

15 octobre 2008

Formation des membres CSHS

CNRS - Délégation Paris A

Risque chimique



F. Mazé-Coradin

Ingénieur d'étude

Unité de prévention du risque chimique

Unité de Prévention du Risque Chimique

CNRS – UPS 831

Directrice : Brigitte DIERS

Bât. 11, avenue de la Terrasse
91198 Gif-sur-Yvette cedex

Courriel : faqs.prc@prc.cnrs-gif.fr

Web : <http://www.prc.cnrs-gif.fr>

Web REACH : <http://www.prc.cnrs-gif.fr/reach>

Le risque chimique

Danger

Capacité à produire un effet néfaste

Exposition

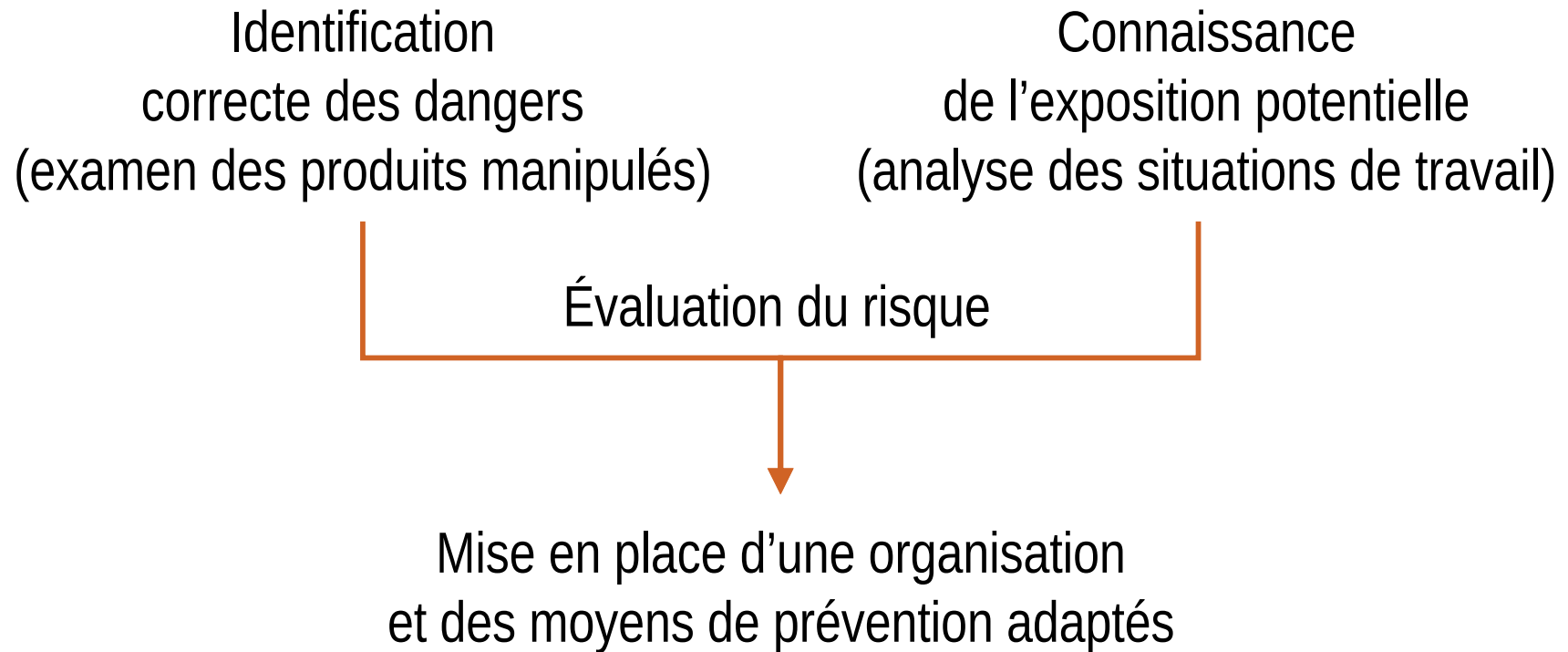
Manière d'être soumis à l'action d'un danger

Risque

Probabilité qu'un effet néfaste se manifeste

$$\text{RISQUE} = \text{DANGER} \times \text{EXPOSITION}$$

La maîtrise du risque chimique



Identification des dangers des produits chimiques

A. Utilisation des éléments imposés par la réglementation

La classification

L'étiquette

La fiche de données de sécurité (FDS)

Cela concerne uniquement les produits **commerciaux** (quelle que soit la quantité mise sur le marché).

Identification des dangers des produits chimiques

La **classification** réglementaire des substances et préparations chimiques dangereuses comporte 15 catégories de dangers (*article R 4411-6 Code du Travail*).

Physico-chimique

Explosible
Comburant
Extrêmement inflammable
Facilement inflammable
Inflammable

Corrosif

Toxique

Très toxique
Toxique
Nocif
Irritant
Sensibilisant
Mutagène
Cancérogène
Toxique pour la reproduction
Dangereux pour l'environnement

Identification des dangers des produits chimiques

L'**étiquetage** réglementaire **actuel** des substances et des préparations chimiques dangereuses comporte des symboles et indications de danger (pictogrammes), des phrases de risque R et des conseils de prudence S (le libellé de ces phrases est disponible sur le site de l'INRS : <http://www.inrs.fr>).

dangers toxiques



T+ - Très toxique



T - Toxique



N - Dangereux pour l'environnement



Xn - Nocif



Xi - Irritant



C - Corrosif

dangers physico-chimiques



F+ - Extrêmement inflammable



F - Facilement inflammable



E - Explosif



O - Comburant

Identification des dangers des produits chimiques

Lorsque plus d'un symbole de danger est attribué à une substance ou préparation :

- l'obligation d'apposer le symbole « E » rend facultatifs les symboles « F », « F+ » et « O » ;
- l'obligation d'apposer le symbole « T⁺ » ou « T » rend facultatifs les symboles « Xn », « Xi » et « C » ;
- l'obligation d'apposer le symbole « C » rend facultatifs les symboles « Xn » et « Xi » ;
- l'attribution du symbole « Xn » rend le symbole « Xi » facultatif.

T > C > Xn > Xi

Arrêté du 9 novembre 2004 transposant la directive 2001/59/CE.



La classification et l'étiquetage des substances et préparations dangereuses sont effectués par :



Un groupe d'experts encadré par le Bureau européen des produits chimiques (Technical Committee on Classification and Labelling of Dangerous Substances) pour **environ 8 000 substances** ; étiquetage CE disponible sur :
<http://ecb.jrc.it/classification-labelling/search-classlab/> (onglet Search Annex 1)



Les fournisseurs (fabricants, vendeurs ou importateurs) pour **toutes les autres substances** et pour **les préparations (mélanges)**.

Attention, avenir proche... le SGH via un règlement européen

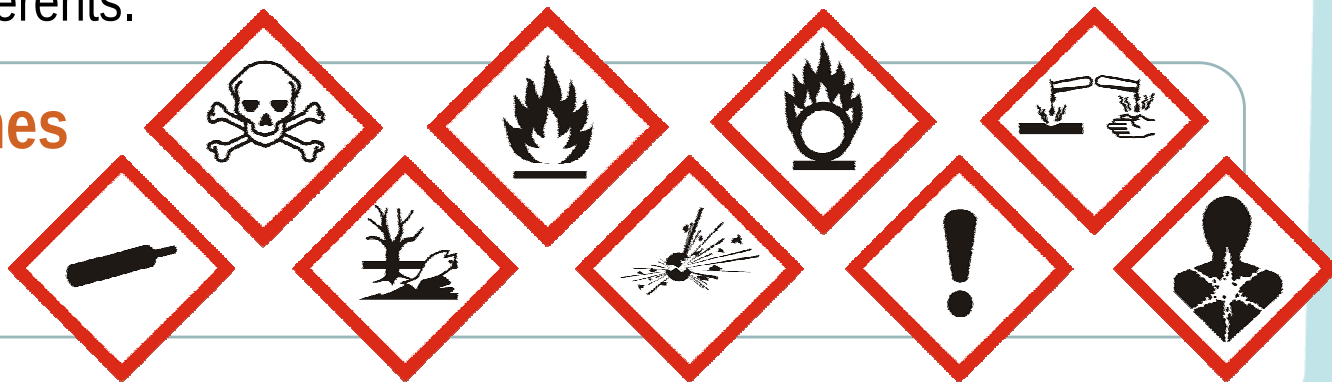
Les informations requises pour le nouvel étiquetage sont les suivantes :
identification du produit, identité du fournisseur, pictogrammes, mentions
d'avertissement, mentions de danger et mentions de mise en garde.

2 mentions d'avertissement = DANGER (pour les catégories de danger les plus sévères) et ATTENTION.

Mentions de danger (H + 3 chiffres) = équivalent aux phrases R mais codification et libellé différents.

Mentions de mise en garde (P + 3 chiffres) = équivalent aux phrases S mais codification et libellé différents.

**Pictogrammes
de danger**



Des informations complémentaires à la classification et l'étiquetage sont apportées par la **fiche de données de sécurité (FDS)**.

L'établissement de cette fiche est une obligation pour le fabricant, l'importateur ou le vendeur d'une substance ou d'une préparation dangereuse.

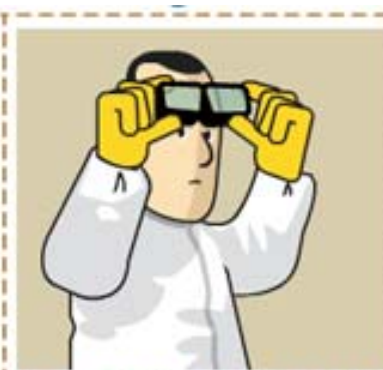
La **fiche rédigée en français** doit être transmise gratuitement au chef d'établissement qui doit lui-même la communiquer au médecin du travail.

Il faut la consulter !

*Code du travail,
articles R 4411-73, R 4411-74
R 4411-84, R 4624-4.*



Je lis



Je m'équipe



Je manipule

La FDS comporte 16 rubriques obligatoires

1. Identification de la substance / préparation et de la société / entreprise.
2. Identification des dangers.
3. Composition / informations sur les composants.
4. Premiers secours.
5. Mesures de lutte contre l'incendie.
6. Mesures à prendre en cas de rejet accidentel.
7. Manipulation et stockage.
8. Contrôle de l'exposition / protection individuelle.
9. Propriétés physiques et chimiques.
10. Stabilité et réactivité.
11. Informations toxicologiques.
12. Informations écologiques.
13. Considérations relatives à l'élimination.
14. Informations relatives au transport.
15. Informations réglementaires.
16. Autres informations.

