

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة 1955 Skikda 20 Aout 1955-Université



Faculté de Technologie  
Département de Technologie

---

POLYCOPIÉ DE Cours :

# Typologie des risques

---

Réalisé par : M<sup>me</sup> BOULECHFAR Chérifa

4<sup>ème</sup> Semestre  
Domaine : Science et Technologie  
Filière : Hygiène et sécurité industrielle

السداسي الرابع  
ميدان علوم التكنولوجيا  
الفرع نضافة و أمن صناعي

UE Fondamentale  
Code : UEF 2.2.1  
Crédits : 6  
Coefficients : 3

Année universitaire : 2023 / 2024

## **Préface**

Ce fascicule est destiné aux étudiants du domaine science et technologie (ST) de 2<sup>ème</sup> année L.M.D, Hygiène et sécurité industrielle (HSI) de l'université 20 Aout 1955-Skikda. Il couvre le programme du Typologie des risques (4<sup>ème</sup> Semestre).

# *Sommaire*

## *Sommaire*

<i>Introduction générale</i>	<b>01</b>
<i>Chapitre 1: Introduction et Généralité sur les risques industriels</i>	
I. Aperçue sur les risques	02
I.1. Notions générales	02
I.1.1. Risque	02
I.1.2. Danger	02
I.1.2. Dommage	02
I.1.3. Sécurité	02
I.1.4. Incident	02
I.1.5. Accident	02
I.2. Risque industriel	03
I.2.1. Définition du risque industriel	03
I.2.2. Différents types du risque industriel	03
I.2.3. Effets des risques industriels	03
II. Détermination du niveau de risque	04
II.1. Niveau de gravité	04
II.2. Niveau de probabilité	04
III. Diagramme de Farmer	04
IV. Matrice d'évaluation des risques	04
IV.1. Degré d'impact de chaque risque	05
IV.2. Avantages de l'utilisation de la matrice des risques	06
V. Gestion du risque	07

VI. Analyse du risque	08
VI.1. Méthodes axées sur le rôle des machines	08
VI.1.1. Méthode « What if »	08
VI.1.2. Méthode HAZOP	08
VI.1.3. Méthode FMEA	09
VI.1.4. Méthode Ishikawa	09
VI.1.6. Norme EN 1050	10
VI.1.7. Norme EN 954-1	10
VI.2. Méthodes axées sur le rôle des travailleurs	10
VI.2.1. Méthode de l'analyse des tâches	10
VI.2.2. Méthode Human reliability analysis (Analyse de la fiabilité humaine)	10
VI.3. Critères de notification d'un accident déterminés par SEVESO II	11
VI.3.1. Atteintes aux personnes et aux biens	11
VI.3.2. Atteintes immédiates à l'environnement	11
VI.3.3. Dommages matériels	11
<b><i>Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques</i></b>	
I. Risques de l'électricité (courant électrique)	12
I.1. L'arc électrique	12
I.2. Dangers liés à l'électricité	13
I.3. Facteurs influençant la gravité d'une électrisation	13
I.4. Loi d'ohm	14
I.5.1. Résistance électrique du corps humain	15
I.5.2. Classement des installations en fonction des tensions	15
I.5.3. Intensité du courant électrique	16
I.6.1. Comment éviter le contact électrique	18
I.6.2. Equipement de protection individuelle	18
II. Risques de la pression	19

II.1. Risques liés aux équipements sous pression (ESP)	19
II.2. Prévention contre les risques liés à la pression	21
II.2.1. Informations et formation	21
II.2.2. Consignes de sécurité	21
II.2.3. Achat d'un équipement	21
II.2.4. Implantation	22
II.2.5. Utilisation	22
III. Risques d'incendie	23
III.1. Trois conditions à réunir simultanément pour qu'une combustion «Triangle du feu»	23
III.2. Produits combustibles	24
III.3. Mesures de prévention du risque d'incendie	24
III.3.1. Actions sur les combustibles	24
III.3.2. Actions sur les comburants	25
III.3.3. Actions sur les sources d'inflammation	25
III.3.4. Mise en place de procédures adaptées	25
IV. Risque d'explosion	25
IV.1. Conditions d'apparition d'une explosion ou l'hexagone d'une explosion	26
IV.2. Domaine d'explosivité	26
IV.3. Mesures de prévention/protection du risque d'explosion	27
IV.3.1. Agir sur les combustibles	27
IV.3.2. Agir sur le comburant	27
IV.3.3. Éviter les sources d'inflammation	27
IV.3.4. Agir sur les procédés	28
IV.3.5. Réaliser des contrôles	28
IV.3.6. Agir sur les appareils	28
V Risques liés aux manutentions manuelles et mécaniques	28
V.1. Manutention manuelle	28
V.2. Manutention mécanique	29
V.3. Facteurs aggravants le risque aux manutentions mécaniques	29
VI. Risques générés par les vibrations	29
VI.1. Définition d'une vibration	29

V.2. Modes d'exposition aux vibrations	31
VI.3. Valeurs limites d'exposition aux vibrations	31
VI.4. Moyens de prévention	33
VI.4. 1. Moyens humains	33
VI.4.2. Moyens organisationnels	36
VII. Risques acoustiques	37
VII.2. Sources de bruits dans les installations industrielles	38
VII.3. Effets du bruit sur l'appareil auditif	39
VII.4. Influence du temps d'exposition - Dose de bruit	39
VII.5. Effets induits sur l'organisme	40
<i>Chapitre 3: Risques liés aux agresseurs chimiques</i>	
I. Définition – Généralités	41
I.1. Agent chimique	41
I. 2. Agent chimique dangereux	41
I. 3. Classification des produits	41
I.4.1 Mentions de danger	44
I.4.2 Conseils de prudence	44
I. 5. Fiche de données de sécurité	
II. Stockage des produits chimiques	45
II.1. Incompatibilité des produits	45
II.2. Lieu de stockage	47
III. Risques chimiques	47
III.1. Voies de pénétration des produits chimiques dans l'organisme	47
III.2. Dispersion des agents chimiques dans l'organisme	48
III.3. Effets des produits chimiques sur la santé	48
III.4. Conséquences du risque chimique	49
III.4.1. Accident de travail	49
III.4.2. Maladie professionnelle	50
III.5. Connaître les risques	51

IV. Prévention contre les risques chimiques	52
---	----

#### ***Chapitre 4: Risques liés aux agresseurs biologiques***

I. Définition – Généralités	53
I.1. Agents biologiques	53
I.2. Catégories d'agents biologiques	53
I.3. Effets sur la santé	56
I.4. Activités exposants aux agents biologiques	58
II. La chaîne de transmission ou chaîne épidémiologique	58
II.1. L'agent infectieux	59
II.2. Le réservoir	59
II.3. Les portes de sortie	60
II.4. La transmission	60
II.5. Les portes d'entrée	60
II.6. L'hôte potentiel	61
III. Prévention	61

#### ***Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux***

I. Rayonnements	63
I.1. Définition - Généralités	
I.1.1. Atome – Cœur de la matière	63
I.1.2. Isotopes	63
I.1.3. Radio-isotopes	64
I.1.4. Grandeurs et unités	65
I.1.4.1. Énergie	65
I.1.4.2. Période radioactive	65
I.1.4.3. Activité	66
I.1.4.4. Dose absorbée	67
I.1.4.5. Dose équivalente et dose efficace	67
I.2. Différents modes d'exposition aux rayonnements	68
I.2.1. Exposition externe	68
I.2.2. Exposition interne	68
I.3. Types des rayonnements	69
I.3. 1. Rayonnement non ionisant	69
I.3. 2. Rayonnement ionisant	69
I.4. Sources de rayonnement ionisant	72
I.4.1. Sources naturelles de rayonnement ionisant	72
I.4.1. 1. Exposition aux rayonnements cosmiques	73
I.4.1. 2. Exposition aux rayonnements terrestres	73

I.4.1. 3. Exposition par inhalation	73
I.4.1. 4. Exposition par ingestion	73
I.4.2. Sources artificielles de rayonnement ionisant	74
I.4.2.1. Sources médicales	74
I.4.2.2. Sources industrielles	74
I.4.2.3. Cycle du combustible nucléaire	74
I.4.2.4. Essais nucléaires atmosphériques	75
I.5. Secteurs d'activité utilisant des rayonnements ionisants	75
I.6. Effets sur une exposition	76
I.6.1. Effets biologiques	76
I.6.2. Effets sur la santé	76
II. Pollutions environnementales et écotoxicologie	77
II.1. Définition de la pollution et de l'écotoxicologie	77
II.2. Sources de pollution	77
II.2.1. Origine naturelle	77
II.2.2. Origine urbaine	77
II.2.3. Origine agricole	77
II.2.4. Origine industrielle	77
II.3. Types de pollution	78
II.3. 1. Pollution de l'air	78
II.3.2. Pollution de l'eau	78
II.3.3. Pollution du sol et de végétation	78
II.3.4. Pollution radioactive	78
<b>Références</b>	<b>79</b>

# *Introduction générale*

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
***Introduction générale***

---

***Introduction générale***

Le risque est généralement anodin, mais tout de même suffisamment nuisible pour être indésirable. En ce sens, il se distingue notamment du danger, qui suppose la possibilité d'un dommage grave (notamment la mort). On dira par exemple de quelqu'un qui sort tête nue par temps froid qu'il court le risque d'attraper un rhume, tandis qu'on dira qu'il se met en danger s'il traverse une rue sans regarder. Un risque est une contingence peu probable, ce qui constitue une autre différence par rapport au danger. On parle en effet de danger lorsque la probabilité d'occurrence et les conséquences sont importantes, tandis que le risque existe dès lors que sa probabilité d'occurrence n'est pas nulle.

Dans le monde du travail de nos sociétés modernes la mise en œuvre d'une politique « hygiène, sécurité et environnement (HSE) » est devenue indispensable tant les enjeux sont multiples. L'intérêt HSE s'est fortement accru au sein des entreprises. Il y a d'abord l'application plus stricte de la réglementation (code du travail). La préservation de l'intégrité physique des salariés, de leur sécurité et de la protection de l'environnement relève de la responsabilité du chef d'entreprise. Les entreprises reconnaissent l'importance d'une politique HSE car son efficacité permet de réduire les risques d'accidents, les nuisances de l'environnement (la population, l'eau, le sol, la faune et la flore).

Le risque industriel est défini comme un événement accidentel se produisant sur un site Industriel mettant en jeu des produits et/ou des procédés dangereux et entraînant des Conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, les biens et L'environnement.

La sécurité signifie l'absence des accidents ou du risque inacceptable. L'accident est une manifestation du risque qui est susceptible d'engendrer des dommages sur des personnes, des installations et/ou de l'environnement. C'est de cela que nous nous intéressons dans ce manuel pour développer une politique HSE au sein des activités professionnelles. Cette politique HSE a pour objectif de mettre en œuvre des mesures de prévention et de protection de la santé des salariés et des populations, de la préservation des installations et de l'environnement.

**Chapitre 1:** *Introduction et  
Généralité sur les risques  
industriels*

## **I. Aperçue sur les risques**

### **I.1. Notions générales**

#### **I.1.1. Risque**

Le risque est une notion dont la définition est la plus variable, parce qu'elle dépend du domaine concerné. La définition de la norme ISO 12100 : « combinaison de la probabilité d'un dommage et de la gravité de ce dommage ».

La directive européenne elle le définit comme « la probabilité que le potentiel de nuisance soit atteint dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition ».

<b>RISQUE = DANGER X EXPOSITION</b>
-------------------------------------

#### **I.1.2. Danger**

En général, est une propriété d'un matériel, d'une matière, d'un phénomène ou d'un milieu qui décrit le type de dommage qu'il peut causer. C'est une constante qui ne varie pas avec les conditions d'utilisation.

#### **I.1.2. Dommage**

Dommage sur une personne une atteinte à sa santé, en pratique soit une lésion issue d'un accident, soit une maladie.

#### **I.1.3. Sécurité**

Absence de circonstances susceptibles d'occasionner soit accidentes ou mort de personnel soit dégradation ou perte d'équipements ou bien.

#### **I.1.4. Incident**

L'incident est un événement non désiré, il est défini comme une perte de contrôle ou une atteinte à l'environnement.

#### **I.1.5. Accident**

Définie comme une perte de contrôle qui provoque une blessure, un dommage matériel ou une atteinte à l'environnement.

## **I.2. Risque industriel**

### **I.2.1. Définition du risque industriel**

Le risque industriel majeur correspond au risque accidentel pouvant survenir sur les sites industriels et pouvant entraîner des conséquences graves pour les personnes, les biens et l'environnement.

### **I.2.2. Différents types du risque industriel**

On distingue différents types de risque industriel :

- L'incendie (effet de chaleur) ;
- L'explosion (projectiles et effet de souffle) ;
- La pollution de l'air (nuage toxique) : c'est le risque le plus grave pour les populations éloignées du site ;
- La pollution du sol ou de l'eau.

### **I.2.3. Effets des risques industriels**

Selon leur mode d'action sur l'homme et les produits en cause, les risques industriels peuvent avoir trois principaux types d'effets :

- **Effet toxique** : Par inhalation d'un gaz toxique (chlore, ammoniac, phosgène) suite à une rupture d'un réservoir ou d'une canalisation, émis lors d'un incendie ou lors d'une réaction chimique ;
- **Effet thermique** : Par brûlures provenant du flux thermique émis par un incendie ou une explosion. C'est le cas en particulier lors de l'explosion d'une sphère de stockage de gaz, également appelé BLEVE ;
- **Surpression** : Suite à une explosion de gaz combustible ou d'explosif, la déflagration provoque une onde de surpression qui peut détruire des vitres, endommager des bâtiments, faire éclater les tympanes ou les poumons.

Ces phénomènes peuvent également avoir des effets indirects tels que la formation de brouillards (toxiques ou non) ou la pollution accidentelle des eaux de surface ou des eaux souterraines (liquides toxiques, eaux d'extinction d'un incendie).

## **II. Détermination du niveau de risque**

Le niveau de risque est défini de longue date par une grandeur à deux dimensions associée à une phase précise de l'activité de l'installation étudiée et caractérisant un événement indésirable par :

**II.1. Niveau de gravité** : évaluation des dommages potentiels aux personnes (léthalité, blessures irréversibles) et des dégâts aux équipements (biens internes et externes à l'entreprise).

**II.2. Niveau de probabilité** : estimation de sa probabilité d'occurrence

Donc le risque Résultant d'une exposition à un danger. Le risque est la composante de deux paramètres : la « gravité » et la « probabilité ». Plus la gravité et la probabilité d'un événement sont élevées, plus le risque est élevé.

### III. Diagramme de Farmer

Les événements non souhaités sont souvent représentés dans le graphe de **Farmer** (qui comporte deux dimensions : probabilité et gravité).

Le concept d'acceptabilité conduit à distinguer deux régions dans ce graphe. Pour l'une, les événements redoutés sont acceptés, ce qui signifie que le risque associé est connu mais toléré. Pour l'autre, la présence de tout événement redouté est à proscrire.



**Diagramme de Farmer (gravité – probabilité).**

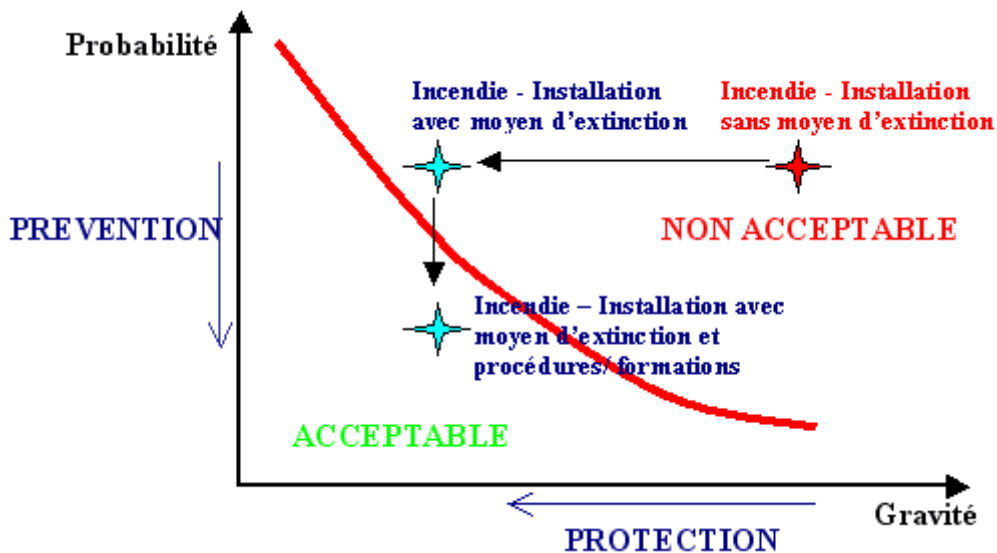
Il est impératif d'obtenir des niveaux de risques résiduels les plus faibles possibles en termes de probabilité ou de gravité.

Il est illusoire de supprimer les sources de danger. Seuls les niveaux de probabilité et de gravité peuvent être modifiés.

**Exemple** : pour diminuer les risques d'incendie dans un entrepôt stockant des biens matériels, des mesures de protection peuvent être prises en installant un système d'extinction automatique.

Les mesures de prévention peuvent aussi être la limitation du nombre de points chauds sources d'inflammation mais également la formation du personnel pour éviter tout départ de feu accidentel.

En mettant en place ces mesures, le risque associé à cet événement non souhaité passera de l'inacceptable vers l'acceptable.



**Diagramme de Farmer:** un exemple de l'effet de la mise en place des barrières de prévention- protection

#### IV. Matrice d'évaluation des risques

Une **matrice des risques** est le sous-produit d'une évaluation des risques et d'une gestion de projet approfondie. Il s'agit d'un diagramme simple qui détaille la gravité des risques auxquels un projet est confronté, qu'il s'agisse d'un facteur interne ou externe. Pour les chefs de projet, c'est l'un de ces outils qu'ils ne peuvent pas ignorer car c'est l'un des plus faciles à comprendre.

En général, catégorise les risques dans une séquence codée par couleur qui détermine son niveau de gravité.

# 5x5 Matrice des risques

Niveau de risque

Probabilité	1	2	3	4	5
1	Faible 1	Faible 2	Faible 3	Moyen 4	Moyen 5
2	Faible 2	Moyen 4	Moyen 6	Élevé 8	Élevé 10
3	Faible 3	Moyen 6	Élevé 9	Élevé 12	Très élevé 15
4	Moyen 4	Élevé 8	Élevé 12	Très élevé 16	Très élevé 20
5	Moyen 5	Élevé 10	Très élevé 15	Très élevé 20	Très élevé 25

Matrice des risques 5x5

## IV.1. Degré d'impact de chaque risque

La deuxième partie de votre équation d'analyse des risques consiste à calculer le degré d'impact du risque. La formule est la suivante :

$$\text{Degré d'impact du risque} = \text{Probabilité} \times \text{gravité}$$

Représentez chaque risque dans votre matrice en fonction de sa probabilité et de sa gravité, puis multipliez les chiffres correspondant à sa ligne et à sa colonne pour déterminer son degré d'impact.

**Par exemple**, si vous pensez que le risque associé à une faille de sécurité est d'une gravité majeure (4) et d'une probabilité probable (4), vous multipliez 4 par 4 pour obtenir un impact de risque égal à 16. Il s'agira donc d'un risque élevé.

**IV.2. Avantages de l'utilisation de la matrice des risques**

1. Présentez clairement des données compliquées d'une manière que les personnes ayant peu de connaissances peuvent comprendre.
2. Ajustez-vous à diverses situations en modifiant le diagramme en fonction de la situation.  
Présente les risques selon leur gravité afin que des mesures appropriées puissent être appliquées.
3. Favorise la transparence dans une organisation

**Exemple :** Classer ces risques dans la matrice des risque 5×5;

<b>Risque</b>	<b>Degré d'impact</b>
Membre d'équipe malade	5
Arrivée d'un concurrent féroce	20
Perte d'effectifs majeur	8
Inondation ou incendie majeur	10
Coupure internet de longue durée	5

	<b>1</b> Négligeable	<b>2</b> Mineure	<b>3</b> Modérée	<b>4</b> Majeure	<b>5</b> Catastrophique
<b>1</b> Très peu probable	1	2	3	4	5
<b>2</b> Peu probable	2	4	6	8	10
<b>3</b> Possible	3	6	9	12	15
<b>4</b> Probable	4	8	12	16	20
<b>5</b> Très probable	5	10	15		25

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 1: Introduction et Généralité sur les risques industriels**

	<b>1</b> Négligeable	<b>2</b> Mineure	<b>3</b> Modérée	<b>4</b> Majeure	<b>5</b> Catastrophique
<b>1</b> Très peu probable	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b> Coupure internet de longue durée
<b>2</b> Peu probable	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b> Perte d'effectifs majeur	<b>10</b> Inondation ou incendie majeur
<b>3</b> Possible	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
<b>4</b> Probable	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
<b>5</b> Très probable	<b>5</b> Membre d'équipe malade	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b> Arrivée d'un concurrent féroce	<b>25</b>

### V. Gestion du risque

La gestion des risques est une opération commune à tout type d'activité. Les objectifs visés peuvent concerner par exemple :

- Le gain de rentabilité et de productivité ;
- La gestion des coûts et des délais ;
- La qualité d'un produit...

La gestion du risque peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable.

Cette définition, cohérente avec les concepts présentés dans le guide [ISO/CEI 51], s'appuie, ainsi, sur un critère d'acceptabilité du risque.

De manière classique, la gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque) ;
- Acceptation du risque ;
- Maîtrise ou réduction du risque.

## **VI. Analyse du risque**

L'analyse du risque est définie dans le guide ISO/CEI 51 comme : « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ». Les objectifs d'une analyse des risques sont;

1. L'identification des sources de danger.
2. Mettre en lumière les barrières sécurité existante.

Le problème est le suivant: il n'existe pas de méthode universelle et il n'y a pas non plus de solution tout faite pour résoudre des problèmes en matière d'analyse des risques.

### **VI.1. Méthodes axées sur le rôle des machines**

#### **VI.1.1. Méthode « What if »**

Dans cette méthode "What-if" On pose des questions sur un certain nombre de situations ou d'événements possibles et on examine ce qui peut se passer si la situation ou l'événement en question devait se produire. Par exemple: Que se passe-t-il si quelqu'un a oublié d'ouvrir le robinet Z ?

