

**Laboratoires d'enseignement
en chimie**

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).



Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle).
La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2015. Illustrations Didier Crombez. Conception graphique Catherine Picard.

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. Cadre réglementaire | 5 |
| 1.1 Application des règles de santé et de sécurité du code du travail aux établissements d'enseignement publics | 5 |
| 1.2 Règles applicables dans les ateliers et inscrites dans le code du travail | 5 |
| 1.3 Règles fondées sur les textes concernant la fonction publique | 6 |
| 2. Règles du code du travail pour la prévention du risque chimique..... | 7 |
| 3. L'enseignement des règles générales de sécurité et la formation aux premiers secours..... | 8 |
| 4. Autres règles..... | 9 |
| 2. Mesures organisationnelles | |
| 1. Rôle du chef d'établissement, de l'encadrement et des enseignants..... | 10 |
| 1.1. Généralités..... | 10 |
| 1.2. Règlement intérieur, consignes | 10 |
| 1.3. Formation, information | 11 |
| 2. Organisation du travail | 11 |
| 3. Ordre et propreté..... | 15 |
| 4. Hygiène | 15 |
| 3. Produits | |
| 1. Généralités..... | 17 |
| 2. Information sur les dangers des produits chimiques..... | 17 |
| 2.1. L'étiquetage | 17 |
| 2.2. La fiche de données de sécurité (FDS)..... | 19 |
| 2.3. Autres documents..... | 19 |
| 3. Dangers, risques induits et principales mesures de prévention | 19 |
| 3.1. Produits dangereux en raison de leurs propriétés toxicologiques | 20 |
| 3.2. Produits dangereux en raison de leurs propriétés physico-chimiques | 22 |
| 3.3. Produits dangereux en raison de leurs propriétés écotoxicologiques | 24 |
| 4. Stockage..... | 24 |
| 5. Déchets..... | 25 |



| | |
|--|----|
| 4. Matériels | |
| 1. Généralités..... | 26 |
| 2. Verrerie | 26 |
| 3. Réfrigérant..... | 28 |
| 4. Pipette | 28 |
| 5. Pissette | 28 |
| 6. Appareil à flamme et brûleur électrique | 29 |
| 7. Bains chauds et autres dispositifs très chauds | 29 |
| 8. Bains froids..... | 29 |
| 9. Étuve..... | 30 |
| 10. Réfrigérateur | 30 |
| 11. Autoclave | 31 |
| 12. Évaporateur rotatif..... | 32 |
| 13. Centrifugeuse | 32 |
| 14. Bouteilles de gaz | 33 |
| 15. Installation électrique, appareils électriques..... | 34 |
| 16. Émetteurs de rayonnement non ionisant | 34 |
| 17. Émetteurs de rayonnement ionisant..... | 36 |
| 5. Opérations classiques | |
| 1. Mode opératoire | 39 |
| 2. Pesée | 39 |
| 3. Mélange de produits, préparation d'une solution, addition d'un produit | 39 |
| 4. Réaction exothermique | 40 |
| 5. Réaction produisant un dégagement gazeux | 40 |
| 6. Transvasement..... | 41 |
| 7. Siphonnage d'un liquide | 41 |
| 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 |
| Questions - Réponses | 65 |
| Annexe : Symboles utilisés sur les étiquettes | 67 |





Généralités sur la prévention du risque chimique

1. Cadre réglementaire

1.1. Application des règles de santé et de sécurité 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 en santé et sécurité du travail ont ainsi été rendues applicables, selon certaines modalités et conditions, à la fonction publique d'État comme à la fonction publique territoriale.

Schématiquement, on peut distinguer deux fondements juridiques à l'application de ces règles :

- soit directement aux termes du code lui-même ;
- soit en vertu d'un texte propre à la fonction publique qui renvoie aux dispositions du code du travail.

Le principal intérêt de cette distinction réside dans le droit de visite reconnu à l'inspecteur du travail qui peut ainsi contrôler l'application de ces dispositions dans les ateliers des établissements directement visés par le code du travail.

1.2. Règles applicables dans les ateliers et inscrites dans le code du travail

Selon l'article L. 4111-3 du code du travail, les ateliers des établissements publics dispensant un enseignement technique ou professionnel ainsi que ceux des établissements et services sociaux et médico-sociaux dispensant des formations professionnelles sont directement soumis à certaines des règles de santé et sécurité du travail, tant en ce qui concerne les personnels que les élèves ou étudiants. Cet article renvoie, à cet égard, vers les dispositions particulières applicables aux femmes enceintes ou allaitant et aux jeunes travailleurs, ainsi que vers les dispositions applicables à l'utilisation des lieux de travail (entre autres, l'aération, l'éclairage, la sécurité, la prévention des incendie et explosion, le risque électrique), à la conception et l'utilisation des équipements de travail et des moyens de protection collective et individuelle, à la prévention de certains risques (chimiques, biologiques...) et enfin à la manutention de charges.

Pour déterminer les établissements effectivement visés, une circulaire du 26 octobre 1993¹ précise qu'il convient 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 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 ».

1. 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.



En conséquence, l'inspecteur du travail est habilité à assurer le contrôle de l'application de ces règles de santé et de sécurité dans les ateliers des établissements publics d'enseignement technique et professionnel du second degré (art. D. 421-145 à D. 421-150 du code de l'éducation). La visite de ces ateliers 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.

Les chefs d'établissement d'enseignement ou de formation et les employeurs qui accueillent des jeunes de moins de dix-huit ans en formation professionnelle peuvent déroger à l'interdiction d'affecter ces jeunes à certains travaux interdits (travaux impliquant certains agents chimiques dangereux, utilisation de machines dangereuses...). Ils adressent à l'inspecteur du travail une déclaration de dérogation sous réserve de satisfaire à certaines conditions (évaluation des risques et mesures de prévention adaptées, formation à la sécurité, encadrement du jeune par une personne compétente, avis médical d'aptitude préalable) (art. R. 4153-38 à R. 4153-45 du code du travail). Cette dérogation est renouvelée tous les 3 ans. À noter, des dérogations individuelles permanentes ne nécessitant pas l'autorisation de l'inspection du travail peuvent être attribuées aux jeunes de moins de dix-huit ans affectés à des travaux interdits susceptibles de dérogation quand ils sont titulaires d'un diplôme ou d'un titre professionnel et reconnus aptes médicalement (art. R. 4153-49 du code du travail).

1.3. Règles fondées sur les textes concernant la fonction publique

À côté des dispositions visant directement le personnel et les élèves/étudiants des ateliers, s'imposent aux établissements d'enseignement, par détermination d'un texte propre à la fonction publique², les dispositions des livres I à V de la 4^e partie du code du travail et des décrets pris pour leur application, sous réserve d'adaptation dans certains cas.

En l'état, la plupart des règles techniques prescrites par le code du travail sont applicables, seules les questions relatives au comité d'hygiène, de sécurité et conditions de travail (CHSCT), à la médecine de prévention et à la formation à la sécurité des agents font l'objet de dispositions spécifiques différentes des dispositions générales du code du travail.

Figurent notamment, au titre de ces dispositions applicables, celles relatives aux principes généraux de prévention (art. L. 4121-1 à L. 4122-1) et celles relatives à la prévention du risque chimique (voir § 2 ci-dessous).

Le contrôle du respect des règles de santé et de sécurité du code du travail dans les établissements d'enseignement est réalisé par des fonctionnaires ou agents chargés d'assurer les fonctions d'inspection en matière de santé et sécurité au travail dans la fonction publique d'État et la fonction



2. Décret n° 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 du 10 juin 1985 modifié, relatif à l'hygiène et à la sécurité ainsi qu'à la médecine professionnelle et préventive dans la fonction publique territoriale.

publique territoriale. Ces fonctionnaires ou agents peuvent proposer à l'autorité compétente toute mesure permettant d'améliorer la prévention des risques professionnels.

Par ailleurs, la circulaire du 26 octobre 1993 précitée rappelle que la gestion des risques constitue un impératif pour les établissements et que la démarche de prévention s'intègre à leur mission éducative.

2. Règles du code du travail pour la prévention du risque chimique

Des dispositions réglementaires, issues de la transposition de plusieurs directives européennes et codifiées aux articles R. 4411-1 à R. 4412-160 du code du travail, encadrent les mesures de prévention du risque chimique.

La première partie de ces dispositions (livre IV, titre I^{er}, chapitre I^{er}) concerne les fabricants, importateurs, utilisateurs en aval ou 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 mélanges), en fixant les principes de classement, d'étiquetage, de déclaration des produits chimiques dangereux, de rédaction et de transmission d'une fiche de données de sécurité³.

La seconde partie de ces dispositions (livre IV, titre I^{er}, chapitre II) regroupe les mesures de prévention applicables aux utilisateurs de produits chimiques :

- articles R. 4412-1 à R. 4412-57 : règles de prévention des risques dus aux agents chimiques dangereux ;
- articles R. 4412-59 à R. 4412-93 : règles particulières applicables aux travailleurs exposés ou susceptibles d'être exposés aux agents chimiques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) classés 1 A ou 1 B selon le règlement européen CLP⁴ ;
- articles R. 4412-94 à R. 4412-148 : règles spécifiques aux activités pouvant exposer à l'amiante ;
- articles R. 4412-149 à R. 4412-160 : valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP), valeurs limites biologiques pour certains agents chimiques et règles particulières à la silice cristalline et au plomb et ses composés.

