

→ J. Triolet, M. Mairesse, Service
Risque chimique et protection indivi-
duelle, INRS, Paris

Manipulations dans les laboratoires de chimie

Risques et prévention

Annule et remplace ND 1995-160-95.

CHEMICAL LABORATORY OPERATIONS RISKS AND PREVENTION

Annuls and replaces ND 1995

This paper is aimed at laboratory directors and users and presents a full picture of the preventive measures to be taken in chemical laboratories.

The contents include:

- general prevention measures (organisational and technical);
- products (labelling, material safety data sheets, dangers, risks induced and main preventive measures, product ageing, chemical waste disposal);
- experimental equipment (electrical equipment and apparatuses, glassware, refrigerants, pipettes, wash bottles, burners, hot baths and other very hot devices, cold baths, refrigeration chambers, autoclaves, centrifuges, gas bottles, ionising and non-ionising radiation sources);
- standard laboratory work (operating procedures, substance mixing or addition, exothermic reactions, gas-emitting reactions, pouring, siphoning, vacuum work, solvent extraction, distillation, evaporation-drying, desiccation of a liquid, cleaning of glass equipment, transportation of recipients containing chemicals, and of apparatuses);
- accident and incident management (fire, air contamination, first aid).

● chemical laboratory ● chemicals
● hazards ● preventive measures
● handling ● occupational disease

Cet article, destiné aux responsables et utilisateurs de laboratoires, a pour but de présenter l'ensemble des mesures de prévention à appliquer lors du travail dans un laboratoire de chimie. Au sommaire :

- mesures de prévention d'ordre général (de nature organisationnelle et technique) ;
- produits chimiques, risques induits et principales mesures de prévention (étiquetage, fiche de données de sécurité, dangers, risques induits et principales mesures de prévention, vieillissement des produits, élimination des déchets chimiques) ;
- matériel expérimental, risques induits et principales mesures de prévention (installations électriques - appareils électriques, verrerie, réfrigérant, pipette, pissette, appareil à flamme, bain chaud et autres dispositifs très chauds, bain froid, étuve, réfrigérateur, autoclave, centrifugeuse, bouteilles de gaz, émetteur de rayonnement non ionisant, émetteur de rayonnement ionisant) ;
- opérations classiques de laboratoire, risques induits et principales mesures de prévention (mode opératoire d'une manipulation chimique, mélange de produits - addition d'un produit, réaction exothermique, réaction produisant un dégagement gazeux, transvasement, siphonnage d'un liquide, opération sous vide, extraction par un solvant, distillation, évaporation - séchage, dessiccation d'un liquide, nettoyage de la verrerie, transport des récipients de produits chimiques et des appareils) ;
- gestion des incidents et des accidents (incendie, atmosphère contaminée, premiers soins).

● laboratoire de chimie ● produit chimique ● manipulation ● maladie professionnelle

Les possibilités d'accidents dans un laboratoire de chimie sont nombreuses étant donné la diversité et le nombre élevé des opérations effectuées, des matériels et des appareils utilisés, et la grande variété des produits chimiques employés ou stockés.

De plus, sur une paillasse, les montages effectués pour l'expérimentation sont provisoires et donc parfois instables ; ils se trouvent souvent à proximité d'autres sources de danger tels que les appareils de chauffage, les appareils électriques et les canalisations de fluides qui peuvent augmenter les risques encourus.

Les situations dangereuses sont généralement liées à :

- des infrastructures insuffisantes ou inadaptées : locaux, plans de travail, ventilation générale, dispositifs de captage des polluants, zone de stockage...;
- la méconnaissance des propriétés dangereuses des substances mises en œuvre

et des dangers provenant du matériel utilisé,

- l'absence de moyens de prévention des risques, de sensibilisation du personnel aux problèmes de sécurité, de procédures d'hygiène et de sécurité précises et écrites.

L'objectif à atteindre est la réduction des différents risques par la mise en application de mesures de prévention adaptées.

Mesures d'ordre général

Mesures organisationnelles

C'est au chef du laboratoire qu'il incombe de mettre et de maintenir en place une structure de prévention des risques et de veiller à son application. Cette structure devra être connue de chaque membre du

personnel du laboratoire et ses actions porteront sur l'organisation du travail, l'ordre, la propreté et l'hygiène au laboratoire.

Organisation du travail

Un inventaire des produits manipulés, des opérations effectuées et des matériels et équipements utilisés doit être établi et mis à jour régulièrement dans le but :

- de gérer le plus rationnellement possible l'activité du laboratoire en terme de :
 - répartition des surfaces,
 - répartition des matériels et appareillages,
 - utilisation et entretien des systèmes de ventilation,
 - entretien des matériels,
 - règles de fonctionnement,
 - stockage de produits (le stock sera minimum et correspondra, autant que possible, au travail d'une journée),

- de choisir les matériaux et matériels appropriés pour éviter l'incendie et sa propagation et pour résister à l'action des produits chimiques avec lesquelles ils seront en contact.

Lors de la mise en route de manipulations dangereuses, l'ensemble du personnel du laboratoire doit être averti et des mesures de balisage doivent être prises.

Tous les travaux effectués dans le laboratoire par des personnes d'une entreprise extérieure ou d'un autre laboratoire doivent recevoir préalablement l'accord du chef du laboratoire et la surveillance de ces travaux doit être assurée.

Si tous les appareils sont arrêtés pendant la nuit, chaque soir, avant de quitter le laboratoire, un ou plusieurs responsables, préalablement désignés, assureront :

- la coupure de l'alimentation électrique à l'interrupteur général,
- la fermeture des vannes générales d'arrivée d'eau et de gaz.

Il est recommandé de fermer le laboratoire et ses annexes pendant les heures de fermeture de l'établissement, sauf consigne particulière justifiée au niveau de l'établissement.

Ordre et propreté

Un laboratoire doit être un lieu rangé, propre et salubre.

On veillera notamment à ne pas encombrer les couloirs, les paillasses et les sorbonnes. Les issues de secours resteront en permanence libres et les portes coupe-feu fermées.

Un lavage quotidien des sols permettra d'éviter l'accumulation de poussières chargées en produits dangereux divers. Le ménage sera préférentiellement effectué durant les heures de travail, de façon à éviter au personnel d'entretien de se retrouver seul face à des installations et des produits inconnus.

Hygiène

Le Code du travail interdit de prendre ses repas dans un local affecté au travail.

Un laboratoire étant un lieu où sont présents un grand nombre de produits toxiques, y manger ou boire présente un risque d'intoxication. Cette interdiction devra donc être particulièrement respectée.

Par ailleurs, le Code de la santé publique, pour éviter des confusions pouvant avoir des conséquences dramatiques, interdit :

- de mettre des produits dangereux ou toxiques dans des récipients habituellement réservés à l'usage alimentaire,
- de mettre des produits alimentaires dans des récipients réservés aux travaux de chimie ou ayant contenu des produits dangereux ou toxiques.

Pour les mêmes raisons d'hygiène, le lavage des mains sera fréquent et systématique avant de manger, boire ou fumer. De plus, la possibilité de se laver les mains en cas de contact cutané avec un produit est impérative. L'accès à un poste d'eau potable devra être assuré à tous les opérateurs.

Pour des questions d'hygiène, mais également de sécurité, les cheveux seront maintenus attachés et les opérateurs ne porteront pas de bijoux.

Fumer dans un laboratoire quel qu'il soit est à proscrire et des affiches devront le rappeler.

Mesures techniques

Ventilation

Un laboratoire de chimie, dans lequel on effectue des opérations avec des produits dégagant des vapeurs ou des gaz, doit être équipé d'un système de ventilation permettant de les capter pour maintenir l'atmosphère salubre en permanence.

La réglementation qui s'applique est celle des locaux à pollution spécifique.

Certains gaz très toxiques sont inodores (oxyde de carbone) ou très faiblement odorants (oxyde d'éthylène). L'absence d'odeur n'est donc pas un critère de salubrité de l'atmosphère du local. En cas de doute, l'emploi d'un appareil d'analyse de l'air est pratique et rapide. En ce qui concerne l'emploi des dosimètres à tubes colorimétriques, on doit être très attentif au risque d'interférence à la détection si l'atmosphère contient plusieurs produits car les tubes sont généralement non spécifiques.

TRAVAUX EN SOLITAIRE	TRAVAIL SANS SURVEILLANCE
<p>Cette situation doit être évitée dans la mesure du possible. Il est préférable de manipuler avec une personne à proximité immédiate, qui pourra porter secours ou déclencher l'alarme.</p>	<p>Cette pratique est à éviter et à réserver pour les opérations impossibles à terminer pendant la présence du personnel. Des dispositifs de contrôle automatique doivent être prévus de façon à couper les sources d'énergie ou les circulations de fluide, en cas de déviation dangereuse des paramètres de réglage. Les opérations sur des composés très instables, très inflammables ou explosifs sont toutefois déconseillées car la fiabilité des appareils de contrôle automatique n'est jamais totale.</p> <p>Lorsque, contrairement aux habitudes, certains appareils du laboratoire doivent rester en fonctionnement sans surveillance, des pancartes rédigées très lisiblement, placées sur les interrupteurs ou les vannes concernées, indiqueront sans ambiguïté au personnel de gardiennage les consignes à respecter en cas d'incident.</p> <p>Enfin, le chef de laboratoire doit être informé que des appareils fonctionnent sans surveillance. Il doit donner des instructions précises concernant la mise en place et le réglage des appareils de contrôle.</p>

La salubrité du laboratoire peut être assurée par un système de ventilation générale qui effectue le renouvellement de l'air. Un tel système est composé d'une ou plusieurs arrivées d'air neuf réchauffé en période froide, et d'un système d'extraction rejetant l'air pollué à l'extérieur.

Lorsque l'on effectue des opérations sur des produits dangereux gazeux ou volatils ou des réactions qui donnent naissance à de tels produits, l'usage d'une sorbonne est indispensable ; en général, les laboratoires en contiennent plusieurs, en fonction de leur type d'activité.

Une sorbonne est une enceinte maintenue en dépression par un ventilateur qui aspire les gaz et vapeurs dégagés à l'intérieur. Elle est équipée d'une paroi ouvrante réglable en hauteur, maintenue fermée au cours de l'opération chimique. Normalement, l'opérateur ne relève la paroi vitrée que pour intervenir aux moments prévus par le mode opératoire. En position fermée, un passage reste libre en partie basse au niveau de la paillasse pour permettre l'entrée de l'air. Une arrivée d'air de compensation doit donc être prévue dans le laboratoire pour remplacer l'air aspiré par la sorbonne.

Les sorbonnes doivent être disposées de façon à ce que les courants d'air développés par les activités du laboratoire (manipulations, circulations, aspirations des autres systèmes de captage..) n'aient pas d'influence néfaste sur leur fonctionnement. Pour tenir compte également de l'éventualité d'un incendie ou d'une explosion se déclarant dans une sorbonne, on ne les installera pas sur le trajet d'évacuation d'urgence du personnel.