La méthode "What-if" présente l'avantage d'être une méthode rapide, qui ne demande pas beaucoup de préparation.

Le désavantage de la méthode est qu'elle n'est pas adaptée aux installations compliquées.

#### **VI.1.2. Méthode HAZOP (Hazard and Operability Study =Étude de danger et d'opérabilité)**

Une méthode couramment appliquée dans l'industrie de transformation. On pose un certain nombre de questions concernant les paramètres de la transformation, comme la **pression**, la **température**, la **concentration**, le **débit**.

#### **Par exemples:**

- Que se passe-t-il si la température du récipient X1 devient trop élevée ?

- Si le débit dans la conduite X3 est trop faible?

L'étude "HAZOP" est une méthode très structurée. Pour effectuer une "HAZOP" de façon réussie, il faut connaître l'installation à fond.

**VI.1.3. Méthode FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis = Mode de défaillance et analyse des effets)

La "FMEA" est une méthode appropriée pour une installation de transformation ou pour des **installations commandées automatiquement**.

Les installations sont **subdivisées** en un certain nombre de **sections** inscrites dans une colonne. On y inscrit, pour chaque section, la façon dont certains éléments importants peuvent tomber en panne.

Cette méthode est moins appropriée lorsque les erreurs d'un opérateur jouent un rôle important ainsi que pour la détection de combinaison de pannes.

La méthode "FMEA" est moins structurée que l'"HAZOP", mais peut être appliquée dans de plus nombreux cas.

**VI.1.4. Méthode Ishikawa**

L' "Ishikawa" ou la méthode de **l'arête de poisson** peut être décrite comme une méthode visant à ordonner des suggestions émises lors d'un brainstorming (réflexion).

La première étape consiste en une formulation du risque. On détermine ensuite quels facteurs sont associés et pour chaque facteur (par exemple, matériaux, appareil de sécurité, appareil de commande).

Cette méthode peut être utilisée comme méthode initiale.

**VI.1.5. Méthode Safety audit** (Audit de sécurité)

Un "Safety audit" est un contrôle du management sur le plan de la sécurité. Un audit est effectué par un ou plusieurs experts (auditors =auditeurs) qui, le plus souvent, suivent une liste de questions prioritaires à chaque stade de la vie d'une installation.

### **VI.1.6. Norme EN 1050**

La norme européenne EN 1050 donne les principes d'une évaluation des risques systématique et cohérente lors de la conception et de l'utilisation de machines. La norme donne des exemples de dangers liés aux machines. Pour une analyse des risques détaillée, la norme se réfère aux méthodes susmentionnées telles que "HAZOP", "FMEA", "What-if"...

### **VI.1.7. Norme EN 954-1**

La norme européenne EN 954-1 est une méthode qualitative pour classifier les risques. Les risques sont évalués sur base des critères suivants: gravité du dommage, exposition au danger, possibilité de prévention du danger et probabilité. Cette méthode peut être représentée graphiquement. Elle est assez souvent utilisée pour évaluer la protection contre les **risques mécaniques**.

## **VI.2. Méthodes axées sur le rôle des travailleurs**

Une deuxième série de méthodes est appliquée dans des situations de travail où des risques peuvent apparaître du fait d'erreurs lors d'interventions humaines.

### **VI.2.1. Méthode de l'analyse des tâches**

L'analyse des tâches vise des opérateurs ou un groupe de personnes devant effectuer une tâche déterminée. Cette tâche est subdivisée en sous-tâches.

**Par exemple:** la tâche consiste à commander une installation pour fabriquer un certain produit; les sous- tâches sont: la mise en route de l'installation, la surveillance, l'entretien, l'arrêt en toute sécurité de l'installation...

Chaque sous-tâche est ensuite subdivisée en étapes élémentaires.

**Par exemple,** la mise en route comprend les étapes suivantes:

- mettre le commutateur X1 en position A,
- contrôler le niveau du récipient X2....

Lorsque la tâche est ainsi divisée en étapes, on peut examiner quels risques peuvent survenir lors des différentes étapes et ce qui peut être fait pour les éliminer ou les réduire.

### **VI.2.2. Méthode Human reliability analysis (Analyse de la fiabilité humaine)**

La "HRA" identifie des situations entraînant des erreurs et des accidents. Elle peut également être utilisée pour détecter les causes d'erreurs humaines, elle va de ce fait plus

loin que l'analyse des tâches.

### **VI.3. Critères de notification d'un accident déterminés par SEVESO II**

La Directive SEVESO II définit des critères de gravité d'accident, devant faire l'objet d'une notification à la commission Européenne en fonction des conséquences :

#### **VI.3.1. Atteintes aux personnes et aux biens**

- ❖ Un mort ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 4)
- ❖ 6 personnes blessées à l'intérieur de l'établissement et hospitalisées pendant au moins 24 heures ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 4)
- ❖ Une personne située à l'extérieur de l'établissement hospitalisée pendant au moins 24 heures ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)
- ❖ Logement(s) extérieur(s) ou établissement endommagé(s) et indisponible(s) ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)
- ❖ Évacuation ou confinement de personnes pendant plus de deux heures (nombre de personnes  $\times$  nombre d'heures  $\geq 500$ ) ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)
- ❖ Interruption des services d'eau potable, d'électricité, de gaz, de téléphone pendant plus de deux heures (nombre de personnes  $\times$  nombre d'heures  $\geq 1\ 000$ ) ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)

#### **VI.3.2. Atteintes immédiates à l'environnement**

- ❖ Dommages permanents ou à long terme causés aux habitats terrestres ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)
- ❖ Dommages significatifs ou à long terme causés à des habitats d'eau de surface ou des habitats marins ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)
- ❖ Dommages significatifs causés à un aquifère ou à l'eau souterraine. ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)

#### **VI.3.3. Dommages matériels**

- ❖ Dommages matériels dans l'établissement  $\geq 2$  millions d'Euros ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 3)
- ❖ Dommages matériels à l'extérieur de l'établissement  $\geq 0,5$  millions d'Euros ( $\approx$  Niveau de gravité UFIP = 5)

## *Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques*

# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

### I. Risques de l'électricité (courant électrique)




Le courant électrique est le produit de la circulation d'électrons dans un matériau conducteur. Ces derniers sont des matériaux permettant le passage de l'électricité avec une moindre résistance. On peut aborder l'électricité de différentes façons selon qu'on s'intéresse à la tension, au courant, à la puissance ou à la résistance du courant électrique.

**I.1. L'arc électrique :** est un courant qui circule dans l'air entre deux conducteurs. Celui-ci résulte de l'ionisation de l'air ambiant situé entre les deux parties du contact. Il peut être causé par des câbles mal fixés, par contact accidentel entre le circuit électrique (sous tension) et la mise à la terre (ex. échapper un outil dans une armoire électrique sous tension), la surcharge de courant sur un câble ou un équipement sous dimensionné pour supporter le courant.

#### ❖ Effets potentiels d'un arc électrique :

- Dégagement d'une quantité d'énergie considérable (jusqu'à 19 000 °C) causant des brûlures graves ;
- Explosion due à l'expansion du métal (67 000 fois) : projection de débris, onde de choc

#### Exemples :

<p><b>La foudre</b> est un arc électrique de grandes dimensions qui permet l'écoulement des charges électriques entre les nuages ou entre les nuages et la terre.</p>	
<p><b>La soudure électrique</b> à l'arc produit une grande quantité de chaleur localisée engendrant la fusion des matériaux, ce qui réalise des liaisons résistantes après refroidissement.</p>	
<p><b>Les fours à arc</b> sont utilisés en métallurgie pour la fusion des métaux.</p>	

# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

### I.2. Dangers liés à l'électricité

Le **choc électrique** est le résultat du passage du courant électrique à travers le corps humain. Un **accident** d'origine électrique peut causer, selon les circonstances, un choc (électrisation), une électrocution (la mort), des brûlures ou générer ce qu'on appelle des conséquences indirectes (ex. chute, incendie).

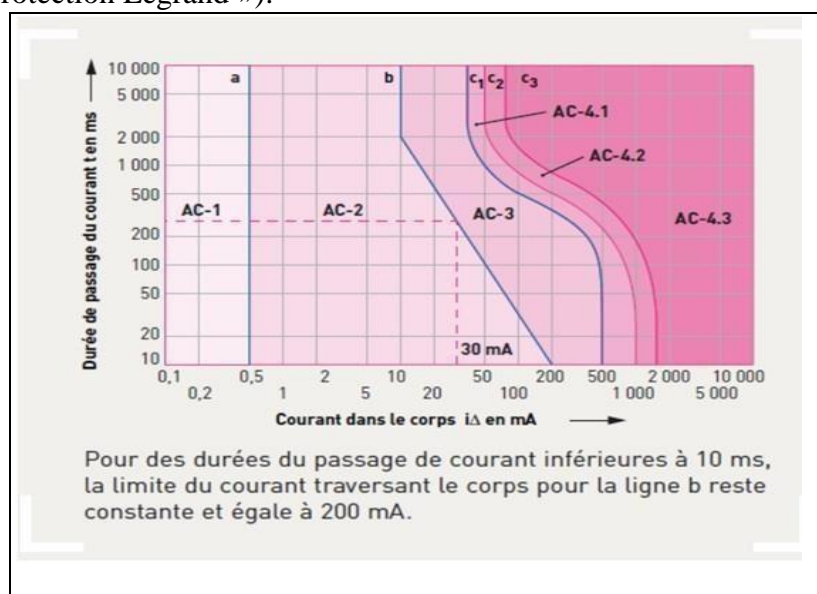
**Tableau 1** : Les effets du courant électrique en fonction de l'intensité.

Intensité	Perception des effets	Temps requis
0,5 à 1 Ma	Seuil de perception selon l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réaction brutale	
10mA	Contraction des muscles des membres, crispation durable	4 min 30 s
20 mA	Début de téτανisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	Paralysie ventriculaire	30 s
40 mA	Fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	Fibrillation ventriculaire	1 s
300 mA	Paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	Fibrillation ventriculaire	100 ms
1 000 mA	Arrêt cardiaque	25 ms
2 000 mA	Centres nerveux atteints instantané	15 ms

### I.3. Facteurs influençant la gravité d'une électrisation

- L'intensité et la durée du passage courant
- La surface de la zone de contact
- Le trajet du courant dans le corps
- L'état de la peau (sèche, humide, mouillée)
- La nature du sol
- La capacité d'isolation des chaussures portées

La courbe ci-dessous issue de la norme CEI 60479-1 délimite 4 zones de risque (source « Guidede la protection Legrand »).



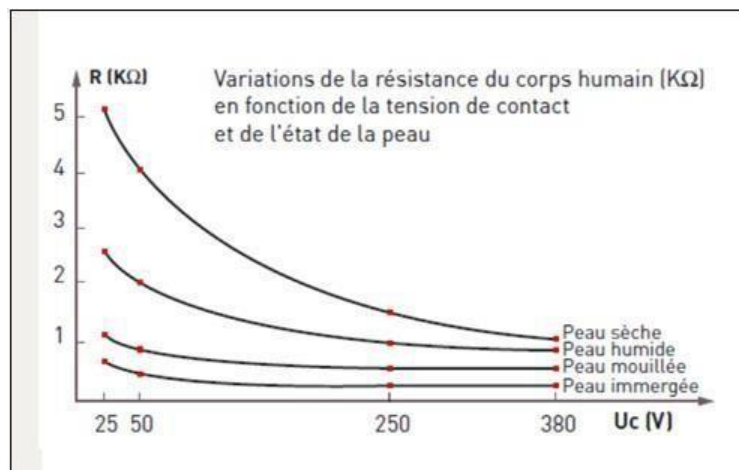
**Figure 1** : Zones de risques

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques**

**Tableau 2 : Explication des zones de risques**

Cette courbe issue de la CEI 60 479-1 donne 4 zones de risques :	
Zone	Effets physiologiques
AC-1	Habituellement aucune réaction
AC-2	Habituellement, aucun effet physiologique dangereux
AC-3	Habituellement aucun dommage organique; probabilité de contractions musculaires et de difficultés de respiration pour des durées de passage du courant supérieures à 2 s. Des perturbations réversibles dans la formation de propagation des impulsions dans le cœur sans fibrillation ventriculaire, augmentant avec l'intensité du courant et le temps de passage.
AC-4	Augmentant avec l'intensité et le temps, des effets pathophysiologiques tels qu'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves peuvent se produire en complément avec les effets de la zone 3.
AC-4.1	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 5 %.
AC-4.2	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 50 %.
AC-4.3	Probabilité de fibrillation ventriculaire supérieure à 50 %.

La résistance du corps augmente avec la baisse de la tension électrique. Sous 24 V, la résistance du corps est évaluée à 5000 Ω en milieu sec et à 2500 Ω en milieu humide.



**Figure 2 : impédance du corps humain.**

Les principales causes d'incendies d'origine électrique sont :

- Echauffement par surintensité : dégagement de chaleur
- Court-circuit
- Défaut d'isolement
- Contacts défectueux

Certains facteurs peuvent aggraver les échauffements :

- Une ventilation insuffisante

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

- Le stockage de matériaux inflammables à proximité d'installations électriques
- L'empilage des câbles empêchant l'évacuation de la chaleur

Le maintien en fonctionnement d'appareils ayant subi des courts circuits

#### I.4. Loi d'ohm

La loi d'ohm est considérée comme l'équation du risque électrique :

$$I = U/R$$

**I** : intensité du courant en ampères (A), **U** : tension du générateur en volts (V) et **R** : résistance du récepteur en ohms ( $\Omega$ ).

Plus l'intensité du courant qui traverse le corps est importante, plus le choc électrique est dangereux. Il faut donc rechercher à diminuer la valeur du courant I pour éviter ce choc ou le supprimer.

#### I.5.1. Résistance électrique du corps humain

La **peau** constitue la barrière la plus efficace à la pénétration du courant à l'intérieur du corps et sa résistance électrique varie en fonction de son **état de surface** (peau sèche, humide, mouillée) et de son **épaisseur** (peau fine ou calleuse).

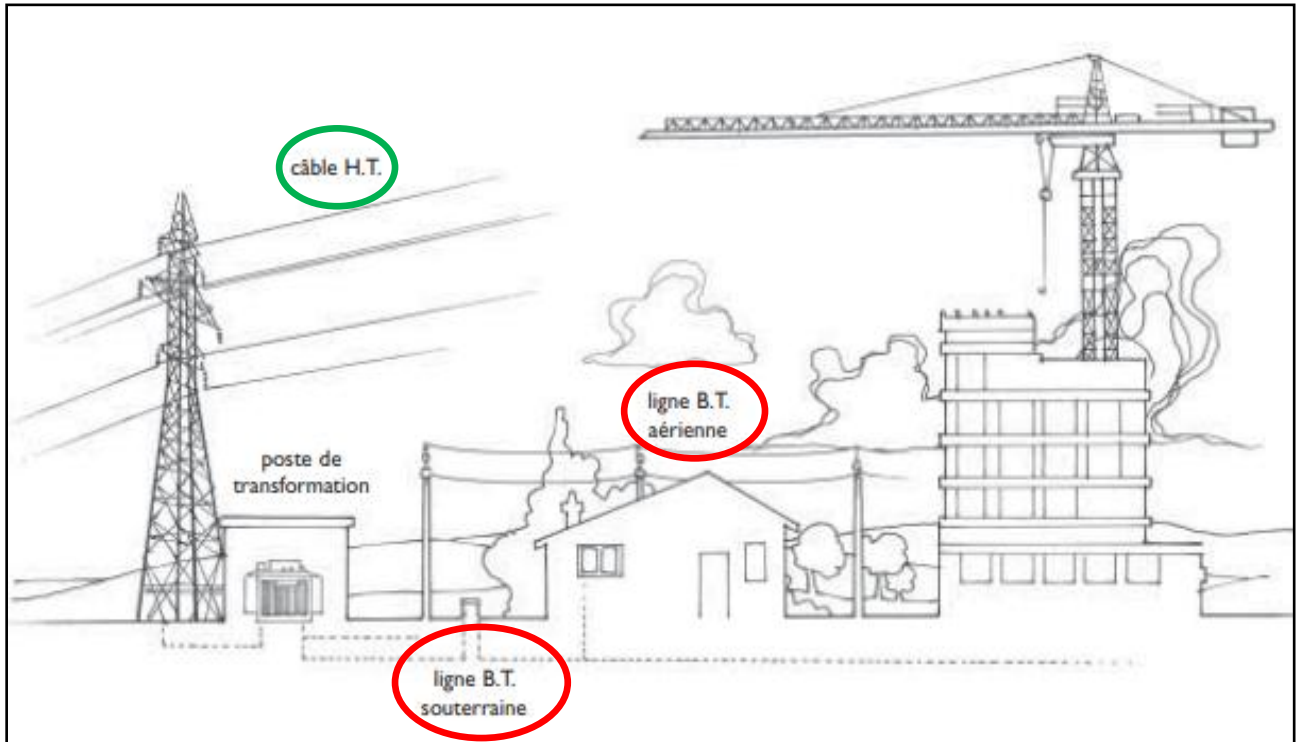
#### I.5.2. Classement des installations en fonction des tensions

Code			Alternatif	Continu
B	Très basse tension	TBT	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
	Basse tension	BTA	$50 < U \leq 500 \text{ V}$	$120 < U \leq 750 \text{ V}$
		BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1 \text{ kV}$	$750 \text{ V} < U \leq 1,5 \text{ kV}$
H	Haute tension	HTA	$1 < U \leq 50 \text{ kV}$	$1,5 < U \leq 75 \text{ kV}$
		HTB	$U > 50 \text{ kV}$	$U > 75 \text{ kV}$

# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

Exemple :



### I.5.3. Intensité du courant électrique (ampère : A) :

Le risque existe à partir de **5** ou **10** milliampères (10 mA). On distingue deux types de courant ; le courant continu et le courant alternatif :


Courant continu	Courant alternatif
Un courant circule toujours de la borne positive vers la borne négative <b>exemple:</b> une lampe de poche,...	un courant change de sens périodiquement en fonction de la fréquence <b>exemple:</b> sèche-cheveux, grille-pain,...
<p><b>Intensité</b></p> <p>130 mA    Seuil de fibrillation cardiaque</p> <p>Non défini    Seuil de non lâcher</p> <p>2 mA    Seuil de perception</p>	<p><b>Intensité</b></p> <p>1 A    Arrêt du cœur</p> <p>75 mA    Seuil de fibrillation cardiaque irréversible</p> <p>30 mA    Seuil de paralysie respiratoire</p> <p>10 mA    Seuil de non lâcher Contraction musculaire</p> <p>0,5 mA    Seuil de perception Sensation très faible</p>

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques**

➡ Le courant alternatif est plus dangereux que le courant continu.



**I.5.4. Sources des courants**

Les sources du courant continu et du courant alternatif sont présentées dans le tableau suivant :

Courant continu	Courant alternatif
<ul style="list-style-type: none"> <li>- les piles.</li> <li>- les batteries d'accumulateur.</li> <li>- les redresseurs.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- les machines tournantes (génératrice).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternateurs</li> <li>- Onduleurs</li> </ul>

**I.6. Types de contact électrique**

En fonction de leur origine, les courants électriques sont classés en 2 catégories :

Contact direct	Contact indirect
Contact d'une personne avec une partie active (partie sous tension) d'un circuit électrique	Contact d'une personne avec un objet métallique quelconque (ne faisant pas partie du circuit électrique) qui est mis accidentellement sous tension par défaut d'isolement
	

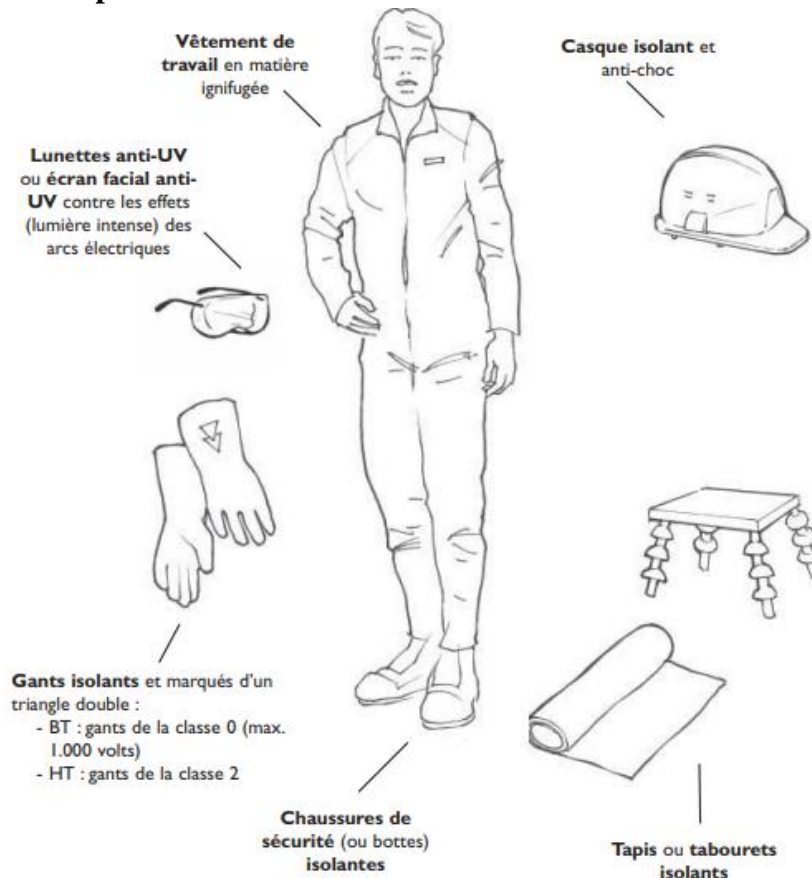
## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### I.6.1. Comment éviter le contact électrique

Contact direct	Contact indirect
<ul style="list-style-type: none"><li>- par <b>isolation des parties actives</b> entièrement recouvertes d'un isolant (plastique, caoutchouc, verre) qui ne peut être enlevé</li><li>- par <b>des enveloppes</b> (boîtier, armoire) ne pouvant être ouvertes qu'à l'aide d'une clé après mise hors tension</li><li>- par <b>éloignement</b> de sorte que les parties actives non protégées soient hors portée de main</li><li>- par <b>la mise en place d'obstacles</b> (rambardes, panneaux grillagés fixes)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- par <b>mise à la terre des masses</b> (= partie conductrice d'un matériel électrique)</li><li>- par <b>coupure automatique</b> de l'alimentation (disjoncteur)</li><li>- par une <b>double isolation</b> ou une isolation renforcée</li><li>- par l'emploi d'une <b>très basse tension de sécurité</b> (TBT)</li></ul>

#### I.6.2. Equipement de protection individuelle



# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

### II. Risques de la pression

Il est important de connaître les risques liés à la pression. En effet, un défaut de conception, de manipulation ou de maintenance peut conduire à des événements redoutés tels qu'une explosion, une implosion ou une rupture d'éléments fragiles (joints, hublots, détendeurs...) qui auront pour effet des projections d'éclats à grande vitesse, la propagation d'ondes de choc et/ou des fuites de liquide ou de gaz.

