

Laboratoires d'enseignement en chimie

Laboratoires d'enseignement en chimie

Salles de travaux pratiques
et laboratoires de recherche

Table des matières



1. Généralités sur la prévention du risque chimique	
1. Le code du travail	5
2. L'application du code du travail aux établissements d'enseignement publics	6
2.1. Les dispositions d'application directe	6
2.2. Les dispositions dont l'application est déterminée par un texte	7
2. Mesures organisationnelles	
1. Rôle du chef d'établissement, de l'encadrement et des enseignants	9
1.1. Généralités	9
1.2. Règlement intérieur, consignes	9
1.3. Formation, information	11
2. Organisation du travail	11
3. Ordre et propreté	13
4. Hygiène	14
3. Produits	
1. Généralités	16
2. Information sur les dangers des produits chimiques	16
2.1. L'étiquetage	16
2.2. La fiche de données de sécurité (FDS)	17
2.3. Autres documents	17
3. Dangers, risques induits et principales mesures de prévention	17
3.1. Produits dangereux en raison de leurs propriétés toxicologiques	18
3.2. Produits dangereux en raison de leurs propriétés physico-chimiques	19
3.3. Produits dangereux en raison de leurs propriétés écotoxiques	21
4. Stockage	21
5. Déchets	22
4. Matériels	
1. Généralités	24
2. Verrerie	24
3. Réfrigérant	26
4. Pipette	26
5. Pissette	26
6. Appareil à flamme et brûleur électrique	27
7. Bains chauds et autres dispositifs très chauds	27
8. Bains froids	27
9. Étuve	28
10. Réfrigérateur	28
11. Autoclave	29
12. Évaporateur rotatif	30
13. Centrifugeuse	30
14. Bouteilles de gaz	31



15. Installation électrique, appareils électriques	32
16. Émetteurs de rayonnement non ionisant	32
17. Émetteurs de rayonnement ionisant	34
Questions - Réponses	36
5. Opérations classiques	
1. Mode opératoire	38
2. Pesée	38
3. Mélange de produits, préparation d'une solution, addition d'un produit	38
4. Réaction exothermique	39
5. Réaction produisant un dégagement gazeux	40
6. Transvasement	40
7. Siphonnage d'un liquide	40
8. Opérations sous vide	41
9. Opérations sous pression	42
10. Extraction en continu par un solvant	42
11. Distillation	43
12. Évaporation, séchage	43
13. Nettoyage de la verrerie	44
14. Transport des récipients de produits chimiques et des appareils	44
15. Au laboratoire de génie des procédés	44
6. Locaux	
1. Généralités	47
1.1. Ventilation	47
1.2. Paillasse	51
1.3. Fluides	52
1.4. Stockage	53
2. Conception	54
2.1. Généralités	54
2.2. Salles de travaux pratiques	54
2.3. Salles de préparation	55
2.4. Laboratoires de recherche	55
2.5. Halls de génie des procédés	55
7. Comportemental	60
Annexe : Symboles de danger, phrases R, phrases S	65



Généralités sur la prévention du risque chimique



1. Le code du travail

Des dispositions réglementaires, issues de la transposition de plusieurs directives européennes et codifiées aux articles R. 231-51 à R. 231-59-2 du code du travail, encadrent les mesures de prévention du risque chimique. La première partie de ces dispositions (titre III, livre II, chapitre premier, articles R. 231-51 à R. 231-53-1) concerne les fabricants, importateurs et distributeurs de produits chimiques, et organise essentiellement l'information de l'utilisateur sur les dangers et les risques liés à l'utilisation des produits chimiques (substances et préparations), en fixant les principes de classement, d'étiquetage, de déclaration, de rédaction et de transmission d'une fiche de données de sécurité pour les produits chimiques dangereux^{1, 2, 3, 4, 5}.

La seconde partie de ces dispositions (titre III, livre II, chapitre premier, articles R. 231-54 à R. 231-59-2) concerne les règles applicables aux utilisateurs de produits chimiques dangereux⁶ :

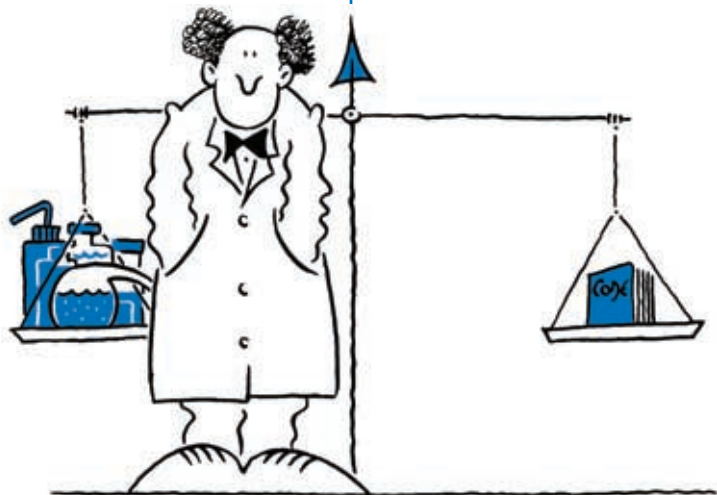
- les articles R. 231-54 à R. 231-54-17 posent les règles générales de prévention du risque chimique ;
- les articles R. 231-55 à R. 231-55-3 organisent le contrôle du risque chimique sur les lieux de travail et l'agrément des organismes chargés des contrôles ;
- les articles R. 231-56 à R. 231-56-12 posent les règles particulières de prévention des risques liés à l'exposition aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.
- les articles R. 231-58 à R. 231-58-6 fixent des dispositions spécifiques à certaines substances dangereuses (benzène, poussières de bois, plomb et chlorure de vinyle) ; il y est notamment dit que « *les jeunes de moins de 18 ans ne peuvent pas être affectés à des postes les exposant au chlorure de vinyle monomère. Ils ne peuvent être exposés au benzène que pour les besoins de leur formation professionnelle* ».

L'adaptation des mesures de prévention aux risques encourus nécessite une démarche préalable d'évaluation de ces risques. Cette démarche est prévue par l'article R. 231-54-2 qui précise : « *Cette évaluation est renouvelée périodiquement, notamment à l'occasion de toute modification importante des conditions pouvant affecter la santé et la sécurité.* »

1. Prévention du risque chimique 1. Dispositions concernant les fabricants, importateurs et distributeurs. ND 1977, INRS, 1998.
2. Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Textes réglementaires et commentaires. ND 1946, INRS, 1998.
3. Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Guide de classification et d'étiquetage. Méthodes d'essai. ND 1964, INRS, 1998.
4. La fiche de données de sécurité. ND 2089, INRS, 1998.
5. Classification et étiquetage des substances dangereuses. Liste alphabétique des substances figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié. ND 1915, INRS, 2001.
6. Prévention du risque chimique 2. Dispositions concernant les utilisateurs. ND 1978, INRS, 2001.



Pratiquement, la démarche d'évaluation des risques doit débuter par une détection de tous les dangers et une analyse des conditions dans lesquelles les personnes y sont exposées, suivie de la mise en œuvre de mesures proportionnées et appropriées à la maîtrise de ces risques.



2. L'application du code du travail aux établissements d'enseignement publics

Le code du travail fournit des « outils » adaptés, susceptibles d'aider les chefs d'établissement et les enseignants dans leur démarche de prévention des risques chimiques.

Les règles d'hygiène, de sécurité et de conditions de travail, inscrites au titre III du livre II du code du travail ont ainsi été rendues applicables, selon certaines modalités et conditions, à la fonction publique d'Etat comme à la fonction publique territoriale.

Schématiquement, on peut distinguer deux formes d'application de ces règles, selon qu'elles sont d'application directe (aux termes du code lui-même) ou selon qu'elles sont applicables aux termes d'un texte spécifique qui renvoie aux dispositions du code du travail. Le principal intérêt de cette distinction réside dans le rôle reconnu à l'inspecteur du travail, aux termes du décret 91-1162, pour l'application des dispositions directement applicables aux établissements visés par le code du travail.

2.1. Les dispositions d'application directe

L'article L. 231-1 du code du travail précise que les ateliers des établissements publics dispensant un enseignement technique ou professionnel sont soumis aux dispositions des chapitres II (Hygiène), III (Sécurité) et IV (Dispositions particulières aux femmes et aux jeunes travailleurs) du titre III, tant en ce qui concerne les personnels que les élèves ou les étudiants.

Une circulaire du 26 octobre 1993⁷ précise qu'il convient, pour déterminer les établissements effectivement visés, de s'attacher à la nature des formations dispensées dans un établissement et non à la catégorie dont relève cet établissement, la loi ne visant pas des catégories d'établissements (lycée technique, professionnel, d'enseignement général, ...) mais des lieux où sont dispensés des enseignements de nature technique ou professionnelle. Par ailleurs, cette circulaire souligne qu'en l'absence de définition précise de la notion « d'ateliers », il convient d'en donner une interprétation extensive ; ainsi doivent être considérés comme tels « les locaux d'enseignement notamment dénommés ateliers, laboratoires ou cuisines » mais aussi « les locaux annexes à ces ateliers, notamment les locaux de stockage de matériels, matériaux ou substances devant ou ayant déjà servi à des activités pratiquées en ateliers ».



7. Circulaire n°93-306 du 26 octobre 1993 des ministres de l'Éducation nationale, de l'Intérieur et de l'Aménagement du territoire, du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle, parue au BOEN n° 37 du 4 novembre 1993.

La circulaire invite les chefs d'établissement à identifier, d'un commun accord avec l'inspecteur du travail, lors de sa première visite, les locaux qui seront qualifiés « d'ateliers » et à en dresser une liste qui sera réactualisée à chaque nouvelle affectation des locaux.

Pour assurer le contrôle de l'application de ces dispositions, le décret 91-1162 du 7 novembre 1991 précise le rôle de l'inspection du travail. Aux termes de ce texte, la visite de l'inspecteur dans les locaux visés à l'article L. 231-1 peut avoir lieu de sa propre initiative ou à la demande du chef d'établissement. Si l'inspecteur du travail relève des manquements aux prescriptions applicables, il remet au chef d'établissement, à l'issue de sa visite, un rapport constatant ces manquements. Les mesures prises ou les suites réservées à ce rapport, doivent être communiquées, dans les deux mois, à l'inspecteur du travail par le chef d'établissement.

Conformément aux dispositions spécifiques aux jeunes travailleurs et notamment celles relatives aux travaux qui leur sont interdits (articles R. 234-20 et R. 234-21), l'emploi de certains produits utilisés en classes de chimie sera subordonné à une autorisation préalable délivrée par l'inspecteur du travail dans les conditions précisées à l'article R. 234-22.

2.2. Les dispositions dont l'application est déterminée par un texte

A côté des dispositions directement applicables, et pour lesquelles le rôle de l'inspecteur du travail est précisé, sont applicables également, par détermination d'un texte spécifique⁸, les dispositions du titre III du livre II du code du travail, sous réserve d'adaptation en certains cas. En l'état, la plupart des règles techniques prescrites par le code du travail sont applicables ; seules les questions relatives au CHSCT⁹ (CHS¹⁰) et à la formation à la sécurité ont fait l'objet de dispositions réellement spécifiques différentes des dispositions générales du code.



L'enseignement des règles générales de sécurité

Dans les établissements d'enseignement secondaire, les textes* prévoient un enseignement des règles générales de sécurité, visant à faire prendre conscience aux jeunes des dangers et risques susceptibles de se présenter dans les diverses circonstances de la vie quotidienne, notamment lors de l'utilisation domestique de produits dangereux (combustibles, toxiques, etc.). Parmi les domaines de formation favorables à cette action, qui implique une information de nature scientifique sur les causes des accidents, leurs conséquences humaines et sociales et sur les moyens pratiques d'y faire face, sont citées les sciences expérimentales. En matière d'enseignement de la chimie, cette action trouvera son prolongement dans la formation à la démarche d'analyse et de prévention du risque chimique selon les règles précisées par le code du travail.

* Décret 83-896 du 4 octobre 1983, relatif à l'enseignement des règles générales de sécurité. Circulaire 83-550 du 15 novembre 1983 du ministre de l'Education nationale, parue au BOEN n°4 du 26 janvier 1984.

8. Décret 82-453 du 28 mai 1982 modifié, relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail, ainsi qu'à la prévention médicale dans la fonction publique.
Décret 85-603 du 10 juin 1985 relatif à l'hygiène et à la sécurité du travail ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale.
9. Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.
10. Commission d'hygiène et de sécurité.



Figurent notamment, au titre de ces dispositions applicables, celles relatives aux principes généraux de prévention (chapitre préliminaire) et celles relatives à la prévention du risque chimique (chapitre 1^{er}, dispositions générales).

Si la mise en œuvre de ces règles ne saurait donner lieu à un contrôle de l'inspecteur du travail (conformément au décret n° 91-1162), leur maîtrise répond cependant à l'objectif d'intégration de la démarche de prévention dans la mission éducative, rappelé par la circulaire du 26 octobre 1993.

La connaissance de ces prescriptions doit permettre d'assurer la sécurité des élèves ou étudiants et de leurs enseignants comme de préparer utilement les élèves ou les étudiants à leur intégration dans un environnement professionnel. La formation à la démarche de prévention des risques, intégrée à l'enseignement de la chimie, constitue par ailleurs un moyen de préparer les élèves ou les étudiants à une meilleure compréhension de leur environnement professionnel futur, que cet environnement présente ou non des risques liés à la présence de produits chimiques.





Mesures organisationnelles

1. Rôle du chef d'établissement, de l'encadrement et des enseignants

1.1. Généralités

C'est au chef d'établissement qu'il incombe de mettre en place une politique de prévention des risques et de s'assurer que les personnels d'encadrement et d'enseignement veillent à son application à tous les niveaux. Ces actions porteront sur l'organisation du travail, l'ordre, la propreté et l'hygiène.

Le rôle et l'influence des personnels d'encadrement seront plus ou moins importants selon leur fonction. Quoiqu'il en soit, on doit considérer que le personnel disposant des connaissances et des moyens nécessaires a le devoir d'agir pour prévenir les risques. Par ailleurs, son comportement doit bien entendu être exemplaire.

1.2. Règlement intérieur, consignes

Le chef d'établissement devra émettre un règlement intérieur rappelant les mesures préventives de base à mettre en œuvre dans les laboratoires d'enseignement (salles de travaux pratiques et laboratoires de recherche).

Dans ce règlement intérieur sera consigné le port obligatoire de la blouse en coton et des lunettes de protection lors des séances de travaux pratiques de chimie.





Organisation de la prévention des risques dans les établissements et dans l'Éducation nationale

1. Généralités

L'organisation de la prévention, même si elle diffère entre l'enseignement secondaire et le supérieur, repose sur l'agent chargé de la mise en œuvre des règles d'hygiène et de sécurité (ACMO), le médecin de prévention, le médecin de l'Éducation nationale (scolaire) ou le médecin de médecine préventive et de promotion de la santé (universitaire) ainsi que sur la commission d'hygiène et de sécurité.

Le ministère de l'Éducation nationale impulse et coordonne le développement de la prévention et définit, en liaison avec les deux comités centraux d'hygiène et sécurité ministériels (enseignement scolaire, enseignement supérieur et recherche), les orientations générales de prévention des risques qui garantissent la cohérence et l'harmonisation des différentes politiques de prévention des établissements.

L'Observatoire national de la sécurité des établissements scolaires et d'enseignement supérieur (ONS) présente chaque année des propositions dans le but d'améliorer les conditions d'applications des règles de sécurité, l'état des immeubles et des équipements.

Le Conseil national pour l'enseignement de la prévention des risques professionnels (CERP) coordonne les conventions de partenariat entre les Académies et les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) pour la formation des enseignants.

2. Dans les établissements d'enseignement secondaire

Dans chaque établissement, l'ACMO assiste et conseille le chef d'établissement auprès duquel il est placé. La mise en place d'une commission d'hygiène et de sécurité est obligatoire dans les lycées professionnels et techniques ainsi que dans les collèges ayant une section d'enseignement général et professionnel adapté (SEGPA). Elle est recommandée dans les autres. Outre les représentants de l'administration et de la collectivité territoriale, des représentants des élèves, des parents d'élèves et des personnels siègent à cette commission.

L'ACMO académique et l'ACMO départemental assistent et conseillent respectivement le recteur

et l'inspecteur d'académie auprès desquels ils sont placés pour la mise en œuvre des règles d'hygiène et de sécurité. Il est institué auprès de chaque recteur un comité d'hygiène et de sécurité académique (CHSA) et auprès de chaque inspecteur d'académie, directeur des services départementaux de l'éducation nationale, un comité d'hygiène et de sécurité départemental (CHSD). Ces comités sont des instances consultatives non paritaires qui assistent les comités techniques paritaires (CTP).

Dans chaque Académie, un fonctionnaire chargé d'assurer les fonctions d'inspection en matière d'hygiène et de sécurité contrôle les conditions d'application des règles et propose aux chefs d'établissement toute mesure qui lui paraît de nature à améliorer l'hygiène et la sécurité du travail et la prévention des risques professionnels.

Le comité de pilotage des conventions CRAM/Académie assure la formation continue des enseignants à la prévention des risques professionnels par l'inscription de stages spécifiques au plan académique de formation (PAF).

3. Dans les établissements d'enseignement supérieur*

Dans chaque établissement, un ACMO, parfois appelé ingénieur hygiène et sécurité, assiste et conseille le chef d'établissement (président d'université, directeur d'école ou d'établissement...) sous l'autorité duquel il est placé, dans la définition et la mise en œuvre de la politique de prévention. Il anime et coordonne le réseau des ACMO (parfois également appelés correspondants hygiène et sécurité) placés auprès de chaque directeur de composante (UFR, IUT, école, institut...), de service commun, de département d'enseignement, de laboratoire de recherche, etc.

Chaque établissement dispose d'un comité d'hygiène et de sécurité. Le médecin de prévention ainsi que le directeur du service universitaire de médecine préventive et de promotion de la santé en sont membres de droit. Les organisations étudiantes siégeant au conseil d'administration des ces établissements y sont représentées.

A la demande des établissements, les services prévention des CRAM assurent la formation des enseignants à la prévention des risques professionnels.

* La prévention des risques professionnels a fait l'objet d'un document d'information à l'attention des personnels des établissements d'enseignement supérieur, publié par le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie : Prévention des risques professionnels. Manuel pour les personnels des établissements d'enseignement supérieur. MNERT. Direction des personnels administratifs, techniques et d'encadrement. Paris, 1998.

Les consignes à suivre (cf. Encadré II), les symboles de danger ainsi que les phrases R et S (cf. § 3.2.1 et Annexe) seront affichés dans les salles de travaux pratiques (consignes portées dans le cahier de manipulation de l'élève dans les établissements secondaires). La gestion des travaux pratiques doit être faite par l'ensemble des enseignants intervenant dans les salles de travaux pratiques. L'évaluation des risques pour chaque type de manipulation et la réflexion sur les procédures de réutilisation ou d'élimination des résidus de manipulations doivent être menées en équipe.

1.3. Formation, information

Il s'agit de donner aux élèves ou étudiants les informations nécessaires à leur bonne compréhension des risques encourus et ainsi de les associer pleinement à la démarche de prévention. En outre, dans une perspective pédagogique, il s'agit d'intégrer la sécurité dans l'apprentissage pour aider à l'acquisition de comportements indispensables à leur future insertion professionnelle.

En début d'année, l'enseignant donnera des informations générales sur la prévention du risque chimique, la lecture et la compréhension de l'étiquetage réglementaire ainsi que sur les compléments d'informations que peuvent apporter les fiches de données de sécurité et les fiches toxicologiques¹¹. En outre, il indiquera aux élèves ou étudiants la signification de la signalisation de sécurité, les aidera à identifier les emplacements des extincteurs, des douches de sécurité et des laveurs oculaires, ainsi que les issues de secours ; enfin, il précisera le rôle de chacun de ces équipements et leurs modalités d'utilisation. Il devra également informer de la conduite à tenir en cas de déclenchement du signal d'alarme incendie et donner les consignes d'évacuation.

Les manipulations commenceront systématiquement par :

- l'analyse des informations disponibles concernant les dangers des produits qui vont être utilisés (étiquetage, FDS, ...),
- l'explication par l'enseignant de son analyse des risques liés à l'opération,
- la justification des mesures de prévention mises en œuvre,
- l'indication des mesures de premiers secours,
- la présentation de la durée ou du calendrier prévu pour leur réalisation.

2. Organisation du travail

Le bon fonctionnement d'un laboratoire d'enseignement nécessite préalablement une définition claire des tâches et responsabilités de chacun qui devront être remises à jour régulièrement.