Par ailleurs, le code du travail interdit d'affecter les femmes enceintes ou allaitant à certains agents chimiques dangereux (art. D. 4152-9 à D. 4152-11). Il interdit également de faire effectuer à des jeunes en formation professionnelle de moins de dix-huit ans des travaux impliquant des agents chimiques dangereux (art. D. 4153-17 et D. 4153-18). Toutefois, des dérogations sont possibles si les conditions fixées par le code du travail sont remplies (art. R. 4153-38 à R. 4153-45, R. 4153-49 à R. 4153-52).

L'adaptation des mesures de prévention aux risques encourus nécessite une démarche préalable d'évaluation de ces risques. Cette démarche est prévue par les articles R. 4412-5 et R. 4412-62 qui précisent que cette évaluation est renouvelée périodiquement et à l'occasion de toute modification des conditions pouvant affecter la santé et la sécurité des travailleurs.

3. *Mémento du règlement CLP*. ED 6207, INRS, 2015. *La fiche de données de sécurité*. ED 954, INRS, 2012.

4. Règlement (CE) 1272/2008 du 16 décembre 2008 modifié, relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, dénommé règlement CLP.



Elle prend en compte les niveaux d'exposition collectifs et individuels, indique les méthodes et moyens envisagés pour les réduire et suit l'évolution des connaissances sur les produits utilisés ou générés par les activités. Les résultats de cette évaluation sont transcrits dans le document unique pour l'évaluation des risques professionnels.

Pratiquement, la démarche d'évaluation des risques doit débiter par un repérage 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.

La démarche de prévention du risque chimique consiste à supprimer le risque lorsque cela est possible, si ce n'est pas le cas, à le réduire au minimum en donnant la priorité aux mesures de protection collective sur les mesures de protection individuelle. Dans cet objectif, les articles R. 4412-11 et R. 4412-70 préconisent, entre autres, de réduire au minimum les quantités de produits chimiques sur les lieux de travail, de limiter le nombre de travailleurs exposés ainsi que la durée et l'intensité de l'exposition.

Il convient, par ailleurs, de noter que, dans le cadre du dispositif de prévention de la pénibilité au travail, certains facteurs de risques doivent être pris en compte, tels les agents chimiques considérés comme dangereux, sous certaines conditions⁵.

3. L'enseignement des règles générales de sécurité et la formation aux premiers secours

Dans les établissements d'enseignement secondaire, il est prévu d'enseigner aux élèves les règles générales de sécurité et de les former aux premiers secours⁶. Ces actions portent sur les domaines de la santé et de la sécurité, mais aussi de l'environnement. Elles sont mises en œuvre à travers les programmes et les différentes activités organisées dans le cadre du projet d'établissement. Les personnels d'enseignement et d'éducation contribuent à cette action éducative avec le concours des personnels de santé. La formation aux premiers secours dans les collèges permet aux élèves des collèges d'obtenir l'attestation de formation aux premiers secours (AFPS). Les élèves des lycées suivant des formations professionnelles et technologiques bénéficient de la formation de sauveteur secouriste du travail (SST), sanctionnée par le certificat de sauveteur secouriste du travail.

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.



5. Art. L. 4161-1.

6. Art. L. 312-13-1 et D. 312-40 à D. 312-42 du code de l'éducation et circulaire du 24 mai 2006 relatifs à la sensibilisation à la prévention des risques, aux missions des services de secours, à la formation aux premiers secours et à l'enseignement des règles générales de sécurité.

4. Autres règles

Enfin, il convient de préciser que d'autres réglementations que celle du travail s'appliquent aux laboratoires d'enseignement en chimie pour la construction des bâtiments, la sécurité incendie (règlement de sécurité pour les établissements recevant du public), l'élimination des déchets (règles du ministère chargé de l'environnement)...





Mesures organisationnelles

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

1.1. Généralités

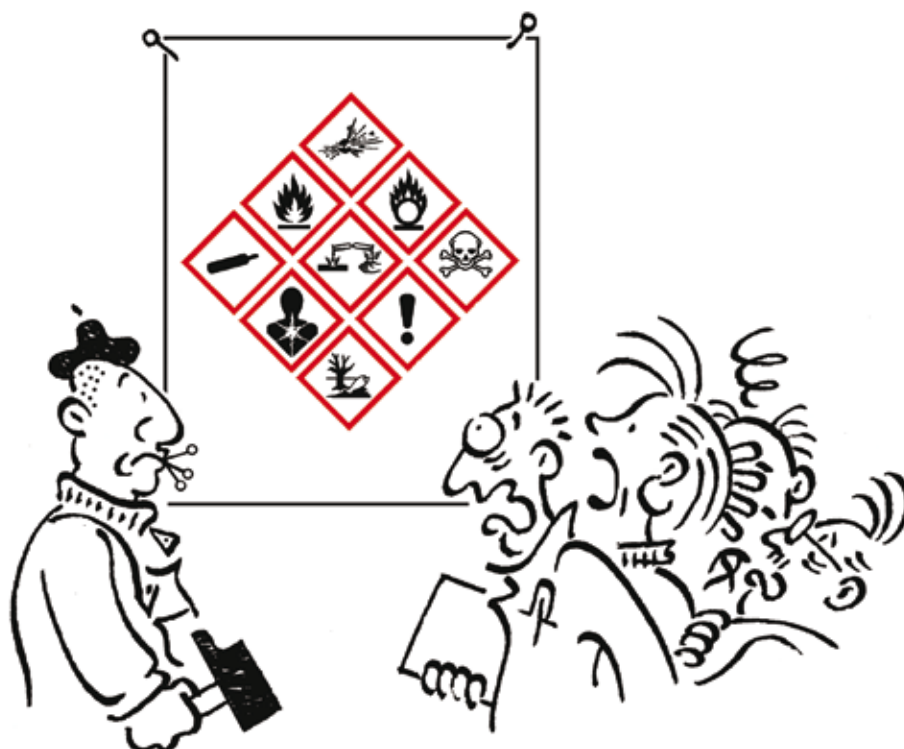
C'est au chef d'établissement qu'il incombe de mettre en place une politique de prévention des risques et de s'assurer que les personnels d'encadrement et d'enseignement veillent à son application à tous les niveaux. Ces actions porteront sur l'organisation du travail, l'ordre, la propreté et l'hygiène.

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, des lunettes de protection et des gants (si nécessaire) lors des séances de travaux pratique de chimie.



Les consignes à suivre (cf. encadré « Organisation de la prévention des risques dans les établissements d'enseignement » p. 12) et les symboles de danger (cf. 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 dans le respect des réglementations en vigueur.

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 toxicologiques⁷. 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 manipulation 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.

7. Base de données des fiches toxicologiques de l'INRS. www.inrs.fr





Organisation de la prévention des risques dans les établissements d'enseignement

1. Généralités

L'organisation de la prévention dans les établissements d'enseignement repose sur différents acteurs :

- des acteurs internes :
 - le chef de l'établissement d'enseignement, responsable de la santé et de la sécurité des élèves/étudiants et des personnels de son établissement ;
 - les chefs de service de la fonction publique d'État (par exemple, le directeur d'un laboratoire) qui veillent à la sécurité et à la protection de la santé des agents placés sous leur autorité, dans la limite des attributions et délégations qui leur sont consenties ;
 - les assistants de prévention et, le cas échéant, les conseillers de prévention lorsque l'importance des risques ou l'effectif le justifie, désignés par le chef d'établissement pour le conseiller et l'assister lors de l'évaluation des risques, la mise en place d'une politique de prévention et la mise en œuvre des règles de sécurité et d'hygiène au travail ;
 - les personnels enseignants, administratifs et techniques ;
 - les élèves/étudiants ;
 - le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.
- des acteurs externes :
 - les agents chargés de l'inspection en santé et sécurité ;
 - les médecins chargés de la prévention de la santé : médecin de prévention pour le personnel, médecin de l'Éducation nationale pour les élèves du secondaire, médecin de médecine préventive et de promotion de la santé pour les étudiants des universités et autres établissements publics de l'enseignement supérieur.

Le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche impulse et coordonne le développement de la prévention et définit, en liaison avec les deux comités techniques ministériels de l'Éducation nationale et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, les orientations générales de prévention des risques garantissant la cohérence et l'harmonisation

des différentes politiques de prévention des établissements.

L'Observatoire national de la sécurité et de l'accessibilité des établissements d'enseignement (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 santé et de la sécurité au travail coordonne les conventions de partenariat entre les académies et les Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) pour la formation des enseignants et favorise l'intégration des compétences en santé et sécurité au travail dans les différents cursus de formation.

2. Dans les établissements d'enseignement secondaire

Dans chaque établissement, l'assistant de prévention (ancien ACO) 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 présidée par le chef d'établissement. Le médecin de prévention et le médecin de l'éducation nationale y assistent en qualité d'experts.

Les conseillers de prévention académique et départemental assistent et conseillent respectivement le recteur et le directeur académique auprès desquels ils sont placés pour la mise en œuvre des règles de santé et de sécurité au travail. 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 CARSAT/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 conseiller de prévention, parfois appelé ingénieur hygiène et sécurité, assiste et conseille le chef d'éta-

blissement (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 conseillers de prévention 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, de sécurité et des conditions de travail. 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 de ces établissements y sont représentées.

À la demande des établissements, les services prévention des CARSAT assurent la formation des enseignants à la prévention des risques professionnels.



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 paillasse 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.

