



*Petit guide des bonnes pratiques
Au laboratoire de Physique - Chimie*



Sommaire

I]	Introduction	3
II]	Documents relatifs au laboratoire et à la sécurité	3
1)	Textes officiels, références	3
2)	Réactions chimiques dangereuses, étiquetage	4
3)	CMR : produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction	4
4)	Documents pour le professeur	6
5)	Implantation, Gestion des laboratoires / Gestion des déchets	7
6)	Autres documents sur la sécurité	8
III]	Prévention des risques chimiques	9
1)	Quelques principes généraux	9
2)	Préconisations de l'Observatoire National de la Sécurité ONS, s'agissant des TP	9
3)	Conduite à tenir en cas d'accident au laboratoire	10
IV]	Les produits chimiques CMR (Cancérogènes, mutagènes, Reprotoxiques)	11
1)	Identification des produits chimiques (CMR ou pas)	12
2)	Grandes catégories de CMR	13
V]	Quelques suggestions de substitutions	18
1)	Fiches de substitution ou d'aide à la substitution FAS	18
2)	Phénolphthaléine 3,3-bis (4-hydroxyphényl)-2-benzofuran-1(3H)-one	19
3)	Chromate de potassium K_2CrO_4	20
4)	Dichlorométhane	20
5)	Autres substitutions possibles	21
6)	Quelques recommandations pour les TP de chimie	22

I] Introduction

L'enseignement de la Physique – Chimie comporte des risques. Dans l'intérêt des élèves et des personnels, il convient de les anticiper, les comprendre, les maîtriser. Ce « petit guide », modeste, est destiné aux enseignants de sciences physiques et de maths – sciences officiant dans les collèges, lycées et lycées professionnels. Il a pour objet de les aider à maintenir et perpétuer les pratiques de sûreté et sécurité au laboratoire de chimie en particulier durant les séances de travaux pratiques en n'omettant pas la préservation de l'environnement.

Il prend ancrage sur l'existant et a pour vocation de lister et de présenter la littérature et les documents déjà connus et usités, possédant un intérêt certain. Il pourra également être utile aux agents et techniciens de laboratoire.

Les quelques recommandations qui figurent en dernière partie (V) de ce mémento ne sont en aucun cas exhaustives. Elles s'appuient sur des travaux produits par d'autres et notamment l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) ou l'UDPPC (Union des Professeurs de Physique Chimie) et elles font référence au code du travail.

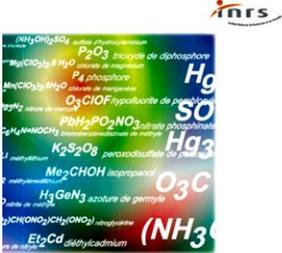
II] Documents relatifs au laboratoire et à la sécurité

Ces dernières années, plus qu'auparavant encore, la sécurité chimique a été placée au cœur des préoccupations des entreprises et des organismes publics. A ce titre de nombreux documents ont été publiés et sont disponibles sur le réseau internet. En voici quelques uns, classés par thèmes même si le chevauchement et la porosité entre les thèmes sont manifestes. Pour chacun des thèmes évoqués, un tableau donne l'intitulé des documents consultables, des informations sur leur contenu et indique où se procurer les dits-documents.

1) Textes officiels, références.

Titre et contenu	Où le trouver ?
<p>1. Règlement (CE) n°1272/2008 du parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006.</p> <p>Paru au journal officiel de l'Union Européenne. Classement CLP – pdf de 1355 pages : harmonise les critères d'usage et de classification des substances au sein de l'UE pour protéger la santé humaine, l'environnement et permettre la circulation des substances chimiques.</p>	<p>https://www.lne.fr/publications/reglements/1272-2008-clp.pdf</p> 
<p>2. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France.</p> <p>Aide mémoire technique ED 984. Document de l'INRS de 32 pages, issu du code du travail (Legifrance).</p>	<p>Sur Google par exemple, taper : INRS, VLEP.</p> 
<p>3. Manipulations dans les laboratoires de chimie – Risques et préventions.</p> <p>Aide mémoire technique ED 953. Ce document pdf de 24 pages évoque entre autres les produits chimiques et maladies professionnelles correspondantes, les principaux groupements chimiques à caractère explosif, le matériel utilisé au laboratoire, la gestion des incidents.</p>	<p>Sur Google, taper : Manipulation dans les laboratoires de chimie</p> 

2) Réactions chimiques dangereuses, étiquetage.

Titre et contenu	Où le trouver ?
<p>4. Réactions chimiques dangereuses.</p> <p>Document INRS pdf de 407 pages, organisé par ordre alphabétique.</p>	<p>Sur Google par exemple, taper : INRS, réactions chimiques dangereuses.</p>  <p>Réactions chimiques dangereuses</p>
<p>5. Étiquettes de produits. Attention ça change !</p> <p>Document pdf de l'INRS, 7 pages.</p>	<p>http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206041</p>  <p>Étiquettes de produits chimiques</p> <p>Attention, ça change!</p> <p>UNION EUROPÉENNE L'ÉTIQUETAGE ÉVOLUE</p>
<p>6. Classification et étiquetage des produits chimiques.</p> <p>Dossier INRS pdf de 21 pages évoquant la réglementation et le système d'étiquetage.</p>	<p>http://www.inrs.fr/risques/classification-etiquetage-produits-chimiques/ce-qu-il-faut-retenir.html</p>  <p>inrs Santé et sécurité au travail</p> <p>CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE DES PRODUITS CHIMIQUES</p> <p>SOMMAIRE DU DOSSIER</p>

3) CMR : produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction.

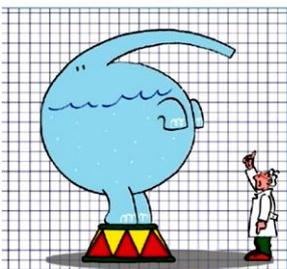
<p>7. Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction – classification réglementaire.</p> <p>Document INRS pdf de 96 pages proposant une classification des CMR par ordre alphabétique.</p>	<p>Sur Google, taper : INRS, produits chimiques cancérogènes.</p>  <p>Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction</p> <p>Classification réglementaire</p> <p>UNION EUROPÉENNE L'ÉTIQUETAGE ÉVOLUE</p>
<p>8. Évaluation des risques liés à l'utilisation des CMR. Complément au guide méthodologique d'aide à la réalisation du document unique d'évaluation des risques professionnels.</p> <p>Document pdf élaboré par la mission santé et sécurité – Académie de Rouen – Mars 2012, mise à jour septembre 2013.</p>	<p>Sur Google, taper : guide CMR DUER.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>EVALUATION DES RISQUES CHIMIQUES LIES A L'UTILISATION DES CMR*</p> </div> <p>Complément au guide méthodologique d'aide à la réalisation du Document Unique d'Évaluation des Risques professionnels</p>