#### II.1. Risques liés aux équipements sous pression (ESP)

La présence d'équipements sous pression (ESP) est courante dans l'industrie du fait des activités qui y sont menées (autoclaves, appareillages sous haute pression ou dépression, bouteilles de gaz...), sans oublier certaines installations liées au fonctionnement des bâtiments (chaudières, compresseurs...).

- a) **Appareils à pression de gaz :** Pour ces appareils, il faut craindre les projections d'éclats en cas de rupture de l'enveloppe ou en cas de défaillance d'une partie fragile, mais aussi les fuites de gaz qui peuvent conduire à des intoxications et à des explosions.

**Exemples :** compresseurs, bouteilles, réservoirs, autoclaves pour réacteur.



**Compresseur**



**Bouteille**



**Réservoirs**



**Autoclave**

- b) **Appareils à pression de vapeur :** Les risques principaux résultent de jets de vapeur ou d'eau surchauffée en cas de fuite, de projections d'éclats en cas de rupture brutale de l'enveloppe ou des tubulures.

**Exemples :** chaudières, autoclaves à stérilisation.



**Chaudière**



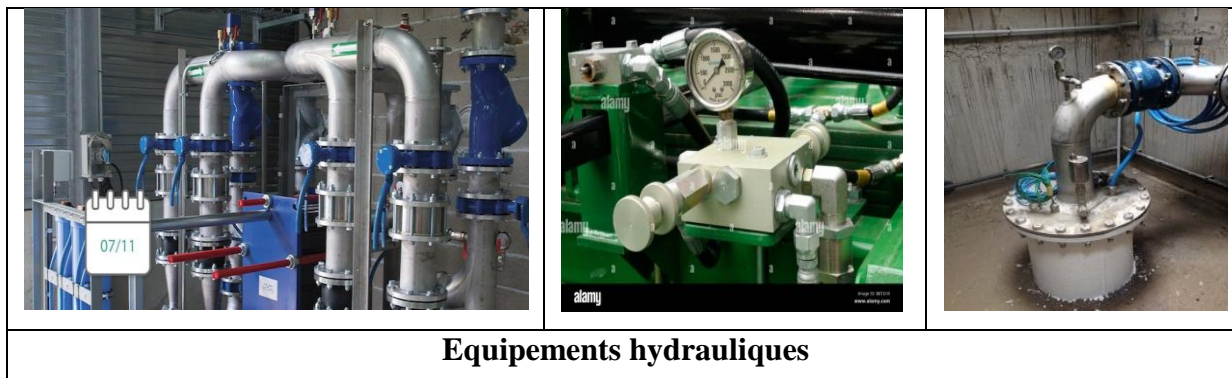
**Autoclave à stérilisation**

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

c) **Appareils à pression de liquide** : Les risques résultent principalement de jets du liquide contenu en cas de fuite, ou de «fouettement» des tuyauteries flexibles en cas de rupture.

**Exemples** : équipements hydrauliques.



d) **Appareils utilisés sous vide** : Les risques, analogues aux précédents, proviennent principalement de l'implosion due à un choc, ou spontanée, résultant d'un matériau fragilisé (verre étoilé par exemple).

**Exemples** : évaporateurs sous vide, dessiccateurs, verrerie de laboratoire (fiolle à vide...).



**Evaporateurs sous vide**



**Dessiccateurs sous vide**



**Fiole à vide**

# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

### II.2. Prévention contre les risques liés à la pression

#### II.2.1. Informations et formation

Le personnel qui a en charge ces équipements doit être informé des risques présents ainsi que des mesures de prévention à observer pendant leur utilisation. Après avoir été formé, le personnel reconnu apte et compétent sera habilité par l'exploitant (le directeur d'unité).

#### II.2.2. Consignes de sécurité

La mise en place au sein de l'unité de notices, procédures, consignes d'utilisation d'ESP intégrant la prévention du risque et la conduite à tenir en cas d'accident est obligatoire et indispensable. Ces documents doivent être maintenus à jour et connus des utilisateurs.

#### II.2.3. Achat d'un équipement

- Avant l'achat d'un ESP, il faut s'assurer qu'il n'existe pas de solution de substitution: générateur d'hydrogène en remplacement de bouteilles d'hydrogène, pompes à membranes au lieu de trompes à vide, matériel en inox à la place de la verrerie...

#### Remarques :

- Dans l'industrie chimique, l'hydrogène est utilisé afin de synthétiser l'ammoniac, le cyclohexane et le méthanol. Enfin, dans l'industrie alimentaire, il est utilisé dans l'hydrogénation des huiles afin de former des graisses.
- Un générateur d'hydrogène fonctionne à basse pression avec un débit bien contrôlé. En plus d'avoir des capteurs de fuite intégrés et une fonction d'arrêt automatique.
- Les pompes à membranes fonctionnent sans pièces tournantes, les risques de fuites sont réduits au minimum.



Générateur d'hydrogène



Pompes à membranes

- Jusqu'à mai 2002, le poinçon «tête de cheval» ou le marquage CE garantissent la conformité de l'appareil; après cette date, seul le marquage CE assure sa conformité.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

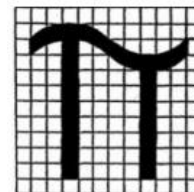
Marquage Pi indiquant que l'équipement sous pression transportable est conforme aux exigences applicables en matière d'évaluation de la conformité, définies dans l'arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres.



Le marquage Tête de cheval



Le marquage CE



Le marquage Pi

- Le fabricant doit remettre à l'acheteur une déclaration de conformité en langue française, délivrée par un organisme notifié d'un pays de l'union européenne. Le marquage CE devra être apposé sur l'appareil.
- Le choix des équipements doit être adapté aux besoins : tailles de bouteilles...
- Seul le matériel garanti par le constructeur doit être utilisé (manomètre, raccords...).
- Toute adaptation doit être réalisée par le constructeur et être soumise à un contrôle par un organisme habilité.

#### II.2.4. Implantation

Elle doit prendre en compte :

- les propriétés des produits mis en œuvre (inflammabilité, corrosion, toxicité...),
- la nature de la réaction (exothermique...),
- les conditions d'utilisation (volume, pression, température) ;
  - Pour toute utilisation de gaz, une ventilation adaptée doit être prévue.
  - Dans le cas des bouteilles de gaz, lorsque la configuration des locaux le permet, une aire de stockage aménagée à l'extérieur du bâtiment est à privilégier.
  - Pour certains gaz qui ne peuvent supporter des basses températures (exemple : éthylène/point critique 9 °C à 50 bars), une armoire de sécurité doit être installée dans le laboratoire.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### II.2.5. Utilisation

- Tout appareil doit être utilisé dans les conditions (température, pression, nature de fluide) prévues à la conception,
- toute réparation de ces appareils doit être réalisée par le constructeur ou une entreprise compétente, puis contrôlée par un organisme agréé,
- l'emploi de ce type d'appareils doit être fait par des personnes qualifiées et formées,
- des consignes concernant les procédures d'utilisation et la conduite à tenir en cas d'accident devront être affichées à proximité de l'installation. Elles comporteront également le nom des personnes autorisées à travailler sur ce matériel,
- lors de l'utilisation d'installations sous pression, selon la nature des risques, des équipements de protection seront mis en œuvre:

**a. de type collectif :** détecteurs de gaz dangereux, chaînage des bouteilles de gaz, écrans de protection,....,

**b. de type individuel :** masque ou appareil respiratoire si gaz toxiques, chaussures de sécurité pour le transport de bouteilles de gaz, lunettes..., les dates et les rapports de visites (inspections, réparations) ainsi que les incidents et accidents doivent être consignés sur le registre de sécurité.

#### III. Risques d'incendie

**L'incendie** est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace. Il s'agit d'une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Elle nécessite une source d'énergie pour être initiée (flamme, chaleur, étincelle...)

**III.1. Trois conditions à réunir simultanément pour qu'une combustion «Triangle du feu» :** Présence d'un combustible + d'un comburant + d'une source d'inflammation.

**Un combustible**, c'est-à-dire une matière capable de se consumer (matériau de construction, bois, essence, papier, carton, chiffon...),

**Un comburant** qui, en se combinant avec le combustible, permet la combustion (oxygène, air...),

**Une source d'inflammation** qui va déclencher la réaction de combustion (étincelle, flamme nue, surface chaude...).

# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

---



**Triangle du feu**

**Remarque :** L'absence d'un des 3 éléments du triangle empêche le déclenchement de la combustion: c'est le principe fondamental à connaître en matière de prévention et de lutte contre l'incendie.

### III.2. Produits combustibles

- ❖ De manière générale, la plupart des matières solides rencontrées sont susceptibles de générer une combustion. Seuls les matières et composés inorganiques tels que le sable, le talc, le ciment, le béton, les sels de sodium et de potassium ne peuvent pas brûler. Certains comme le sable ou les sels de sodium sont d'ailleurs utilisés pour leurs caractéristiques extinctrices.
- ❖ Les produits et matières combustibles couramment rencontrés sont sous forme :
  - solide** : papier, bois, carton, plastique, métaux...
  - liquide** : solvant pétrolier, essence, vernis, dégraissant, huile... gazeuse : gaz de ville (méthane), butane, propane, acétylène...

### III.3. Mesures de prévention du risque d'incendie

#### III.3.1. Actions sur les combustibles

- ❖ Remplacer le produit combustible par un autre incombustible ou moins combustible
- ❖ Intervenir sur l'état de division de la matière (plus l'état est divisé, plus la combustion est facile et rapide)
- ❖ Limiter les quantités utilisées et stockées
- ❖ Capturer les émissions de combustibles Nettoyer fréquemment par aspiration et ranger les locaux

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

---

#### III.3.2. Actions sur les comburants

- ❖ Réduire la teneur en oxygène, afin de rendre l'atmosphère ininflammable, par l'introduction d'un gaz inerte (azote, argon, hélium...). Attention toutefois au risque d'hypoxie (diminution de l'apport d'oxygène aux différents tissus de l'organisme) en cas de pénétration d'un salarié dans la zone concernée.
- ❖ Isoler les produits comburants (oxygène, peroxydes...) des produits combustibles

#### III.3.3. Actions sur les sources d'inflammation

- ❖ Refroidissement (réaction chimique, échauffement dû à la compression des gaz...)
- ❖ Mise à la terre, liaison équipotentielle Matériels et installations électriques conformes aux normes d'installation (pour la basse tension,) Adéquation des appareils électriques et non électriques à la zone à risque d'explosion 30
- ❖ Diminution de la température de surface des éléments chauffants
- ❖ Mise en place d'entretien et de contrôles réguliers (DéTECTEURS d'élévation de température, de pression, ou de produits de dégradation)
- ❖ Explosimètres pour vérifier le maintien de la concentration des combustibles gazeux hors de leur domaine d'inflammabilité
- ❖ Thermographie infrarouge afin de détecter des points chauds au niveau des installations électriques

#### III.3.4. Mise en place de procédures adaptées

- ❖ Permis de feu (encadrement des travaux par points chauds)
- ❖ Plan de prévention
- ❖ Zones fumeurs spécifique

#### IV. Risque d'explosion

L'**explosion** se définit par une réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément.

De nombreuses substances sont susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer des explosions. Ce sont les gaz, les vapeurs, les brouillards et les poussières combustibles (telles que l'hydrogène, l'éthanol, la farine, le sucre, la poudre de lait, les céréales, les poussières de bois, de métaux, de plastiques...).

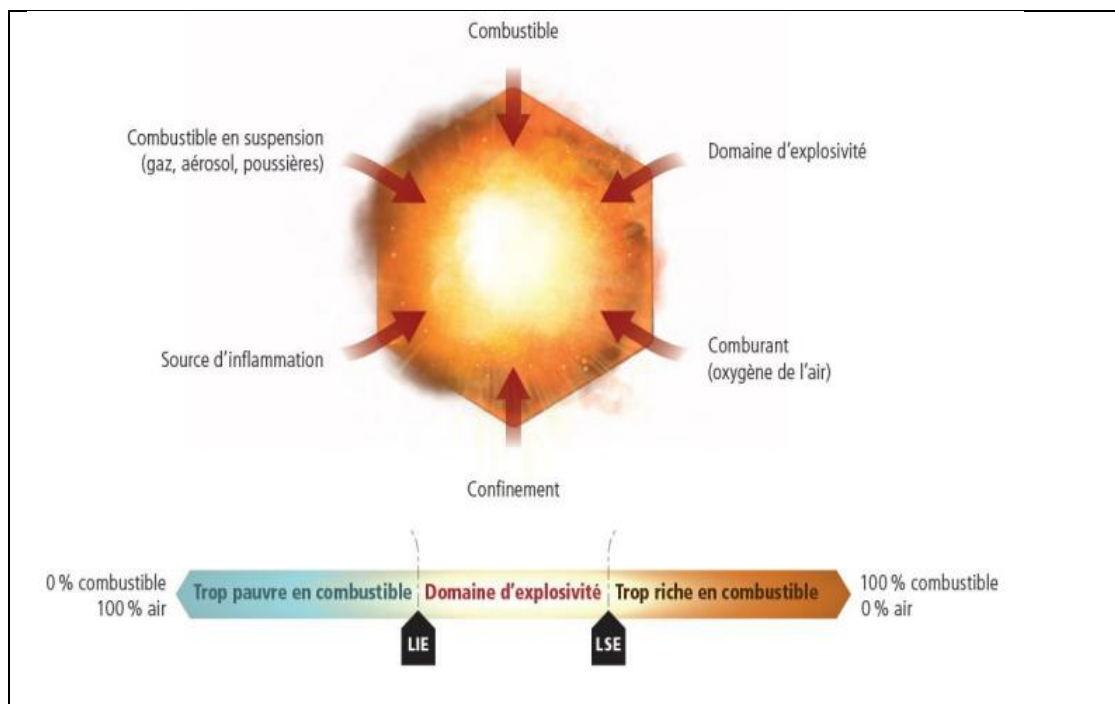
Il ne peut y avoir explosion qu'après formation d'une **atmosphère explosive (ATEX)**. Celle-ci résulte d'un mélange d'air et de substances combustibles dans des proportions permettant l'explosion en cas de présence d'une source d'inflammation d'énergie suffisante.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### IV.1. Conditions d'apparition d'une explosion ou l'hexagone d'une explosion

- 1) Présence d'un combustible ;
- 2) État particulier du combustible, qui doit être sous forme de gaz, de brouillard ou de poussières en suspension dans l'air ;
- 3) Présence d'un comburant (en général l'oxygène de l'air) ;
- 4) Présence d'une source d'inflammation ;
- 5) Obtention d'un domaine d'explosivité (domaine de concentrations du combustible dans l'air à l'intérieur duquel les explosions sont possibles)
- 6) Confinement suffisant (en absence de confinement, on obtient un phénomène de combustion rapide avec des flammes importantes mais, généralement, sans effet de pression notable). Le confinement n'est pas une condition indispensable mais représente un facteur aggravant du phénomène d'explosion et des risques associés.



#### Hexagone de l'explosion et domaines d'explosivité

#### IV.2. Domaine d'explosivité

Le **domaine d'explosivité** c'est un domaine de concentrations du combustible dans l'air à l'intérieur duquel le mélange est susceptible d'exploser en présence d'une source

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

d'inflammation. Le domaine d'explosivité est encadré par la **LIE** (limite inférieure d'explosivité) et la **LSE** (limite supérieure d'explosivité).

Les effets d'une explosion se produit dans le milieu industriel peuvent être dévastateurs, tant sur le plan humain que matériel. Les secteurs où sont manipulés des produits chimiques ou à fort empoussièremment (industrie du bois, des métaux, de l'agroalimentaire...) sont particulièrement concernés.



Panneau de signalisation ATEX

#### IV.3. Mesures de prévention/protection du risque d'explosion

Pour cela, il faut agir sur les produits et les procédés qui peuvent être à l'origine de la formation d'une ATEX.

##### IV.3.1. Agir sur les combustibles

- ❖ remplacer le produit combustible par un autre incombustible ou moins combustible,
- ❖ augmenter la granulométrie (passer de la poudre aux granulés),
- ❖ ajouter des solides inertes à des poussières combustibles,
- ❖ maîtriser les paramètres du procédé (température, pression...) en fonction des caractéristiques physico-chimiques des produits,
- ❖ maintenir la concentration du combustible hors de son domaine d'explosivité.

##### IV.3.2. Agir sur le comburant

- ❖ La principale mesure consiste à introduire un gaz inerte (azote, argon...) en proportions suffisantes dans une atmosphère chargée de substances combustibles entraînant l'appauvrissement de celle-ci en oxygène et rendant donc l'inflammation impossible. **Attention** toutefois au risque d'hypoxie (diminution de l'apport d'oxygène dans les tissus de l'organisme) en cas de présence d'un salarié dans la zone concernée.

## **Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**

### *Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques*

---

#### **IV.3.3. Éviter les sources d'inflammation**

- ❖ Cette action de prévention s'attache en premier lieu à mettre hors de la zone ATEX le matériel qui n'a pas nécessité de s'y trouver.
- ❖ Il faut ensuite éliminer l'ensemble des sources d'inflammation potentielles 18 notamment les flammes et feux nus, les surfaces chaudes, les étincelles d'origines mécanique, électrique ou électrostatique, les échauffements dus aux frottements mécaniques, aux appareils électriques ou aux moteurs thermiques.
- ❖ Pour ce faire, différentes mesures peuvent être mises en œuvre

#### **IV.3.4. Agir sur les procédés**

Il s'agit notamment de la mise en place de :

- ❖ mises en sécurité suite au dépassement des seuils définis pour certains paramètres de sécurité (température, pression, taux d'oxygène...),
- ❖ systèmes de refroidissement afin de contrôler, par exemple, une réaction chimique ou un échauffement dû à la compression des gaz.

#### **IV.3.5. Réaliser des contrôles**

Pour cela, différents systèmes de détection existent :

- ❖ détecteurs d'élévation de température, de pression... thermographie infrarouge (détection des points chauds sur les réseaux électriques),
- ❖ détecteurs de monoxyde de carbone (détection d'un début de fermentation avec dégagement de chaleur),,,

#### **IV.3.6. Agir sur les appareils**

Adéquation des appareils à la zone ATEX,

- ❖ outillage mobile ne provoquant pas d'étincelle,
- ❖ équipotentialité et mise à la terre de l'ensemble de l'installation,
- ❖ installation électrique correctement dimensionnée et régulièrement contrôlée.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### V. Risques liés aux manutentions manuelles et mécaniques

##### V.1. Manutention manuelle

La manutention manuelle elle désigne toute opération de transport ou de soutien d'une charge dont le levage, la pose, la poussée, la traction, le port ou le déplacement exigent l'effort physique d'une ou de plusieurs personnes.

##### V.2. Manutention mécanique

La manutention mécanique permet d'éviter les risques propres à la manutention manuelle. Elle fait appel à l'utilisation d'appareils de levage et de transport : palans, poulies, transpalettes, chariots automoteurs à conducteur porté, etc.

C'est un risque dont les conséquences peuvent être très graves, d'autant plus si les énergies mises



##### V.3. Facteurs aggravants le risque aux manutentions mécaniques

- ❖ Moyen de manutention inadapté (machines ou outils).
- ❖ Dispositif de levage instable (pont hydraulique, chariot élévateur...).
- ❖ Utilisation d'un dispositif sous dimensionné ou dans des conditions non prévues.
- ❖ Mauvais état du sol, mauvaise répartition de la charge ou masse trop élevée.
- ❖ Charge manipulée instable, Arrimage insuffisante, rupture du système de maintien.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### VI. Risques générés par les vibrations

Dans de nombreux secteurs d'activités, les salariés peuvent être soumis à des vibrations et chocs provenant d'outils tenus à la main, de secousses transmises par le siège pour les conducteurs ou encore de vibrations transmises par le sol.

L'exposition aux vibrations peut avoir des conséquences graves pour la santé du salarié. Une personne soumise quotidiennement à des vibrations de forte amplitude peut présenter à long terme, des troubles neurologiques et articulaires.

##### VI.1. Définition d'une vibration

Une vibration est une oscillation d'un objet par rapport à un point fixe. Elle peut être générée par tout objet effectuant des mouvements continus ou répétitifs comme des outils, des engins roulants ou des machines tournantes. Elle se propage aux personnes par tout point de contact, mais plus particulièrement par les mains, les pieds ou l'assise.

Une vibration est caractérisée par :

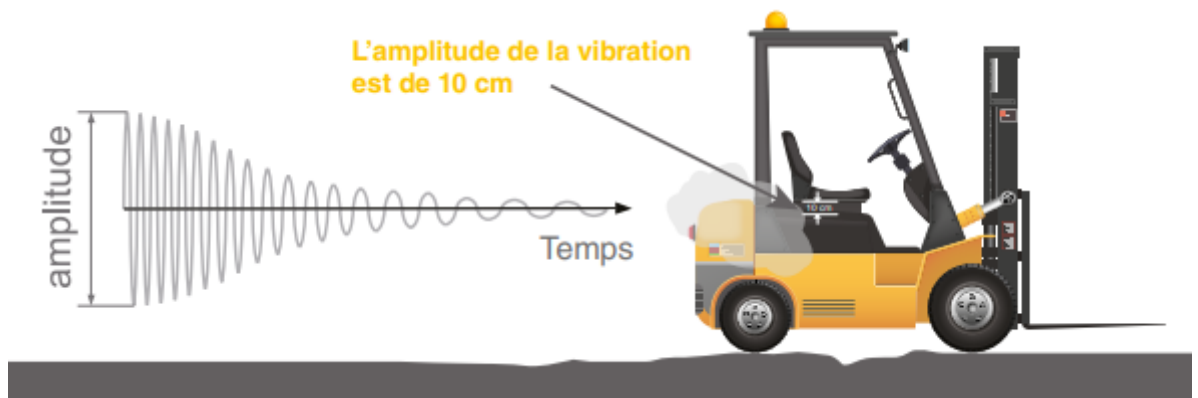
1. **Sa fréquence** : La fréquence correspond au nombre de fois que l'objet oscille pendant une seconde. Le symbole de la fréquence est  $f$ . La fréquence est exprimée en Hertz (Hz).