Annexe II du règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) n° 793/93 du Conseil et le règlement (CE) n° 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission. JO UE L396 du 30 décembre 2006. (Rectificatif JO UE L136 du 29 mai 2007).



**C'est le minimum nécessaire
mais pas forcément suffisant**

Car sur l'étiquette :

- parfois, plusieurs catégories de dangers sont représentées et le libellé des phrases R et S n'est pas forcément écrit ;
- peu de renseignements sur les incompatibilités des produits.

Sur la FDS :

- peu de renseignements pour réaliser un stockage cohérent ;
- peu de renseignements pour gérer les déchets.



B. Obtention de renseignements complémentaires

La **recherche d'information complémentaire** est souvent nécessaire mais cette étape n'est pas toujours simple ...

Sites d'information gratuits :

PRC : www.prc.cnrs-gif.fr/ (rubrique *Outils & documents puis liens*)

Fiches toxicologiques :

INRS : www.inrs.fr/

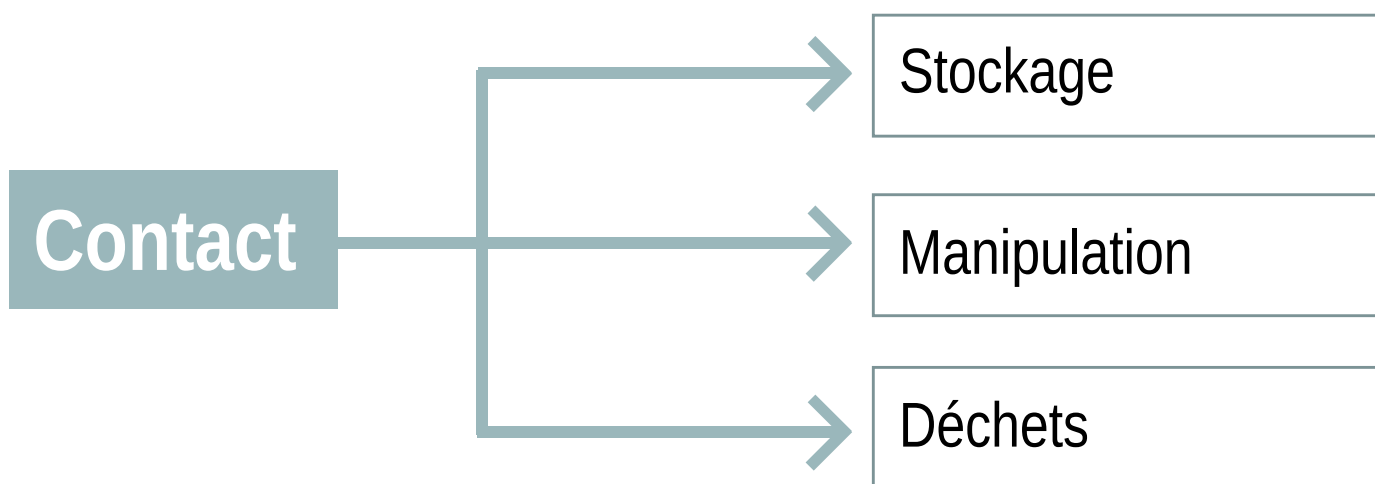
Autres sources :

Bases de données : Chempendium...

Ouvrages : Bretherick'...



Identification des dangers des produits chimiques



Les dangers toxiques

Les données toxicologiques disponibles sur un produit chimique proviennent :

- d'études épidémiologiques ;
- d'études d'exposition clinique ;
- d'expérimentations animales ;
- de tests *in vitro* ;
- d'études structure/activité.

Paramètres de la toxicité – nature du produit

Forme chimique

Exemple : $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$

Réactivité

Directement liée à la structure chimique du composé.

Les dommages causés peuvent être immédiats ou différés.

Exemples :

- HCN provoque une hypoxie cellulaire rapide par liaison à la cytochrome c oxydase conduisant à la mort.
- La nicotine provoque une altération neurologique lente par liaison aux récepteurs cholinergiques du système nerveux central.

Solubilité, tension de vapeur

Paramètres physico-chimiques influençant l'absorption, la distribution, l'excrétion.

Paramètres de la toxicité – dose



«Rien n'est poison,
tout est poison.
C'est la dose qui
fait le poison.»

Paracelse

Fer

carence : anémie
excès (hypersidérémie) :
hépatotoxicité.

NaCl

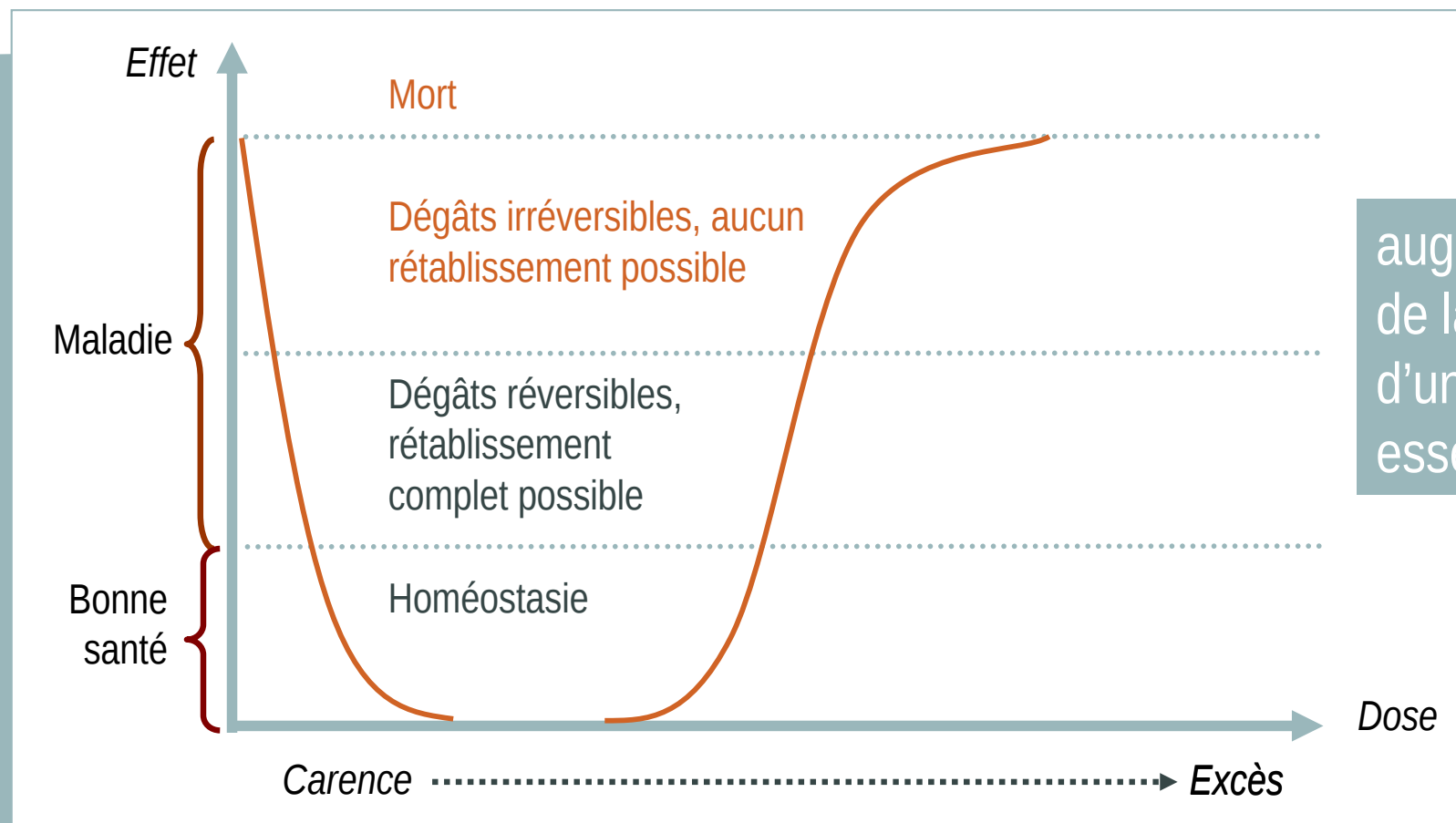
DL50* ~ plusieurs g/kg.

Toxine botulique

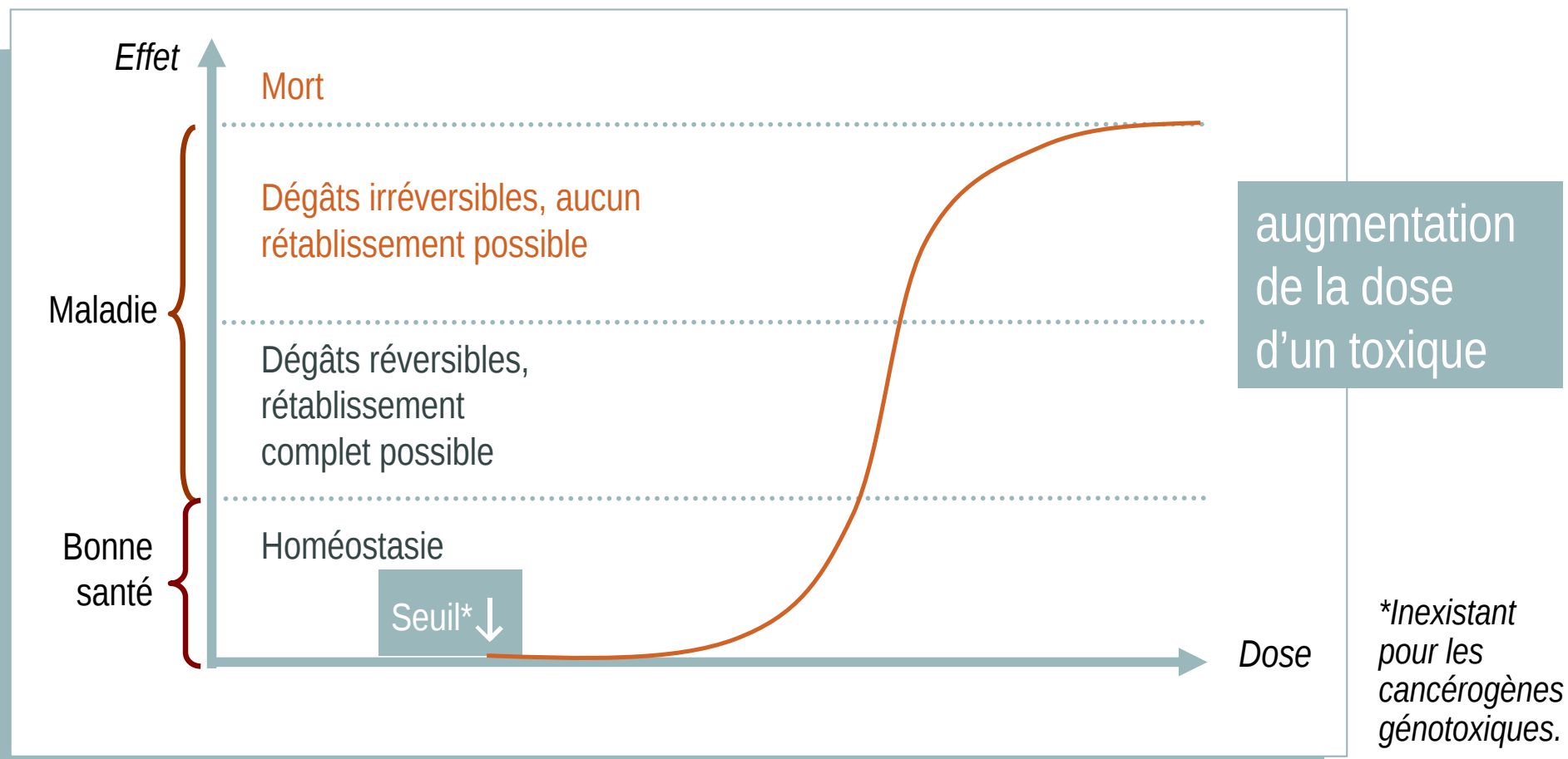
DL50* < 1 ng/kg.