Si le rejet des produits toxiques peut causer un risque pour le voisinage, il faut les capter et les retenir ou les transformer en produits inoffensifs.

Les sorbonnes sont parfois utilisées comme emplacement de stockage des flacons de produits toxiques ou corrosifs dont l'usage est fréquent. C'est une pratique courante mais à éviter. Une sorbonne est en premier lieu une enceinte de manipulation.

Voir aussi les documents INRS :

ND 1707. Les valeurs limites en France

ND 1906. Les dispositifs de ventilation localisée appliqués aux laboratoires. Terminologie, description, domaines d'emploi

ND 1945. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France

ND 1967. Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel

ED 720. Aération et assainissement des ambiances de travail

ED 695. Guide pratique de ventilation n° 0 Principes généraux de ventilation

ED 657. Guide pratique de ventilation n° 1 L'assainissement de l'air des locaux de travail

ED 795. Guide pratique de ventilation n° 18. Les sorbonnes de laboratoire

Protection individuelle

Corps

Les blouses de protection devront être en fibres difficilement inflammables (coton). Ces blouses seront boutonnées complètement. On utilisera préférentiellement des chaussures de sécurité fermées.

Ces mesures permettent aux opérateurs, tout en assurant leur protection, d'éviter également la dégradation de leurs affaires personnelles.

Yeux

Au laboratoire, l'opérateur portera systématiquement des lunettes de protection. Ces lunettes de protection peuvent être correctives ou adaptées au port des verres de correction. Il est important de proposer plusieurs modèles aux opérateurs afin que ceux-ci établissent leur choix (confort, esthétisme, adaptation au risque)

Le port de lentilles cornéennes au laboratoire est à éviter : de nombreux produits volatils peuvent se dissoudre dans le liquide lacrymal sur lequel surnage la lentille et provoquer des problèmes oculaires importants. De plus, en cas de projection dans les yeux, la lentille peut compliquer ou rendre inefficaces les premiers soins.

Mains

La résistance des gants aux produits chimiques dépend du type de matériau constituant le gant et de la nature des produits chimiques. Leur choix sera donc fonction des produits manipulés.

Les crèmes protectrices peuvent assurer une protection temporaire contre les produits modérément agressifs. Cette protection est insuffisante en cas de contact avec les produits très dangereux (corrosif, allergisant, cancérigène...). Pour la manipulation de ces produits, il faut utiliser des gants de protection.

Lorsque l'on utilise des gants en matière synthétique pour la manipulation de matières inflammables, il est prudent de porter des sous-gants en coton afin d'éviter l'aggravation des brûlures en cas d'inflammation.

Une attention particulière sera portée à la protection des mains lors de la manipulation de la verrerie. Les mains seront systématiquement protégées par des gants résistants renforcés par un torchon épais lors d'opérations particulièrement dangereuses telles que l'introduction d'un tube en verre dans un bouchon en caoutchouc.

Voies respiratoires

Dans le cas d'utilisation ou de dégagement de produits volatils toxiques, en cas d'insuffisance des autres modes de protection ou en cas d'incident, on utilisera un appareil de protection respiratoire adapté.

Voir aussi les documents INRS :

ED 780. Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation

ED 279. Répertoire des fournisseurs. Protection individuelle I. Tête et voies respiratoires

ED 275. Répertoire des fournisseurs. Protection individuelle II. Membres supérieurs

ED 319. Répertoire des fournisseurs. Protection individuelle III. Le corps

ED 529. Répertoire des fournisseurs. Protection individuelle IV. Membres inférieurs

ED 798. Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage. Choix et utilisation

ND 1998. Méthodes d'évaluation de la résistance des gants aux produits chimiques

Les produits

Les produits chimiques se répartissent en substances et en préparations. Les substances sont les éléments chimiques et leurs composés tels qu'ils se présentent à l'état naturel ou tels qu'ils sont produits par l'industrie. Les préparations sont les mélanges ou solutions qui sont composés de deux substances ou plus.

Pour définir la notion de produits dangereux, il apparaît utile de bien préciser la signification de deux mots essentiels : le danger et le risque.

Le danger est une propriété intrinsèque du produit, pouvant compromettre l'existence, l'intégrité physique ou la santé des personnes, la préservation de l'environnement ou menaçant la sécurité des installations.

Le risque est la probabilité de voir ce danger causer un dommage lorsqu'il y a exposition à ce danger. Ainsi, par exemple, dans le cas du cyanure de sodium, le danger est sa grande toxicité, le risque étant de s'intoxiquer lors de sa manipulation.

Les moyens de prévention permettent de réduire le risque ou de le rendre négligeable.

Les règles générales de prévention du risque chimique sont données dans les articles R 231-51 à R 231-58 du Code du travail (décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 relatif à la prévention du risque chimique).

Étiquetage

L'étiquette apposée sur les récipients des produits commercialisés a pour rôle d'informer l'utilisateur sur les propriétés dangereuses. Elle doit comporter :

- le nom du fabricant ou du fournisseur et ses coordonnées,
- le nom de la substance,

- un, deux ou trois symboles de danger,
- une ou plusieurs phrases de risque,
- un ou plusieurs conseils de prudence.

Les phrases de risque et les conseils de prudence complètent les informations du symbole qui, le plus souvent, ne souligne que le danger principal.

L'étiquetage sera reproduit lors de tout reconditionnement. Cette pratique, en assurant le suivi de l'information, évite également le risque de confusion entre différents produits.

Il faudra également veiller à marquer correctement tous les flacons, ballons et récipients contenant un réactif ou une préparation en cours et à remplacer les étiquettes lorsqu'elles sont abîmées ou peu lisibles.

Voir aussi les documents INRS :

ND 1915. Classification et étiquetage des substances dangereuses. Liste alphabétique des substances figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié
 ND 1946. Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations dangereuses. Textes réglementaires et commentaires
 ND 1961. Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations dangereuses. Guide de classification et d'étiquetage

Fiche de données de sécurité

Si l'étiquetage réglementaire des substances et préparations dangereuses est un moyen simple d'alerter l'utilisateur d'un produit sur les dangers dominants liés à sa mise en œuvre, par un ou plusieurs symboles de danger et un nombre réduit de phrases de risque et de conseils de prudence, la fiche de données de sécurité (FDS) est un document qui fournit pour un produit chimique donné, un nombre important d'informations complémentaires concernant la sécurité, la sauvegarde de la santé et celle de l'environnement, et qui indique les moyens de protection ainsi que des mesures à prendre en cas d'urgence.

Chaque fabricant, importateur ou vendeur, établit obligatoirement ce document et l'envoie gratuitement au chef d'établissement utilisateur. Cette fiche doit être rédigée en français et doit exister pour tout produit chimique commercialisé. Elle doit permettre au chef d'établissement de mettre en place des mesures de prévention en relation avec le danger, selon l'utilisation qui est faite du produit ; elle va lui servir en particulier, comme le prévoit le Code du travail, à informer le personnel concerné sur les risques, à le former à une utilisation correcte et sûre du produit. Le chef d'entreprise utilisateur doit lui-même la communiquer au médecin du travail.

L'utilisateur se reportera systématiquement à la fiche de données de sécurité du produit utilisé pour connaître les informations complémentaires à celle de l'étiquetage et nécessaires à sa sécurité. Afin de favoriser cette démarche, une solution efficace est la mise à disposition des opérateurs, en libre accès, du catalogue des fiches de données de sécurité des produits utilisés dans l'établissement. Ce catalogue devra être géré de façon centralisée et rigoureuse à l'aide de procédures de type assurance-qualité.

Voir aussi les documents INRS :

ND 1977. Prévention du risque chimique. 1 - Dispositions concernant les fabricants, importateurs et distributeurs
 ND 1978. Prévention du risque chimique. 2 - Dispositions concernant les utilisateurs
 ND 2089. La fiche de données de sécurité. Un document riche d'informations, essentiel pour la prévention du risque chimique
 ED 55. La fiche de données de sécurité

Dangers, risques induits et principales mesures de prévention

Les différents dangers que peuvent présenter les produits chimiques sont :

- ceux dépendant des propriétés toxicologiques liées à l'action du produit sur les êtres vivants,
- ceux dépendant des propriétés écotoxicologiques liées à l'action du produit sur la faune ou la flore,
- ceux dépendant des propriétés physico-chimiques liées au produit lui-même ou à ses interactions avec d'autres produits.

Produits dangereux en raison de leurs propriétés toxicologiques

Nombreux sont les produits qui, à des degrés divers et dans des conditions déterminées, peuvent être dangereux pour la santé. Dans un laboratoire de chimie, les possibilités d'atteinte de l'organisme humain sont donc multiples et variées.

Les modes de pénétration de ces produits dans l'organisme sont l'inhalation, le contact cutané et l'ingestion. A chacune de ces voies de pénétration correspondent des mesures de prévention.

Pour empêcher une pollution de l'atmosphère des locaux de travail et donc un risque d'inhalation de produits dangereux, la ventilation des locaux sera la plus efficace possible, les manipulations seront effectuées sous sorbonne et l'opérateur disposera toujours, à portée de la main, d'un équipement de protection des voies respiratoires (masque équipé d'une cartouche adaptée ou mieux masque à adduction d'air).

La prévention du risque de contact cutané consiste essentiellement à empêcher le contact avec les produits par le port d'équipements individuels de protection : gants, lunettes, écran facial, blouses ou tabliers, chaussures ou bottes.

Les mesures de prévention des risques d'intoxication par ingestion de produits dangereux à appliquer sont principalement les règles d'hygiène précédemment décrites et une utilisation correcte du matériel, notamment des dispositifs de pipetage.

La réglementation relative à la classification et à l'étiquetage des substances et préparations dangereuses distingue et définit plusieurs catégories de danger selon le mode d'action du produit.

Substances et préparations toxiques et nocives (T+, T ou Xn)

L'inhalation, l'ingestion ou la pénétration cutanée de produits toxiques ou nocifs, à l'état gazeux, liquide ou solide, peut entraîner la mort ou des risques aigus ou chroniques.

L'intoxication aiguë peut apparaître lorsque le produit est très toxique ou lorsque la quantité absorbée est importante. La pénétration répétée dans l'organisme de faibles doses de certains produits toxiques ou nocifs peut causer une intoxication chronique.

Substances et préparations cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (Il n'y a pas de pictogramme spécifique pour ces produits qui sont marqués toxiques (T) ou nocifs (Xn) selon les cas)

Ces produits, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent respectivement :

- produire le cancer ou en augmenter la fréquence,
- produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives,
- produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.

Les manipulations exposant l'opérateur à un produit cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction doivent être évitées autant que possible. Si la manipulation d'un tel produit se révèle néanmoins nécessaire, des précautions particulières complémentaires doivent être prises :

- il faut le manipuler dans une boîte à gants ou dans une sorbonne,
- le port de gants est obligatoire,
- les gants et papiers contaminés sont placés dans un conteneur étanche réservé à cet usage et la destruction du contenu est confiée à une entreprise spécialisée.