Titre et contenu	Où le trouver ?
<p>9. Guide CMR, du repérage à la substitution.</p> <p>Document pdf de 16 pages élaboré par l'INRS. Il comprend les rubriques : connaître les enjeux, repérer le risque, supprimer ou substituer, hiérarchiser le risque, contrôler et tracer.</p>	<p>Sur Google, taper : guide CMR DUER. Ou directement : http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/guidecmr_VF.pdf</p> 
<p>10. CMR le cancérigène, mutagène, toxique pour la reproduction.</p> <p>Document du CNRS pdf, résumé de 1 page faisant référence aux directives européennes DSD/DP ou CLP définissant les seuils de classification des préparations et mélanges.</p>	<p>http://www.prc.cnrs-gif.fr/IMG/pdf/memo-A4-cmr-01-12.pdf</p> 
<p>11. La prévention du risque chimique CMR.</p> <p>Document pdf de 64 pages (ou 38 selon version), réalisé par Sylvie SPECTE – Mission santé et sécurité – Académie de Rouen. Y sont évoqués : la classification CMR, les références au code du travail, l'identification des CMR, leur étiquetage, la fiche de données de sécurité (FDS), la fiche toxicologique, la fiche d'aide au repérage (FAR), la prévention du risque, la fiche d'aide à la substitution (FAS), des exemples de substitutions possibles (phénolphtaléine, dichlorométhane, chromate de potassium), le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUER).</p>	<p>http://www.ac-rouen.fr/medias/fichier/risque-cmr-risque-chimique_1335777592596.pdf</p> 
<p>12. Point de repère. Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005.</p> <p>Document pdf de 14 pages écrit par Raymond Vincent de l'INRS, département Métrologie des polluants. Ce document évoque les grandes familles de CMR, les agents CMR les plus courants, les consommations estimées en France.</p>	<p>http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=PR%2026</p> 

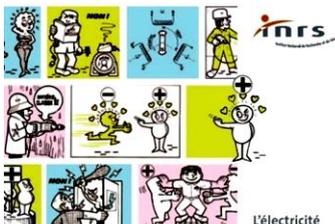
4) Documents pour le professeur.

Titre et contenu	Où le trouver ?
<p>13. Guide de prévention des risques chimiques dans les collèges.</p> <p>Document pdf de 12 pages produit par l'académie de Strasbourg, donnant des informations s'agissant des catégories de produits dangereux, comment conditionner, stocker, éliminer ces produits, les mesures de préventions à envisager. Quelles sont les missions du professeur responsable de laboratoire en collège.</p>	<p>Sur Google, taper : guide de prévention des risques chimiques dans les collèges académie de Strasbourg</p> 
<p>14. Sciences Physiques et Chimiques fondamentales et appliquées – Vade-mecum du professeur chargé de laboratoire au collège.</p> <p>Document pdf de 97 pages de l'académie de Strasbourg.</p>	<p>https://www.ac-paris.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-06/vademecum_college.pdf</p> 
<p>15. Sciences Physiques et Chimiques fondamentales et appliquées – Vade-mecum du professeur chargé de laboratoire.</p> <p>Document pdf de 45 pages de l'académie de Strasbourg.</p>	<p>https://www.ac-paris.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-06/vademecum_lycee.pdf</p> 
<p>16. La prévention du risque chimique dans les établissements scolaires.</p> <p>Document pdf produit par l'ONS, observatoire national de la sécurité des établissements scolaires et d'enseignement supérieur. Ce document rappelle des articles de loi extraits du code du travail. Il donne des indications aux enseignants sur les pratiques qu'ils doivent adopter en matière de prévention ainsi que des consignes s'agissant de la conduite à tenir en cas d'accident. Une bibliographie est fournie.</p>	<p>https://www.ac-paris.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2010-06/prevention_risque_chimique.pdf</p> 
<p>17. La sécurité en travaux pratiques de chimie, Edith Antonot, Académie de Nancy-Metz.</p> <p>Ce document word de 16 pages évoque la réglementation, les substances CMR, donne des exemples de solvants, de réactifs organiques, de solutions aqueuses acides ou basiques, quelques exemples de substitutions possibles.</p>	<p>http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/spip.php?article494</p> 
<p>18. Travailler au laboratoire de Sciences Physiques et Chimiques. Académie de Rennes.</p> <p>Ce document pdf de 51 pages aborde le cadre juridique relatif au travail en laboratoire, la sécurité en chimie et la sécurité en physique.</p>	<p>Sur Google, taper : travailler au laboratoire de sciences physiques et chimiques, académie de Rennes</p> 

5) Implantation, Gestion des laboratoires / Gestion des déchets.

Titre et contenu	Où le trouver ?
<p>19. La sécurité dans le laboratoire de chimie. Un guide sur la gestion prudente des produits chimiques.</p> <p>Ouvrage de 316 pages écrit par Lisa Moran et Tina Masciaglioli pour la promotion de la gestion de la sécurité des produits chimiques dans les pays en voie de développement – National Research Council of the National Académies.</p> <p>Ce document traduit traite du laboratoire, de la sécurité, de la gestion des substances chimiques, de celle des déchets, du GHS système globalement harmonisé de classification et d'étiquetage des substances chimiques.</p>	<p>http://dels.nas.edu/resources/static-assets/bcst/miscellaneous/Chemical_Laboratory_Safety_and_Security_FR.pdf</p> 
<p>20. La conception des laboratoires de chimie.</p> <p>Document pdf de 20 pages de l'INRS mentionnant l'architecture et l'implantation des salles de chimie, le mobilier et ses côtes normalisées, la ventilation à prévoir, la prévention des risques d'explosion, d'incendie, électrique.</p>	<p>http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ND%202173</p> 
<p>21. Laboratoires d'enseignement en chimie – salles de travaux pratiques et laboratoires de recherche.</p> <p>Ce document pdf de 71 pages intègre des généralités sur la prévention des risques chimiques et le code du travail, des notions d'organisation du travail et de hiérarchie, évoque les produits chimiques, le matériel de laboratoire, les techniques chimiques usuelles, les locaux et leur conception normalisée.</p>	<p>http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%201506</p> 
<p>22. Les lieux de stockage des produits chimiques et l'équipement des salles d'enseignement de la chimie au lycée.</p> <p>Document pdf de 9 pages produit par l'académie de Besançon qui donne des informations s'agissant des laboratoires de chimie et des lieux de stockage et renvoie lui-même à des documents de référence.</p>	<p>http://mslp.ac-dijon.fr/fichiers/secu_sciences/secu_spc/2-3-les%20equipements%20des%20salles%20de%20sciences.pdf</p> 
<p>23. Gestion des déchets. Guide pour les établissements publics d'enseignement supérieur ou de recherche.</p> <p>Ouvrage pdf du CNRS de 185 pages détaillant la gestion des déchets, les fiches déchets (chimiques, biologiques, radioactifs, industriels spéciaux, industriels banals) autour du synoptique récapitulant les déchets existant.</p>	<p>http://www.dgdr.cnrs.fr/SST/CNPS/guides/doc/dechets/guidedechets.pdf</p> 

6) Autres documents sur la sécurité.