La préparation des manipulations intégrera une réflexion sur la prévention des risques qui constituera une part de l'apport pédagogique lié à cette opération. Les étapes présentant des risques et les moyens de prévention à mettre en œuvre seront détaillés dans les protocoles expérimentaux (exemples : « attention, produit émissif à manipuler sous sorbonne » ou « porter des gants de tel type pour manipuler ce produit »...).

L'enseignant pourra demander aux élèves ou aux étudiants d'effectuer une recherche bibliographique sur les risques présentés par la manipula-

11. Recueil des fiches toxicologiques de l'INRS. CD 613, INRS.



tion et commenter ce travail en début de séance. Ce travail d'évaluation des risques pourra être pris en compte dans la notation de la séance de travaux pratiques.



Exemple de consignes pour le travail en salle de travaux pratiques

(ces consignes générales doivent éventuellement être complétées par des consignes spécifiques aux risques rencontrés)

Tenue

- Port obligatoire d'une blouse en coton et de lunettes de protection. Le port des lentilles est vivement déconseillé.
- Port d'un vêtement couvrant les jambes et de chaussures fermées.
- La blouse doit être boutonnée, les cheveux attachés.
- Utilisation de gants appropriés si la manipulation le nécessite.

Hygiène

- Interdiction de boire, de manger ou de porter à la bouche quoi que ce soit.
- Interdiction de pipeter à la bouche.
- Interdiction de fumer.
- Se laver les mains chaque fois que l'on enlèvera les gants, en fin de séance et systématiquement en cas de souillure.

Rangement

- Les paillasses et sorbonnes doivent être propres et non encombrées.
- Les stockages sauvages sont prohibés.
- Tous les flacons doivent être étiquetés (nom, concentration, symboles de danger) et fermés après usage.
- Toutes les issues de la salle de travaux pratiques doivent être accessibles et non fermées à clé pendant la séance de travaux pratiques.
- Les vêtements, cartables et sacs doivent être au vestiaire.
- Les chaises et tabourets ne doivent pas encombrer les circulations.
- Les accès aux moyens de premiers secours (douches, extincteurs...) ainsi qu'aux dispositifs de coupure d'urgence et aux issues de secours ne doivent pas être encombrés.

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 termes 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).



Travail isolé

Cette situation doit être évitée dans la mesure du possible. Il est préférable de travailler avec une personne à proximité immédiate, qui pourra porter secours ou déclencher l'alarme. En cas de travail isolé, afin de permettre une intervention rapide des secours en cas d'accident, il conviendra de prévoir une organisation ou des moyens de surveillance, pour que l'alerte puisse être donnée au plus vite.





Expérimentations se déroulant sans surveillance

Cette pratique est à éviter et à réserver pour les opérations impossibles à terminer pendant la présence du personnel. Dans certains cas, cette situation peut également se retrouver en journée, en l'absence de surveillance directe. 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.

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 et les numéros de téléphone des personnes à contacter.

Enfin, le responsable du 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.

Dans le cas des laboratoires de recherche, 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.

Si tous les appareils sont arrêtés pendant la nuit, chaque soir, avant de quitter le laboratoire, un responsable, préalablement désigné, assurera :

- la vérification de la coupure de leurs circulations d'eau de refroidissement,
- la coupure de l'alimentation électrique à l'interrupteur général,
- la fermeture de la vanne générale de gaz.

Attention, les lignes alimentant congélateurs, réfrigérateurs ou étuves ne devront pas être coupées.

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

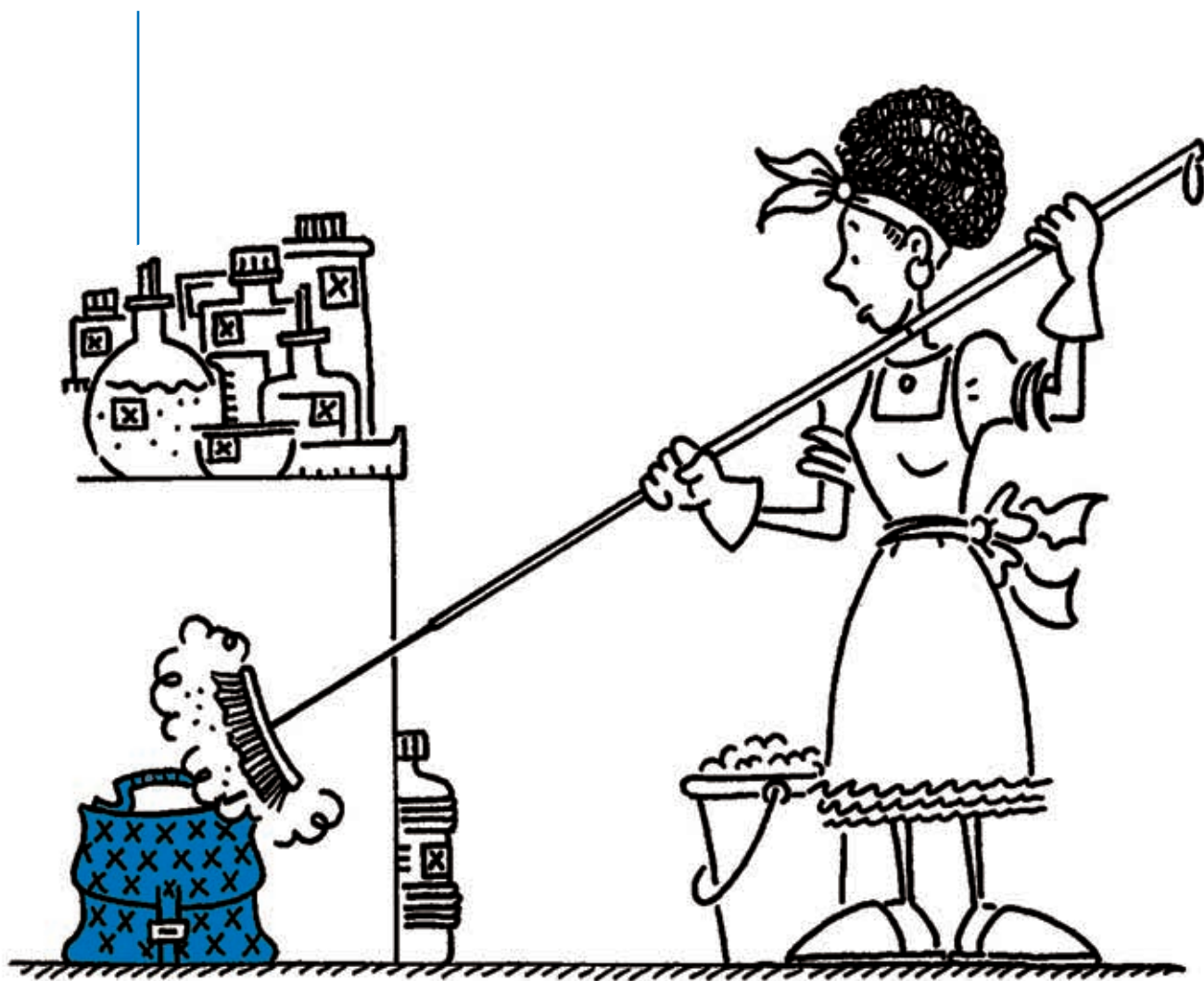
Tous les travaux effectués dans le laboratoire par des personnes étrangères à ce laboratoire (service technique, personnel d'un autre laboratoire, personnel d'une entreprise extérieure, personnel d'entretien...) doivent recevoir préalablement l'accord du responsable du laboratoire et la surveillance de ces travaux doit être assurée. Des consignes seront transmises aux personnes intervenantes et, dans le cas d'entreprises extérieures, un plan de prévention doit être établi¹².

3. Ordre et propreté

Un laboratoire doit être un lieu rangé, propre et salubre (ceci devrait constituer un élément d'évaluation du travail des élèves ou des étudiants).

12. Code du travail, articles R. 237-1 à R. 237-28.





On veillera notamment à ne pas encombrer les couloirs, les paillasses et les sorbonnes. Les issues de secours resteront en permanence libres. Il ne sera pas créé d'obstacle à la fermeture des portes coupe-feu. 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. Il est recommandé de cantonner le personnel d'entretien extérieur à l'établissement au nettoyage des sols et vitres.

4. 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. On veillera notamment à ne pas stocker dans un même réfrigérateur produits chimiques et aliments et à ne pas utiliser les étuves à des fins gastronomiques.



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^{13,14} 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 manipulateurs éviteront de porter des bijoux. Ces derniers seront proscrits dans le cas de manipulations spécifiques ou lors du port de gants.

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



13. Hygiène corporelle sur les lieux de travail. Travail et Sécurité n° 616, INRS, 2002.

14. Produits d'hygiène cutanée à usage professionnel. Fiche pratique de sécurité. ED 58, INRS, 1999.



Produits

1. Généralités

Les produits chimiques se répartissent en substances et en préparations. Selon l'article R. 231-51 du code du travail, 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.

2. Information sur les dangers des produits chimiques

2.1. L'étiquetage¹⁵

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 (pictogrammes),
- une ou plusieurs phrases de risque (phrases R),
- un ou plusieurs conseils de prudence (phrases S).

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

L'étiquetage sera reproduit lors de tout reconditionnement. Il faudra également :

- veiller au marquage correct de tous les flacons, ballons et récipients contenant un réactif ou une préparation en cours (date pour les solutions),
- à remplacer systématiquement les étiquettes lorsqu'elles sont abîmées ou peu lisibles.



15. Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Textes réglementaires et commentaires. ND 1946, INRS, 1998.

Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Guide de classification et d'étiquetage. ND 1961, INRS, 1998.

Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Liste alphabétique et par numéro CAS des substances figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié. ND 1915, INRS, 2001.

2.2. La fiche de données de sécurité (FDS)

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 dangereux 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 dangereux (ainsi que pour tout produit contenant un certain pourcentage d'une substance présentant un danger pour la santé ou l'environnement ou pour laquelle il existe une valeur limite d'exposition professionnelle) commercialisé. Elle doit permettre au chef d'établissement de mettre en place des mesures de prévention en relation avec le risque, selon l'utilisation qui est faite du produit.

L'utilisateur se reportera systématiquement à la fiche de données de sécurité du produit utilisé pour connaître les informations complémentaires à celles 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 au niveau de l'unité (selon les cas, établissement, bâtiment, département, service, éventuellement laboratoire). Ce catalogue devra être géré de façon centralisée et rigoureuse. Sa constitution pourra être facilitée par la consultation des banques de données présentes sur Internet.

2.3. Autres documents

Les fiches toxicologiques de l'INRS¹⁶ sont de véritables synthèses sur les substances les plus utilisées et leur présence est irremplaçable. Elles doivent pouvoir être consultées directement ou en ligne sur le site de l'INRS. Parmi les documents utiles on citera également les fiches pratiques de sécurité publiées par le CNRS¹⁷, ainsi que différentes fiches de sécurité disponibles sur Internet.

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



16. Recueil des fiches toxicologiques de l'INRS. CD 613, INRS.

17. Fiches pratiques de sécurité des produits chimiques au laboratoire. Aide mémoire. CNRS, Dunod, Paris, 2001.



3.1. 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. Les modes de pénétration de ces produits dans l'organisme sont l'inhalation, le contact cutané ou 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 émissives ou susceptibles de l'être seront effectuées sous sorbonne (cf. § 6.1.1 et Encadré VIII).

La prévention du risque de contact cutané consiste essentiellement à empêcher le contact avec les produits par le port d'équipements de protection individuelle : gants (cf. Encadré VII), 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 (le pipetage à la bouche est strictement pros crit).

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 (T+ ou T) et nocives (Xn)

L'inhalation, l'ingestion ou la pénétration cutanée de tels produits peut entraîner la mort ou des maladies. 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 reproduction¹⁸

(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 des défauts génétiques héréditaires 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.

Ces produits sont classés en trois catégories selon le degré de connaissance et de certitude dont on dispose sur leurs effets :

- catégorie 1 : effets avérés pour l'homme,
- catégorie 2 : effets fortement suspectés,
- catégorie 3 : préoccupants en raison d'effets possibles mais les données disponibles ne permettent pas de les classer en catégorie 2.



18. Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction. Classification réglementaire. ND 2168, INRS, 2002.

La manipulation de tels produits de catégorie 1 ou 2 est très encadrée par la réglementation (articles R. 231-56 à R. 231-56-12 du code du travail). La substitution par un produit moins dangereux doit être la règle générale et leur manipulation doit être évitée autant que possible, en regard avec l'apport pédagogique que représente leur utilisation. Si la manipulation d'un tel produit se révèle néanmoins nécessaire, des précautions draconiennes doivent être prises¹⁹ :

- éviter tout contact,
- manipuler dans un système clos ou une boîte à gants,
- en complément, porter des équipements de protection individuelle adaptés,
- 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 irritantes (Xi)**

Par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, ces substances et préparations peuvent provoquer une réaction inflammatoire. Parmi ces produits se rencontrent également les sensibilisants, susceptibles de déclencher des allergies.

- **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 laveur oculaire à proximité des lieux à risque (cf. Encadré X).

3.2. 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 lors de la manipulation de ces produits, sous l'effet d'un choc, d'un frottement ou d'une élévation de température.

Des mesures de prévention s'imposent :

- employer la plus faible quantité possible de matière,
- installer l'appareillage dans une sorbonne,
- ajouter un écran pare-éclats entre l'appareil et la vitre de la sorbonne,
- porter un écran facial.

- **Substances et préparations extrêmement inflammables (F+), facilement inflammables (F) et 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.

19. Manipulation des substances génotoxiques utilisées au laboratoire. ED 769, INRS, 2001.



Température d'auto-inflammation : température minimale pour laquelle un mélange de vapeurs dans l'air, en proportion convenable, s'enflamme spontanément.

Domaine d'explosivité : c'est le domaine de concentrations de vapeurs dans l'air dans lequel il peut y avoir combustion ou explosion. Les bornes de ce domaine sont constituées par la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE).

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 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 (triangle du feu). Les mesures de prévention de ces risques auront pour but de supprimer un de ces facteurs 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 et des brûleurs électriques (utiliser de préférence des bains-marie, des bains d'huile, des plaques chauffantes ou des chauffe-ballons électriques) ou les tenir à l'écart dans des zones bien définies et balisées.
- Avoir une installation électrique ne produisant ni étincelle, ni dégagement de chaleur susceptible d'entraîner l'inflammation du produit utilisé (matériel électrique de sécurité, dont les réfrigérateurs).
- Ne pas déposer de produits chimiques inflammables à proximité d'une source de chaleur (four, étuve, bain de sable, bain-marie, radiateur électrique, banc Kofler, emplacement ensoleillé).

Suppression, isolement du combustible ou dilution dans l'air

- Remplacer (dans la mesure du possible) 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 en dessous de la LIE.
- Vérifier l'absence de fuite de l'installation en utilisant un dispositif d'alarme (explosimètre, détecteur de fuite).
- Limiter le stock.
- Placer les liquides inflammables dans des enceintes de sécurité (armoires de stockage, local adapté, récipients...).
- Utiliser des liquides inflammables conditionnés en bidons métalliques ou en verre sous enveloppe plastique pour supprimer le risque de casse ou en limiter les conséquences.
- Eviter 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 comburantes (O)

Un produit comburant est souvent 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 spontanément ou 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'il est possible de le faire dans les conditions choisies,
- que le mélange restera stable pendant toute la durée nécessaire,
- qu'on ne s'est pas trompé dans les réactifs.

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 (N_2O) et autres gaz comburants ne doivent pas être graissés ou huilés avec des produits combustibles.

- **Substances et préparations réagissant au contact de l'eau (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) (exemple : 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) (exemple : hydrures alcalins (dégagement d'hydrogène)).

Il convient de ne pas exposer ces produits à l'air qui est toujours plus ou moins humide et d'opérer en condition anhydre, toujours progressivement et en surveillant l'apparition d'un éventuel dégagement gazeux. Ne pas les stocker inutilement, faire éliminer ou détruire le contenu des « vieux flacons » en suivant des procédures adaptées.

La présence de tels produits devra être soigneusement signalée en rappelant l'interdiction de l'usage d'eau en cas d'incendie. D'une manière générale, il faudra éloigner de cette zone toute présence d'eau.

3.3. 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.

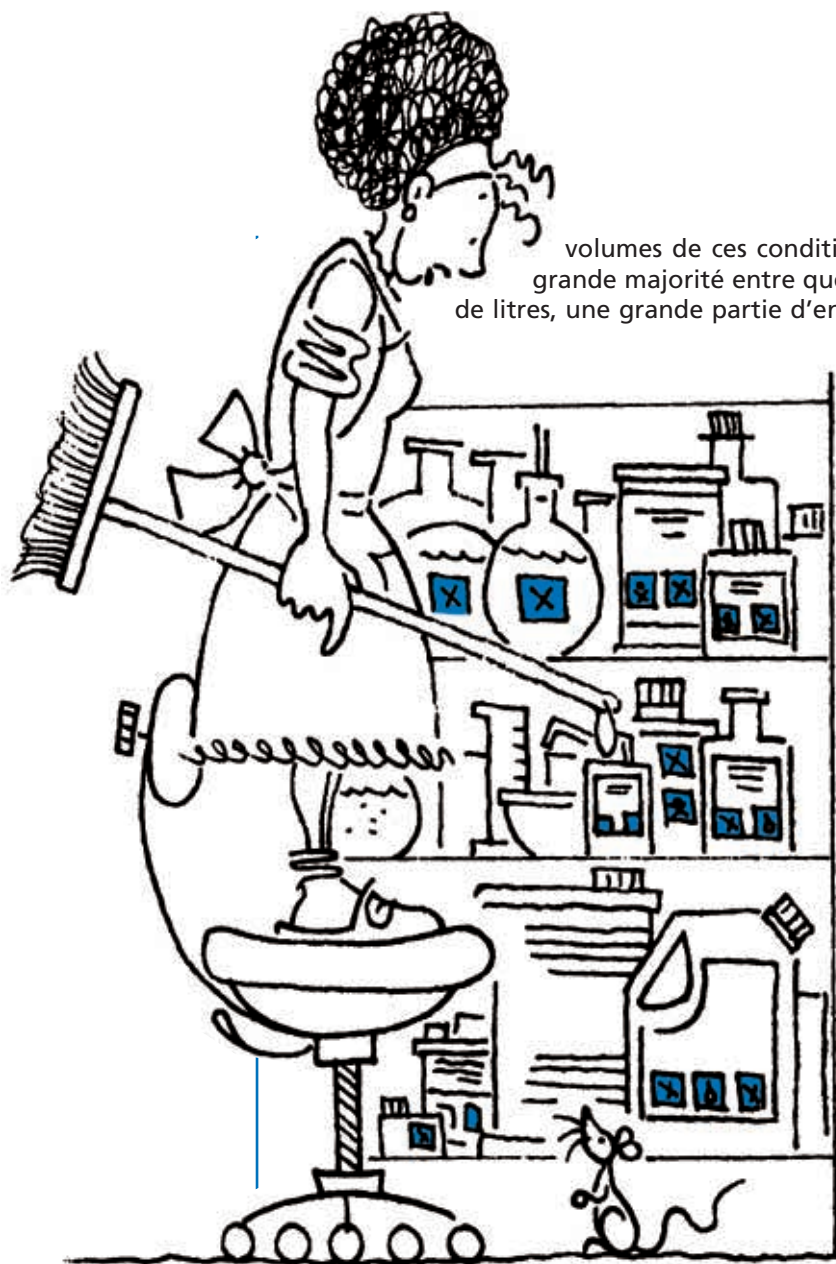
4. Stockage

Le stockage des produits chimiques a fait l'objet d'une note documentaire détaillée publiée par l'INRS²⁰.

Le travail dans un laboratoire de chimie se caractérise par le stockage d'un grand nombre de produits chimiques très divers conditionnés pour la plupart en petits volumes. Ces produits peuvent être solides, pulvérulents, pâteux, liquides, gazeux ou présentés en générateur d'aérosol. De plus, toutes les catégories de danger sont en général représentées. Les

20. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ND 2105, INRS, 1999.





volumes de ces conditionnements se répartissent dans leur grande majorité entre quelques millilitres et quelques dizaines de litres, une grande partie d'entre eux se situant autour du litre. La

diversité de leur nature et de leur forme (bidon, bouteille, ampoule, berlingot, caisse, boîte, sac...) ainsi que les différents matériaux d'emballage utilisés (verre, plastique, métal, carton, papier...) viennent encore compliquer ce tableau.

Cette activité de stockage génère des risques dont l'analyse permet de proposer des mesures de prévention adaptées. Les principaux risques sont :

- le risque d'incendie ou d'explosion,
- le risque de chute ou de renversement d'emballage,
- la fragilisation et la dégradation des emballages,
- l'augmentation des dangers présentés par les produits.