**DL50 : dose létale pour 50 % des animaux après administration unique.*

Paramètres de la toxicité – relation doses - effets



Paramètres de la toxicité – relation doses - effets

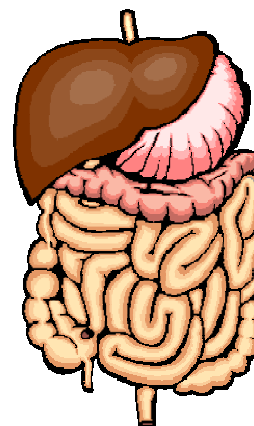
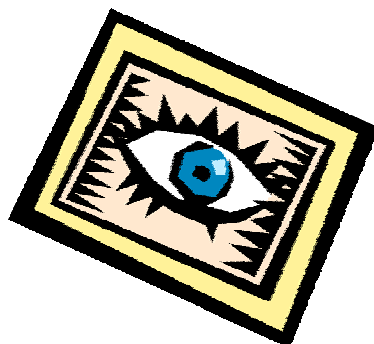
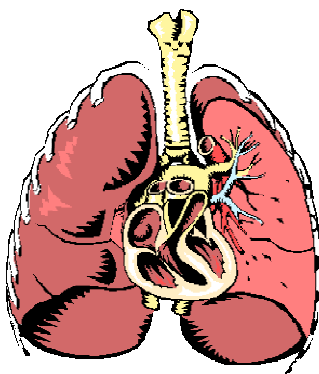


Paramètres de la toxicité – voies d'exposition

Voie pulmonaire / inhalation

Voie cutanée et muqueuse

Voie digestive



Paramètres de la toxicité – voie pulmonaire / inhalation

Le tissu pulmonaire n'est pas une barrière très protectrice contre les produits chimiques. Les échanges O_2/CO_2 air/sang se situent au niveau des alvéoles pulmonaires.

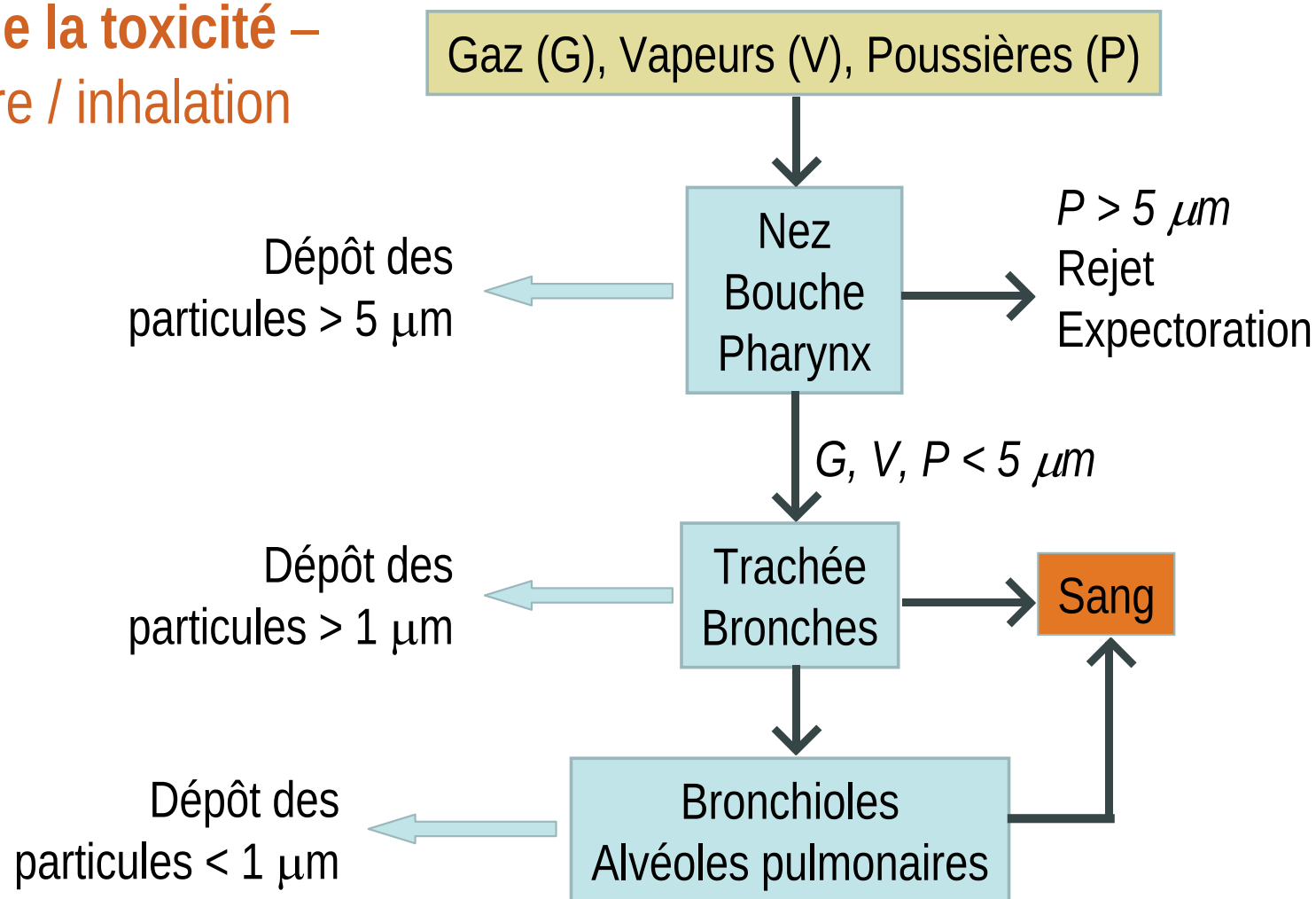
Les facteurs influençant l'absorption d'une substance inhalée sont :

- la concentration du produit dans l'air ;
- le temps d'exposition ;
- la nature du produit : état physique, solubilité ;
- le débit ventilatoire.

Trajet :

poumons → sang → organes

Paramètres de la toxicité – voie pulmonaire / inhalation

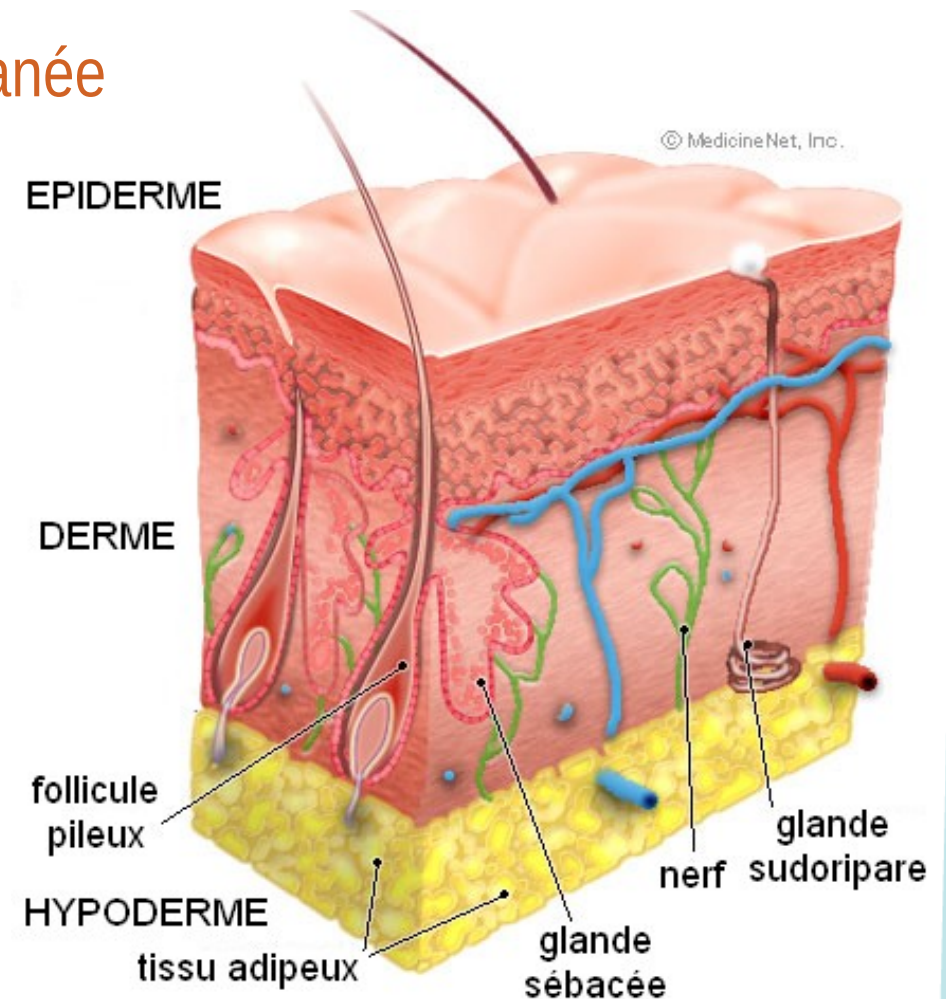


Paramètres de la toxicité – voie cutanée

La peau est une barrière efficace vis à vis de nombreux produits chimiques.