* Retirer ses gants en toute sécurité - Gants à usage unique. ED 6168, INRS, 2013. Lavez-vous les mains. ED 6170, INRS, 2013



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.

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.

Tous les appareils devront être arrêtés pendant la nuit, chaque soir, avant de quitter le laboratoire et 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.



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. Ces opérations s'effectueront autant que possible dans des sorbonnes capables de contenir tout rejet en cas d'accident.

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.



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 établi⁸.

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). On veillera notamment à ne pas encombrer les couloirs, les paillasse 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.

8. Code du travail, articles R. 4511-1 à R. 4515-11.





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^{9, 10} 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.



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

10. *Produits d'hygiène cutanée à usage professionnel. Fiche pratique de sécurité.* ED 58, INRS, 2007.



Produits

1. Généralités

Les produits chimiques se répartissent en substances et en mélanges. Selon l'article R. 4411-3 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 mélanges 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'étiquetage

Apposée sur les emballages, l'étiquette de danger constitue la première information, essentielle et concise, fournie à l'utilisateur sur les dangers d'un produit chimique et sur les précautions à prendre lors de l'utilisation.

Le règlement CLP¹¹ ('Classification, Labelling and Packaging', en français « Classification, étiquetage et emballage ») définit les règles de classification, d'étiquetage et d'emballage des produits chimiques utilisés sur le lieu de travail ou destinés à la consommation. Sauf dispositions particulières, il est applicable de façon obligatoire aux substances depuis le 1^{er} décembre 2010 et aux mélanges depuis le 1^{er} juin 2015. Néanmoins, des lots de mélanges mis sur le marché avant le 1^{er} juin 2015 et étiquetés et emballés selon un système réglementaire préexistant¹² peuvent encore circuler jusqu'au 1^{er} juin 2017 (date limite de remise sur le marché sans réétiquetage et réemballage).

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),
- remplacer systématiquement les étiquettes lorsqu'elles sont abîmées ou peu lisibles.

11. Règlement (CE) n° 1272/2008 du 16 décembre 2008 modifié. Le règlement et ses adaptations (« ATP ») sont consultables sur le site de l'INRS : <http://www.inrs.fr/accueil/header/info/textes-clp.html>.

12. Directives 67/548/CE et 1999/45/CE modifiées. Transposition en droit français par arrêtés du 20 avril 1994 et du 9 novembre 2004 modifiés.



Exemple d'étiquette d'une substance selon le règlement CLP

BONCOLOR 1
1 bis, rue de la source 92390 PORLY – Tél. 01 98 76 54 32

ACÉTONE

2



3



3

DANGER

4

Liquide et vapeurs très inflammables. 5
Provoque une sévère irritation des yeux.
Peut provoquer somnolence ou vertiges.

L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau. 7


Tenir hors de portée des enfants.
Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, des étincelles, des flammes nues et de toute autre source d'inflammation. Ne pas fumer. 6
Éviter de respirer les vapeurs.

EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX : rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.
Stocker dans un endroit bien ventilé. Maintenir le récipient fermé de manière étanche. Tenir au frais.


N° CE 200-662-2 2

- | | |
|------------------------------|--|
| 1 Identité du fournisseur | 5 Mentions de danger |
| 2 Identificateurs du produit | 6 Conseils de prudence |
| 3 Pictogrammes de danger | 7 Section des informations supplémentaires |
| 4 Mentions d'avertissement | |

Exemple d'étiquette d'un mélange selon le système réglementaire préexistant



F - Facilement inflammable



Xn - Nocif

BONCOLOR 1
1bis, rue de la source
92390 PORLY
Tél.: 01-98-76-54-32

MEGASOLV

2

Contient de la cyclohexanone

Facilement inflammable
Nocif par inhalation
Irritant pour les yeux et la peau 3
L'exposition répétée peut provoquer somnolence et vertiges

Conserv à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles- Ne pas fumer 4
Eviter le contact avec la peau et les yeux
Eliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux

- | |
|---|
| 1 Nom, adresse et numéro de téléphone du fabricant, du distributeur ou de l'importateur |
| 2 Identité du produit |
| 3 Phrases de risque (phrase R) |
| 4 Conseils de prudence (phrase S) |

Les dangers de tous les produits chimiques n'ont pas été évalués. De plus, tous les produits chimiques dangereux ne sont pas soumis à étiquetage selon le CLP (médicaments, produits cosmétiques...) ou ne sont pas étiquetables (produits d'émission lors de procédés de travail, par exemple les produits de combustion ou de dégradation thermique).



2.2. La fiche de données de sécurité (FDS)¹³

Si l'étiquetage réglementaire des substances et mélanges dangereux est un moyen simple d'alerter l'utilisateur d'un produit sur les dangers dominants liés à sa mise en œuvre, la fiche de données de sécurité (FDS) est un document qui fournit 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.

La rédaction de ce document est faite par le responsable de mise sur le marché d'un produit qui ensuite la fournit ou l'envoie sur demande gratuitement au chef d'établissement utilisateur. Depuis 2007, certaines FDS sont complétées en annexe par des scénarios d'exposition qui informent sur les conditions d'utilisation et les mesures de gestion des risques pour garantir l'utilisation du produit en toute sécurité. Cette fiche doit être rédigée en français et doit exister notamment pour tout produit chimique dangereux 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'INRS sont de véritables synthèses sur les substances les plus utilisées et peuvent être consultées en ligne sur le site de l'INRS. Parmi les documents utiles, on citera également les fiches pratiques de sécurité publiées par le CNRS¹⁴, 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 l'environnement.



13. La fiche de données de sécurité. ED 954, INRS, 2012.

14. Fiches pratiques de sécurité des produits chimiques au laboratoire. Aide-mémoire. CNRS, Dunod, Paris, 2011.



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. À 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 « Sorbonnes de laboratoire » p.48).

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. § 5 et encadré « EPI » p.45), 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 proscrit).

Les effets néfastes sur la santé dépendent de plusieurs facteurs : la toxicité du produit, la voie et le temps d'exposition, la dose de produit absorbé et l'individu exposé (facteurs de susceptibilité individuels...).

Certains produits agissent comme des poisons avec des effets immédiats. Cette intoxication aiguë est le plus souvent consécutive à une forte dose absorbée rapidement.

D'autres produits peuvent avoir des effets apparaissant longtemps après le début de l'exposition : c'est l'intoxication chronique. Elle est le plus souvent consécutive à une exposition longue ou répétée de faibles doses.

Les principaux dangers pour la santé engendrés par les produits chimiques sont définis dans le règlement CLP :

- **Substances et mélanges présentant une toxicité aiguë**

La toxicité aiguë correspond aux effets indésirables de certains produits chimiques qui se manifestent après administration d'une dose unique ou de plusieurs doses réparties sur 24 heures et peuvent entraîner des effets pour la santé parfois graves, voire mortels.

- **Substances et mélanges toxiques par aspiration**

Suite à leur ingestion, ces produits provoquent des troubles respiratoires parfois mortels. Après avoir été ingérés et du fait de leurs propriétés particulières (faible viscosité, effet moussant...), ils pénètrent dans les poumons directement (lors de la déglutition) ou indirectement (par régurgitation ou lors de vomissements).

- **Substances et mélanges présentant une toxicité spécifique pour certains organes cibles**

La toxicité spécifique pour certains organes cibles couvre des effets toxiques différents de ceux décrits pour les autres propriétés toxicologiques. Elle correspond à une altération du fonctionnement ou de la morphologie d'un tissu ou d'un organe ou provoque une modification de la



composition du sang. On distingue les effets survenant en cas d'exposition unique de ceux apparaissant suite à des expositions répétées ou prolongées. Ils peuvent apparaître immédiatement ou de façon retardée. Cette définition comprend les effets passagers sur certains organes cibles en cas d'exposition unique, à savoir l'irritation des voies respiratoires et les effets narcotiques (sommolence, vertiges).

- **Substances et mélanges corrosifs et irritants pour la peau et les yeux**

Les produits corrosifs exercent une action destructrice sur les tissus vivants. Ils entraînent, selon le type d'exposition, des brûlures de la peau (douleur, ulcération, saignement...) ou des yeux (douleur, perte de vue...) et provoquent des lésions parfois très graves qui, en l'absence de traitement, peuvent laisser des cicatrices irréversibles.

Remarque : le règlement CLP définit également les produits corrosifs pour les métaux qui peuvent attaquer ou détruire les métaux. Parmi ces produits, certains ne sont pas corrosifs pour la peau ou les yeux.

Les produits irritants entraînent, selon le type d'exposition, une inflammation superficielle de la peau (sensation de brûlure, rougeur...), des yeux (sensation de brûlure, larmoiement, rougeur...).

Contrairement aux produits corrosifs, ils n'entraînent généralement pas de séquelles.

- **Substances et mélanges sensibilisants**

Ils sont responsables de réactions allergiques chez certains individus. L'allergie (rhinite, conjonctivite, urticaire, eczéma, asthme...) est une réaction de défense cutanée ou respiratoire excessive de l'organisme consécutive au contact avec un produit.

- **Substances et mélanges cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction¹⁵**

Cancérogènes: ces produits peuvent provoquer chez certaines personnes un cancer. Le type de cancer dépend de la nature du produit, du mode et du temps d'exposition. Ces maladies peuvent survenir même en cas d'absorption de très faibles quantités de produit. On admet, pour la plupart des produits cancérogènes, qu'on ne peut pas déterminer de dose en dessous de laquelle il n'y a aucun risque.

