite différente des deux cyclohexanediols-ortho à une certaine souplesse de l'anneau sextuple, qui permettrait aux groupements hydroxyle d'obéir plus facilement à leur répulsion naturelle", écrit Derx en un français fort élégant. Et il explique, modèles moléculaires à l'appui, comment les observations du laboratoire de Delft sont interprétables grâce au fait "qu'il existe deux façons différentes dont on peut arranger les atomes de carbone" du cyclohexane, les deux configurations non planes et sans tension proposées par Sachse.

En outre, en 1926 et 1928, furent publiées les premières études cristallographiques aux rayons X de l'hexabromo- et de l'hexachlorocyclohexane par Constant Blicke et ses élèves [7]. Bien qu'il semble clair sur les figures des articles, par exemple sur celle qui représente l'hexabromocyclohexane (figure 4), que les carbones du cyclohexane sont dans une conformation chaise, les auteurs n'en font pas mention et concluent simplement

que les distances interatomiques trouvées sont en accord avec une molécule contenant un anneau cyclohexanique d'atomes de carbone tétraédrique.

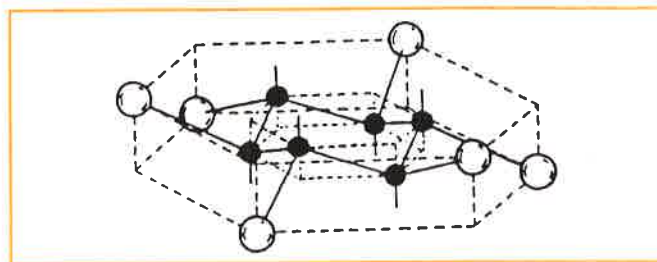


Figure 4 - Arrangement des atomes de carbone et de brome dans $C_6H_6Br_6$ suggéré par Dickinson et Blicke (1928).

Entre-temps, en 1925 à Göttingen, Walter Hückel apporte la preuve expérimentale de la justesse de la prédiction de Mohr en isolant les deux isomères *cis* et *trans* de la décaline [9] à qui sont attribuées les structures proposées par celui-ci (figure 3). Vers 1930, Georges Vavon à Nancy, pour tenter d'expliquer des résultats concernant des cyclohexanols et cyclohexanones [10], se tourne également vers les conceptions de Sachse et de Mohr sans pouvoir en saisir les implications.

Vers les années 1930, le physico-chimiste norvégien, Odd Hassel à Oslo avait commencé des recherches sur la structure moléculaire du cyclohexane par mesures de dipôles d'halogénures de cyclohexyle et diffraction aux rayons X, méthodes d'application limitée. "Ce fut un grand pas en avant par conséquent lorsque Hassel en 1938 ajouta la diffraction électronique à l'arsenal de ses techniques expérimentales", remarque Ernest Eliel [8b].

C'est en 1943 que Hassel fit paraître ses résultats fondamentaux sur la forme de composés cyclohexaniques obtenus par diffraction électronique [11a]. L'article était publié en norvégien dans un journal d'audience locale et restreinte, *Tidsskrift for Kjemi og Bergvaesen og Metallurgi*, titre qui signifie en français : Journal de Chimie, de Géologie et de Métallurgie. En outre, il faut rappeler qu'en 1943, on était en pleine guerre, les Allemands occupaient la Norvège et, peu de temps après la parution de l'article cité, l'université d'Oslo fut fermée et Hassel emprisonné jusqu'à la libération de son pays.

Quelles étaient les conclusions de Hassel ?

- La molécule cyclohexanique existe de façon largement prépondérante sous forme chaise.

Si on la regarde suivant une projection de Newman, on voit que les liaisons carbone-hydrogène partant de deux carbones adjacents sont décalées les unes par rapport aux autres, et par conséquent, les hydrogènes (ou autres substituants) ne se gênent pas (figure 5). Au contraire, on voit que, dans la forme

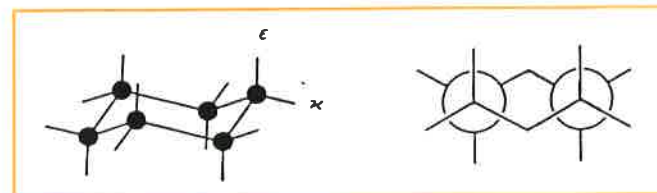


Figure 5 - Conformation chaise du cyclohexane : a) représentation de la "forme décalée" par Hassel et Viervoll (1947), b) projection de Newman.

bateau, quatre paires d'atomes d'hydrogène occupent des positions en vis-à-vis (éclipsées) ; de plus, les deux atomes d'hydrogène placés aux deux extrémités du bateau sont proches l'un de l'autre, par conséquent cette forme est moins stable (figure 6). D'autres travaux [12, 13a] montreront bientôt que la conformation bateau, flexible, peut se modifier en une forme énergétiquement un peu plus favorisée, un bateau tordu (twist ou skew-boat) ou conformation croisée (figure 7).

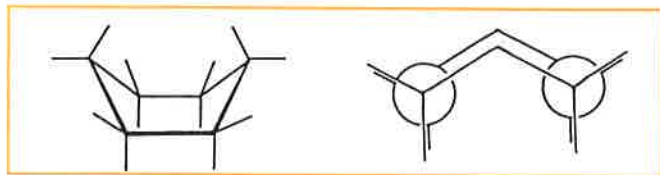


Figure 6 - Conformation bateau du cyclohexane : a) forme bateau flexible, b) projection de Newman.

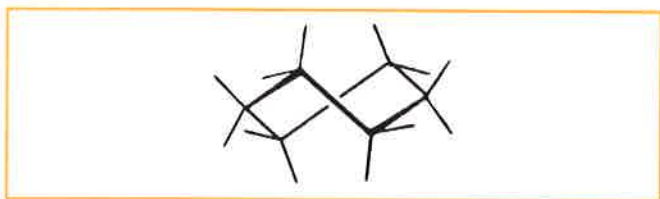


Figure 7 - Conformation croisée du cyclohexane.

Les différences de stabilité entre formes chaise et bateau, formes chaise et croisée, ont été déterminées avec précision ensuite par différents groupes de chercheurs au moyen de nombreuses méthodes : calculs [12][14], mesures thermodynamiques [13,15], RMN [16,17], par exemple. Cette différence d'énergie libre est telle (~ 5,5 kcal) qu'à température ordinaire une molécule de cyclohexane sur mille seulement existe dans la conformation bateau.

- Autre fait capital, dans la forme chaise, Hassel avait mis en évidence deux types de liaisons carbone-hydrogène (ou substituant). Les six liaisons parallèles à l'axe de symétrie A_3 de la molécule, trois au-dessus du cycle, trois au-dessous du cycle qu'il appelait ϵ (du grec erectos, vertical) et les six liaisons radiales dirigées vers l'extérieur du cycle qu'il appelait liaisons ω (du grec kéiménos, étendu) (figure 5). Ces appellations furent reprises par d'autres auteurs mais étaient difficiles à mémoriser ; aussi, en 1947, Kenneth Pitzer [18] les remplacera respectivement par les termes polaire et équatoriale inspirés d'analogies géographiques. Cette nomenclature fut utilisée dans les années qui suivirent mais n'était pas complètement satisfaisante car le mot polaire se rapportait à un concept stéréochimique ce qui pouvait causer une confusion avec la nature électropolaire des substituants du cyclohexane ; c'est pourquoi, en 1953, les spécialistes de l'analyse conformationnelle, Barton, Hassel, Pitzer et Prelog, proposeront-ils, dans deux notes identiques [19] publiées simultanément l'une dans *Nature*, l'autre dans *Science*, que soit définitivement adoptée la nomenclature : axiale pour désigner les liaisons parallèles (suivant une suggestion de Ingold) et équatoriale pour les liaisons radiales.

Une autre conclusion de Hassel était la suivante :

- Les substituants des carbones du cycle peuvent adopter les positions axiale ou équatoriale, celle-ci étant généralement

préférée parce que plus dégagée. En effet, entre les substituants axiaux peuvent exister des interactions de répulsion, ou de gêne stérique, interactions d'atomes non liés, alors que les substituants équatoriaux sont trop éloignés les uns des autres pour que de telles interactions puissent s'exercer.

Les travaux de Hassel furent plus tard portés à la connaissance de la communauté scientifique grâce à des mémoires dans lesquels l'auteur reprenait ses résultats antérieurs et qu'il publia dans des journaux d'audience internationale tels que *Acta Chemica Scandinavica* [11b-e] et *Nature* où il montre la structure exacte chaise-chaise de la décaline *cis* (figure 8) établie par diffraction électronique [20]. Et pourtant, pendant plusieurs années encore, les chimistes persisteront à considérer les composés cyclohexaniques comme des molécules planes et ceci en dépit des modèles moléculaires qu'ils utilisaient en ce temps-là.

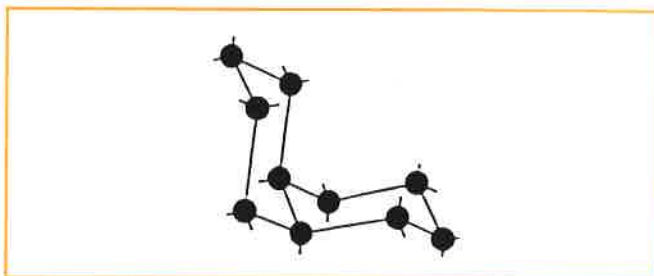


Figure 8 - Structure de la décaline *cis* selon Bastiansen et Hassel (1946).

Il faut signaler néanmoins que, vers la fin des années quarante, Vladimir Prelog, à Zürich, avait fait appel à la notion de "Konstellation" (à la place de conformation) pour rationaliser les différences de réactivité des composés à cycles moyens suivant leur taille [21].

C'est alors qu'intervient Derek Barton, un chimiste organicien qui s'intéressait à la fois aux produits naturels et aux mécanismes réactionnels, ce qui n'était pas commun à l'époque. Après sa thèse, en 1942, à l'Imperial College, il avait enseigné la chimie physique pendant quatre ans et ses premières publications sur des problèmes de conformation traitent de calculs d'interactions intramoléculaires d'atomes non liés. Il avait étudié ce type d'interactions dans le cyclohexane, notamment, et les travaux de Hassel lui étaient connus.

En 1950, dans une publication qui fit date [22a], Barton posa les principes essentiels de l'analyse conformationnelle. A partir d'exemples tirés de ses propres travaux et de la littérature, il montrait que les composés cyclohexaniques où les substituants sont équatoriaux sont généralement plus stables que ceux où les substituants sont axiaux. Il faisait apparaître également la différence de réactivité entre substituants équatoriaux et axiaux ; ainsi, lorsqu'une réaction passe par un état de transition où se développe une gêne stérique, estérification ou hydrolyse par exemple, elle s'effectue plus rapidement en position équatoriale qu'axiale. En outre, beaucoup de réactions requièrent une disposition conformationnelle très précise des liaisons rompues et formées, exigence stéréoelectronique qui a un effet crucial sur leur vitesse.

Ultérieurement dans une conférence publiée en 1953 [22b], Barton décrivait l'extension des principes de l'analyse confor-

mationnelle à l'explication de propriétés physiques des molécules telles que l'affinité à l'adsorption et la spectroscopie infrarouge. Plus tard, il fut montré que d'autres propriétés physiques, caractéristiques spectrales en ultraviolet et RMN entre autres, dépendaient fortement de la conformation [22d,26].

Alors seulement, soixante ans après la suggestion initiale de Sachse, les notions de conformation furent acceptées avec enthousiasme, révolutionnèrent la chimie et se développèrent très rapidement. On peut se demander pourquoi ce concept se répandit alors aussi vite.

Une des raisons réside certainement dans la personnalité de Barton qui a apporté à l'étude des produits naturels ses connaissances en physico-chimie organique, comme il l'a souligné lui-même [22e]. D'autre part, pendant l'année 1949-1950, à l'époque où il a développé ses idées, il se trouvait comme professeur assistant à Harvard, l'un des centres des États-Unis les plus actifs en chimie, ce qui a certainement accéléré la diffusion des notions d'analyse conformationnelle. En outre, Barton avait montré leur application à la chimie des stéroïdes auxquels d'innombrables chimistes universitaires et industriels s'intéressaient et dont il avait donné maints exemples notamment au cours de la conférence plénière prononcée au Congrès de l'IUPAC à Zürich en 1955 [22c]. En France, la Société Chimique choisit l'analyse conformationnelle pour thème d'un colloque international tenu à Montpellier en 1956 et dont le maître d'oeuvre fut Max Mousseron [23].

L'extension des principes de l'analyse conformationnelle aux composés hétérocycliques à six chaînons découle de travaux de Hassel et de ses collaborateurs [11d] sur la forme chaise du pyranose [11c] et de la pipérazine [11f] par exemple. En ce qui concerne la chimie des sucres, Richard Reeves [24] fut le pionnier des nouveaux principes, dont Stephen Angyal et Raymond Lemieux, en particulier, se firent les propagandistes [24b,24c]. Dès 1952, des applications de l'analyse conformationnelle à la chimie des alcaloïdes par les équipes de Gabor Fodor [25a,25b], de Maurice-Marie Janot et de Prelog [25c] furent publiées.

Parmi les noms cités dans le tableau, ressortent ceux de Hassel et de Barton qui reçurent le Prix Nobel en 1969 pour avoir "développé et appliqué les principes de la conformation en chimie".

Quelques années plus tard, les retombées bénéfiques de l'analyse conformationnelle dans la vie quotidienne étaient mises en relief par la poste de Grande-Bretagne qui, en 1977, à l'occasion du centenaire du Royal Institute of Chemistry, édita une série de quatre timbres pour célébrer les réalisations britanniques en chimie.