Titre et contenu	Où le trouver ?
<p>24. L'électricité. Qu'est-ce que l'électricité ? Origine du risque électrique. Prévention des accidents dus à l'utilisation de l'énergie électrique.</p> <p>Document pdf de 96 pages de l'INRS évoquant la structure de la matière, les générateurs, le circuit électrique, les grandeurs électriques de base, le risque électrique, les dommages corporels, la prévention du risque électrique.</p>	<p>Sur Google, taper : L'électricité, ed596 pdf INRS</p> 
<p>25. Dossier Santé et Sécurité au Travail. Risques Electriques.</p> <p>Document pdf de 33 pages évoquant les principes généraux de l'électricité, les risques, les accidents, la prévention du risque, l'électricité statiques, l'habilitation des intervenants en électricité, la réglementation.</p>	<p>http://www.inrs.fr/risques/electriques/ce-qu-il-faut-retenir.html</p> 
<p>26. Risque et Sécurité en Sciences de la Vie et de la Terre et en Biologie – Ecologie. Une éducation à la responsabilité.</p> <p>Document pdf de 8 pages de l'ONS, observatoire national de la Sécurité des établissements scolaires et d'enseignement supérieur. Il évoque les bonnes pratiques s'agissant des produits d'origine humaine, les cultures des micro-organismes, l'utilisation et la protection des animaux, le travail sur le terrain.</p>	<p>http://svt.ac-creteil.fr/IMG/pdf/plaquette-svt-ons-2015_n_b.pdf</p> 
<p>27. Les clés de la sécurité.</p> <p>Ouvrage pdf de 264 pages émanant du ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche, détaillant le risque incendie, les risques liés aux bâtiments et à leurs installations, les risques liés à l'utilisation des machines et des équipements, les risques particuliers : traitement des déchets, eau, radon, pyralène, plomb, amiante, etc. L'ouvrage mentionne également un certain nombre de textes réglementaires.</p>	<p>http://cache.media.education.gouv.fr/file/68/8/3688.pdf</p> 
<p>28. Travail et produits chimiques : liaisons dangereuses. De la démarche de prévention ... à l'obligation de protection.</p> <p>Document pdf de 116 pages du ministère du travail, de l'emploi et de la santé auquel ont participé de nombreux contributeurs. Il recense 121 questions et y répond à travers les rubriques : définition du risque chimique, Agents CMR, valeurs limites d'exposition professionnelle VLEP, maladies professionnelles, évaluation des risques, mesures de prévention, conséquences de l'exposition, etc.</p>	<p>http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/guide-directe_version_2-002_2012-09-21_.pdf</p> 

III] Prévention des risques chimiques.

1) Quelques principes généraux.

1. Eviter les risques. Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou ce qui l'est moins.
2. Prendre des mesures de protection collective en priorité ... sur des mesures de protection individuelle.
3. Donner des instructions appropriées aux travailleurs en l'occurrence, aux personnels et aux élèves qui leur sont confiés.

2) Préconisations de l'Observatoire National de la Sécurité ONS, s'agissant des TP.

- Dans le règlement intérieur (signé par les parents et les élèves au moment de l'inscription) sera consigné le port obligatoire de la blouse en coton et des lunettes de protection lors des séances de travaux pratiques de chimie.
- Les consignes à suivre, les pictogrammes, les phrases R et S seront affichés dans les salles de TP.
- La gestion des TP doit être faite par l'ensemble des enseignants intervenant dans les salles de TP. L'évaluation des risques pour chaque type de manipulation, la réflexion sur les résidus de réaction doivent être menées en équipe.

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 (FDS) et les fiches toxicologiques.
- En outre, il indiquera aux élèves la signification de la signalisation de sécurité, les aidera à identifier les emplacements des extincteurs, des douches de sécurité et des lave-œil, ainsi que les issues de secours ; enfin, il précisera le rôle de chacun de ces équipements et leurs modalités d'utilisation.

A chaque TP : les manipulations commenceront systématiquement par :

- L'analyse des informations disponibles concernant les dangers des produits 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.

CONSIGNES

- Tenue :**
- Port obligatoire d'une blouse en coton et de lunettes de protection. Le port des lentilles est vivement déconseillé
 - La blouse doit être boutonnée, les cheveux attachés
 - Utilisation de gants appropriés si la manipulation le nécessite
- Hygiène :**
- Interdiction de boire et de manger
 - Interdiction de fumer
 - Interdiction de pipeter à la bouche
 - Obligation de se laver les mains en fin de séance
- Rangement :**
- avant le TP :**
 - Pas de paillasses et de sorbonnes encombrées
 - Les deux issues de la salle de TP sont accessibles et non fermées à clé pendant le TP
 - Tous les flacons sont étiquetés (nom, concentration, pictogramme, ...)
 - pendant le TP :**
 - Faire manipuler debout, les chaises et les cartables correctement rangés
 - Lors de chaque transvasement, écrire le nom du produit au feutre sur le récipient
 - Fermer systématiquement tous les flacons après usage
 - après le TP :**
 - Ne pas verser dans le flacon une solution transvasée ailleurs ou le reste d'une pipette
 - Les résidus de la manipulation seront traités selon le cas : neutralisation, flacon de stockage ...
 - Aucun récipient contenant une solution inconnue ne doit rester sur la paillasse
 - La paillasse doit être propre

Il est de surcroît interdit de stocker ou préparer de la nourriture dans les réfrigérateurs, glacières, chambres froides et fours du laboratoires tout comme d'utiliser les sources d'eau du laboratoire ou d'eau déminéralisée en tant qu'eau potable.

3) Conduite à tenir en cas d'accident au laboratoire.

Pour un non secouriste, l'action est essentielle mais elle se borne à protéger et alerter.

Le sauveteur doit se protéger, protéger la victime et les témoins et alerter les secours. L'alerte est capitale. Dès la constatation de l'accident, donner l'alerte en suivant les consignes en vigueur dans l'établissement : infirmerie et / ou sapeurs pompiers ou SAMU. En cas de doute, les mêmes services peuvent également être consultés.