Mutagènes: les produits mutagènes augmentent la fréquence des mutations, c'est-à-dire des modifications du matériel génétique (ADN) transmissibles à la descendance, qui peuvent être à l'origine de tumeurs cancéreuses ou d'effets sur la reproduction.

Toxiques pour la reproduction: la toxicité pour la reproduction peut se traduire par des effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité de l'homme ou de la femme, sur le développement des descendants (mort de l'embryon ou du fœtus durant la grossesse, anomalies structurelles, défauts de croissance ou déficiences fonctionnelles chez l'enfant à naître) et sur ou via l'allaitement.

La manipulation de tels produits est très encadrée par la réglementation (art. R. 4412-59 à R. 4412-93 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 prises¹⁵:

15. Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction. Classification réglementaire. ED 976, INRS, 2012.



- 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.

3.2 Produits dangereux en raison de leurs propriétés physico-chimiques

Le règlement CLP définit les dangers physiques que peuvent présenter les produits chimiques.

Certains produits peuvent exploser, suivant le cas, au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc, de frottements... Parmi eux, se trouvent les produits intrinsèquement explosibles: certains peroxydes organiques, certains produits autoréactifs [produits thermiquement instables qui peuvent se décomposer en dégageant une forte quantité de chaleur et, ce, même en l'absence d'oxygène (air)]. De même, certains **gaz inflammables** chimiquement instables peuvent exploser même en l'absence d'air ou d'oxygène.

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

Les **gaz sous pression** peuvent exploser sous l'effet de la chaleur. Selon que ces gaz sous pression sont conditionnés par le fournisseur sous forme entièrement gazeuse, partiellement liquide ou dissous dans un solvant, on parle de gaz comprimés, de gaz liquéfiés ou de gaz dissous. Certains gaz sous pression, à savoir les gaz liquéfiés réfrigérés, peuvent être responsables de brûlures ou de blessures liées au froid appelées brûlures et blessures cryogéniques.

Les **aérosols**, qui sont également des récipients sous pression, peuvent aussi éclater sous l'effet de la chaleur, qu'ils contiennent des composants inflammables ou non.

Un certain nombre de produits chimiques peuvent s'enflammer :

- au contact d'une source d'inflammation (flamme, étincelle, électricité statique...). Il peut s'agir de liquides, solides, gaz inflammables ou d'aérosols renfermant des composants inflammables ;
- sous l'effet de la chaleur: produits autoréactifs, peroxydes organiques;
- au contact de l'air : liquides et solides pyrophoriques (qui peuvent s'enflammer en quelques minutes au contact de l'air), produits auto-échauffants qui diffèrent des produits pyrophoriques du fait qu'ils s'enflament seulement lorsqu'ils sont présents en grandes quantités (plusieurs kg) et après une durée prolongée au contact de l'air (plusieurs heures ou jours);
- au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables (certains gaz dégagés s'enflament spontanément, d'autres au contact d'une source d'énergie-flamme, étincelle...). 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.



Certains solides inflammables peuvent aussi provoquer ou aggraver un incendie en s'enflammant par frottement.

Certains produits activent ou favorisent la combustion. **Liquides, solides et gaz comburants** peuvent provoquer ou aggraver un incendie ou même provoquer une explosion, s'ils sont en présence de produits inflammables.

Avant de procéder au mélange d'un produit combustible et d'un comburant, il faut s'assurer qu'il est possible de le faire dans les conditions choisies, que le mélange restera stable pendant toute la durée nécessaire et 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.

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

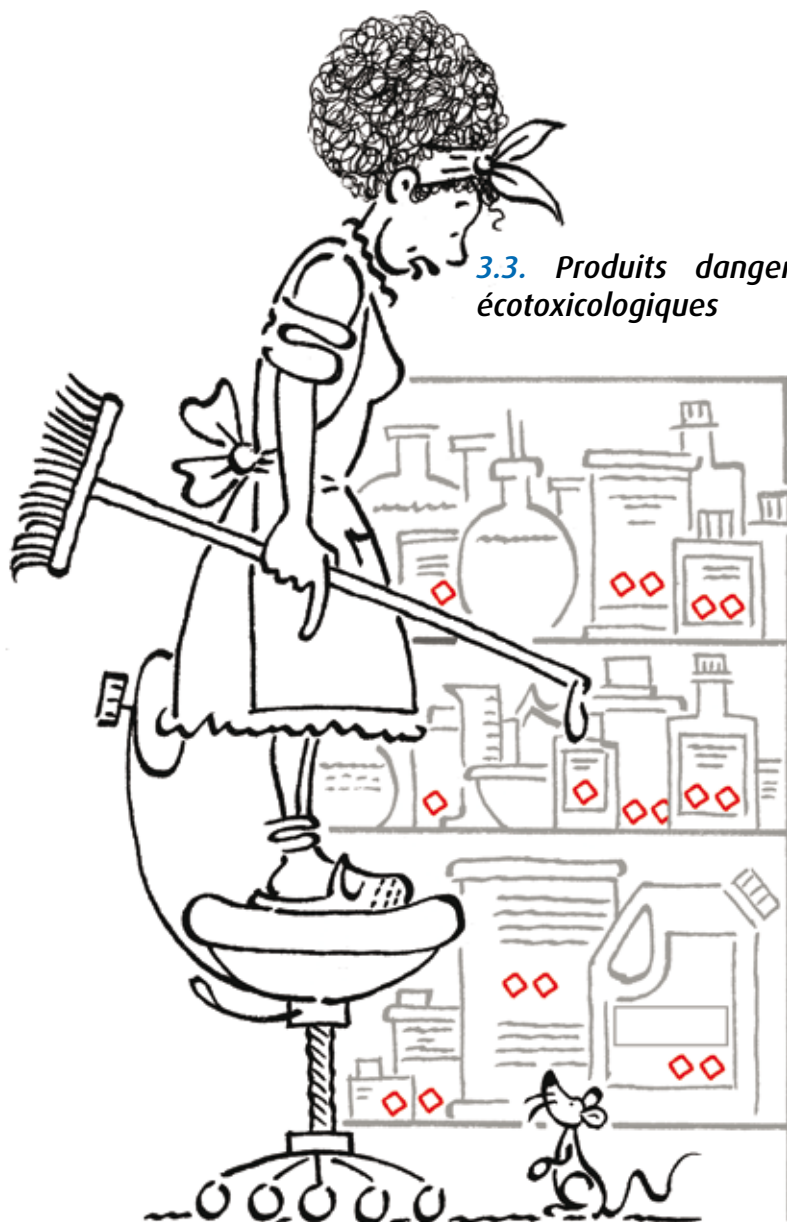
- Remplacer (dans la mesure du possible) la substance inflammable par une substance non inflammable.
- Installer le matériel dans un endroit ventilé pour que la concentration en vapeurs dans l'atmosphère soit maintenue en dessous de la limite inférieure d'explosivité (LIE).
- Vérifier l'absence de fuite 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.
- Éviter les cloisons, étagères ou plafonds facilement combustibles capables de propager rapidement l'incendie.

Suppression du comburant

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



3.3. Produits dangereux en raison de leurs propriétés écotoxicologiques



Concernant les effets sur l'environnement, le règlement CLP distingue :

- les dangers pour le milieu aquatique : certains produits chimiques provoquent des effets néfastes sur des organismes aquatiques (algues, crustacés, poissons...);
- le danger pour la couche d'ozone : certains produits peuvent détruire la couche d'ozone dans la haute atmosphère en agissant sur sa structure et/ou son fonctionnement.

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 brochure détaillée publiée par l'INRS¹⁶.

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 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 brochure ED 6015 publiée par l'INRS décrit ces règles de classement en détail.



16. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ED 6015, INRS, 2012.

5. Déchets¹⁷

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'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) 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.



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.

17. Le guide pour la gestion des déchets dans les établissements d'enseignement supérieur et de recherche, <http://www.dgdr.cnrs.fr/sst/CNPS/guides/doc/dechets/guidedechets.pdf>.





4

Matériels

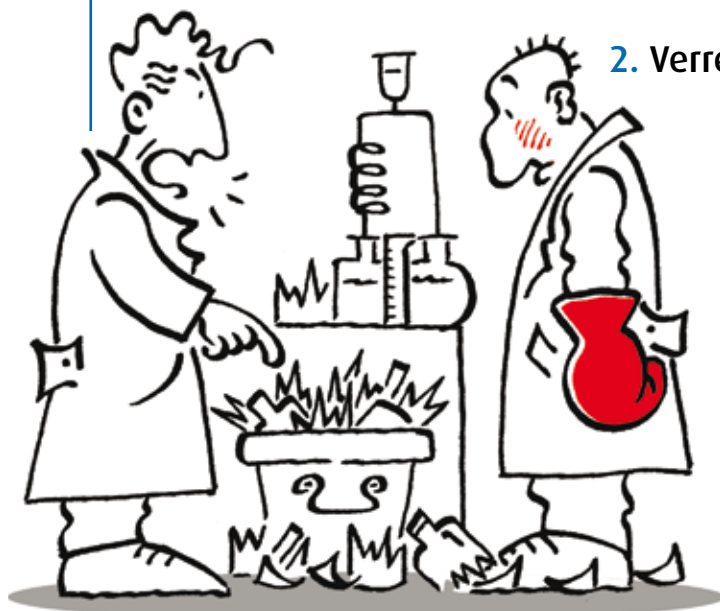
1. Généralités

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, dû 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'épanchage 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.

