

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 a 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.

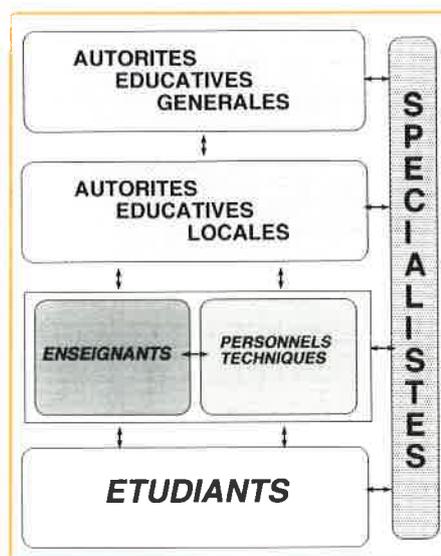


Figure 1 - Une démarche collective.

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 demandées, 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 I*) 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.

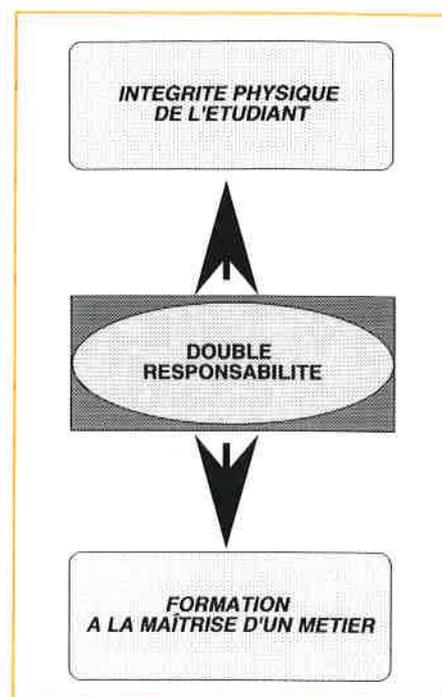


Figure 2 - Une responsabilité duale.

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.

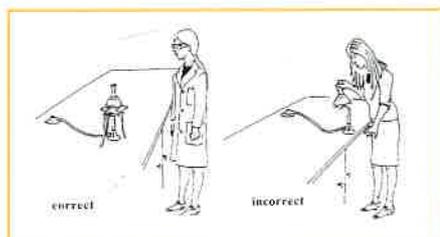


Figure 4, extraite de [14]

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).

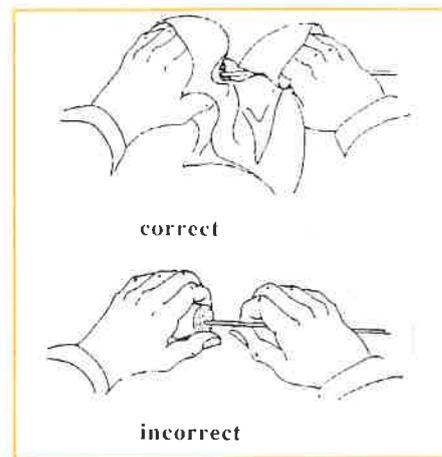


Figure 5, extraite de [14]

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 surembournement 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 portugues, Sociedade Portuguesa de Quimica, Lisbonne, **1988**.
- [3] F. González V., G. Rebolledo M., D. Candelé, 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**.
- [14] P. Borrows, communication au cours de l'atelier "Safety", 11 ICCE, York, **1992**.
- [15] Sécurité dans les manipulations scientifiques à l'usage des élèves débutants, INRS, 30 rue Olivier-Noyer, 75680 Paris Cedex 14.
- [16] B. Jeanjean, Les secours d'urgence des brûlures, *Bulletin du Cifec*, **1989**, n°4 p. 29-34.
- [17] L. Médard, "Les explosifs occasionnels", 2^e édition, Tec Doc Lavoisier, Paris, **1992**.
- [18] 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.
- [19] 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**.
- [20] 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**.
- [21] B. Piacenza, communication au cours de l'atelier des 7^e Jirec, Montpellier, **1989**.
- [22] 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**.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] A. Mauvais, Bilan de l'explosion à l'Institut de chimie organique de Hanovre, communication au forum "Sciences et Sécurité", Strasbourg, décembre **1992**.
- [26] B. Montfort, L'enseignement de la sécurité au cours des travaux pratiques de chimie, *L'Actualité Chimique*, **1986**, octobre p. 37.
- [27] 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)..