Elle est constituée de différentes couches cellulaires :

- couche cornée et épiderme : protection ;
- derme (fibres, vaisseaux, poils, glandes) : cohésion ;
- hypoderme (vaisseaux, tissu adipeux) : isolation.



Paramètres de la toxicité – voie cutanée

Les facteurs influençant l'absorption cutanée sont :

- la forme du produit : liquide > solide > gaz
- la solubilité du produit
lipophile + hydrophile > lipophile > hydrophile
- le temps d'exposition
- les facteurs « peau » : épaisseur de l'épiderme, surface en contact, vascularisation, état de la peau (abrasion, irritation, brûlure), occlusion
- la présence de certains produits (détergents, solvants)
- la température (chaud > froid)

Paramètres de la toxicité

- Nature du produit (forme chimique, réactivité, solubilité)
- Dose absorbée
- Voie d'exposition

Aptitudes métaboliques du sujet

Caractère cumulatif du produit

État de santé du sujet (stress, maladie...)

Interactions avec d'autres produits

Sort dans l'organisme

Absorption : processus par lequel la substance passe dans l'organisme à partir de la zone de pénétration vers les organes ou les tissus.

Distribution : la substance absorbée se dirige vers différents sites de l'organisme.

Métabolisation : biotransformation (transformation dans l'organisme en nouveaux produits appelés métabolites). Les produits de la biotransformation peuvent être facilement excrétables (= détoxification) ou plus réactifs (fixation sur des molécules-cibles = bioactivation).

Excrétion : sortie de la substance hors de l'organisme (urine, fécès, sueur, lait, salive).

Effet toxique

Pour qu'un effet toxique ait lieu, il faut :

- que le produit soit capable d'interagir avec l'organisme ;
- qu'il atteigne une cible.

Cible au point
de contact



toxicité locale

Cible à distance
du point de contact



toxicité systémique

Effet toxique

peut donc être :

- un effet local au point de contact
- un effet général plus ou moins important
- la mort

Il peut être réversible ou non.

Effet toxique

Toxicité aiguë

- exposition < 24 h, dose unique
- signes cliniques précoces
- DL50* et CL50**

Toxicité à long terme

- signes cliniques différés parfois très tardifs
- faibles doses répétées quelques mois à quelques années
- accumulation de toxique (dérivés du plomb).

**DL50 : dose létale pour 50 % des animaux après administration unique.*

***CL50 : concentration létale dans l'air pour 50 % des animaux dans un temps donné (généralement 4h).*

Organes cibles

Cerveau (solvants)
Nerfs périphériques (hexane)
Peau (acides, bases, solvants)
Sang (benzène)
Appareil urinaire (amines aromatiques)
Poumons (chlore, acides)
Cœur (trichloréthylène)
Foie (solvants)

Très toxique – Toxique – Nocif



T+ - Très toxique



T - Toxique



Xn - Nocif

Très toxique : substance et préparation qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en **très petites quantités**, entraînent la mort ou nuisent à la santé de manière aiguë ou chronique.

Toxique : substance et préparation qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en **petites quantités**, entraînent la mort ou nuisent à la santé de manière aiguë ou chronique.

Nocif : substance et préparation qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée **peuvent** entraîner la mort ou nuire à la santé de manière aiguë ou chronique.

Très toxique – Toxique – Nocif

Critères de classification des substances ou préparations :

Létalité :

estimation de la toxicité aiguë (24 h) établie en déterminant des doses entraînant la mort de la moitié des animaux testés : DL50 ou CL50.

Gravité des effets :

effets irréversibles après une seule exposition (autres que mutagène, cancérigène, toxique pour la reproduction) ;
effets graves en cas d'exposition prolongée (pour les toxiques et nocifs).



T+ - Très toxique



T - Toxique



Xn - Nocif

Les dangers toxiques

Très toxique



T+ - Très toxique

Risques liés à la **léthalité** :

R26 Très toxique par inhalation.

R27 Très toxique par contact avec la peau.

R28 Très toxique en cas d'ingestion.

Les phrases combinées précisent l'éventualité des **effets irréversibles** (*1 seule exposition*).

Exemples

R39/26 Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation.

R39/27 Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau.

R39/26/27 Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par contact avec la peau.

R39/26/27/28 Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

Toxique



T - Toxique

Risques liés à la **léthalité** :

R23 Toxique par inhalation.

R24 Toxique par contact avec la peau.

R25 Toxique en cas d'ingestion.

Les phrases combinées précisent l'éventualité des **effets irréversibles** (*1 seule exposition*) ou des **effets graves** (*exposition prolongée*).

Exemples

R39/23/24 Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par contact avec la peau.

R39/23/24/25 Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

R48/23 Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation.

R48/23/24/25 Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.

Les dangers toxiques

Nocif



Xn - Nocif

Risques liés à la **léthalité** :

R20 Nocif par inhalation.

R21 Nocif par contact avec la peau.

R22 Nocif en cas d'ingestion.

Les phrases combinées précisent l'éventualité des **effets irréversibles** (*1 seule exposition*) ou des **effets graves** (*exposition prolongée*).

Exemples

R68/20/21 Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation et par contact avec la peau.

R 48/20/22 Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par ingestion.

Cas particulier

R 65 Nocif : peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion.

Très toxique, Toxique et Nocif



T+ - Très toxique

tétroxyde d'osmium, trioxyde de chrome, phosgène...



T - Toxique

acrylonitrile, acrylamide, phénol, formaldéhyde, pipéridine, hydrazine, méthanol...



Xn - Nocif

iode, hydroxylamine, acétonitrile, n-hexane, chlorure d'ammonium...

Corrosif



C - Corrosif

R34 Provoque des brûlures.

R35 Provoque de graves brûlures.

Substances ou préparations qui, en contact avec des tissus vivants, peuvent exercer une **action destructrice** sur ces derniers.

Signes cliniques : destruction brutale des tissus.

Yeux : inflammation allant de la conjonctivite jusqu'à la cécité.

Voies respiratoires : toux, suffocation, atteinte pulmonaire (jusqu'à l'œdème aigu du poumon).

Peau : brûlures de gravité variable.

Voies digestives : lésions profondes.

Les dangers toxiques

Corrosif



C - Corrosif

Attention

$T > C > Xn > Xi$

Exemples

- **acides minéraux** : sulfurique, chlorhydrique, nitrique, perchlorique, fluorhydrique...
- **acides organiques** : acétique, formique...
- **bases minérales** : soude, potasse, ammoniaque...
- et... phénol, tétroxyde d'osmium, triméthylchlorosilane, amines aliphatiques, formaldéhyde, glutaraldéhyde, pipéridine

Les dangers toxiques

Irritant



Xi - Irritant

R36 Irritant pour les yeux.

R37 Irritant pour les voies respiratoires.

R38 Irritant pour la peau.

R41 Risque de lésions oculaires graves.

R36/37 Irritant pour les yeux et les voies respiratoires.

R36/38 Irritant pour les yeux et la peau.

R36/37/38 Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau.

R37/38 Irritant pour les voies respiratoires et la peau.

Substances et préparations non corrosives qui, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, peuvent provoquer une **réaction inflammatoire**.

Signes cliniques : inflammation.

Yeux : larmoiement, conjonctivite, kératite.

Voies respiratoires : rhinite, laryngite, pharyngite, bronchite, fibrose pulmonaire, œdème aigu du poumon.

Peau : dermatite.

Les dangers toxiques

Irritant



Xi - Irritant

Attention

$T > C > Xn > Xi$

Exemples

n-hexane, diméthylformamide, mercaptoéthanol, 1,4-dithiothreitol, *p*-benzoquinone, acrylonitrile...

Sensibilisant



Xn - Nocif

R42 Peut entraîner une sensibilisation par inhalation.
R42/43 Peut entraîner une sensibilisation par inhalation et par contact avec la peau.



Xi - Irritant

R43 Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.

Substances ou préparations qui, par inhalation ou pénétration cutanée, peuvent donner lieu à une **réaction d'hypersensibilisation** telle qu'une **exposition ultérieure** à la substance ou à la préparation produit des **effets néfastes caractéristiques**.

Signes cliniques : jamais lors du premier contact, de type **allergique** ensuite.

Yeux : larmoiement, conjonctivite.

Voies respiratoires : rhinite, laryngite, pharyngite, asthme voire choc anaphylactique.

Peau : urticaire, eczéma.

Sensibilisant

ATTENTION

Pas de symbole ni d'indication de danger spécifique : Xi ou Xn.

$T > C > Xn > Xi$



Xn - Nocif



Xi - Irritant

Exemples

Formaldéhyde, trioxyde de chrome, acrylamide, acrylonitrile, glutaraldéhyde, paraformaldehyde, éthylènediamine

Cancérogène – Mutagène – Toxique pour la reproduction (CMR)

ATTENTION

Pas de symbole ni d'indication de danger spécifique : T ou Xn



Xn - Nocif



T - Toxique

Tous les produits n'ont pas été évalués.

Différentes classifications internationales.

Classement européen CMR sur : <http://www.prc.cnrs-gif.fr> (rubrique *outils & documents*). **Attention** : la 30^{ème} ATP vient de paraître, la mise à jour du tableau est en cours de réalisation.



Mutagène

« Substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire **des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.** »

Un toxique mutagène provoque une modification permanente des caractères génétiques héréditaires par changement dans le nombre ou la qualité des gènes.

C'est la manifestation d'un effet d'une substance sur le patrimoine génétique héréditaire.

Exemples : acrylamide (mut. cat. 2), phénol (mut. cat. 3)

Les dangers toxiques

Mutagène



T - Toxique

R46

Peut causer des altérations génétiques héréditaires.



Xn - Nocif

R68

Possibilité d'effets irréversibles.

Définitions : Code du travail article R 4411-6

Mutagènes de catégorie 1

Substances et préparations que l'on **sait être mutagènes** pour l'homme.

Mutagènes de catégorie 2

Substances et préparations pour lesquelles il existe une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances et préparations peut produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.

Mutagènes de catégorie 3

Substances et préparations préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles, mais pour lesquelles les informations disponibles sont insuffisantes pour classer ces substances et préparations dans la catégorie 2.



Cancérogène

« Substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, **peuvent provoquer un cancer ou en augmenter la fréquence.** »

Les dangers toxiques

Cancérogène



T - Toxique

R45

Peut causer le cancer.

R49

Peut causer le cancer par inhalation.



Xn - Nocif

R40

Effet cancérogène suspecté. Preuves insuffisantes.