Celui qui est reproduit ici (à côté du titre) est dédié aux travaux de Barton sur l'analyse conformationnelle des stéroïdes dont une

molécule est stylisée au milieu de pilules, dragées, comprimés, symbolisant leurs innombrables utilisations thérapeutiques.

Références

- [1] a) W.N. Haworth, *The Constitution of Sugars*, Arnold, Londres, **1929**, p. 90 ; b) E.L. Eliel, *Stereochemistry of Carbon Compounds*, Mc Graw Hill, New York, **1962**, p. 156 ; c) M. Stacey, *Quart. Revs.*, **1973**, *2*, 145.
- [2] H. Sachse, *Ber.*, **1890**, *23*, 1363 ; *Z. Physik. Chem.*, **1892**, *10*, 203.
- [3] O. Aschan, *Chemie der Alicyclischen Verbindungen*, Vieweg, Brunswick, **1905**.
- [4] O. Bertrand Ramsay, in *Essays on the History of Organic Chemistry*, J.G. Trayham Ed., Louisiana State Univ. Press, Baton Rouge, **1987**, pp. 55-77.
- [5] E. Mohr, *J. Prakt. Chemie*, **1918**, *98* [2], 315.
- [6] J. Böeseken et J. Van Giffen, *Rec. Trav. Chim.*, **1920**, *39*, 183 ; J. Böeseken, *Rec. Trav. Chim.*, **1921**, *40*, 553 ; H.G. Derox, *Rec. Trav. Chim.*, **1922**, *41*, 312 ; P.H. Hermans, *Z. Physik. Chem.*, **1924**, *113*, 337 et réf. citées.
- [7] R.G. Dickinson, C. Bilicke, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1928**, *50*, 764 et réf. citées.
- [8] a) E.L. Eliel, réf. 1b p. 204 ; b) *J. Chem. Ed.*, **1975**, 762.
- [9] W. Hüchel, *Ann.*, **1925**, *441*, 1.
- [10] G. Vavon, *Bull. Soc. Chim.*, **1931**, *49*, 937.
- [11] a) O. Hassel, *Tidsskrift for Kjemi og Bergvaesen og Metallurgi*, **1943**, *3*, 32 et 91 ; b) O. Hassel et H. Viervoll, *Acta Chem. Scand.*, **1947**, 149 ; c) O. Hassel et B. Ottar, *Acta Chem. Scand.*, **1947**, 929 ; d) O. Hassel, *Research*, **1950**, *3*, 504 ; e) *Quart. Revs.*, **1953**, 221 ; f) P. Andersen et O. Hassel, *Acta Chem. Scand.*, **1949**, *3*, 1180.
- [12] P. Hazebroek et L.J. Oosterhoff, *Discussion Faraday Soc.*, **1951**, *10*, 87.
- [13] a) N.L. Allinger, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1959**, *81*, 5727 ; b) N.L. Allinger et L.A. Freiberg, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1960**, *82*, 2393.
- [14] J.B. Hendrickson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1961**, *83*, 4537.
- [15] W.S. Johnson, V.J. Bauer, J.L. Margrave, M.A. Frisch, L.H. Dreger et W.N. Hubbard, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1961**, *83*, 606.
- [16] F.R. Jensen, D.S. Noyce, C.H. Sederholm, A.J. Berlin, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1962**, *84*, 386.
- [17] M. Squillacote, R.S. Sheridan, O.L. Chapman et F.A.L. Anet, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1975**, *97*, 3244.
- [18] C.W. Beckett, K.S. Pitzer et R. Spitzer, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1947**, *69*, 2488.
- [19] D.H.R. Barton, O. Hassel, K.S. Pitzer et V. Prelog, *Nature*, **1953**, *172*, 1096 ; *Science*, **1953**, *119*, 49.
- [20] O. Bastiansen, O. Hassel, *Nature*, **1946**, *157*, 765.
- [21] V. Prelog, *J. Chem. Soc.*, **1950**, 420.
- [22] a) D.H.R. Barton, *Experientia*, **1950**, *6*, 316 ; b) *J. Chem. Soc.*, **1953**, 1027 et réf. citées ; c) *Experientia*, **1955**, Supp. II, 121 ; d) D.H.R. Barton et R.C. Cookson, *Quart. Revs.*, **1956**, *10*, 44 ; e) D.H.R. Barton, *Chemistry in Britain*, **1973**, *9*, 149.
- [23] *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **1956**, pp. 973-1061.
- [24] a) R.E. Reeves, *J. Amer. Chem. Soc.*, **1950**, *72*, 1499 ; b) E.L. Eliel, N.L. Allinger, S.J. Angyal, G.A. Morrison, *Conformational Analysis*, Wiley, New York, **1965**, chap. 6 ; c) R.U. Lemieux, *Pure Appl. Chem.*, **1971**, *27*, 527.
- [25] a) G. Fodor et K. Nador, *Nature*, **1952**, *169*, 462 ; b) *J. Chem. Soc.*, **1953**, 721 ; c) M.-M. Janot, R. Goutarel, A. Le Hir, M. Amin et V. Prelog, *Bull. Soc. Chim.*, **1952**, 1085.
- [26] Réf. 24b p. 142.

Historique du développement de l'analyse conformationnelle

1890 H. Sachse	Calculs	1947 K. Pitzer	Diffraction électronique, spectroscopie Raman, IR
1918 E. Mohr	Calculs et modèles moléculaires	1950 D.H.R. Barton	Mesures d'interactions d'atomes non liés
1920 J. Böeseken	Mesures de conductivité et cétilisation	(Prix Nobel 1969)	Conformation des stéroïdes
1922 H.G. Derox	" "	1951 P. Hazebroek, L.J. Oosterhoff	Calculs
1925 W. Hüchel	Décailles <i>cis</i> et <i>trans</i>	1960 N.L. Allinger	Détermination de constantes d'équilibre
1928 R.G. Dickinson, C. Bilicke	Diffraction RX	1961 J.B. Hendrickson	Calculs
1929 W.N. Haworth	Le terme conformation	1962 F. Jensen	Résonance magnétique nucléaire
1943 O. Hassel (Prix Nobel 1969)	Diffraction RX, électronique	1975 F.A.L. Anet	Spectroscopie IR puis RMN

Il y a cent ans....

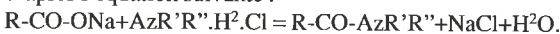
Dans le Bulletin de la Société Chimique de Paris

(aujourd'hui Bulletin de la Société Chimique de France)

Sur la préparation des amides en générale, par A. Verley
(Soc. Chim., 3e série, T.IX, 1893, p. 690)

Quand on veut préparer une amide par distillation sèche d'un sel ammoniacal, avant d'atteindre la température à laquelle le sel se déshydrate, il se produit une décomposition qui met en liberté d'abord de l'ammoniaque, ensuite l'acide du sel soumis à l'expérience, de telle sorte que dans certains cas le rendement en amide est mauvais et presque nul.

En outre, une partie du sel ammoniacal peut distiller en même temps que l'amide, sans subir de décomposition, en sorte que l'on se trouve finalement en présence d'un mélange d'eau, d'acide, de sel ammoniacal et d'amide, mélange dont il est difficile de séparer exactement cette dernière. On peut éviter ces divers inconvénients en se servant d'une méthode différente, qui consiste à distiller un mélange du sel de soude ou de potasse de l'acide dont on veut avoir l'amide, et du chlorhydrate de la base que l'on veut faire entrer en réaction ; le sel ammoniacal, qui devrait prendre naissance par double décomposition se formant à une température à laquelle il ne peut exister, se dédouble immédiatement en eau et en l'amide correspondante. On obtient ainsi facilement en rendement théorique les amides simples ou substituées d'après l'équation suivante :



Ce procédé, qui a l'avantage de mettre en œuvre des matières premières bien plus faciles à préparer à l'état sec que les sels ammoniacaux des acides organiques, a été utilisé avec succès pour l'obtention de l'acétamide, de la monométhyl- et de la diméthyl-acétamide, de la formiamide, de la diméthylformiamide et de la succinimide.

Préparation de l'acétamide. - On distille dans une cornue chauffée au bain de limaille de fer, un mélange équimoléculaire d'acétate de soude fondu (1500 gr.) et de chlorhydrate d'ammoniaque (1000 gr.). Il n'est pas nécessaire que le mélange soit bien intime, car au début de la réaction l'acétate de soude fond et il se dégage de l'ammoniaque provenant de ce que les acétates fondus sont toujours basiques ; il passe ensuite de l'eau et de l'acétamide. L'opération est terminée quand il se sublime du sel ammoniac. On sépare facilement l'eau de l'acétamide à l'aide d'un appareil à boules.

Par cette méthode, 1 kilogramme d'acétate de soude fondu a donné 560 grammes d'acétamide pure bouillant de 217-222°, soit un rendement de 80 0/0 du rendement théorique.

Extrait du procès verbal de la séance du 10 novembre 1893
(Soc. Chim., 3e série, T. IX, 1893, p. 881)

La Société chimique de Paris a reçu, le 20 octobre, de la Société physico-chimique russe, le télégramme suivant :

"Les chimistes russes réunis dans la séance de la Société physico-chimique saluent cordialement leurs illustres confrères français, répétant avec les deux peuples amis : Vive l'amitié franco-russe, condition indispensable du progrès paisible, scientifique et industriel déterminant l'avenir.

"Président, Mendeléeff ; Secrétaire, Konvaloff".

La Société chimique a répondu :

"La Société chimique de Paris, au nom des chimistes français, remercie les illustres savants russes de leur salut cordial, heureuse de voir cimenté une amitié dont les savants des deux pays furent les précurseurs. Unie aux deux peuples, elle célèbre avec eux la grande fête de la paix.

"Président, A. Combes ; Secrétaire, A. Béhal".

Extrait du procès verbal de la séance du 10 novembre

(Soc. Chim., 3e série, T. IX, 1893, p. 882)

M. Maumené, frappé de l'incertitude où sont restés Dumas et Piria dans leur étude de l'émétique de baryte, a revu les expériences et les calculs de deux illustres chimistes et, après avoir exposé la marche des faits vérifiés dans les plus grands détails par les expériences de Dumas et Piria et par les siennes propres, conclut :

"La chimie ne peut plus vivre avec les hypothèses dont on s'est contenté jusqu'à présent.

La considération du rôle indiscutable de l'attraction universelle dans les actions chimiques, - rôle exprimé par la loi des poids égaux, - est la seule base certaine dont l'avenir ne peut plus négliger l'application".

Extrait du procès verbal de la séance du 10 novembre

(Soc. Chim., 3e série, T. IX, 1893, p. 883)

M. Desgrez expose les résultats de l'action de l'eau à 340° sur les carbures acétyléniques. Avec les carbures substitués il y a formation des deux cétones que l'on peut prévoir théoriquement. Elles se forment dans la réaction en quantité à peu près égale. La durée de la réaction doit être limitée à trois heures. La quantité d'acétone croît jusqu'à cette limite et peut atteindre 80 0/0 du rendement théorique. A partir de ce temps, l'acétone disparaît ; il se forme des produits de condensation. Chose étonnante, le carbure chauffé seul se détruit à une température bien inférieure à celle où on le chauffe en présence de l'eau. Il semble que celle-ci protège la chaîne du carbure faisant office comme de matelas. Il y a à chercher l'explication de ce phénomène, qui se présente encore lorsque l'on chauffe les carbures éthyléniques avec l'acide acétique.

Sur la panification chimique, par A.-M. Villon

(Soc. Chim., 3e série, T. IX, 1893, p. 830)

Depuis quelque temps, on cherche à préparer le pain par les méthodes chimiques. On veut éviter les inconvénients multiples de la fermentation panair en la remplaçant par un dégagement gazeux communiquant au pain l'aspect poreux indispensable.

Au lieu de produire l'acide carbonique au sein de la pâte par des produits qui peuvent rester dans le pain fabriqué et lui communiquer soit un goût, soit des inconvénients pour la digestion, on a essayé d'incorporer l'acide carbonique à la pâte à l'état de gaz sous pression dans un pétrin fermé. Ce procédé a donné d'excellents résultats au point de vue de l'exécution et du produit obtenu. Ce mode de panification est, du reste, très rationnel. On lui a cependant adressé quelques reproches, celui, entre autres, de donner un pain fade, ne possédant pas le goût, l'arôme de celui obtenu avec de la levure. C'est que, en effet, la fermentation panair fait développer dans la pâte des produits particuliers, tels que l'alcool, les acides lactique et butyrique, qui contribuent à donner une saveur spéciale au pain.

Nous avons repris ces expériences de panification chimique du gaz carbonique en employant non pas le gaz carbonique gazeux comprimé avec une pompe, ce qui exige une installation coûteuse et des manipulations qui ne sont pas à la portée des boulangers, mais l'acide carbonique liquide qu'on livre couramment dans le commerce.

La disposition est très simple : la pâte pétrie est placée dans un cylindre fermé muni d'un agitateur analogue aux pétrins ; du reste, ce cylindre peut servir de pétrin lui-même ; on y envoie de l'acide carbonique en reliant la bouteille de gaz liquide avec un robinet ad hoc du

cylindre, et on élève progressivement la pression à 6 kilogrammes par centimètre carré, en agitant énergiquement la pâte. On maintient la pâte pendant une heure au contact du gaz carbonique et sous la pression indiquée ci-dessus. La pâte est transformée en pain et enfournée de suite.

...Le pain ainsi fabriqué est excellent, surtout si on a soin de lui ajouter les principes aromatiques du pain ordinaire, ce qui est très facile. Nous recommandons vivement notre procédé aux manutentions de campagne, qui pourront fabriquer ainsi et rapidement du pain excellent.