**Exemple** : Une presse qui génère 3 chocs pendant une seconde.

Fréquence de la vibration :  $f = 3/1 = 3$  Hz.

2. **Son amplitude** : L'amplitude est la distance comprise entre les positions extrêmes entre lesquelles se déplace l'objet vibrant. L'amplitude est exprimée en mètre (m).

**Exemple** : Un conducteur de chariot élévateur peut être exposé à une vibration avec une amplitude de 10 cm quand il traverse un terrain accidenté.



## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

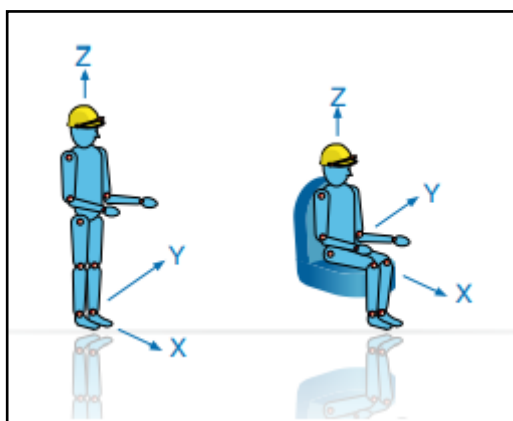
### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

3. **Son accélération** : L'accélération se calcule en fonction de l'amplitude et de la fréquence du mouvement d'oscillation. Elle évolue proportionnellement avec ces deux facteurs. L'accélération est exprimée en  $m/s^2$ .

**Exemple** : une meuleuse peut générer des vibrations avec une accélération de l'ordre de  $7,5 m/s^2$ .

4. **Ses directions de propagation** : L'accélération des mouvements d'oscillation est mesurée dans les trois dimensions.

**Exemple** : Chez les conducteurs d'engins, les vibrations se transmettent principalement dans la direction verticale « z »



#### VI.2. Modes d'exposition aux vibrations

Dans le milieu professionnel on distingue deux modes d'exposition aux vibrations mécaniques :

- les vibrations transmises aux mains et aux bras** : vibrations mécaniques qui, lorsqu'elles sont transmises aux mains et aux bras chez l'homme, entraînent des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, notamment des troubles vasculaires, des lésions ostéo-articulaires ou des troubles neurologiques ou musculaires typiquement dus à l'utilisation de machines-outils.
- les vibrations transmises à l'ensemble du corps** : vibrations mécaniques qui, lorsqu'elles sont transmises à l'ensemble du corps, entraînent des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, notamment des lombalgies et des microtraumatismes de la colonne vertébrale typiquement dus à l'utilisation de véhicules et de machines mobiles autoportées.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### VI.3. Valeurs limites d'exposition aux vibrations

Le règlement grand-ducal du 6 février 2007 (sur la directive européenne 2002/44/CE) fixe les valeurs d'exposition aux vibrations à ne pas dépasser pour l'ensemble du corps et le système main-bras.

Deux valeurs sont fixées pour une exposition journalière de 8 heures à des vibrations :

- Une valeur d'exposition journalière déclenchant une action de prévention,
- Une valeur limite maximale à ne pas dépasser.

Valeur de vibrations d'exposition journalière	Système mains-bras	Ensemble du corps
Valeur déclenchant une action de prévention	2.5 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>
Valeur limite maximale à ne pas dépasser	5.0 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>

**Remarque:** Plus l'accélération d'une vibration est élevée, plus le temps d'exposition doit être réduit.

#### a) Système mains-bras

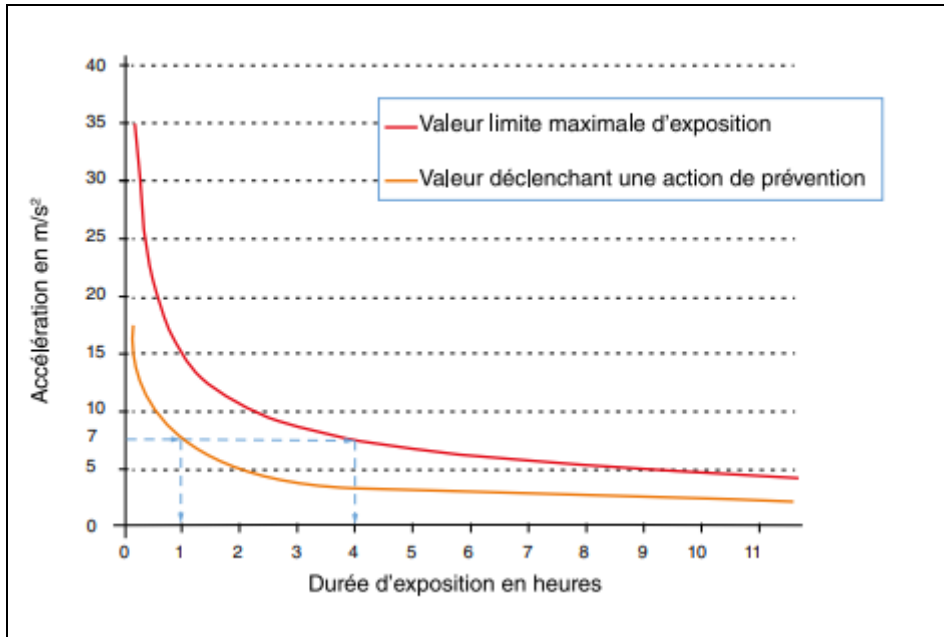
Durée d'exposition en fonction de l'accélération des vibrations

**Exemple :** Un salarié utilise une perceuse qui génère des vibrations ayant une accélération de 7 m/s<sup>2</sup>.

- Ce salarié peut utiliser cette perceuse : jusqu'à 1 heure par jour pour ne pas dépasser la valeur déclenchant une action de prévention,
- en aucun cas plus longtemps que 4 heures par jour pour ne pas dépasser la valeur limite maximale d'exposition.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

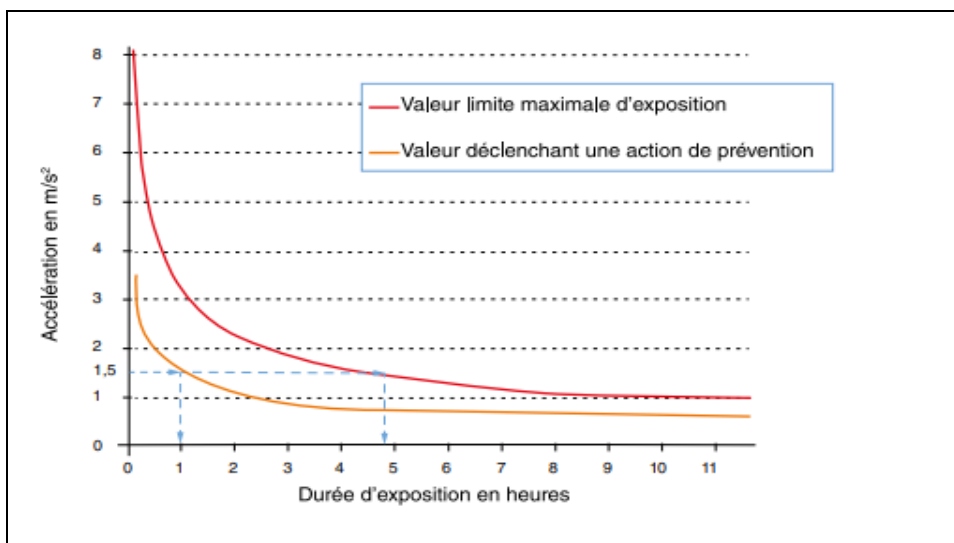


#### b) Ensemble du corps

Durée d'exposition en fonction de l'accélération des vibrations

**Exemple :** Un salarié conduit une pelle de chantier qui génère des vibrations ayant une accélération de  $1,5 m/s^2$ .

- Ce salarié peut utiliser cette pelle de chantier : jusqu'à 1 heure par jour pour ne pas dépasser la valeur déclenchant une action de prévention,
- en aucun cas plus longtemps que 4 heures et 45 minutes par jour pour ne pas dépasser la valeur limite d'exposition.



# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

### VI.4. Moyens de prévention

La réduction des risques professionnels aux vibrations repose sur trois niveaux d'actions : Humain, organisationnel et technique

#### VI.4.1. Moyens humains

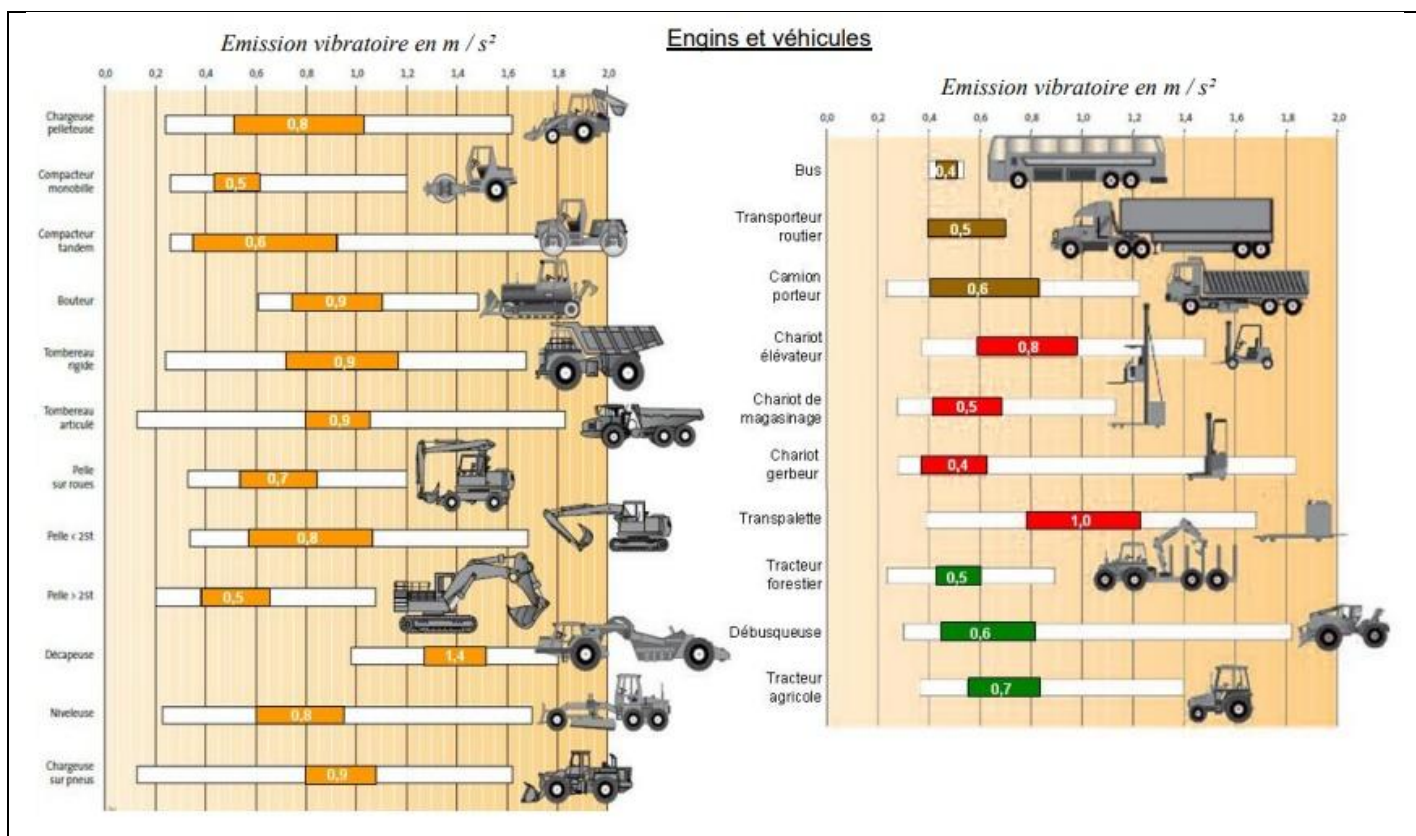
L'évaluation des risques : L'évaluation du risque vibratoire et son intégration dans le document unique permettent d'établir de manière factuelle le niveau d'exposition et d'orienter au mieux les éléments à améliorer.

Afin d'établir une évaluation plus précise, voici une méthode simplifiée qui permet de situer l'exposition des agents dans la collectivité.

Pour ce faire il convient de :

- a) **Définir l'émission vibratoire** de l'engin ou de l'outil en se référant à la notice ou aux documents du fabricant. A défaut, ou si aucun élément n'est indiqué, utiliser les tableaux ci-dessous afin de déterminer l'émission vibratoire.

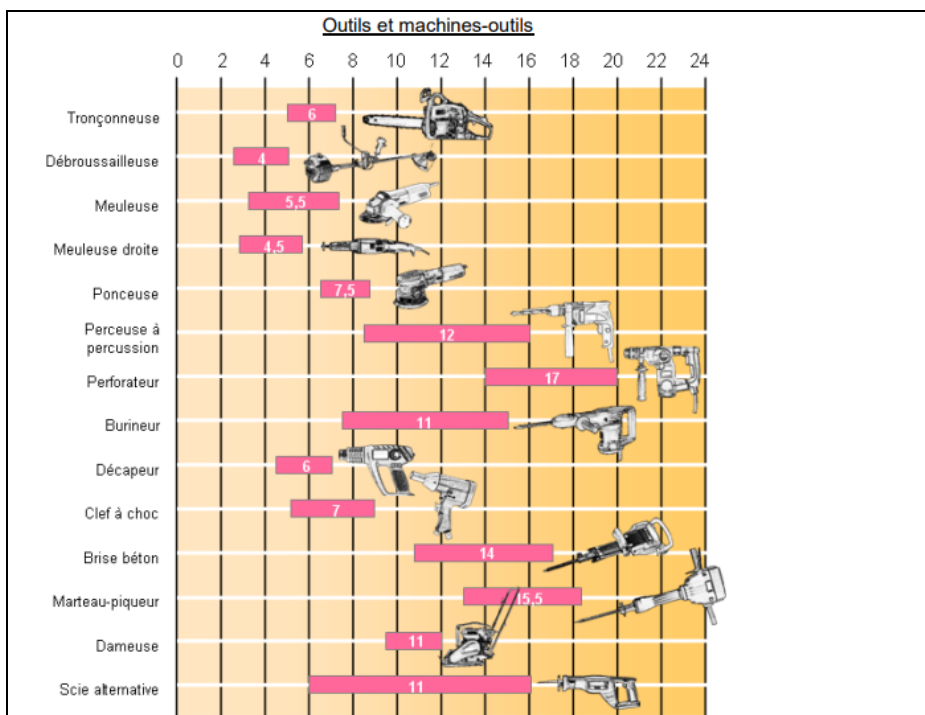
#### ❖ Engins et véhicules



## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### ❖ Outil et machines-outils



En fonction de l'utilisation et de l'état du véhicule/matériel on retiendra la valeur dans la zone colorée au plus proche de la réalité :

- conditions et état favorables (à gauche de la zone colorée) : équipements antivibratoires, bon entretien et réglages corrects, faible usure, conduite à faible vitesse, sol en bon état et régulier...
- conditions normales (valeur indiquée en blanc)
- conditions et état sévères (à droite de la zone colorée) : véhicule ou engin vétuste, défaut d'entretien, conduite sur de longues distances et parfois rapide, sol en mauvais état et irrégulier...

**Exemple 1 :** pour une chargeuse sur pneu :

- Conditions et état favorables : 0,8 m / s<sup>2</sup>
- Conditions normales : 0,9 m / s<sup>2</sup>
- Conditions et état sévères : 1,1 m / s<sup>2</sup>

**Exemple 2 :** pour une perceuse à percussion :

- Conditions et état favorables : 8,5 m / s<sup>2</sup>
- Conditions normales : 12 m / s<sup>2</sup>
- Conditions et état sévères : 16 m / s<sup>2</sup>

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

---

- b) **définir la ou les durées** réelles d'exposition quotidiennes des agents (sur la base de 8 heures) pour chaque engin et/ou outil.
- c) **La formation des agents** : La formation des agents permet, outre la sensibilisation à la thématique, un meilleur emploi des équipements afin d'éviter des conditions d'utilisation sévères.
- **formation au risque vibratoire** comprenant : les pathologies et le signalement des symptômes, les valeurs d'exposition, le résultat de l'évaluation des risques et les moyens de prévention.
  - **formation à l'utilisation des engins et des outils** qu'ils sont amenés à utiliser et, notamment, aux nouveaux équipements.

#### VI.4.2. Moyens organisationnels

##### a) Organisation du travail

- privilégier l'alternance des tâches lorsque les agents sont soumis au risque vibratoire. Ceci implique une polyvalence. Par exemple, les postes de ripeur et de conducteur ou l'utilisation de la débroussailleuse et du souffleur,
- planifier le travail afin d'éviter la réalisation d'une activité exposant au risque vibratoire pendant toute une journée.

##### b) Entretien des équipements

Un bon entretien et une maintenance régulière des équipements assurent une diminution significative de leurs vibrations.

- planifier l'entretien et la maintenance de l'ensemble des outils et des engins : pour ce faire, suivre les recommandations du fabricant,
- réaliser des vérifications périodiques de manière systématique sur les équipements qui le nécessitent,
- organiser le signalement des équipements défectueux ou nécessitant une maintenance particulière,
- remplacer toutes pièces ou parties trop usées ou défectueuses,
- veiller au bon affutage des outils coupant et au bon graissage des parties mobiles de l'ensemble des équipements,
- apporter une attention particulière à l'usure des systèmes antivibratoires : silentblochs, poignets et plots anti-vibrations, amortisseurs, pneumatiques...

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

---

#### c) Moyens techniques

- **Choix des équipements :**

La politique d'achat peut intégrer les qualités de faible niveau de vibrations d'un outil ou d'un engin. La réduction des vibrations par substitution du matériel reste une des solutions les plus efficaces dans le cas d'équipement vétuste. Le choix doit tenir compte :

- des données vibratoires fournies par le fabricant ;
  - de ses systèmes antivibratoires ;
  - de l'ergonomie et du confort de l'outil ou du poste de conduite de l'engin ;
  - des possibilités de réglages ;
  - de la facilité d'utilisation et de prise en main ;
  - de la polyvalence en fonction des différentes conditions d'utilisations parfois difficiles.
- **Systèmes antivibratoires :**
    - le siège ou le poste de conduite : il doit être sur suspension pour absorber les vibrations et réglable dans tous les axes. Sa forme doit être ergonomique afin d'avoir une position de travail correcte.
    - les poignées anti-vibratiles : elles doivent être homologuées ou prévues par le fabricant pour éviter un mauvais choix qui pourrait augmenter les vibrations plutôt que les réduire
    - les amortisseurs, les plots anti-vibrations, les silentblocs : ils ne peuvent généralement pas être ajoutés à l'équipement, il est nécessaire de se rapprocher du fabricant avant toute modification.
    - les matériaux absorbants en élastomères : présents à l'origine sur les équipements, leur usure est à surveiller, ils doivent garder une bonne élasticité.
  - **Equipements de Protection Individuelle (EPI) :**
    - **gants anti-vibration** : ils peuvent être utilisés pour le maniement des outils vibrants. Ils doivent avoir le marquage CE et la norme EN ISO 10819.
    - **vêtements chauds** : le froid accentue les risques de développer des pathologies lorsque les agents sont exposés aux vibrations

# Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

## Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

### VII. Risques acoustiques

**Le bruit** : son complexe. Son indésirable, tout phénomène acoustique produisant une sensation auditive désagréable et gênante (AFNOR). Il est donc source de nuisances ou de risques.

Un bruit se caractérise essentiellement par son niveau et par sa fréquence :

- ❖ Le niveau de bruit, détermine si un son est fort ou faible, se mesure en décibels (dB). Le niveau zéro, 0 dB, correspond au seuil de l'audition humaine.
- ❖ La fréquence, exprimé en Hertz, noté Hz correspond à la hauteur du son. Plus la fréquence d'un son est élevée, plus il est aigu. Dans la gamme des niveaux sonores de la vie courante (faibles à modérés), l'oreille est moins sensible aux sons graves et aigus qu'aux sons médium (compris entre 500 à 2000 Hz).

Pour les niveaux sonores courants, on a ainsi recours au filtre A, le niveau s'exprimant alors en décibel avec pondération A, noté dB(A) ; pour les bruits élevés, tels que les bruits impulsionnels (bruits de chocs, avertisseurs), on utilise le décibel avec pondération C, noté dB(C).

#### VII.2. Sources de bruits dans les installations industrielles

Dans les installations industrielles, le bruit trouve en général son origine dans deux principaux modes de génération :

- a. **les bruits de chocs** engendrés par des vibrations de corps solides (dues elles - mêmes à des chocs, à des frottements ou à des forces alternatives).

**Exemples** : machines tournantes (pompes, compresseurs alternatifs), bandes transporteuses, roulements, ...

- b. **les bruits d'origine aérodynamique ou hydrodynamique** provoqués par les mouvements de gaz, vapeurs ou liquides en turbulence provoquant des chocs de particules les unes contre les autres.

**Exemples** : cavitation dans pompes, vannes automatiques ; vitesse sonique dans éjecteurs, transports pulvérulents, ...

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

#### VII.3. Effets du bruit sur l'appareil auditif

Les cellules ciliées sollicitées trop longtemps par des bruits intenses se “fatiguent”, puis progressivement perdent leur faculté de récupération et peuvent finalement être détruites.

- Une heure est nécessaire, aux cellules ciliées, pour récupérer une exposition de 30minutes à 85 dB(A).
- Les cellules ciliées dédiées aux sons aigus (en particulier les plus sensibles  $\cong$  4000 Hz) sont les premières touchées.
- Comme les cellules nerveuses, les cellules ciliées ne peuvent se renouveler et sont donc détruites de manière irréversible.
- Une dose de bruit reçue trop importante peut engendrer :
  - une gêne auditive transitoire
  - une fatigue auditive avec récupération possible (déficit temporaire)
  - la surdité définitive (perte de la sensibilité auditive).