Le rangement de ces produits doit être basé sur la séparation des incompatibles et ne peut se faire simplement, par ordre alphabétique par exemple.

La note documentaire de l'INRS ND 2105 décrit ces règles de classement en détail.

5. Déchets²¹

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 inutiles, périmés, trop vieux, ayant perdu leur étiquette...

En aucun cas ces produits chimiques ne seront rejetés à l'évier ou dans une poubelle non adaptée, ce qui est interdit par la réglementation. 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. Avec elles, il faut décider de quelle façon neutraliser, séparer ou mélanger les produits (on ne peut mélanger plusieurs déchets que s'ils sont compatibles chimiquement et que si le mélange n'aboutit pas à la production d'un déchet plus difficile à traiter ou donne naissance à une réaction dangereuse). 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. Les agences de l'eau peuvent participer financièrement à l'élimination de certains déchets chimiques par le biais d'une convention.

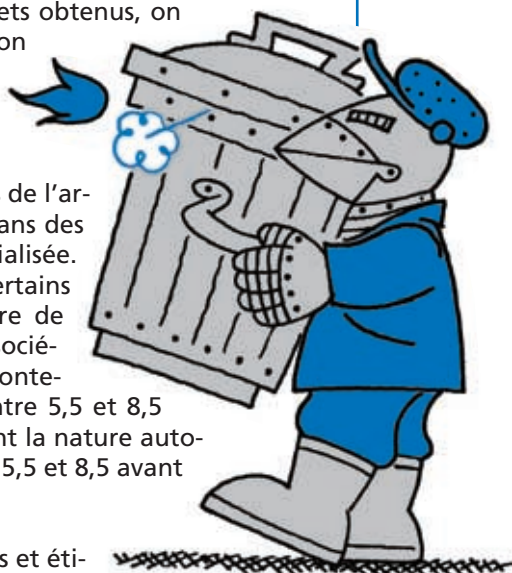


21. Le guide pour la gestion des déchets dans les établissements d'enseignement supérieur et de recherche, http://www.sdfp.lnet.fr/mini_site/gestion_dechet/textes/sommaire.htm.

En pratique, dans un laboratoire d'enseignement, on évitera les bidons « fourre-tout » destinés à recueillir les diverses solutions, les élèves ou les étudiants assimilant rapidement ces bidons à des poubelles et ne réfléchissant pas aux risques potentiels des mélanges qu'ils effectuent. Selon le type d'expérimentations réalisées et le type de déchets obtenus, on peut envisager différentes démarches. Une présentation des valeurs limites de concentration des différents ions dans l'eau potable permet d'amorcer une réflexion sur ce qu'il est possible de rejeter.

Les solutions contenant des ions cyanures, des composés de l'arsenic ou certains produits spécifiques seront stockées dans des bidons particuliers pour traitement par une société spécialisée. Les solutions contenant des sels ou des complexes de certains métaux lourds pourront être prétraitées au laboratoire de façon à réduire le volume du déchet à traiter par une société extérieure, donc le coût du traitement. Les solutions contenant des oxydants seront réduites et leur pH ajusté entre 5,5 et 8,5 avant rejet. Les solutions ne contenant que des ions dont la nature autorise le rejet devront être ajustées à un pH compris entre 5,5 et 8,5 avant rejet.

Les solides secs seront placés dans des conteneurs fermés et étiquetés avant d'être confiés à une société spécialisée. Les solvants organiques halogénés usagés seront stockés séparément des autres solvants organiques, le coût de destruction n'étant pas le même pour ces deux catégories. Dans certains cas, une distillation permet un recyclage partiel du ou des solvants et seuls les résidus de distillation seront alors à confier à une société spécialisée pour destruction. Les phases aqueuses pourront être concentrées pour limiter le volume à traiter par une société extérieure.





Matériels

1. Généralités

Le matériel expérimental sera toujours utilisé à ce pour quoi il a été initialement prévu et dans les limites fixées lors de sa conception. On évitera, tant que faire se peut, l'utilisation d'appareils conçus pour un usage domestique et sinon, on s'assurera qu'elle n'entraîne pas de risques dans les conditions prévues.

Disposer de matériel adapté aux opérations expérimentales nécessite une bonne définition du cahier des charges avant la commande et le respect de celui-ci par le service chargé des achats. Avant toute acquisition, outre la réflexion nécessaire à la définition du cahier des charges, on s'interrogera sur les besoins induits par ce nouveau matériel en termes :

- d'infrastructure (dimensions, charge au sol...),
- de fluides,
- de contraintes d'exploitation,
- de maintenance,
- de fonctionnement.

Lors de la réception du matériel ou d'une installation, on veillera à ce que le fournisseur donne le dossier de sécurité du matériel, rédigé en français.



2. Verrerie

Risques : le bris de la verrerie, du à la fragilité du matériel aux chocs mécaniques et thermiques ou à la pression interne, peut entraîner des blessures par des éclats de verre, l'épandage de produit dangereux, une réaction dangereuse due à une rupture de confinement. Les coupures sont les accidents les plus fréquents en salle de travaux pratiques.

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

- privilégier les récipients en plastiques techniques (polyéthylène, polypropylène) s'ils sont compatibles avec le produit manipulé et l'opération à effectuer,
- utiliser de la verrerie spéciale résistant aux chocs thermiques, type Pyrex®, Duran®,



- 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 béchers, 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 :

- interposer un matériau capable de répartir la chaleur (exemple : grille métallique) lors du chauffage sur une flamme nue de récipients en verre tels que ballons, béchers ou erlens ; ce mode de chauffage est à éviter,
- chauffer un tube à essai en l'agitant dans la flamme (en prenant soin de ne pas diriger l'extrémité du tube vers d'autres personnes),
- 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 PTFE²² ou un bouchon en matière plastique.



Avant d'introduire un tube en verre dans un bouchon en caoutchouc, il faut vérifier qu'il est bordé (bords fondus dans une flamme) ; ensuite lubrifier l'extrémité du tube et le bouchon, enfoncer le tube doucement en tournant et en se protégeant les mains avec 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 le projeter ou provoquer son éclatement : employer de l'air à faible pression (0,1 bar).

22. PTFE : polytétrafluoroéthylène (Téflon ®...).



Le rangement du matériel se fera avec soin. Si le matériel est disposé sur des étagères, celles-ci devront être équipées d'un rebord qui évitera les chutes. 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 un récipient spécial ; 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 au 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.

3. Réfrigérant

Risques : *émanations de vapeurs hors du montage suite à un oubli ou à une coupure de l'alimentation en eau, le réfrigérant ne refroidissant plus. Inondation suite à la rupture ou au détachement d'un tuyau.*

Les réfrigérants équipant les réacteurs ou les appareils de distillation fonctionnent souvent par circulation d'eau froide provenant d'un robinet. Les tuyaux en caoutchouc doivent être correctement fixés (des colliers de serrage peuvent être utilisés). Il faut vérifier l'absence de pliure après leur mise en place. Ils doivent être remplacés régulièrement et dès que des signes de vieillissement apparaissent (fissures, durcissement...).

On veillera à ne pas mettre un débit trop important pouvant entraîner des ruptures. On pourra prévoir la mise en place d'un contacteur manométrique. On peut également utiliser un liquide réfrigérant en circuit fermé pour lequel il faudra assurer un contrôle permanent de la température et de la viscosité.

4. Pipette

Risques : *avaler un liquide toxique ou corrosif, coupure.*

Pour éviter tout accident :

- proscrire le pipetage par aspiration à la bouche,
- employer une poire d'aspiration ou une pompe manuelle adaptable sur la pipette. Pour certains réactifs utilisés de façon répétitive, on peut adapter un distributeur automatique sur le flacon,
- attention au risque de coupure, ne pas trop enfoncer les pipettes dans les poires (risque de bris au montage ou au démontage).

5. 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. On limitera l'emploi des pissettes à des liquides très utilisés en évitant autant que possible les liquides volatils, inflammables ou susceptibles d'interagir avec le polymère constitutif de la pissette. On veillera à leur étiquetage.



6. Appareil à flamme et brûleur électrique

Risques : *l'emploi d'un appareil à flamme (bec de gaz, chalumeau, appareil d'analyse à flamme) ou d'un brûleur électrique peut entraîner des brûlures par contact direct ou provoquer un incendie 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 la concentration en vapeurs dans l'atmosphère ne soit jamais supérieure à la LIE.

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

Enfin, il faut utiliser exclusivement des tuyaux souples d'alimentation en gaz de marque NF et respecter leur date de péremption.

7. Bains chauds 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 verre borosilicaté (Pyrex®, Duran®),
- 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. Prévoir des gants de protection thermique et des lunettes appropriées.

8. Bains froids

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

Un contact prolongé est dangereux. Il ne faut jamais tremper les doigts dans un bain cryogénique (exemple : azote liquide ; acétone + glace car-



bonique). 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 et des lunettes de sécurité.

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 garder à l'esprit 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.

9. 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 de verrerie, d'une poudre obtenue en filtrant une suspension par exemple).

Hormis l'eau, toutes 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 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.

Le cas du stockage de produits chimiques dans une étuve est traité spécifiquement dans la note documentaire de l'INRS ND 2105²³.

10. Réfrigérateur

Risques : *les réfrigérateurs de type ménager ne sont pas adaptés au stockage de produits chimiques dégageant des gaz ou des vapeurs inflammables. En cas d'émission de vapeurs, une explosion peut être déclenchée par une étincelle produite par le thermostat ou le dispositif d'éclairage interne. 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,



23. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ND 2105, INRS, 1999.



- ne stocker qu'en récipients correctement fermés, c'est à dire capables de résister à une surpression ou une dépression modérées,
- veiller à la bonne stabilité des récipients stockés,
- utiliser un appareil de réfrigération dont le bon fonctionnement est facilement contrôlable de l'extérieur (affichage de la température en façade, alarme).

Le cas du stockage de produits chimiques dans un réfrigérateur ou un congélateur est traité spécifiquement dans la note documentaire de l'INRS ND 2105²⁴.

11. Autoclave

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

En tant qu'appareils à pression, les autoclaves (réacteurs chimiques sous pression) sont soumis à des contrôles et épreuves périodiques²⁵. Leur utilisateur doit avoir reçu une formation spécifique.

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 réactifs et des produits de réaction,
- 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 ; 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),

24. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ND 2105, INRS, 1999.

25. Equipements sous pression. Guide d'application de l'arrêté du 15 mars 2000. APAVE, Paris, 2000.



- 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, et plus généralement dans toutes les réactions exothermiques, l'agitation du contenu de l'autoclave est extrêmement importante pour prévenir 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 doivent être 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.

12. Évaporateur rotatif

Risques : *implosion, rejet de polluants dans le circuit d'eau.*

La mise en dépression d'un évaporateur rotatif entraîne des contraintes importantes sur cet appareillage, contraintes pouvant être à l'origine d'une implosion en cas de faiblesse préexistante (éclat, fêlure) ou de choc. L'évaporation des solvants concentre les espèces chimiques présentes dans le ballon évaporateur avec parfois risque d'explosion. Lorsque la dépression est obtenue par une trompe à eau, il existe également un risque de passage du produit en cours d'évaporation dans le circuit d'eau. Pour éviter ces risques, on prendra les mesures préventives suivantes :

- entourer l'appareil d'un filet, d'une jupe textile ou de bande adhésive, le disposer dans une sorbonne (écran frontal baissé),
 - brancher l'appareil sur une pompe à membrane protégée par un piège.
- Voir également § 5.8.

13. 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.

L'inertage est à prévoir si des substances inflammables sont introduites dans l'appareil.

14. Bouteilles de gaz

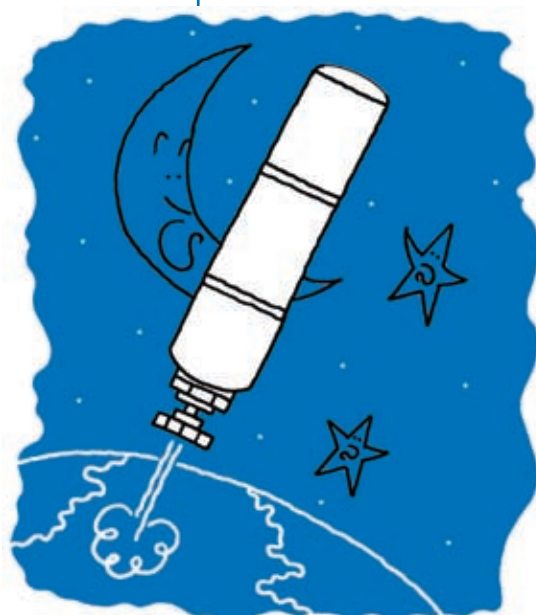
Risques : chute du cylindre ; intoxication ou asphyxie en cas de fuite du robinet ; propulsion du cylindre en cas d'arrachement de la tête.

Pour éviter tout accident :

- enlever le manomètre et remettre la protection de tête avant tout déplacement,
- 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 (au 2/3 de leur hauteur) à un mur ou sur un chariot conçu spécialement pour cet usage,
- porter un appareil de protection respiratoire pour toute mise en service d'une bouteille de gaz toxique (ex : chlore, sulfure d'hydrogène, arsine, diborane...),
- ne jamais forcer le robinet d'ouverture,
- 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 dangereux²⁶ à l'extérieur, dans un local adapté, la distribution à l'intérieur du bâtiment s'effectuant au moyen d'un réseau de canalisations ; l'avantage de cette solution est d'éviter le stockage à l'intérieur des locaux ; son inconvénient est de multiplier les zones où peut se produire une fuite sur l'installation et de rendre sa surveillance plus difficile ; pour des opérations ponctuelles et temporaires, le stockage peut être effectué à l'intérieur du laboratoire, dans une zone réservée, correctement ventilée et balisée (on privilégiera alors les bouteilles de petite taille),
- respecter les durées de vie des bouteilles. Une ré-épreuve périodique (période fonction du gaz contenu) est obligatoire ; une rondelle au col de la bouteille indique la date de la dernière ré-épreuve.

Pour des manipulations utilisant de faibles quantités de certains gaz dangereux, le recours à un générateur peut constituer une mesure de prévention.

La fuite d'un gaz asphyxiant (gaz neutre tels l'azote ou l'argon) peut rendre l'atmosphère d'un local non respirable par diminution de la concentration en oxygène nécessaire à la vie. 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. Une attention particulière sera portée aux locaux dans lesquels sont mis en œuvre des produits asphyxiants sous forme cryogénique (azote liquide par exemple) car les récipients non clos relarguent naturellement dans l'atmosphère de ces locaux, pouvant entraîner un appauvrissement rapide de l'air ambiant en oxygène (le coefficient d'expansion de l'azote lors du passage de la forme liquide à la forme gaz à température ambiante est de l'ordre de 700 !).



26. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ND 2105, INRS, 1999.

On notera par ailleurs que, lors du transport d'une bouteille de gaz ou d'un conteneur de fluide cryogénique à l'aide d'un ascenseur ou d'un ascenseur de charges, l'opérateur ne doit pas voyager avec la bouteille ou le conteneur afin d'éviter tout risque d'asphyxie en cas de fuite de la bouteille et de panne de l'ascenseur.

15. Installation électrique, appareils électriques

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

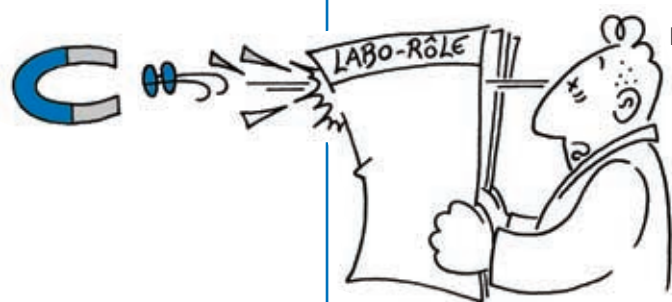
La conformité à la réglementation²⁷ (choix du matériel, mises à la terre, vérifications...) permet de réduire ces risques.

Les paillasse doivent être équipées d'un nombre suffisant de prises protégées contre les projections 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. Leurs moteurs sont généralement générateurs d'étincelles et ils 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 sécurité²⁸.

16. Emetteurs de rayonnement non ionisant



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

16.1. Emetteurs d'ondes et rayonnements électromagnétiques²⁹

- Emetteurs de champs électromagnétiques statiques (aimants...)

Risques : *principalement pour les porteurs de pacemaker (risque de dérèglement) et d'implants métalliques (risque de brûlures et de lésions par déplacement).*

A partir d'un certain seuil de puissance rayonnée, les personnes porteuses d'implant 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.

27. Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques. ED 723, INRS, 2003.

28. Les installations et équipements électriques dans les zones à risque d'explosion. ED 748, INRS, 2001.

29. Champs électriques, champs magnétiques, ondes électromagnétiques. Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur. ED 785, INRS, 2002.



Un affichage devra rappeler cette interdiction. Pour les appareils de RMN, un marquage au sol de la zone où le champ magnétique est supérieur à 5 mT est recommandé. Les postes de travail permanents seront à l'extérieur de ce périmètre.

- **Emetteurs de 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 porteuses d'implant ou les femmes enceintes, à partir d'un certain seuil de puissance, on conseille de les éloigner des sources de rayonnement.

- **Emetteurs de 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.

16.2. Emetteurs de rayonnements optiques incohérents et cohérents

- **Emetteurs de rayonnement ultraviolet, visible, infrarouge (stérilisation microbiologique, spectrographie, fluorescence, photochimie, arcs électriques, chauffages...)**

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

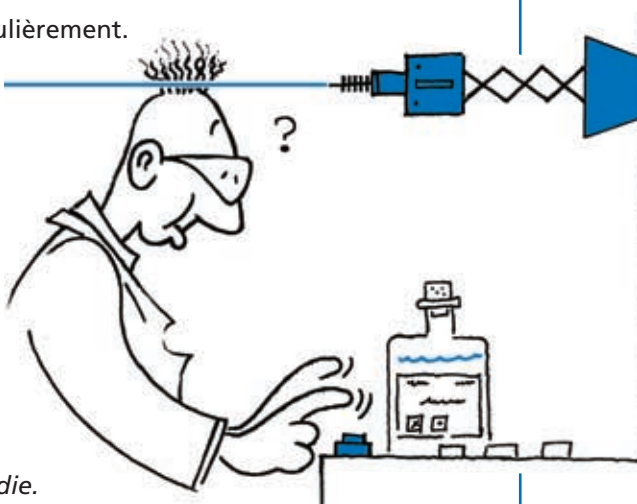
Les sources devront être contrôlées régulièrement.

Les réflexions des rayonnements devront être réduites par une conception appropriée des locaux et des surfaces. 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.

- **Emetteurs de 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. Cette classe permet de déterminer l'exposition maximale permise. Les sources devront être contrôlées



régulièrement et les réflexions des rayonnements devront être réduites par une conception appropriée des locaux et des surfaces. Les opérateurs se muniront de protections individuelles, notamment de lunettes adaptées à la longueur d'onde du rayonnement.

L'axe du faisceau incident ne devra jamais se trouver dans la trajectoire d'une ouverture (fenêtre ou porte) et ne pas être à hauteur des yeux. Le faisceau sera « capoté » à chaque fois que cela sera techniquement possible. Les appareillages seront solidement fixés à leur support ou au sol. Un signal visuel extérieur indiquera le fonctionnement du laser de manière à prévenir les éventuels visiteurs. Le fonctionnement d'un laser de forte puissance pourra être asservi à l'ouverture de la porte du local l'abritant. On peut également prévoir de commander le fonctionnement d'un laser à distance (soit en aménageant une surface vitrée adaptée au faisceau pour un local contigu, soit en équipant le local laser d'une caméra de contrôle). Les opérations de réglage d'un laser de forte puissance peuvent être réalisées à l'aide d'un laser de faible puissance.

17. Emetteurs de rayonnement ionisant

17.1. Généralités

Les rayonnements ionisants sont des rayonnements pouvant provoquer des effets à court terme (dont des brûlures) en cas d'irradiation accidentelle grave, induire des effets somatiques tardifs (dont des cancers) et enfin des effets génétiques et tératogènes.

Risques : *irradiation, contamination.*

L'irradiation peut-être externe lorsque le rayonnement provient d'une source extérieure à l'organisme ou 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 le plus souvent externe mais parfois interne si le radionucléide impliqué franchit rapidement la barrière cutanée.

L'utilisation d'appareils émetteurs de rayonnement ionisant et la détention de sources sont strictement encadrées par la réglementation³⁰.