Définitions : Code du travail article R 4411-6

Cancérogènes de catégorie 1

Substances et préparations que l'on **sait être cancérogènes** pour l'homme.

Cancérogènes de catégorie 2

Substances et préparations pour lesquelles il existe une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances et préparations peut provoquer un cancer ou en augmenter la fréquence.

Cancérogènes de catégorie 3

Substances et préparations préoccupantes pour l'homme en raison **d'effets cancérogènes possibles**, mais pour lesquelles les informations disponibles sont insuffisantes pour classer ces substances et préparations dans la catégorie 2.

Cancérogène

Exemples

- **Cancérogènes de catégorie 1**

Benzène, benzidine, chlorure de vinyle.

- **Cancérogènes de catégorie 2**

Hydrazine, acrylamide, acrylonitrile, sulfate de diméthyle (DMS), dichromate de potassium.

- **Cancérogènes de catégorie 3**

Aniline, trichlorométhane, dichlorométhane, tétrachlorométhane, formaldéhyde (C1 IARC), nickel, hydroquinone.

Toxique pour la reproduction

« Substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent **produire ou augmenter la fréquence d'effets nocifs non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.** »

Ils sont classés selon qu'ils produisent :

- un effet sur la fertilité masculine ou féminine ;
- un effet sur le développement.

Toxique pour la reproduction



T - Toxique

R60 Peut altérer la fertilité.

R61 Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.



Xn - Nocif

R62 Risque possible d'altération de la fertilité.

R63 Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.

Définitions : Code du travail article R 4411-6

Reprotoxiques de catégorie 1

Substances et préparations que l'on **sait être toxiques pour la reproduction** de l'homme.

Reprotoxiques de catégorie 2

Substances et préparations pour lesquelles il existe une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances et préparations peut produire ou augmenter la fréquence d'effets nocifs non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

Reprotoxiques de catégorie 3

Substances et préparations préoccupantes en raison d'effets toxiques possibles pour la reproduction, mais pour lesquelles les informations disponibles sont insuffisantes pour classer ces substances et préparations dans la catégorie 2.

Toxique pour la reproduction

Exemples

- **Toxiques pour la reproduction de catégorie 1**

Nombreux dérivés du plomb (enfant), monoxyde de carbone (enfant).

- **Toxiques pour la reproduction de catégorie 2**

N, N-diméthylformamide (enfant).

- **Toxiques pour la reproduction de catégorie 3**

Hexane (fertilité), toluène (enfant), acrylamide (fertilité), disulfure de carbone (fertilité-enfant).

Consignes concernant les CMR

- éviter la manipulation chez la femme enceinte
- stocker les produits purs sous clé
- étiqueter les produits
- limiter les pesées et porter un masque à poussière pour les poudres ou travailler sous sorbonne éteinte
- porter une blouse, des lunettes et des gants appropriés
- transporter les flacons dans des récipients en acier inoxydable contenant de l'adsorbant
- responsabiliser le manipulateur vis-à-vis de sa vaisselle et de son espace de travail
- ne rien rejeter à l'évier
- indiquer au médecin de prévention les produits manipulés
- déclarer immédiatement tout incident ou accident

Décret n° 2001-97 du 1^{er} février 2001

établissant les règles particulières de prévention des risques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'État)

- Évaluation de l'exposition des travailleurs.
- Mesures préventives.
- Contrôle du respect des valeurs limites.
- Port d'équipement individuel de protection.
- Délimitation des zones à risque.
- Formation et information des travailleurs.
- Surveillance médicale renforcée.
- Protection des femmes enceintes.
- Dispositions spécifiques à certains agents chimiques.

Constat

- Les produits chimiques ont à la fois des propriétés toxiques et **physico-chimiques**.
- Grande quantité de produits stockés (laboratoires, soutes...) ; toutes les catégories de dangers sont représentées : explosible, comburant, (extrêmement/facilement) inflammable (danger physico-chimique), toxique, nocif, cancérogène... (danger toxique). Les flacons contenant les produits sont plus ou moins volumineux (flacon, bouteille, bidon....) et de diverses natures (métallique, plastique, verre).
- Grande diversité de montages, d'appareillage (sous vide, sous pression, électriques ou non...).



Constat

Si le stockage est inadapté, alors des incidents/accidents peuvent se conduire

- éclatements de flaconnage dus à l'altération rapide des produits,
- fuites dues au vieillissement précoce des emballages.

Ces évènements peuvent constituer un **risque** pour le manipulateur.

La défaillance des montages et des appareillages peut constituer une autre source de **risque** pour le manipulateur.

Constat

Il est donc aussi important de connaître les propriétés physiques et chimiques des produits présents dans le laboratoire.

L'information sur les **propriétés physico-chimiques** se trouve dans divers documents :

- étiquette (pictogrammes des dangers physico-chimiques, phrases R et S) ;



E - Explosif



F - Facilement inflammable



F+ - Extrêmement inflammable



O - Comburant



C - Corrosif

- fiche de données de sécurité (rubriques 7 *Manipulation et stockage*, 9 *Propriétés physiques et chimiques* et 10 *Stabilité et réactivité*) ;
- fiches toxicologiques de l'INRS : <http://www.inrs.fr> ;
- fiches pratiques de sécurité des produits chimiques au laboratoire, Dunod ;
- sites internet gouvernementaux.

L'analyse des données physico-chimiques disponibles permet de :

- connaître la stabilité des produits (lumière, oxygène, température...) ;
- éviter la formation de mélanges incompatibles pendant :
 - la mise en réaction des produits,
 - le stockage,
 - la mise en déchets.



Les conséquences pourraient être :

- des incendies,
- des explosions,
- des projections,
- des dégagements gazeux.



Les dangers physico-chimiques
(difficilement maîtrisables dans certains cas).

Les dangers physico-chimiques

L'incendie est une réaction chimique de combustion vive avec émission de lumière, de flamme et de chaleur. C'est une réaction exothermique.

L'explosion chimique « est une combustion de vapeurs ou de poussières inflammables, violente et très rapide, libérant en un temps très court une quantité d'énergie élevée.

La violence de l'explosion dépend de la concentration des vapeurs et surtout du degré de confinement. » *Le Risque chimique, INRS, ED 1504, 1997*

Les dangers physico-chimiques

Le **confinement** peut avoir lieu au cours d'une manipulation (formation de gaz) mais aussi au cours du stockage des produits chimiques ou de celui des déchets chimiques (décomposition de produits).

Une explosion dans un milieu confiné peut produire des surpressions de plusieurs dizaines de bars et des flammes de vitesses supérieures à 1000 m/s.

Effets néfastes sur les personnes (dus à la puissance de l'onde de pression et à la chaleur des flammes...).



Les dangers physico-chimiques

Pour **déclencher un incendie ou une explosion**, il faut réunir simultanément :

- un combustible,
- un comburant,
- une source d'excitation apportant l'énergie d'activation.

L'énergie d'activation est l'énergie nécessaire à l'initiation et à l'entretien de la combustion.

Elle peut être apportée par :

- une flamme ;
- une étincelle d'origine électrique, électrostatique, ou mécanique ;
- la chaleur (surface chaude, air chaud, braise, réaction chimique exothermique) ;
- un choc...

Les dangers physico-chimiques

L'électricité statique est une source d'inflammation dont l'énergie est produite par le frottement de certains matériaux et peut se libérer sous forme d'une étincelle.

Certains solvants (éther, tétrahydrofurane, hexane...) peuvent accumuler des charges électrostatiques.

Attention donc à leur inflammation pendant certaines opérations de laboratoire comme les transvasements (vitesse du liquide et frottements sur les parois favorisant le phénomène).

Mesures à prendre, lors des transferts :

- relier les récipients métalliques à la terre ;
- avoir un matériel électrique et un matériel d'éclairage du local appropriés au atmosphère explosive ;
- interdire l'emploi d'air comprimé ;
- ré-étiqueter les récipients de reconditionnement convenablement (étiquetage identique à celui du flacon d'origine).

Les dangers physico-chimiques

Le comburant est un oxydant.

Il s'agit principalement de l'oxygène (O_2).

Il existe aussi des solides comme $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$ et des liquides comme HNO_3 , H_2O_2 .

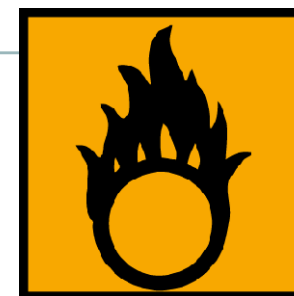
C'est donc un composé dans lequel les éléments électronégatifs sont faiblement liés.

Étiquetage

R7 Peut provoquer un incendie.

R8 Favorise l'inflammation des matières combustibles.

R9 Peut exploser en mélange avec des matières combustibles.



O - Comburant

Le combustible peut être une substance inflammable.

Les substances inflammables sous forme **solide** doivent être soumises à une énergie d'activation suffisante pour générer et entretenir la formation du gaz (l'état de division du matériaux favorisant la combustion).

Pour les substances inflammables sous forme **liquide**, ce sont leurs vapeurs qui sont les gaz combustibles. À chaque température et en fonction de la pression, il existe un équilibre entre le liquide et sa vapeur, nommé **tension de vapeur**.

Étiquetage des substances inflammables

Extrêmement inflammable (source INRS)

Liquides : $P_{\text{ecl}} < 0^{\circ} \text{ C}$; $E_b \leq 35^{\circ} \text{ C}$.

Gaz inflammables à l'air, à température et pression ambiante.



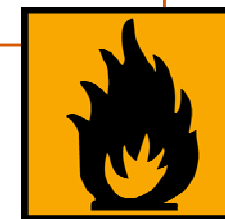
F+ - Extrêmement inflammable

R12 Extrêmement inflammable.

Exemple : éther.

P_{ecl} (point d'éclair) : température la plus basse pour laquelle une flamme, une étincelle ou un point chaud au contact des vapeurs émises par un liquide contenu dans un bécher provoque une inflammation (concentration de vapeurs émises suffisantes).

À noter : un composé est dangereux lorsque cette température est inférieure à la température ambiante.



F - Facilement inflammable

Étiquetage des substances inflammables

Facilement inflammable (source INRS)

Liquides $P_{\text{ecl}} < 21^{\circ} \text{C}$ (mais qui ne sont pas extrêmement inflammables).

Solides capables de s'enflammer avec une source d'inflammation (continue après l'élimination de cette source) ou substances réagissant avec l'eau ou l'air.

R11 Facilement inflammable.

R15 Au contact de l'eau dégage des gaz extrêmement inflammables.

R17 Spontanément inflammable à l'air.