#### VII.4. Influence du temps d'exposition - Dose de bruit

Les effets du bruit sur l'organisme dépendent du niveau sonore et du temps d'exposition.

$$\text{Dose de bruit} = \text{Niveau sonore} \times \text{Temps d'exposition}$$

La dose de bruit correspond à la quantité d'énergie sonore reçue.

Le tableau ci-dessous indique les durées conduisant à une dose reçue équivalente à celle d'une exposition à un niveau constant (85 dB (A) dans ce cas) pendant 8 heures.

## Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST

### Chapitre 2: Risques liés aux agresseurs physiques

Niveau de pression acoustique continu en dB(A)	Durée journalière d'exposition
85	8 h
88	4 h
91	2 h
94	1 h
97	30 min
100	15 min
103	7 min 30 s
106	3 min 45 s
109	1 min 52 s
112	56,25 s
115	28,13 s
118	14,06 s
121	7,03 s
124	3,52 s
127	1,76 s
130	0,88 s

**"Limites" d'exposition sonore (2005)**

#### VII.5. Effets induits sur l'organisme

Le bruit peut engendrer des dérèglements touchant d'autres fonctions que l'ouïe.

Il occasionne fatigue et troubles :

- du sommeil ;
- du système nerveux : pertes de mémoire, baisse de l'attention et de la vigilance, mauvaise perception des informations, baisse du rendement intellectuel ;
- du comportement : agressivité, nervosité ;
- circulatoires (augmentation de la tension artérielle et du rythme cardiaque)
- digestifs ;
- visuels (vision nocturne, distances) ;
- de communication (non réception d'un ordre, d'un signal d'alarme).

# *Chapitre 3: Risques liés aux agresseurs chimiques*

## I. Définition - Généralités

### I. 1. Agent chimique

Un agent chimique est un ensemble d'éléments chimiques liés les uns aux autres, de manière naturelle ou synthétique. En fonction des éléments présents, le produit dispose de caractéristiques spécifiques. Il peut se présenter sous différentes formes (solide, liquide, gazeux ou en suspension dans l'air). Il existe 2 catégories d'agent chimique :

- **les substances** qui contiennent qu'un élément chimique comme le chlore, l'arsenic...
- **les mélanges de substances** comme les vernis, colles, produits d'entretiens...

### I. 2. Agent chimique dangereux








C'est un agent chimique qui est soit :

- **classé dangereux** par les critères européens (explosible, inflammable, comburant,corrosif...)
- **non classé** mais qui présente un danger pour la santé et la sécurité du fait de ses propriétés comme les produit générés lors des activités professionnelles (poussières de bois, fumées de soudage, gaz d'échappement...)



### I. 3. Classification des produits

- La classification des produits chimiques (substances et mélanges de substances) permet d'identifier les dangers qu'ils peuvent présenter du fait de leurs propriétés physico-chimiques,de leurs effets sur la santé et sur l'environnement.
- Un règlement européen, dit **règlement CLP**, définit comment doivent être classés, étiquetés et emballés les substances et les mélanges. On peut néanmoins rencontrer, sur les lieux de travail ou à domicile, des étiquettes de danger répondant à un système préexistant.
- Ce texte permet de mettre en application, au sein de l'Union Européenne, le **Système Général Harmonisé (SGH)** de classification et d'étiquetage des produits chimiques élaboré au niveau international :

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 3: Risques liés aux agresseurs chimiques**

Pictogrammes CLP/ SGH	Dangers signifiés	Exemple de mesures de prudence
<b>J'explose</b> 	<u><b>Produit Explosif :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipuler et conserver à l'écart des sources de chaleur et autres causes d'étincelles</li> </ul>
<b>Je flambe</b> 	<u><b>Produit inflammable :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau, en dégageant des gaz inflammables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipuler et conserver à l'écart des sources de chaleur et autres causes d'étincelles</li> </ul>
<b>Je fais flamber</b> 	<u><b>Produit comburant :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le produit peut provoquer ou aggraver un incendie</li> <li>Il peut provoquer une explosion en présence de produits inflammables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipuler et conserver à l'écart de la chaleur, des vêtements et autres matières combustibles</li> </ul>
<b>Gaz sous pression</b> 	<u><b>Gaz sous pression :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le produit peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimés, gaz liquéfiés ou gaz dissous)</li> <li>Il peut causer des brûlures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protéger du rayonnement solaire</li> <li>Éviter les contacts avec la peau pour les liquides réfrigérés</li> </ul>
<b>Je ronge</b> 	<u><b>Produit corrosif :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le produit ronge</li> <li>Il peut attaquer (ronger) ou détruire les métaux</li> <li>Il peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conserver dans un récipient résistant à la corrosion</li> <li>Éviter tout contact avec les yeux et la peau, ne pas inhaler</li> </ul>
<b>Je tue</b> 	<u><b>Produit toxique ou mortel :</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le produit peut tuer rapidement</li> <li>Il empoisonne rapidement, même à faible dose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porter un équipement de protection</li> <li>Éviter tout contact (oral, cutanée, par inhalation) avec le produit et laver soigneusement les zones exposées</li> </ul>
<b>Je nuis gravement à la santé</b> 	<u><b>Produit très dangereux pour la santé:</b></u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ce produit peut provoquer le cancer</li> <li>Il peut modifier l'ADN</li> <li>Il peut nuire à la fertilité ou au fœtus</li> <li>Il peut altérer le fonctionnement de certains organes</li> <li>Il peut être mortel en cas d'ingestion et pénétration dans les voies respiratoires</li> <li>Il peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires (ex : asthme...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porter un équipement de protection</li> <li>Se procurer les instructions avant utilisation</li> <li>Éviter tout contact avec le produit et laver soigneusement les zones exposées</li> </ul>

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 3: Risques liés aux agresseurs chimiques**



<p><b>J'altère la santé ou la couche d'ozone</b></p> 	<p><u>Produit dangereux pour la santé:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le produit peut empoisonner à forte dose</li> <li>• Il peut irriter les yeux, la gorge, le nez ou la peau</li> <li>• Il peut provoquer des allergies cutanées</li> <li>• Il peut provoquer somnolence ou vertige</li> </ul> <p><u>Produit dangereux pour la couche d'ozone :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le produit détruit la couche d'ozone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eviter tout contact avec le produit</li> <li>• Ne pas rejeter dans l'environnement</li> </ul>
<p><b>Je pollue</b></p> 	<p><u>Produit dangereux pour l'environnement aquatique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le produit provoque des effets néfastes (à court et à long terme) sur les organismes du milieu aquatique (faune et flore)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne pas rejeter dans l'environnement</li> </ul>

**I. 4. Etiquetage des produits**

Exemple d'étiquette de produits dangereux présents au sein d'une collectivité :

**Phénolphtaléine, solution, 50 mL**

pictogrammes de danger

**DANGER**

mention d'avertissement

**Mentions de danger**

H225      Liquide et vapeurs très inflammables.  
H341      Susceptible d'induire des anomalies génétiques.  
H350      Peut provoquer le cancer.  
H361f     Susceptible de nuire à la fertilité.

**Conseils de prudence**

P201      Se procurer les instructions avant utilisation.  
P210      Tenir à l'écart de la chaleur/des surfaces chaudes/des étincelles/des flammes nues/de toute autre source d'inflammation. Ne pas fumer.  
P280      Porter des gants de protection/des vêtements de protection/un équipement de protection des yeux/du visage.  
P308 + P313    EN CAS d'exposition prouvée ou suspectée : consulter un médecin.

#### **I. 4.1. Mentions de danger**

**Les mentions de danger** sont la ou les phrases qui décrivent la nature du danger que constitue un produit chimique et lorsqu'il y a lieu, le degré de ce danger. Elles sont représentées par la lettre « **H** » suivie de 3 chiffres. Les différents chiffres correspondent aux types de dangers (par exemple la mention H301 est associée aux produits ayant une dangerosité pour la santé en cas d'ingestion).



#### **I.4.2. Conseils de prudence**

**Les conseils de prudence** sont définis par la réglementation en fonction des dangers des produits. Ils indiquent des mesures de prévention ou de protection à suivre par rapport à l'utilisation du produit. Ils sont représentés par la lettre « **P** » suivie de 3 chiffres.

#### **I. 5. Fiche de données de sécurité**

Complémentaire à l'étiquetage, la Fiche de Données de Sécurité (**FDS**) est un document constitué des informations suivantes :

1. Dangers pour la santé et l'environnement ;
2. Indications sur les moyens de protection ;
3. Mesures à prendre en cas d'urgence.

FDS SIMPLIFIEE				
<h1>Méthanol</h1>				
PICTOGRAMMES DE DANGER				
				
MENTIONS DE DANGER				
H225 Liquide et vapeurs très inflammables. H301 + H311 + H331 Toxique par ingestion, par contact cutané ou par inhalation. H370 Risque avéré d'effets graves pour les organes.				
CONSIGNES DE SECURITE				
<b>Protection collective</b>				
Manipuler sous sorbonne.				
<b>Protection individuelle</b>				
				
<b>Stockage</b>				
Tenir à l'écart des produits comburants, de la chaleur, des sources d'inflammation. Stocker dans un endroit bien ventilé.				
<b>Déchets : tri et élimination</b>				
Ne rien rejeter à l'égout. Collecter les contenants vides, les EPI souillés, les liquides de rinçages et les produits chimiques dans les bacs rouges.				
<b>Autres consignes particulières</b>				
Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, des étincelles, des flammes nues et de toute autre source d'inflammation. Ne pas fumer.				
EN CAS D'URGENCE				
Déversement accidentel	Premiers secours : NUMERO D'URGENCE :			Incendie
Appeler les secours. Utiliser le kit de déversement.	Inhalation Transporter la personne à l'extérieur de la zone contaminée. Appeler les secours.	Projection Laver abondamment à l'eau. Appeler les secours	Ingestion Ne PAS faire vomir. Appeler les secours	Utiliser une poudre chimique ou du sable sec pour l'extinction. Appeler les secours.
Rédacteur :	Version numéro	du		

**Exemple de la fiche des données de sécurité**

## II. Stockage des produits chimiques

Le stockage de produits chimiques, s'il ne respecte pas certaines règles, peut entraîner différents risques: réactions chimiques dangereuses, dégagement important de produits nocifs, explosion, incendie... De nombreux paramètres jouent un rôle dans la sécurité du stockage: la structure du local, les modalités de rangement, la quantité de produits stockés, l'incompatibilité des produits...

### II.1. Incompatibilité des produits

Certains produits peuvent réagir les uns avec les autres, provoquant parfois des explosions, des incendies, des émissions de gaz dangereux... Ces produits incompatibles doivent être séparés physiquement.



















- C'est notamment le cas pour les acides forts (pH < 4) et les bases fortes (pH > 10) qui doivent

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 3: Risques liés aux agresseurs chimiques**

être stockés séparément (pas côte-à-côte, pas l'un au-dessus de l'autre, pas sur la même rétention...).

- En complément, l'eau de javel, pouvant être utilisée par les agents, ne doit pas être stockée à proximité des produits acides.

**Tableau des incompatibilités des produits chimique**

									
	○	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	+
	✗	+	○	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	✗	○	+	✗	○	✗	✗	✗	✗
	✗	✗	✗	+	✗	✗	✗	+	✗
	✗	✗	○	✗	A/B	○	○	○	○
	✗	✗	✗	✗	○	+	+	+	+
	✗	✗	✗	✗	○	+	+	+	+
	+	✗	✗	+	○	+	+	+	+
	✗	✗	✗	✗	○	+	+	+	+



Ne peuvent pas être stockés ensemble



Peuvent être stockés ensemble sous certaines conditions

A/B

Acides (pH<4) et bases (pH>10) ne doivent pas être stockés ensemble



Peuvent être stockés ensemble

- Si un produit comporte plusieurs pictogrammes de danger, suivre l'ordre du tableau (de gauche à droite ou de haut en bas).

- Des bacs de rétention sont recommandés pour le stockage des produits liquides notamment les comburants, les inflammables et les corrosifs.



## II.2. Lieu de stockage

La conception et l'aménagement des lieux de stockage (local, armoire...) va dépendre des produits (inflammables, explosifs...), des contenants, de la quantité consommée...

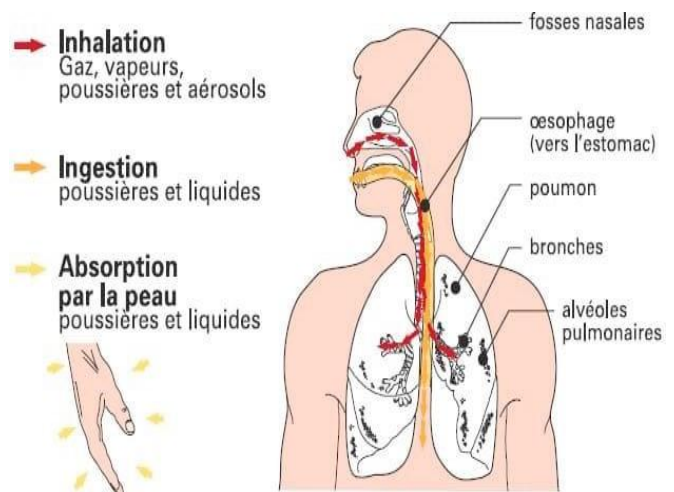
- Le lieu de stockage doit permettre une circulation aisée des agents et de leurs équipements de manutention si nécessaire (chariot d'entretien, diable...). Pour cela, la largeur minimale de circulation doit être de 80 cm.
- Le local doit être ventilé. Cela peut se faire soit par une ventilation mécanique, soit par une ventilation naturelle comprenant une entrée en partie basse et une sortie à l'opposé en partie haute.
- La température du local doit être maintenue à un niveau approprié en fonction des produits stockés.

## III. Risques chimiques

### III.1. Voies de pénétration des produits chimiques dans l'organisme

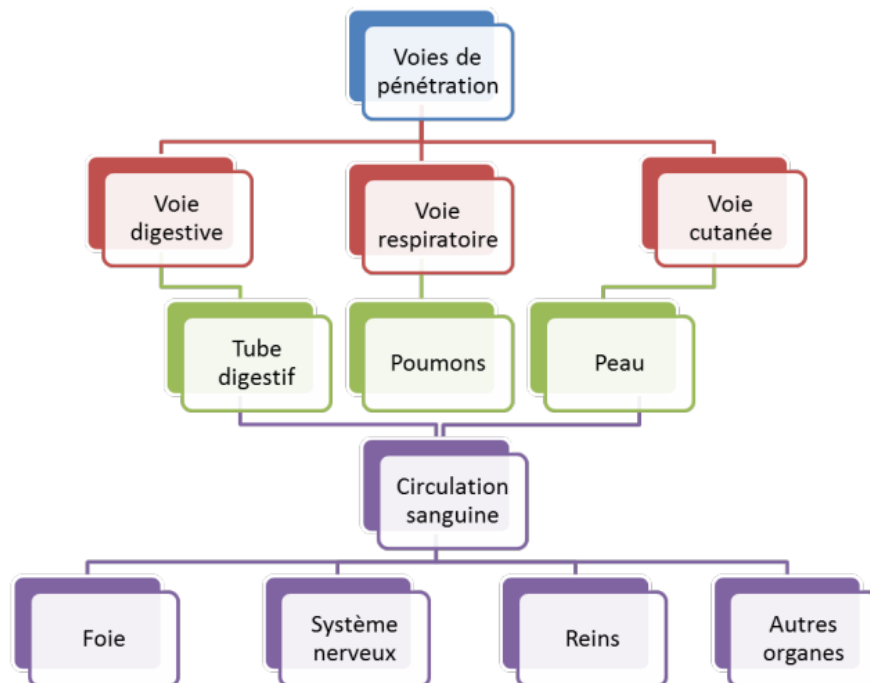
Pour définir l'impact d'un produit chimique et le risque qu'il représente, on considère qu'il y a 3 voies de pénétration générales dans le corps humain :

1. **inhalation** : c'est la voie de pénétration la plus rapide de par le transfert presque instantané de l'air inspiré au sang puis aux organes irrigués.
2. **ingestion** : il s'agit de l'absorption du produit par la bouche.
3. **contact cutané** : cela concerne les éléments en contact avec la peau. Certains produits peuvent franchir la barrière de la peau (solvants disposant d'une propriété de dissolution des graisses facilitant le franchissement de la barrière épidermique).



### III.2. Dispersion des agents chimiques dans l'organisme

Une fois la barrière du corps franchi, le produit se diffuse dans l'organisme via le système sanguin. Il peut alors atteindre aisément tous les organes et provoquer des troubles divers et nombreux dans l'organisme.



#### Voies de pénétration et le devenir des produits chimiques dans l'organisme

### III.3. Effets des produits chimiques sur la santé

La nature des effets des produits chimiques sur la santé dépend de plusieurs paramètres :

- **caractéristiques** du produit chimique concerné (toxicité, nature physique...);
- **voies de pénétration** dans l'organisme (respiratoire, cutanée ou digestive);
- **mode d'exposition** (niveau, fréquence, durée...);
- **état de santé** et autres expositions de la personne concernée (pathologies existantes, prise de médicaments, consommation d'alcool ou de tabac, expositions environnementales...).

Ces effets peuvent apparaître :

- en cas d'exposition à un produit chimique sur une brève durée (**intoxication aiguë**) : brûlure, irritation de la peau, démangeaisons, convulsions, ébriété, perte de connaissance, coma, arrêt respiratoire...
- après des contacts répétés avec des produits chimiques, même à faibles doses, (**intoxication**

**chronique**) : eczéma ou asthme, silicose, cancer, insuffisance rénale, troubles de la fertilité...

### III.4. Conséquences du risque chimique

Les conséquences possibles sur la santé de l'homme au travail, lors de la mise en œuvre de produits chimiques, peuvent être de deux natures : *les accidents de travail* et *les maladies professionnelles*.

#### III.4.1. Accident de travail

Il peut survenir dans tous les types d'industries au cours de l'utilisation de substances chimiques ou de produits en contenant, notamment lors de travaux de fabrication, d'opérations d'entretien, de manutentions et de transvasements. Il se révèle de façon soudaine et brutale et se traduit par : **un incendie, une explosion, des brûlures, des asphyxies, des intoxications aiguës, des réactions dangereuses.**

**a. Incendie** : La réaction de combustion à l'origine de l'incendie nécessite la présence simultanée de trois éléments : un combustible, un comburant, une source d'énergie qui forme le triangle de feu.

**b. Explosion** : Dans certaines conditions, lorsque les produits combustibles sont mélangés à l'air sous forme de gaz, de vapeurs, de brouillard ou de poussières, la réaction de combustion peut être extrêmement rapide, violente et libère en un court instant une quantité d'énergie élevée : c'est l'explosion.

**c. Brûlures** : On distingue les brûlures thermiques des brûlures chimiques.

- **Brûlures thermiques** sont les conséquences :
  - Du contact avec des produits portés à haute température suite à incendie et/ou explosion
  - Du contact avec des liquides cryogéniques (air ou azote liquide...),
  - Du contact avec des produits chauds (enrobés bitumineux, vapeurs surchauffées...).
- **Brûlures chimiques** sont des lésions sévères de la peau, des muqueuses oculaires et respiratoires apparaissent généralement immédiatement au contact :
  - De produits corrosifs tels que les acides concentrés (chlorhydriques, sulfuriques, nitrique, fluorhydrique...) et les alcalins concentrés (soude, potasse...),
  - De produits oxydants forts (eau oxygénée concentrée...),
  - De phénol et de chlore...

*d. Asphyxie* : La concentration d'oxygène dans l'air ambiant est de l'ordre de 21%. Elle ne doit jamais être inférieure à 19%. Ce risque est présent dans les locaux fermés et non ventilés (puits, cuves, silos, réacteurs, sous-sol, galeries de service, bassins, réservoirs...).

L'asphyxie peut se produire lorsque l'oxygène de l'air a été consommé par combustion, par la respiration, par l'oxydation lente d'un métal (accompagnée de formation de rouille dans le cas du fer, par exemple), ou lorsqu'il se trouve dilué dans ou remplacé par un gaz inerte vis-à-vis de la respiration (azote, dioxyde de carbone)...

*e. Intoxication aiguë* : Elle est liée à la toxicité d'une substance. La toxicité de cette substance sur l'organisme peut engendrer un effet toxique instantané après absorption importante avec comme conséquence la mort. Exemple : acide cyanhydrique, ammoniac, chlore. Ce risque lors de la défaillance technique d'une installation (rupture de canalisation, emballement de réaction, fuite ou ouverture accidentelle d'un récipient...) ou suite à l'ingestion accidentelle, ou volontaire, de produits par exemples conditionnés dans des emballages alimentaires.

*f. Réactions dangereuses* : Des produits instables ou incompatibles entre eux sont parfois à l'origine d'accidents. Ils peuvent donner lieu à des

- Décompositions explosives sous l'effet de la chaleur, d'un choc, de l'humidité, d'impuretés, de catalyseurs (par exemple : nitrocellulose, peroxydes organiques, oxyde d'éthylène). Certains peuvent s'enflammer spontanément à l'air (produits pyrophoriques tels que le phosphore ou les hydrures).
- Réactions violentes avec des projections, dégagements de vapeurs et de gaz dangereux, inflammation et/ou explosion...

#### **III.4.2. Maladie professionnelle**

Elle survient progressivement suite à une exposition plus ou moins prolongée à des produits dangereux, lors de l'exercice habituel de la profession. Ces maladies sont très diverses et peuvent engendrer des altérations de la santé dont certaines, très graves, peuvent avoir comme conséquence la mort. Le plus souvent, ces maladies apparaissent après des expositions multiples, répétées, à de faibles doses de produit : c'est **l'intoxication chronique**. Parfois même elles peuvent apparaître plusieurs mois, voire plusieurs années après la cessation de l'exposition de l'opérateur au produit en cause. Dans le cas des cancers, ce temps de latence peut être très long (10 ans et plus).