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 et lui faire suivre la formation obligatoire appropriée,
- donner aux utilisateurs les instructions nécessaires,
- veiller à ce que les contrôles périodiques prévus par la réglementation soient effectués,
- déterminer les zones contrôlées et surveillées autour de la source,
- déterminer la durée d'exposition maximale acceptable,
- mettre en place une dosimétrie d'ambiance et une dosimétrie individuelle,
- 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.



30. Les rayonnements ionisants. Aide-mémoire juridique. TJ 17, INRS, 2001.



Risques liés à l'utilisation de sources non scellées* (molécules marquées, traceurs...)

Accidentellement disséminée, une source non scellée 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 »,
- choisir un radioélément de demi-vie la plus courte possible et de faible énergie,
- 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,
- stocker les produits « chauds » dans un placard fermé à clef et signalé,
- tenir un registre des entrées et sorties ainsi que des quantités utilisées pour chaque manipulation.

* Fiches techniques de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées. INRS, FRP 1 à 51.

17.2. Générateur de rayons X (radiologie, fluorescence X, diffraction 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.

17.3. Appareils utilisant des sources scellées (radiologie, appareils d'analyse, générateurs à neutrons)

Une source scellée est un émetteur de rayonnement ionisant 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,
- restituer les sources au fournisseur au bout de 10 ans.



Questions - Réponses

1. Existe-t-il une liste de produits chimiques interdits ?

Il n'y a pas de produits interdits, mais l'obligation d'évaluer les risques avant toute expérience de façon à les réduire et à prendre les mesures préventives adaptées. La première de ces mesures peut être le remplacement d'un produit jugé excessivement dangereux pour l'opérateur ou l'environnement en regard avec l'apport pédagogique que représente son utilisation. Toutefois, pour ce qui concerne le benzène, le ministre chargé de l'Éducation nationale, par voie de note de service (n° 93-209 du 19 mai 1993 BO n° 18 du 27 mai 1993), en a interdit l'utilisation dans les collèges et les classes d'enseignement général des lycées.

Par ailleurs, les articles R. 234-20 et R. 234-21 du code du travail listent un certain nombre de produits dont la manipulation est interdite aux mineurs. Des dérogations, individuelles et renouvelables chaque année, peuvent être accordées par l'inspecteur du travail en vertu de l'article R. 234-22 qui prévoit que « Ces autorisations sont accordées par l'inspecteur du travail, après avis favorable du médecin du travail ou du médecin chargé de la surveillance des élèves ; en outre, une autorisation du professeur ou du moniteur d'atelier est requise pour chaque emploi. L'autorisation est réputée acquise si l'inspecteur du travail n'a pas fait connaître sa décision dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande complète, envoyée par lettre recommandée avec demande d'avis de réception et comportant l'avis favorable du médecin et du professeur ou du moniteur responsable... »

2. Pour les lycées et collèges, existe-t-il une liste de manipulations interdites ?

Il n'y a pas de listes de manipulations interdites, mais l'obligation d'évaluer les risques avant toute expérience de façon à les réduire et à prendre les mesures préventives adaptées. Certaines manipulations ayant conduit à un accident, suite notamment à une mauvaise évaluation des risques, peuvent avoir été interdites par circulaire ou note de l'administration.

3. Où peut-on trouver une fiche de données de sécurité (FDS) ?

La FDS d'une substance dangereuse ou d'une préparation contenant plus de 1 % en poids (liquide) ou 0,2 % en volume (gaz) d'une substance présentant un danger pour la santé ou l'environnement ou une substance pour laquelle a été établie une valeur limite d'exposition européenne doit être fournie gratuitement au client ayant acheté ce produit. En pratique, elle accompagne souvent le produit mais peut également être envoyée au chef d'établissement ou au responsable de la comman-

de. La reconstitution des procédures d'achat de l'établissement devrait permettre de déterminer le ou les points d'arrivée des FDS et de les regrouper pour en effectuer une exploitation centralisée. Les FDS de certains fournisseurs de produits chimiques sont accessibles sur des serveurs informatiques (minitel, Internet) ; ces fournisseurs doivent alors être en mesure d'assurer gratuitement à leur client, sur simple demande, l'envoi de la fiche éditée sur papier.

4. Un produit n'ayant pas de fiche de données de sécurité est-il sans danger ?

Non, la rédaction et l'envoi d'une FDS sont obligatoires pour tous les produits chimiques (hors médicaments et cosmétiques) contenant plus d'une certaine quantité de substances dangereuses. Cette opération est de la responsabilité du fournisseur du produit. Si la FDS n'a pas été égarée et s'il ne s'agit pas d'un oubli de la part de ce fournisseur, l'absence de FDS peut faire conclure que, dans l'état actuel des connaissances, ce produit est considéré comme peu dangereux, aucun produit chimique ne pouvant être considéré comme « sans danger ». La mention « produit non dangereux » est d'ailleurs interdite par la réglementation.

5. Quelle est l'utilité de la blouse ?

La blouse constitue un vêtement de travail qui, outre son rôle de premier écran destiné à protéger d'éventuelles projections et de la chaleur en cas de feu, permet de limiter la pollution des vêtements personnels. Ceci évite donc le transport dans d'autres lieux (classes, domicile...) d'éventuels polluants et diminue en conséquence le risque d'intoxication de l'élève ou de l'étudiant et de son entourage. Le port de la blouse présente également l'avantage de protéger les effets personnels de la dégradation par les produits chimiques manipulés.

6. Le port des lunettes est-il obligatoire ?

Dans un laboratoire d'enseignement en chimie, le port systématique, par tous les acteurs présents, de lunettes de sécurité destinées à protéger d'éventuelles projections (liquides, poudres, verre et autres débris générés par une explosion...) est indispensable. On gardera à l'esprit que les yeux sont particulièrement fragiles et exposés, que des lunettes protègent l'opérateur de ses propres « malades » mais aussi de celles de ses voisins, ce qui justifie un port systématique et permanent lors du travail dans le laboratoire ou la salle de travaux pratiques.

7. L'utilisation systématique des gants est-elle obligatoire ?

Le port de gants n'est pas systématiquement nécessaire au laboratoire. Le port et la nature des

gants employés dépendront avant tout de l'analyse des risques effectuée préalablement à la manipulation. Si un risque par contact cutané est mis en évidence, des gants adaptés notamment aux caractéristiques du produit manipulé et au mode de contact possible avec ce produit devront être utilisés (cf. Encadré VII). On gardera à l'esprit qu'une utilisation sans nécessité, irréfléchie ou non adaptée de gants peut entraîner des problèmes, cutanés notamment, ainsi que la dispersion d'une contamination (chimique, biologique ou radioactive) présente sur les gants.

8. Quelle est la réglementation concernant l'équipement obligatoire au niveau de la ventilation dans une salle de TP de chimie ?

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la ventilation des laboratoires ou des salles de travaux pratiques qui constituent, au sens de la réglementation concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail, des locaux à pollution spécifique. La concentration en polluants émis dans l'atmosphère de ces locaux doit donc être maintenue la plus basse possible, et en deçà des valeurs limites d'exposition professionnelle lorsqu'elles existent. Pour réaliser cet objectif, on peut utiliser divers dispositifs dont le plus efficace et polyvalent est la sorbonne de laboratoire (cf. § 6.1.1. et Encadré VIII).

9. Quels sont les équipements obligatoires dans une salle de travaux pratiques de chimie ?

Il n'y a pas d'équipement obligatoire mais les guides d'équipement publiés pour chaque type de section donnent des informations sur ce qu'il convient de prévoir comme équipement dans chaque type de salle d'enseignement.

10. Quels sont les risques encourus lors de l'utilisation de verrerie ?

Le risque essentiel reste la coupure, notamment aux mains, lors de la réalisation des montages, la manipulation, la vaisselle. Attention à l'opération consistant à enfiler un tube ou une canne en verre dans un bouchon ou un raccord caoutchouc, ou une pipette dans une poire, à l'origine de nombreux accidents graves aux mains (tendons ou nerfs sectionnés) ! En cas d'explosion, les éclats de verre peuvent également être à l'origine de blessures graves (yeux, visage...).

11. Le gaz est-il interdit dans les collèges et les lycées ?

Le gaz et les becs bunsen n'ont jamais été interdits mais le coût élevé de la maintenance des réseaux de distribution a amené certaines collectivités territoriales à faire le choix de supprimer le gaz dans des établissements dont elles avaient la charge. Par contre, la Direction de la défense et de la sécurité civile a rappelé l'interdiction d'utiliser des brûleurs installés sur des cartouches de gaz dans les salles d'enseignement¹.

Enfin, il faut se méfier des becs électriques qui ont provoqué des accidents, le jet d'air très chaud n'étant pas visible.

12. Y a-t-il une réglementation pour ranger les produits chimiques dans les armoires ?

Il n'existe pas de réglementation prescrivant la façon dont doivent être rangés les produits chimiques dans un laboratoire. Les mesures préconisées sont des mesures de bon sens dictées par l'évaluation des risques qu'entraîne la présence de ces produits et basées sur la séparation physique des produits incompatibles (cf. § 6.1.4. et Note documentaire de l'INRS ND 2105).

13. Les armoires ventilées sont-elles obligatoires pour stocker les produits chimiques ?

Non, les armoires ventilées sont à réserver au stockage des produits émissifs. Elles peuvent être ventilées soit mécaniquement soit naturellement. Dans les deux cas, l'extraction haute sera raccordée à l'extérieur. Le stockage devant s'effectuer en récipients fermés, et aucun transvasement ne devant avoir lieu dans les armoires, le niveau d'émission dans celles-ci doit généralement rester très faible.

14. Comment se débarrasser de résidus de réaction ?

En concertation avec l'entreprise chargée de la collecte des déchets chimiques de l'établissement, il faut intégrer en fin de chaque expérience une démarche de tri, de neutralisation et de réduction des volumes à faire traiter à l'extérieur basée sur les grandes lignes directrices données au § 3.5.

15. Que faire des bouteilles de gaz vides ?

Lorsque la nature du contenu et le fournisseur sont connus, la solution la plus simple est de s'adresser au fournisseur qui est généralement propriétaire de la bouteille et donc tenu de la reprendre. Lorsque le fournisseur ou le contenu sont inconnus, on s'adressera à une société spécialisée dans la collecte et le traitement des produits chimiques dangereux.

16. Qui doit nettoyer les salles de travaux pratiques dans les collèges et lycées ?

Au terme de la circulaire n° 98-115 du ministère de l'Éducation nationale², le nettoyage des matériels et des paillasse est assuré par les aides de laboratoire. Les autres interventions (sols, vitres, tableaux...) relèvent des personnels d'entretien. Le nettoyage des salles d'accès restreint (réserves, salles de préparations...) doit être effectué par des personnels techniques de laboratoire. Il appartient au chef d'établissement d'organiser l'articulation des interventions de ces différents personnels pour assurer le nettoyage des salles et des appareils.

1. DDSC - PV CCS n° 09/98 du 3 décembre 1998.

2. du 26 mai 1998, BO n°23 du 4-6-1998.



Opérations classiques

1. Mode opératoire

Risque : *réaction inattendue dangereuse*³¹.

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.
- 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.

2. Pesée

Risques : *intoxication, contamination du laboratoire.*

Si le pesage ordinaire peut se faire dans le laboratoire, certaines pesées nécessitent un environnement particulier du fait notamment des dangers ou des propriétés physico-chimiques du produit à peser (poudres fines, légères ou se chargeant électrostatiquement, liquides volatils).

Le lieu où est effectuée la pesée sera de préférence à l'abri des courants d'air et aveugle, de façon à éviter les perturbations induites par les variations de l'éclairage extérieur. Il sera équipé en fonction des risques dus aux produits pesés. Les balances comporteront un capotage pouvant également englober les contenants des produits à peser. La couleur du plan de travail pourra être choisie de façon à mieux visualiser les éventuelles pollutions. On prévoira une ventilation générale, éventuellement complétée par des captages localisés sur le capotage des balances. Ces équipements peuvent ne pas fonctionner en permanence mais seulement en cas de besoin. Pour les produits les plus dangereux (très toxiques, cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction), les balances pourront être placées dans des boîtes à gants.

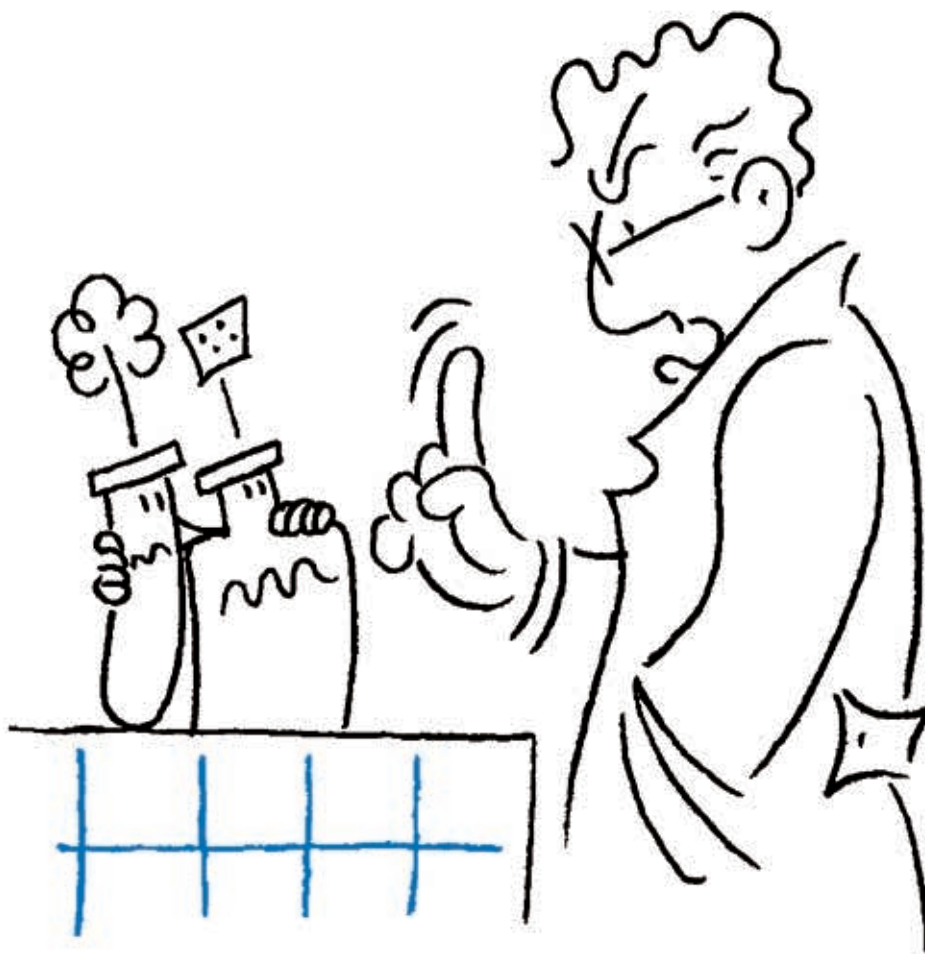
3. Mélange de produits, préparation d'une solution, addition d'un produit

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.



31. Réactions chimiques dangereuses. ED 697, INRS, 2003.



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 § 5.4. Réaction exothermique).

4. 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, d'un bain d'huile 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.

5. 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 en fonctionnement 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 gaz³² 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 vase clos (type boîte à gants ventilée) ou en portant un appareil de protection respiratoire.

6. Transvasement

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

Pour prévenir les accidents, il faut :

- employer une pompe pour les conteneurs 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 résistant 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,
- penser à éviter l'accumulation des charges électrostatiques, mettre à la terre les bidons métalliques si nécessaire.

7. Siphonnage d'un liquide

Risques : *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.



32. La détection des gaz et vapeurs dans l'atmosphère des locaux de travail. ED 894, INRS, 2002.

8. 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 évitera ainsi la verrerie non adaptée (paroi mince, fond plat) et on utilisera 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, on évitera de les déplacer. 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 son 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 le robinet 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 qui devrait être systématique. Pour les distillations sous vide, l'emploi d'un tube capillaire laissant entrer un peu de gaz 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 évitera l'utilisation de trompes à



eau et on utilisera un piège efficacement refroidi placé entre la pompe et l'appareil à distiller. Une telle disposition renforcera l'efficacité du dispositif et protégera les pompes employées. Ces pompes peuvent être de deux types principaux :

- 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 PTFE³³),
- 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. Ce piégeage peut être effectué au moyen de pièges utilisant de l'azote liquide ou un mélange acétone / glace carbonique.

On disposera sous sorbonne les pompes susceptibles d'émettre un brouillard d'huile nocif ou on captera ce brouillard à la source.

9. Opérations sous pression

Risques : éclatement de l'appareil avec projection d'éclats plus ou moins souillés, explosion, rupture de confinement pouvant entraîner une intoxication.

Parmi les opérations sous pression on citera par exemple les réactions en autoclave ou les chromatographies préparatives en colonne de verre. La mise en pression entraîne des contraintes importantes pour l'appareillage pouvant être à l'origine d'éclatement ou d'explosion.

On vérifiera soigneusement l'état du matériel avant son utilisation et on prévoira systématiquement un manomètre pour surveiller la pression appliquée.

Les récipients et appareils en verre mis sous pression seront placés dans un lieu où ils ne risquent pas de subir de choc, dans des sorbonnes (écran frontal baissé) ou derrière un écran pare-éclats.

Pour les réactions conduites en autoclave on se reportera au § 4.11.

10. Extraction en continu par un solvant

Risques : incendie, explosion.

Quand on extrait par chauffage en continu un composé chimique au moyen d'un solvant inflammable volatil, une surpression ou une fuite de vapeur peut être à l'origine d'un incendie :

- employer un chauffage tel qu'un bain-marie³⁴, un bain d'huile ou un chauffe-ballon équipé d'un thermostat de sécurité dont la température est juste suffisante pour assurer l'ébullition du solvant,
- placer les appareils dans une sorbonne,
- prévoir un extincteur manuel³⁵ (CO₂ ou poudre ABC).

33. PTFE : polytétrafluoroéthylène (Téflon ®...).

34. L'eau chaude d'un bain-marie suffit pour distiller des solvants extrêmement inflammables tel l'éther.

35. Les extincteurs d'incendie portatifs et mobiles. ED 802, INRS, 2000.



11. 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...),
- surveiller ou contrôler le débit d'eau de réfrigération. Utiliser un contacteur manométrique ou débitmétrique 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 résidu 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 peroxydables³⁶). Dans le cas d'une installation fixe, on prévoira une sonde de niveau commandant le chauffage. Dans le cas des distillations sous vide, il est recommandé d'attendre que la température du résidu de distillation soit retombée à la température ambiante avant de remettre le montage à la pression atmosphérique.

Prévoir un extincteur manuel quand on distille un liquide inflammable. Dans le cas d'installations importantes, il peut être fait le choix de la mise en place d'une détection incendie au-dessus de chaque colonne de distillation ; une attention particulière sera portée au choix du détecteur compte tenu de la nature des solvants distillés (la combustion de certains solvants étant parfaite, il faudra préférer un détecteur thermique ou thermovélocimétrique à un détecteur ionique³⁷).

12. Évaporation, séchage

Risques : dégagement de vapeurs toxiques et/ou inflammables.

L'évaporation d'un produit imbibé d'un liquide volatil peut s'effectuer à froid, par simple séchage à l'air ou mise sous vide.

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

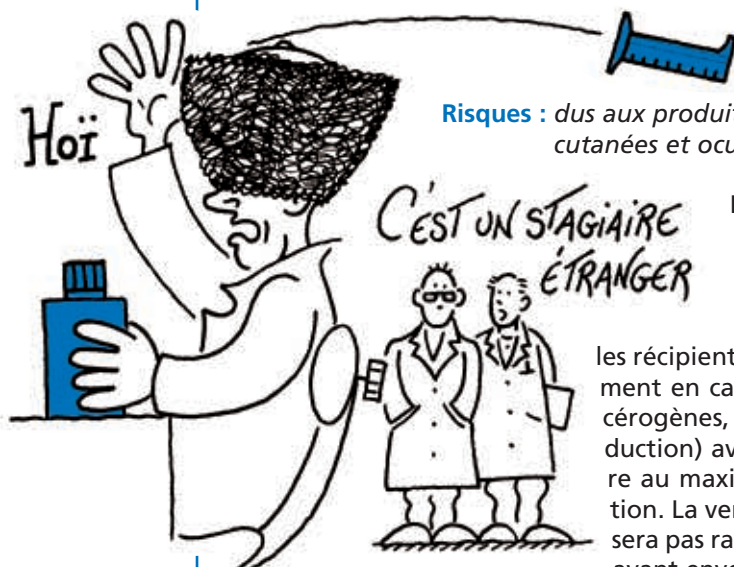
L'emploi d'une étuve est admissible, si le chauffage est indispensable, à condition qu'elle soit ventilée, reliée à une gaine d'aspiration des vapeurs et portée à une température modérée. Aucun point de l'enceinte ne doit dépasser la température d'autoinflammation du solvant évaporé. L'étuve

36. Identification et manipulation des composés peroxydables. ND 2163, INRS, 2002.

37. Incendie et lieu de travail. ED 789, INRS, 1999.



doit disposer d'un dispositif de consigne réglable coupant son alimentation électrique dès que la température de « sécurité surchauffe » consignée est dépassée et nécessitant un réarmement manuel ; le bon fonctionnement de l'étuve sera facilement contrôlable de l'extérieur (pour cela on peut prévoir l'affichage de la température en façade, complété par des systèmes d'alarme).