Substances et préparations corrosives (C)

En contact avec des tissus vivants, ces produits peuvent exercer une action destructrice sur ces derniers.

Il convient d'installer une douche de sécurité fixe et un lave-œil à proximité des lieux à risque.

Substances et préparations irritantes (Xi)

Par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, ces substances et préparations peuvent provoquer une réaction inflammatoire.

Maladies professionnelles

Certaines substances et préparations sont capables de causer une maladie professionnelle (une maladie professionnelle est la conséquence de l'exposition plus ou moins prolongée à un risque dans l'exercice habituel d'une profession).

Pour être reconnue comme maladie professionnelle, une maladie doit figurer dans l'un des tableaux annexés au Code de la sécurité sociale (voir tableau ci-contre). Chaque tableau de maladie professionnelle comporte les indications suivantes :

- symptômes ou lésions pathologiques que doit présenter le malade (énumération limitative) ;
- délai de prise en charge, c'est à dire délai maximal entre la date à laquelle le travailleur a cessé d'être exposé au risque et l'apparition de l'affection ;
- travaux susceptibles de provoquer l'affection (liste indicative ou limitative).

Lorsqu'une substance ou une préparation est susceptible de causer une maladie professionnelle, la FDS correspondante doit l'indiquer dans sa rubrique n°15.

Voir aussi les documents INRS :
ED 486 - Les maladies professionnelles

Produits dangereux en raison de leurs propriétés écotoxiques

Substances et préparations dangereuses pour l'environnement (N)

En cas de libération ou de dispersion accidentelle, ces produits peuvent présenter un risque immédiat ou différé pour une ou plusieurs composantes de l'environnement.

Une attention toute particulière sera portée à la gestion et au rejet de leurs déchets. On s'assurera ainsi que les règles de protection de l'environnement sont rigoureusement respectées.

TABLEAU I

PRODUITS CHIMIQUES ET NUMÉROS DE MALADIES PROFESSIONNELLES CORRESPONDANTS

Produits chimiques	N° des tableaux	Produits chimiques	N° des tableaux
Acétonitrile	84	Cobalt et dérivés	65
Acide chloroplattinique	65	Colophane et dérivés	65
Acide chromique	10, 10 bis, 10 ter	Colophane (produits de pyrolyse)	66
Acide mercaptopropionique et ses dérivés (acrylates, polythiols)	65	Cyclohexylamine	49
Acide méthacrylique (dérivés)	65	Dianisidine	15, 15 bis, 15 ter
Alcool furfurylique	74	1, 2- Dibromoéthane	12
Alcools	84	1,2- Dichloroéthane	12
Aldéhydes	84	1,1- Dichloroéthylène	12
Aluminosilicates de calcium	8	1,2- Dichloroéthylène	12
Amiante	30, 30 bis	Dichlorométhane	12
Amines alicycliques	49	1,2- Dichloropropane	12
Amines aliphatiques	49	Dichromates alcalino-terreux	10 ter
Amines aromatiques, dérivés halogénés, hydroxylés, nitrés, nitrosés, sulfonés	15	Dichromates alcalins	10, 10 bis, 10 ter
4-Aminodiphényle	15	Diméthylformamide	84
Ammoniums quaternaires	65	Diméthylsulfoxyde	84
Anhydride phtalique	66	Dinitrocrésol, homologues et sels	14
Anhydride trimellitique	66	Dinitrophénol, homologues et sels	14
Aniline et homologues	13	Dioxyde de manganèse	39
Antimoine et dérivés	73	Dithiocarbamates	65
Ardoise (poudre)	25, 25 bis	Enzymes	63
Arsenic et composés minéraux	20, 20 bis	Epoxydiques (résines)	51
Arséniure d'hydrogène	21	Essence de térébenthine	65
Baume du Pérou	65	Esters	84
Benzène	4, 4 bis	Ethanolamine	49
Benzidine (homologues, sels, dérivés chlorés)	15	Ethers	84
Béryllium et composés	33	N-Ethyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine	85
Bischlorométhyléther	81	N-Ethyl-N-nitrosourée	85
Brai de houille	16, 16 bis	Fluor	32
Bromobenzène	9	Fluorure d'hydrogène	32
Bromoforme	12	Formaldéhyde et polymères	43
2- Bromo-2-chloro-trifluoroéthane	89	Furfural	74
Bromure de méthyle	26	Glycéril (dérivés nitrés)	72
Cadmium et composés	61	Glycols (dérivés nitrés)	72
Carbamates anticholinestérasiques	34	Glycols et éthers de glycols	84
Carbures métalliques frittés	70	Gomme arabique (antimaculateur)	66
Céphalosporines	41	Goudron de houille	16, 16 bis
Cétones	84	Halothane	89
Chlorobenzène	9	Hexachlorobenzène	9
2-Chloro-1,3-butadiène	12	Hexane	59
Chloroforme	12	Huiles de houille	16, 16 bis
Chloronaphtalènes	9	Hydrocarbures alicycliques	84
Chloroplatinates alcalins	65, 66	Hydrocarbures aliphatiques et dérivés nitrés	84
Chloroprène	12	Hydrocarbures aromatiques	84
Chlorpromazine	38	Hydrocarbures aromatiques halogénés	9
Chloropropène (chlorure d'allyle)	12	Hydrocarbures benzéniques nitrés	13
Chlorure de diéthylamino-benzènediazonium	65	Hydrocarbures benzéniques chloronitrés	13
Chlorure de méthyle	27	Hydrocarbures hétérocycliques	84
Chlorure de méthylène	12	Hydroquinone	65
Chlorure de potassium	67	Hydroxybenzotrile halogéné	14
Chlorure de sodium	78	Hypochlorites alcalins	65
Chlorure de vinyle	52	Insecticides organochlorés	65
Chromate de zinc	10, 10 ter	Isocyanates organochlorés	62
Chromates alcalino-terreux	10 ter	N-isopropyl-N'-phényl-p-phénylènediamine et dérivés	65
Chromates alcalins	10, 10 bis, 10 ter	Manganèse (dioxyde)	39
Ciment	8	Mercaptobenzothiazole	65
		Mercure et composés	2

TABLEAU I (suite)

Produits chimiques	N°s des tableaux	Produits chimiques	N°s des tableaux
Méthacrylates	65	Pyrophosphates d'alcoyle	34
Méthacrylate de méthyle	82	Pyrophosphates d'aryle	34
N-Méthyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine	85	Sable (poudre)	25, 25 bis
N-Méthyl-N-nitrosourée	85	Schiste (poudre)	25, 25 bis
β-Naphtylamine	15, 15 bis, 15 ter	Sélénium et dérivés	75
Néomycine	31	Sesquisulfure de phosphore	5
Nickel (oxydes et sels)	37, 37 bis, 37 ter	Silice	25, 25 bis
Organophosphorés (composés)	34	Streptomycine	31
Oxyde de carbone	64	Sulfate de chrome	10
Oxydes de fer	44, 44 bis, 94	Sulfure de carbone	22
Oxydes de nickel	37, 37 bis	Sulfure de tétraméthylthiurame	65
Pénicillines et sels	41	Talc	25, 25 bis
Pentachlorophénol	14	Tétrachloroéthane	3
Perchloroéthylène	12	Tétrachloroéthylène	12
Persulfates alcalins (produits capillaires)	65, 66	Tétrachlorure de carbone	11
Phénothiazine	65	Tétrahydrofurane	84
Phénylhydrazine	50	Thiophosphates d'alcoyle	34
Phosphates d'alcoyle	34	Thiophosphates d'aryle	34
Phosphates d'aryle	34	Toluène	4 bis, 84
Phosphoramides	34	Tribromométhane	12
Phosphore	5	1, 1, 1-Trichloroéthane	12
Pipérazine	65	Trichloroéthylène	12
Plomb et composés	1	Trichlorométhane	12
Polybromobiphényles	9	Trioxyde de chrome	10, 10 bis, 10 ter
Polychlorophényles	9	Urushiol (laque de Chine)	65
PVC (produits de pyrolyse)	66	Xylène	4 bis, 84

Produits dangereux en raison de leurs propriétés physico-chimiques

La réglementation des substances et préparations dangereuses distingue plusieurs catégories :

Substances explosibles (E)

Une explosion peut survenir lorsqu'on travaille avec des composés explosibles ou instables, sous l'effet d'un choc, d'un frottement ou d'une élévation de température.

Des mesures de prévention s'imposent :

- installer l'appareillage dans une sorbonne ;
- ajouter un écran pare-éclats entre l'appareil et la vitre de la sorbonne ;
- automatiser les opérations dangereuses (ex : nitrations) ;
- employer la plus faible quantité possible de matière ;
- porter un écran facial.

Substances et préparations extrêmement inflammables, facilement inflammables et inflammables (F+ et F) (Il n'y a pas de pictogramme spécifique pour les produits inflammables)

■ Les risques liés à l'inflammabilité d'une substance ou d'une préparation peuvent être évalués par des grandeurs physiques caractérisant différents phénomènes ou situations.

Point d'éclair

C'est la température minimale à laquelle, dans des conditions d'essais spécifiées, un liquide émet suffisamment de gaz inflammable capable de s'enflammer momentanément en présence d'une source d'inflammation. Au-dessous de cette température, la substance n'émet pas assez de vapeur pour s'enflammer. Plus le point d'éclair est bas, plus l'inflammabilité du produit est grande.

Température d'auto-inflammation

Une substance chauffée à sa température d'auto-inflammation possède elle-même l'énergie suffisante pour s'enflammer spontanément à l'air.

TABLEAU II

PRINCIPAUX GROUPEMENTS CHIMIQUES À CARACTÈRE EXPLOSIF

Composé acrylique	-- C=C --	Groupe azido	-- C=N_2
Hydroperoxyde, peroxyacide	-- O-O-OH	Composé diazo	-- C=N_2
Néox, peroxot	-- O-O-O	Sels de diazonium	-- C=N_2^+
Peroxyde de dialcyle	-- O-O-C-C-O-O --	Diazote	-- C=N=N
Peroxyde de dialcyle	-- O-O-C-C-O-O --	Composé N-nitroso	-- N=N-O
Liégoxyde	-- C-O-O --	Composé N-nitro	-- N=N-NO_2
Famais métallique	-- O-O-métal	Nitro organique	-- O-NO
Hydroxylgène organique	-- O-X	Nitro organique	-- O-NO_2
Oxyde	$\text{-- O}_2\text{--X}$	Triazole	-- C=N=N-N-C=N
Peroxyde	$\text{-- O}_2\text{--X}$	Tétrazole	-- N=N=N-N=N --
Composé de perchlorate	-- ClO_4	Azoxylazote	Ar-N=N-N-O-N
Composé nitro	-- C-NO_2	Triazole bis-diazoté	Ar-N=N-N-O-N-N-Ar
Composé nitro, oxydant	-- C-NO_2	Sulfure bis-diazoté	Ar-N=N-N-S-S-N-Ar
Nitrite d'alcyle ou d'aryle	-- C-O-NO	Oxyde de méthanamine	[N-méthyl]-X
Nitrate d'alcyle ou d'aryle	-- C-O-NO_2	Composé peroxy de chrome-ammoniac	N-CrO_5
Furinate instable	métal - C=N-O	N-Halogénamine, halogénazote	-- N-X
Azote	-- N_2	Halogénammoniac	Ar-métal-X
Oxyde N-métal	-- N-métal	Composé fluorocarbonyl	-- NF_2
Composé azo	-- C=N=N-C --		

■ Dans les locaux où sont utilisés des gaz et liquides inflammables, une fuite de gaz ou un dégagement de vapeurs inflammables créent un risque d'incendie et/ou d'explosion, lié au mélange air/substances inflammables formé.