Exemples : acétonitrile, méthanol, cyclohexane.

Étiquetage des substances inflammables

Inflammable (source INRS)

Liquides $21 \leq P_{\text{ecl}} \leq 55^{\circ} \text{ C}$.

R10 Inflammable.

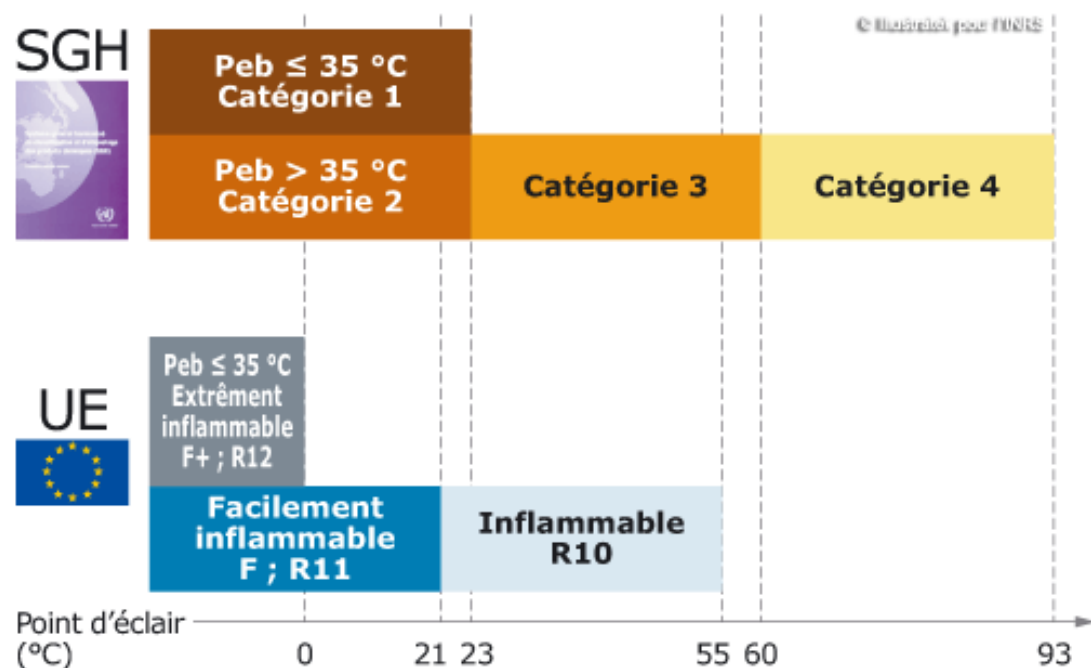
Exemple : acide acétique.

Phrases complémentaires **R14**, **R30**.

Les dangers physico-chimiques

Différences entre le futur règlement et le système actuel européen

Exemple des liquides inflammables :



Source :

SGH : vers un nouvel étiquetage des produits chimiques dangereux, INRS, mai 2008.

Les dangers physico-chimiques

Le **combustible** peut être un explosif (propriété *intrinsèque*).

C'est une substance chimique qui se décompose en dégageant une grande quantité de gaz.

*Exemples : trinitrotoluène (TNT)
acide picrique
peroxydes organiques*

D'une manière générale, l'instabilité est induite par la présence de groupes explosophores (NO nitroso, CN cyano, N₂ azo, NO₂ nitro...).

Étiquetage des explosifs

R2 Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.

R3 Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.



E - Explosif

Phrases complémentaires pour les explosifs et les substances explosives :

R1	Nitrate d'hydroxylamine • R1 « Explosif à l'état sec. »
R4	Acide picrique • R4 « Forme des composés métalliques explosifs très sensibles. »
R5	H ₂ O ₂ • R5 « Danger d'explosion sous l'action de la chaleur. »
R6	Acétylène • R6 « Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air. »
R14	Tétrachlorure de titane • R14 « Réagit violemment au contact de l'eau. »
R16	Phosphore rouge • R16 « Peut exploser en mélange avec des substances comburantes. »
R19	Éther, THF • R19 « Peut former des peroxydes explosifs. »
R44	Perchlorate d'ammonium • R44 « Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée. »

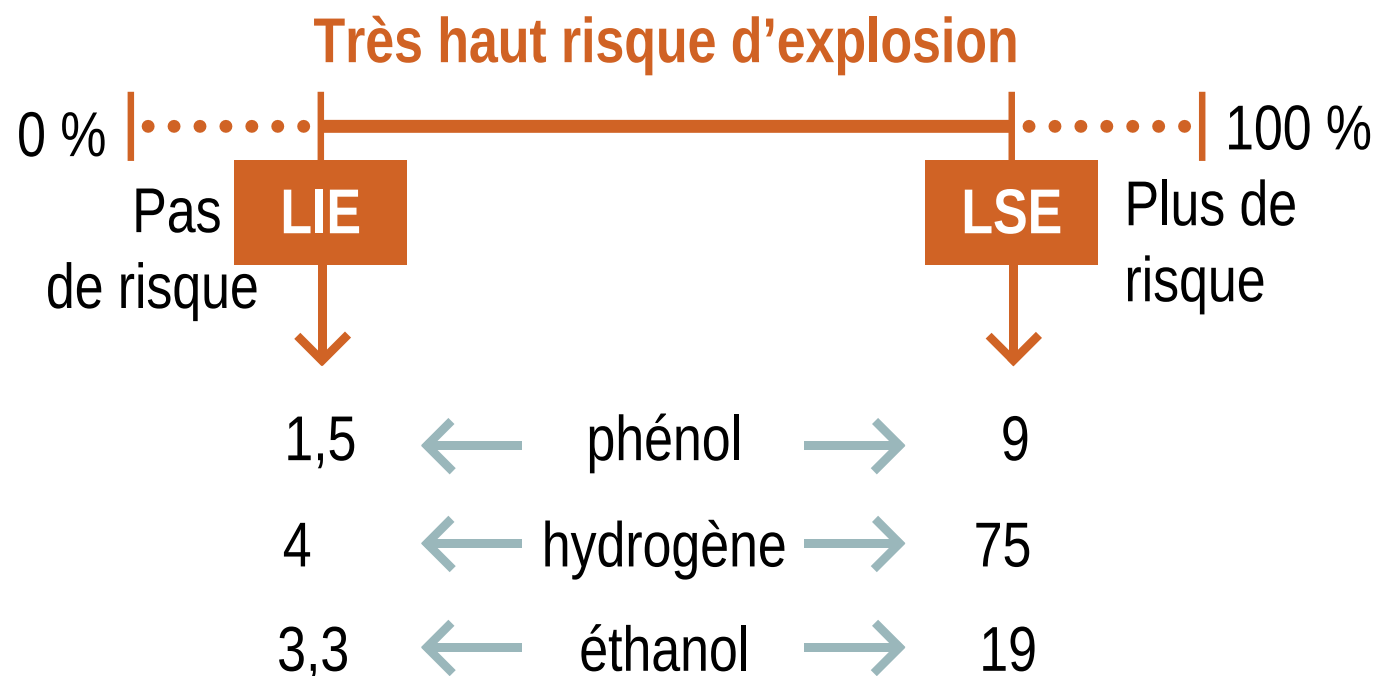
Les dangers physico-chimiques

Le **combustible** peut aussi être un mélange gazeux explosif accidentel (propriété *extrinsèque*) **par accumulation de gaz ou de vapeurs combustibles**.

Certains liquides ou solides (non étiquetés explosibles) émettent des vapeurs inflammables qui en présence d'air et **dans certaines proportions**, forment des mélanges susceptibles d'exploser en s'enflammant.

Exemples : éthanol (liquide), phénol (solide), hydrogène (gaz).

Les dangers physico-chimiques



LIE : limite inférieure d'explosivité • LSE : limite supérieure d'explosivité

LIE et LSE données en % de gaz dans l'air pour que l'explosion soit possible.

Les dangers physico-chimiques

LIE : concentration minimale d'un gaz (ou d'une vapeur) dans l'air à partir de laquelle existe le risque d'explosion.

LSE : concentration maximale d'un gaz (ou d'une vapeur) dans l'air à partir de laquelle le risque d'explosion n'existe plus momentanément.

Ces limites sont des grandeurs expérimentales.

À la concentration correspondante à la LIE, une étincelle ou une résistance chauffée au rouge peut déclencher l'explosion du mélange gazeux.



L'étiquetage ne mentionne pas ces limites !

Et pourtant la connaissance de ces limites joue un rôle primordial dans la prévention des explosions de mélanges gazeux.

Conseils :

- manipuler et stocker ces produits sous atmosphère inerte (N_2 , Ar...) ou dans des armoires ou un espace bien ventilé et loin des sources d'ignition ;
- limiter les quantités de produits stockés ;
- mettre en place des explosimètres bien entretenus pour les atmosphères à risque d'explosion.

Attention aux réfrigérateurs ! Des mélanges gazeux accidentels peuvent aussi s'y former.

Conseils :

Ne pas stocker des liquides volatils et inflammables dans des réfrigérateurs non sécurisés.

Si c'est le cas, ils doivent être équipés d'un thermostat extérieur, sans lampe d'éclairage à l'intérieur.



Le **combustible** peut encore être un mélange gazeux explosif accidentel (propriété extrinsèque) **par mise en suspension de poussières, de gouttelettes** (systèmes que l'on peut rapprocher des mélanges gazeux avec l'air).

La formation d'une atmosphère explosive est liée à :

- la formation de gaz combustible par auto-échauffement, fermentation ;
- l'association comburant/combustible : une suspension de particules solides ou de gouttelettes liquides dans l'air constitue un mélange explosif si la matière en suspension est inflammable et suffisamment petite.

Exemples au laboratoire : poudre pulvérulente, aérosol.

La source d'inflammation peut être une étincelle électrique ou mécanique, des échauffements mécaniques, de l'électricité statique, une auto-inflammation.

Les dangers physico-chimiques

La recherche d'information permet de connaître la réactivité des produits :
leurs incompatibilités.

- Des oxydants puissants tels HClO_4 ou HNO_3 peuvent conduire à la formation de produits explosifs par réaction d'oxydoréduction (avec une excitation appropriée) : produits à surveiller lors des manipulations, du stockage ou la mise en déchets.
- Certains monomères (acrylamide) peuvent spontanément se polymériser au stockage, parfois avec explosion (éclatement des flacons) en présence de traces d'acides, de bases ou de métaux.
- La présence d'impuretés peut décomposer rapidement certains produits (eau oxygénée : formation O_2).
- D'autres produits (éther, tétrahydrofurane) se peroxydent lors d'un contact prolongé à l' O_2 de l'air. Les peroxydes formés peuvent entraîner des risques d'explosion à la concentration ou à la distillation du produit.