Sur la situation industrielle des sous-produits de la fabrication du gaz, par M.P. Mallet

(Soc. Chim., 3e série, T. IX, 1893, p. 918)

Il y a longtemps que l'on a songé à recueillir les sous-produits provenant de la fabrication du coke métallurgique ... (Les fours) qui sont maintenant en usage... sont hauts, étroits, longs, carbonisent rapidement et à une température élevée. Aussi la houille qu'ils distillent donne-t-elle des sous-produits presque identiques à ceux que donne la houille dans les usines à gaz...

Goudron - Le goudron aura toujours une valeur minimum en rapport avec celle des autres combustibles : elle pourrait être supérieure, si l'on réussissait à le faire employer couramment dans les industries qui manient de très hautes températures.

... En dehors de son emploi comme combustible éventuellement précieux, le goudron en nature n'a que des usages insignifiants, et il tire sa valeur de celle de ses sous-produits les plus importants, benzol, anthracène, brai, huiles lourdes, essences à dissolution.

... Pendant bien longtemps on a méconnu les propriétés antiseptiques des huiles lourdes de houille et tout le parti que l'on peut en tirer pour la conservation des bois. Les chemins de fer de l'État belge et l'Administration des ponts et chaussées néerlandaise ont été les premiers à les appliquer pour l'injection soit des traverses, soit des bois de digues.

... Si elles (les traverses métalliques) supplantaient définitivement les traverses en bois, les huiles lourdes en seraient à nouveau réduites à servir au chauffage, et diminueraient notablement de valeur.

La fabrication des couleurs a ouvert, il y a une trentaine d'années, aux produits du goudron les plus brillants horizons. Les benzols, qui ont été d'abord les seuls employés à leur fabrication, et qui en sont restés le principal élément, ont atteint à cette époque une valeur énorme. Cette valeur, pour s'être atténuée, n'en était pas moins restée satisfaisante jusque dans ces dernières années, où elle s'est effondrée. Il en a été de même pour l'anthracène.

Il est probable que l'on s'adressera encore pendant longtemps aux dérivés du goudron pour la production des couleurs actuellement usitées ; il est possible que l'on en extraira de nouvelles...

Ammoniaque - L'ammoniaque est consommée en grand sous les formes suivantes :

L'alcali volatil, qui constituait autrefois le débouché le plus considérable de l'ammoniaque, a perdu beaucoup de son importance. Plusieurs des fabrications qui l'employaient ont presque disparu, telle la fabrication de l'orseille (NDLR : orseille, pâte rouge violacée extraite de lichen).

Quelques nouvelles se sont cependant créées comme celle de la glace artificielle, qui tendra très probablement à s'accroître...

Le chlorhydrate d'ammoniaque, qui n'avait que des emplois très restreints, en a trouvé un quelque peu plus large depuis l'invention des piles Leclanché que la télégraphie et la téléphonie emploient en nombre considérable.

Mais là encore, les quantités mises en jeu sont et ne peuvent être que modestes ; elles peuvent devenir nulles, si l'on découvre une pile préférable à la pile Leclanché.

Le nitrate d'ammoniaque, tout récemment encore, n'était qu'un produit de laboratoire ; il a pris une petite place dans l'industrie depuis qu'il entre dans la composition des explosifs.

Les eaux concentrées sont consommées presque exclusivement, comme tout le monde le sait, par la fabrication de la soude à l'ammoniaque, qui a pris un très grand développement, et qui est appelée à se développer encore.

Néanmoins, si cette industrie constitue pour les industries du gaz et du coke un client très intéressant, elle n'est pas et ne sera pas un consommateur de premier ordre...

Sulfate d'ammoniaque - Il y a trente-cinq ans à peine, le sulfate d'ammoniaque n'avait pas d'autre usage industriel que celui de la fabrication de l'alun ammoniacal.

... Par contre, à cette époque, le sulfate d'ammoniaque était à peine employé comme engrais chez nous, et nous commençons seulement à en vendre à l'agriculture anglaise.

Dès que nos cultivateurs ont reconnu ses avantages, ce qui ne s'est pas fait sans peine, ce produit a été recherché avec avidité.

... Or, tant que le nitrate de soude sera bon marché le sulfate d'ammoniaque le suivra. La consommation industrielle de l'ammoniaque est trop faible par rapport à une production sans cesse croissante, pour que ce corps puisse avoir un cours indépendant de sa valeur comme engrais.

... Malgré toutes les surprises auxquelles donnent lieu les industries chimiques, on peut dire sans crainte d'exagération, qu'aucune d'elles ne sera jamais susceptible d'absorber l'ammoniaque qui peut être produite.

Coke - Le principal des sous-produits est le coke. Son importance est majeure, puisque, dans quelques cas, sa valeur vénale est égale à la moitié de celle du gaz que l'on extrait commercialement d'une même quantité de houille. Les gaziers ont donc un intérêt de premier ordre à étudier les moyens d'en tirer le meilleur parti possible et à examiner attentivement les éléments qui peuvent influencer sur le profit qu'il leur procure.

... L'industrie, de son côté, emploie des quantités importantes de coke pour les usages variés.

La Compagnie du gaz de Marseille, qui, dès sa création, en a usé pour ses établissements métallurgiques, en passe actuellement 10,000 tonnes par an dans ses hauts fourneaux de Saint-Louis, à raison de 40 0/0 environ du coke total.

... Plusieurs compagnies de chemins de fer l'ont substitué au coke de four pour le chauffage de leurs locomotives de banlieue. Les cinq grandes compagnies, qui ont tête de ligne à Paris, en brûlent pour cet usage de 75,000 à 80,000 tonnes par an.

De grandes usines métallurgiques s'en servent dans leurs gazogènes ; de nombreux établissements l'ont adopté pour leurs feux de forge, et ... il peut maintenant, si l'on s'en donne la peine, trouver écoulement presque assuré chez beaucoup d'industriels pour le chauffage, au moins partiel, de la plupart des générateurs à vapeur, à un prix équivalent à celui de la houille.

... Depuis quelques années, grâce aux travaux de plusieurs ingénieurs, nous commençons à brûler du poussier dans nos foyers à grilles et dans nos foyers gazogènes.

D'autre part, grâce à la généralisation des grilles à gradins, des foyers à étages et des foyers soufflés l'industrie le brûle en quantités importantes, soit mélangé à des fines grasses, soit même seul.

... Les plus sérieux adversaires de l'élévation du prix du coke ce sont les gaziers eux-mêmes, par l'ardeur qu'ils mettent à accroître la consommation du gaz.

Il est à craindre en effet que l'abondance croissante de ce combustible ne lui crée un jour une situation commerciale semblable à celle qui lui est faite dans le Royaume-Uni. A Paris déjà, les statistiques prouvent que la Compagnie parisienne livre à l'industrie plus de 50 0/0 du coke qu'elle sort de ses usines.

LA SÉCURITÉ EN LABORATOIRE DE CHIMIE ET DE BIOCHIMIE

A. Picot et Ph. Grenouillet

Technique et Documentation-Lavoisier (Paris), 1992, 448 p., 427 F

Édité pour la première fois en 1989, l'ouvrage sur *La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie* d'André Picot et de Philippe Grenouillet a été réédité en décembre 1992, dans une version totalement remaniée et réactualisée.

Le succès de la première édition, épuisée en quelques mois, tient pour l'essentiel dans son approche scientifique des risques liés à l'utilisation des produits chimiques dans le milieu de travail, en particulier dans les laboratoires.

En fait la sécurité dans les travaux de recherche, de mise au point ou d'analyse, en chimie, biochimie, physique... est tout à fait primordiale et doit être considérée en permanence comme partie intégrante et reconnue de tout travail mettant en jeu des produits chimiques.

Dans cet ouvrage sont rassemblés en 448 pages, présentés avec beaucoup de clarté, tous les risques liés aux activités professionnelles dans le domaine de la chimie et de la biochimie. Ceci concerne surtout le risque chimique, mais aussi le risque biologique et les risques liés aux utilisations des radiations ionisantes et non ionisantes.

Pour le risque chimique, la démarche est très originale par rapport aux autres ouvrages internationaux parus sur l'hygiène et la sécurité. En effet, le risque chimique y est traité dans sa globalité à partir des données sur les caractéristiques physico-chimiques et la réactivité propre des composés chimiques eux-mêmes. Ceci permet de proposer une approche prédictive du risque chimique, mise en application particulièrement pour le risque toxique. Cette approche toxicochimique élaborée par André Picot est mise en application, par exemple, dans le cas de l'hexane, solvant neurotoxique périphérique (responsable de polynévrites handicapantes) pour son remplacement par de l'heptane ou du cyclohexane, solvants hydrocarbonés, tout aussi efficaces mais beaucoup moins nocifs pour la santé au niveau des effets sur le système nerveux.

La première partie de l'ouvrage, consacrée aux risques chimiques, identifie les dangers liés à la mise en œuvre des appareillages et les risques dus à l'instabilité (explosion, dégagement de gaz...) à l'inflammabilité (incendie) ou à la réactivité propre des composés eux-mêmes. L'incompatibilité entre certains produits chimiques est aussi prise en considération sous forme de tableaux récapitulatifs. L'impact des produits chimiques sur les organismes vivants et sur l'homme est analysé en détail. Outre les risques de toxicité immédiate et aiguë, parmi lesquels sont considérés les effets corrosifs ou irritants, une place importante est laissée à la description des intoxications à plus long terme, beaucoup plus insidieuses, car plus difficilement repérables. A côté des principaux types d'organotoxicité (neurotoxicité, hépatotoxicité, néphrotoxicité...) sont décrits les risques génotoxiques et immunotoxiques.

Un chapitre, de plus d'une centaine de pages, qui sera très apprécié par tous ceux qui sont confrontés au délicat problème des déchets chimiques, répertorie en détail les principales techniques de neutralisation et de destruction pour 37 familles de produits chimiques, plusieurs de ces techniques étant inédites.

La seconde partie de l'ouvrage sur la sécurité étudie les risques microbiologiques, dont l'utilisation de l'ADN recombinant, et même les risques incertains liés à l'utilisation des prions (ces étranges particules protéiques infectieuses).

Les dangers de la manipulation des produits radioactifs et des rayonnements non ionisants sont analysés en tenant compte de l'utilisation croissante de la RMN, de la RPE, mais aussi des micro-ondes et, dans le domaine du bruit, des ultrasons.

Pour aider le spécialiste dans ses recherches, une partie est consacrée aux sources d'information et indique les références des banques de données facilement accessibles, notamment sur CD-ROM.

La réglementation française est présentée en correspondance avec la réglementation européenne, avec les décrets parus en 1992, en particulier sur les déchets.

Pour clore le tout, un double index très complet a été préparé pour permettre une recherche rapide par thème ou par produit.

L'approche à la fois scientifique et pratique de cet ouvrage le destine non seulement aux ingénieurs et techniciens de sécurité, médecins du travail et hygiénistes, mais aussi au public plus large des chimistes et des professionnels manipulant des produits chimiques (physique, micro-électronique...).

Cette base d'information inestimable a un but essentiel, combattre "l'ennemi n°1 du travail avec des produits chimiques", la banalisation du risque.

Partir de la connaissance de la chimie pour aboutir à la sécurité tout en préservant la qualité, telle est la spécificité de ce livre. Selon Sir Derek Barton qui en a fait la préface, cet ouvrage constitue un véritable "best-seller", outil indispensable dans un domaine où la maîtrise des risques est vitale, tant pour l'homme que pour son environnement.

Il faut remarquer que la première édition de cet ouvrage a été traduite en chinois et qu'une édition internationale en anglais va paraître prochainement aux éditions VCH. Des éditions en portugais et espagnols seront préparées pour 1994.

A l'heure européenne, la sécurité dans la préparation, la manipulation et l'utilisation des produits chimiques est tout à fait primordiale. Un tel ouvrage ne peut que contribuer à mieux maîtriser les risques liés à ces activités, tant l'information de qualité est essentielle dans ces domaines si sensibles.

A.P.

LA SÉCURITÉ DANS LES LABORATOIRESSous la direction de Jean Guibert
CNPP-Afnor, Paris 1993, 274 p.

Le livre dont nous rendons compte a été rédigé par un groupe de travail du CNPP. On connaît la définition du dromadaire : "cheval dessiné par un comité". On pouvait donc craindre le pire et, dans un certain sens, on aurait raison si l'on ne situait pas plus précisément l'objectif de ce livre. Donnez-le à lire à un nouveau thésard ou à une nouvelle recrue dans votre laboratoire industriel, et vous risquez de retrouver votre collaborateur assoupi. Vous

vous serez trompé de public, vous auriez dû lui donner le Picot-Grenouillet (voir ci-dessus) ou un des autres livres destinés au chercheur.

Le présent ouvrage est destiné explicitement "tant au concepteur qu'à l'exploitant de laboratoire" et "à pour objectif la réalisation d'un programme complet de prévention". Il est donc destiné au régisseur, à l'architecte, au bureau d'études, ayant la responsabilité de concevoir, de rénover, de faire vivre un laboratoire de recherche, de développement ou de contrôle. Les cas particuliers des ateliers pilotes sont exclus, mais couverts par une bibliographie complémentaire.

Dans ce cadre bien précis, on trouvera dans ce petit volume une mine de renseignements et de références. Le style est, comme il se doit, normatif : "on doit...", "on ne doit pas...", "il faut...", "il ne faut pas"; avec des nuances : "il faudrait...", "il est recommandé..." - nuances qui traduisent avec précision l'état de la législation quand elle est contraignante, ou des règles de bons sens.

Le style est austère, mais clair. De nombreux points jugés moins importants sont imprimés en caractères très petits, ce qui allège la consultation. Enfin - un comité de rédaction ayant vraisemblablement moins de prétention littéraire qu'un auteur identifiable - certains passages importants sont purement et simplement recopiés *verbatim* dans les documents originaux : arrêtés, codes nationaux ou internationaux. Ces emprunts sont bien identifiés et référencés : ne croyez pas que je veuille soulever ici une nouvelle affaire de plagiat...