L'incendie et l'explosion ne sont possibles que si le combustible, le comburant et la source d'inflammation, sont réunis simultanément. L'élimination du risque consiste à supprimer un des paramètres ; la prévention cherche à réduire au maximum l'occurrence des conditions de l'incendie ou de l'explosion, en utilisant les méthodes suivantes :

Suppression de la source d'inflammation :

- interdire de fumer dans le laboratoire,
- limiter l'emploi des appareils à flamme nue (utiliser de préférence des bains-marie, des bains d'huile, des plaques chauffantes électriques) ou les tenir à l'écart dans des zones bien définies et balisées,
- avoir une installation électrique ne produisant ni étincelle, ni surface à température supérieure à la température d'auto-inflammation (matériel électrique de sécurité),
- ne pas déposer de produits chimiques inflammables à proximité d'une source de chaleur (four, étuve, bain de sable, bain-marie, radiateur électrique, emplacement ensoleillé).

Suppression ou isolement du combustible ou dilution dans l'air

- remplacer la substance inflammable par une substance non inflammable,
- installer le matériel dans un endroit ventilé pour que la concentration en vapeurs dans l'atmosphère soit maintenue au-dessous de la limite inférieure d'explosivité (LIE),
- vérifier l'absence de fuite de l'installation en utilisant un appareil d'alarme (explosimètre, détecteur de fuite),
- limiter le stock,
- placer les liquides inflammables dans des enceintes de sécurité,
- utiliser des liquides inflammables conditionnés en bidons métalliques pour supprimer le risque de casse,
- éviter les cloisons, étagères ou plafonds facilement combustibles capables de propager rapidement l'incendie.

Suppression du comburant

- Ce moyen (inertage à l'azote par exemple) est surtout employé lorsqu'on met en œuvre des substances ou préparations spontanément inflammables au contact de l'air à la température ambiante.

Substances et préparations combustibles (O)

Un produit comburant est une source d'oxygène, cause potentielle d'accident : incendie ou explosion par contact et réaction avec une matière combustible.

Le mélange d'un produit combustible et d'un produit comburant est dangereux. Il faut retenir qu'il peut s'enflammer facilement sous l'action d'une élévation de température, d'un choc ou d'un frottement, qu'il brûle avec rapidité et est très difficile à éteindre. Quand on doit faire un tel mélange, il faut d'abord s'assurer :

- qu'on ne s'est pas trompé dans les réactifs,
- qu'il est possible de le faire dans les conditions choisies,
- que la préparation restera stable pendant toute la durée nécessaire.

Enfin, il est conseillé de ne préparer qu'une petite quantité à la fois et d'éviter de broyer, frotter ou chauffer au moment du mélange.

Les raccords et les filetages des bouteilles d'oxygène, d'air comprimé, d'oxyde de diazote (N₂O) et autres gaz comburants ne doivent pas être graissés ou huilés avec des produits combustibles.

Substances et préparations réagissant au contact de l'eau (Il n'y a pas de pictogramme spécifique)

Les produits résultant de cette réaction au contact de l'eau peuvent être dangereux (inflammables, toxiques, corrosifs, etc...).

La réglementation de l'étiquetage a prévu trois types de risques :

- Réagit violemment au contact de l'eau (phrase de risque R14) (ex : chlorure de thionyle),
- Dégage des gaz toxiques au contact de l'eau (phrase de risque R29),
- Dégage des gaz très inflammables au contact de l'eau (phrase de risque R15) (ex : hydrures alcalins (dégagement d'hydrogène)).

Certaines familles contiennent un grand nombre de composés réagissant vivement au contact de l'eau (voir tableau Familles de composés réagissant vivement au contact de l'eau)

Il convient de :

- ne pas exposer ces produits à l'air qui est toujours plus ou moins humide, certaines substances fument au contact de l'air et les fumées sont corrosives ou irritantes.
- porter en plus des lunettes de protection un écran facial de protection quand on manipule ces produits ;

PEROXYDES	OXYGÈNE LIQUIDE
Ce sont des composés comburants et instables. Les plus instables sont commercialisés à l'état dilué (phlegmatisés). Certains doivent être conservés à basse température. Il peuvent se décomposer dangereusement et causer un incendie ou une explosion spontanément par échauffement ou par contact avec une substance combustible ou oxydable. Des traces d'oxydes métalliques peuvent aggraver cette réactivité par effet de catalyse.	Un mélange d'oxygène liquide et d'un produit combustible est explosif. Tout matériau poreux combustible (ex : bois, papier, carton, tissu) imprégné d'oxygène liquide peut exploser sous l'action d'un choc ou d'un frottement. Certains hydrocarbures (ex : asphalte) donnent des mélanges très instables. La rouille peut aggraver le caractère explosif par effet de catalyse.

FAMILLES DE COMPOSÉS RÉAGISSANT VIVEMENT AU CONTACT DE L'EAU	
<ul style="list-style-type: none"> ● Acides forts anhydres ● Alkyl métalloïdes ● Alkyl métaux ● Amidures ● Anhydrides ● Carbures ● Fluor ● Halogénures d'acyles ● Halogénures d'alkyl métaux ● Halogénures inorganiques (alcalins exceptés) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Hydroxydes alcalins ● Hydrures ● Imidures ● Métaux alcalins ● Métaux carbonyles ● Oxydes alcalins ● Peroxydes inorganiques ● Phosphures ● Siliciure

PRODUITS GLISSANTS

Outre leurs propriétés parfois dangereuses, certains produits, tels que les gels polymères, graisses, cires, acides concentrés, émulsions visqueuses, acides gras, savons, détergents, billes ou paillettes, de par leurs caractéristiques physiques, peuvent rendre le sol glissant et occasionner des chutes de personnels et de matériels.

Pour éviter tout incident :

- utiliser des récipients résistants au choc,
- utiliser des seaux ou containers pour le transport des récipients fragiles,
- en cas de déversement accidentel de ces produits, le nettoyage avec un solvant adapté doit être immédiat.

- opérer en condition anhydre, toujours progressivement et en surveillant l'apparition d'un éventuel dégagement gazeux. L'eau servant ordinairement de fluide caloporteur (refroidissement ou chauffage) sera remplacée par un autre liquide anhydre (toluène par exemple) de façon à éviter un contact accidentel avec l'eau en cas de rupture de la verrerie ou d'un tuyau.

Vieillessement des produits

Un stockage mal adapté aux caractéristiques d'un produit peut induire une modification ou une dégradation qui le rend plus dangereux, que ce soit au stockage ou lors de son utilisation ultérieure.

Certains produits, craignant l'humidité, la chaleur, le froid, la lumière ou le contact avec l'oxygène, peuvent, par exemple :

- **se peroxyder** ; le peroxyde formé est instable et peut exploser lors de distillations,
- **se polymériser** ; la réaction est lente au début et peut devenir rapide et explosive,
- **se décomposer** en produisant un gaz dont l'accumulation finit par faire éclater le récipient ; ce gaz peut parfois être inflammable créant ainsi un risque d'explosion.

Une durée excessive de stockage peut également permettre une dégradation ou une évolution importante du produit, entraînant au bout d'un certain temps une différence notable entre le contenu de l'emballage et les indications de l'étiquette.

Élimination des déchets chimiques

Un examen des produits chimiques stockés dans les laboratoires et dans le local de stockage central doit être fait régulièrement dans le but d'éliminer les produits inutilisés.

En aucun cas les produits chimiques ne seront rejetés à l'évier ou dans une poubelle non adaptée. Certaines sociétés, dont la liste est disponible auprès des Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) ou de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) sont spécialisées et agréées pour la récupération et le traitement des déchets chimiques. Il faut décider avec elles de quelle façon neutraliser, séparer ou mélanger les produits (cf. Picot et Grenouillet, 1992). Avant de mélanger plusieurs déchets dans un récipient, on s'assurera qu'ils sont compatibles chimiquement, que le mélange n'aboutira pas à la production d'un déchet plus difficile à traiter que ses constituants pris séparément. On veillera également à ne pas diluer les déchets pour limiter les volumes à traiter.

L'ADEME peut conseiller et documenter les producteurs de déchets quant à leur recyclage, valorisation ou traitement.

Le matériel expérimental

Le matériel expérimental sera toujours utilisé pour ce pour quoi il a été initialement prévu et dans les limites fixées lors de sa conception.

Installation électrique - Appareils électriques

▷ **Risques** : électrisation ou électrocution par contact direct ou indirect ; inflammation-explosion par des étincelles ou une partie très chaude.

La conformité à la réglementation (choix du matériel, mises à la terre, vérifications...) permet de réduire ces risques.

Les tables doivent être équipées d'un nombre suffisant de prises permettant des liaisons courtes pour limiter l'encombrement des câbles et les risques d'accrochage ou de détériorations induits (cisaillement, détérioration des isolants par élévation de température ou par contact avec des produits chimiques).

Une attention particulière doit être portée au matériel "ménager" tels que sèche-cheveux, moulin à café, mixeur, malaxeur, ... dont les moteurs sont généralement générateurs d'étincelles en service normal, ou qui possèdent des éléments chauffants à très haute température. Le chef de laboratoire devra s'assurer que la protection de ces matériels est suffisante avant qu'ils soient utilisés pour des manipulations au laboratoire.

Dans les zones où sont manipulés des liquides et des gaz inflammables, lorsqu'il y a risque de formation d'une atmosphère explosible, on veillera à n'utiliser que du matériel de sécurité.

*Voir aussi les documents INRS :
ED 723. Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques
ED 748. Les installations et équipements électriques dans les zones à risque d'explosion*

Verrerie

▷ **Risques** : blessures par des éclats de verres dus à la fragilité du matériel aux chocs mécaniques et thermiques et à la pression interne, épandage de produit dangereux, réaction dangereuse due à une rupture de confinement.

Un choix judicieux de la verrerie permet de prévenir les accidents :

- privilégier les récipients en plastiques techniques (polyéthylène, polypropylène) si ils sont compatibles avec le produit manipulé et l'opération à effectuer,
- utiliser de la verrerie spéciale résistant aux chocs thermiques, type Pyrex®,
- examiner l'état de la verrerie avant de l'utiliser et réformer immédiatement toute pièce ébréchée, étoilée ou présentant un défaut visible pouvant la fragiliser.