Conseils

- pour les produits polymérisables :
stocker en petites quantités, éviter la proximité de produits susceptibles de libérer des traces d'acides ou de bases ;
- pour les produits peroxydables :
 - conserver ces produits à l'abri de la chaleur, de la lumière et de l'air ; se souvenir que chaque ouverture du flacon est une remise à l'air et entraîne donc la formation de peroxydes (conserver sous N_2) ;
 - dater les flacons lors de leur ouverture ;
 - ne pas stocker de grandes quantités ;
 - tester la présence des peroxydes avant tout chauffage (concentration, distillation...) : test au KI ou au $Fe(SCN)^+$, ou utilisation de bandelettes.

La connaissance des propriétés dangereuses des produits est importante pour la manipulation mais aussi pour le stockage.

Tenir compte des incompatibilités :

- acides/bases séparés, oxydant/réducteur aussi, etc. ;
exemple : acide acétique (corrosif et inflammable), incompatible avec les oxydants (par exemple HNO_3) ;
- produits réagissant avec l'eau dans des armoires spécifiques loin des points d'eau : ces produits peuvent émettre des gaz inflammables (H_2) ou toxiques (HCl , Cl_2 ...) ;
exemple : hydrures métalliques, $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$;
- produit/matériau du bidon (acétonitrile, tétrahydrofurane, acétone, chloroforme réagissent avec certaines matières plastiques) : choisir des récipients incassables et résistants aux produits.

Le stockage

Organiser le rangement des produits (1/2)

- Registre et inventaire annuel des produits du laboratoire ;
- étiquetage de tous les produits, étiquette tournée vers l'opérateur ;
- emplacement de stockage adapté : dégradation possible à la lumière, la chaleur, l'humidité ;
- bacs de rétention ;
- étagères en matériau résistant aux produits chimiques et au poids ;
- rappel des consignes de sécurité ;
- absorbants, équipements de protection individuelle ;
- présence d'extincteurs, de couvertures anti-feu ;
- ventilation adaptée ;
- système électrique conforme au zone à risque d'incendie...

Le stockage

Organiser le rangement des produits (2/2)

- stockage à proscrire
 - dans les lieux de passages (couloirs, escaliers...) ;
 - devant les issues de secours ;
 - dans les endroits difficiles d'accès ;
 - en hauteur ;
 - devant les extincteurs, les douches de sécurité ;
- stockage des produits T+ (très toxique) et CMR catégories 1 et 2 sous clé ;
- stockage des produits corrosifs dans des armoires prévues à cet effet ;
- zone de stockage des déchets avant enlèvement.

Les dangers physico-chimiques



Le stockage dans le laboratoire doit être un stockage à court terme, pour un besoin ponctuel !

Les paillasses et les sorbonnes ne doivent comporter que les produits pour la manipulation en cours !



Cas particulier : les précurseurs de drogues

Certaines substances chimiques peuvent être utilisées pour la fabrication de psychotropes ou de stupéfiants. Ces substances font l'objet d'une surveillance et sont soumises aux législations européenne et française.

Selon les décrets français n° 2004-150 et n° 2004-151 modifiant en dernier lieu les décrets n° 96-1060 et n° 96-1061, les substances sont classées en trois catégories avec pour la catégorie 2 des seuils à partir desquels les locaux doivent être déclarés.

Les dangers physico-chimiques

Liste des substances de catégorie 1

Substance	CAS
Phényl-1 Propanone-2 et ses sels	103-79-7
Acide N-acétylanthranilique et ses sels	89-52-1
Isosafrole (<i>cis</i> + <i>trans</i>) et ses sels	120-58-1
3,4-méthylènedioxyphénylpropane-2-one et ses sels	4676-39-5
Pipéronal et ses sels	120-57-0
Safrole et ses sels	94-59-7
Éphédrine et ses sels	299-42-3
Pseudo-éphédrine et ses sels	90-82-4
Noréphédrine et ses sels	14838-15-4
Ergométrine et ses sels	60-79-7
Ergotamine et ses sels	113-15-5
Acide lygergique et ses sels	82-58-6
Huile de sassafras	8006-80-2

Les dangers physico-chimiques

Liste des substances de catégorie 2

Substance	CAS	Seuil
Anhydride acétique	108-24-7	100 L
Acide phénylacétique et ses sels	103-82-2	1 kg
Acide anthranilique et ses sels	118-92-3	1 kg
Pipéridine et ses sels	110-89-4	0,5 kg
Permanganate de potassium	7722-64-7	100 kg

Liste des substances de catégorie 3

Substance	CAS
Acide chlorhydrique	7647-01-0
Acide sulfurique	7664-93-9
Toluène	108-88-3
Éther éthylique	60-29-7
Acétone	67-64-1
Méthyléthylcétone MEK	78-93-3

Les dangers physico-chimiques

Les **mesures de prévention** concernant le stockage des précurseurs de drogues sont :

- rangement sous clé des produits de catégorie 1 ;
- mise en place d'un registre, tenu à jour, indiquant les mouvements d'entrée et de sortie de ces substances, les quantités employées et le nom de l'utilisateur (registre supervisé par le directeur du laboratoire assisté d'un responsable de terrain) ;
- sensibilisation et information des personnels ;
- inventaire des produits anciens non déclarés.

La connaissance des propriétés dangereuses des produits est importante également pour la mise en déchets.

Les propriétés dangereuses des déchets chimiques sont parfois identiques à celles des produits de départ ou bien nouvelles ; transformation des produits au cours d'une réaction, transformation des produits au cours du temps (lumière, température, vieillissement). Ces déchets ont donc une réactivité chimique qu'il faut contrôler.

Pour prévenir ces dangers potentiels, il est donc indispensable d'évaluer les risques.

Tout manipulateur doit être informé et formé sur les produits chimiques et leurs déchets. **Et des signalisations doivent être mises en place pour éviter les accidents notamment liés aux incompatibilités.**

La mise en déchets

Cela nécessite donc de mettre en place une gestion efficace des déchets (collecte, entreposage, évacuation) pour maîtriser le risque chimique les concernant :

- recenser les produits chimiques entrants ;
- collecter les déchets (tri en fonction de leur nature pour éviter les incompatibilités, récapitulatif des quantités).

Pour que cette collecte soit faite correctement et en toute sécurité, il faut avoir à sa disposition :

- des conteneurs agréés pour le transport ;
- un chariot de manutention, muni d'une cuvette de rétention ;
- des équipements de protection individuelle ;
- du matériel de première intervention (absorbant).



La mise en déchets

- stocker la collecte dans un endroit ventilé dans des bacs de rétention et à proximité des extincteurs (lieux répertoriés) ;
- responsabiliser le personnel (information et formation) ;
- nommer un ou plusieurs responsables de la gestion ;
- organiser le ramassage et le traitement par une entreprise agréée qui délivre **un bordereau de suivi de déchets** (décret du 30 mai 2005, entrée en vigueur 1^{er} juin 2005, cerfa 12571*01). Cela implique la mise en place d'un contrat d'enlèvement.

Bonnes pratiques de laboratoire

- Éviter d'empiler les caisses de déchets ou les conteneurs.
- Utiliser des conteneurs adaptés aux produits et spécifiques au type de déchets à éliminer.
- Ne jamais dépasser le volume de garde des conteneurs.
- Stocker les déchets dans un endroit sûr et bien ventilé.
- Éviter de mélanger des acides concentrés différents (HNO_3 à part, pouvoir oxydant !).
- Préférer le conditionnement en petit volume pour diminuer les risques et pour une meilleure manutention.



http://www.sg.cnrs.fr/cnps/guides/doc/dechets/p02_chap01.pdf



Les dangers physico-chimiques

Veillez à ce que l'étiquetage de chaque bidon, chaque flacon ou chaque caisse contenant des déchets soit clair et lisible pour éviter les incompatibilités.



Message :

il est formellement interdit de jeter les déchets de produits chimiques dans les éviers ou les poubelles des laboratoires !

Utilisez des bidons en matériau compatible avec le produit à éliminer !

Les dangers physico-chimiques

D'après le législateur, les déchets sont soumis à un certain nombre de dispositions.

— Réglementation européenne

- Dir. 2006/12/CE du 5 avril 2006 remplaçant Dir. 75/442/CEE du 15 juillet 1975 relative aux déchets ;
- Dir. 94/31/CE du 27 juin 1994 modifiant Dir. 91/689/CEE du 12 décembre 1991 relative aux déchets dangereux.

— Réglementation française

- Loi 75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux ;
- Code de l'environnement (Livre I^{er}, Art. L110-1.-II et Livre V (Prévention des pollutions, des risques et des nuisances), Art. L541-1 à L541-50) ;
- Décret n° 2007-1467 du 12 octobre 2007 relatif au livre V de la partie réglementaire du code de l'environnement et modifiant certaines autres dispositions.

Les dangers physico-chimiques

Le transport des déchets et des produits chimiques est soumis à la réglementation relative au transport des matières dangereuses par route : directive-cadre n° 94/55 du 21 novembre 1994, dite « directive ADR ».

Cette directive a été transposée en droit français sous forme d'arrêté (arrêté du 1^{er} juin 2001, dernière modification JORF n° 0037 du 13 février 2008, p. 2610).

Pour plus d'information :

http://www.sg.cnrs.fr/cnps/guides/doc/dechets/p01_chap03.pdf

<http://aida.ineris.fr/textes/arretes/text3193a2.htm>



Les dangers physico-chimiques

En plus des produits chimiques, une attention particulière est à apporter aux **appareillages**, notamment :

- aux montages dans lesquels la mise en réaction des produits conduit à un **dégagement de gaz** : leurs mises en oeuvre doivent prendre en compte ce paramètre ;
- au appareillage sous pression ou sous vide :
 - les bouteilles de gaz (éviter les fuites, les chocs et les forts débits, veiller à leur stabilité par des chaînes),
 - les distillations, les dessiccateurs, les évaporations (pompe à palettes, trompe à eau), les chromatographies « flash » (ne jamais utiliser du matériel en verre défectueux, mettre des filets protecteurs si possible) : risque de **projection de produit et de verre**.

Cas des fluides cryogéniques

Les liquides cryogéniques sont des gaz liquéfiés, conservés à l'état liquide à basse température. Le terme *cryogénique* signifie « produisant du froid » ou « en rapport avec les basses températures ».

Exemple : N_2

Risques associés :

- fort taux d'expansion liquide/gaz (de 7 à 800) : augmentation de la pression dans le montage (attention au système clos) ;
- choc thermique : travailler avec une verrerie en bon état ;
- enrichissement local en O_2 .