13. 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, cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) avant de les donner au lavage pour réduire au maximum les risques de contact ou d'inhalation. La verrerie endommagée lors du nettoyage ne sera pas rangée avec la verrerie propre mais remise avant envoi en réparation.

14. Transport des récipients de produits chimiques et des appareils

Risques : 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.

15. Au laboratoire de génie des procédés

Dans le cas particulier du laboratoire de génie des procédés, on peut considérer qu'on est dans une situation beaucoup plus proche de celle d'une installation industrielle que de celle d'un laboratoire classique. Une telle situation réunit, en plus des risques spécifiques aux différents matériels utilisés parfois aggravés par le changement d'échelle, tous les autres risques habituellement rencontrés dans l'industrie (risques électriques, physiques, mécaniques, dus aux manutentions, à la coactivité...). Il est également à noter que l'augmentation de taille d'une installation et consécutivement des quantités de produits chimiques manipulées peut la faire relever de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), réglementation qui pourra alors fixer des règles techniques très précises.





EPI (équipements de protection individuelle)

1. Généralités

Le recours aux équipements de protection individuelle ne doit être envisagé que lorsque les mesures d'élimination ou de réduction des risques s'avèrent insuffisantes ou impossibles à mettre en œuvre. La mise en place de dispositifs de protection collective est toujours préférable et prioritaire. Un équipement de protection individuelle (EPI) est un dispositif ou un moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité.

Un EPI doit présenter un marquage CE. Ce marquage, apposé par le responsable de sa mise sur le marché, est obligatoire et atteste que l'équipement est conforme aux exigences essentielles de la réglementation et qu'il satisfait aux procédures de certification qui lui sont applicables.

Les articles R. 233-1 à R. 233-1-3 et R. 233-42 à R. 233-44 du code du travail précisent les obligations des employeurs en matière d'EPI. Ils doivent être fournis gratuitement par le chef d'établissement qui assure leur bon fonctionnement et leur état hygiénique satisfaisant par les entretiens, réparations et remplacements nécessaires. Les conditions dans lesquelles ils sont mis à disposition et utilisés sont déterminées par le chef d'établissement, en fonction de l'analyse des risques liés au poste de travail et en tenant compte des performances de ces EPI. Leurs utilisateurs doivent être informés des risques dont ils protègent, des usages auxquels ils sont réservés et de leurs conditions d'utilisation. Le chef d'établissement doit également faire bénéficier les utilisateurs d'une formation adéquate.

Sur le plan pratique, il n'existe pas de protecteur individuel idéal qui permette de se prémunir contre l'ensemble des risques. Il n'existe donc pas d'EPI universel et l'EPI choisi doit être adapté au risque et à la situation de travail. Il doit de plus être adapté ou adaptable le plus possible à l'anatomie de l'utilisateur et perturber le moins possible les fonctions de communication, les échanges entre le corps et l'environnement (chaleur, transpiration) et les perceptions sensorielles (toucher, vision...) de façon à ne pas entraîner de gêne ou d'inconfort.

Ainsi, le choix des EPI résulte toujours d'un compromis entre le niveau de sécurité recherché et la nécessité de pouvoir exécuter sa tâche dans des conditions de confort correctes.

Les EPI doivent être hygiéniques et faciles à entretenir, les fabricants devant fournir avec leurs équipements un mode d'entretien et de nettoyage.

L'aspect de l'équipement joue un rôle essentiel dans son acceptation ou non, son esthétique (couleur, forme) contribuant directement à une meilleure acceptation et par conséquent à une meilleure protection de l'utilisateur.

Enfin, la durée de vie d'un EPI n'est pas infinie et il faut veiller à le remplacer lorsqu'il est détérioré ou lorsque sa date de péremption est dépassée.

En résumé, on retiendra qu'un EPI doit être marqué CE, qu'il doit être adapté au risque dont on cherche à se protéger et utilisé correctement par des utilisateurs formés spécifiquement. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que le port d'un EPI protège non seulement des risques liés à ses propres expériences mais également de ceux pouvant trouver leur origine dans les opérations des autres manipulateurs.

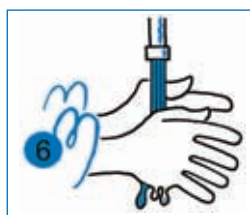
2. Les gants de protection contre les produits chimiques¹

La résistance d'un gant à un produit chimique est le résultat des propriétés spécifiques du couple produit chimique concerné/membrane constitutive du gant.



1. Pourquoi porter des gants et comment ôter les gants souillés. ED 883, INRS, 2002.





Même si l'on dispose de données sur la compatibilité entre les produits chimiques et les polymères dans lesquels sont réalisés les gants de protection, la résistance d'un type de gant ne peut être testée qu'au cas par cas à l'aide d'essais (pénétration et perméation) selon la norme européenne EN 374.

L'essai de pénétration, évaluant l'existence de porosité ou de micro-trous dans le gant, est un essai d'étanchéité du gant à l'air ou à l'eau. Son résultat reflète la qualité de la fabrication et la norme prévoit 3 niveaux de performance (1,2,3), le 3 étant le meilleur.

L'essai de perméation, évaluant la diffusion à l'échelle moléculaire du produit à travers le gant doit être réalisé pour chaque produit chimique. Son résultat est exprimé en indices de protection, fonctions du temps nécessaire pour atteindre un flux de perméation de $1 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$.

Temps de perméation (min)	Indice de protection
> 0	1
> 30	2
> 60	3
> 120	4
> 240	5
> 480	6

Outre le matériau constitutif du gant et son épaisseur, la durée de protection de l'utilisateur dépend également :

- de la concentration du produit chimique manipulé et de sa température,
- du mode de contact entre le gant et le produit chimique (contact occasionnel ou immersion),
- de la façon dont le gant est utilisé et de sa résistance aux sollicitations mécaniques (étirement, frottements...) auxquelles il est soumis.

En conséquence, le temps de perméation ne doit pas être assimilé à la durée de protection qui dépend des conditions d'utilisation. Il ne donne qu'une indication globale permettant de comparer différents modèles^{2,3}.

En résumé, un gant de protection devra être choisi en fonction du produit manipulé, des conditions d'utilisation de ce produit et de critères ergonomiques (taille adaptée, dextérité requise....). La durée de protection qu'il apporte est limitée dans le temps.

Outre un choix adéquat, une utilisation correcte des gants est également essentielle pour assurer une bonne protection des opérateurs. Les principes à retenir sont les suivants :

- ne porter des gants que pendant les opérations présentant un risque,
- ne mettre des gants que sur des mains propres et sèches,
- vérifier que les gants sont exempts de défauts,
- changer fréquemment de gants,
- changer les gants dès qu'ils sont abîmés,
- retirer les gants immédiatement après un contact anormal avec un produit dangereux,
- lors du retrait des gants, éviter de toucher l'extérieur des gants,
- après le retrait, se laver les mains et bien les sécher.

3. Les appareils de protection respiratoire

La démarche de choix est complexe et les solutions proposées multiples. On se reportera utilement au document ED 780 de l'INRS⁴.

Il faut noter que le choix d'un appareil de protection respiratoire doit se faire après s'être posé trois questions essentielles concernant les conditions d'intervention :

- Quelle est la teneur en oxygène ? Une teneur inférieure à 17 % ou inconnue doit conduire à utiliser un appareil isolant.
- Quelle est la nature et la toxicité des polluants ? Face à des produits très toxiques on choisira de préférence un appareil isolant ; dans les autres cas, la nature du polluant imposera le choix de la cartouche de protection (la couleur et le marquage de la cartouche indique le produit ou la famille de produits pour lequel la cartouche filtrante est efficace).
- Quelle est la concentration du polluant dans l'air ? Au-dessus de 2000 fois la valeur limite d'exposition professionnelle, on choisira de préférence un appareil isolant.

2. Krister Forsberg, Lawrence H. Keith. Chemical Protective Clothing - Permeation and Degradation Compendium. Lewis Publishers, 1995.

3. Krister Forsberg, S.Z. Mansdorf. Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing. John Wiley & sons, inc., 1997.

4. Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. ED 780, INRS, 2002.





1. Généralités

1.1. Ventilation

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la ventilation des laboratoires de chimie. Au sens de la réglementation concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail^{38,39}, un laboratoire de chimie est un local de travail à pollution spécifique. La concentration des polluants émis dans l'atmosphère de ce local doit donc être maintenue la plus basse possible, et en deçà des valeurs limites d'exposition professionnelle⁴⁰ lorsqu'elles existent.

Pour atteindre cet objectif, en plus d'une ventilation générale, on utilise des dispositifs de ventilation, d'encoffrement et de captage des émanations au plus proche de leur point d'émission. Le rejet est effectué à l'extérieur du bâtiment de laboratoire, à l'écart des prises d'air de compensation, après épuration éventuelle⁴¹. Au laboratoire de chimie, on utilise un certain nombre de dispositifs de ventilation localisée spécifiquement adaptés à la taille et au type des opérations effectuées et suffisamment polyvalents pour répondre à leur diversité. Ces dispositifs peuvent se présenter sous la forme de buses aspirantes, mobiles ou non, de tables ventilées et surtout d'enceintes ventilées⁴². Ces enceintes ventilées sont le plus souvent des sorbonnes de laboratoire mais d'autres dispositifs peuvent être utilisés, par exemple :

- des boîtes à gants, assurant une protection totale, lorsque l'analyse des risques montre que la toxicité des substances susceptibles de se dégager est telle que la protection apportée par une sorbonne risque d'être insuffisante (produits très dangereux) ou lorsque la manipulation doit avoir lieu en atmosphère contrôlée ; certaines boîtes à gants sont ventilées et nécessitent la présence de gaines de ventilation spécifiques ;
- des hottes à recirculation (ou ETRAF⁴³), en assurant un suivi rigoureux et le remplacement du filtre lorsque c'est nécessaire. L'air filtré étant recyclé dans le laboratoire, on ne les choisira pas en priorité et on réservera leur utilisation à des opérations de même type dégageant des produits connus comme efficacement adsorbés par un filtre adapté (il existe différents filtres selon la nature chimique des produits à retenir).

A noter que les ventilateurs de ces dispositifs d'extraction (excepté dans le cas des ETRAF) doivent être de préférence disposés en toiture afin de limiter le bruit, d'avoir un réseau d'extraction en dépression et d'éviter la réintroduction de polluants dans les locaux (la disposition en façade n'est acceptable que sur des façades « aveugles »).

38. Aération et assainissement des lieux de travail. Aide-mémoire juridique. TJ5, INRS, 1999.

39. Guide pratique de ventilation n°1. L'assainissement de l'air des locaux de travail. ED 657, INRS, 1989.

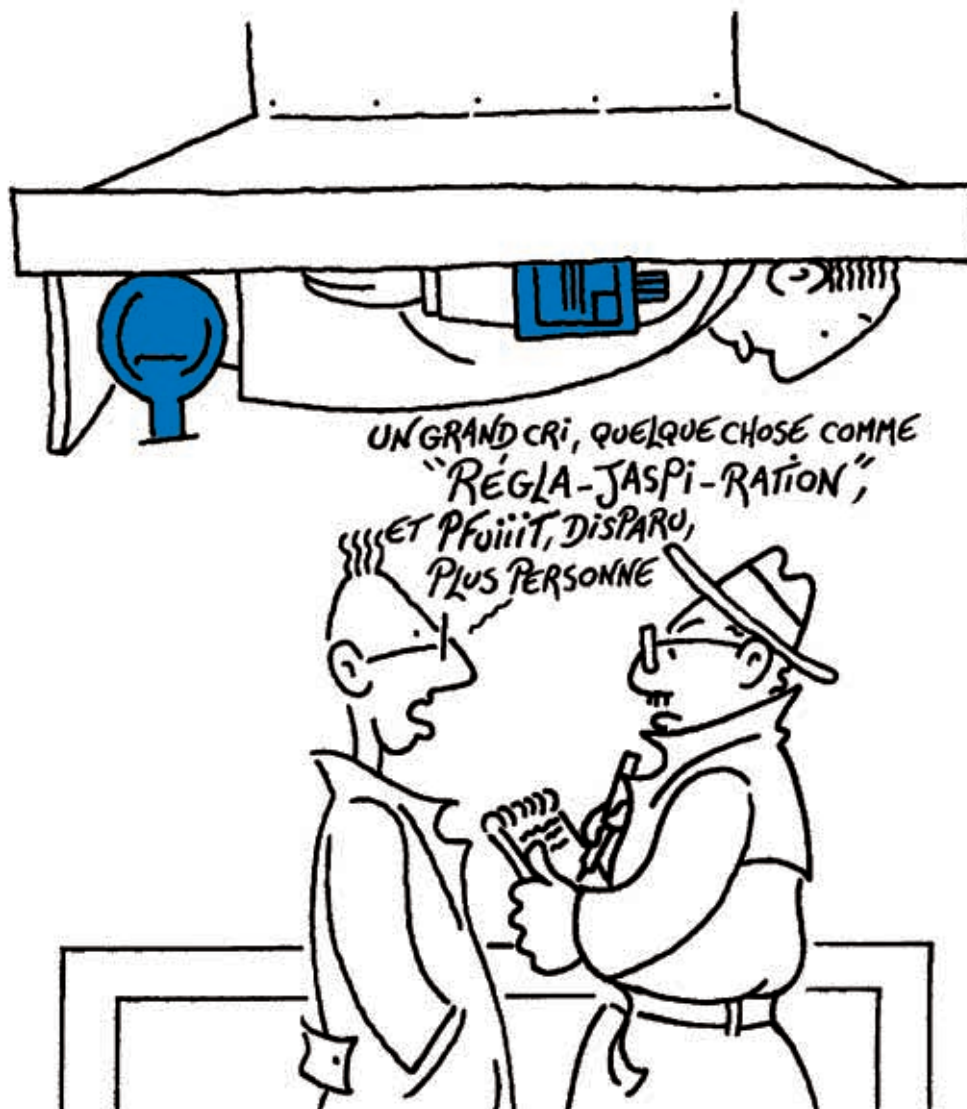
40. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. ND 2098, INRS, 1999.

41. Guide pratique de ventilation n°0. Principes généraux de ventilation. ED 695, INRS, 1989.

42. Les dispositifs de ventilation localisée appliqués au laboratoire. Terminologie, descriptions, domaines d'emploi. ND 1906, INRS, 1993.

43. Installations de laboratoire. Enceintes pour toxiques à recyclage d'air filtré. Généralités, classification, prescriptions. Norme NF XD 15-211, AFNOR, septembre 1996.





Sorbonnes de laboratoire

Grâce à leur polyvalence, les sorbonnes^{1,2} sont les enceintes ventilées de

laboratoire les plus répandues. Elles servent à protéger les opérateurs des polluants (gaz, particules ou aérosols) dégagés par les manipulations expérimentales au laboratoire de chimie. Les parois latérales et l'écran frontal qui délimitent une sorbonne présentent également l'avantage de protéger l'opérateur contre d'éventuelles projections.

En France, les sorbonnes de laboratoire et leurs spécifications sont définies par la norme française XP X 15-203³ (Une norme européenne est en cours d'élaboration).

Le volume de travail est délimité par des parois fixes et un ou plusieurs écrans mobiles et transparents à mouvement de translation vertical, horizontal ou combiné,

délimitant une ouverture permettant l'accès à la manipulation. Un plénum d'extraction, au dos de la sorbonne, répartit le débit d'air aspiré entre des fentes d'extraction. Le conduit d'extraction est raccordé par un ventilateur à un réseau d'extraction de l'air pollué. L'air les alimentant provenant du laboratoire sans être épuré, elles ne sont pas adaptées aux opérations nécessitant la protection des produits manipulés vis à vis des polluants présents dans l'atmosphère du laboratoire.

1. L'aéraulique des sorbonnes de laboratoire. Revue bibliographique. ND 1920, INRS, 1993.

2. Guide pratique de ventilation n°18. Sorbonnes de laboratoire. ED 795, INRS, 1995.

3. Equipement de protection collective. Sorbonnes de laboratoire. Généralités, classification, spécifications et méthodes d'essai. Norme XP X 15-203, AFNOR, septembre 1996.



L'efficacité d'une sorbonne de laboratoire dans la protection des opérateurs repose essentiellement sur la réalisation d'un écoulement d'air suffisamment intense, homogène et constant à travers l'ouverture frontale. L'établissement d'un tel régime repose à la fois sur une bonne conception du couple sorbonne - extraction mais également sur une arrivée d'air de compensation et une installation dans le laboratoire correctes. La protection maximale de l'opérateur est obtenue en travaillant avec le panneau frontal baissé.

On rappellera enfin qu'une sorbonne n'est pas un lieu de stockage et ne doit pas être utilisée à la place d'une armoire ventilée.

Implantation dans le laboratoire

Tout déplacement d'air intempestif et non contrôlé dans le laboratoire est susceptible de nuire gravement à l'efficacité d'un système de ventilation au demeurant efficace en l'absence de perturbation aéraulique. Les différents dispositifs présents dans un même laboratoire, dont les sorbottes, doivent donc être installés en tenant compte :

- de leur disposition les uns par rapport aux autres,
- des ouvertures susceptibles de les perturber (portes et fenêtres pouvant générer des courants d'air),
- des circulations de personnel (également génératrices de courants d'air),
- des systèmes de climatisation,
- etc.

Lors de l'installation des dispositifs de ventilation dans le laboratoire, il est essentiel de prévoir une ou plusieurs arrivées d'air de compensation, localisées de telle façon qu'elles ne contrarient pas le fonctionnement de ces dispositifs^{4,5}. Cette compensation, aisée à concevoir pour un petit laboratoire, peut devenir complexe et difficile à réaliser dans le cas de multiplication des postes ventilés. Une trop grande quantité de postes ventilés, entraînant un grand besoin d'air de compensation, pose par ailleurs des problèmes pratiques (mise en œuvre, introduction, bruit, confort des opérateurs) et des problèmes écono-

miques (coût du chauffage et du traitement). On veillera par ailleurs à équiper les conduits d'extraction de clapets anti-retour de façon à éviter tout recyclage intempestif d'air pollué.

Certains installateurs proposent aujourd'hui des installations complètes dites « à débit variable » dans lesquelles un système informatique fait varier de façon concertée les débits d'air (extraction et introduction), ce qui permet de limiter la consommation d'air tout en assurant le confinement donc la protection des opérateurs.

Certains maîtres d'œuvre proposent, pour dimensionner les installations de se baser sur un taux de foisonnement de l'utilisation des équipements. Ceux-ci ne pourront alors pas tous être utilisés simultanément, ce qui les rendrait inefficaces.

Comme tout dispositif de ventilation, une sorbonne doit être contrôlée au moins tous les ans. Le minimum prévu par la réglementation⁶ est un contrôle du débit global d'air extrait, des pressions statiques et des vitesses de l'air ainsi qu'un examen de l'état de tous les éléments de l'installation de ventilation. En complément, on peut préconiser au préalable une visualisation de l'écoulement de l'air au moyen d'un fumigène, méthode rapide, simple et économique pour détecter de grosses anomalies. Le tout pourra être complété par la mesure du confinement procuré par la sorbonne (génération d'un gaz traceur, généralement du SF₆, dans l'enceinte)⁷. Tous ces contrôles peuvent être réalisés par du personnel interne à l'établissement à condition qu'il dispose des moyens et compétences nécessaires.

4. La compensation contrôlée d'une installation de ventilation. Fiche pratique de sécurité. ED 86, INRS, 2000.

5. Systèmes de compensation d'air. Contribution à leur conception pour les locaux de travail. ND 2118, INRS, 1999.

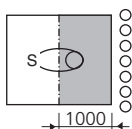
6. Arrêté du 8 octobre 1987 relatif au contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement des locaux de travail (Journal officiel du 22 octobre 1987).