Le professeur n'est pour sa part pas habilité à faire un diagnostic médical. En ce qui concerne les soins qu'il peut prodiguer, ils sont de l'ordre de ceux qui peuvent être dispensés dans le milieu familial. Quelques points méritent d'être signalés et gardés à l'esprit pour éviter l'aggravation de certaines lésions.

Accident électrique :	Couper ou faire couper le courant, ne pas toucher la victime empêcher d'autres personnes de s'en approcher, les brûlures électriques sont toujours des brûlures graves.
Atmosphère toxique sans protection respiratoire :	Evacuer la zone polluée, ne pas tenter de sortir la victime si elle se trouve à plus de trois mètres de l'issue, interdire l'entrée dans le local de toute personne non équipée, ne pas agir seul, si possible aérer la pièce.
Cas de 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 :	Appliquer des compresses stériles et faire accompagner l'élève à l'infirmerie.
Brûlures :	Toutes les brûlures sont des plaies, 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 à l'infirmerie, toute brûlure de taille supérieure à la moitié de la paume de la main est classée " grave " et vous devez alerter les secours médicalisés.
Brûlures chimiques :	Dans tous les cas respecter scrupuleusement les consignes ci-après : éviter de répandre le produit, ne pas chercher à neutraliser le produit, avertir ou faire avertir le personnel médical ou de secours dès que le simple accompagnement à l'infirmerie entraîne un doute de votre part. 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 prolongé (15 à 20 mn).
Inhalation :	Mettre la victime en position semi-assise en cas de difficultés respiratoires.

Jusqu'à la prise en charge par le personnel médical, le professeur est le premier maillon de la chaîne de secours et des soins d'urgence.

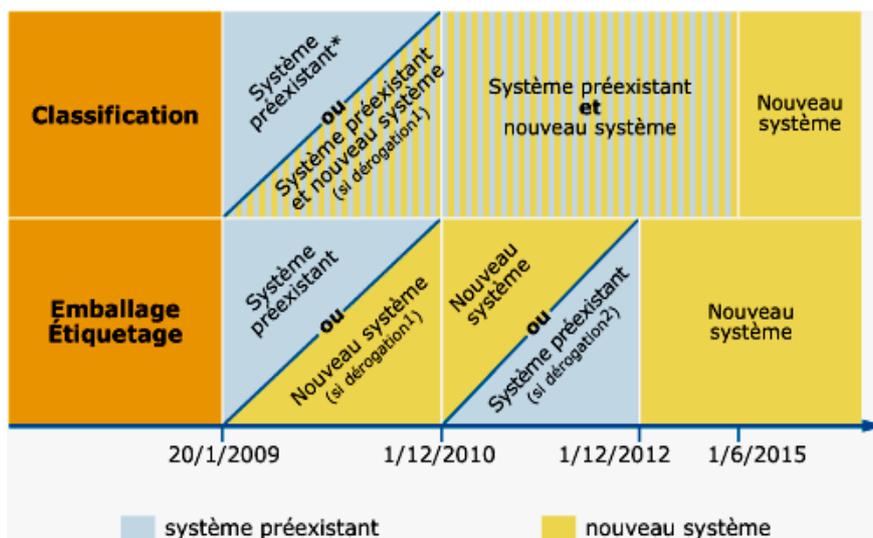
Une fois que la crise a été gérée, la déclaration d'accident est obligatoire et doit être rédigée dans les 48 heures suivant l'accident et adressée à la CPAM sauf régimes particuliers.

IV] Les produits chimiques CMR (Cancérogènes, mutagènes, Reprotoxiques).

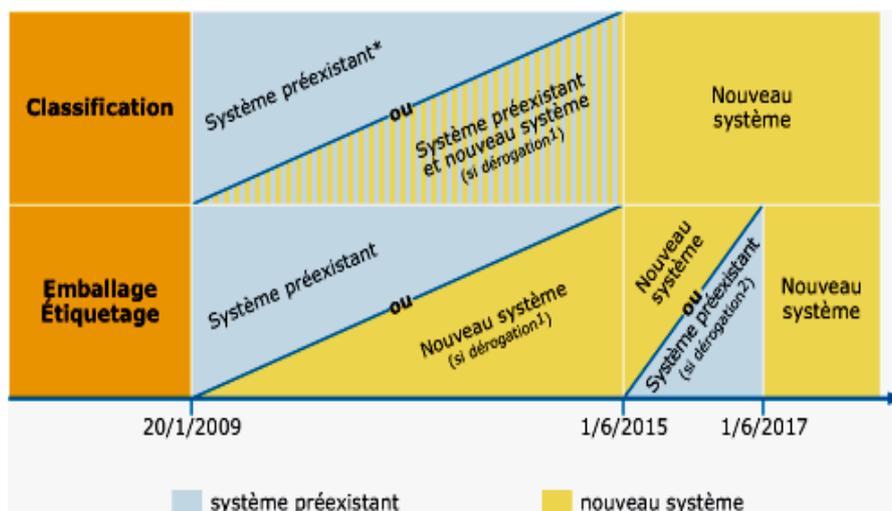
La prévention du risque d'exposition à des agents chimiques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) relève du Code du travail.

L'évaluation des risques et la mise en place des mesures de prévention appropriées reposent sur la connaissance du risque CMR. Elle s'appuie sur deux classifications réglementaires qui permettent de définir les dangers et de les communiquer par le biais de l'étiquetage : l'une ancienne (directive 67/548/CEE), l'autre plus récente dite classification CLP CMR (règlement (CE) n° 1272/2008). La classification CLP est déjà pleinement en vigueur depuis le 1^{er} décembre 2012 pour les substances et le deviendra également pleinement et sans dérogation possible à compter du 1^{er} juin 2017 pour les mélanges.

Mise en application règlement CLP pour les substances



Mise en application règlement CLP pour les mélanges



Légende :

Système préexistant (bleu) : directive 1999/45/CE modifiée (en France, arrêté du 9 novembre 2004 modifié).
Nouveau système (jaune) : règlement CLP.

Remarque : une disposition du règlement CLP est prévue et dispense jusqu'au 1er juin 2017 seulement, de ré-étiquetage et de ré-emballage conformes au nouveau système, les mélanges classés, étiquetés et emballés selon le système préexistant et ayant été mis sur le marché avant le 1er juin 2015.

1) Identification des produits chimiques (CMR ou pas).

a) L'étiquette.

Apposée sur le flacon, elle donne normalement l'identité du fournisseur, l'identification du produit, les pictogrammes de danger, une mention d'avertissement, les mentions de danger, les conseils de prudence.

b) La fiche FDS.