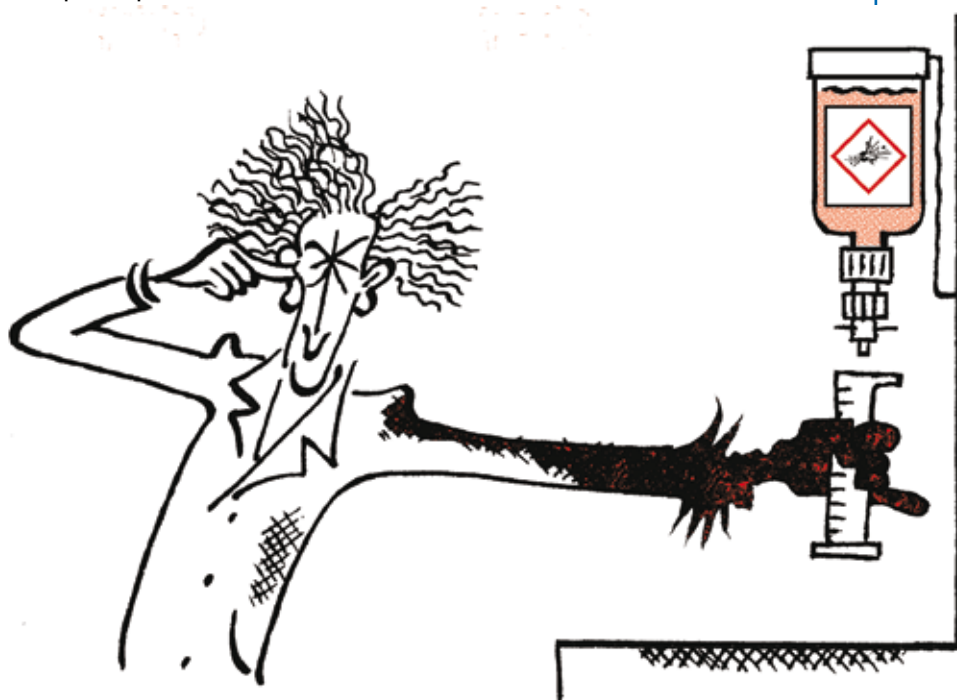
Les objets en verre seront manipulés avec précaution. Dans le cas d'objets tels que béchers, erlens, ballons, etc... ils devront toujours être pris en plaçant les doigts autour du corps du récipient et jamais saisis par les bords.

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 PTFE¹⁸ 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). De même, la mise en dépression d'un évaporateur rotatif entraîne des contraintes sur cet appareillage qui peuvent provoquer une implosion en cas de choc ou de faiblesse pré-existante (éclats, fêlure).

18. 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 dangereux pour la santé, 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 Limite Inférieure d'Explosivité (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 brochure ED 6015¹⁹ de l'INRS.

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,





- 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 brochure ED 6015²⁰ de l'INRS.

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 périodiques. 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),
- la décharge des fluides en surpression doit être canalisée pour éviter leur diffusion dans l'atmosphère,

20. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ED 6015, INRS, 2012.



- 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.

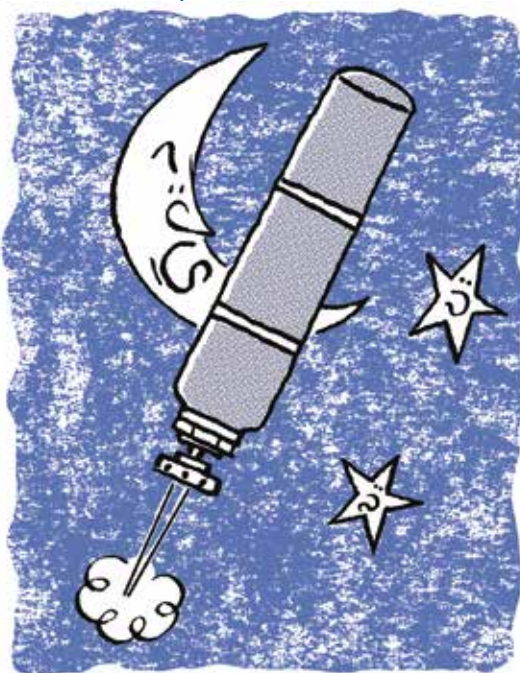


14. Bouteilles de gaz

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 dangereux (ex. : chlore, sulfure d'hydrogène, arsine, diborane...),
- ne jamais forcer le robinet d'ouverture,
- en cas de fuite, si le gaz est dangereux pour la santé 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 dangereux²¹ 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 réépreuve périodique (période fonction du gaz contenu) est obligatoire ; une rondelle au col de la bouteille indique la date de la dernière réépreuve.



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 !).

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.



21. Le stockage des produits chimiques au laboratoire. ED 6015, INRS, 2012.

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 réglementation²² (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 sécurité.

Toute personne amenée à travailler à proximité ou sur une installation électrique devra au préalable avoir bénéficié d'une formation à la prévention du risque électrique et avoir reçu du chef d'établissement l'habilitation correspondante (art. R. 4544-9 à R. 4549-11 du code du travail). Les jeunes en formation de moins de dix-huit ans ne doivent ni exécuter des travaux sous tension, ni accéder sans surveillance à des locaux ou emplacements présentant un risque de contact avec des pièces nues sous tension, sauf s'il s'agit d'installations à très basse tension de sécurité. Néanmoins, les jeunes de moins de dix-huit ans titulaires d'une habilitation peuvent exécuter des opérations sur les installations électriques ou des opérations d'ordre électrique ou non au voisinage de ces installations (art. D. 4153-24 et R. 4153-50 du code du travail).

16. Émetteurs 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. Émetteurs d'ondes et rayonnements électromagnétiques^{23, 24, 25}

- **Émetteurs de champs électromagnétiques statiques (aimants, IRM, RMN...)**

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



22. La prévention du risque électrique. Textes réglementaires relevant du code du travail. ED 6187, INRS, 2014.

À partir d'un certain seuil de puissance rayonnée, les personnes porteuses d'implant actif ne devront pas pénétrer dans la zone où le champ est supérieur à 0,5 mT. La limite est portée à 3 mT pour les implants passifs (métalliques). Un affichage devra rappeler cette interdiction.

- **Émetteurs de rayonnement électromagnétique de basse fréquence (1 Hz à 10 MHz) (moteur électrique, transformateur, ligne de transport d'électricité...)**²⁶

Risques : *stimulation du système nerveux central et périphérique. Pour les porteurs d'implants actifs : 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, il est conseillé de les éloigner des sources de rayonnement.

- **Émetteurs de rayonnement électromagnétique de haute fréquence (100 kHz à 300 GHz) (radiofréquences, soudage par perte diélectrique et micro-ondes)**²⁷

Risques : *échauffement des tissus pouvant aller jusqu'aux brûlures, lésions oculaires.*

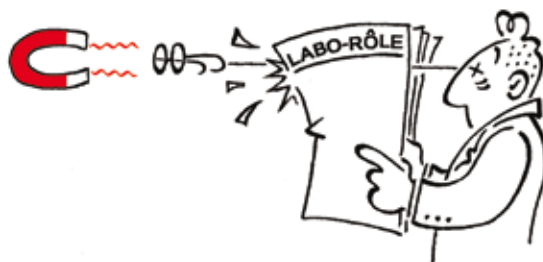
Les rayonnements ambiants et de fuites devront être évalués de façon à éviter le risque d'exposition des opérateurs travaillant à proximité. Les porteurs d'implants devront également éviter la proximité avec ces sources.

16.2. Émetteurs de rayonnements optiques incohérents et cohérents

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

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

Les sources devront être contrôlées régulièrement. En cas de risque de dépassement des seuils, les réflexions des rayonnements devront être réduites par une conception appropriée des locaux et des surfaces. Des protections collectives doivent être mises en place. Les opérateurs se muniront de protections individuelles si nécessaire (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.



23. Lignes directrices relatives aux limites d'exposition aux champs magnétiques statiques. HST PR 43-218, INRS, 2010.

24. Champs électriques, champs magnétiques, ondes électromagnétiques. Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur. ED 785, INRS, 2010.

25. Directive 2013/35/UE du parlement européen et du conseil du 26 juin 2013 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques).

26. Lignes directrices pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques et magnétiques variables dans le temps. HST, PR 47-222, INRS, 2011.

27. Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques, champs alternatifs. ND 2143, INRS, 2001.



- **Émetteurs 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 le niveau de risque. 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. Pour les lasers émettant dans le visible, les locaux devront être suffisamment éclairés pour limiter l'ouverture de la pupille de l'œil.

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 d'alignement d'un laser de forte puissance peuvent être réalisées à l'aide d'un laser de faible puissance.

17. Émetteurs 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 (appareil émetteur de rayonnement ionisant ou source radioactive) lorsque le rayonnement provient d'une source extérieure à l'organisme ou interne lorsque le rayonnement provient de radionucléides ayant pénétré dans l'organisme par inhalation ou par ingestion. 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.

La détention et l'utilisation d'appareils émetteurs de rayonnement ionisant et de sources radioactives sont strictement encadrées par la réglementation²⁸.



28. *Les rayonnements ionisants. Paysage institutionnel et réglementation applicable.* ED 932, INRS, 2014.