Les objets en verre seront manipulés avec précaution. Dans le cas d'objets tels que béciers, erlens, ballons, etc., ils devront toujours être pris en plaçant les doigts autour du corps du récipient et jamais saisis par les bords.

Afin de prévenir tout accident :

- pour le chauffage sur une flamme nue de récipients en verre tels que ballons, béciers ou erlens, interposer un matériau capable de répartir la chaleur (ex : grille métallique),

- chauffer un tube à essai en le bougeant dans la flamme,

- plonger progressivement les ballons dans les bains chauds ou très froids.

En cas de montage inadapté ou mal réalisé, un agitateur mécanique ou magnétique peut parfois provoquer le bris de la verrerie.

Certains produits provoquent le grippage des raccords rodés en verre. On peut éviter le blocage en mettant une très fine couche de graisse adaptée (silicone par exemple), en utilisant un manchon en Téflon® ou un bouchon en matière plastique.

Pour introduire un tube en verre dans un bouchon en caoutchouc, il faut tout d'abord qu'il soit bordé (bords fondus dans une flamme) ; ensuite lubrifier l'extrémité du tube, enfoncer le tube doucement en tournant et en se protégeant les mains qui tiennent le tube par des gants suffisamment résistants et un chiffon. Cette opération devra être évitée autant que possible par le choix d'une verrerie spécialement adaptée (verrerie rodée par exemple).

De l'air comprimé introduit brusquement dans un ballon en verre pour le sécher peut provoquer son éclatement : employer de l'air à faible pression (0,1 bar).

Le rangement du matériel se fera avec soin. Si le matériel est disposé sur des étagères, celles-ci devront être équipées, en bordure, d'une latte qui évitera leur chute. Les matériels les plus lourds seront rangés sur les plans inférieurs. Les tubes et baguettes de verre devront être placés en position horizontale et de manière à ce qu'ils ne dépassent pas des rayons.

En cas de bris de verrerie, les pièces qui peuvent être réparées seront rassemblées dans une boîte spéciale ; les pièces non récupérables sont à jeter dans une poubelle rigide réservée au verre cassé et distincte des poubelles usuelles, afin d'éviter des blessures du personnel d'entretien.

Le laboratoire disposera de réserves de verrerie suffisantes pour éviter d'avoir recours à du matériel mal adapté ou réparé à la hâte.

Réfrigérant

▷ *Risques : suite à une coupure d'alimentation, le réfrigérant ne refroidit plus, le produit ne condense plus et ses vapeurs se répandent dans l'atmosphère ; un tuyau se détache et provoque une inondation.*

Les réfrigérants équipant les réacteurs ou les appareils de distillation fonctionnent souvent par circulation d'eau froide provenant d'un robinet. Le tuyau en caoutchouc doit être correctement fixé (des colliers de serrage peuvent être utilisés) et ne pas présenter de pliure après sa mise en place. Il doit être remplacé régulièrement et dès que des signes de vieillissement prématuré apparaissent (fissures, durcissement...).

Pipette

▷ *Risque : avaler un liquide toxique ou corrosif*

Pour éviter tout accident :

- proscrire le pipetage par aspiration à la bouche,

- employer une pompe manuelle adaptable sur la pipette. Pour certains réactifs utilisés de façon répétitive, particulièrement dans le laboratoire d'analyse, on peut adapter un distributeur automatique sur la bouteille.

Pissette

▷ *Risque : débordement de liquide*

Ce récipient ouvert en permanence est à mettre à l'abri du soleil et de la chaleur. En effet, le volume de gaz enfermé au dessus du liquide se dilate sous l'effet thermique et pousse le liquide dans le conduit distributeur, pouvant ainsi entraîner son débordement.

Appareil à flamme

▷ *Risque : l'emploi d'un appareil à flamme (bec de gaz, chalumeau, appareil d'analyse à flamme) peut provoquer un incendie ou une explosion si un produit inflammable est à proximité.*

La prévention consiste à supprimer la flamme ou la substance inflammable ou bien les éloigner l'une de l'autre ou encore ventiler de telle sorte que l'atmosphère ne soit jamais explosive.

Pour le chauffage de liquides inflammables, préférer les systèmes dont la température est inférieure à leur température d'auto-inflammation (ex : bain-marie).

Bain chaud et autres dispositifs très chauds

▷ *Risques : brûlures thermiques, éclatement des récipients en verre ordinaire, dégagement de vapeurs.*

Afin d'éviter tout incident :

- veiller à choisir un fluide chauffant compatible avec le produit contenu dans le ballon en cas de rupture du confinement ou de débordement,

- ne pas trop remplir le bain,

- assurer sa stabilité à l'aide d'un support,

- ne pas plonger un récipient en verre ordinaire dans un bain très chaud : utiliser de la verrerie en Pyrex®,

- prévoir un thermostat pour limiter la température lorsqu'on utilise des huiles car elles se dégradent et produisent des vapeurs dangereuses en cas de surchauffe,

- veiller à changer l'huile régulièrement et dès que des signes de dégradation apparaissent,

- utiliser des dispositifs d'isolation thermique ne dégageant pas de fibres inhalables.

La mise en attente de matériels chauds au cours des manipulations doit être évitée autant que possible. En cas d'obligation, et malgré les risques induits, ces matériels devront être signalés par un affichage approprié.

Bain froid

▷ *Risques : gelure, fragilisation des matériels, dégagement de vapeurs.*

Quelques gouttes de fluide cryogénique tombant sur la main sont sans danger car l'évaporation du liquide est instantanée, mais un contact prolongé est dangereux. Il ne faut jamais tremper les doigts dans un bain cryogénique (ex : azote liquide ; acétone + glace carbonique).

Les morceaux de glace carbonique doivent être saisis à l'aide d'une pince et les conteneurs de fluides cryogéniques doivent être manipulés avec des gants protégeant des très basses températures.

Comme précédemment, il faut choisir un fluide cryogénique compatible avec le produit contenu dans le ballon en cas de rupture du confinement ou de débordement.

On provoque une ébullition brutale d'un liquide réfrigérant lorsqu'on y plonge brusquement un récipient chaud. Il faut donc introduire lentement le récipient dans le bain froid.

Pour compenser l'évaporation du liquide cryogénique qui risque d'abaisser la teneur en oxygène du local (azote liquide par exemple) ou de polluer l'atmosphère de travail (bain d'acétone et de glace carbonique), il faut assurer la ventilation et l'assainissement de l'atmosphère de travail.

Il faut également penser que la condensation de l'oxygène sur les surfaces froides d'un réservoir de stockage d'azote liquide peut enrichir progressivement le liquide cryogénique en oxydant, créant ainsi un nouveau risque.

Étuve

▷ *Risques : si le produit mis à l'étuve dégage des vapeurs : incendie, explosion, intoxication.*

Une étuve est utilisée pour évaporer des résidus de liquide volatil (séchage d'une poudre obtenue en filtrant une suspension par exemple). Hormis l'eau toute les substances à l'état de vapeur doivent être aspirées et rejetées à l'extérieur, retenues par un filtre ou condensées. La ventilation d'une telle étuve doit être suffisante pour assurer une concentration en vapeurs inflammables inférieure à 25 % de la LIE à l'intérieur de l'enceinte. L'étuve devra être une étuve de sécurité spécialement conçue pour cette application. Pour les conditions d'utilisation, notamment pour les quantités de solvants pouvant être évaporées en fonction du temps, on se reportera utilement aux préconisations du fabricant.

Réfrigérateur

▷ *Risques : les réfrigérateurs de type ménager ne sont pas adaptés au stockage de produits chimiques dégageant des gaz ou des vapeurs inflammables. Si le stockage est effectué en récipients ouverts, une explosion peut être déclenchée par une étincelle produite par le thermostat. En cas de panne d'alimentation électrique, le réchauffement d'un produit peut causer l'éclatement du récipient qui peut être suivi d'une explosion si le produit est inflammable.*

Afin d'éviter tout incident :

- pour la conservation au froid de liquides inflammables, employer un réfrigérateur de sécurité spécialement conçu pour cet usage,
- ne pas stocker des récipients ouverts dans un réfrigérateur,
- ne stocker que des récipients capables de résister à la surpression interne en cas de panne entraînant un réchauffement accidentel.

Autoclave

▷ *Risques : éclatement de l'appareil avec projections très violentes, explosion.*

La conduite des réactions chimiques en autoclave doit se faire dans des conditions maximales de sécurité. Le matériel doit être choisi avec un soin particulier :

- le matériau doit résister aux effets corrosifs des produits mis en réaction et des produits obtenus,
- l'autoclave doit résister à la pression, il doit être muni pour le contrôle de la pression, d'un ou plusieurs manomètres sur lesquels doit être indiquée lisiblement la pression maximale de travail et d'un dispositif automatique de décharge de pression tel que soupape de sûreté ou disque de rupture ou d'explosion. La pression interne de l'autoclave ne doit jamais atteindre des valeurs supérieures à celle maximale permise indiquée réglementairement sur celui-ci. Les boulons doivent être correctement serrés (utiliser pour les vérifications une clé dynamométrique),
- la décharge des fluides en surpression doit être canalisée pour éviter leur diffusion dans l'atmosphère,
- le dispositif d'agitation du mélange réactionnel doit être adapté : en effet, dans certaines réactions telles que la nitration, par exemple, l'agitation du contenu de l'autoclave est extrêmement importante pour prévoir les phénomènes de surchauffe interne qui entraînent généralement d'excessives et dangereuses augmentations de pression,
- le refroidissement de l'autoclave doit pouvoir être assuré pour le contrôle des réactions fortement exothermiques,
- l'autoclave doit être parfaitement étanche pour éviter la diffusion de produits dangereux dans l'atmosphère des lieux de travail.

Lors de réactions en autoclave comportant un risque d'incendie ou d'explosion comme dans le cas des hydrogénations catalytiques sous pression, il y a lieu d'éliminer dans le voisinage immédiat toute source possible d'ignition : flamme nue, étincelle ou arc électrique, décharge électrostatique, résistance électrique nue, tuyauterie de fluide surchauffé ; l'installation électrique dans la zone de travail devra être une installation de sécurité ; l'autoclave devra être relié électriquement à la terre.

La montée en pression doit être progressive ainsi que la décompression en fin de réaction.

Les autoclaves à très hautes pressions sont habituellement installés dans un local

particulier dont les murs peuvent supporter le choc d'un éclatement. La conduite de l'autoclave doit se faire de l'extérieur, en contrôlant les opérations par une petite fenêtre équipée d'une vitre épaisse résistant aux chocs ou au moyen d'une installation vidéo.

Centrifugeuse

▷ *Risques : éclatement du rotor ; blessure en cas de contact avec la partie tournante ; explosion d'une atmosphère inflammable.*

Dans les godets d'une centrifugeuse, répartir les charges symétriquement par rapport au centre et les équilibrer soigneusement.

Une centrifugeuse doit être pourvue d'un système de verrouillage empêchant qu'elle puisse être mise en marche si le couvercle n'est pas fermé, et que celui-ci puisse être ouvert si le rotor est en mouvement.