Elle est obligatoirement et gratuitement fournie par le fabricant. Elle doit être rédigée en Français. Elle comporte 16 rubriques obligatoires. On en trouve également un grand nombre en libre téléchargement.

c) La fiche toxicologique.

On la trouve assez facilement sur le site de l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) ou sur celui de l'INERIS (Institut National de l'Environnement et des Risques). Elle indique les dangers et les phrases H (mentions de dangers) et P (conseils de prudence).

d) La fiche mémo du CNRS.

Indique les risques relatifs au produit chimique, les phrases à risques, la catégorie (voir plus loin) à laquelle appartient la substance CMR.

e) La fiche d'aide à la substitution (FAS).

Fiche produite par l'INRS. Chaque fiche est établie pour un type de produit à substituer et un domaine d'activité. De nombreuses informations en la matière sont également fournies sur le site www.substitution-cmr.fr.

f) La fiche d'aide au repérage des cancérigènes (FAR).

Fiche produite par l'INRS. Elle permet d'indiquer la nature des cancérigènes qui peuvent être rencontrés dans une activité donnée, à quel poste, et avec quelle probabilité de présence. Elle a pour objectif d'aider les entreprises ou les administrations à faire un premier repérage pour leur évaluation du risque cancérigène dont les résultats doivent être intégrés au DUER (Document Unique d'Evaluation des Risques).

g) Numéro CAS.

Le numéro CAS d'un produit chimique, polymère, séquence biologique, alliage est son numéro d'enregistrement unique auprès de la banque de données de Chemical Abstracts Service, une division de l'American Chemical Society.

2) Grandes catégories de CMR.

Le Code du travail définit les agents chimiques dangereux CMR et les répartit en 3 catégories selon la gravité des effets (article R. 4411-6).

classification		définition
actuelle	future (CLP)	
Classe 1	Classe 1a	Action avérée (prouvée) sur l'homme.
Classe 2	Classe 1b	forte présomption que l'exposition puisse provoquer un problème CMR ou en augmenter la fréquence.
Classe 3	Classe 2	substances ou préparations/mélanges suspectées, mais pour lesquelles les informations restent insuffisantes pour les classer en catégorie 2.

CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE des substances et préparations ou mélanges classés CMR			
Directives DSD/DPD ¹		Règlement CLP ²	
Catégorie 1 Effet CMR avéré pour l'homme	 T - Toxique	Catégorie 1A Effet CMR avéré pour l'homme	 DANGER
		Mutagène R46 Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires.	
Catégorie 2 Effet CMR présumé pour l'homme	Cancérogène R45 Peut provoquer le cancer. R49 Peut provoquer le cancer par inhalation. Toxique pour la reproduction R60 Peut altérer la fertilité. R61 Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.	Catégorie 1B Effet CMR présumé pour l'homme	Cancérogène H350 Peut provoquer le cancer. ³ Toxique pour la reproduction H360 Peut nuire à la fertilité ou au fœtus. ^{3,4}
		Toxique pour la reproduction R60 Peut altérer la fertilité. R61 Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.	
Catégorie 3 Effet CMR suspecté, mais les informations disponibles sont insuffisantes	 Xn - Nocif	Catégorie 2 Effet CMR suspecté, mais les informations disponibles sont insuffisantes	 ATTENTION
		Mutagène R68 Possibilité d'effets irréversibles. Cancérogène R40 Effet cancérogène suspecté. Preuves insuffisantes. Toxique pour la reproduction R62 Risque possible d'altération de la fertilité. R63 Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.	
		Catégorie supplémentaire Effets sur ou via l'allaitement	<i>Pas de pictogramme</i> Toxique pour la reproduction H362 Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel.

Une préparation ou un mélange est classé comme cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction de catégorie 1, 2 ou 3 (ou 1A, 1B ou 2) s'il contient un composant classé comme agent CMR à une concentration égale ou supérieure à la limite de concentration indiquée dans le tableau ci-dessous pour chaque catégorie.

- **Classification et étiquetage selon le système réglementaire préexistant (directive 67/548/CEE modifié).**

Classement	Symbole	Phrases de risque	Seuil ⁽¹⁾	Seuil ⁽²⁾	(1) Mélanges autres que gazeux. (2) Mélanges gazeux.
Cancérogène catégorie 1	 T - Toxique	R45 ou R49	≥ 0,1 %	≥ 0,1 %	R40 : Effet cancérogène suspecté – preuves insuffisantes. R45 : Peut causer le cancer. R46 : Peut causer des altérations génétiques héréditaires. R49 : Peut causer le cancer par inhalation. R60 : Peut altérer la fertilité. R61 : Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant. R62 : Risque possible d'altération de la fertilité. R63 : Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant. R68 : Possibilité d'effets irréversibles.
Cancérogène catégorie 2		R45 ou R49	≥ 0,1 %	≥ 0,1 %	
Cancérogène catégorie 3	 Xn - Nocif	R40	≥ 1 %	≥ 1 %	
Mutagène catégorie 1	 T - Toxique	R46	≥ 0,1 %	≥ 0,1 %	
Mutagène catégorie 2		R46	≥ 0,1 %	≥ 0,1 %	
Mutagène catégorie 3	 Xn - Nocif	R68	≥ 1 %	≥ 1 %	
Toxique pour la reproduction catégorie 1	 T - Toxique	R60 et/ou R61	≥ 0,5 %	≥ 0,2 %	
Toxique pour la reproduction catégorie 2		R60 et/ou R61	≥ 0,5 %	≥ 0,2 %	
Toxique pour la reproduction catégorie 3	 Xn - Nocif	R62 et/ou R63	≥ 5 %	≥ 1 %	

* Depuis l'entrée en vigueur du règlement CLP, le terme « préparation » a été remplacé par le terme « mélange » mais la définition reste identique.

- Classification et étiquetage selon le règlement CLP modifié (règlement (CE) n° 1272/2008).