Lorsque la détention et/ou l'utilisation d'appareil de rayonnement ionisant ou de sources radioactives entraîne un risque d'exposition de personnes, des règles spécifiques de radioprotection sont mises en place, 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,
- classer le personnel en fonction du niveau d'exposition,
- 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.



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 radioactive,
- choisir un radionucléide 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 recherches de contamination de surface de travail,
- contrôler le nettoyage ou l'évacuation du matériel expérimental contaminé,
- contrôler l'évacuation des déchets radioactifs,
- stocker les produits radioactifs 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.

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 (radiographie, appareils d'analyse, jauges...)

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 lorsque les conditions de sécurité sont réunies (distance, zonage, durée d'exposition...),
- mettre en place des équipements de protection collective et porter des équipements de protection individuelle si nécessaire,
- 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 la période de validité autorisée (en général 10 ans).



Opérations classiques

1. Mode opératoire

Risque : *réaction inattendue dangereuse*²⁹.

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 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, 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. 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.



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

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 § « Réaction exothermique » ci-dessous).

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 gaz³⁰ permet d'estimer l'importance d'une pollution de l'atmosphère.

Si nécessaire, dans le cas d'émission de gaz très dangereux, 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.



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 PTFE³¹),
- 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-marie³², 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 manuel³³ (CO₂ ou poudre ABC).



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

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

33. *Les extincteurs d'incendie portatifs, mobiles et fixes*. ED 6054, INRS, 2014.

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 peroxydables³⁴). 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 ionique³⁵).

12. Évaporation, séchage

Risques : dégagement de vapeurs dangereuses pour la santé 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'auto-inflammation du solvant évaporé. L'étuve doit disposer d'un dispositif de consigne réglable coupant son alimentation électrique dès que la température de « sécurité surchauffe »

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

35. Incendie et lieu de travail. ED 5005, INRS, 2013.



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 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.4321-4, R.4321-5, R.4322-1 à R.4322-3, R.4323-91 à R.4323-106 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. *Des gants contre les risques chimiques*. ED 112, INRS, 2003. Logiciel Protecpo disponible sur www.inrs.fr





Les critères de résistance sont basés sur les résultats d'essais de dégradation, pénétration et perméation^{2,3}. Les gants jetables fins protègent contre des projections de produits chimiques peu dangereux alors que les gants réutilisables assurent une meilleure protection chimique.

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 avec des ongles courts, sans bijoux,
- vérifier avant de mettre les gants qu'ils sont exempts de défauts,
- changer les gants dès qu'ils sont abîmés,
- retirer les gants à usage unique immédiatement après un contact anormal avec un produit chimique,
- lors du retrait des gants, éviter de mettre en contact la peau avec l'extérieur des gants^{4,5},
- après le retrait, se laver les mains et bien les sécher⁶.

3. Les appareils de protection respiratoire

La démarche de choix est complexe et les solutions proposées multiples. On se reportera au document ED 6106 de l'INRS⁷.

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 60 fois la valeur limite d'exposition professionnelle, on choisira de préférence un appareil isolant.

2. Krister Forsberg, Lawrence H. Keith. *Chemical Protective Clothing - Performance index* 1999.

3. Krister Forsberg and Co. *Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing*. John Wiley & sons, inc., Sixth edition.

4. *Retirer ses gants en toute sécurité - Gants à usage unique*. ED 6168, INRS, 2013.

5. *Retirer ses gants en toute sécurité - Gants réutilisables*. ED 6169, INRS, 2013.

6. *Lavez-vous les mains*. ED 6170, INRS, 2013.

7. *Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation*. ED 6106, INRS, 2011.





Locaux

1. Généralités

1.1. Ventilation

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la ventilation des laboratoires de chimie. Au sens de la réglementation du travail concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail^{36,37}, 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 professionnelle³⁸ 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 éventuelle³⁹. 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 ventilées. 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 ETRAF⁴⁰), 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).

À 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 »).

Une norme européenne concernant la ventilation au laboratoire est en cours de rédaction et sera disponible prochainement. De plus, la spécification technique TS 14175-5 donne des indications sur l'installation des sorbonnes mais aussi sur la ventilation des laboratoires.

36. Aération et assainissement des lieux de travail. Aide-mémoire juridique. TJ 5, INRS, 2007.

37. Guide pratique de ventilation n°1. L'assainissement de l'air des locaux de travail. ED 657, INRS, 2014.

38. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. ED 984, INRS, 2012.

39. Guide pratique de ventilation n°0. Principes généraux de ventilation. ED 695, INRS, 2013.

40. Sorbonnes à recirculation - Installations de laboratoire. Généralités, classification, prescriptions. Norme NF X 15-211, AFNOR, mai 2009.





Sorbonnes de laboratoire

Grâce à leur polyvalence, les sorbonnes¹ 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.

La collection de normes européennes NF EN 14175-1 à 14175-7 et XPX 15-206 est spécifique aux sorbonnes. La conformité à une de ces normes garantit un essai de la sorbonne dans des conditions bien définies. Ces normes ne garantissent pas le bon fonctionnement de la sorbonne dans son environnement; une bonne évaluation des risques est alors nécessaire. Le respect des préconisations d'installation décrites

dans la spécification technique TS 14175-5 permet d'assurer le bon fonctionnement de la sorbonne.

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. *Guide pratique de ventilation n° 18. Sorbonnes de laboratoire.* ED 795, INRS, 2009.



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 aérodynamique. 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 dispositifs². 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 économiques (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 réglementation³ 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)⁴. Tous ces contrôles peuvent être réalisés par du personnel interne à l'établissement à condition qu'il dispose des moyens et compétences nécessaires.

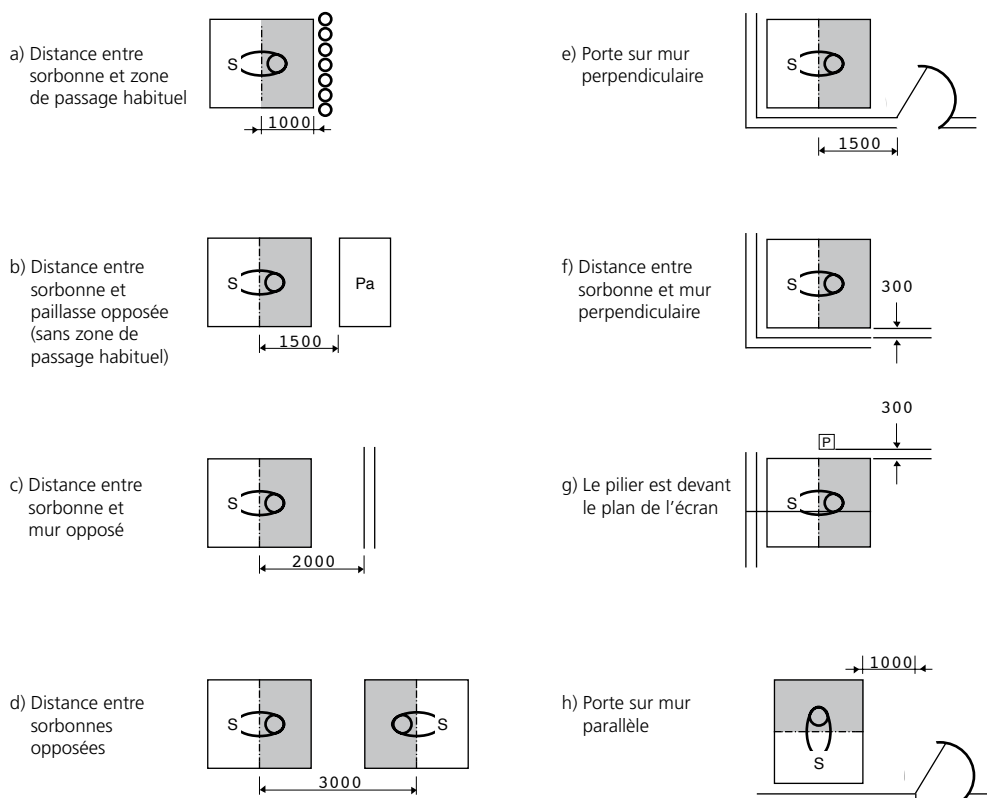
2. La compensation contrôlée d'une installation de ventilation. Fiche pratique de sécurité. ED 86, INRS, 2004.

3. 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).

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

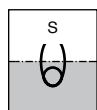


Installations de sorbonnes Distances minimales pour limiter les perturbations



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

Légende



Zone de protection de la sorbonne (surface dans laquelle l'écoulement ne doit pas 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 chimique⁴¹ en conformité avec la norme NF EN 13150⁴² 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.



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

42. *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 auto-obturables pourvus de détrompeur et aux couleurs normalisées⁴³.