En résumé, un livre utile, pour une catégorie importante de professionnels.

Deux critiques cependant :

1 - La place dévolue à la récupération et à l'élimination des déchets est à mon avis beaucoup trop faible ; elle se limite en gros à conseiller de consulter l'Anred, dont je suppose que tout le monde connaît l'adresse puisqu'elle n'est pas donnée. Il y a 30 ans, un livre britannique sur la construction des laboratoires de chimie commençait par cette phrase : "A chemistry laboratory is built around a sink". Ce n'est plus vrai !

2 - Enfin, pourquoi avoir, sur le "blurb" de 4^e de couverture, sacrifié à la mode journalistique et écrit "Les laboratoires sont des lieux à hauts risques... parce que les

hommes, accoutumés à manipuler des substances dangereuses, négligent de prendre les mesures élémentaires de protection" ? C'est au contraire parce que, moyennant une attitude responsable de la hiérarchie, leurs occupants prennent volontiers ces mesures élémentaires de protection que les laboratoires sont des lieux bien moins dangereux que le moindre carrefour, bien qu'ils soient effectivement des lieux à hauts risques, mais contrôlables.

Guy Ourisson

CHIMIE INDUSTRIELLE 2 TOMES, COLLECTION ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE

R. Perrin et J.-P. Scharff
Masson (Paris), 1993, brochés, 696 et
553 p., chaque tome 290 F

NDLR : Nous reproduisons ici la préface de l'ouvrage.

"Il fallait une grande lucidité et de l'audace pour écrire un ouvrage aussi général couvrant l'essentiel des divers domaines de la chimie industrielle.

Robert Perrin et Jean-Pierre Scharff apportent ici une contribution remarquable qui fera date, une contribution d'autant plus précieuse que de telles synthèses sont trop rarement réalisées par les auteurs et les éditeurs de langue française. Il s'agit d'un large panorama de l'ensemble des aspects de la chimie industrielle, présenté avec clarté, précision et compétence et avec un souci pédagogique constant.

Robert Perrin et Jean-Pierre Scharff ont voulu que ce livre, bien que non exhaustif, constitue un guide efficace pour les étudiants qui se préparent à des carrières d'enseignants chercheurs, de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens de l'industrie chimique. Ce sera pour les uns et les autres un outil précieux, parfaitement documenté et mis à jour grâce notamment à la participation de nombreux industriels et universitaires.

Mais la portée de cet ouvrage dépasse largement le but que les auteurs s'étaient fixé. Ceux-ci apportent un éclairage particulier sur les réalisations majeures de la chimie et sur les fascinantes perspectives qu'elle ouvre en consacrant un long chapitre aux principaux produits fonctionnels

constamment présents dans notre vie quotidienne. Voici une source d'exemples concrets des énormes potentialités de la chimie à laquelle peuvent puiser tous ceux qui souhaitent faire mieux connaître ce passionnant secteur d'activité.

L'ouvrage de Robert Perrin et Jean-Pierre Scharff répond à un besoin de plus en plus vivement ressenti, par les acteurs de la chimie, du secteur public comme de l'industrie, pour des ouvrages de synthèse qui établissent entre les disciplines des ponts rendus nécessaires par la montée inéluctable de la spécialisation et par l'inflation des informations scientifiques et techniques. Les auteurs font bien preuve de lucidité en apportant à ces problèmes des solutions simples, claires et générales, en retenant seulement les aspects industriels les plus importants. Ils montrent de l'audace en tentant cette gageure, guidés par le seul souci d'être utiles et de servir la chimie industrielle. Les chimistes sauront reconnaître la valeur pédagogique et l'intérêt de ce travail d'une ampleur considérable.

Nous devons tous souhaiter que l'initiative de Robert Perrin et de Jean-Pierre Scharff fasse école. L'industrie chimique française s'est hissée au quatrième rang mondial pour le chiffre d'affaires, au troisième pour celui de l'exportation et elle entend bien maintenir cette position privilégiée à l'avenir.

Présenter et expliquer la chimie industrielle comme le fait cet ouvrage n'est ce pas le meilleur moyen de servir son image et de relever ce défi ?"

Pierre Fillet

CHIMIE VERTE, DE LA PLANTE AU MÉDICAMENT

Ph. Jaussaud
Sutip (Paris), 1992, 96 p., 190 F

Verte, la chimie dont il est question ici, l'est assurément : ce petit livre est publié sous le patronage du Fonds Mondial pour la Nature, le WWF, dont l'emblème, le petit panda, est le symbole et la garantie écologiques. Il s'agit ici de la chimie des plantes : celles des hétérosides cardiotoxiques et des terpènes, celle (noire il est vrai) de l'ergot de seigle, celles de la chlorophylle, des alcaloïdes et des sucres. Dans chacun de ces chapitres, aucune for-

mule, et aucune chimie, mais quelques biographies des "pères" de ces chimistes. On voit ainsi défiler Stoll et Woodward, Dale et Wieland, Willstätter et Pelletier et Caventou, etc. Pour chacun d'entre eux, quelques "touches" sur sa famille, ses études, son caractère, permettent de camper le personnage, et son parcours universitaire ou industriel est rapidement décrit. Les sources sont données en bibliographie ; il s'agit uniquement de sources secondaires, et l'auteur a raison de mettre en garde le lecteur, dans son prologue, contre le caractère le plus souvent hagiographique des notices nécrologiques et biographies officielles qu'il a utilisées.

Ce livre est parfois un peu naïf, comme quand il nous inflige gratuitement une étymologie de l'ergot, et il contient, rarement, quelques erreurs évidentes sur le plan, tout à fait secondaire ici, de la chimie elle-même (par exemple, on voit mal comment le phytol pourrait sensibiliser les films photographiques et vulcaniser le caoutchouc). Mais l'essentiel est qu'il est agréable à lire, instructif, et qu'il rassemble des renseignements épars, dont on peut être heureux qu'ils soient maintenant réunis.

Quant au prix...

G. O.

CHEMISTRY IMAGINED - REFLECTIONS ON SCIENCE

Roald Hoffmann, Vivian Torrence

Smithsonian Institution Press, Washington et Londres, 1993, 168 p., 14,95 £

Voici un livre assez inhabituel pour mériter une analyse un peu plus longue que d'habitude. L'un des auteurs, Roald Hoffmann, est bien connu des lecteurs de *L'Actualité Chimique* ; il y a plus de 10 ans qu'il a partagé avec Fukui le prix Nobel de chimie ; il a, plus récemment, entamé une seconde carrière comme poète et a énormément investi dans la vulgarisation de la chimie, notamment par une présentation télévisée de la chimie aux jeunes, en vingt-six émissions. Le second auteur est un artiste, qui présente ici sa perception de la chimie par une série de collages. Les deux auteurs, ensemble, intitulent le livre lui-même, dans son ensemble, un collage !

Trois styles alternent. Hoffmann utilise la prose anglaise (et quelle prose !) pour expliquer à qui ne connaît rien en chimie ce que sont les atomes et les molécules, les changements d'état, le tableau périodique, la radioactivité, l'industrie chimique, la chiralité, etc. Il est bien sûr difficile à un chimiste d'être certain que le message passerait, même s'il ignorait les bases de son domaine ; je peux simplement affirmer que, dans ma pratique de l'enseignement, j'ai rencontré des difficultés d'explication que j'aurais plus aisément surmontées si j'avais réfléchi aussi efficacement que Hoffmann au "fond des choses", ou si j'avais lu ce livre il y a 30 ans. En outre, même pour un chimiste de profession, ces brefs chapitres contiennent une foule de réflexions ou d'informations intéressantes, que ce soient des points d'histoire que l'on a pu oublier, ou la recette précolombienne de dorure du cuivre sans électrolyse, ou des réflexions sur le Saint Graal. A lire !

Une idée amusante a été d'introduire parmi ces chapitres, sans commentaire, la reproduction d'un fragment de la partie expérimentale d'un article sur des complexes d'actinides. Placé ainsi hors de son contexte, ce texte acquiert une couleur tout à fait surprenante : bien sûr, aucun chimiste ne parle comme cela, mais c'est comme cela que nous devons écrire si nous voulons que l'on puisse reproduire notre travail.

Le deuxième style que manie Hoffmann est la poésie. J'avouerai avoir cherché, dans les deux recueils de poésies publiés antérieurement par Hoffmann, à retrouver l'admiration que me procure son œuvre scientifique, et avoir échoué. Dans "Chemistry Imagined", il y a bien une magnifique explication du microscope à effet tunnel par une amusante analogie bucco-érotique, mais j'ai les mêmes difficultés à comprendre pourquoi, dans ce texte et dans les quelques autres poèmes de ce volume, l'auteur va si souvent à la ligne ; en l'avouant, je sais bien que c'est moi que je condamne...

Le troisième style de ce livre est celui des collages. Ils sont nombreux, assez nombreux pour que l'on puisse considérer que l'on a à faire à un livre d'art. Pour l'essentiel, ils sont réalisés par la juxtaposition de reproductions d'illustrations au trait du siècle dernier, coloriées, et hautement symboliques. Le collage, à base d'images

techniques vieillies, est une mode qui a été largement utilisée dans de nombreuses entreprises de science postsoixante-huitarde et plus ou moins sauvage, et on sait combien est efficace, pour provoquer, cette façon de faire se cotoyer, hors de contexte, des images aisément identifiables. Ici, c'est plus subtil. Chacun des 30 collages présentés révèle, chaque fois qu'on l'étudie à nouveau, de nouvelles énigmes (qui est le monsieur moustachu qui semble envoyer une flèche typographique dans un tube de verre, dans "L'eau des Grecs" ?) et de nouvelles réponses (le soleil et la lune, bien sûr, c'est l'atome d'oxygène et l'atome d'hydrogène...). Un commentaire, écrit par un critique d'art, sert de conclusion au livre et permet aux ignares (dont je suis) de comprendre comment il faudrait pouvoir lire ces tableaux, tout à la fois en utilisant notre connaissance de la science, en nous laissant suggérer des analogies, en acceptant l'humour de certains rapprochements, et aussi simplement en appréciant la beauté des couleurs et de la disposition des images.

On aura compris que je recommande la lecture de ce livre. Mais il ne me paraît pas possible d'en rendre compte sans faire remarquer qu'il semble se dessiner une mode dans ce domaine étrange, celui de la frontière entre l'art et les sciences de la matière. On sait, bien sûr, ce que l'œuvre d'Escher doit à la cristallographie, et à quel point elle plait à tous ceux qui ont, par leur métier, à penser en termes de structures cristallines. Il y a eu aussi un petit livre intéressant, de Raymond Daudel, faisant se cotoyer peinture et chimie. Plus récemment, les très belles "Reflections on Symmetry", d'Edgar Heilbronner et Jack Dunitz, et le livre des Hargittai (elle artiste, lui chimiste) sur la symétrie dans l'art et la science, sont venus enrichir nos bibliothèques. La frontière de la poésie et de la chimie est probablement plus dégarnie ; je connais un livre allemand en vers sur la structure de la matière, en vers de mirliton, et dans un autre genre le magnifique "*Chant du Styrene*"* de Raymond Queneau, dont j'espère qu'il continue à être enseigné dans nos cours... Toujours en littérature, le choix est vaste, de "*L'œuvre au noir*" à Primo Levi ou à Asimov. Les géologues, généticiens moléculaires et autres statisticiens ont-ils eux aussi leurs amusettes culturelles ?

Guy Ourisson

LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES*John Emsley*

Polytechnica, 1993, broché, 264 p., 165 F

Par qui fut découvert l'irridium et quand ? Quelle est l'abondance du lithium dans l'écorce terrestre ou le soleil ? Quelle est l'origine du nom "niobium" et la toxicité du gadolinium pour l'organisme humain ? Vous trouverez les réponses à ces questions dans le livre de John Emsley. Au-delà de l'anecdote, cet ouvrage donne un grand nombre d'informations sur chacun des 105 éléments.

Une double page est consacrée à chaque élément : l'essentiel des propriétés chimiques du corps simple y est rappelé : sa réactivité vis-à-vis de l'eau, des acides et des bases, les différents rayons atomiques, covalents et/ou de van der Waals, les électronégativités calculées, les potentiels standards. Les degrés d'oxydation figurent dans le recueil. Les propriétés physiques du corps simple, les propriétés électroniques de l'atome sont aussi données. Différentes tables (températures d'ébullition, enthalpies de formation, abondance dans l'écorce terrestre...) permettent une autre entrée dans le document. Chacun comprendra que, traduction d'un ouvrage anglo-saxon, la différence entre élément et corps pur simple ne soit pas faite ; c'est néanmoins un ouvrage intéressant, plus facile d'accès qu'une banque de données et qui peut être utile dans tout laboratoire et à tout étudiant ou enseignant chimiste.

Monique Goffard**CHIMIE QUANTIQUE. DE L'ATOME À LA THÉORIE DE HÜCKEL***Bernard Vidal*

Masson, 1993, broché, 368 p., 185 F

D'après l'avant-propos, ce livre est destiné à "ceux qui - sans vouloir se spécialiser en chimie quantique - ont besoin d'une formation générale" et "aux déçus de la mécanique quantique, à tous ceux que rebute son formalisme mathématique".

C'est une très bonne idée : les livres pour non-théoriciens manquent cruellement. Malheureusement, le présent ouvrage risque de les décevoir. La raison princi-

pale en est qu'en 350 pages, l'auteur a voulu mettre le contenu de quatre ou cinq livres : histoire et philosophie des sciences, fondements de la mécanique quantique, introduction aux OM, applications des OM aux spectroscopies, à la chimie organique et à la biologie ... Les sujets sont donc abordés de manière très inégale en profondeur et en intérêt.