Toute intervention pour nettoyage, réglage, entretien, réparation, doit être faite machine arrêtée et débranchée.

Prévoir l'inertage si des substances inflammables sont introduites dans l'appareil.

Bouteilles de gaz

▷ *Risques : chute du cylindre ; intoxication ou asphyxie en cas de fuite du robinet.*

Pour éviter tout accident :

- déplacer les bouteilles à l'aide de dispositifs adaptés (chariots pour un déplacement sur un même niveau, monte-charge pour passer d'un étage à un autre),
- lorsque les bouteilles sont debout, les maintenir par une chaîne fixée à un mur ou tout autre emplacement solide,
- porter un appareil de protection respiratoire pour toute mise en service d'une bouteille de gaz toxique (ex : chlore, sulfure d'hydrogène, arsine, diborane...),
- en cas de fuite, si le gaz est toxique ou inflammable et qu'on ne peut fermer le robinet, évacuer rapidement le personnel, transporter la bouteille à l'extérieur du bâtiment et la placer dans un lieu écarté des zones de passage,
- installer les bouteilles de gaz dangereux :
 - soit à l'intérieur du laboratoire, dans une zone réservée, correctement ventilée et balisée ; l'avantage de cette solution étant principalement de limiter la taille du réseau de distribution et donc de faciliter sa surveillance,
 - soit à l'extérieur, dans un local adapté, la distribution à l'intérieur du bâtiment s'ef-

fectuant au moyen d'un réseau de canalisations ; l'avantage de cette solution est d'éviter le stockage à l'intérieur des locaux de travail ; son inconvénient est de multiplier les zones où peut se produire une fuite sur l'installation et de rendre sa surveillance plus difficile.

La fuite d'un produit asphyxiant peut rendre l'atmosphère d'un local non respirable par diminution de la concentration en oxygène nécessaire à la vie. Le risque d'asphyxie devient très important dès que la concentration en oxygène tombe au-dessous de 17 % (ex : azote, argon, hélium, dioxyde de carbone). Le contrôle de l'atmosphère peut se faire avec un détecteur d'oxygène, sachant qu'une concentration en oxygène inférieure à 20 % traduit une situation anormale dont l'origine doit être identifiée et éventuellement donner lieu à correction.

Emetteur de rayonnement non ionisant

Les rayonnements non ionisants sont des rayonnements dont l'énergie photonique est suffisamment faible pour ne pas provoquer d'ionisation.

Ondes et rayonnements électromagnétiques

Champs électromagnétiques statiques (aimants...)

▷ *Risques : principalement pour les porteurs de pacemakers (risque de dérèglement) et d'implants métalliques (risque de brûlures et de lésions par déplacement d'implant passif)*

A partir d'un certain seuil de puissance rayonnée, les personnes implantées ne devront pas pénétrer dans la pièce où est localisée la source ainsi que dans les pièces situées en dessus et en dessous du local de travail.

Rayonnement électromagnétique de basse fréquence (0 Hz à 10 kHz selon la norme ENV 50166-1)

(moteur électrique, transformateur, ligne de transport d'électricité...)

▷ *Risques : principalement pour les porteurs d'implants actifs avec électronique implantée (risque de déprogrammation et de dysfonctionnement)*

En ce qui concerne les personnes implantées ou les femmes enceintes, à partir d'un certain seuil de puissance, on conseille de les éloigner des sources de rayonnement.

Rayonnement électromagnétique de haute fréquence (10 kHz à 300 GHz selon la norme ENV 50166-2)

(radiofréquences et micro-ondes)

▷ *Risques : brûlures, lésions oculaires*

Les rayonnements de fuites devront être régulièrement recherchés, de façon à ne pas créer une exposition préjudiciable des opérateurs travaillant à proximité. Les porteurs d'implants devront également éviter la proximité avec ces sources.

Voir aussi les documents INRS : ED 785 - Champs électriques, champs magnétiques, ondes électromagnétiques - Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur ND 1886 - Valeurs limites d'exposition aux agents physiques en ambiance de travail ND 1887 - Guide pour l'établissement de valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques de radiofréquences comprises entre 100 kHz et 300 GHz ND 1897 - Guide provisoire pour l'établissement de valeurs limites d'exposition aux champs électriques et magnétiques aux fréquences de 50/60 Hz

Rayonnements optiques incohérents et cohérents

Rayonnement ultraviolet, visible, infrarouge

(stérilisation microbiologique, spectrographie, fluorescence, photochimie, arcs électriques, chauffages...)

▷ *Risques : lésions cutanées, lésions oculaires, irritation respiratoire.*

Les opérateurs se muniront de protections individuelles (vêtements en coton, lunettes adaptées à la longueur d'onde du rayonnement...). La ventilation devra être suffisamment efficace pour éviter l'accumulation d'ozone et d'oxydes d'azote produits par le rayonnement ultraviolet dans le laboratoire.

Rayonnement laser

▷ *Risques : lésions oculaires, brûlures, incendie*

Une signalisation doit être mise en place pour avertir du risque de rayonnement laser. De plus, la source doit être bien identifiée à l'aide d'une étiquette donnant ses principales caractéristiques, notamment la classe de l'appareil suivant la norme NF EN 60825 (Sécurité des appareils à laser - Prescriptions - Guide de l'utilisateur).

Voir aussi : Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents - Biological Exposure Indices, ACGIH, 1997. IRPA Guidelines on protection against non-ionizing radiation, Pergamon Press, 1991.

Emetteur de rayonnement ionisant

▷ *Risques : irradiation, contamination*

Les rayonnements ionisants sont des rayonnements pouvant provoquer des brûlures et induire des mutations génétiques.

L'irradiation peut-être externe lorsque le rayonnement provient d'une source extérieure à l'organisme, ou peut-être interne lorsque le rayonnement provient de radioéléments ayant pénétré dans l'organisme.

La contamination radioactive est la présence indésirable de substances radioactives dans un volume solide, liquide ou gazeux ou en surface. La contamination de la peau provoque une irradiation externe.

Dans tous les cas d'utilisation d'un émetteur de rayonnement ionisant, on appliquera les règles spécifiques de radioprotection et notamment :

- nommer la personne compétente,
- donner aux utilisateurs les instructions nécessaires,
- déterminer les zones contrôlées et surveillées autour de la source,
- déterminer la durée d'exposition maximale acceptable,
- faire porter un dosimètre,
- signaler les accès par un panneau portant le pictogramme réglementaire,
- si besoin enclore la zone contrôlée par des écrans, des cloisons ou des barrières,
- assurer le suivi médical des personnes susceptibles d'être exposées.

Voir aussi les documents INRS : ED 483 - Aide mémoire de radioprotection ND 1806 - Protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants. Méthodes de contrôle ND 1835 - Rayonnements ionisants. Informations fournies à l'inspecteur du travail par l'employeur ND 1874 - Rayonnements ionisants. Surveillance médicale des travailleurs ND 1861 - Rayonnements ionisants. Modalités et contenu de la carte de suivi médical Fiches techniques de radioprotection de l'INRS pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées, FRP 1 à 30

Générateur de rayons X (radiologie, fluorescence X)

Contrairement aux sources radioactives qui émettent des rayons alpha, bêta ou gamma en continu, les générateurs de rayons X produisent un rayonnement dangereux qui cesse dès que l'on coupe l'alimentation électrique de l'appareil.

Les principales mesures de prévention complémentaires sont :

- préciser l'emplacement du personnel pendant le travail,
- limiter l'intensité du rayonnement,
- disposer des écrans spéciaux si nécessaire,

- signaler le fonctionnement du générateur,
- ne pas s'approcher des cibles en cours d'irradiation.

Source scellée (radiologie, appareils d'analyse)

Une source scellée est un émetteur de rayonnements ionisants enfermé dans une enveloppe mécaniquement résistante et assurant la non-dissémination du radionucléide émetteur.

On veillera à :

- fermer à clé et signaler les lieux de stockage des sources,
- ne démasquer la source que le temps nécessaire au travail,
- effectuer des mesures d'ambiance,
- contrôler l'étanchéité du conteneur lorsque la source est remise sous protection après usage,
- gérer les entrées et sorties des sources.

Source non scellée (molécules marquées, traceurs...)

Accidentellement disséminée, elle peut contaminer les surfaces de travail, les vêtements, le corps, l'atmosphère et provoquer une irradiation externe par contact cutané ou interne par ingestion ou inhalation. Le risque de contamination est loin d'être négligeable.

Pour prévenir tout accident, il faut :

- en ce qui concerne le marquage de molécules, mettre au point la manipulation au préalable avec une molécule "froide" (réputée non radioactive) pour détecter d'éventuels problèmes, se familiariser et ainsi limiter l'exposition lors du travail avec la molécule «chaude»,
- travailler dans une enceinte étanche spéciale (sorbonne ou boîte à gants équipée de filtres adaptés),
- porter des vêtements de protection adaptés,
- effectuer régulièrement des mesures d'ambiance,
- contrôler le nettoyage ou l'évacuation du matériel expérimental contaminé,
- contrôler l'évacuation des déchets radioactifs.

Voir aussi les documents INRS :
Fiches techniques de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées, FRP 1 à 30

Les opérations classiques de laboratoire

Mode opératoire d'une manipulation chimique

▷ *Risque : réaction inattendue dangereuse*

Pour prévenir tout incident ou accident :

- une lecture critique du mode opératoire doit être effectuée avant chaque manipulation nouvelle, de façon à pouvoir déceler à l'avance une éventuelle erreur susceptible de causer un accident,
- la connaissance des propriétés physiques, chimiques et toxicologiques des composés mis en œuvre doit être un préalable à toute manipulation (une liste d'ouvrages est proposée en bibliographie).

Dans le cas d'une manipulation d'une substance nouvelle ou inconnue, on la considérera comme dangereuse jusqu'à ce qu'on ait acquis la certitude qu'elle ne l'est pas.

Voir aussi les documents INRS :
ED 697 - Réactions chimiques dangereuses

Mélange de produits - Addition d'un produit

▷ *Risque : réaction imprévue accompagnée d'un phénomène dangereux (projection, explosion)*

Il convient de s'assurer du mode opératoire et de l'identité du réactif ajouté.

La vitesse d'addition doit toujours être fonction de la cinétique et de la thermodynamique de la réaction. Le réactif doit tant que faire se peut être consommé au fur et à mesure de son addition, afin d'éviter toute accumulation de réactif pouvant conduire à une libération brutale de l'énergie ainsi accumulée. Pour ceci la vitesse d'addition doit être adaptée ainsi que la température à laquelle est effectuée le mélange.

On veillera à opérer avec une agitation efficace, afin d'assurer rapidement le mélange intime des produits et de faciliter les échanges thermiques dans la masse réactionnelle (voir également ci-après. Réaction exothermique).

Réaction exothermique

▷ *Risques : perte de contrôle de la réaction, vaporisation de substance, explosion.*

Une réaction exothermique peut être incontrôlable dans certaines conditions et donner lieu à un débordement, un brusque dégagement de vapeurs ou de gaz, ou provoquer l'éclatement du récipient.