Classement	Pictogramme	Mention d'avertissement	Mention de danger	Seuil ⁽¹⁾
Cancérogène catégorie 1A		Danger	H350 ou H350I	≥ 0,1 %
Cancérogène catégorie 1B		Danger	H350 ou H350I	≥ 0,1 %
Cancérogène catégorie 2		Attention	H351	≥ 1 %
Mutagène catégorie 1A		Danger	H340	≥ 0,1 %
Mutagène catégorie 1B		Danger	H340	≥ 0,1 %
Mutagène catégorie 2		Attention	H341	≥ 1 %
Toxique pour la reproduction catégorie 1A		Danger	H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360Df	≥ 0,3 % ⁽²⁾
Toxique pour la reproduction catégorie 1B		Danger	H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360Df	≥ 0,3 % ⁽²⁾
Toxique pour la reproduction catégorie 2		Attention	H361 ou H361f ou H361d ou H361fd	≥ 3 % ⁽²⁾
Ayant des effets sur ou via l'allaitement (catégorie supplémentaire)	-	-	H362	≥ 0,3 %

H350 : Peut provoquer le cancer⁽³⁾ ;

H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation ;

H351 : Susceptible de provoquer le cancer⁽³⁾ ;

H340 : Peut induire des anomalies génétiques⁽³⁾ ;

H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques⁽³⁾ ;

H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus⁽³⁾ ;

H360F : Peut nuire à la fertilité ;

H360D : Peut nuire au fœtus ;

H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus ;

H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus ;

H360Df : Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité ;

H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus⁽³⁾ ;

H361f : Susceptible de nuire à la fertilité ;

H361d : Susceptible de nuire au fœtus ;

H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus ;

H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel

(1) En % poids/poids (solides et liquides) ou volume/volume (gaz).

(2) Pour les mélanges autres que gazeux, la concentration seuil prévue par le règlement CLP modifié est plus sévère que le système préexistant.

(3) Indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger.

- **Grandes familles de composés CMR.**

Famille	Exemples
Hydrocarbures polycycliques aromatiques	Naphtalène, Chrysène, Benzo[a]pyrène
Hydrocarbures aromatiques halogénés	Hexachlorobenzène
Amines aromatiques	o-Toluidine
Colorants organiques	CI Direct Brown 95 [5-[[4'-[[2,6-dihydroxy-3-[[2-hydroxy-5-sulfophényl]azo]phényl]azo][1,1'-biphényl]-4-y]azo]salicylato(4-)]cuprate(2-) de disodium
Hydrocarbures aromatiques et autres dérivés	Benzène, Phénol...
Phytosanitaires	Aldrine
Dérivés halogénés chlorés	Trichloroéthylène
Dérivés halogénés bromés	Bromoéthylène
Autres dérivés halogénés	Iodométhane
Dérivés azotés : Amines, Amides...	Diméthylformamide, Hydrazine
Nitrosamines	1-méthyl-3-nitro-1-nitrosoguanidine
Dérivés soufrés	Sulfure de carbone, sulfate de diéthyle
Dérivés phosphorés	Phosphate de tributyle
Autres dérivés (Bore, Silicium...)	Octaméthylcyclotétrasiloxane
Chromates	Chromate de plomb
Métaux et dérivés (Ni, Cd, Co, Pb, Cr, Be...)	Sulfate de nickel, Chlorure de cadmium
Ethers	Oxyde d'éthylène, 2-méthoxyéthanol
Aldéhydes	Formaldéhyde
Autres dérivés alkyls +Acides	1,3-Butadiène, acide méthoxyacétique
Divers	Méthylisocyanate, oxyde de carbone

- Exemples de composés CMR fréquemment rencontrés en France.

N° CAS	Noms	Classification CMR	Principaux secteurs d'utilisation
107-06-2	1,2 Dichloroéthane	Carc.2	Produits chimiques organiques de base (99%)
75-01-4	Chlorure de vinyle	Carc.1	Produits chimiques organiques de base (100%)
71-43-2	Benzène	Carc.1 et Muta.2	Produits chimiques organiques de base (42%) Produits chimiques à usage industriel (33%)
106-99-0	1,3-butadiène	Carc.1 et Muta.2	Produits chimiques organiques de base (45%) Caoutchouc synthétique (55%)
630-08-0	Monoxyde de carbone	Repro.1	Produits chimiques organiques de base (100%)
75-21-8	Ethylène oxide, Oxirane	Carc.2 et Muta.2	Produits chimiques organique de base (93%) Savons et détergents (4%)
50-00-0	Formaldéhyde	Carc.3	Produits chimiques organiques de base (49%) Produits agrochimiques (32%) Produits chimiques à usage industriel (8%)
74-87-3	Chlorométhane	Carc.3	Produits chimiques organiques de base (99%)
108-95-2	Phénol	Muta.3	Produits chimiques organiques de base (43%); Produits chimiques à usage industriel (43%); Matières plastiques de base (10%)
108-88-3	Toluène	Repro.3	Imprimerie de journaux (87%); Caoutchouc synthétique (6%) Peintures et Vernis (3%)

Carc = carcinogenic en Anglais = Cancérogène.

V] Quelques suggestions de substitutions.

1) Fiches de substitution ou d'aide à la substitution FAS.

Le principe déjà évoqué est qu'il faut substituer les composés CMR dangereux par des composés qui ne le sont pas ou le sont moins et qui pédagogiquement permettent d'obtenir les mêmes résultats.

On pourra consulter en se rendant sur le site de l'INRS et en remplissant le bandeau libellé  « Recherche sur le site », les fiches FAR et les fiches FAS déjà mentionnées plus haut.

- **FAR** : 55 fiches d'aide au repérage des substances CMR dans les différentes branches d'activités professionnelles.
- **FAS** : 34 fiches d'aide à la substitution des substances CMR (*en juin 2015 mais régulièrement enrichi*).

Voici la liste des FAS disponibles en téléchargement :

1, 7 :	trichloréthylène	18 :	sulfure de cadmium
2 :	perchloroéthylène	19, 26 :	rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de plomb
3 :	dichlorométhane	20 :	oxyde thorium
4 :	dichlorométhane et Benzène	21 :	Béryllium
5, 6, 10, 32 :	formaldéhyde	23 :	Résine Urée – Formol
8, 22 :	oxyde de chrome VI	27 :	chromate de strontium
9 :	fibres céramiques réfractaires	28 :	pentachlorophénol
11 :	dichlorure de cobalt	29 :	plastifiants aromatiques étiquetables
12 :	dichromate de potassium	30 :	chromate de zinc
13 :	hydroquinone	31 :	composés du plomb
14 :	cadmium	33 :	phénolphtaléine
15 :	acétate de plomb	34 :	essence sans plomb contenant benzène
16 :	hydrazine		
17, 24, 25 :	chromate de plomb		

On pourra également trouver sur le site substitution-cmr.fr, tout un ensemble de fiches de substitution :

1,1,1-trichlorotoluène

1,2-bis(2-méthoxyéthoxy)éthane

1,2-diéthoxyéthane

1,2-diméthoxyéthane

2-éthoxyéthanol

2-méthoxyéthanol

2-méthoxypropanol

4,4-diisocyanate de diphenylmethane

4,4'-méthylène bis(2-chloroaniline)