- **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 brochure ED 6015 de l'INRS. L'utilisation de certains gaz inflammables, dangereux pour la santé ou de produits cryogéniques tels l'azote liquide ou le dioxyde de carbone solide peut nécessiter, en



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

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

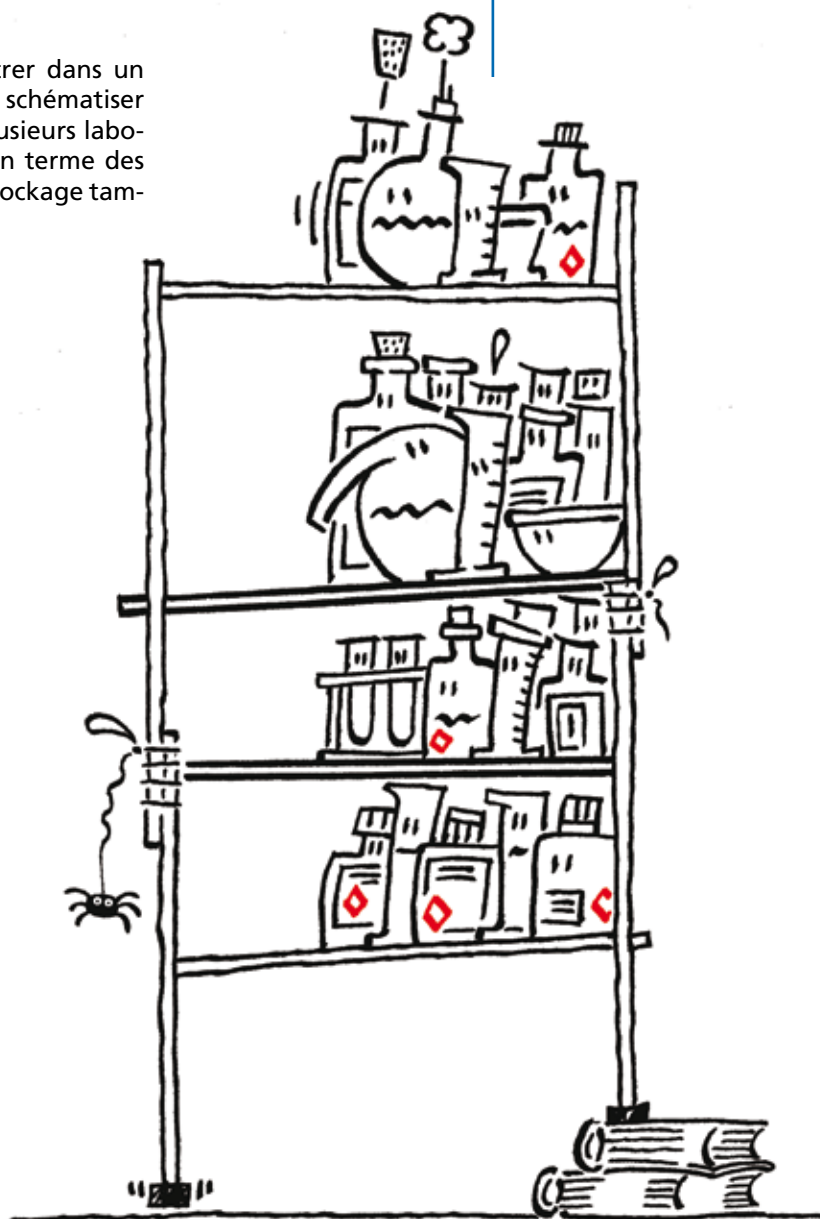
La situation telle que l'on peut la rencontrer dans un certain nombre d'établissements peut se schématiser ainsi : un magasin « central », commun à plusieurs laboratoires, assure le stockage à long et moyen terme des produits ; chaque laboratoire dispose d'un stockage tampon dans une ou plusieurs armoires, 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 brochure ED 6015⁴⁴ de l'INRS, 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 ND 2173⁴⁵ de l'INRS.

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

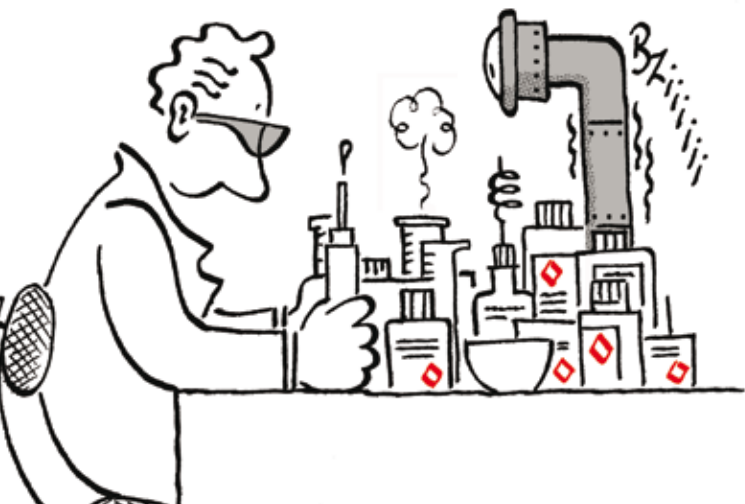
Les salles de travaux pratiques sont en général destinées à accueillir un public jeune et non-initié. Leur disposition doit donc faciliter une surveillance permanente par le personnel d'encadrement.

Un autre point essentiel est l'espace libre entre deux rangées de paillasses, 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 paillasses 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 sorbottes pourront être prévues. On se reportera à l'encadré « Sorbottes de laboratoire » p.48 pour leur implantation.



44. *Le stockage des produits chimiques au laboratoire*. ED 6015, INRS, 2012.

45. *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 ND 2173 de l'INRS.

2.4. Laboratoires de recherche

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

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 paillasse. 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. 4311-1 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'assurer 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.

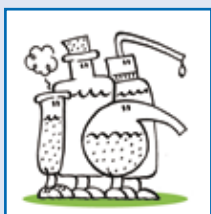
Exemples de vérifications techniques périodiques*

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, 2011.



| 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...) | Mesurage régulier Annuelle | Personne compétente Personne compétente ou organisme agréé | Code du travail, art. R. 4222-20 Code du travail, art. R. 4222-22 ; Arr. 08/10/87 et Arr. 09/10/87 |
| Contrôle du respect des VLEP réglementaires des agents chimiques dangereux | Au moins une fois par an et lors de tout changement susceptible d'avoir des effets néfastes sur l'exposition | Organismes accrédités | Code du travail, art. R. 4412-27, R. 4412-31, R. 4412-76, R. 4412-80 ; Arr. 15/12/09 |
| Appareils et accessoires de levage | Trimestrielle ou semestrielle ou annuelle (selon l'appareil) | Personne qualifiée | Code du travail, art. R. 4323-23 et R. 4323-24 ; Arr. 01/03/04 mod. |
| Installations électriques | Annuelle (maintien en conformité) | Organisme accrédité ou personne qualifiée | Code du travail, art. R. 4226-16 à R. 4226-18 ; Arr. des 22 et 26/12/11 |
| Éclairage de sécurité | Mensuelle ou semestrielle selon la fonction vérifiée dans le cadre de la maintenance Annuelle (vérification du maintien en conformité) | Personne compétente Organisme accrédité ou personne qualifiée | Code du travail, art. R. 4226-13 ; Arr. 14/12/11 Code du travail, art. R. 4226-16 à R. 4226-18 ; Arr. des 22 et 26/12/11 |
| Installations de gaz naturel | Annuelle | Personne compétente | Arr. 25/06/80 (règlement de sécurité incendie ERP), art. GZ 30 |
| Installations de détection d'incendie | Semestrielle (fonctionnement) Annuelle (maintenance) | Installateur ou utilisateur si compétent ou organisme compétent | Règle R7 de l'APCAD Arr. 25/06/80 (règlement de sécurité incendie ERP), art. MS 73 |
| Systèmes d'alarme | Semestrielle (fonctionnement), annuelle (alimentation de secours) | Personne compétente | Arr. 04/11/93 mod. |
| Équipements sous pression Équipements fixes Équipements à couvercle amovible à fermeture rapide (autoclave...) | Aussi souvent que nécessaire avec un intervalle imposé de 12 à 18 mois selon l'appareil 18 mois | Personne compétente Organisme habilité | Décret n° 99-1046 du 13/12/99 ; Arr. 15/03/2000 mod. |
| Extincteurs | Périodicité appropriée Annuelle (maintien en conformité) | Personne compétente | Code du travail, art. R. 4224-17 Règle R4 de l'APCAD Arr. 25/06/80 (règlement de sécurité incendie ERP), art. MS 73, GE 8 |
| Douches de sécurité, laveurs oculaires | Conseillé une fois par an | Personne compétente | Code du travail, art. L. 4321-1 |
| Équipements de protection individuelle Tous les équipements Stock de cartouches filtrantes antigaz pour appareil de protection respiratoire et Appareils de protection respiratoire (appareils autonomes destinés à l'évacuation, équipements complets destinés à des interventions accidentelles en milieu hostile) | À chaque utilisation Annuelle | Opérateurs Personne qualifiée | Code du travail, art. R. 4322-1 Code du travail, art. R. 4323-99, arr. 19/03/93 |
| Centrifugeuse | Annuelle | Personne qualifiée | Code du travail, art. R. 4323-23, R. 4323-24 ; Arr. 05/03/93 mod., Arr. 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, dans le cas de projections d'un produit chimique, d'évacuer le produit chimique, 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. 4224-14 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 modifié 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 intuitive (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 en incapacité, 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 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 musculosquelettiques (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'activité⁴⁶.

46. Arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive.





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.