**Maladies associées à des produits courants**

MALADIES	ELEMENTS EN CAUSE
Maladies de l'appareil respiratoire (pneumoconioses, asthmes ...)	Poussières de silice, de bois, de coton, de fibres d'amiante, isocyanates organiques...
Maladies de l'appareil circulatoire, du cœur, du sang (leucémies, infarctus, anémies)...	Benzène, plomb, oxyde de carbone, trichloroéthylène, pesticides...
Maladies de la peau et des muqueuses (irritations, ulcérations, eczémas)	Solvants, ciments, résines époxydiques, huiles, graisses, acide fluorhydrique...
Maladies du système nerveux (polynévrites, tremblements, troubles psychiatriques)	n-Hexane, plomb, solvants, mercure, oxyde de carbone...
Maladies des reins, de la vessie, du foie (néphrites, hépatites...)	Tétrachlorure de carbone, plomb, mercure, cadmium, amines aromatiques...
Cancers (cutanés, osseux, broncho-pulmonaires, de la vessie, leucémies ...)	Fibres d'amiante, poussières de bois, benzène, amines aromatiques, arsenic...

Les risques de maladies professionnelles dépendent essentiellement de :

- L'état physique des produits (vapeurs, poussières, aérosols, fumés, brouillards), qui conditionnent en partie leur agressivité sur l'organisme humain,
- Leur caractéristiques physico-chimiques et toxicologie,
- Type de contact avec ces produits (inhalation, ingestion, contact cutané),
- Voie de pénétration dans l'organisme (voie respiratoire, voie digestive, voie cutanée).

### III.5. Connaître les risques

Selon leurs caractéristiques, la manière dont ils pénètrent dans le corps et la quantité absorbée, les produits chimiques peuvent altérer plus ou moins gravement la santé. Certains, agissent comme des poisons diffusant dans tout le corps par le sang. Cet empoisonnement peut être brutal : **c'est l'intoxication aiguë**, elle peut être **mortelle**. Si l'exposition a lieu pendant de longues périodes ou répétée : **c'est l'intoxication chronique**. Il est à signaler que les effets de cette intoxication ne disparaissent pas toujours avec l'arrêt de l'exposition. Les réactifs chimiques sont qualifiés de **toxiques** ou de **nocifs** et peuvent causer des atteintes profondes de l'organisme. Ils sont

- **Cancérogènes** : provoquer des cancers ou en augmenter la fréquence.
- **Mutagènes** : entraîner des mutations génétiques pouvant provoquer des cancers.
- **Térogènes** : produire des malformations sur l'embryon.

Il existe deux catégories de produits dont les effets sont locaux et limités à l'endroit du contact

avec le corp.

- ✓ **Corrosifs** : Ils exercent une action destructrice des tissus vivants. Ils brûlent la peau et les muqueuses et peuvent provoquer des lésions parfois très graves.
- ✓ **Irritants** : ils provoquent des démangeaisons, rougeurs, ou inflammation des voies respiratoires.
- ✓ **Sensibilisants ou allergisants** : ils ne provoquent des réactions que chez certains individus.

#### **IV. Prévention contre les risques chimiques**

Dès lors qu'il y a exposition à des risques chimiques, les mesures de prévention à mettre en œuvre tiennent compte de la gravité du risque, et en particulier des effets cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (**CMR**).

L'autorité territoriale doit en premier lieu **évaluer les risques** présents dans sa collectivité.

- Il s'agit de repérer tous les produits présents ou susceptibles d'être rencontrés dans la collectivité. Les résultats de cette évaluation doivent être consignés dans le Document Unique d'évaluation des risques professionnels.
- Une fois les risques identifiés, les mesures à mettre en œuvre doivent donner la priorité à la suppression ou la substitution des produits dangereux par d'autres produits moins dangereux.
- Quand ni la suppression ni la substitution ne sont réalisables, un ensemble d'actions doit permettre de réduire le plus possible le niveau du risque, les quantités de produits dangereux, le nombre d'agents exposés ou encore la fréquence ou la durée des expositions.

Ces mesures peuvent être d'ordre organisationnel ou technique. La priorité est toujours donnée aux mesures de protection collective.

Le port d'équipements de protection individuelle (**EPI**) contre le risque chimique peut être préconisé quand les mesures de protection collective sont insuffisantes ou impossibles à mettre en œuvre.

Toute démarche de prévention des risques chimiques doit nécessairement s'accompagner des mesures suivantes complémentaires :

- ❖ Information et formation des agents ;
- ❖ Application de mesures d'hygiène (individuelle et collective) ;
- ❖ Définition et diffusion des procédures d'urgence ;
- ❖ Suivi de l'état de santé des agents exposés.

# *Chapitre 4: Risques liés aux agresseurs biologiques*

## I. Définition - Généralités

### I.1. Agents biologiques

La plupart des agents biologiques sont des êtres vivants microscopiques, invisibles à l'œil nu. Ils sont présents partout, chez les êtres vivants, dans l'environnement et dans les milieux de travail.

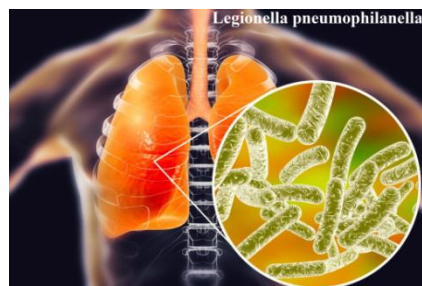
Les agents biologiques (bactéries, champignons, virus...) peuvent être à l'origine de maladies chez l'homme : infections, intoxications, allergies et parfois cancers.

### I.2. Catégories d'agents biologiques

On les classe en grandes catégories : bactéries, champignons microscopiques, virus, parasites et prions. Ils sont identifiés notamment par leur nom latin de genre et d'espèce.

Par exemple, dans *Legionella pneumophila*, *Legionella* est le genre et *pneumophila* l'espèce.

Lorsqu'un agent biologique est désigné par son nom latin, celui-ci s'écrit en italique, ce qui n'est pas le cas pour le nom français (légionelle par exemple).



## 1. Bactéries

Micro-organismes composés d'une seule cellule (1 à 10 micromètres), en forme de bâtonnet (alors appelés bacilles) ou sphérique (appelés coques).

### Exemples :

- **Bacilles** : *Mycobacterium tuberculosis* (agent responsable de la tuberculose).



*Mycobacterium tuberculosis*

- **Coques** : *Staphylococcus aureus* (ou staphylocoque doré).

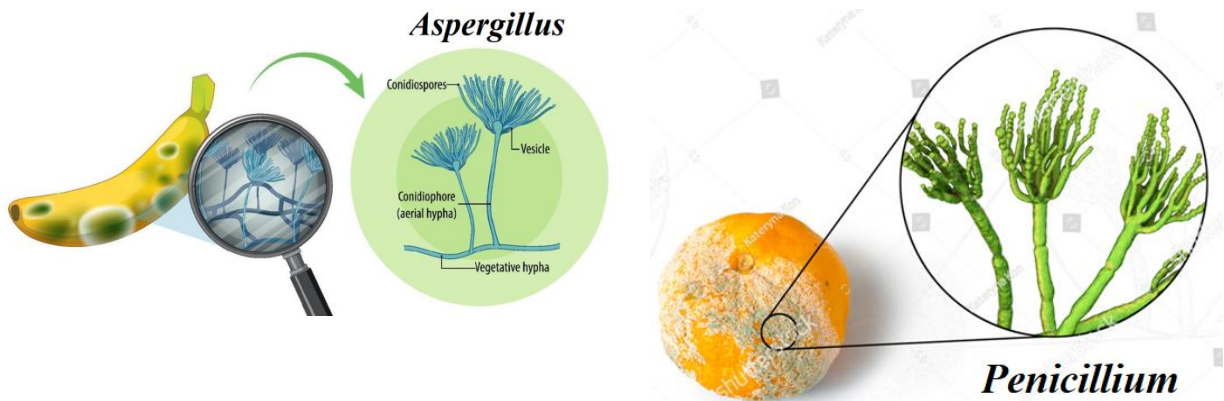


*Staphylococcus aureus*

## 2. Champignons microscopiques

Micro-organismes (1 à 100 micromètres) pouvant être composés d'une cellule (les levures) ou de plusieurs cellules (les moisissures). Les spores de moisissures (ou spores fongiques) se dispersent facilement dans l'environnement.

**Exemples :** - Moisissures : *Aspergillus* et *Penicillium*.



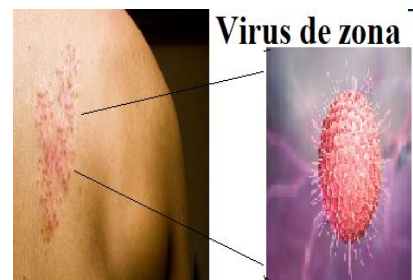
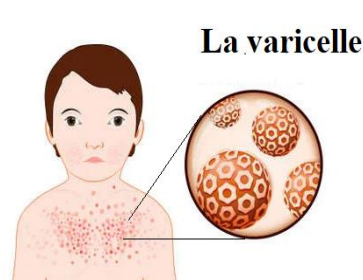
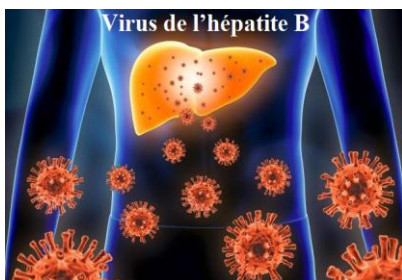
- Levures : *Candida* et *Cryptococcus*.



## 3. Virus

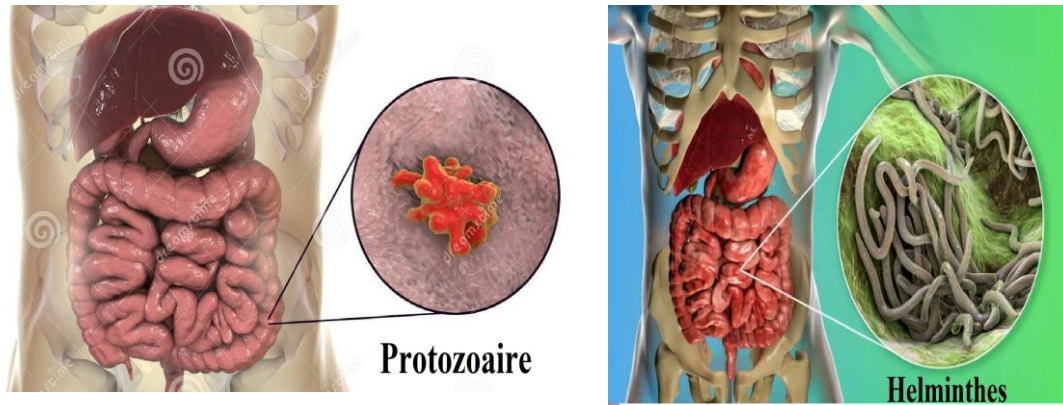
Entités non cellulaires (autour de 0,1 micromètre) ne pouvant vivre et se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante spécifique de l'homme, d'animaux, d'insectes, de plantes ou de micro-organismes.

**Exemples :** Virus de l'hépatite B (VHB), virus de la varicelle et du zona.



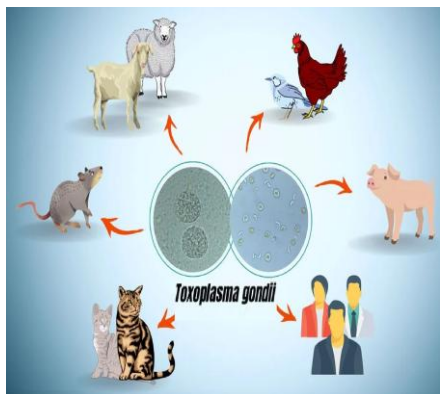
#### 4. Endoparasites

Micro-organismes vivant à l'intérieur et aux dépens d'un organisme d'une autre espèce.  
Protozoaires : constitués d'une cellule avec noyau, présentant une très grande diversité de taille (de 10 micromètres à 2 cm). Helminthes : vers aplatis ou cylindriques (de 50 micromètres à 8 m).



**Exemples :** - *Toxoplasma gondii* (agent de la toxoplasmose).

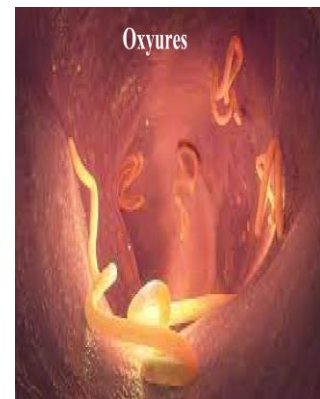
- Ascaris et oxyures.



*Toxoplasma gondii*



Ascaris



oxyures

#### 5. Prions ou agents transmissibles non conventionnels (ATNC)

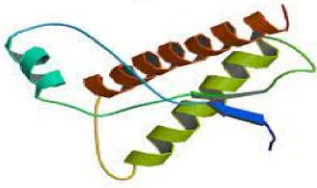
Protéines (autour de 0,01 micromètre) responsables

de maladies dégénératives du système nerveux central chez l'homme et certains animaux.

**Exemples :** - Agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ou maladie de la vache folle) chez les bovins.

- Agent de la maladie de Creutzfeldt-Jakob chez l'homme.

### Prion (protéine)



- Comme tout être vivant, un agent biologique a besoin d'éléments nutritifs et de certaines conditions environnementales pour vivre et se reproduire. Sa durée de vie est également limitée.

### I.3. Effets sur la santé

La plupart des agents biologiques sont inoffensifs pour l'homme. Certains sont même utilisés par l'homme pour la production de produits alimentaires (pain, fromages...) et dans les biotechnologies (production de vaccins, d'insuline, d'anticorps...). Certains peuvent néanmoins être à l'origine de maladies plus ou moins graves chez l'homme.

Les effets sur la santé sont très variables : ils dépendent notamment de la nature de l'agent biologique en cause, des conditions d'exposition et de certains facteurs individuels.

On distingue quatre types de risques pouvant résulter d'une exposition à des agents biologiques : infectieux, immuno-allergiques, toxiques, cancérogènes.

**1. Risques infectieux** : dus à la pénétration puis à la multiplication d'un micro-organisme dans le corps comme la tuberculose et hépatite B.

La réglementation classe les agents biologiques en fonction de leur risque infectieux en 4 groupes de pathogénicité croissante noté de 1 à 4 (tableau 1). Ce classement basé sur:

- La pathogénicité chez l'homme;
- Le danger pour les travailleurs;
- Les possibilités de propagation dans la collectivité;
- L'existence ou non d'une prophylaxie (prévention technique ou médicale) ou d'un traitement.

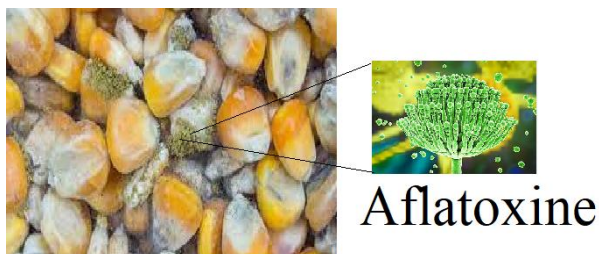
**Tableau 1:** Critères de classement de la pathogénicité

groupe	Pathogénicité chez l'homme	Danger pour les travailleurs	Possibilité de propagation	Existence d'une prophylaxie ou d'un traitement
1	NON	NON	NON	/
2	OUI	OUI	Peu probable	OUI, généralement
3			Possible	OUI, généralement
4			Risque élevé	NON, généralement

**2. Risques immuno-allergiques :** sont réactions d'hypersensibilité dues à une défense immunitaire trop importante ; résultant de la présence dans l'organisme, d'un allergène pouvant provenir d'un agent biologique. Comme la Rhume ou l'asthme.

**Note :** les agents biologiques ne sont pas les seules sources de réactions allergiques, on citera par exemple l'action de certains végétaux (ex : les pollens) ou de certaines molécules chimiques de synthèse (ex : les isocyanates)

**3. Risques toxiques :** est un ensemble de troubles résultant de l'action exercée sur l'organisme par une ou des toxine(s) issue(s) d'agents biologiques. Comme les aflatoxines produites par des moisissures dans certaines conditions d'humidité et de température.



**4. Risques cancérogènes :** est une tumeur maligne formée par la multiplication désordonnée de cellules. Par ailleurs, quelques études épidémies biologiques suggèrent un excès de cancers dans des professions où les travailleurs sont en permanence exposés, à de multiples agents biologiques : élevages d'oiseaux, métiers de la viande, agriculture, etc.

Le classement du CIRC (Centre international de recherche sur le cancer), établi par des commissions d'experts internationaux en cancérogénèse, définit cinq catégories des agents cancérogènes :

- ✓ Groupe 1 : L'agent est cancérogène pour l'homme.
- ✓ Groupe 2 A : L'agent est probablement cancérogène pour l'homme.

- ✓ Groupe 2 B : L'agent est peut-être cancérigène pour l'homme.
- ✓ Groupe 3 : L'agent est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme.
- ✓ Groupe 4 : L'agent n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

#### **I.4. Activités exposants aux agents biologiques**

Les travailleurs peuvent être exposés à des agents biologiques dans deux types de situations :

1. Dans les situations d'utilisation délibérée, on connaît l'identité précise des agents biologiques mis en œuvre, les quantités utilisées, les étapes du procédé où leur présence est nécessaire. Exemple : les laboratoires de recherche et de développement, les industries pharmaceutiques...
2. Dans une situation d'exposition potentielle, les agents biologiques ne sont pas introduits.
  - Dans le procédé industriel, mais ils l'accompagnent soit du fait de l'activité elle-même (métiers de la santé, du traitement de l'eau ou des déchets...), soit du fait des caractéristiques de l'activité: chaleur, humidité et présence de nutriments favorisant l'installation et le développement d'agents biologiques (papeteries, industrie du coton...);
  - Travaux au contact d'humains ou de produits d'origine humaine;
  - Travaux au contact d'animaux ou de leurs produits;
  - Industries et laboratoires agroalimentaires;
  - Assainissement et maintenance.

#### **II. La chaîne de transmission ou chaîne épidémiologique**

Tous ces agents biologiques se propagent dans des réservoirs qui peuvent être environnementaux (eaux, sol, plantes) ou vivants (humains, animaux). Certains agents biologiques pathogènes pour l'homme ont été classés dans des groupes de risques.

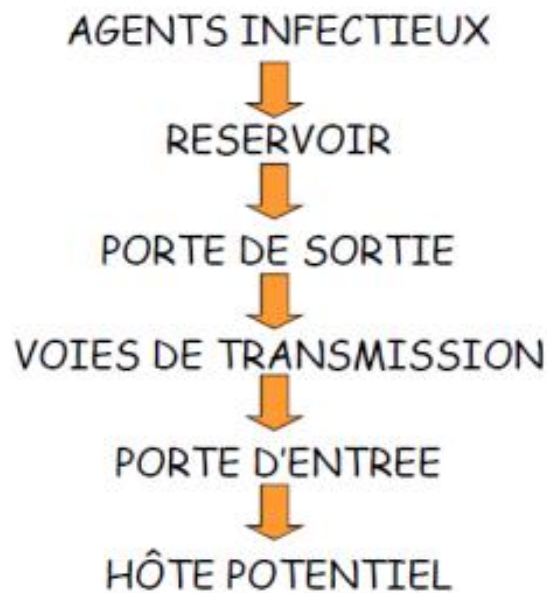
Lorsque les humains sont exposés à ces agents biologiques, ils peuvent développer des maladies comme : une infection, une allergie, une intoxication, voire un cancer. Par exemple les micro-organismes peuvent pénétrer dans l'organisme par l'air que nous respirons. De fines gouttelettes contenant les micro-organismes sont éjectées dans l'air, c'est le cas pour la transmission du virus de la grippe A ou du Covid-19.

Lorsqu'un micro-organisme est viable dans l'environnement, il se transmet plus facilement. Ainsi, les micro-organismes se propageant par l'air sont les plus contagieux. C'est pourquoi, dans certaines situations professionnelles, il est possible de mesurer la concentration des agents biologiques en suspension dans l'air (bioaérosols) au moyen d'une stratégie de prélèvements bien définie.

Il n'existe actuellement aucune valeur limite réglementaire concernant les agents biologiques pathogènes dans le cas des expositions professionnelles. Cependant, le réseau de prévention des risques a défini des valeurs guide pour la mesure des endotoxines dans l'air et il existe des valeurs seuils pour la mesure des légionelles dans l'eau des installations à risque.

De ce fait, nous devons connaître la chaîne de transmission pour une prévention efficace.

La chaîne de transmission de l'infection est composée de **six maillons**, à savoir : **l'agent infectieux, le réservoir, la porte de sortie, le mode de transmission, la porte d'entrée et l'hôte réceptif**. La transmission a lieu lorsque les six éléments de la chaîne de transmission sont présents. Il est possible de prévenir une transmission en brisant n'importe lequel des maillons de cette chaîne.



### Schéma de la chaîne de transmission

#### II.1. L'agent infectieux

C'est un micro-organisme transmissible. Il peut être une bactérie, un virus, un champignon, un parasite ou un prion. Il appartient soit à la flore endogène (micro-organismes de l'individu) ou à la flore exogène (source externe de l'utilisateur).

#### II.2. Le réservoir

Les réservoirs de germes sont les milieux dans lesquels les agents biologiques évoluent, et d'où ils peuvent contaminer les salariés. C'est la source de l'infection, le lieu dans lequel s'accumulent et prolifèrent les agents biologiques: Le réservoir peut être vivant (humain, animal...) ou inanimé (seringue, eau...).

**a. Réservoir humain :** une personne est infectée et risque de contaminer un soignant par

exemple (rougeole, et grippe ...). Les micro-organismes peuvent se retrouver sur la peau, dans le sang, les liquides biologiques, les sécrétions, etc.

**b. Réservoir animal :** un animal peut être à l'origine de la contamination (maladie de la vache folle ...).

**c. Réservoirs environnementaux:** l'eau, l'air, le sol et les surfaces peuvent être porteurs de germes dangereux pour la santé (légionelles dans l'eau des douches, tétanos dans la terre). L'environnement inanimé ou le matériel de soins partagé d'un usager à l'autre peuvent également être un réservoir et constituer une source d'infections nosocomiales.

### **II.3. Les portes de sortie**

C'est le chemin que prend l'agent infectieux pour quitter le réservoir. De ce fait et pour qu'il y ait risque d'exposition, il faut que les agents infectieux puissent sortir du réservoir ou que le travailleur puisse avoir accès à ce réservoir. Ainsi, les modalités par lesquelles les micro-organismes sortent de leur réservoir avant transmission sont essentielles à connaître pour déterminer les mesures de prévention. Cette porte peut être par exemple, les voies respiratoires qui expulsent des sécrétions contaminées lors d'un éternuement ou la toux. Il pourrait s'agir aussi d'un bris de peau avec un saignement ou une plaie avec un exsudat. Il faut remarque que lorsque le réservoir est associé à l'environnement la porte de sortie peut être plus difficile à identifier.