7. Les sorbottes de laboratoire. Essais et contrôles. L'Actualité Chimique (S) 1996, 6, 29-34.

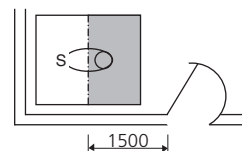


Installations de sorbonnes Distances minimales pour limiter les perturbations

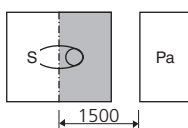
a) Distance entre sorbonne et zone de passage habituel



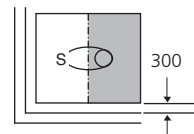
e) Porte sur mur perpendiculaire



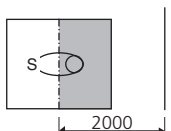
b) Distance entre sorbonne et paillasse opposée (sans zone de passage habituel)



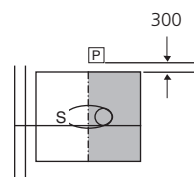
f) Distance entre sorbonne et mur perpendiculaire



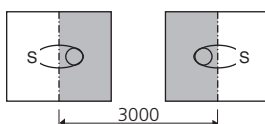
c) Distance entre sorbonne et mur opposé



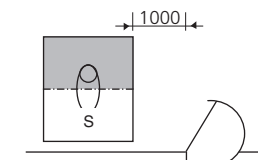
g) Le pilier est devant le plan de l'écran



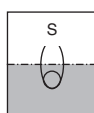
d) Distance entre sorbonnes opposées



h) Porte sur mur parallèle



Toutes les dimensions sont exprimées en millimètres et représentent des valeurs minimales



Zone de protection de la sorbonne (surface dans laquelle l'écoulement ne doit être perturbé par personne d'autre que l'opérateur)



Pilier



Paillasse

○○○○ Voie de passage



Mur ou séparation au-dessus du plan de travail



Opérateur



1.2. Paillasses

Les plans de travail dans un laboratoire de chimie peuvent se classer en trois familles selon leur utilisation :

- Les tables servant principalement à écrire, consulter des documents, faire de petits travaux sans produit ni matériel conséquent. Elles ne doivent pas remplacer le local bureau, mais être justifiées par le besoin d'une proximité immédiate au poste de travail.
- Les paillasses dites « sèches » pour placer le matériel qui n'utilise pas d'eau. C'est le cas par exemple de certains matériels d'analyse physique, des ordinateurs, etc.
- Les paillasses dites « humides », équipées d'arrivées et d'évacuations d'eau, convenant spécialement au travail de chimie. Elles se caractérisent par un revêtement étanche et résistant et disposent d'équipements permettant l'utilisation de tous les fluides nécessaires (électricité, eau, air, gaz particuliers...).

Une fois cette répartition faite, il faut choisir les caractéristiques suivantes.

• Surface

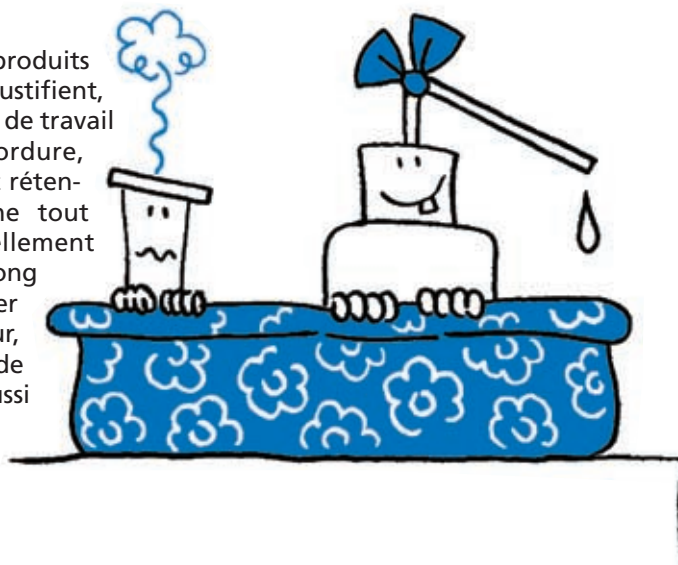
La surface d'une paillasse sera choisie en fonction des travaux qu'il est prévu d'y effectuer ; sa résistance mécanique et chimique⁴⁴ en conformité avec la norme NF EN 13150⁴⁵ et sa nettoyabilité en fonction de certaines exigences (pour ce point, une surface uniforme est préférable à un carrelage). La couleur peut aussi avoir une influence, une couleur foncée pouvant aider à repérer des traces de poudre, quand cela est important.

• Hauteur (taille des élèves ou étudiants)

La hauteur de travail est un autre critère important. Les hauteurs habituelles se situent entre 500 et 900 mm, mais le plus souvent entre 720 et 900 mm (NF EN 13150). La hauteur devra procurer la meilleure posture possible dans les conditions de travail du poste. Ainsi elle sera plus près de la limite supérieure pour un travail debout et demandant une observation de près, plus proche de la moyenne pour un travail assis, et plus proche de la limite basse pour un travail sur un appareillage volumineux. Il est même recommandé d'avoir des paillasses « basses » (hauteur environ 300 mm) pour des montages assez hauts.

• Bordure

Lorsque les dangers des produits pouvant être manipulés le justifient, il est souhaitable que le plan de travail soit ceinturé par une bordure, haute de 5 à 10 mm, faisant rétention. Ce dispositif empêche tout liquide répandu accidentellement sur la paillasse de couler le long de sa face avant et d'entrer en contact avec l'opérateur, souvent appuyé sur le bord de la paillasse. Il présente aussi l'intérêt de pouvoir arrêter un objet roulant et d'éviter sa chute sur le sol.



44. La sécurité dans les laboratoires. De l'analyse des risques aux règles d'exploitation. CNPP-AFNOR, Paris, 1993.

45. Paillasses de laboratoire. Dimensions, spécifications de sécurité et méthodes d'essai. Norme NF EN 13150, AFNOR, octobre 2001.



- **Profondeur**

La profondeur doit être un compromis entre le besoin d'espace, notamment pour le stockage de matériel, et le maintien de l'accessibilité sur toute la surface depuis la face avant de la paillasse. Ce compromis se situe en général entre 600 et 750 mm.

- **Étagère**

Pour les mêmes raisons, l'étagère (ou tablette) sur dossier, très fréquemment installée, doit avoir des dimensions limitées pour en réduire l'usage au strict nécessaire.

- **Commandes et connexions aux fluides**

Il faut privilégier les prises de courant et les commandes de fluides (robinets) placées sur la retombée de table, plutôt que sur le dossier, cette position facilitant les manœuvres, surtout en cas d'urgence. Ces prises et commandes seront protégées d'éventuels écoulements.

Les prises de courant doivent être en nombre important, de l'ordre de 5 au mètre de paillasse, pour faciliter les branchements et réduire l'encombrement des fils.

Les connexions aux fluides seront réalisées au moyen de raccords rapides autoobturables pourvus de détrompeur et aux couleurs normalisées⁴⁶.

- **Systèmes d'évacuation d'eau**

Les petits éviers, appelés aussi « bénitiers », ne devant servir qu'à l'évacuation d'eau de refroidissement et souvent placés en fond de paillasse, peuvent être avantageusement remplacés par des orifices de goulottes d'évacuation d'accès facile (proches de la face avant). Concernant les tuyaux d'eau de refroidissement, il est souhaitable, chaque fois que possible, de les équiper d'embouts à enclenchement rapide, afin d'éviter les risques liés à l'enfilage de tuyaux sur des embouts « tétines ».

L'utilisation d'un système de refroidissement en circuit fermé sur lequel on peut se connecter par raccord rapide, outre l'économie d'eau qu'il entraîne, permet de limiter les risques liés à un épanchement d'eau sur la paillasse (appareillage électrique).

1.3. Fluides

L'existence de réseaux de fluides pose des problèmes d'encombrement, de fuites, de maintenance et d'exploitation. On cherchera donc à réduire au maximum le réseau de conduites dans le laboratoire. Pour ceci, l'idéal est le recours à une galerie technique centralisée.

Les différents réseaux seront identifiés et marqués selon les normes en vigueur. Les réseaux de fluides chauds (vapeur, fluides caloporteurs...) ou froids (azote liquide, fluides de climatisation...) seront calorifugés ou protégés de façon à éviter des contacts accidentels ou des condensations gênantes.

Les vannes et les raccords de ces réseaux devront être facilement accessibles pour l'intervention en cas d'urgence et la maintenance.

Il faut prévoir la séparation des réseaux d'eau potable et d'eau industrielle.

Le stockage et l'utilisation des bouteilles de gaz comprimés au laboratoire sont traités dans la note documentaire de l'INRS ND 2105. L'utilisation de certains gaz inflammables, toxiques ou asphyxiants ou de produits



46. Code de couleur des robinets et vannes utilisés dans les laboratoires. Norme NF EN 13792, AFNOR, février 2003.

cryogéniques tels l'azote liquide ou le dioxyde de carbone solide peut nécessiter, en fonction du volume de la pièce concernée, la mise en place d'une surveillance continue de l'atmosphère et d'une ventilation adaptée éventuellement asservie à une détection de gaz.

Au niveau des réseaux électriques, la puissance installée et distribuée doit tenir compte de l'augmentation prévisible des besoins, induite par l'augmentation du nombre d'appareils utilisés ainsi que par celle de leur puissance unitaire.

Pour tous les fluides (gaz, électricité, eau...), on prévoira une coupure générale dans chaque laboratoire.

1.4. Stockage

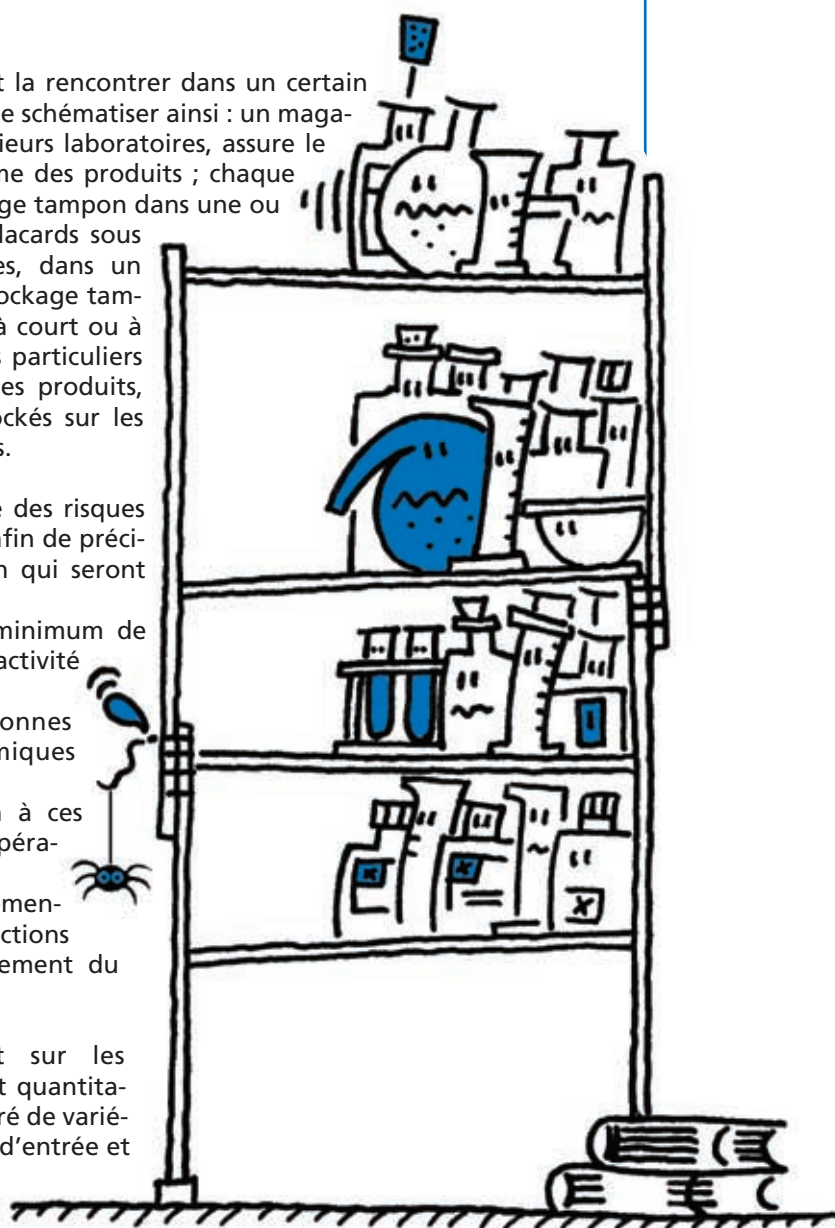
La situation telle que l'on peut la rencontrer dans un certain nombre d'établissements peut se schématiser ainsi : un magasin « central », commun à plusieurs laboratoires, assure le stockage à long et moyen terme des produits ; chaque laboratoire dispose d'un stockage tampon dans une ou plusieurs armoires, dans des placards sous les paillasse, sur des étagères, dans un réfrigérateur de sécurité ; ce stockage tampon correspond à des besoins à court ou à moyen terme ou à des besoins particuliers au laboratoire ; enfin, quelques produits, en cours d'utilisation, sont stockés sur les paillasse ou dans les sorbonnes.

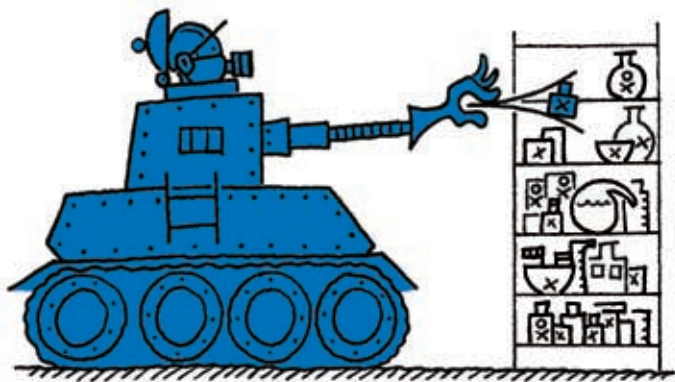
Il convient de faire l'inventaire des risques décrits au § 3.3 au cas par cas, afin de préciser des objectifs de prévention qui seront essentiellement :

- ne stocker que la quantité minimum de produits compatible avec l'activité du laboratoire,
- limiter le nombre de personnes exposées aux produits chimiques dangereux,
- limiter la durée d'exposition à ces produits en optimisant les opérations de manutention,
- ne pas créer de risque supplémentaire (glissades, chutes, ... réactions dangereuses) de par l'agencement du stockage.

On s'interrogera également sur les besoins sur le plan qualitatif et quantitatif, les volumes à stocker, le degré de variété dans le stock, les fréquences d'entrée et de sortie des produits, la taille de la surface dévolue au stockage et son implantation...

L'organisation en local central, la réduction au minimum des stockages tampons et la suppression des stockages sauvages dans les laboratoires doivent être privilégiées. Maintenir un rangement correct dans le local de stockage central et assurer une gestion rigoureuse des produits (mise à





jour et affichage de la liste de ces produits) nécessitent de plus l'affectation à ce poste d'un personnel spécifiquement formé.

Pour plus d'informations sur le sujet, on se référera utilement à la note documentaire de l'INRS ND 2105⁴⁷, qui décrit en détail les problèmes de prévention liés au stockage des produits chimiques au laboratoire et propose des mesures pour la réalisation de tels stockages, ainsi qu'au règlement de sécurité incendie.

2. Conception

2.1. Généralités

La sécurité doit être prise en compte le plus en amont possible, dès la conception des locaux, et assurée tout au long de l'exploitation, y compris lors de leurs modifications.

La démarche de conception ou de modification doit être menée collectivement par un groupe de travail à partir d'une analyse de l'existant et des besoins. Il est indispensable d'associer les futurs utilisateurs (enseignants, personnels techniques...) dès la conception du projet afin que tous les besoins et points de vue puissent s'exprimer. Il est également essentiel de garder à l'esprit que le laboratoire ou le bâtiment de laboratoire peut être amené dans l'avenir à accueillir des opérations plus contraignantes. Il doit donc être conçu pour pouvoir évoluer facilement tout en maintenant le niveau de prévention intégrée des risques initialement prévu.

Concernant les points importants à prendre en compte, et sans préjudice de l'application des dispositions réglementaires, pour les locaux d'enseignement supérieur, il existe des référentiels de construction universitaire et, pour les établissements d'enseignement secondaire, des guides d'équipement selon les sections. On pourra également trouver des informations utiles dans la note documentaire de l'INRS ND 2173⁴⁸.

Dans les paragraphes suivants ne seront soulignés que les points essentiels à garder à l'esprit lors de la conception.

2.2. Salles de travaux pratiques

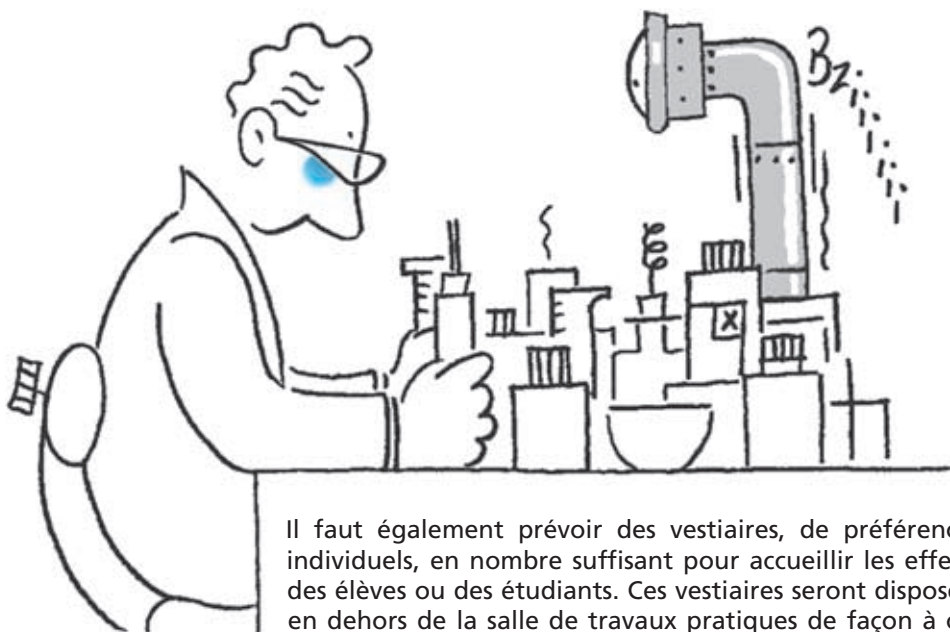
Les salles de travaux pratiques sont en général destinées à accueillir un public jeune et non-initié. Leur disposition doit donc faciliter une surveillance permanente par le personnel d'encadrement.

Un autre point essentiel est l'espace libre entre deux rangées de paillasse, espace qui doit être supérieur à 1,50 m pour permettre le travail et le déplacement des élèves ou étudiants et des enseignants. Entre une rangée de paillasse et un mur, on pourra se contenter de 1 m. On prévoira au moins une sorbonne destinée à accueillir d'éventuelles manipulations émissives. En fonction de l'analyse des besoins, d'autres sorbonnes pourront être prévues. On se reportera à l'encadré VIII pour leur implantation.



47. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ND 2105, INRS, 1999.

48. La conception des laboratoires de chimie. ND 2173, INRS, 2002.



Il faut également prévoir des vestiaires, de préférence individuels, en nombre suffisant pour accueillir les effets des élèves ou des étudiants. Ces vestiaires seront disposés en dehors de la salle de travaux pratiques de façon à ce que les élèves ou les étudiants puissent se changer avant de pénétrer dans cette salle. Il faudra veiller tout particulièrement à protéger ces vestiaires contre le vol afin qu'ils jouent pleinement leur rôle et que les élèves ou les étudiants ne soient pas tentés d'encombrer la salle de travaux pratiques avec leurs effets personnels.

2.3. Salles de préparation

Les dispositions de conception applicables à une salle de préparation sont celles des laboratoires de chimie en général. On se reportera à la note documentaire de l'INRS ND 2173.

2.4. Laboratoires de recherche

Les dispositions applicables à la conception d'un laboratoire de recherche sont précisées dans la note documentaire de l'INRS ND 2173.

2.5. Halls de génie des procédés

• Généralités

La conception de ces locaux doit tenir compte du fait que, si les risques sont en général de nature identique à ceux observés lors des travaux dans les autres laboratoires d'enseignement, les quantités importantes mises en jeu et la dimension des appareils constituent un facteur aggravant. La prise en compte de l'ensemble des dangers doit permettre de mettre en place dès la conception des mesures techniques et organisationnelles destinées à prévenir tout événement susceptible d'engendrer un accident.