Lorsqu'on effectue un mélange qui donne lieu à un dégagement de chaleur, il est conseillé d'opérer à une température telle que la réaction soit rapidement détectable. Le contrôle en est facilité. Si on opère à une température trop basse sous prétexte d'augmenter la sécurité, la réaction se trouve retardée ; l'opérateur rajoute le réactif ; la réaction se déclenche avec retard et brutalement à cause d'un excès de réactif ; elle peut devenir violente, provoquer un débordement ou des projections. En opérant à une température où les substances réagissent immédiatement, on peut, par de petites additions, contrôler la réaction. L'agitation doit être efficace pour faciliter les échanges thermiques.

L'emploi d'un thermostat permet de ne pas dépasser la température de consigne : quelquefois deux thermostats sont installés en cascade lorsqu'on désire renforcer la sécurité.

Il faut prévoir une procédure d'intervention d'urgence en cas de perte de contrôle (noyage du milieu réactionnel, refroidissement d'urgence...).

Lors du chauffage à l'aide d'un bain-marie ou d'un chauffe ballon, celui-ci doit être maintenu en place par un support réglable de façon à pouvoir être retiré rapidement par simple abaissement de ce support et éventuellement être remplacé par un bain de refroidissement.

Réaction produisant un dégagement gazeux

▷ *Risques : éclatement du récipient si le gaz ne peut pas s'échapper ; explosion si le gaz est inflammable ; intoxication.*

Pour éviter tout incident, installer l'appareil dans une sorbonne et veiller à ce que les gaz puissent se dégager librement de l'appareil ; la substance dégagée sera piégée ou détruite à l'aide d'un dispositif adapté lorsqu'elle est dangereuse.

L'emploi d'un détecteur de gaz permet d'estimer l'importance d'une pollution de l'atmosphère.

Si nécessaire, dans le cas d'émission de gaz très toxique, procéder à la manipulation en portant un appareil de protection respiratoire.

Transvasement

▷ *Risques : renversement du liquide, intoxication par les vapeurs.*

Pour prévenir les accidents, il faut :

- employer une pompe pour les contenants volumineux,
- prélever par mise sous vide du réceptacle et siphonnage les liquides dangereux ou craignant l'humidité,
- porter impérativement des lunettes ou un écran facial,
- porter des gants résistants au produit manipulé,
- supprimer les sources de chaleur, flammes et étincelles à proximité d'un poste de transvasement de liquide inflammable,
- reboucher les flacons après usage.

Siphonnage de liquide

▷ *Risque : éclatement du conteneur ou du tuyau si le siphonnage par surpression est employé.*

L'emploi d'un dispositif de pompage ou de vidange par gravité ou par dépression évite cet accident.

Opérations sous vide

▷ *Risques : implosion de l'appareil et projection d'éclats plus ou moins souillés ; aspiration d'un liquide et mélange imprévu de liquides.*

La mise en dépression entraîne des contraintes importantes pour l'appareillage. On préférera ainsi à la verrerie non adaptée (paroi mince, fond plat) des récipients à parois épaisses ou à formes sphériques.

L'installation d'un tel appareil se fera dans un lieu où il ne risque pas de subir un choc mécanique.

Les récipients et appareils en verre mis sous dépression seront placés dans des sorbonnes (écran frontal baissé) ou derrière un écran pare-éclats. Une autre possibilité, pour les appareils posés sur les paillasses, est de les entourer d'un filet résistant, d'une jupe textile ou de les encercler de bande adhésive.

Quand on utilise une trompe à eau et qu'on ferme lentement le robinet d'alimentation, il se produit un retour d'eau vers le récipient sous vide. Si le récipient sous vide contient un composé capable de réagir avec l'eau, la réaction peut être violente. Il faut donc commencer par fermer la vanne d'isolement entre la trompe et le récipient avant d'arrêter l'alimentation en eau de la trompe. Un récipient de garde placé entre la trompe et le récipient à mettre

sous vide est aussi une bonne précaution.

Pour les distillations sous vide, l'emploi d'un tube capillaire laissant entrer un peu de gaz ou l'utilisation de quelques morceaux de pierre ponce régularise l'opération en favorisant la naissance de petites bulles. L'azote ou un autre gaz inerte évite l'oxydation du produit. Il faut dans ce cas prévoir un flacon de garde pour éviter la remontée de produit liquide dans la bouteille de gaz en cas de rupture accidentelle du vide.

L'évaporation sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif ne constitue pas la même opération qu'une distillation sous vide. Le mode opératoire devra être adapté et le chauffage plus modéré.

Pour éviter l'entraînement de produits dangereux (lors des distillations sous pression réduite par exemple), on utilisera un piège efficacement refroidi. Une telle disposition renforcera l'efficacité du dispositif et protégera les pompes employées. Ces pompes peuvent être de deux types :

- les pompes à membrane permettent d'obtenir un vide et un débit sensiblement identiques à ceux d'une trompe à eau, elles présentent l'avantage d'être peu bruyantes, peu encombrantes et résistent bien à la plupart des produits chimiques utilisés au laboratoire (membrane et tête en PTFE),
- les pompes à palettes permettent d'obtenir des vides 100 à 1000 fois supérieurs mais craignent beaucoup les pollutions chimiques, l'huile se comportant comme un piège en solubilisant les polluants aspirés par la pompe ; elles nécessitent donc un entretien important et un excellent piégeage des produits volatilisés avant entrée dans le corps de pompe.

Extraction par un solvant

▷ *Risques : incendie, explosion.*

Quand on extrait un composé chimique au moyen d'un solvant inflammable volatil (ex : éther éthylique), une surpression ou une fuite de vapeur peut être à l'origine d'un incendie :

- employer un chauffage tel qu'un bain-marie ou un bain d'huile dont la température est juste suffisante pour assurer l'ébullition du solvant,
- placer les appareils dans une sorbonne,
- prévoir un extincteur manuel.

Distillation

▷ *Risques : casse du bouilleur et inflammation ; arrêt de la réfrigération provoquant une pollution de l'atmosphère et un risque d'incendie ou d'explosion.*

Pour un liquide inflammable, un appareil métallique évite le risque de casse mais ne permet pas de voir la quantité restant dans le bouilleur, ce qui peut avoir des conséquences dramatiques.

Examiner le matériel de distillation de liquides inflammables avant chaque opération pour déceler une éventuelle fêlure ou une fuite.

Lorsqu'on distille un liquide inflammable, un manque d'eau dans le réfrigérant de l'appareil à distiller provoque l'échappement dans l'atmosphère des vapeurs du composé en ébullition (risque d'incendie et d'explosion) :

- fixer solidement les tuyauteries d'arrivée d'eau sur les embouts du réfrigérant, les surveiller et les remplacer dès qu'elles présentent des signes de faiblesse (fissure, durcissement...),

Éthers

En vieillissant au cours du stockage et également sous l'action de la lumière, ils s'oxydent en donnant naissance à un peroxyde explosif. L'oxydation d'un éther fraîchement distillé peut être rapide (trois jours pour le tétrahydrofurane, une semaine pour l'éther éthylique). Au cours de la distillation d'un éther peroxydé, le peroxyde peu volatil se concentre et l'explosion se produit lorsqu'il ne reste plus que le peroxyde dans le bouilleur. De nombreux accidents ont déjà eu lieu et continuent de se produire. Noter que l'éther isopropylique est encore plus dangereux que l'éther éthylique.

Avant de distiller un éther, il faut effectuer un test pour déceler la présence de peroxyde (à l'iode de potassium ou au thiocyanate ferreux). Pour éliminer le peroxyde, il existe de nombreuses méthodes parmi lesquelles il faut choisir la plus appropriée. Après l'opération, on refait le test de présence pour vérifier la disparition du peroxyde.

L'addition d'un inhibiteur à un produit frais et pur ralentit la peroxydation. Les produits commerciaux sont généralement livrés inhibés.

PERCHLORATE DE MAGNÉSIUM	SODIUM
La plupart des explosions survenues avec ce produit au cours d'une opération de déshydratation ont été dues au résidu d'acide perchlorique (contenu dans le sel) qui s'est combiné pour former un perchlorate organique explosif. Il peut être remplacé par le pentoxyde de phosphore (très corrosif).	Il ne doit être utilisé que pour parfaire l'élimination de l'humidité dans un liquide organique déjà asséché. Ne pas oublier que le sodium agit en se transformant en hydroxyde avec production d'hydrogène à partir de l'humidité. L'hydrogène peut créer une surpression et est très inflammable.

RÉACTIF SULFOCHROMIQUE

Ce mélange d'acide sulfurique et de trioxyde de chrome ou de bichromate de potassium est utilisé pour détruire les matières organiques. Il est très corrosif et très oxydant. Les solutions contenant des composés du chrome VI sont par ailleurs désormais classées cancérigènes classe 1 ou 2. Il faut employer une protection individuelle renforcée lors de son utilisation (écran facial et tablier de caoutchouc).

Les détergents modernes, moins dangereux, permettent généralement d'obtenir de bons résultats.

- surveiller ou contrôler le débit d'eau de réfrigération. Utiliser un contacteur manométrique qui coupe le chauffage en cas d'interruption de la circulation d'eau.

L'ébullition d'un liquide dans un ballon de verre s'effectue parfois irrégulièrement avec des soubresauts. Régulariser l'ébullition en introduisant avant le chauffage quelques billes de verre ou grains de pierre ponce dans le bouilleur.

Une distillation ne doit jamais être terminée «à sec». Un culot de distillation doit toujours être laissé dans le bouilleur, ceci afin de limiter les risques de réactions dues à des sous-produits en fin de distillation (cas des composés peroxydables, cf. encadré sur les éthers).

Prévoir un extincteur manuel quand on distille un liquide inflammable.

Evaporation - Séchage

▷ *Risque : dégagement de vapeurs toxiques et/ou inflammables.*

Il convient d'installer le produit à traiter dans un évaporateur rotatif ou dans une sorbonne dont la ventilation est en marche.

L'emploi d'une étuve est admissible, si le chauffage est indispensable, à condition qu'elle soit ventilée, reliée à une gaine d'aspiration des vapeurs et portée à une température modérée. Aucun point de l'enceinte intérieur ou extérieur ne doit dépasser la température d'auto-inflammation du solvant évaporé.

Le séchage d'un produit imbibé d'un liquide volatil peut s'effectuer à froid.

Dessiccation d'un liquide

▷ *Risque : explosion.*

Certains composés solides dangereux sont employés pour dessécher les liquides organiques (voir le tableau spécifique concernant le perchlorate de magnésium et le sodium).

Nettoyage de la verrerie

▷ *Risques : dus aux produits de nettoyage : intoxication, brûlures cutanées et oculaires.*

Le local consacré au lavage de la verrerie doit être ventilé. Le flux d'air doit maintenir l'opérateur dans une atmosphère salubre.

Il est nécessaire de vider complètement les récipients et surtout de les décontaminer (notamment en cas d'utilisation de produits toxiques, cancérigènes, mutagènes ou dangereux pour la reproduction) avant de les donner au lavage pour réduire au maximum les risques de contact ou d'inhalation.