### **II.4. La transmission**

La transmission peut être directe (contact avec les agents infectieux sortant de leur réservoir) ou indirecte (contact avec des objets souillés par ces agents pathogènes: linge, litières ...). En milieu professionnel, elle peut se faire essentiellement par voie aérienne, par contact avec la peau ou les muqueuses, par inoculation (accident, morsure ou piqûre d'insecte) ou par voie digestive. Le mode de transmission varie selon le type de micro-organismes. De plus, certains agents infectieux peuvent être transmis par plus d'un mode.

### **II.5. Les portes d'entrée**

C'est la voie par laquelle un agent infectieux pénètre dans un hôte. Elles sont liées aux différents modes de transmission : voies respiratoires pour la transmission aérienne, muqueuses et/ou peau au cours d'un contact, voie sanguine lors d'une piqûre ou d'une blessure, voie digestive en portant les mains ou un objet à la bouche, à savoir :

- ❖ **voie digestive**, lors de l'absorption de plats contaminés (toxi-infection alimentaire, alimentation avec des mains sales ...).
- ❖ **voie respiratoire**, lors de l'inhalation d'air ou d'aérosols contaminés (tuberculose,

légionellose, grippe ...).

- ❖ **voie cutanée ou muqueuse**, lors du contact par la peau ou les muqueuses avec un réservoir de germe (mycoses, furonculoses liées aux huiles usagées ...).
- ❖ **voie sanguine**, lors d'accident par coupure ou piqûre avec des objets ayant servi à des actes de soins (bistouri, seringues ...).

## **II.6. L'hôte potentiel**

Personne réceptive à l'égard de l'agent infectieux (micro-organisme) soit, par exemple, parce que son système immunitaire est affaibli ou qu'elle ne possède pas les anticorps nécessaires pour lutter contre l'infection, ou qu'elle présente des récepteurs cellulaires appropriés pour accueillir l'agent. Dans le cas des risques liés aux agents infectieux en milieu professionnel, il s'agit du travailleur qui se trouve en bout de chaîne de transmission. Il va être contaminé et pourra développer la maladie si l'exposition est suffisamment importante et s'il n'est pas protégé.

Un exemple pour illustrer une chaîne de transmission. La leptospirose (la maladie du rat) qui est une maladie bactérienne présente dans le monde entier. La transmission se fait vers l'homme par contact avec l'eau, la terre ou des aliments contaminés par l'urine d'animaux infectés. Ses principaux réservoirs sont les rongeurs, en particulier les rats, qui excrètent la bactérie dans leur urine. Chez l'homme, la maladie est souvent bénigne, mais peut conduire à l'insuffisance rénale, voire à la mort dans 5 à 20% des cas.

Dans ce cas : Réservoir: le rat → Portes de sortie : urine de rat → Transmission : directe, par contact au niveau des mains → Portes d'entrée: voie cutanée (peau lésée) → Hôte potentiel: égoutier travaillant sans gants.

## **III. Prévention**

La prévention des risques biologiques consiste à rompre la chaîne de transmission le plus en amont possible, en agissant prioritairement sur le réservoir. Les mesures d'organisation du travail, de protection collective et individuelle peuvent être complémentaires. Ces mesures de prévention doivent être adaptées à l'activité professionnelle considérée, en fonction de l'évaluation des risques réalisée au préalable.

Elles doivent être accompagnées par l'information et la formation du personnel.

La prévention des risques biologiques consiste à trouver des solutions pour rompre la chaîne de transmission en agissant à différents niveaux :

- **Agir sur le réservoir:** dépister et traiter au plus tôt les individus réservoir (ex abattage d'un troupeau en cas d'infection), nettoyer, désinfecter, stériliser lorsque cela est

nécessaire, lutter contre la prolifération d'insectes et de rongeurs susceptibles de diffuser des agents pathogènes.

- **Empêcher l'accès au réservoir** : fermer les portes de sortie (gestion des déchets, confinement des réservoirs).
- **Agir sur la transmission**: isoler les individus contagieux, séparer les zones contaminées des zones non contaminées, appliquer quand c'est possible le **principe de marche en avant** (du sale vers le propre sans possibilité de retour en arrière); améliorer la qualité de l'air par ventilation et assainissement de l'air (diminution du risque de transmission par inhalation).
- **Hygiène** : Le respect des règles d'hygiène est essentiel dans la vie courante mais plus encore dans le travail ou l'exposition aux toxiques chimiques et contaminants biologiques est plus intense et prolongée : les mesures d'hygiène au travail sont assez simples à mettre en œuvre, permettent de limiter les risques d'apparition de maladies professionnelles et doivent précéder et accompagner les recours aux équipements de protection individuelle et aux installations de protection collective.

De plus, l'hygiène au travail, la propreté des locaux reflètent l'image de marque de l'établissement, participent à la satisfaction des salariés, et contribuent à la qualité de l'accueil. L'hygiène au travail repose à la fois sur des obligations de l'employeur (mise à disposition d'installations sanitaires, vestiaires, local de restauration, nettoyage et aération des lieux de travail...) et sur des comportements individuels (lavage des mains, port des vêtements de travail, nutrition ...).

De façon à intégrer l'hygiène aux comportements quotidiens des travailleurs, l'information et la formation aux bonnes pratiques d'hygiène personnelle au travail sont indispensables, notamment dans les métiers salissants (chantiers du BTP, assainissement ...) et/ou fortement exposés aux risques chimiques et biologiques (industries agro-alimentaires, agriculture et élevage, établissements de soins ...).

- **La vaccination**: les défenses immunitaires peuvent être stimulées par la vaccination, un moyen de prévention très efficace, mais le nombre d'agents infectieux pour lequel on dispose d'un vaccin est malheureusement très limité. Le calendrier vaccinal prévoit les recommandations vaccinales pour la population générale et pour les professionnels.

*Chapitre 5: Risques liés aux  
agresseurs environnementaux*

## **I. Rayonnements**

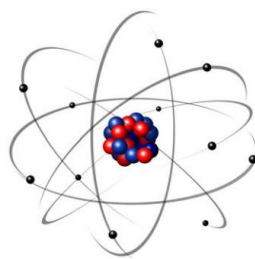
### **I.1. Définition - Généralités**

Le rayonnement est de l'énergie sous forme d'ondes ou de faisceaux de particules. Il y a plusieurs sortes de rayonnement tout autour de nous. Lorsque les gens entendent le mot rayonnement, ils pensent souvent à l'énergie atomique, au nucléaire et à la radioactivité, mais le rayonnement peut prendre de nombreuses autres formes. L'utilisation non contrôlée du rayonnement pose un risque possible pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public.

#### **I.1.1. Atome – Cœur de la matière**

Toute la matière qui nous entoure est composée d'atomes. En d'autres termes, toute la matière dans le monde commence avec un atome – ils forment des éléments comme l'oxygène, l'hydrogène et le carbone...

Un atome est composé d'un noyau – lui-même constitué de protons et de neutrons reliés ensemble par des forces nucléaires – entouré d'un cortège d'électrons qui gravitent en orbite autour du noyau (voir la figure 1). Le noyau porte une charge positive – les protons sont chargés positivement, alors que les neutrons sont neutres électriquement comme leur nom l'indique. Les électrons sont des particules chargées négativement qui se déplacent autour du noyau en formant un nuage périphérique. Les électrons négatifs sont attirés vers le noyau positif par une force électrique. C'est ce qui maintient l'intégrité structurale de l'atome.



**Figure 1 : Un atome**

#### **I.1.2. Isotopes**

Un isotope est une variante d'une même espèce chimique. Bien que tous les isotopes d'un élément donné possèdent le même nombre de protons, chaque isotope a un nombre différent de neutrons.

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux**

**Exemple 1 :** il existe trois isotopes (ou variantes) de l'hydrogène :

- l'hydrogène 1 (un proton et zéro neutron)
- l'hydrogène 2 ou deutérium (un proton et un neutron)
- l'hydrogène 3 ou tritium (un proton et deux neutrons)

**Exemple 2 :** l'uranium 235, qui possède 92 protons et 143 neutrons, contrairement à l'uranium 238, qui possède 92 protons et 146 neutrons.

**Classification périodique des éléments chimiques**

1,0 1 H Hydrogène																	4,0 2 He Hélium
6,9 3 Li Lithium	9,0 4 Be Béryllium											10,8 5 B Bore	12,0 6 C Carbone	14,0 7 N Azote	16,0 8 O Oxygène	19,0 9 F Fluor	20,2 10 Ne Néon
23,0 11 Na Sodium	24,3 12 Mg Magnésium											27,0 13 Al Aluminium	28,1 14 Si Silicium	31,0 15 P Phosphore	32,1 16 S Soufre	35,5 17 Cl Chlore	39,9 18 Ar Argon
39,1 19 K Potassium	40,1 20 Ca Calcium	45,0 21 Sc Scandium	47,9 22 Ti Titane	50,9 23 V Vanadium	52,0 24 Cr Chrome	54,9 25 Mn Manganèse	55,8 26 Fe Fer	58,9 27 Co Cobalt	58,7 28 Ni Nickel	63,5 29 Cu Cuivre	65,4 30 Zn Zinc	69,7 31 Ga Gallium	72,6 32 Ge Germanium	74,9 33 As Arsenic	79,0 34 Se Sélénium	79,9 35 Br Brome	83,8 36 Kr Krypton
85,5 37 Rb Rubidium	87,6 38 Sr Strontium	88,9 39 Y Yttrium	91,2 40 Zr Zirconium	92,9 41 Nb Niobium	96,0 42 Mo Molybdène	97,9 43 Tc Technétium	101,1 44 Ru Ruthénium	102,9 45 Rh Rhodium	106,4 46 Pd Palladium	107,9 47 Ag Argent	112,4 48 Cd Cadmium	114,8 49 In Indium	118,7 50 Sn Étain	121,8 51 Sb Antimoine	127,6 52 Te Tellure	126,9 53 I Iode	131,3 54 Xe Xénon
132,9 55 Cs Césium	138,9 56 Ba Baryum	139,9 57 La Lanthane	178,5 72 Hf Hafnium	180,9 73 Ta Tantale	183,8 74 W Tungstène	186,2 75 Re Rhénium	190,2 76 Os Osmium	192,2 77 Ir Iridium	195,1 78 Pt Platine	197,0 79 Au Or	200,6 80 Hg Mercure	204,4 81 Tl Thallium	207,2 82 Pb Plomb	209,0 83 Bi Bismuth	209,0 84 Po Polonium	210,0 85 At Astate	222,0 86 Rn Radon
223,0 87 Fr Francium	226,0 88 Ra Radium	227,0 89 Ac Actinium	267,0 104 Rf Rutherfordium	268,0 105 Db Dubnium	271,0 106 Sg Seaborgium	274,0 107 Bh Bohrium	269,0 108 Hs Hassium	276,0 109 Mt Meitnerium	281,0 110 Ds Darmstadtium	281,0 111 Rg Roentgenium	285,0 112 Cn Copernicium	286,0 113 Nh Nihonium	289,0 114 Fl Flerovium	288,0 115 Mc Moscovium	293,0 116 Lv Livermorium	294,0 117 Ts Tennessee	294,0 118 Og Oganesson
140,1 58 Ce Cérium	140,9 59 Pr Prasodyme	140,9 60 Nd Néodyme	144,2 61 Pm Prométhium	144,9 62 Sm Samarium	150,4 63 Eu Europium	152,0 64 Gd Gadolinium	157,2 65 Tb Terbium	158,9 66 Dy Dysprosium	162,5 67 Ho Holmium	164,9 68 Er Erbium	167,3 69 Tm Thulium	168,9 70 Yb Ytterbium	173,0 71 Lu Lutetium				
232,0 90 Th Thorium	231,0 91 Pa Protactinium	238,0 92 U Uranium	237,0 93 Np Neptunium	244,0 94 Pu Plutonium	244,0 95 Am Americium	247,0 96 Cm Curium	247,0 97 Bk Berkelium	251,0 98 Cf Californium	252,0 99 Es Einsteinium	252,0 100 Fm Fermium	257,0 101 Md Mendelevium	257,0 102 No Nobelium	262,0 103 Lr Lawrencium				

**Figure 2 :** Tableau périodique des éléments

**I.1.3. Radio-isotopes**

Les isotopes qui sont instables et émettent un rayonnement sont appelés radio-isotopes. Un radio-isotope est un isotope d'un élément qui subit une désintégration spontanée et émet du rayonnement à mesure qu'il se désintègre. Pendant le processus de désintégration, il devient moins radioactif au fil du temps, devenant finalement stable.

Une fois qu'un atome atteint une configuration stable, il ne produit plus de rayonnement. Pour cette raison, les sources radioactives – ou des sources qui émettent spontanément de l'énergie sous forme de rayonnement ionisant à la suite de la désintégration

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux**

.....

d'un atome instable – s'affaiblissent avec le temps. À mesure que le nombre d'atomes instables de la source qui deviennent stables augmente, le rayonnement produit diminue et l'activité du matériau diminue avec le temps jusqu'à devenir nulle.

Il existe trois grands types de désintégration radioactive :

- ❖ **Désintégration alpha** : Lorsqu'un atome subit une désintégration alpha, il émet une particule composée de deux protons et de deux neutrons provenant directement de son noyau. Dans ce cas, le numéro atomique diminue de 2 et la masse de 4. Le radium, le radon, l'uranium et le thorium comptent parmi les émetteurs de particules alpha.
- ❖ **Désintégration bêta** : Dans la désintégration bêta de base, un neutron se transforme en proton et un électron est émis par le noyau. Le numéro atomique augmente de un, mais la masse ne diminue que légèrement. Le strontium 90, le tritium, le carbone 14 et le soufre 35 comptent parmi les émetteurs de particule bêta pure.
- ❖ **Désintégration gamma** : La désintégration gamma est la libération de l'énergie excédentaire présente dans le noyau après une désintégration alpha ou bêta, ou après la capture des neutrons (un type de réaction nucléaire) dans un réacteur nucléaire. L'énergie résiduelle est émise sous forme de photon de rayons gamma. La désintégration gamma n'affecte généralement pas la masse ni le numéro atomique du radio-isotope. L'iode 131, le césium 137, le cobalt 60, le radium 226 et le technétium 99m comptent parmi les émetteurs de particules gamma.

#### **I.1.4. Grandeurs et unités**

##### **I.1.4.1. Énergie**

Elle s'exprime en électronvolts (eV) ou ses multiples (keV, MeV, ou GeV)

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$$

Les énergies émises par des radionucléides sont très variées, allant de quelques keV (18,6keV pour le tritium) à plusieurs MeV.

##### **I.1.4.2. Période radioactive**

La période radioactive ou temps de demi-vie  $T_{1/2}$  est le temps au bout duquel l'activité de la source a diminué de moitié. Elle est liée à la constante radioactive  $\lambda$  par la formule :

$$\text{Temps de demi-vie} = T_{1/2} = 0,693 / \lambda$$

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux**

Radionucléides à période courte (<100 jour)	<sup>99m</sup> Tc	<sup>32</sup> P	<sup>125</sup> I	<sup>35</sup> S
		(Technétium)	(Phosphore)	(Iode)
	6,02 heures	14,3 jours	59,4 jours	87,5 jours

Radionucléides à période longue	<sup>60</sup> Co	<sup>3</sup> H	<sup>137</sup> Cs	<sup>63</sup> Ni	<sup>14</sup> C	<sup>40</sup> K
		(Cobalt)	(Hydrogène)	(Césium)	(Nickel)	(Carbone)
	5,27 ans	12,3 ans	30 ans	100 ans	5730 ans	1,3.10 <sup>7</sup> ans

### I.1.4.3. Activité

L'activité  $A$  d'une source radioactive est liée au nombre de noyaux susceptibles de se transformer. Elle est définie par la relation

$$A = \lambda \cdot N$$

où  $N$  représente le nombre de noyaux

$$N = \frac{N_A \cdot m}{M}$$

$\lambda$  la constante de radioactivité.

$$\lambda = 0,693 / T_{1/2}$$

$N_A$  représente le nombre d'Avogadro,  $m$  représente la masse de l'échantillon.  $M$  représente la masse molaire du radionucléide.

L'unité est le becquerel (**Bq**) : Bq = 1 désintégration par seconde. Cette unité étant très petite, l'activité s'exprime en multiples du becquerel :

- Kilobecquerel (kBq) = 10<sup>3</sup> Bq
- Mégabecquerel (MBq) = 10<sup>6</sup> Bq
- Gigabecquerel (GBq) = 10<sup>9</sup> Bq
- Térabecquerel (TBq) = 10<sup>12</sup> Bq

Le curie (Ci), ancienne unité de radioactivité, ne doit plus être utilisé. Il correspond à l'activité de 1 gramme de radium 226. La relation entre ces deux unités est donnée par la formule suivante :

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq, soit } 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

**I.1.4.4. Dose absorbée**

La pénétration des rayonnements ionisants dans la matière se traduit par une cession d'énergie. La dose absorbée **D** est le rapport :

Énergie absorbée par la matière (joule) / Masse de matière irradiée (kg)

$$D = \frac{\text{Énergie absorbée par la matière ( joule)}}{\text{Masse de matière irradiée (kg)}}$$

L'unité de dose absorbée est le Gray (**Gy**) :

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$$

Le débit de dose absorbée s'exprime en **Gy.h<sup>-1</sup>**.

En pratique, on utilise les sous-multiples mGy.h<sup>-1</sup> et µGy.h<sup>-1</sup>.

**I.1.4.5. Dose équivalente et dose efficace**

Pour quantifier les effets des rayonnements ionisants dans les tissus vivants, il faut déterminer une grandeur qui tienne compte de la qualité du rayonnement : c'est la dose équivalente, anciennement appelée équivalent de dose. Elle est exprimée en sievert (**Sv**) et est reliée à la dose absorbée par la relation :

$$\text{Dose équivalente (E)} = \text{Dose absorbée (D)} \cdot W_R$$

où **W<sub>R</sub>** est le facteur de pondération radiologique que la commission internationale de protection radiologique (CIPR) a défini pour chaque type de particule ou de rayonnement.

De plus, la CIPR a défini, pour les principaux tissus de l'organisme, un facteur de pondération tissulaire **W<sub>T</sub>**, qui introduit la notion de dose efficace comme étant le produit de la dose équivalente, corrigée par le facteur de pondération tissulaire.

$$\text{Dose efficace (H)} = \text{Dose équivalente (E)} \cdot W_T$$

**Exemple**

1 mGy de **photons γ** associé à 1 mGy de **neutrons** de 1 MeV induit une dose équivalente de :

$$1 \text{ mGy} \cdot 1 + 1 \text{ mGy} \cdot 20 = 21 \text{ mSv}$$

↓

**W<sub>R</sub>** des γ

↓

**W<sub>R</sub>** du neutron de 1 MeV (20,69 selon mise à jour des valeurs **W<sub>R</sub>** par la directive 2013/59)

Si cette dose équivalente est délivrée au poumon, la dose efficace correspondante pour l'organisme entier sera égale à :

$$21 \text{ mSv} \cdot 0,12 = 2,52 \text{ mSv}$$



$W_T$  poumon

## I.2. Différents modes d'exposition aux rayonnements

Selon la manière dont les rayonnements atteignent l'organisme, on distingue deux modes d'exposition :

- L'exposition externe.
- L'exposition interne.

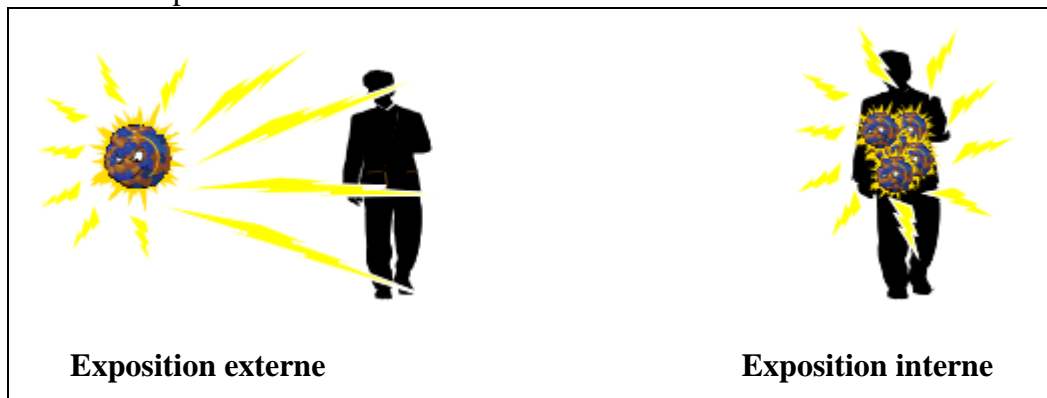


Figure 3 : Modes d'exposition aux rayonnements

Le terme **contamination** est défini comme : "présence indésirable à un niveau significatif pour l'hygiène de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque, y compris le corps humain.

### I.2.1. Exposition externe

Il y a exposition externe quand nous sommes placés sur le trajet des rayonnements émis par un appareil ou une source radioactive situés à l'extérieur de l'organisme. Les rayonnements peuvent nous atteindre directement ou après diffusion sur les parois d'un local par exemple. L'exposition cesse dès que l'on n'est plus sur la trajectoire.

Il y a également exposition externe quand après une dispersion de substances radioactives, celles-ci se retrouvent sur les personnes présentes. On parlera alors de contamination externe (sur la peau ou les cheveux par exemple). Tant que la substance n'aura pas été éliminée, il y aura exposition de la personne.

### I.2.2. Exposition interne

Il y a exposition interne quand la substance radioactive est rentrée à l'intérieur de l'organisme. Les voies de pénétration sont les suivantes :

- Inhalation;
- Ingestion;

- Cutanée;
- Blessure.