Ainsi, les réactions mises en œuvre et leurs conditions d'exploitation sont sources de risques et les aspects liés aux phénomènes thermodynamiques et cinétiques doivent être plus particulièrement pris en compte. On devra notamment évaluer la puissance des échangeurs associés aux installations de transformation de la matière de façon à les dimensionner afin qu'il offrent une marge de manœuvre suffisante en cas de dysfonctionnement. Par ailleurs, une unité de distillation dans un hall de génie des procédés est difficilement comparable au montage classique dans un laboratoire avec ballon tricol, colonne Vigreux, condenseur à boules... La complexité croissante des unités de génie des procédés pose ainsi des problèmes de prévention, les étudiants pouvant parfois avoir du mal à transférer leurs



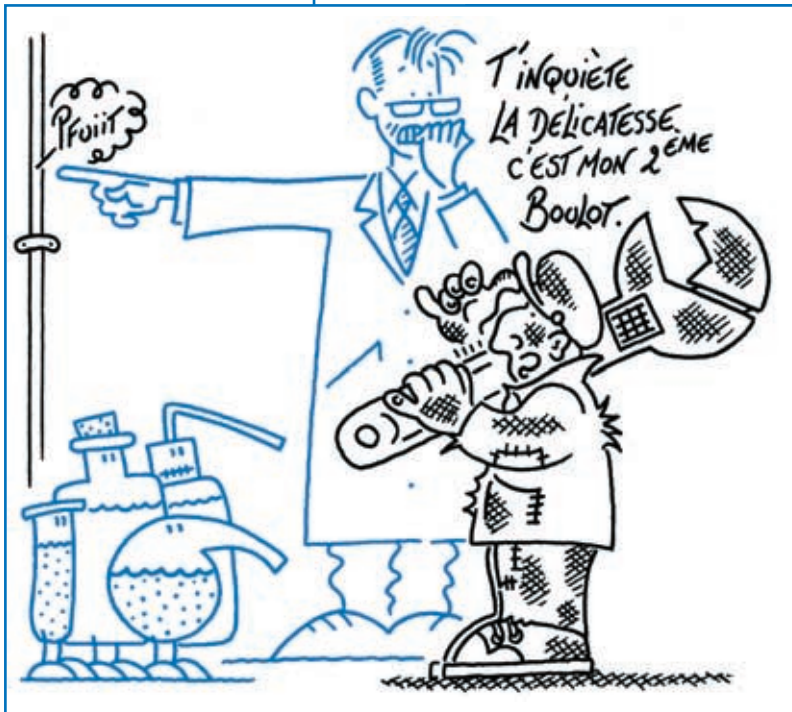
compétences scientifiques et techniques acquises à la paille. Il faut donc lutter d'une façon générale contre l'excès de complexité et de sophistication des installations.

- **Implantation des équipements et aménagement des espaces de travail**

Outre l'emplacement des matériels, on estimera l'espace nécessaire à l'établissement d'un hall de génie des procédés en tenant compte des surfaces nécessaires pour le travail, les circulations, les manutentions, les moyens d'information et de commande, les moyens de premiers secours (extincteurs, douches de sécurité et laveurs oculaires, couvertures ignifugées).

On veillera à assurer l'accessibilité aux organes de commande et de contrôle, aux moyens d'information, aux dispositifs d'arrêt d'urgence, aux dispositifs de premiers secours.

Les zones de travail et de circulation seront différenciées et marquées au sol.



Maintenance et vérifications périodiques



L'article L. 233-5-1 du code du travail dispose que les équipements de travail et les moyens de protection mis en service ou utilisés dans les établissements doivent être équipés, installés, réglés et maintenus de manière à préserver la sécurité et la santé des travailleurs.

Le code du travail distingue plusieurs types de vérifications et renvoie en certains cas à des arrêtés ministériels spécifiques en ce qui concerne la périodicité des contrôles, leur contenu et les équipements de travail ou les catégories d'équipements qui y sont soumis.

On distingue les vérifications initiales qui s'inscrivent dans l'opération de réception d'une installation ou d'un équipement, les essais fonctionnels qui ont pour but de s'as-

surer du bon fonctionnement de l'équipement ou de l'installation et de vérifier que les dispositifs de sécurité remplissent bien leur rôle, et les vérifications périodiques. Ces dernières ont pour objet d'apprécier l'état des éléments de l'installation ou de l'équipement et celui des dispositifs de sécurité dont la détérioration pourrait entraîner un danger. Ces vérifications doivent bien entendu être complétées par la remise en état en cas d'anomalies et, d'une manière générale, par une action de maintenance permanente qui concerne toutes les installations.

Exemples de vérifications techniques périodiques*

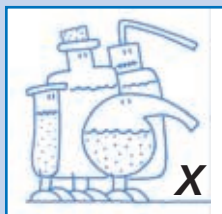
Le tableau suivant regroupe les principales vérifications s'appliquant aux laboratoires et aux bâtiments de laboratoires. On rappellera que l'opérateur doit bien entendu s'assurer que le matériel (cordons électriques, flexibles, verrerie...) et les équipements de protection individuelle (gants, lunettes...) qu'il va utiliser sont en bon état.

* Pour plus d'informations, se reporter à l'ouvrage : Principales vérifications périodiques. ED 828, INRS, 2002.



Objet de la vérification	Périodicité ou moment de la vérification	Personne ou organisme chargé de la vérification	Références
Aération, installations de ventilation (sorbonnes, bras articulés, gaines, ventilateurs, filtres...)	Annuel	Personne compétente ou organisme agréé	Code du travail, art. R. 232-5-9 à R. 232-5-11 Arrêtés des 8 et 9/10/87
Concentrations en polluants faisant l'objet de valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaires (silice, benzène, plomb...)		Organisme agréé et employeur	Voir réglementation spécifique à chaque polluant
Concentrations atmosphériques en agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction	Annuel et après chaque dépassement	Organisme agréé	Code du travail, art. R. 231-56-4-1 et R. 231-56-10
Appareils et accessoires de levage	Trimestriel ou semestriel ou annuel	Personne qualifiée	Code du travail, art. R. 233-11 Arrêté du 9/06/93 mod.
Eclairage de sécurité	Fonction du type de vérification	Organisme agréé ou personne compétente	Arrêtés des 10/11/76 mod. et 4/11/93 Règlement de sécurité ERP art. EC 14 et 15
Installations électriques	Annuel	Technicien compétent	Règlement de sécurité ERP Décret du 14/11/88 mod.
Installations de gaz naturel	Annuel	Personne compétente	Règlement de sécurité ERP, art. GZ 30
Installations d'alarme et de détection incendie	Semestriel ou annuel et triennal	Installateur qualifié ou organisme agréé	Règlement de sécurité ERP, art. MS 73 Arrêté du 4/11/93 Règle R7 de l'APRAD
Equipements sous pression équipements fixes	Fonction du type de vérification	Fonction du type de vérification	Décret du 13/12/99 Arrêté du 15/03/00 mod.
équipements à couvercle amovible à fermeture rapide (autoclave...)	18 mois		
Extincteurs	Annuel	Personne compétente	Règlement de sécurité ERP, art. MS 73 Règle R4 de l'APRAD
Douches de sécurité, laveurs oculaires	Au moins annuel	Employeur	
Equipements de protection individuelle Tous les équipements	A chaque utilisation	Opérateurs Utilisateurs	Code du travail, art. R. 233-1-1
Stocks de cartouches filtrantes antigaz pour appareil de protection respiratoire Appareils respiratoires autonomes	Annuel	Personne qualifiée	Code du travail, art. R. 233-42-2 Arrêté du 19/03/93
Centrifugeuse	Annuel	Personne qualifiée	Code du travail, art. R. 233-11 Arrêtés du 5/03/93 et du 24/06/93





Les douches de sécurité et les laveurs oculaires

Les douches de sécurité ont pour fonction essentielle d'atténuer, dès les premiers instants, les effets d'une brûlure thermique ou chimique. Elles permettent également, dans le cas des brûlures chimiques, de diluer et d'évacuer le produit chimique corrosif, limitant en cela son attaque.

En conséquence, une douche fixe doit être facilement accessible de tout laboratoire où sont manipulés des produits dangereux afin de permettre les premiers secours en cas de brûlure chimique ou thermique, en réponse aux obligations du code du travail qui précise dans l'article R. 232-1-6 que : « les lieux de travail sont équipés d'un matériel de premiers secours adapté à la nature des risques et facilement accessible ». Ce matériel doit faire l'objet d'une signalisation par panneau conforme aux dispositions prévues par l'arrêté du 4 novembre 1993. Un entretien régulier des installations doit être assuré (et une formation adaptée doit être dispensée aux utilisateurs potentiels).

Il est recommandé d'installer des douchettes en complément des douches car elles seront plus facilement utilisées en cas de petites projections.

L'installation de laveurs oculaires dans chaque laboratoire est également conseillée.

Il existe également des vasques commandées au pied permettant de laver les deux yeux et l'ensemble du visage.

Des produits spécialisés dans le traitement immédiat des brûlures chimiques localisées, oculaires ou autres, peuvent compléter ce dispositif en augmentant l'efficacité du lavage à l'eau qui doit suivre immédiatement. Ces produits qui peuvent être délivrés par des douches autonomes portables, ne sont à utiliser qu'avec l'accord du service médical et doivent être renouvelés périodiquement.

Par ailleurs, il existe des produits de tailles diverses (de la compresse à la couverture), recouverts d'un gel aqueux colloïdal ou « gel d'eau », qui permettent de refroidir efficacement des brûlures thermiques et de continuer le refroidissement pendant le transport de la victime tout en assurant une couverture de la zone atteinte limitant les risques d'infection.

Il est indispensable que les douches de sécurité et les laveurs oculaires fixes présentent les caractéristiques suivantes :

- mise en marche simple et naturelle (au moyen d'une chaîne, d'un « coup de poing », d'une pédale ou associée à la pénétration dans la zone d'arrosage (plancher basculant, portillon)) afin que la victime, même temporairement incapacitée, puisse s'en servir seule ;



- innocuité parfaite du fluide de lavage (eau potable ou produit actif médicalement acceptable) ;
- quantité d'eau disponible suffisante pour assurer un débit minimum de 75 l/min pour les douches de sécurité et de 15 l/min pour les laveurs oculaires pendant 15 à 20 minutes, durée de fonctionnement nécessaire au traitement ;
- température du fluide délivré comprise entre 15°C et 25°C pour que l'utilisateur puisse supporter sans astreinte thermique intolérable les 15 à 20 minutes de traitement. Dans les zones où les températures extérieures peuvent être basses, un système hors-gel doit être installé, pour assurer la disponibilité permanente de la douche et tempérer le fluide délivré.

Leur installation doit tenir compte des recommandations suivantes :

- distance avec les postes de travail inférieure à 8 mètres ou 10 secondes de temps de parcours ;
- localisation dans un endroit bien visible et facilement repérable, si possible sur un chemin habituellement emprunté, dans le local où est présent le risque, en évitant d'intercaler des obstacles potentiels (séparations, portes, marches, couloirs) ;
- localisation à l'abri des contaminations et à distance respectable des installations électriques.

Enfin, dans un même établissement, on évitera de multiplier les modèles et, surtout, les systèmes de mise en marche, afin de favoriser l'acquisition de procédures d'utilisation réflexes.

Ces dispositifs seront utilement complétés par une douche classique en cabine dans laquelle les victimes pourront terminer leur lavage dans des conditions de confort et d'intimité plus satisfaisantes.

• Dispositifs de prévention

Pour limiter dès la conception les risques d'accidents et de maladies, on prévoira l'espace nécessaire pour accueillir :

- des dispositifs assurant la mécanisation et l'automatisation des manutentions de façon à limiter les émanations ainsi que les risques de troubles musculo-squelettiques (distributeur de produit, transvasement par pompe mobile, table élévatrice à commande manuelle) ;
- des dispositifs d'extraction des polluants de l'air avec encoffrement et aspiration à la source d'émission, en n'oubliant pas les dispositifs d'introduction de l'air de compensation.

On prévoira également :

- la non accessibilité aux équipements électriques ainsi que des arrêts électriques de type « coup de poing » généraux et locaux ;
- la non accessibilité aux organes des machines en mouvement ainsi que des protecteurs mécaniques (carters) ou barrages immatériels ;
- la limitation de l'exposition au bruit (suppression ou réduction à la source par encoffrement ou mise en place d'écrans) ;
- l'équipotentialité des matériels et leur mise à la terre, de façon à éviter l'accumulation de charges électrostatiques ;
- le calorifugeage des conduites de vapeur d'eau, de fluides caloporteurs ou de fluides frigorigènes pour éviter les brûlures.

L'installation électrique sera conçue en tenant compte des conditions d'ambiances physiques et chimiques particulières à un hall de génie des procédés (eau, substances inflammables ou combustibles, corrosives ou polluantes, chocs, vibrations, températures élevées...). On veillera notamment à installer du matériel adapté aux zones à risques d'explosion déterminées en fonction de l'activité⁴⁹.

49. Annexe 1 de la directive 1999/92/CE.





Comportemental

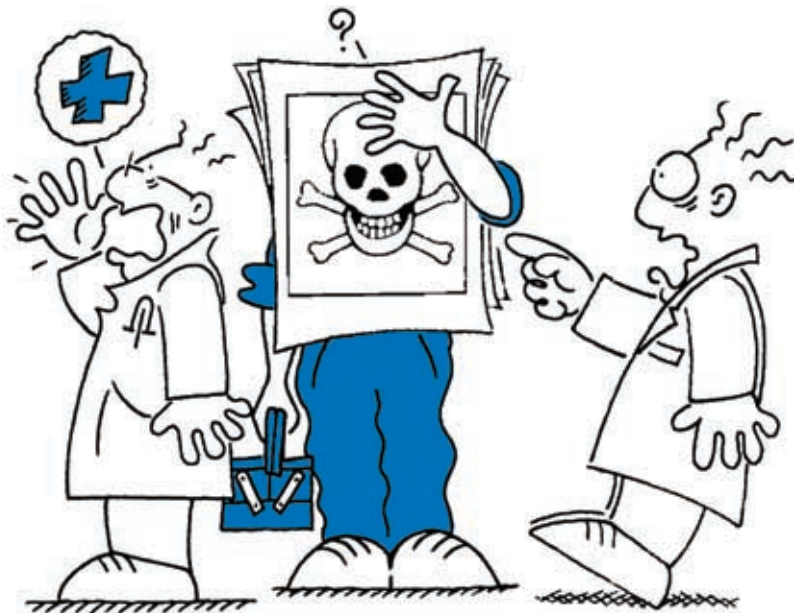
La présence de l'enseignant est indispensable. Pour que les élèves ou les étudiants respectent et mettent en œuvre les mesures de prévention nécessaires au travail dans un laboratoire d'enseignement, il faut avant toute chose que le personnel d'encadrement montre l'exemple en mettant en application ces mesures qui peuvent parfois apparaître comme des contraintes. Il doit de plus, bien entendu, veiller au respect de ces mesures par les élèves ou les étudiants.

Pour le choix des manipulations et de la façon de les réaliser, il est également indispensable de tenir compte de la nature, du comportement et du nombre des élèves ou étudiants concernés.

Un certain nombre de comportements sont susceptibles de perturber le bon déroulement de l'activité expérimentale. On citera par exemple le manque d'intérêt ou d'attention de certains, une trop forte émotivité, un trop grand empressement ou une volonté de se singulariser, le manque de maturité, la fatigue ou d'autres facteurs extérieurs à l'enseignement... Par ailleurs, l'absence d'expérience et une certaine méconnaissance du risque caractérisent les populations d'élèves ou d'étudiants, ce qui les rend plus vulnérables.

Tous ces problèmes peuvent être plus facilement maîtrisés lorsque l'effectif diminue et que le taux d'encadrement augmente.





Conduite à tenir en cas d'accident

Il faut prévoir une organisation des secours permettant l'intervention dans les meilleures conditions

possibles. La réalisation d'activités expérimentales en dehors des heures habituelles de travail est à déconseiller, les conséquences en cas d'accident pouvant être aggravées par l'isolement et l'absence de personnel compétent.

En présence d'un accident de personne au laboratoire, l'enseignant est le premier maillon de la chaîne de secours et des soins d'urgence. Il faut toujours garder à l'esprit que l'on pourrait être la victime et donc agir avec les autres comme on aimerait que l'on agisse avec nous.

Ces gestes de base sont enseignés dans les cours de secourisme : attestation de sauveteur secouriste du travail (SST) et/ou attestation de formation aux premiers secours (AFPS) qu'il est souhaitable de posséder.

Il est indispensable de se protéger, de protéger la victime et les autres manipulateurs et d'alerter les secours.

L'alerte est capitale. Dès la constatation de l'accident, donner ou faire donner l'alerte en suivant les consignes en vigueur dans l'établissement : infirmerie, sapeurs pompiers ou SAMU.

Le personnel d'encadrement n'est pas habilité à faire un diagnostic médical. Les soins pouvant être dispensés sans être secouriste sont de l'ordre de ceux qui

peuvent être dispensés par n'importe qui dans un milieu familial. Quelques points méritent d'être signalés et gardés à l'esprit pour éviter l'aggravation de certaines lésions.

Premiers soins

Ces consignes correspondent à l'autoprotection et à la protection de la victime et des autres manipulateurs.

• Accident électrique

- Couper ou faire couper le courant (prévoir l'éventuelle chute de la victime suite à la coupure de courant).
- Ne pas toucher la victime et empêcher d'autres personnes de s'en approcher.
- Les brûlures électriques sont toujours des brûlures graves ; il y a donc lieu de consulter un médecin au plus vite.

• Atmosphère toxique sans protection respiratoire

- Evacuer la zone polluée.
- Ne pas tenter de sortir la victime si elle se trouve à plus de trois mètres de l'issue.
- Interdire l'entrée dans le local de toute personne non équipée d'appareil respiratoire isolant.
- Ne pas agir seul.
- Si possible aérer la pièce.

• Feu sur une personne

- Empêcher celle-ci de courir, la plaquer au sol et étouffer les flammes avec une couverture ou l'équivalent.



- Ne pas oublier de se protéger les mains et autres parties du corps.
- Ne pas utiliser un extincteur.

- **Plaies et coupures**

- Se laver les mains à l'eau et au savon.
- Appliquer des compresses stériles et faire accompagner l'élève ou l'étudiant à l'infirmerie ou dans un lieu où peuvent lui être dispensés des soins médicaux.

- **Brûlures**

- Refroidir la surface brûlée avec de l'eau à température ambiante pendant au moins 15-20 minutes (risques d'hypothermie avec de l'eau trop froide).
- Ne pas intervenir sur la blessure (ne pas percer la cloque).
- Ne pas retirer les vêtements qui collent à la peau.
- Faire accompagner l'élève ou l'étudiant à l'infirmerie.
- Toute brûlure de taille supérieure à la moitié de la paume de la main est classée « grave » et il est indispensable d'allonger et de surveiller et d'alerter les secours médicalisés.

- **Brûlures chimiques**

- Yeux :
 - lavage immédiat et prolongé (15 à 20 mn) à l'eau courante, sans chercher à enlever les lentilles.
- Peau :
 - ôter les vêtements souillés sauf ceux qui collent à la peau, lavage à grande eau immédiat et prolongé (15 à 20 mn),
 - ne pas chercher à neutraliser le produit.

Cas particulier : dans le cas de brûlure à l'acide fluorhydrique, il est nécessaire de prévoir, après lavage, l'application immédiate de produits à base de gluconate de calcium¹.

- **Inhalation**

- Mettre la victime en position semi-assise en cas de difficultés respiratoires.

- **Ingestion**

- Ne pas faire vomir.
- Ne pas donner à boire.
- Se renseigner sur le produit ingéré.

Evacuation du blessé

Jusqu'à la prise en charge par le personnel médical ou de secours, le professeur est le premier maillon de la chaîne de secours et des soins d'urgence, d'où l'importance de l'alerte, de l'accueil et du guidage des services de secours.

Déclaration d'accident

Elle est obligatoire et doit être rédigée dans les 48 heures suivant l'accident et adressée, soit à la CPAM² ou à la MSA³, pour les étudiants et les personnels de statut privé, soit au service du personnel de l'établissement ou au rectorat pour les personnels de l'Education nationale.

1. Utilisation de l'acide fluorhydrique dans les laboratoires de chimie. Prévention des risques. ND 2122, INRS, 2000.
2. Caisse primaire d'assurance maladie.
3. Mutualité sociale agricole.



... ET C'EST BIEN VOLONTIERS
QUE JE LAISSE LA PAROLE À
MON CONFRÈRE QUI VOUS EN LIRA
DAVANTAGE...