Acétate de 2-éthoxyéthyle

Acétate de 2-méthoxyéthyle

Acétate de 2-méthoxypropyle

Acétate de plomb, basique

Acide borique

Acide perborique, sel de sodium

Acrylamide

Benzène

Benzo[a]pyrène

Butane (> 0,1% de butadiène)

Benzo[a]pyrène

Butane (> 0,1% de butadiène)

C.I. Pigment Red 104

C.I. Pigment yellow 34

Carbendazine

Chlorure de cadmium

Chromate de plomb

Chromate de potassium

Chromate de zinc

Di(acétate) de plomb

Dibutyle phtalate

Dichlorométhane

Dichlorure de cobalt

Dichromate de potassium

Dichromate de sodium

Diméthylformamide

Fibres céramiques réfractaires

Formaldéhyde

Fuels

Hydrazine

N-méthyl-2-pyrrolidone

N,N-diméthylacétamide

Naphtalène

Oxyde d'éthylène

Oxyde de bis(2-méthoxyéthyle)

Oxyde de cadmium (en poudre)

Oxyde de propylène

Perchloroéthylène

Phtalate de benzyle et de butyle

Phtalate de bis(2-éthylhexyle)

Sulfate de cobalt

Thioacétamide

Toluène

Trichloroéthylène

Trioxyde de chrome

Trioxyde de diarsenic

2) Phénolphtaléine 3,3-bis (4-hydroxyphényl)-2-benzofuran-1(3H)-one.



Ce composé organique de formule brute $C_{20}H_{14}O_4$ est un indicateur coloré de changement de pH et constitue un CMR – classement harmonisé européen des CMR / janvier 2009. Il est classé dans la catégorie 1B lorsque sa concentration est supérieure ou égale à 1% : forte présomption (tests probants sur les animaux). Il est donc à substituer chaque fois que cela est techniquement possible.

- **Indicateur coloré** : En tant qu'indicateur coloré, la phénolphtaléine est incolore si $pH < 8,2$ et fuchsia si $pH > 10$. Elle peut être substituée par différents indicateurs colorés, non CMR :

Nom	Zone de virage de pH	pH	Couleur
bleu de thymol	8 < pH < 9,6	pH < 8 8 < pH < 9,6 pH > 9,6	jaune vert Bleu
Rouge de phénol	6,6 < pH < 8,4	pH < 6,6 6,6 < pH < 8,4 pH > 8,4	jaune Rouge
Thymolphtaléine (bleu de phtaléine)	9,3 < pH < 10,5	pH < 9,3 9,3 < pH < 10,5 pH > 10,5	incolore Bleu
Bleu de para-xylénol	8 < pH < 9,6	pH < 8 8 < pH < 9,6 pH > 9,6	jaune Bleu
Bleu de quinoléine	6,6 < pH < 8,6	pH < 6,6 6,6 < pH < 8,6 pH > 8,6	incolore Bleu

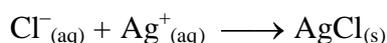
Cf. fiche d'aide à la substitution FAS 33 (INRS).

- **Colorant** : la synthèse de la phénolphtaléine peut être remplacée par celle de l'indigo.

3) Chromate de potassium K_2CrO_4 .

La solution de chromate de potassium est classée CMR lorsque sa concentration est $\geq 0,1$ %.

Utilisé comme indicateur de fin de réaction dans le dosage des ions chlorure par les ions argent, dosage pour lequel rien ne permet de distinguer l'équivalence puisque le précipité d' $AgCl(s)$ apparait dès le début du dosage :



On utilise de fait, le chromate de potassium, indicateur coloré de la présence de Ag^+ . En l'absence d'ions Ag^+ , la solution + précipité est jaune, dû au chromate de potassium. En présence d' Ag^+ , après l'équivalence du dosage, un précipité rouge de chromate d'argent $Ag_2CrO_{4(s)}$ se forme.

Les résultats obtenus montrent que l'on peut remplacer pour ces titrages, comme indicateur de fin de réaction, 4 gouttes de solution de chromate de potassium à 50 g.L^{-1} par 10 mL de solution de chromate de potassium à 1 g.L^{-1} moins dangereux. En fin de dosage, on obtient une teinte « thé au lait » due au début de formation du précipité rouge de chromate d'argent, comme avec le chromate de potassium à 50 g.L^{-1} .



Pictogrammes relatifs au chromate de potassium



4) Dichlorométhane.

Substitution possible : FAS 3, FAS 4.

Extraction de la vanilline, de la caféine : acétate d'éthyle.

Extraction des pigments dans les plantes vertes : acétone.

CCM de l'aldéhyde cinnamique : acétate d'éthyle.

CCM de la vanilline : cyclohexane/acétate d'éthyle : (50/50).

5) Autres substitutions possibles.

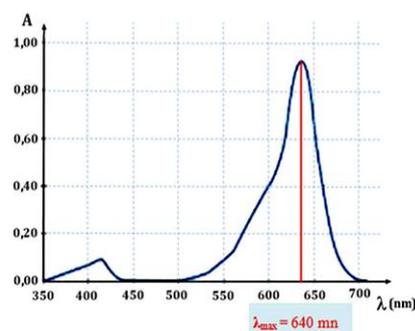
- **Sulfate de cuivre anhydre** :



Ce composé à priori pas CMR (cf. fiche toxicologique), présente une nocivité en cas d'ingestion, une possible irritation cutanée et / ou oculaire. Il peut être aisément remplacé dans le cadre de TP de préparation de solutions par pesée ou par dilution par du **chlorure de sodium**.

Dans le cadre de TP sur la réalisation d'échelles de teintes traitées visuellement ou par spectrophotométrie, ce composé peut être remplacé par un colorant comme le **bleu patenté** qui ne présente pas de pictogrammes de danger.

Spectre d'absorbance
du bleu patenté :



- **Diode** :



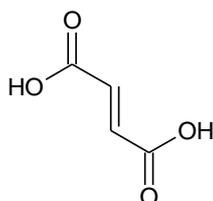
- **Permanganate de potassium** :



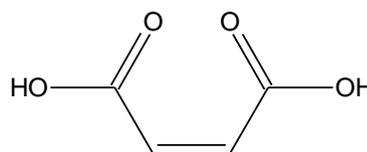
De la même manière, le diiode et le permanganate de potassium (non classés CMR) présentent en tout état de cause une dangerosité avérée pour l'environnement. Même s'ils peuvent toujours être neutralisés et transformés en ions iodure et en ions manganèse II, on pourra aisément remplacer la réalisation d'échelles de teintes avec ces deux substances par une échelle de teinte au **bleu patenté** qui ne présente pas de pictogrammes de danger. Voir utiliser un autre colorant alimentaire.