On peut d'abord se demander si l'hybridation mérite un chapitre, autant que toutes les applications de Hückel.

Dans le chapitre V, deux pages sont consacrées au Raman. Le vocabulaire (diffusion Rayleigh, raies Stokes, et anti-Stokes...), qui, bien qu'utile, n'est pas d'une importance fondamentale, est défini. Par contre, la question qui intéresse directement le chimiste - les deux spectroscopies vibrationnelles, l'IR et le Raman, sont-elles interchangeables ?, sinon, quels composés devraient être examinés en Raman ? - n'est pas soulevée.

Dans le chapitre VIII, alors que les hydrocarbures sont traités de manière excessivement détaillée, seuls les paramètres de l'oxygène à un électron et de l'azote à deux électrons sont donnés. Même après une étude approfondie de ce livre, le lecteur sera donc incapable de calculer des molécules aussi simples qu'un énolate, une imine ou le propène.

Enfin, j'ai peur que le chapitre IX ne puisse faire changer d'avis les "déçus de la mécanique quantique". Les problèmes biologiques sont tellement complexes et dépendent de si nombreux facteurs que des corrélations avec des résultats de Hückel, si intéressantes soient-elles, ne peuvent être tenues pour l'instant comme probantes. La chimie organique est pratiquement réduite aux polyaromatiques qui, pour la majorité des organiciens, sont actuellement d'une importance toute relative. Notons pour terminer qu'aux pages 292-294, les additions électrophiles et nucléophiles sur le butadiène sont traitées sur le même pied.

Le livre ne contient pas d'exercices.

Nguyễn Trong Anh**LIVRES PARUS****Hazards in the Chemical Laboratory** (5^e édition).

696 p., 45 £.

Royal Society of Chemistry, 1992.

Regulated Chemical Directory 1993

250 £ et 280 £ avec reliure pour additifs.

Chapman & Hall, Londres, 1993.

Lessons from Disaster - How organisations have no memory and accidents recur

par T. Kletz.

177 p., 28 £.

ICChemE Book, Rugby, 1993.

Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems

Center for Chemical Process Safety.

136 p., 106,25 \$.

ICChemE Book, Rugby, 1993.

Safety Management : a Human Approach (2^e édition)

par D. Peterson.

400 p., 38,50 £.

ICChemE, Rugby, 1993.

Techniques of Safety Management : a System Approach (3^e édition)

par D. Peterson.

414 p., 42,50 £.

ICChemE, Rugby, 1993.

Plant Integrity Assessment by the Acoustic Emission Testing Method

par S. Hewerdine.

109 p., 28,50 £.

ICChemE, Rugby, 1993.

Code permanent Environnement et Nuisances.

2 volumes sur feuillets mobiles.

Editions Législatives, Montrouge.

Jugement statistique sur échantillon en chimie

par J. Maurice.

416 p., 245 F.

Polytechnica, Paris, 1993.

Phosgene Toxicity Monograph

sous la direction de G. Sellers.

22 p., 10 £.

ICChemE, Rugby, 1993.

Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry (2^e édition)

sous la direction de I. Mills, T. Cvitas, K.

Homann, N. Kallay, K. Kuchitsu.

Broché.

Blackwell Scientific Publications, 1993.

NOUVEAUTÉS

APPAREILS

Le Kryoclean pour la récupération de produits en phase gazeuse

Le système Kryoclean, mis sur le marché par Boc, fait appel aux propriétés cryogéniques et inertes de l'azote afin de récupérer les composés organiques volatiles (COV) présents dans les émissions de divers procédés mis en œuvre dans les secteurs pharmaceutiques et chimiques.

Ce système se présente sous l'aspect d'un module compact monté sur une sorte de traîneau et composé de doubles condenseurs à procédés multiétagés. Les vapeurs organiques sont extraites des sources de production et dirigées vers le condenseur on-line dans un flux d'azote. Un vaporisateur à azote refroidit le condenseur via un échangeur de chaleur.

Le flux de vapeur organique est refroidi jusqu'au moment où les COV se condensent. Il est alors aisé de les séparer pour les recycler ou les vendre.

Boc n.v./s.a, Excelsiorlaan 41, 1930 Zaventem, Belgique. Tél. : +32. 2.7197111.

Détecteur de fumée

Kidde Dexaero a mis au point le système "Hart". Développé à partir d'une technologie de pointe, Hart détecte des fumées extrêmement diluées. Dès 0,001 % d'obscurcissement/mètre, son faisceau laser, dispersé par les particules présentes dans l'air, envoie un signal d'intensité de la fumée, représenté sur l'unité de contrôle par une échelle lumineuse.

Capable de répondre à une détection incendie sans provoquer de fausses alarmes, le système "Hart" possède trois niveaux réglables de façon indépendante (alerte, action et feu), chaque alarme étant munie d'une temporisation. Ce n'est qu'en cas de permanence d'une quantité de fumée supérieure au niveau d'alarme considéré que celle-ci sera déclenchée.

Les applications vont des salles blanches, chambres sourdes, cages de Faraday à la protection des volumes (stockage de grande hauteur) en passant par les environnements informatiques ou la protection des "process" (armoires électroniques, échangeurs téléphoniques, armoires électriques, transformateurs, systèmes robotisés de stockage...).

Kidde Dexaero, 4, rue Henri Poincaré, 92167 Antony Cedex. Tél. : (1) 46.66.08.08. Fax : (1) 46.66.23.24.

Dispositifs de surveillance des gaz toxiques

GfG SA présente une série de nouveautés dont la série des appareils à micro processeur pour l'acquisition et le traitement des données GMA 120 de la gamme des dispositifs de surveillance des gaz toxiques et explosifs ainsi que les capteurs de type MWG 2500.

Le nouveau " tiroir 19" qui autorise le raccordement direct de 4 capteurs a été conçu pour l'utilisateur industriel.

Les sorties d'alarme sont disponibles sur contacts libres de potentiel et sur interface pour raccordement à un automate programmable.

Les valeurs mesurées sont mémorisées sur une durée prédéfinie et restituées sous forme de valeurs moyennes, maximales et minimales. Chaque canal de mesure est

affiché à intervalles réguliers et la valeur individuelle peut être appelée par pression sur une touche.

Des temporisateurs ajustables permettent de réaliser le pilotage d'organes de réglage et la transmission des alarmes.

Qu'il s'agisse de gaz explosifs comme le méthane, l'hydrogène, le gaz naturel ou de gaz toxiques comme le CO, le CO₂, Cl₂, SO₂, H₂S, NO, NO₂, HCl, HCN, NH₃, fréons R22, R12, R134a, ou de solvants et de l'oxygène, la série des capteurs de mesure modernes MWG 2500 permettrait de réaliser une mesure infaillible.

*GfG Gesellschaft für Gerätebau AG
Fällandenstrasse 6a, CH-8124 Maur.
Tél. : +49 01.980.42.52. Fax : +49 01.980.42.61.*

Détection incendie à longue distance

Le groupe Cerberus propose un concept de détection d'incendie exclusif : le LDD. Ce système permet la détection d'incendie à longue distance sur de très grandes surfaces. Grâce à l'extrême sensibilité du capteur, cet appareil est capable de détecter un feu de 3 m à 2 km de distance. Il permet la localisation précise du feu, la transmission de l'alarme et de l'image de la zone en danger à un poste de surveillance. Ce détecteur, qui a de vastes domaines d'application est particulièrement adapté aux exigences de la surveillance de grands sites industriels (détection à vue contre les débuts d'incendie) et de périphéries de zones urbaines, industrielles ou militaires contre l'approche de flammes.

La base du système est un détecteur utilisant pour l'essentiel, le principe de la détection infrarouge.

Les rotations du LDD sont paramétrables pour surveiller une zone donnée et les coordonnées de tout point chaud connu peuvent être exclues de la surveillance en les mémorisant.



En cas d'alarme, le détecteur stoppe sa rotation et s'oriente dans la direction du danger. Il passe du mode automatique au mode manuel et les coordonnées du point détecté sont envoyées au PC de surveillance. La caméra du détecteur transmet l'image de la zone concernée vers l'écran vidéo du PC. L'opérateur peut alors visualiser la cause de l'alarme et envoyer des ordres de mouvements au détecteur. Une fois le danger écarté, l'opérateur peut remettre le ou les détecteurs en mode automatique.

Caractéristiques techniques : consommation : < 400 W ; autonomie des batteries : 2 heures ; poids : < 200 kg ; dimensions : hauteur : 1,50 m, diamètre : 0,70 m.

Cerberus Guinard, Zone Industrielle, 617, rue Fourny, BP 20, 78531 Buc Cedex. Tél. : (1) 30.84.66.00. Fax : (1) 39.56.42.08.

Centrale d'incendie adressable

Avec sa centrale incendie adressable BMCI-72F, qui gère jusqu'à 1024 points adressés individuellement, répartis sur 72 adresses de zones, ainsi que des sorties de commande programmables, Zettler-France désire informer spécialement les responsables de sécurité.

A cette centrale d'incendie peuvent être raccordés différents dispositifs de télécommande, télésurveillance, télécontrôle. Elle peut aussi communiquer avec un système de gestion technique en réseau, tel que le système de supervision informatique AED Zettler. Ce dernier offre dans sa capacité maximale la possibilité d'exploiter des informations issues de 64 centrales d'incendie ou d'alarme et de 16 000 détecteurs ou capteurs divers.



Zettler France, BP 62, 92254 La Garenne-Colombes Cedex. Tél. : (1) 47.81.14.40. Fax : (1) 47.86.20.24.

Identification à distance

La spécialité de Zettler en contrôle d'accès reste l'identification à distance avec un badge passif d'une durée de vie illimitée, garantissant l'inviolabilité de l'ensemble du lecteur et une sécurité du système par des unités de lecture autonomes et intelligentes.

Le système "mains-libres" met en œuvre la lecture à distance d'un badge personnalisé apportant ainsi rapidité et confort d'utilisation tout en assurant une parfaite sécurité.

Zettler France, BP 62, 92254 La Garenne-Colombes Cedex. Tél. : (1) 47.81.14.40. Fax : (1) 47.86.20.24.

Traitement des effluents gazeux

Pour de nombreuses entreprises du secteur industriel, le traitement des effluents gazeux est une nécessité. Aga leur propose le système Cirrus qui se base sur l'utilisation de l'azote liquide comme agent réfrigérant : il permet de condenser et de liquéfier les solvants ou tout autre composé organique volatil qui sont donc facilement récupérables et recyclables. Ce procédé, parfaitement propre, repose sur un principe clef : la flexibilité. Ce système se présente sous la forme d'une gamme de matériels modulables.

Industries pharmaceutiques, chimiques et pétrochimiques, dépôts de carburants, ... autant de secteurs où Cirrus sera l'équipement adéquat pour le traitement des effluents gazeux.

Aga SA, 140, avenue Paul-Doumer, 92508 Rueil-Malmaison. Tél. : (1) 47.14.20.80. Fax : (1) 47.08.68.33.

Caméras de surveillance vidéo

Philips Communication et Sécurité lance une gamme de caméras CCD couleur intelligentes, avec une innovation : le choix entre deux modes de fonctionnement, couleur et infrarouge.

L'optimisation automatique permanente de la qualité de l'image, intègre l'utilisa-

tion de systèmes à microprocesseurs et les derniers principes de la logique floue. Elle permet d'obtenir un excellent rendu dans les zones les plus claires et les plus sombres de l'image, d'améliorer le piqué, de déterminer le meilleur rendu des couleurs possible, de définir la zone stratégique de l'image par la correction de contre-jour, d'éviter le flou des objets en mouvement rapide, d'identifier immédiatement et clairement chaque image et d'assurer la commutation couleur/infrarouge (exclusivité mondiale pour la caméra LDH 805).

Ces caméras CCD couleur offrent un excellent rendu des couleurs jusqu'à des niveaux d'éclairage extrême de 0,6 lux. Elles conviennent pour la surveillance de tous les lieux recevant du public, des sites de haut niveau de sécurité exigeant une surveillance couleur jour et nuit, le contrôle de processus dans l'industrie (vision), toute application nécessitant un rendu des couleurs extrêmement fidèle (chimie, parachimie...) et une image de qualité optimale 24 heures sur 24.

Philips, Division Science et Industrie, 105, rue de Paris, BP 135, 93003 Bobigny Cedex. Tél. : (1) 49.42.82.01. Fax : (1) 49.42.82.25.

Contrôleur de flammes Iris 3000

La série Iris 3000 est constituée de modules au format Europack destinés à la surveillance de brûleurs d'installations "lourdes" (centrales thermiques, raffineries, incinérateurs, process industriels) qu'ils soient alimentés en fuel oil, charbon pulvérisé, gaz ou autre effluent (H₂S), mono- ou multi combustibles.

Ces modules exploitent le signal issu d'une ou plusieurs têtes de la famille IRX. Les circuits les plus modernes, conçus avec un haut niveau de redondance, ont permis à ces systèmes d'obtenir les homologations les plus sévères en matière de sécurité industrielle. Différents modules permettent les fonctions suivantes :

- . Module de surveillance (présence de la flamme) avec alarme, pré-alarme, auto-test, présélection de deux régimes de fonctionnement, entrée pour deux capteurs, deux timers réglables, hystérésis réglable, etc.



Module d'évaluation de flamme : un affichage digital à 3 digits permet de contrôler le signal analogique qui est fonction du rendement du brûleur (énergie rayonnée et fréquence de pulsation). Ce module permet d'optimiser l'alignement du détecteur, mais surtout la combustion elle-même ; des alarmes réglables permettent de détecter une combustion qui s'éloigne de l'optimum observé ; des mini-modules de visualisation déportés permettent d'intégrer l'information dans le tableau synoptique d'une salle de contrôle.