Les autres risques des fluides cryogéniques sont :

- **les brûlures** (yeux, peau) dues aux très basses températures (N_2 Eb = -195° C, O_2 Eb = -183° C) (mais aussi fragilisation des aciers, durcissement des plastiques) ;
- **l'asphyxie** liée au fait que les liquides cryogéniques produisent des gaz plus denses que l'air qui le déplacent et peuvent ainsi appauvrir l'espace en oxygène ;
- **l'intoxication** due à la nature du gaz libéré.

Les dangers physico-chimiques

Aucun produit chimique n'est entièrement sans danger, mais la connaissance de leurs propriétés physico-chimiques et toxiques devrait permettre de mettre en place les moyens de protection adaptés pour minimiser l'exposition.



Équipement de protections collectives (EPC)

Équipement de protections individuelles (EPI)

Utilisation d'équipements de protection adaptés

Équipements de protection collective

Tout produit chimique doit être manipulé, stocké dans un local où existe une ventilation naturelle (grilles, fenêtres...) et éventuellement une ventilation mécanique (assurance d'un renouvellement d'air).

Cette ventilation est généralement complétée par une ventilation locale :

- enceinte ventilée (sorbonne, postes ventilés de chimie ou ETRAF, boîtes à gants) ;
- systèmes inducteurs (buses mobiles, tables aspirantes, hottes de laboratoires).



Équipements de protection collective

La sorbonne est une enceinte ventilée en dépression qui :

- protège les opérateurs des polluants tels que gaz, particules ou vapeurs ;
- protège l'environnement de travail et l'environnement extérieur grâce à un épurateur (installé dans le cas de rejet réglementé de certains polluants) ;
- n'est pas adaptée aux opérations nécessitant la protection des produits manipulés vis-à-vis des polluants présents dans l'atmosphère du laboratoire.



Équipements de protection collective

Selon la réglementation, **les sorbonnes** doivent être contrôlées au moins une fois par an : contrôle du débit global d'air extrait, des pressions statiques et des vitesses de l'air ainsi que des éléments de l'installation de ventilation (système de captage, dépoussiéreur, épurateur, gaines).

Le tout peut être complété par des tests au moyen d'un fumigène (détection de défaut dans l'écoulement de l'air, contrôle semestriel) et des mesures de confinements (envoi d'un gaz traceur pour mesurer l'efficacité de la sorbonne).



Équipements de protection collective

Conseil

Éviter le raccordement d'extraction de plusieurs sorbonnes car :

- risque de refoulement des polluants vers les sorbonnes à l'arrêt lorsqu'elles ne sont pas équipées de clapet anti-retour ;
- risque de mélanges incompatibles de polluants (explosion) ;
- difficulté d'évaluer la nature et le débit des polluants à l'instant t au moment de l'installation.



Équipements de protection collective

Les postes ventilés de chimie ou ETRAF :

- sont facilement déplaçables car pas de conduit d'évacuation vers l'extérieur (à l'inverse des sorbonnes) ;
- aspirent l'air dans le laboratoire et l'y rejettent après épuration (équipés de filtres moléculaires) ;
- protègent le manipulateur et l'environnement de travail (surveillance de l'état du filtre pour éviter sa saturation) ;
- limitent le nombre de produits compatibles pouvant être manipulés (choix du filtre absorbant au charbon actif en fonction du produit manipulé).

Équipements de protection individuelle

Avant d'entrer dans le laboratoire ou la salle de stockage, il est obligatoire de porter :

- des lunettes de sécurité ;
- une blouse en coton, fermée, manches longues.

Puis, en fonction des risques, de la tâche à accomplir, ajouter :

- des gants ;
- un masque respiratoire.

Selon la réglementation (Directive 89/656/CEE), « les équipements de protection individuelle doivent être utilisés lorsque les risques ne peuvent pas être évités ou suffisamment limités par des moyens techniques de protection collective ou par des mesures, méthodes ou procédés d'organisation du travail. »



© CNRS Photothèque - CHEZIERE Alexis
UMR5623 - interactions moléculaires
et réactivité chimique et photochimique
(IMRCP) - Toulouse

Équipements de protection individuelle

Les limites des **gants de protection chimique** sont :

- pas de matériau universel ;
- analyse au cas par cas, selon les produits et les conditions de travail ;
- écart possible entre les essais en laboratoire et les conditions réelles d'utilisation ;
- l'épaisseur : gant jetable (peu résistant chimiquement et mécaniquement) et gant réutilisable (réelle protection chimique). Les gants jetables doivent être utilisés dans des manipulations au cours desquelles (sauf accident) la main n'est pas en contact direct avec le produit. Ils doivent être changés impérativement après tout contact avec un produit chimique.



Équipements de protection individuelle

Les différents matériaux des gants :

Caoutchouc naturel	Latex
Caoutchouc synthétique	Néoprène (polychloroprène) Nitrile Butyle
Matière plastique	Polychlorure vinyle (pvc) Alcool polyvinylique (pva...)

Aucun matériau ne résiste de façon permanente à un produit.

Aucun matériau ne résiste à toutes les substances.



Équipements de protection individuelle

Bonnes pratiques de laboratoire concernant les gants :

- choisir ses gants en fonction des produits utilisés ;
- mettre **deux paires de gants différentes**, s'il n'y a pas de gant adapté ;
- changer les gants régulièrement et en cas de souillure ;
- se laver les mains avec un savon non agressif après le retrait des gants.

Équipements de protection individuelle

Deux grandes familles **d'appareils respiratoires** existent :

- **les appareils filtrants** : l'air vicié est rendu respirable par son passage à travers un filtre.
Ils ne doivent jamais être utilisés dans une atmosphère pauvre en O₂.
- **les appareils isolants** : l'air respiré provient d'une source extérieure. L'utilisateur est isolé de l'atmosphère contaminée.





Équipements de protection individuelle

Les **appareils filtrants** peuvent être :

- munis de filtres anti-poussières (aérosols solides et/ou liquides) ;
3 classes de filtres :
 - **classe 1** (P1 ou FFP1 pour les masques jetables) : utilisés contre des aérosols solides et/ou liquides sans toxicité spécifique (faible capacité),
 - **classe 2** (P2 ou FFP2) : utilisés contre des aérosols solides et/ou liquides dangereux ou irritants (capacité moyenne),
 - **classe 3** (P3 ou FFP3) : utilisés contre des aérosols solides et/ou liquides toxiques (grande capacité) ;
- munis de filtre anti-gaz : les filtres sont en charbon actif, choisi en fonction de la nature des polluants (code couleur sur les filtres).

Utilisation d'équipements de protection adaptés

Le marquage des filtres

Couleur	Type de filtre	Principaux domaines d'utilisation
	AX	Gaz et vapeur de composés organiques. Point d'ébullition < 65 ° C
	A	Gaz et vapeur de composés organiques. Point d'ébullition > 65 ° C
	B	Gaz et vapeur inorganiques, p. ex. chlore, hydrogène sulfuré, acide cyanhydrique
	E	Dioxyde de soufre, acide chlorhydrique
	K	Ammoniac
	CO	Monoxyde de carbone
	Hg	Vapeurs de mercure
	NO	Vapeurs nitreuses et bioxyde d'azote
	Reaktor	Iode radioactif y compris l'iodure de méthane radioactif
	P	Particules



Équipements de protection individuelle

Les **appareils isolants**

Utilisés dans les atmosphères pauvres en O₂.

2 types d'appareils isolants :

- **non autonome** : le tuyau d'alimentation en air est relié à une zone où l'air est respirable ou relié à une source d'air comprimé ;
- **autonome** : l'appareil porte la source d'air.

Conduite à tenir en cas de dispersion

Toujours intervenir avec les protections individuelles adéquates.

Composés solides

- Éviter les courants d'air.
- Ramasser le produit avec une petite pelle ou spatule en essayant de ne pas générer de poussières.
- Le recueillir dans un récipient approprié et convenablement étiqueté.

Composés liquides

- Supprimer toute source d'ignition.
- Aérer le local.
- Adsorber sur une substance inerte (papier spécial, vermiculite, sable sec).
- Recueillir dans un récipient approprié et convenablement étiqueté.

Conduite à tenir en cas de dispersion



Toujours intervenir avec les protections individuelles adéquates.

Composés gazeux

- S'équiper d'un appareil respiratoire isolant (personnel formé).
- Fermer la vanne d'alimentation en gaz.
- Évacuer la zone polluée.
- Éliminer toute source d'ignition.
- Aérer le local.

Conduite à tenir en cas de contamination

Contact avec la peau ou les vêtements

- Laver abondamment à l'eau courante ou sous la douche de sécurité pendant 15 minutes en retirant précautionneusement le plus tôt possible les vêtements souillés (attention aux vêtements à passer par le cou, risque de contamination des yeux).
- Les vêtements contaminés doivent être nettoyés à part.
- Ne pas utiliser de solvants pour nettoyer la peau (effet irritant ou dégraissant favorisant la pénétration cutanée).
- Acide fluorhydrique : gel de gluconate de calcium après lavage.

Contact avec les yeux

- Rincer immédiatement à l'eau courante pendant 15 minutes en écartant les paupières.
- Consulter un ophtalmologiste dans tous les cas.

En cas d'inhalation

- Si possible, fermer la bouteille et ouvrir les fenêtres.
- Se soustraire à l'atmosphère toxique ou soustraire la victime en s'équipant si nécessaire d'une protection individuelle notamment respiratoire.

En cas d'ingestion

- Ne pas faire vomir. Appeler le 15 pour transfert immédiat de la victime en milieu hospitalier.

Conclusion

La sécurité passe par :

- la connaissance des propriétés dangereuses des produits manipulés, pour la mise en réaction des produits, pour réaliser le montage, pour stocker les produits et pour gérer les déchets,
- l'analyse des situations de travail pour évaluer l'exposition potentielle,
- la connaissance des (bonnes) pratiques du laboratoire et leur respect,
- l'utilisation adéquate des moyens de protection collective et individuelle,
- la connaissance des conduites à tenir en cas d'incident ou d'accident.

Conclusions

Selon l'Art. L4121-2 du code du travail, les principes généraux de prévention sont les suivants :

1. Éviter les risques ;
2. Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
3. Combattre les risques à la source ;
4. Adapter le travail à l'homme (conception des postes de travail, choix des équipements de travail et méthodes de travail et de production) ;
5. Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
6. Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
7. Planifier la prévention en y intégrant technique, organisation du travail, conditions de travail, relations sociales et influence des facteurs ambiants ;
8. Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
9. Donner les instructions appropriées aux travailleurs.