- **Acide maléique** : utilisable dans un TP de terminale S pour sa relation de diastéréoisomérie avec l'acide fumarique, il est stipulé dans sa fiche FDS que ce composé sous forme de poudre (contact avec agents oxydants) peut générer une explosion. Peut-être est-il préférable dans ce cas de ne pas utiliser cette substance sous forme de poudre lors d'un TP.

acide (E)-but-2-ène-1,4-dioïque, acide fumarique



acide (Z)-but-2-ène-1,4-dioïque, acide maléique



- **Acide picrique** : a été assez communément utilisé dans des TP de l'enseignement secondaire pour la mise en évidence de l'ion K^+ ou de l'ion NH_4^+ , encore utilisé en biochimie pour le dosage de l'éthanol dans le sang, l'identification d'oses réducteurs notamment. Une attention particulière doit être apportée à son stockage afin d'éviter les risques d'explosion (pas de récipients ou bouchons métalliques, ce qui exclut également les contenants en cristal du fait de la présence de plomb dans le verre).

6) Quelques recommandations pour les TP de chimie.

- On aura intérêt à afficher la liste des **mentions de dangers physiques** (phrases H) dans toutes les salles de TP ainsi que celle des **conseils de prudence - préventions** (phrases P) ou à défaut dans les laboratoires de chimie. On pourra aussi afficher dans les laboratoires une liste simplifiée de produits chimiques incompatibles et qui peuvent entrer en réaction chimique violentes entre eux.
- Voici la liste pour les acides / bases des pictogrammes et mentions de danger à étiqueter sur les flacons ou flacons élèves en fonction de la concentration :

Produits	Concentration	Pictogramme	Mention de Danger
Acide chlorhydrique	1 mol.L ⁻¹	Rien	Rien
Acide chlorhydrique	2 mol.L ⁻¹		H 319-H 335
Acide chlorhydrique	20% (2,27 mol.L ⁻¹)		H 315-H 319-H 335
Acide chlorhydrique	1/2 (5.669 mol.L ⁻¹)		H 314-H 335
*****	*****	*****	*****
Acide sulfurique	0,4 mol.L ⁻¹	Rien	Rien
Acide sulfurique	0,5 mol.L ⁻¹	Rien	Rien
Acide sulfurique	2 mol.L ⁻¹		H 315-H 319
Acide sulfurique	2,2 mol.L ⁻¹		H 315-H 319
Acide sulfurique	1/10 (10%) 1,818 mol.L ⁻¹		H 315-H 319
Acide sulfurique	1/5 (20%) 3,636 mol.L ⁻¹		H 314
Acide sulfurique	1/2 9,09 mol.L ⁻¹		H 314
*****	*****	*****	*****
Acide nitrique	0,1 mol.L ⁻¹	Rien	Rien
Acide nitrique	0,2 mol.L ⁻¹	Rien	Rien
Acide nitrique	1 mol.L ⁻¹ (9%)		H 314
Acide nitrique	4 mol.L ⁻¹ (36%)		H 314
Acide nitrique	1/2 (50%) 5,555 mol.L ⁻¹		H 314
*****	*****	*****	*****
Hydroxyde de sodium	1 mol.L ⁻¹		H 314
*****	*****	*****	*****
Acide nitrique	1 mol.L ⁻¹		H 314-H 400 H 335

produit	concentration	Picto.	Mention de DANGER
Hydroxyde de sodium	Moins de 0,5% (0,125 mol.L ⁻¹)	rien	rien
Hydroxyde de sodium	Entre 0,5% et 2% (0,125 mol.L ⁻¹ et 0,5 mol.L ⁻¹)		H 315 H 319
Hydroxyde de sodium	Au dessus de 2% (0,5 mol.L ⁻¹)		H 314
Acide chlorhydrique	Moins de 10% (1,111 mol.L ⁻¹)	rien	rien
Acide chlorhydrique	Entre 10% et 25% (1,111 mol.L ⁻¹ et 2,77 mol.L ⁻¹)		H 315 H319-H335
Acide chlorhydrique	Au dessus de 25% (2,77 mol.L ⁻¹)		H314-H 335
Acide sulfurique	Moins de 5% (0,909 mol.L ⁻¹)	rien	rien
Acide sulfurique	Entre 5% et 15% (0,909 mol.L ⁻¹ et 2,727 mol.L ⁻¹)		H 315 H 319
Acide sulfurique	Plus de 15% (2,727 mol.L ⁻¹)		H 314
Acide nitrique	Moins de 5% (0,555 mol.L ⁻¹)	rien	rien
Acide nitrique	entre 5% et 20 % (0,555 mol.L ⁻¹ et 2,22 mol.L ⁻¹)	rien	rien
Acide nitrique	entre 5% et 20 % (0,555 mol.L ⁻¹ et 2,22 mol.L ⁻¹)		H 314
Acide nitrique	entre 20% et 65 % (2,22 mol.L ⁻¹ et 7,215 mol.L ⁻¹)		H 314
Acide nitrique	Plus de 65% (7,215 mol.L ⁻¹)	 	H 272

- Le code du travail en ligne sur Legifrance donne des recommandations strictes et interdit d'occuper les jeunes travailleurs de moins de 18 ans, aux travaux figurant ci-dessous. Il s'applique à tous les établissements scolaires : collège, LEG, LET, LEP. Une dérogation doit donc être demandée à l'Inspecteur du Travail pour toute utilisation de produits interdits aux mineurs, sous la responsabilité de l'enseignant.

- Acide nitrique fumant : fabrication et manutention.
- Acide sulfurique fumant ou oléum : fabrication et manutention.
- Benzène, sauf pour les besoins de la formation professionnelle.
- Dichlore : production, utilisation, emploi dans la fabrication des hypochlorites ainsi que dans le blanchiment de la pâte à papier et de la cellulose.
- Explosifs : fabrication et manipulation des engins, artifices ou objets divers en contenant.
- Hydrocarbures aromatiques : travaux exposant à l'action des dérivés suivants, sauf si les opérations sont faites en appareils clos en marche normale : a) Dérivés nitrés et chloronitrés des hydrocarbures benzéniques, dinitrophénol, trinitrophénol = acide picrique; b) Aniline et homologues, benzidine et homologues, naphtylamines et homologues.
- Lithium métal : fabrication et manipulation.
- Mercure : manipulation du métal et de ses composés toxiques, exposant aux vapeurs de mercure.
- Minerais sulfureux : grillage de ces minerais.
- Plomb : fabrication et manipulation des oxydes et sels de plomb.
- Sodium métal : fabrication et manutention.
- Soude caustique : fabrication et manipulation (si $C > 6,0 \text{ mol. L}^{-1}$).
- Tétrachlorométhane : fabrication et emploi.