Elcowa SA, 16, rue J. Siegfried, BP 2476, 68057 Mulhouse Cedex. Tél. : 89.43.54.58. Fax : 89.42.85.50.

Système de surveillance colorimétrique

Optronik, société allemande, propose un système de surveillance colorimétrique : le Color-Compare.

Ce système est basé sur le principe d'une caméra CCD qui analyse en temps réel tout support en mouvement (défilement d'objets sur un tapis par exemple).

Cette caméra permet d'optimiser le champ d'analyse suivant la taille de l'objet et la distance d'observation. Elle est reliée à une unité centrale pour le traitement des données colorimétriques suivant trois paramètres : la luminance (plus ou moins clair), la saturation, l'écart de nuance. Ces trois paramètres composent le référentiel colorimétrique LCH. Les tolérances sont fixées par l'utilisateur.

Ce contrôle non destructif s'adresse aux industriels soucieux de comparer à des standards des produits demandés par l'uti-

lisateur, de contrôler des matières premières en ayant la possibilité de les trier.

Instrumat, 4, av. des Andes, BP 86, ZA de Courtaboeuf, 91943 Les Ulis. Tél. : (1) 69.28.27.34. Fax : (1) 69.28.86.02.

Un nouveau capteur de température infrarouge 4-20 mA de faible coût

Iron complète sa gamme de thermomètres infrarouge Modline 4, la série 22, conçue pour les applications générales.

Ce nouveau Modline 4 série 22 est sensible aux radiations infrarouges entre 8 et 14 microns de longueur d'onde, et sa conception le destine à des applications générales telles que le séchage en imprimerie, l'industrie alimentaire, l'industrie du bois, du papier et du textile en passant par le formage sous vide et le chauffage par infrarouge. Son faible prix en fait une alternative rentable dans de nombreuses mesures de température comprises entre 0 °C et 600 °C.



La précision de la série 22 est de 1 % de la température pleine échelle ou 3 °C (prendre la valeur la plus élevée) avec une fidélité de 0,5 % de la pleine échelle. Comme tous les autres appareils de la gamme Modline 4, la série 22 possède un réglage numérique intégré de l'émissivité entre 0,10 et 0,99 par incrément de 0,01. Le temps de réponse est réglable par potentiomètre entre 0,15 à 10 secondes. Dans les applications où le chemin de visée risque d'être interrompu momentanément, par exemple par de la vapeur ou de la fumée, lorsque la cible est susceptible de se déplacer, un détecteur de crêtes standard équipé d'un temps de descente

réglable permet de maintenir la vapeur maximum de la température.

Iron, BP 57, 77312 Marne La Vallée, Cedex 2. Tél. : (1) 60.06.78.67. Fax : (1) 60.06.28.00.

Portier programmable de proximité

Zettler France lance sur le marché le portier programmable par badges de proximité : N-Trance.

Il se compose de quatre éléments : le lecteur intérieur et l'antenne extérieure (faciles à poser et à raccorder), les badges et le boîtier de programmation (particulièrement aisés à utiliser).

Chaque personne habilitée à pénétrer dans les lieux doit présenter un badge en forme de porte-clés devant l'antenne du système pour déclencher l'ouverture de la porte. Chaque badge peut avoir un ou plusieurs accès autorisés. Il est par ailleurs possible de centraliser jusqu'à 16 accès au moyen d'un bus quatre fils reliant les 16 unités de lecture entre elles. La capacité du N-Trance est de 1 000 ou 2 000 badges suivant le modèle.

L'autorisation du badge peut être permanente ou limitée à certains jours de la semaine et certains horaires choisis par l'installateur. Le badge fonctionne sans contact par simple approche à quelques centimètres de l'antenne. Il est alimenté par l'induction de l'antenne et ne nécessite donc aucune source d'énergie propre et aucun entretien.

En cas de coupure de courant, la programmation est sauvegardée pendant au moins 72 heures.

Zettler France, BP 62, 92254 La Garenne-Colombes Cedex. Tél. : (1) 41.19.20.21. Fax : (1) 46.49.05.93.



Nouveaux produits présentés à APS

Alarmes Protection Sécurité a tenu son 6^e salon spécialisé au mois d'octobre. Plusieurs nouveaux produits et services y ont été présentés.

2AI, filiale du groupe Bull, a présenté Sécurisite, système de gestion d'alarmes centralisées et de contrôle d'accès, assisté par micro-ordinateurs et déclinable en différentes configurations mono- ou multipostes.

Il permet, en temps réel, de centraliser les alarmes, de gérer les contrôles d'accès, d'agir par télécommande, de suivre les rondes.

Sa nouvelle version, Sécurisite PC, est particulièrement bien adaptée aux sites correspondant à une architecture de taille réduite. C'est l'expérience des gros systèmes au service des petites configurations.

Alfa Colombes a montré un système de centralisation d'alarmes et de contrôles d'accès, de conception entièrement modulaire et de capacité pratiquement illimitée.

Côté alarme, il permet la mise en place de carte 8 voies Tor, carte 8 voies autogardées à correction automatique d'erreur, carte 8 sorties.

Côté contrôle d'accès, la connexion de lecteurs magnétiques, code à barres, carte à mémoire, wiegand et proximité mains libres.

Clemancon distribue et installe les systèmes Westinghouse Security Electronics (WSE), spécialiste mondial du contrôle d'accès par proximité. Cette technologie assure sécurité, fiabilité et inviolabilité, en fonctionnant par simple présentation d'un badge codé devant un lecteur.

Ses caractéristiques :

- l'intégration possible du lecteur dans une cloison,
- un lecteur de badge inviolable et insensible aux intempéries,
- des badges infalsifiables.

Nouveau :

- SE422, une unité de contrôle d'accès et de centralisation d'alarmes et SE 818 SX, dernier né de la gamme 800.

- Tesa CT20, une nouveauté dans le contrôle d'accès bureau. Il s'agit d'une serrure électronique autonome qui répond à tous les besoins de contrôle d'accès de l'industrie (autonomie de 4 ans, carte valide sur tranches horaires, nouveau logiciel, mémorisation des 500 derniers passages, cartes nominatives et design esthétique qui s'adapte à tous les bureaux).

- Tesa H20, une nouvelle serrure pour l'hôtellerie. Serrure électronique autonome (4 ans). Le système a les mêmes caractéristiques que le système CT20, mais, en plus, il peut servir de carte de crédit au sein de l'hôtel.

- des services complémentaires, tels que accès parking, piscine, ascenseur, module économiseur d'énergie, coffre-fort dans les chambres. De plus, la carte magnétique peut servir de carte de crédit à l'intérieur de l'établissement grâce à l'interface du système HT 21 avec le système de gestion de l'hôtel.

Deny, spécialisé dans la sécurité des accès, propose : serrures standards ou spéciales, système anti-effraction, antipanique, contrôle d'accès, serrures électriques, lecteurs de badges. Nouveau : la serrure électrique motorisée de haute sécurité en optique, à double pêne rond pour un verrouillage très efficace.

Elkro commercialise deux nouvelles gammes de détecteurs infrarouges à lentilles de Fresnel.

Cette récente génération a été développée pour répondre avec le plus de performances possibles aux critères de fiabilité, performance, économie et simplicité de mise en œuvre.

Ces nouveaux détecteurs infrarouges se distinguent par leur dimension réduite, leur esthétique soignée et un excellent rapport qualité/prix.

Leurs points forts :

- modules de détection multi-éléments (réglage de sensibilité compteur d'impulsion programmable par une haute insensibilité aux fausses alarmes...)

- creep zone, lentille additionnelle permettant de détecter le passage d'un intrus dans la zone d'ombre sous le détecteur...

Également nouveau : un bio-volumétrique de très faible consommation, un détecteur infrarouge, antimasque et un détecteur plafond très esthétique.

Eurodaf : qu'est-ce qu'un DAF ? C'est un Détecteur Avertisseur de Fumées.

Cet appareil permet d'éviter nombre d'accidents et de décès causés par le feu : il avertit rapidement qu'un incendie est en train de se propager en détectant la fumée et en déclenchant une puissante alarme sonore.

Obligatoire dans toutes les habitations au Canada, aux États-Unis, en Norvège, au Japon, en Australie, en Grande-Bretagne (depuis le 1er juin 1992), il est encore peu connu, alors que son installation et son entretien sont faciles et qu'il est d'un prix tout à fait abordable de 895 F TTC.

Le modèle commercialisé par Eurodaf est le DAF 220+S fabriqué par BRK Electronics (firme américaine leader mondial dans ce domaine).

Pyronix Limited a présenté sa gamme de détecteurs infrarouges et pour la première fois en France, une nouvelle gamme de centrales Paragon. La Paragon Plus a six zones de contrôle entièrement programmables à l'aide du code installateur. Elle dispose de quatre marches totale/partielle, et est équipée d'un afficheur à sept segments qui permet de visualiser l'historique des 18 derniers événements. En plus de son clavier, on peut ajouter cinq claviers déportés.

Racal Guardall complète ses gammes.

La famille infra-rouge Appollo s'agrandit de deux nouveaux modèles, l'Appollo Solo disponible par lentille interchangeable, l'Appollo Elite qui possède une mémoire d'alarme.

A noter des améliorations à la gamme des barrières infra rouge, deux nouvelles centrales en plus de la centrale Windsor dont les clés électroniques permettent de hiérarchiser l'accès, deux sirènes extérieures alimentées.

Pour la domotique, des sondes de température et une gamme de bris de glace, audio ou audio + choc.

Technoalarm a proposé toute une gamme de produits :

- 6 modèles de centrales d'alarme, de la plus petite à la centrale à micro processeur.

- 8 modèles de détecteurs volumétriques dont trois nouveaux :

- . Technored 3013, détecteur à infrarouge, orientation totale par rotule,

. Panda gold : radar qui travaille dans des conditions de garde (consommation faible) et qui se met en puissance supérieure quand il détecte quelque chose,
 . Explorer : une nouvelle gamme de barrière hyperfréquence pour l'extérieur,
 - les alarmes sonores,
 - 7 modèles de mises en service dont une

nouvelle serrure électronique :
 . Digital Key qui a la particularité d'avoir un mode de transfert d'informations de la face avant vers la platine par un signal multifréquence piloté par quartz,
 - des appareils de transmission d'alarmes qui peuvent composer jusqu'à 16 numéros de téléphone,

- 6 modèles d'alarmes incendie.

Renseignements : Salon APS, Mariette Landon et associés, 46, rue Poissonnière, 75002 Paris. Tél. : (1) 42.21.15.03. Fax : (1) 42.21.05.50.

PRODUITS ET MATÉRIAUX

Le gaz d'extinction Inergen

Inergen est le gaz d'extinction que Mather et Platt Wormald propose en remplacement du halon. Il ne porte pas atteinte à la couche d'ozone et confirme son innocuité pour l'organisme humain dans le cadre de son utilisation comme agent d'extinction. En effet, lors d'essais sur dix sujets volontaires sains, exposés pendant 20 minutes dans un laboratoire du CNPP à une atmosphère reconstituée par adjonction d'Inergen, les médecins ont pu noter une absence totale de signe clinique d'intolérance confirmé par le fait qu'aucun des sujets n'a dû interrompre cette étude.

Inergen, mélange spécifique d'azote, d'argon et de dioxyde de carbone, atteint trois objectifs essentiels : éteindre les incendies, ne pas mettre la vie des personnes en danger, respecter et protéger l'environnement.

Ce nouveau processus d'extinction, exempt de tout élément toxique, sans aucun effet corrosif sur la structure des locaux comme sur leurs contenus, peut être employé immédiatement dès la première alerte et limiter ainsi considérablement les dégâts liés à tout début d'incendie.

Mather et Platt Wormald, 29, av. Georges Politzer, BP 122, 78193 Trappes Cedex. Tél. : (1) 34.61.34.00. Fax : (1) 30.51.80.05.

L'étiquetage des substances dangereuses

Brady annonce Bradysafe, un logiciel d'étiquetage des substances dangereuses

contribuant à la protection des hommes et de l'environnement.

Afin que la manipulation de substances dangereuses soit dénuée de tout risque, leur étiquetage doit être clair et complet. L'obligation légale d'étiquetage concerne non seulement l'étiquetage lui-même, mais comporte aussi des normes au niveau du format des étiquettes, des symboles et désignations de danger, des indications sur les risques (phrase R) et des conseils de sécurité (phrase S). Les entreprises se doivent de respecter ce devoir envers les personnes et l'environnement sous peine d'être tenues pour responsables en cas de dommages.

Le système intégré pour l'étiquetage des substances dangereuses Bradysafe fournit une réponse simple à ce problème complexe posé aux entreprises. C'est un logiciel souple et facile à utiliser qui offre la garantie d'un étiquetage correct fournissant toutes les informations nécessaires à la sécurité dans le maniement des substances dangereuses. Une banque de données personnalisable est intégrée au programme et contient toutes les substances répertoriées dans les directives de la CEE sous forme d'étiquettes prêtes à imprimer. Un accès restreint - avec mot de passe à trois niveaux - aux fonctions clefs de la saisie des données, assure que seuls les collaborateurs autorisés peuvent procéder au classement des substances et aux modifications. Bradysafe est utilisable en 4 langues (français, anglais, allemand et néerlandais) et permet d'imprimer des étiquettes en deux langues sur imprimantes laser ou matricielles. Il est opérationnel sur PC/AT et requiert au minimum 640 Ko de mémoire centrale et 7 Mo sur le disque dur.

Brady, 2, place Marcel Rebuffat, BP 362, Parc de Villejust, 91959 Les Ulis Cedex.