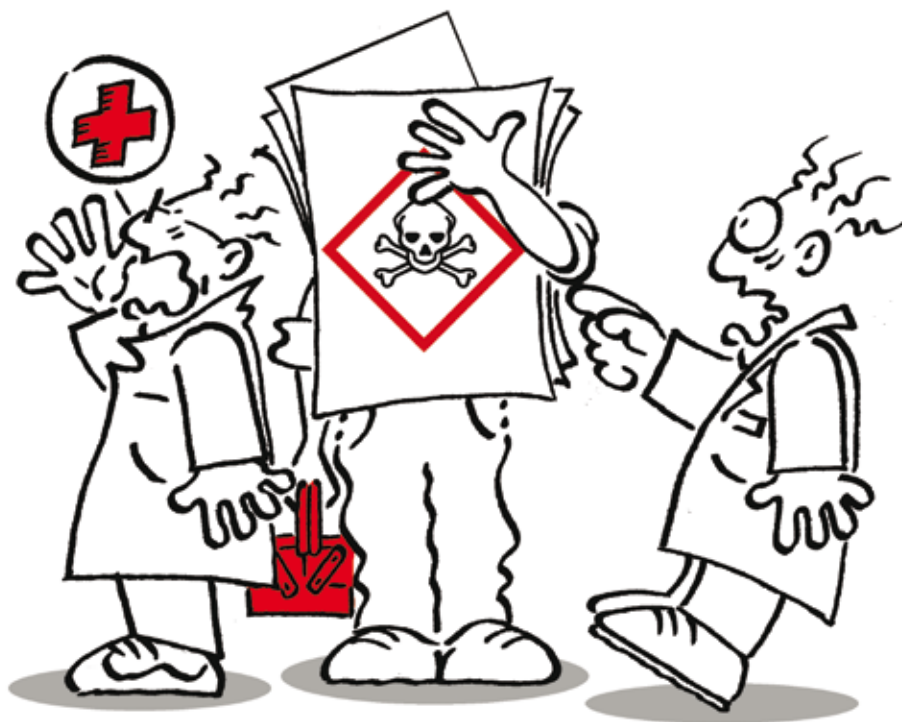
Pour le choix des manipulations et de la façon de les réaliser, il est également indispensable de tenir compte de la nature, du comportement et du nombre des élèves ou étudiants concernés.

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.

**“Un besoin urgent de faire le vide”,
m'a-t-il dit.**





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 le cadre de la formation aux premiers secours : 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 polluée sans protection respiratoire**

- Évacuer 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.

Évacuation 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'Éducation 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.



ACCORDONS-NOUS À PRÉSENT
UN MOMENT DE RÉPÊTE
AVEC LA LECTURE INTÉGRALE
DU PROTOCOLE.



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 et dans les fiches de données de sécurité des produits. 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 professionnelle, 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 «Exemple de consignes pour le travail en salle de TP» p. 13)**

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.



Questions - Réponses

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

Le code du travail n'établit pas de listes de produits interdits, mais le règlement REACH¹ liste des restrictions applicables à la fabrication, à la mise sur le marché et à l'utilisation de certains produits chimiques dangereux (substances, mélanges, articles).

En tout état de cause, avant toute expérience, il est impératif de respecter les principes de prévention énoncés à l'article L. 4121-2 du code du travail en procédant à l'évaluation des risques afin de les réduire au minimum et de mettre en place les mesures préventives adaptées. Les résultats de l'évaluation, consignés dans le document unique, doivent être mis à jour chaque année et à chaque modification des conditions d'utilisation des produits. Dès lors qu'un risque a été mis en évidence, la démarche de prévention consiste à supprimer le produit, ou si ce n'est pas possible, à remplacer le produit jugé dangereux, au regard de l'apport pédagogique que représente son utilisation.

Par ailleurs, le code du travail interdit d'exposer les femmes enceintes à certains agents chimiques dangereux et d'affecter des jeunes de moins de dix-huit ans à des travaux impliquant certains agents chimiques dangereux (des dérogations sont néanmoins possibles sous conditions).

2. Les élèves du secondaire sont-ils autorisés à manipuler des produits chimiques ?

Les travaux impliquant des agents chimiques dangereux autres que les agents comburants ou dangereux pour l'environnement sont, en principe, interdits aux jeunes de moins de dix-huit ans (art. D. 4153-15 à D. 4153-37). Cependant, dans le cadre de leur formation professionnelle, des dérogations peuvent être accordées sous certaines conditions (art. R. 4153-38 à R. 4153-52) :

- des dérogations individuelles permanentes peuvent être octroyées aux jeunes titulaires d'un diplôme ou d'un titre professionnel correspondant à l'activité exercée ;
- des dérogations temporaires demandées par le chef de l'établissement d'enseignement peuvent être accordées pour le lieu de formation par l'inspecteur du travail pour 3 ans maximum.

Dans tous les cas, l'affectation d'un jeune de moins de dix-huit ans à des travaux interdits susceptibles de dérogation n'est possible que s'il est reconnu apte médicalement.

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

La FDS accompagne souvent le produit acheté mais peut également être envoyée au chef d'établissement ou au responsable de la commande. 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 Internet; ces fournisseurs devraient 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 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 « maladrances » 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.

1. Règlement 1907/2006 du 18 décembre 2006 modifié, concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH).

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 « EPI » p.45). 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 « Sorbonnes de laboratoire » p.48).

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'uti-

liser des brûleurs installés sur des cartouches de gaz dans les salles d'enseignement² en application du règlement de sécurité incendie pour les établissements recevant du public.

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 brochure ED 6015 de l'INRS).

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° 2007-095 du 24 avril 2007 du ministère de l'Éducation nationale³, l'entretien du laboratoire est assuré par le personnel d'entretien après sécurisation des locaux par les adjoints techniques de laboratoires. Sous l'autorité du chef d'établissement, le gestionnaire prend l'avis du responsable de laboratoire pour coordonner leurs interventions.

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

3. Circulaire publiée au B.O. du ministère de l'Éducation nationale, n°19 du 10 mai 2007.



Annexe

Symboles utilisés sur les étiquettes

Pictogrammes de danger du règlement CLP

Les pictogrammes, mentions de danger et conseils de prudence sont téléchargeables sur le site de l'INRS (réf : outil30) rubrique « Kit étiquettes pour produits chimiques ».



- Explosibles instables
- Explosibles, divisions 1.1, 1.2, 1.3, 1.4
- Substances et mélanges autoréactifs, type A
- Peroxydes organiques, type A



- Toxicité aiguë, catégorie 4
- Corrosion/irritation cutanée, catégorie 2
- Lésions oculaires graves/irritation oculaire, catégorie 2
- Sensibilisation cutanée, catégories 1, 1A et 1B
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique, catégorie 3
- Dangereux pour la couche d'ozone, catégorie 1



- Gaz inflammables, catégorie 1
- Aérosols, catégories 1, 2
- Liquides inflammables, catégories 1, 2, 3
- Matières solides inflammables, catégories 1, 2
- Substances et mélanges autoréactifs, types C, D, E, F
- Liquides pyrophoriques, catégorie 1
- Matières solides, pyrophoriques, catégorie 1
- Substances et mélanges auto-échauffants, catégories 1, 2
- Substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables, catégories 1, 2, 3
- Peroxydes organiques, types C, D, E, F



- Sensibilisation respiratoire, catégories 1, 1A, 1B
- Mutagénicité sur les cellules germinales, catégories 1A, 1B, 2
- Cancérogénicité, catégories 1A, 1B, 2
- Toxicité pour la reproduction, catégories 1A, 1B, 2
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique, catégories 1, 2
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée, catégories 1, 2
- Danger par aspiration, catégorie 1



- Gaz comburants, catégorie 1
- Liquides comburants, catégories 1, 2, 3
- Matières solides comburantes, catégories 1, 2, 3



- Gaz sous pression :
 - gaz comprimés
 - gaz liquéfiés
 - gaz liquéfiés réfrigérés
 - gaz dissous



- Dangers pour le milieu aquatique - Toxicité aiguë, catégorie 1
- Dangers pour le milieu aquatique - Toxicité chronique, catégories 1, 2



- Substances ou mélanges corrosifs pour les métaux, catégorie 1
- Corrosion/irritation cutanée, catégories 1A, 1B, 1C
- Lésions oculaires graves/irritation oculaire, catégorie 1



- Toxicité aiguë, catégories 1, 2, 3





Symboles de danger du système réglementaire pré-existant

Les symboles de danger, phrases R et S sont téléchargeables sur le site de l'INRS (réf : outil30) rubrique « Kit étiquettes pour produits chimiques »



E - Explosif



F - Facilement inflammable



T - Toxique



Xn - Nocif



C - Corrosif



O - Comburant



F+ - Extrêmement inflammable



T+ - Très toxique



Xi - Irritant



N - Dangereux pour l'environnement



Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et des Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.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.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat 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 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 76
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE et FRANCHE-COMTE

(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 32
fax 03 80 70 52 89
prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat 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
drpcdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintraillès
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram 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
www.cramif.fr

Carsat 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@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat 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
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat 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
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat 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 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat 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 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat 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@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-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@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

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

CGSS GUYANE

Espace Turenne Radamonthe, Route de Raban,
BP 7015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

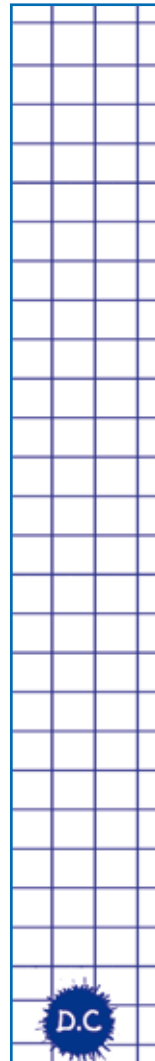
CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

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
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00
www.inrs.fr • info@inrs.fr

Édition INRS ED 1506

2^e édition • décembre 2015 • 5 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2208-3