Les étapes de la réalisation d'une expérience ou d'une séance de travaux pratiques

Pour prévenir les incidents qui peuvent survenir lors d'une séance de travaux pratiques, il faut suivre un certain nombre d'étapes lors de la conception et pendant le déroulement de la séance.

Lors de la conception

- **Rechercher les dangers des produits, réactifs, solvants utilisés**

Ces renseignements se trouvent tout d'abord sur l'étiquette (pictogrammes, phrases R et S), dans les fiches de données de sécurité. Ces premiers éléments peuvent être complétés par l'examen des fiches toxicologiques, la lecture d'ouvrages spécialisés ou la consultation de banques de données. Ils pourront éventuellement conduire à la modification ou à l'abandon de l'expérience envisagée. Elle devra avoir été effectuée préalablement avant d'être proposée aux élèves ou étudiants.

- **Limiter les quantités utilisées**

Au niveau du lycée, on peut chercher à utiliser les quantités minimales permettant d'obtenir des résultats probants. Par exemple, en synthèse organique, il est conseillé, dans la mesure du possible, d'utiliser des ballons ou des réacteurs d'une capacité maximum de 250 ml de façon à obtenir environ 2 à 4 g de produit, ce qui est suffisant pour calculer un rendement et caractériser le composé obtenu. Dans les sections à finalité profes-

sionnelle, certaines séances peuvent être consacrées à la préparation de quantités plus importantes pour prendre conscience des particularités liées à la manipulation des grandes quantités.

- **Adapter le protocole à la configuration de la salle**

Ainsi, par exemple, la présence ou l'absence de sorbonnes va influencer sur :

- la conception du montage ; en l'absence de sorbonnes, les gaz formés doivent être piégés.
- le choix du solvant, certains ne pouvant être utilisés que dans une sorbonne.
- le nombre de groupes manipulant ; sur la paillasse, une chromatographie en couche mince peut être réalisée par tous les élèves ou étudiants car le récipient n'est ouvert que peu de temps alors qu'une extraction dans une ampoule à décanter, plus émissive, doit être faite en nombre restreint.

- **Rédiger le mode opératoire**

Dans le mode opératoire, les montages seront décrits précisément (schémas) et la gestion des résidus de réaction sera systématiquement prévue.

- **Prévoir comment seront organisées les manipulations**

En fonction du niveau de la classe, du nombre et du comportement des élèves ou des étudiants, des équipements disponibles et de la taille de la salle, on prévoira soit une manipulation individuelle, soit par groupe ou sous la forme d'une démonstration pratique.



Lors du déroulement de la séance

- **Application des consignes (cf. Encadré III)**

Lors des premières séances, la lecture critique et le commentaire des consignes de sécurité sont indispensables. Elles seront rappelées rapidement à chaque séance.

- **Lecture critique du protocole**

Le protocole sera lu et commenté avec les élèves ou les étudiants en soulignant les points de sécurité à suivre (quand mettre les gants adaptés, pourquoi surveiller la température, pourquoi placer un bain d'eau glacé, se méfier des risques de coupure avec le verre lors d'un assemblage ou d'un démontage, lors de la fixation de la pipette sur la propipette...).

- **Préparation du matériel**

L'ensemble du matériel sera vérifié avant utilisation.

- **Réalisation du montage**

Dans le cas d'un montage complexe, une

démonstration des gestes à faire par l'enseignant permettra de mieux appréhender les difficultés. La mise en route ne se fera qu'après vérification du montage par l'enseignant.

- **Déroulement de la séance**

La paillasse doit être constamment rangée, tout récipient contenant un produit doit être identifié.

- **Résidus de réaction**

Ils doivent être stockés dans des récipients adaptés et correctement étiquetés.

- **Propreté**

Après usage, le matériel doit être lavé et rincé, éventuellement séché. La paillasse doit être nettoyée. Aucun récipient ne doit rester sur la paillasse.

- **Hygiène**

Avant de sortir du laboratoire, la blouse sera enlevée et les mains seront soigneusement lavées.



Annexe : Symboles de danger, phrases R, phrases S



1. Symboles de danger



E - Explosif



F - Facilement inflammable



T - Toxique



Xi - Irritant



C - Corrosif



O - Comburant



F+ - Extrêmement inflammable



T+ - Très toxique



Xn - Nocif



N - Dangereux pour l'environnement

2. Phrases R

R 1 : Explosif à l'état sec.

R 2 : Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.

R 3 : Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.

R 4 : Forme des composés métalliques explosifs très sensibles.

R 5 : Danger d'explosion sous l'action de la chaleur.

R 6 : Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air.

R 7 : Peut provoquer un incendie.

R 8 : Favorise l'inflammation des matières combustibles.

R 9 : Peut exploser en mélange avec des matières combustibles.

R 10 : Inflammable.

R 11 : Facilement inflammable.

R 12 : Extrêmement inflammable.

R 14 : Réagit violemment au contact de l'eau.

R 15 : Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables.

R 16 : Peut exploser en mélange avec des substances comburantes.

R 17 : Spontanément inflammable à l'air.

R 18 : Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur - air inflammable / explosif.

R 19 : Peut former des peroxydes explosifs.



R 20 : Nocif par inhalation.
 R 21 : Nocif par contact avec la peau.
 R 22 : Nocif en cas d'ingestion.
 R 23 : Toxique par inhalation.
 R 24 : Toxique par contact avec la peau.
 R 25 : Toxique en cas d'ingestion.
 R 26 : Très toxique par inhalation.
 R 27 : Très toxique par contact avec la peau.
 R 28 : Très toxique en cas d'ingestion.
 R 29 : Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques.
 R 30 : Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation.
 R 31 : Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
 R 32 : Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.
 R 33 : Danger d'effets cumulatifs.
 R 34 : Provoque des brûlures.
 R 35 : Provoque de graves brûlures.
 R 36 : Irritant pour les yeux.
 R 37 : Irritant pour les voies respiratoires.
 R 38 : Irritant pour la peau.
 R 39 : Danger d'effets irréversibles très graves.
 R 40 : Effet cancérogène suspecté – preuves insuffisantes
 R 41 : Risque de lésions oculaires graves.
 R 42 : Peut entraîner une sensibilisation par inhalation.
 R 43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
 R 44 : Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée.
 R 45 : Peut provoquer le cancer.
 R 46 : Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires.
 R 48 : Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée.
 R 49 : Peut provoquer le cancer par inhalation.
 R 50 : Très toxique pour les organismes aquatiques.
 R 51 : Toxique pour les organismes aquatiques.
 R 52 : Nocif pour les organismes aquatiques.
 R 53 : Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
 R 54 : Toxique pour la flore.
 R 55 : Toxique pour la faune.
 R 56 : Toxique pour les organismes du sol.
 R 57 : Toxique pour les abeilles.
 R 58 : Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement.
 R 59 : Dangereux pour la couche d'ozone.
 R 60 : Peut altérer la fertilité.
 R 61 : Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
 R 62 : Risque possible d'altération de la fertilité.
 R 63 : Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
 R 64 : Risque possible pour les bébés nourris au lait maternel.
 R 65 : Nocif: peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion.
 R 66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau.
 R 67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges.
 R 68 : Possibilité d'effets irréversibles.
 R 14/15 : Réagit violemment au contact de l'eau en dégageant des gaz extrêmement inflammables.



R 15/29 : Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques et extrêmement inflammables.

R 20/21 : Nocif par inhalation et par contact avec la peau.

R 20/22 : Nocif par inhalation et par ingestion.

R 20/21/22 : Nocif par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

R 21/22 : Nocif par contact avec la peau et par ingestion.

R 23/24 : Toxique par inhalation et par contact avec la peau.

R 23/25 : Toxique par inhalation et par ingestion.

R 23/24/25 : Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

R 24/25 : Toxique par contact avec la peau et par ingestion.

R 26/27 : Très toxique par inhalation et par contact avec la peau.

R 26/28 : Très toxique par inhalation et par ingestion.

R 26/27/28 : Très toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

R 27/28 : Très toxique par contact avec la peau et par ingestion.

R 36/37 : Irritant pour les yeux et les voies respiratoires.

R 36/38 : Irritant pour les yeux et la peau.

R 36/37/38 : Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau.

R 37/38 : Irritant pour les voies respiratoires et la peau.

R 39/23 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation.

R 39/24 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau.

R 39/25 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par ingestion.

R 39/23/24 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par contact avec la peau.

R 39/23/25 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par ingestion.

R 39/24/25 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau et par ingestion.

R 39/23/24/25 : Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

R 39/26 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation.

R 39/27 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau.

R 39/28 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par ingestion.

R 39/26/27 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par contact avec la peau.

R 39/26/28 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par ingestion.

R 39/27/28 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau et par ingestion.

R 39/26/27/28 : Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

R 42/43 : Peut entraîner une sensibilisation par inhalation et par contact avec la peau.

R 48/20 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation.

R 48/21 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau.

R 48/22 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion.



- R 48/20/21 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par contact avec la peau.
- R 48/20/22 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par ingestion.
- R 48/21/22 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau et par ingestion.
- R 48/20/21/22 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.
- R 48/23 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation.
- R 48/24 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau.
- R 48/25 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion.
- R 48/23/24 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par contact avec la peau.
- R 48/23/25 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par ingestion.
- R 48/24/25 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau et par ingestion.
- R 48/23/24/25 : Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.
- R 50/53 : Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
- R 51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
- R 52/53 : Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
- R 68/20 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation.
- R 68/21 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par contact avec la peau.
- R 68/22 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par ingestion.
- R 68/20/21 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation et par contact avec la peau.
- R 68/20/22 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation et par ingestion.
- R 68/21/22 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par contact avec la peau et par ingestion.
- R 68/20/21/22 : Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

3. Phrases S

- S 1 : Conserver sous clé.
- S 2 : Conserver hors de la portée des enfants.
- S 3 : Conserver dans un endroit frais.
- S 4 : Conserver à l'écart de tout local d'habitation.
- S 5 : Conserver sous . . . (*liquide approprié à spécifier par le fabricant*).
- S 6 : Conserver sous . . . (*gaz inerte à spécifier par le fabricant*).
- S 7 : Conserver le récipient bien fermé.
- S 8 : Conserver le récipient à l'abri de l'humidité.
- S 9 : Conserver le récipient dans un endroit bien ventilé.



- S 12 : Ne pas fermer hermétiquement le récipient.
- S 13 : Conserver à l'écart des aliments et boissons, y compris ceux pour animaux.
- S 14 : Conserver à l'écart des . . . (*matières incompatibles à indiquer par le fabricant*).
- S 15 : Conserver à l'écart de la chaleur.
- S 16 : Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer.
- S 17 : Tenir à l'écart des matières combustibles.
- S 18 : Manipuler et ouvrir le récipient avec prudence.
- S 20 : Ne pas manger et ne pas boire pendant l'utilisation.
- S 21 : Ne pas fumer pendant l'utilisation.
- S 22 : Ne pas respirer les poussières.
- S 23 : Ne pas respirer les gaz / fumées / vapeurs / aérosols [*terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant*].
- S 24 : Éviter le contact avec la peau.
- S 25 : Éviter le contact avec les yeux.
- S 26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.
- S 27 : Enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé.
- S 28 : Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec . . . (*produits appropriés à indiquer par le fabricant*).
- S 29 : Ne pas jeter les résidus à l'égout.
- S 30 : Ne jamais verser de l'eau dans ce produit.
- S 33 : Éviter l'accumulation de charges électrostatiques.
- S 35 : Ne se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes les précautions d'usage.
- S 36 : Porter un vêtement de protection approprié.
- S 37 : Porter des gants appropriés.
- S 38 : En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié.
- S 39 : Porter un appareil de protection des yeux/du visage.
- S 40 : Pour nettoyer le sol ou les objets souillés par ce produit, utiliser . . . (*à préciser par le fabricant*).
- S 41 : En cas d'incendie et/ou d'explosion, ne pas respirer les fumées.
- S 42 : Pendant les fumigations/pulvérisations, porter un appareil respiratoire approprié [*terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant*].
- S 43 : En cas d'incendie, utiliser . . . (*moyens d'extinction à préciser par le fabricant. Si l'eau augmente les risques, ajouter: « Ne jamais utiliser d'eau »*).
- S 45 : En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
- S 46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.
- S 47 : Conserver à une température ne dépassant pas . . . °C (*à préciser par le fabricant*).
- S 48 : Maintenir humide avec . . . (*moyen approprié à préciser par le fabricant*).
- S 49 : Conserver uniquement dans le récipient d'origine.
- S 50 : Ne pas mélanger avec . . . (*à spécifier par le fabricant*).
- S 51 : Utiliser seulement dans des zones bien ventilées.
- S 52 : Ne pas utiliser sur de grandes surfaces dans les locaux habités.
- S 53 : Éviter l'exposition - se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.



- S 56 : Éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux.
- S 57 : Utiliser un récipient approprié pour éviter toute contamination du milieu ambiant.
- S 59 : Consulter le fabricant/fournisseur pour des informations relatives à la récupération/au recyclage.
- S 60 : Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
- S 61 : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.
- S 62 : En cas d'ingestion, ne pas faire vomir. Consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.
- S 63 : En cas d'accident par inhalation, transporter la victime hors de la zone contaminée et la garder au repos.
- S 64 : En cas d'ingestion, rincer la bouche avec de l'eau (seulement si la personne est consciente).
- S 1/2 : Conserver sous clef et hors de portée des enfants.
- S 3/7 : Conserver le récipient bien fermé dans un endroit frais.
- S 3/9/14 : Conserver dans un endroit frais et bien ventilé à l'écart des . . . *(matières incompatibles à indiquer par le fabricant)*.
- S 3/9/14/49 : Conserver uniquement dans le récipient d'origine dans un endroit frais et bien ventilé à l'écart de . . . *(matières incompatibles à indiquer par le fabricant)*.
- S 3/9/49 : Conserver uniquement dans le récipient d'origine dans un endroit frais et bien ventilé.
- S 3/14 : Conserver dans un endroit frais à l'écart des . . . *(matières incompatibles à indiquer par le fabricant)*.
- S 7/8 : Conserver le récipient bien fermé et à l'abri de l'humidité.
- S 7/9 : Conserver le récipient bien fermé et dans un endroit bien ventilé.
- S 7/47 : Conserver le récipient bien fermé et à une température ne dépassant pas . . . °C *(à préciser par le fabricant)*.
- S 20/21 : Ne pas manger, ne pas boire et ne pas fumer pendant l'utilisation.
- S 24/25 : Éviter le contact avec la peau et les yeux.
- S 27/28 : Après contact avec la peau, enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé et se laver immédiatement et abondamment avec . . . *(produits appropriés à indiquer par le fabricant)*.
- S 29/35 : Ne pas jeter les résidus à l'égout ; ne se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes les précautions d'usage.
- S 29/56 : Ne pas jeter les résidus à l'égout, éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux.
- S 36/37 : Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.
- S 36/37/39 : Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux/du visage.
- S 36/39 : Porter un vêtement de protection approprié et un appareil de protection des yeux/du visage.
- S 37/39 : Porter des gants appropriés et un appareil de protection des yeux/du visage.
- S 47/49 : Conserver uniquement dans le récipient d'origine à une température ne dépassant pas . . . °C *(à préciser par le fabricant)*.





IMPRESSION, BROCHAGE
IMPRIMERIE CHIRAT
42540 ST-JUST-LA-PENDUE
JUN 2004
DÉPÔT LÉGAL 2004 N° 2641

IMPRIMÉ EN FRANCE

Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CRAM ou CGSS.

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
BP 392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
www.cram-alsace-moselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.cram-alsace-moselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 488
68020 Colmar cedex
tél. 03 89 21 62 20
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 00
fax 05 56 39 55 93
documentation.prevention@cramaquitaine.fr

AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
48-50 boulevard Lafayette
63058 Clermont-Ferrand cedex 1
tél. 04 73 42 70 22
fax 04 73 42 70 15
preven.cram@wanadoo.fr

BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura,
58 Nièvre, 70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
ZAE Cap-Nord
38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 70 51 22
fax 03 80 70 51 73
prevention@cram-bfc.fr

BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
www.cram-bretagne.fr

CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrailles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 79 70 00
fax 02 38 79 70 30
prev@cram-centre.fr

CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
4 rue de la Reynie
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 79 00 64
doc.tapr@cram-centreouest.fr

ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr

LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@cram-lr.fr

MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
tél. 05 62 14 29 30
fax 05 62 14 26 92
doc.prev@cram-mp.fr

NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
service.prevention@cram-nordest.fr

NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 63 40
www.cram-nordpicardie.fr

NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
BP 93405, 44034 Nantes cedex 1
tél. 02 51 72 84 00
fax 02 51 82 31 62
prevention@cram-pl.fr

RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme,
38 Isère, 42 Loire, 69 Rhône,
73 Savoie, 74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 96 96
fax 04 72 91 97 09
preventionrp@cramra.fr

SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@cram-sudest.fr

Services prévention des CGSS

GUADELOUPE

Immeuble CGRR
Rue Paul-Lacavé
97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00
fax 05 90 21 46 13
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

GUYANE

Espace Turenne Radamonthe
Route de Raban, BP 7015
97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04
fax 05 94 29 83 01

LA RÉUNION

4 boulevard Doret
97405 Saint-Denis cedex
tél. 02 62 90 47 00
fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

MARTINIQUE

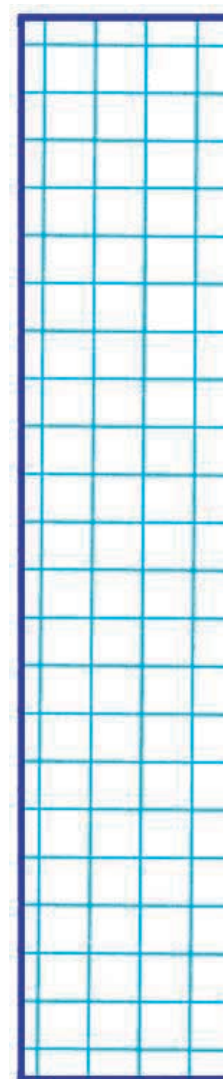
Quartier Place-d'Armes
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31
05 96 66 51 32
fax 05 96 51 81 54
prevention@cgss-martinique.fr

ENSEIGNER LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Ce document s'adresse à tous les acteurs de la prévention et de la sécurité dans les salles de travaux pratiques et les laboratoires de recherche des établissements d'enseignement secondaire et supérieur (chefs d'établissement, enseignants, ACMO, ingénieurs hygiène et sécurité, personnels de laboratoire...).

Conçu pour constituer un document technique de référence, il doit les aider à construire la prévention des risques dans ces laboratoires d'enseignement et leur permettre de trouver rapidement des réponses pratiques aux problèmes et aux questions les plus classiquement rencontrés.

Après un point réglementaire, il propose des mesures organisationnelles, traite des produits chimiques, des principaux matériels et des opérations classiques de laboratoire, puis s'intéresse aux locaux ainsi qu'au comportement dans ces laboratoires. Ce texte est complété par de nombreux encadrés consacrés à des points particuliers ou des sujets transversaux (sorbonnes de laboratoire, équipements de protection individuelle...).



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 1506

1^{re} édition (2003) • réimpression juin 2004 • 10 000 ex. • ISBN 2-7389-0370-3

Ce document a été rédigé par un groupe de travail composé d'enseignants et d'ingénieurs représentant la Société française de chimie (SFC), l'Union des professeurs de physique et de chimie (UdPPC), le Groupement pour la prévention des risques professionnels dans les établissements d'enseignement supérieur (GP'Sup), l'Observatoire national de la sécurité des établissements scolaires et d'enseignement supérieur (ONS) et l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS).

Sous la coordination de Jérôme Triolet, ingénieur à l'INRS,

Pascal Bouyssou, maître de conférence à l'Institut universitaire de technologie d'Orléans (ONS),

Vincent Conrad, ingénieur au service hygiène et sécurité de l'université de Reims Champagne-Ardenne (GP'Sup),

Lionel Fatoux, ingénieur au service hygiène et sécurité de l'université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, (GP'Sup),

Michel Hagneré, professeur au lycée J. Perrin, Rezé-les-Nantes (UdPPC),

Micheline Izbicki, professeur au lycée Robert Schuman, Le Havre (UdPPC),

Bernard Montfort, maître de conférence à l'Institut universitaire de technologie, Besançon (SFC),

Daniel Toueix, chef de travaux au lycée Vauquelin, Paris (ONS),

Fabrice Wiitkar, ingénieur au service hygiène et sécurité de l'université de Rennes 1 (SFC).



Groupement National
pour la Prévention
des Risques Professionnels
dans l'Enseignement Supérieur