Tél. : (1) 69.31.19.20. Fax : (1) 69.31.10.68.

Câbles de sécurité pour la recherche nucléaire

Pour des raisons de sécurité, des câbles sans halogène présentant une bonne tenue au feu ont été installés pour transporter l'énergie au CERN (Centre Européen de Recherche Nucléaire) à Genève. Réalisés par Câbles Pirelli, ils comportent une gaine à base de Levapren, caoutchouc d'éthylène-acétate de vinyle de Bayer AG, et d'Apyral B, hydroxyde d'aluminium.

Ces câbles présentent une très bonne tenue au feu et empêchent toute propagation de l'incendie. Ils ne dégagent pas de gaz de combustion corrosifs et, par conséquent, permettent de sauvegarder des installations représentant des investissements considérables. La faible densité des fumées facilite les opérations d'extinction et de sauvetage, permet une ouverture plus longue des issues de secours et assure une meilleure efficacité des équipements de sécurité.

Bayer AG, Konzernverwaltung Öffentlichkeitsarbeit, D-51368 Leverkusen, Allemagne. Tél. : +49 (0214)30-1. Fax : +49 (0214)308923.

Manipulation et sécurité améliorées pour un agent gonflant chimique

Le nouvel agent gonflant Porofor KA 9149 de Bayer dégage peu de poussière, est facile à disperser et non explosif.

A la différence d'un agent gonflant standard à base d'azodicarbonamide (ADC), ce nouveau produit peut être manipulé et pesé pratiquement sans dégagement de poussière. Il peut être directement ajouté à un plastisol PVC, sans opération supplémentaire (type "Stir-in"). Ce produit n'étant pas classé "explosif" selon la législation sur les explosifs et les directives sur les matières dangereuses, le transport et le stockage sont nettement facilités.

Cet agent gonflant chimique est utilisé dans la fabrication de mousses polymères, par exemple papiers peints vinyle, revêtements de sol, similicuir expansés et caoutchouc cellulaire.

Bayer AG, Konzernverwaltung Öffentlichkeitsarbeit, D-51368 Leverkusen, Allemagne. Tél. : +49 (0214)30-1. Fax : +49 (0214)308923.

Zones à risque d'explosion

Garantir la sécurité des installations et équipements électriques dans les PME/PMI ou les grands sites industriels à risque d'explosion suppose la mise en œuvre de mesures préventives souvent peu ou mal connues.

L'inflammation de gaz, brouillard, vapeur, poussières provoquent des explosions accidentelles. Une des causes de ces inflammations peut être la présence de matériel électrique non adapté ou mal entretenu, générateur d'une énergie d'inflammation dangereuse.

Étudier, concevoir, utiliser, entretenir, contrôler ce type d'installation et d'équipement, c'est pratiquer "la sûreté au quotidien" et pour vous y aider Legrand ATX propose une valise de formation disponible sur simple demande chez les distributeurs point service ATX ou dans les agences commerciales Legrand.

Legrand, 128, avenue du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, 87045 Limoges Cedex. Tél. : 55.06.87.87. Fax : 55.06.11.19.

Agritox : base de données toxicologiques de l'Inra

Agritox répertorie la plupart des matières actives phytosanitaires. Pour chacune, les informations accessibles concernent l'identité de la molécule, les propriétés physico-chimiques, la toxicité, les données sur la faune sauvage, le comportement dans le sol, l'évaluation des résidus, etc.

Cette base de données est dorénavant consultable par Minitel (3617 code Agritox).

Inra, Station de phytopharmacie, Route de Saint-Cyr, 78026 Versailles Cédex. Tél. : (1) 30.83.30.00. Fax : (1) 30.83.34.58.

PROTECTION - SÉCURITÉ

Systemes de protection incendie

Les systèmes automatiques à eau

En dehors des sprinklers, il en existe deux types :

- Les pulvérisations d'eau à vitesse moyenne.

Ce sont des systèmes de protection à déclenchement manuel et/ou automatique. Pourvus d'un dispositif de détection et d'alarme, ils sont destinés particulièrement aux locaux ou installations contenant des liquides ou des gaz inflammables : industries chimiques et pétrochimiques, laboratoires, containers...

L'eau pulvérisée à vitesse moyenne refroidit, par évaporation, les parois des réservoirs de stockage. Elle provoque, en outre, des turbulences qui diluent et neutralisent les gaz.

- Les pulvérisations d'eau à grande vitesse.

Ces systèmes fixes à déclenchement manuel et/ou automatique forment une émulsion

à la surface de certains liquides inflammables : ceux dont le point éclair est supérieur à 65 °C.

Ces dispositifs possèdent également un détecteur et une alarme. Ils protègent les locaux et les matériels qui stockent ou emploient des hydrocarbures lourds : chaudières à mazout, dépôt de pétrole, transformateurs, systèmes de traitement des huiles, de malaxage du caoutchouc ou fabriques de peintures et vernis.

Les systèmes à gaz

Ils utilisent trois types de gaz : le gaz carbonique (CO₂), les systèmes à gaz halon ou similaire et une combinaison de gaz atmosphériques inertes.

- Les systèmes à gaz carbonique.

Ce sont des dispositifs à haute ou basse pression. A l'instar des systèmes à eau, ils se déclenchent manuellement ou automatiquement et possèdent un détecteur et une alarme.

Le CO₂ raréfie l'oxygène. Il empêche donc les flammes de se développer. Il s'agit d'un gaz inerte et diélectrique.

Ces systèmes protègent les salles d'ordinateurs, les centraux téléphoniques, les archives, les bancs d'essai pour moteurs, les salles de machines, les bibliothèques, les laboratoires...

- Les systèmes à gaz halon ou similaire.

Ce procédé repose sur les propriétés de ces gaz, qui empêchent par réaction chimique l'action de l'oxygène sur le combustible.

Les avantages sont multiples.

Propre, il ne laisse, après action, aucun résidu solide ou liquide. Il ne présente aucun caractère toxique pour les personnes et n'inflige aucun dommage aux matériels.

En 1994, conformément au protocole de Montréal, le gaz halon sera remplacé par des gaz sans danger pour la couche d'ozone. Des substituts répondant à ces priorités écologiques sont déjà proposés.

Les systèmes à mélange de gaz atmosphériques inertes

Ce nouveau principe d'extinction sans danger pour les personnes ni pour l'environnement, utilise un mélange de gaz atmosphériques inertes tels que azote, argon, gaz carbonique.

Après 1994, protocole de Montréal oblige, ce procédé est appelé à prendre en partie la place laissée vacante par le halon 1301 pour la protection de nombreux risques incendie et notamment ceux pour lesquels sont recherchées la rapidité d'extinction, la sécurité des personnes, la protection de l'environnement.

Les systèmes à mousse

Automatiques ou manuels, ils utilisent les propriétés d'agents moussants mélangés à l'eau. Ceux-ci forment une couverture de mousse ou une pellicule qui flotte au dessus des flammes. Le feu est étouffé par privation d'oxygène. L'eau assure le refroidissement et la mousse permet la rétention des vapeurs toxiques.

Les systèmes à mousse s'avèrent particulièrement adaptés pour la protection incendie lors de la manipulation, du stockage ou de la transformation de liquides inflammables.

Les systèmes à poudre sèche

Comme les précédents, ce système fonctionne manuellement ou automatiquement et se trouve couplé à des systèmes de détection. La différence réside dans l'utilisation d'un mélange chimique pulvérulent. La projection de ce mélange par un gaz inerte étouffe les flammes. Ce procédé est non toxique et non corrosif. Il protège de préférence les locaux et les matériels qui présentent des risques de feu gras, électriques, de gaz ou de métaux. Sont également concernées les unités de stockages et de manipulation de gaz ou de liquides inflammables (huiles, bitumes, méthanes, naphthes...)

Eau, mousse, poudre et gaz : ces modes d'extinction d'un feu sont maîtrisés avec un égal professionnalisme par le Gifex, groupement d'entreprises aux compétences complémentaires. Ces techniques agréées par des organismes officiels, se conjuguent pour une prévention totale contre les sinistres.

GIFEX (Groupement des Fabricants Installateurs de Systèmes d'Extinction Automatiques Fixes), 39-41, rue Louis Blanc, 92400 Courbevoie. Tél. : (1) 47.17.63.03. Fax : (1) 47.17.63.05.

Demi-masque respiratoire

Cabot Safety continue à élargir sa gamme de matériel de protection respiratoire avec le lancement du demi-masque respiratoire 5 Star.

Le 5 Star est un demi-masque à double élément filtrant, conçu pour répondre à la norme EN140. Il est spécialement étudié pour la protection dans les milieux à concentration limitée en gaz et particules toxiques que l'on trouve notamment dans les applications utilisant les produits chimiques, et agrochimiques, les plastiques renforcés, les acides, les peintures et les vernis, les détergents, les processus d'électrolyse et de réfrigération. Il doit s'utiliser avec une cartouche filtrante appropriée, qui répond aux normes EN141 et EN143. La cartouche se visse dans l'adaptateur, de façon à éviter tout risque de la déloger accidentellement.



La taille moyenne convient à 95 % des utilisateurs, ce qui facilite le stockage, les petites et grandes tailles étant disponibles sur demande. Le masque est en partie constitué de silicone, pour un plus grand confort et une meilleure résistance.

Cabot Safety Limited, First avenue, Poynton, Stockport, Cheshire, England SK12 1 FJ. Tél. : +44 625.878320. Fax : +44 625.877348.

Kits d'urgence antipollution

3M a mis au point une gamme de kits d'urgence antipollution destinés à nettoyer rapidement et dans des conditions d'hygiène optimales la pollution engendrée par des déversements accidentels de produits chimiques.

5 volumes d'absorption ont été prédéterminés pour répondre aux besoins : 5, 26, 75, 210 et 360 litres.

Chaque kit contient :

- Un container (ou fût) en polyéthylène haute densité, chimiquement très résistant et facile à transporter sur le lieu du déversement accidentel.

- Des boudins d'absorbants tous liquides pour contenir le déversement et éviter sa propagation.

- Des oreillers absorbants tous liquides pour recueillir le maximum de liquides en un temps très court.

- Des feuilles d'absorbants pour récupérer les résidus de liquides et pour essuyer.

- Des sacs en polyéthylène haute densité munis de fermeture pour contenir les absorbants souillés.

- Un guide d'utilisation.

Les kits grands formats disposent d'un panneau de signalisation du danger et de rubans permettant de délimiter la zone sinistrée.

Toutes les industries sont concernées par les risques de déversement accidentel de produits, mais certaines d'entre elles (industries chimiques et pétrochimiques) sont obligées par la législation (directive Seveso) de prévoir les moyens nécessaires pour faire face à ce type de pollution.

3M France, boulevard de l'Oise, 95006 Cergy-Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30.31.61.61 Fax : (1) 30.31.75.46.

Revêtement antidérapant auto-adhésif

3M propose Safety-Walk™, revêtement antidérapant auto-adhésif.

Safety-Walk est composé de particules abrasives en carbure de silicium maintenues sur un support par des résines. Il résiste autant à l'usure qu'à l'humidité, aux écarts de température, aux agents chimiques, à l'eau salée, aux solvants ou aux hydrocarbures.

3M France, Boulevard de l'Oise, 95006 Cergy-Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30.31.61.61. Fax : (1) 30.31.75.46.

DO YOU NEED TO PUBLISH...

- * Quantities of numerical data
 - * Detailed descriptions of procedures
 - * Computer program listings

...in a refereed primary research journal?

**JOURNAL OF
CHEMICAL
RESEARCH**

Offers a convenient means of publishing such material quickly, in the easily accessible **Synopsis + Microform** format. *Without the need for Databanks or Supplementary Data schemes!*

DO YOU NEED TO PUBLISH RAPIDLY...

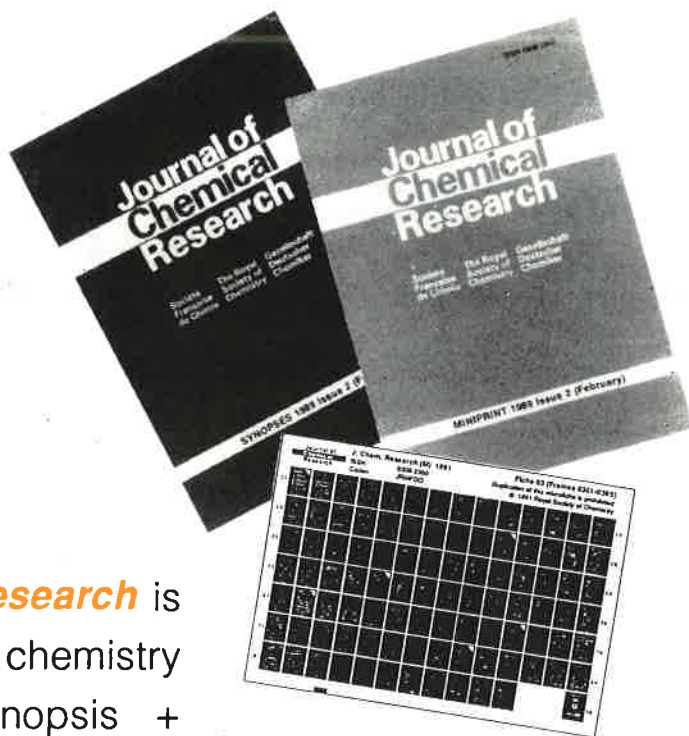
- * Full details of an isolated but important observation?
 - * Full details of work supplementary to a published major project?

**JOURNAL OF
CHEMICAL
RESEARCH**

Offers an attractive means of publishing such material, within 3 months of acceptance, in its two-page Short Paper format.