Les personnes affectées spécialement au lavage de la verrerie n'étant généralement pas des chimistes, il est nécessaire de leur dispenser une formation adaptée sur les risques encourus, les mesures de prévention et les mesures de premiers secours

adaptées (voir le tableau spécifique concernant le réactif sulfochromique).

La verrerie endommagée lors du nettoyage ne sera pas rangée avec la verrerie propre mais remise avant envoi en réparation.

Transport des récipients de produits chimiques et des appareils

▷ *Risque : casse d'un récipient, pollution de l'atmosphère, intoxication.*

Pour éviter tout incident, il faut :

- transporter les récipients en verre dans des paniers, des seaux ou sur un chariot de manutention en évitant les chocs,
- ne pas utiliser l'ascenseur destiné aux personnes,
- ne pas accompagner un produit dans le monte-charge réservé aux produits,
- éviter de déplacer un récipient mis sous vide.

La gestion des incidents et accidents

Le matériel de premiers secours doit être adapté à la nature des risques du laboratoire et être facilement accessible. Ce matériel doit faire l'objet d'une signalisation par panneaux et doit être vérifié périodiquement.

En cas d'accident, la première mesure est d'alerter les secours en suivant les recommandations suivantes :

Connaître à l'avance les principaux numéros d'appel intérieurs et extérieurs (service médical, secouristes, pompiers : 18, SAMU : 15, appel européen d'urgence : 112). Ces numéros d'appel seront affichés dans le laboratoire, près du téléphone.

Donner un message précis :

- adresse et lieu où sont attendus les secours (bâtiment, escalier, étage...),
- type d'accident (intoxication, brûlure thermique ou chimique, blessure, incendie, explosion, fuite...),
- nombre et état apparent (conscience, respiration, saignements) des victimes.

Ne pas raccrocher avant que l'interlocuteur ne l'autorise car il aura peut-être besoin d'informations complémentaires.

Envoyer quelqu'un au devant des secours pour les guider rapidement jusqu'à la victime ou au lieu d'intervention.

Incendie

Les consignes d'alarme incendie devront être rédigées, connues de tous les opérateurs et affichées dans le laboratoire.

Un responsable et un remplaçant seront désignés pour actionner le dispositif d'arrêt d'urgence de l'alimentation en énergie (gaz, électricité) et pour couper l'alimentation en fluides dès le début du sinistre.

Des extincteurs portatifs, à poudre et/ou à CO₂, seront judicieusement disposés dans le laboratoire. Ils seront placés à une distance des postes de travail telle qu'ils puissent être rapidement accessibles sans toutefois être trop près du foyer d'incendie et donc hors d'atteinte. Ils se situeront près des portes avec un minimum de deux par laboratoire. Un plan avec la situation géographique de ces extincteurs est souhaitable. Le maniement des extincteurs sera enseigné au personnel et des exercices de lutte contre l'incendie seront régulièrement organisés conformément à la réglementation.

Une couverture anti-feu pour envelopper toute personne dont les vêtements sont enflammés équipera chaque laboratoire.

*Voir aussi les documents INRS :
ED 789 - Incendie et lieux de travail
ED 802 - Les extincteurs mobiles*

Atmosphère contaminée

L'atmosphère du laboratoire peut devenir toxique ou explosive après un accident (bris de flacon, récipient renversé, etc.).

Si la pollution est faible :

- ouvrir une ou plusieurs fenêtres,

Si la pollution est importante :

● arrêter les appareils à flamme (si le produit répandu est volatil et inflammable),

- évacuer le personnel du local,
- baliser la zone contaminée,
- appeler l'équipe d'intervention (munie d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes, de vêtements de protection et de gants),

● absorber les liquides répandus par des moyens adaptés,

● employer du papier absorbant pour essuyer les surfaces souillées,

● laver et rincer le sol à l'eau additivée ou non d'un tensioactif adapté ou d'une solution neutralisante (mettre des gants),

● pour chaque produit dont la présence dans l'air est suspectée, mesurer sa concentration au moyen d'un appareil à tubes colorimétriques s'il en existe un spécifique en fonction des valeurs limites

DOUCHE DE SÉCURITÉ - LAVE-ŒIL

Une douche fixe, distribuant de l'eau à 20-25°C doit être facilement accessible de tout laboratoire où sont manipulés des produits dangereux. Elle peut être mise en action au moyen d'une chaîne ou d'une pédale. Des douches autonomes portables peuvent compléter le dispositif.

L'installation de lave-œil dans chaque laboratoire est également conseillée.

L'utilisation de solutions spécialisées dans le traitement immédiat des brûlures chimiques, oculaires ou autres, peut augmenter l'efficacité du lavage. Ces produits ne sont à utiliser qu'avec l'accord du service médical et doivent être renouvelés périodiquement.

d'exposition professionnelle ou sinon de toute autre donnée disponible, en déduire la salubrité de l'atmosphère,

● ventiler et interdire de revenir dans le local tant que la concentration dans l'atmosphère de la substance dangereuse fait courir un risque.

Premiers soins

L'organisation des premiers secours est obligatoire (Code du travail, art. R. 241-40)

La proportion dans le personnel de sauveteurs-secouristes du travail, formés et recyclés, sera fonction de l'effectif total, l'idéal étant la présence effective d'un secouriste dans chaque laboratoire.

Tout nouvel embauché doit recevoir une formation à la conduite à tenir en cas d'accident (décret du 20 mars 1979).

La conduite à tenir est adaptée à chaque situation.

Brûlure chimique

Sans perdre un instant laver à l'eau propre pendant au moins 15 minutes, en enlevant les vêtements et les bijoux souillés par les produits; suivre les consignes établies par le médecin du travail et prendre contact immédiatement avec le service médical.

Si une autre méthode est préconisée, se conformer aux notices d'emploi et/ou aux consignes du médecin du travail.

Brûlure thermique

Laver abondamment à l'eau propre pour refroidir la zone brûlée ou utiliser des gels d'eau :

- ne pas enlever les vêtements collés à la plaie,
- envelopper la partie brûlée dans un linge propre,
- ne rien mettre sur la plaie (ni pommade, ni tulle gras, ni désinfectant),
- toujours prendre l'avis d'un médecin.

Malaise ou perte de connaissance dus à un dégagement toxique

Il faut se protéger au moyen d'un appareil respiratoire isolant avant d'approcher la victime. L'évacuer de la zone contaminée et la confier à un secouriste puis aux services de secours médicalisés.

Électrocution

Couper l'alimentation électrique de l'appareil en cause avant d'approcher la victime pour éviter un sur-accident. La confier ensuite à un secouriste, puis aux services de secours médicalisés.

Le laboratoire sera équipé d'un brancard et d'une couverture afin de pouvoir procéder à l'évacuation d'une victime.

Conclusion

La prévention des risques, nombreux et divers et plus ou moins spécifiques, rencontrés lors du travail dans un laboratoire de chimie réclame, outre l'utilisation d'un matériel adapté, conforme à la réglementation et bien entretenu, l'emploi de dispositifs de protection collective complétés par des équipements de protection individuelle. Ces mesures préventives de base ne peuvent trouver toute leur efficacité que si le travail de laboratoire est exécuté avec précautions et attention par des opérateurs spécialement formés et compétents, parfaitement au courant des risques que peuvent leur faire courir les produits chimiques employés et les expériences effectuées.

Le principal objectif de cette note est de constituer en quelque sorte un aide-mémoire rappelant aux responsables et aux utilisateurs de laboratoires de chimie les risques les plus couramment rencontrés dans leur activité et les principales mesures de prévention préconisées.

PRINCIPAUX TEXTES RÉGLEMENTAIRES

Hygiène

Aération, assainissement

Code du travail :

- Art. R. 232-5 à R. 232-5-11 et R. 232-5-13.
- Art. R. 235-6 à R. 235-10 (opérations de construction).

- Circulaire du 9 mai 1985, non parue au J.O. (commentaires techniques).

- Arrêté du 8 octobre 1987, contrôles périodiques des installations des locaux de travail pouvant être prescrits par l'inspecteur du travail.

Risque chimique

Code du travail :

- Art. R. 231-51 à R. 231-58-2

Eclairage

Code du travail :

- Art. R. 232-7 à R. 232-7-10.

- Art. R. 235-2 à R. 235-5 (opérations de construction).

- Circulaire du 11 avril 1984, non parue au J.O. (commentaire technique).

Installations sanitaires - Douches

Code du travail :

- Art. R. 232-2 à R. 232-2-7.

- Art. R. 232-2-4 et arrêté du 11 juillet 1947 (douches).

Repas et boissons

Code du travail :

- Art. R. 232-10 et R. 232-10-1 (repas).

Interdiction de fumer

- Décret n° 77-1042 du 12 septembre 1977, art. 6.

Sécurité

Incendie

- Art. R. 233-14 à R. 233-41 du Code du travail.

- Décret du 15 mars 1930 (liquides particulièrement inflammables).

Explosion

- Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques (la section V traite de la prévention des brûlures, incendies et explosions d'origine électrique).

Matériel électrique

- Décret n° 78-779 du 17 juillet 1978 modifié et arrêtés d'application relatif au matériel utilisable en atmosphère explosive.

Machines dangereuses

(centrifugeuses, réacteurs et réservoirs sous haute pression...)

Code du travail :

- Art. R. 233-83 et suivants (intégration de la sécurité dans la conception des machines).

- Art. R. 233-2 à R. 233-13 (utilisation des machines et appareils dangereux).

Étiquetage des produits chimiques

- Art. L. 231-6 du Code du travail et textes d'application.

Fiches de données de sécurité

- Arrêté du 5 janvier 1993 modifié fixant les modalités d'élaboration et de transmission des Fiches de Données de Sécurité.

Rayonnements ionisants

- Décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

Travail isolé ou travail de nuit

- Art. R. 241-40 du Code du travail

Prévention médicale

Surveillance médicale spéciale

- Arrêté du 11 juillet 1977 : liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale.

- Circulaire d'application n° 10 du 29 avril 1980, non parue au J.O.

Prévention des maladies professionnelles

Code de la sécurité sociale :

- Art. L 461-4 (déclaration de l'employeur).

- Art. L 461-5 (déclaration de la victime).

- Art. L 461-6 (déclaration par le médecin du travail des maladies à caractère professionnel).

COMPLÉMENT BIBLIOGRAPHIQUE

MARTEL - Guide d'analyse du risque chimique. Paris, Dunod, 1997, 494 p.

La sécurité dans les laboratoires. Paris, CNPP-AFNOR, 1993, 274 p.

PICOT, GRENOUILLET - La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie. Paris, Techniques et Documentation, 1992, 424 p.

YOUNG - Improving safety in the chemical laboratory. A practical guide. New-York, John Wiley, 1987, 350 p.

ASHBROOK, RENFREW - Safe laboratories. Principles and practices for design and remodeling. Chelsea, États-Unis, Lewis, 1991, 166 p.