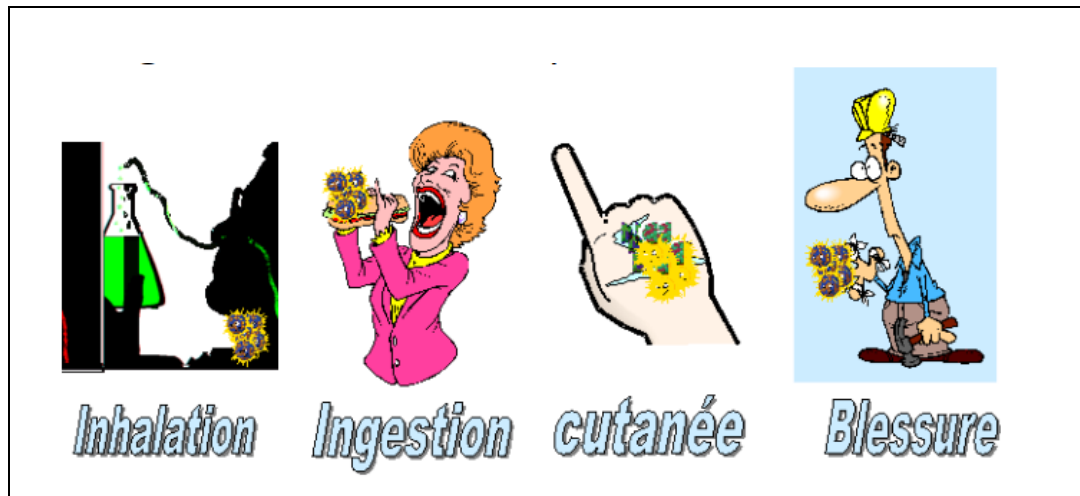


Figure 4 : Voies de pénétration des rayonnements par exposition interne

Les substances sont ensuite distribuées dans l'organisme. L'exposition ne cesse qu'après disparition des substances par élimination naturelle et décroissance radioactive. Le temps nécessaire à la diminution de moitié de l'exposition est appelé **période effective**. Celle-ci peut, dans certains cas, être très longue à l'échelle de temps d'une vie humaine. Un traitement médical peut parfois favoriser l'élimination.

### I.3. Types des rayonnements

Le rayonnement résulte de l'émission d'énergie sous forme de vagues de particules. Il existe deux grands types de rayonnement : le rayonnement **ionisant** et le rayonnement **non ionisant**.

#### I.3. 1. Rayonnement non ionisant

Le rayonnement non ionisant contient moins d'énergie que le rayonnement ionisant; il ne possède pas assez d'énergie pour produire des ions. Voici des exemples de rayonnement non ionisant : la lumière visible, l'infrarouge, les ondes radio, les micro-ondes et la lumière du soleil.

Les systèmes de positionnement global (GPS), les téléphones cellulaires, les stations de télédiffusion, la radio AM et FM, les interphones pour bébés, les téléphones sans fil, les dispositifs d'ouverture de portes de garage et les radioamateurs utilisent tous un rayonnement non ionisant.

Parmi les autres formes de rayonnement non ionisant figurent le champ magnétique terrestre, ainsi que le champ magnétique à proximité des lignes de transmission, des câbles et appareils électriques ménagers.

Ceux-ci sont définis comme des ondes extrêmement basses et elles **ne posent pas** de risque pour la **santé**.

#### I.3. 2. Rayonnement ionisant

Le rayonnement ionisant possède suffisamment d'énergie pour **éjecter** les électrons de leur orbite autour des atomes et perturber l'équilibre entre électrons et protons, ce qui a pour

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux**

---

effet de charger **positivement l'atome**. Les molécules et les atomes chargés électriquement portent le nom d'ions. Le rayonnement ionisant désigne le rayonnement qui provient de sources **naturelles** et **artificielles**.

Il existe plusieurs types de rayonnement ionisant :

**Rayonnement alpha ( $\alpha$ )** Le rayonnement alpha est constitué de particules alpha qui sont composées de deux protons et de deux neutrons chacune et qui portent une double charge positive. En raison de leur masse relativement importante et de leur charge, elles ont une capacité de pénétration de la matière très limitée (**figure 5**).

Le rayonnement alpha peut être arrêté par une feuille de papier ou la couche externe morte de la peau. Par conséquent, le rayonnement alpha produit par des substances nucléaires à l'extérieur du corps ne présente pas de risque d'irradiation. Toutefois, lorsque des substances nucléaires émettant du rayonnement alpha sont absorbées dans le corps (par exemple, en respirant ou en les ingérant), l'énergie du rayonnement alpha est complètement absorbée dans les tissus corporels. Pour cette raison, le rayonnement alpha est seulement un danger interne. Un exemple d'une substance nucléaire qui subit une désintégration alpha est le radon 222, qui se désintègre en polonium 218.

**Rayonnement bêta ( $\beta$ )** Le rayonnement bêta est formé de particules éjectées du noyau d'un atome et qui sont identiques aux électrons du point de vue physique. Les particules bêta ont généralement une charge négative, sont très petites et peuvent pénétrer plus profondément que les particules alpha. Cependant, la plupart du rayonnement bêta peut être arrêté par de petites quantités de blindage, tels que des feuilles de plastique, de verre ou de métal. Lorsque la source de rayonnement est à l'extérieur du corps, le rayonnement bêta a une énergie suffisante pour pénétrer la couche externe morte de la peau et déposer son énergie à l'intérieur de cellules actives de la peau. Cependant, la capacité de pénétration du rayonnement bêta dans les tissus profonds et les organes est très limitée (**figure 5**).

Les substances nucléaires qui émettent du rayonnement bêta peuvent aussi être dangereuses si elles sont absorbées par le corps. Le tritium est un exemple de substance nucléaire qui produit des émissions bêta (hydrogène 3) et qui se désintègre en hélium 3.

**Rayonnement photonique (gamma [ $\gamma$ ] et rayons X)**

Le rayonnement photonique est un rayonnement électromagnétique. Il existe deux types de rayonnement photonique d'intérêt aux fins du présent document : le rayonnement gamma ( $\gamma$ )

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux**

---

et les rayons X. Le rayonnement gamma est constitué de photons qui proviennent de l'intérieur du noyau et les rayons X sont des photons qui proviennent de l'extérieur du noyau, et ils sont généralement plus faibles en énergie que le rayonnement gamma.

Le rayonnement photonique peut pénétrer très profondément et, parfois, on ne peut réduire son intensité que grâce à des matériaux qui sont très denses, tels que le plomb ou l'acier. En général, le rayonnement photonique peut parcourir des distances beaucoup plus grandes que le rayonnement alpha ou bêta et il peut pénétrer les tissus et les organes corporels lorsque la source de rayonnement est à l'extérieur du corps (**figure 5**).

Le rayonnement photonique peut aussi être dangereux si les substances nucléaires émettant les photons sont incorporées. Le cobalt 60 est un exemple d'une substance nucléaire qui produit une émission de photons, qui se désintègre en nickel 60.

### **Rayonnement neutronique (n)**

Exception faite du rayonnement cosmique, la fission spontanée est la seule source naturelle de neutrons (n). Une source de neutrons répandue provient des réacteurs nucléaires, dans lesquels la division d'un noyau d'uranium ou de plutonium est accompagnée d'une émission de neutrons. Les neutrons émis par fission peuvent frapper le noyau d'un atome adjacent et causer une autre fission, ce qui provoque une réaction en chaîne. La production d'énergie nucléaire se fonde sur ce principe.

Toutes les autres sources de neutrons dépendent de réactions où un noyau est bombardé avec un certain type de rayonnement (tels que le rayonnement de photons ou d'un rayonnement alpha), et où l'effet résultant sur le noyau est l'émission d'un neutron. Les neutrons peuvent pénétrer dans les tissus et les organes du corps humain lorsque la source de rayonnement est à l'extérieur du corps (**figure 5**).

Les neutrons peuvent aussi être dangereux si des substances nucléaires émettant des neutrons sont déposées à l'intérieur du corps. Le rayonnement neutronique est le mieux arrêté ou absorbé par des matériaux qui contiennent des atomes d'hydrogène, tels que la cire de paraffine et les matières plastiques. En effet, les neutrons et les atomes d'hydrogène ont des masses atomiques semblables et ils entrent facilement en collision les uns avec les autres.

La **figure 5** présente la capacité de pénétration de différents types de rayonnement ionisant dans des matériaux divers, comme le papier, cors humain, acier et béton.

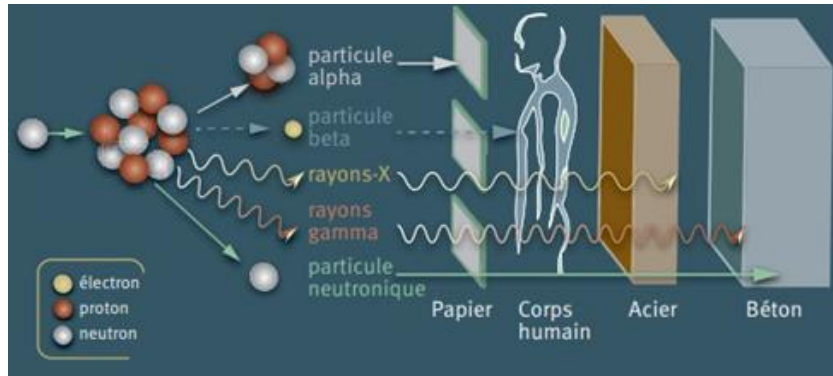


Figure 5: Capacité de pénétration de différents types de rayonnement ionisant

## I.4. Sources de rayonnement ionisant

### I.4.1. Sources naturelles de rayonnement ionisant

Le rayonnement a toujours été présent et fait partie de notre environnement (voir la figure 6). Toute la vie s'est développée dans un bain de rayonnement ionisant. Notre organisme y est adapté.

De nombreux radio-isotopes sont d'origine naturelle et ils ont été produits lors de la formation du système solaire et par l'interaction des rayons cosmiques avec des molécules dans l'atmosphère. Le tritium est un exemple de radio-isotope formé par l'interaction des rayons cosmiques avec des molécules atmosphériques. Certains radio-isotopes (comme l'uranium et le thorium) qui ont été conçus lors de la formation de notre système solaire ont des demi-vies de milliards d'années et ils sont toujours présents dans notre environnement. Le rayonnement de fond est le rayonnement ionisant constamment présent dans l'environnement naturel.

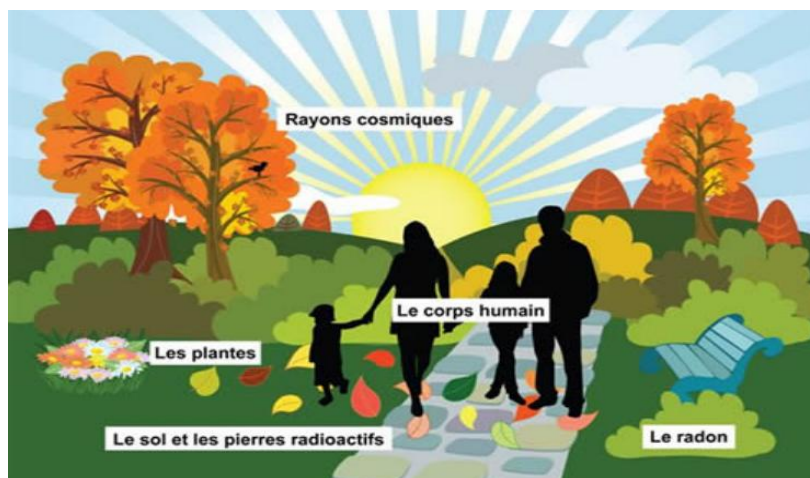


Figure 6 : Sources de rayonnement naturel

#### **I.4.1. 1. Exposition aux rayonnements cosmiques**

L'atmosphère extérieure de la terre est continuellement bombardée par des rayons cosmiques. Habituellement, le rayonnement cosmique est constitué de particules en mouvement rapide qui existent dans l'espace et proviennent d'une diversité de sources, y compris le soleil et des phénomènes célestes dans l'univers. Les rayons cosmiques sont essentiellement des protons, mais peuvent aussi être d'autres particules ou de l'énergie ondulatoire. Une partie du rayonnement ionisant pénètre l'atmosphère terrestre et est absorbée par les humains, ce qui se traduit par une exposition au rayonnement naturel.

#### **I.4.1. 2. Exposition aux rayonnements terrestres**

La composition de la croûte terrestre est une source importante de rayonnement naturel. Les principaux facteurs contributifs sont les gisements naturels d'uranium, de thorium et de potassium qui, par le processus de désintégration naturelle, libèrent de petites quantités de rayonnements ionisants. L'uranium et le thorium se trouvent essentiellement partout. Des traces de ces minéraux sont également présentes dans les matériaux de construction, de sorte que l'exposition aux rayonnements naturels peut avoir lieu à l'intérieur comme à l'extérieur.

#### **I.4.1. 3. Exposition par inhalation**

La plus grande partie de la variation de l'exposition à la radioactivité naturelle provient de l'inhalation de gaz radioactifs qui sont produits par les minéraux radioactifs présents dans le sol et le socle rocheux. Le radon est un gaz radioactif incolore et inodore qui est produit par la désintégration de l'uranium. Le thoron est un gaz radioactif produit par la désintégration du thorium. Les niveaux de radon et de thoron varient considérablement selon l'emplacement en fonction de la composition du sol et du socle rocheux.

#### **I.4.1. 4. Exposition par ingestion**

Des traces de minéraux radioactifs se trouvent naturellement dans la nourriture et l'eau potable. Par exemple, les légumes sont généralement cultivés dans du sol et avec des eaux souterraines qui contiennent des minéraux radioactifs. Une fois ingérés, ces minéraux entraînent l'exposition interne aux rayonnements naturels.

Le tableau 1 indique la quantité de radioactivité provenant du potassium 40 contenue dans environ 500 grammes de différents produits alimentaires.

**Tableau 1 : Teneur en potassium 40 de quelques aliments**

<b>Aliment</b>	<b>Radioactivité par 500 g, en Bq</b>
Viande rouge	56
Pommes de terre blanches	63
Carottes	63
Bananes	65
Haricots de Lima	86
Noix du Brésil	103

#### **I.4.2. Sources artificielles de rayonnement ionisant**

Les gens sont également exposés à du rayonnement artificiel au cours de traitements médicaux et d'activités impliquant des matières radioactives. Ces radio-isotopes sont des sous-produits de l'exploitation des réacteurs nucléaires et des produits de générateurs de radio-isotopes tels que les cyclotrons. Un grand nombre de radio-isotopes artificiels sont utilisés dans les domaines de la médecine nucléaire, de la biochimie, de l'industrie manufacturière et de l'agriculture. Voici leurs sources les plus courantes :

##### **I.4.2.1. Sources médicales**

Le rayonnement a de nombreuses applications en médecine. La plus connue est sans doute la radiographie par rayons X, dont les appareils permettent de détecter des fractures osseuses et de diagnostiquer certaines maladies. Les appareils à rayons X sont réglementés par Santé Canada et les autorités provinciales. La médecine nucléaire fait pour sa part appel à des isotopes radioactifs pour diagnostiquer et traiter des maladies comme le cancer.

##### **I.4.2.2. Sources industrielles**

Le rayonnement a plusieurs applications industrielles, allant des jauges nucléaires utilisées pour la construction des routes jusqu'aux jauges de densité qui mesurent le débit dans les conduites d'usine. Les détecteurs de fumée, certains panneaux fluorescents et les dispositifs permettant d'évaluer les réserves des champs de pétrole utilisent aussi le rayonnement. Le rayonnement est également employé pour la stérilisation au moyen de gros irradiateurs lourdement blindés.

##### **I.4.2.3. Cycle du combustible nucléaire**

Les centrales nucléaires utilisent de l'uranium pour déclencher la réaction en chaîne qui produira la vapeur chargée d'actionner les turbines pour la production d'électricité. Dans

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
**Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux**

---

le cadre de leur activité normale, les centrales nucléaires rejettent dans l'environnement des substances radioactives dont les niveaux sont réglementés. Ces rejets sont réglementés pour veiller à ce que les doses au public soient bien inférieures aux limites réglementaires. Les mines d'uranium, les usines de fabrication de combustible et les installations de gestion des déchets radioactifs rejettent également une certaine quantité de radioactivité (qui contribue à la dose à laquelle le public est exposé).

#### **I.4.2.4. Essais nucléaires atmosphériques**

Les essais atomiques réalisés dans l'atmosphère entre la fin de la Deuxième Guerre mondiale et jusqu'à la fin des années 1980 ont eu pour effet de rejeter des éléments radioactifs, ou retombées, dans l'atmosphère. Ces retombées radioactives se sont désintégrées dans l'environnement. La plupart des retombées possédaient une période radioactive courte et ont disparu, mais certaines n'ont pas encore achevé leur désintégration.

#### **I.5. Secteurs d'activité utilisant des rayonnements ionisants**

Les principaux secteurs d'activité utilisant des rayonnements ionisants sont :

- le secteur médical (radiodiagnostic, médecine nucléaire, radiothérapie...) et vétérinaire,
- l'industrie nucléaire (extraction, fabrication et retraitement du combustible, production d'électricité, stockage et traitement des déchets...),
- presque tous les secteurs industriels (contrôle par radiographie de soudure, jauges et traceurs, stérilisation par irradiation, conservation des aliments, chimie sous rayonnement, détection de masses métalliques dans les aéroports...).
- le transport de matières radioactives,
- certains laboratoires de recherche et d'analyse.

Toutes les applications impliquant des matières contenant des substances radioactives d'origine naturelle (traitement de terres rares, production d'engrais phosphatés, production pétrolière, industrie des céramiques réfractaires...) sont aussi concernées par la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants.

## **I.6. Effets sur une exposition**

### **I.6.1. Effets biologiques**

Le transfert d'énergie des rayonnements ionisants à la matière vivante est responsable des effets biologiques de ces rayonnements. L'ionisation consécutive à ce transfert d'énergie affecte les cellules des tissus ou des organes exposés, de sorte que les processus biologiques des cellules sont perturbés. Cela peut conduire à :

- La modification des propriétés chimiques des molécules (par exemple consécutivement à la radiolyse de l'eau). Certains constituants de la cellule ne peuvent alors plus jouer leur rôle ;
- l'altération de l'ADN, qui a un rôle de « chef d'orchestre » dans la vie cellulaire.

La nature et l'importance des lésions cellulaires, pour une même dose d'exposition, dépendent des facteurs suivants :

- nature et énergie des rayonnements ;
- mode d'exposition (externe ou interne) ;
- exposition locale ou globale de l'organisme ;
- débit de la dose reçue (une même dose reçue en peu de temps est plus nocive que si elle est étalée dans le temps) ;
- certains facteurs chimiques ou physiques influant sur la sensibilité cellulaire (température, présence d'oxygène...) ;
- type des cellules exposées : les cellules qui ont un potentiel de multiplication important (dites « souches », telles les cellules de la moelle osseuse) sont plus radiosensibles.

### **I.6.2. Effets sur la santé**

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme sont de deux types :

- les effets à **court terme**, dits déterministes ou réactions tissulaires, liés directement aux lésions cellulaires et pour lesquels un seuil d'apparition a été défini. Ils se manifestent généralement de quelques jours à quelques semaines après l'exposition ;

- les effets à **long terme** et **aléatoires** (ou stochastiques) : cancers et anomalies génétiques. Ils se manifestent généralement plusieurs années après l'exposition.

## **II. Pollutions environnementales et écotoxicologie**

### **II.1. Définition de la pollution et de l'écotoxicologie**

La pollution est une dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermique, biologiques,...etc).

L'écotoxicologie est une discipline scientifique récente située à l'interface entre l'écologie et la toxicologie, née de la reconnaissance du fait qu'un nombre croissant de toxines ont contaminé et continuent à contaminer tout ou partie de la biosphère et pour certains interagissent entre eux et avec le vivant.

### **II.2. Sources de pollution**

**II.2.1. Origine naturelle :** le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, générer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, Des évacuations volcaniques, des décharges sous-marins d'hydrocarbures.

**II.2.2. Origine urbaine :** les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se dégagent les habitants d'une agglomération. Les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se dégagent les habitants d'une agglomération....

**II.2.3. Origine agricole :** aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (fumiers et purins).

**II.2.4. Origine industrielle :** Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante, notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables....

### **II.3. Types de pollution**

#### **II.3.1. Pollution de l'air**

La pollution atmosphérique concerne la dégradation de l'air que nous respirons à cause de substances polluantes qui se retrouvent dans l'atmosphère. Des pics de pollution atmosphérique ont souvent lieu en été. Les principaux polluants atmosphériques sont les particules fines, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>), les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), les composés organiques volatils (COV),...etc.

#### **II.3.2. Pollution de l'eau**

La pollution de l'eau est la contamination par des déchets, des produits chimiques ou des micro-organismes. Les pollutions des eaux sont dues :

1. à l'agriculture (à cause des pesticides et des engrais).
2. des rejets ménagers (médicaments et biocides rejetés via des eaux usées et que les stations d'épuration et le lagunage ne savent pas traiter).

Les phosphates polluent le cours d'eau par un phénomène appelé eutrophisation : le cours d'eau est asphyxié par la prolifération d'algues pour qui le phosphate joue le rôle d'engrais. L'eau est polluée par les marées noires mais surtout par les rejets d'hydrocarbures des bateaux.

#### **II.3.3. Pollution du sol et de végétation**

La notion de pollution du sol désigne toutes les formes de pollution touchant n'importe quel type de sol (agricole, forestier, urbain...).

Un sol pollué devient à son tour une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement, via l'eau, les envols de poussières, vapeurs gazeuses ou via une réconcentration et transfert de polluants par des organismes vivants (bactéries, champignons, plantes à leur tour mangés par des animaux).

#### **II.3.4. Pollution radioactive**

La Pollution radioactive est définie par une norme ISO 11074-4, reprise par le nouveau (2011) Guide sur la Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives. Il s'agit de l'« Introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptibles de contribuer ou de causer

**Module: Typologie des risques 2<sup>ème</sup> année HSI/ST**  
***Chapitre 5: Risques liés aux agresseurs environnementaux***

---

un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels, une entrave à un usage légitime de l'environnement ».

# *Références*

## Références

- 1- Levalois P. ; Gauvin D. : Bilan des normes et recommandations d'exposition aux champs électromagnétiques. 1996.
- 2- Niosh : Manual of Analytical Methods, vol 1-3, 4<sup>e</sup> édition, CDC 1994.
- 3- Aiha : The occupational Environment – its Evaluation and control, 1997.
- 4- Dyevre P.; Merelan P. : Effets sur la santé de l'exposition professionnelle aux rayonnements ultraviolets. 1994.