Pour toute information, contacter :
la Société Française de Chimie,
co-éditeur du J.C.R.
250, rue Saint-Jacques
75005 Paris

JOURNAL OF CHEMICAL RESEARCH



The *Journal of Chemical Research* is unique. It is the only pure chemistry journal to employ the synopsis + microform concept. Launched in 1977, it is sponsored jointly by the Royal Society of Chemistry, the Gesellschaft Deutscher Chemiker, and the Société Française de Chimie. It covers all areas of chemistry, and appears in two parts: Part S and Part M.

Part S consists of synopses of research papers, or short self-contained papers, of one or two pages in length. **Part M** contains reproductions of the full texts corresponding to the synopses appearing in Part S, and is available either as microfiche or as miniprint (3:1 reduction of author's typescript). Libraries generally subscribe to both Parts S and M.

The journal is refereed and edited to the high standard associated with the sponsor Societies, and Part S is a high-quality typeset journal, the text of which is also available for computerised searching via the host STN (as part of Chemical Journals Online).

There are **no page charges**. As well as **50 free reprints** of each article published, an author receives **free copies** of the issue in which the article appears, and **a year's free subscription!**

VOTRE PROCHAIN RENDEZ-VOUS!

Réservez d'ores et déjà une ou plusieurs journées pour venir visiter le plus important salon européen du traitement des déchets et des techniques de l'environnement.

Plus de 400 exposants européens y présenteront les réalisations les plus marquantes dans ce domaine. Voici sous une forme résumée la nomenclature du Salon: Equipements, procédés et services pour le traitement des déchets de toute nature, leur purification et leur recyclage, techniques de recyclage et de récupération, équipements pour le stockage, le transport et la destruction des déchets.

Quel que soit le mode de traitement que vous ayez adopté et quels que soient les problèmes que ce mode soulève chez vous, Ecotech-Europe '93 vous apportera une solution, si spécifique soit-elle. Ne manquez pas ce Salon, car le prochain n'aura lieu qu'en 1995.

Ecotech-Europe '93...
...catalyseur des technologies de l'environnement

Billets gratuits et informations

Les billets d'entrée gratuits sont disponibles bien avant l'ouverture du Salon. Consultez Mme Nicole Schuch pour tout renseignement et toute demande de réservation de billets de faveur. Téléphone: Paris 01 - 435 - 501 00.

**ECOTECH
EUROPE 93**

SALON INTERNATIONAL DE LA MAÎTRISE DE L'ENVIRONNEMENT,
DU TRAITEMENT ET DU RECYCLAGE DES DÉCHETS

**7-10 DÉCEMBRE 1993
UTRECHT - PAYS-BAS**

Foire Royale Néerlandaise,
Boîte Postale 8500, 3503 RM Utrecht, Pays-Bas.
Téléphone (30) 955 911, Téléfax (30) 940 379, Télex 47132 jaarb nl.

**U JAARBEURS
UTRECHT/HOLLAND**

Un fascicule de la revue *Kontakte* est jointe à cet envoi. Elle est éditée par la Société Merck et est disponible à l'adresse suivante : Abisson - 7, rue Poyer - 92110 Clichy.

Index des annonceurs

ACTUALITÉ CHIMIQUE	69
ANALYSIS	72
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE	4
CNRS	42-68
JOBIN-YVON	4 ^e de couv.
JOURNAL OF CHEMICAL RESEARCH	104-105
RHÔNE-POULENC	70-71
SFC	3 ^e de couv.
Encart « <i>DEMAIN LA CHIMIE</i> »	

ABONNEMENTS 1993 (6 numéros)

Membres de la SFC et de la SCI

Les membres des deux sociétés bénéficient d'un prix d'abonnement préférentiel de 420 F (TTC) à cette revue.

Non-membres

France 850 F (TTC)
Europe et autres pays 1 000 F
(envoi par avion + 280 F)

Chèques au nom de la SFC, CCP 7078-60 U Paris.

En vente uniquement au siège de la SFC
Prix du numéro : 200 FF

L'ACTUALITÉ CHIMIQUE

250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris
Tél. : (1) 43.25.20.78
Télécopie : (1) 43.25.87.63

Directeur de la publication : Jean-Baptiste DONNET

© Société Française de Chimie. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957, art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425). Toutefois, des photocopies peuvent être réalisées avec l'autorisation de l'éditeur. Celle-ci pourra être obtenue auprès du Centre Français du Copyright, 6 bis, rue Gabriel Laumain, 75010 PARIS, auquel la Société Française de Chimie a donné mandat pour le représenter auprès des utilisateurs.

SPEI, 54420 PULNOY - Commission paritaire : 53953. Dépôt légal : octobre-novembre 1993.

SOCIETE FRANCAISE DE CHIMIE

COLLECTION DOSSIERS POUR "L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE" de la Division Enseignement de la Chimie

LA NOMENCLATURE DES STEREOISOMERES ORGANIQUES (par D. PLOUIN)

Ce fascicule comporte cinq chapitres :

- A. Lexique de stéréochimie dans lequel sont données quelques définitions.
- B. Les règles séquentielles, règles qui permettent d'établir les configurations.
- C, D et E. Dans lesquels sont fixées les règles de nomenclature des molécules chirales, des stéréoisomères éthyléniques et des stéréoisomères cycloalcaniques.
- F. Dans lequel sont développées quelques notions sur les conformations.

Par ailleurs, il est tenu compte des recommandations pour l'écriture des noms en langue française, cela concerne essentiellement les indices de positions et les affixes.

51 pages : 44 FF T.T.C. (port inclus).

LA NOMENCLATURE EN CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE (par M. BERNARD et D. PLOUIN).

- La nomenclature en chimie organique : hydrocarbures saturés et insaturés, acycliques cycliques et polycycliques, hétérocycliques ; fonctions oxygénées, azotées, soufrées ; composé organométalliques ; dérivés halogénés.

- La nomenclature en chimie inorganique : éléments, corps simples et composés, ions et radicaux, acides, sels, composés de coordination, composés non stoechiométriques.

De nombreux exemples sont traités.

74 pages : 45 FF T.T.C. (port inclus).

ABC DE LA CHIMIE THEORIQUE, POSTULATS ET APPLICATIONS (Par R. LISSILLOUR, A. BOTREL, F. CORRE et F. TEXIER-BOULLET).

- Premier postulat et probabilité : probabilité de présence ; densité de probabilité ; les fonctions hydrogéoïdes ; état : fonction 1s ; états excités de l'électron : fonction 2s et 2p.

- Deuxième postulat et mesure : les opérateurs ; le deuxième postulat ; interprétation de la mesure ; les inégalités de Heisenberg.

- Postulats de Planck, Einstein et de Broglie : les postulats fondamentaux ; principe de correspondance ; écriture des opérateurs ; l'équation de Schrödinger.

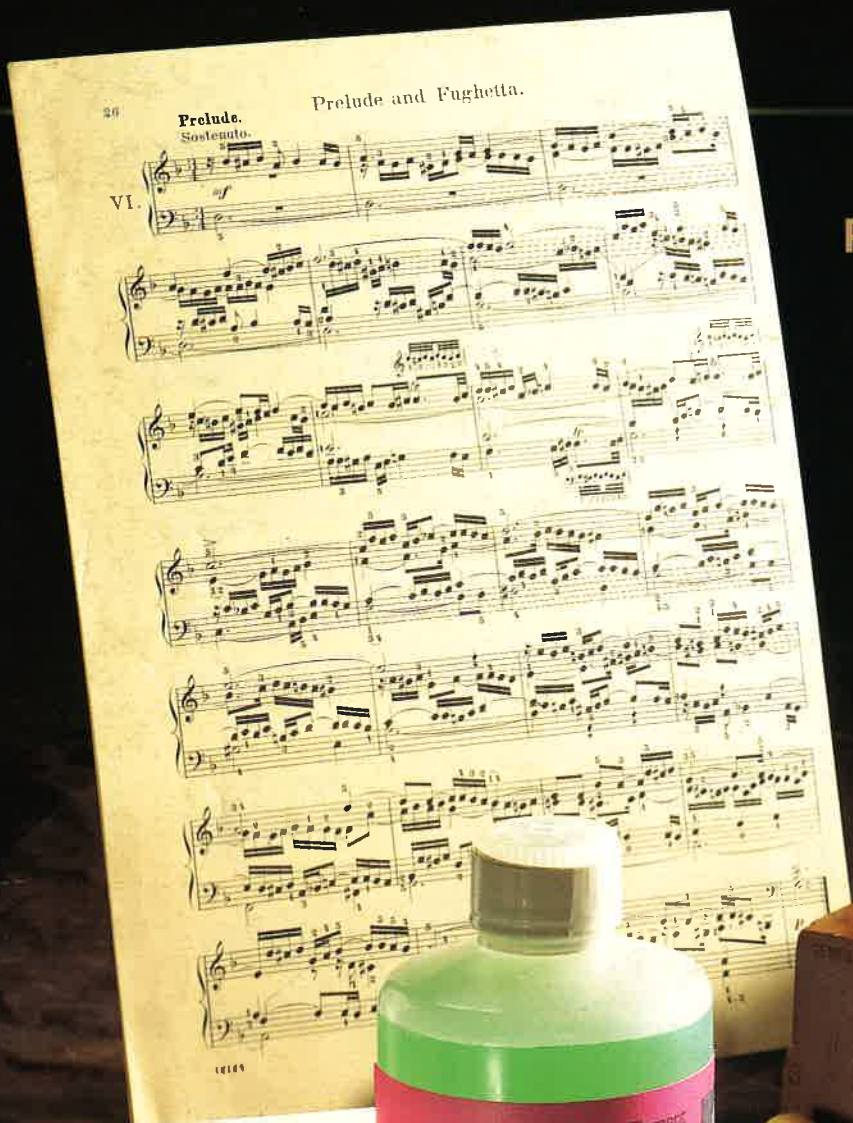
- Annexes et bibliographies.

63 pages : 28 FF T.T.C. (port inclus).

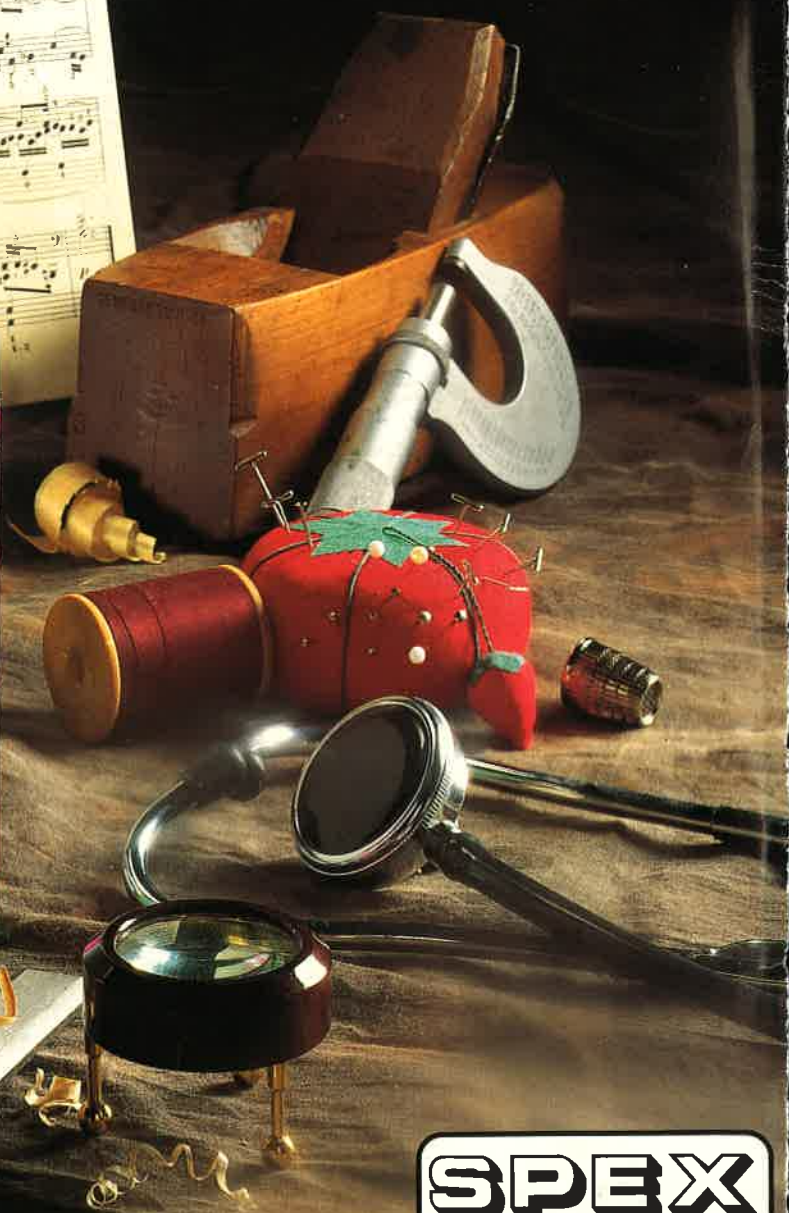
Les commandes sont à adresser, avec le chèque correspondant, à la SOCIETE FRANCAISE de CHIMIE - Mme Sophie VILLARD - 250, rue Saint-Jacques - 75005 PARIS. Tél. (1) 43.25.20.78.

Nous ne délivrons pas de factures pour une somme inférieure à 100 FF. Merci.

ETALONS ET PRODUITS POUR LA SPECTROSCOPIE INORGANIQUE



SPEX
CERTIFICATE OF ANALYSIS
 Certificate Number: QC-19
 Description: Quality Control Standard 19
 Lot Number: 1-179-AS
 CHECK:



SPEX
 Division d'Instruments S.A.

91165 LONGJUMEAU Cedex - France
 Tél. (1) 69 34 97 64 - Fax (1) 69 34 91 83