



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université TAHRI Mohammed-Béchar

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**  
**Département de Biologie**

*Polycopié de Cours de :*

# **LES RISQUES TECHNOLOGIQUES EN INDUSTRIE AGRO- ALIMENTAIRE**

(INCENDIE, EXPLOSION, FOUDRE, REJETS DANGEREUX)

Destiné aux étudiants du Master en Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité des  
Sciences de la nature et de la vie

**Dr. Larbi BENLARBI**  
FSNV/UTMB



## **PREFACE**

Ce polycopié est le résumé de plus de sept années d'enseignement de ce module (Pratiques à Risques en Filière Agroalimentaire) au département de biologie à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université TAHRI Mohamed de Béchar.

Les cours présentes sont destinés aux étudiants de Masters de Biologie spécialité Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité des Sciences de la nature et de la vie. Suivant le programme ministériel joint en canevas de ces spécialités. Ce manuscrit est la résultante de synthèse et de consultation de plusieurs ouvrages et sources numériques de différentes spécialités, tout au long de mes années d'enseignements et de recherches.

Ce document renferme en plus des cours plusieurs exemples internationaux d'accidents en industries agroalimentaires comme appui et bases de recherches pour les travaux dirigés plus de nombreuses fiches techniques de dangers peuvent affectés ce secteur, les étudiants peuvent avoir des activités de recensement et diagnostiques ainsi proposition de solutions en ces cas de risques par élaboration du (Document unique).

Je remercie vivement tous les enseignants de biologies et d'agronomie pour leurs soutien sympathique à l'élaboration de ce polycopié.

## Introduction générale

La filière des industries agro-alimentaire est l'une des domaines industriels les plus touchés par les accidents critiques, tels que les explosions, les incendies ou les écoulements polluants. Ces accidents critiques ont de lourdes conséquences du point de vue humain, matériel, financier ou pénal. Ils portent donc préjudice à la subsistance et la pérennité de ces industries.

L'industrie agro-alimentaire doit se mobiliser davantage autour de ces questions. Un renforcement des compétences internes en matière de gestion des risques est aujourd'hui nécessaire. En ce sens ces cours s'offrent comme initiation des connaissances nécessaires aux futures techniciens (Etudiants) pour mieux gérer ce domaine.

Ce document a pour objectif de fournir des connaissances globales sur les principaux risques en milieu des industries agroalimentaire plus certaines pistes de réflexion pour limiter la survenance d'accidents critiques dans ce secteur agro-alimentaire en apportant aux techniciens et aux industriels les connaissances de base nécessaires à la maîtrise des risques technologiques. Il s'adresse aussi aux personnes en charge de la santé du personnel et de la sécurité industrielle.

Pour répondre à cet objectif, le polycopié présente une base de données technique sur les risques technologiques plus spécifiquement liés à ce secteur d'activité, permettant de déterminer les mesures de prévention et de protection à mettre en place. Cette base de données est enrichie par des exemples réels d'accidents repris sous forme de Fiches d'Accidents Technologiques (FAT), qui reprennent les origines de ces accidents, en font l'analyse, et fixent les actions préventives et correctives à mettre en place dans les industries agro-alimentaires.

Le présent polycopié ne se veut pas exhaustif mais doit apporter aux industriels des réponses concernant :

- La conception des bâtiments et des installations,
- L'organisation interne de l'entreprise,
- L'analyse des risques liés à l'activité,
- Les moyens à mettre en œuvre pour maîtriser ces risques et le respect de la réglementation.

En clôture de ce document et initiation du pour le second module complémentaire (Gestion des Risques en Industrie Agroalimentaire) il est proposé quelques pistes méthodologiques afin de mener à bien la mise en place d'un Système de Management de la Sécurité Globale (SMSG) efficace, en s'inspirant de référentiels déjà existants tels que le Système de Management Environnemental (ISO 14001), l'HACCP et le Système de Management de la Qualité (ISO 9001).

# Table des matières

I.	Les notions de risques et de dangers .....	8
I.	2.Processus de survenue de l'accident .....	10
I.	3.La classification des risques .....	11
I.	4.La gestion des risques, un état d'esprit.....	13
I.	5.Les risques technologiques dans les industries agroalimentaires .....	15
II.	1. Notions sur l'incendie .....	18
II.2.	Conséquences des incendies .....	23
	2.2. Permis de feu.....	26
	2.3 Consignes d'incendie .....	26
	2.4. Plan d'intervention .....	27
	2.5 Formation et entraînement des équipes de sécurité incendie.....	27
	Tableau 5 : synthèse sur les caractéristiques des principaux agents extincteurs.....	33
	Tableau 7 : tableau de synthèse sur le choix des RIA en fonction des différents risques à protéger.....	35
	Tableau 9 : correspondance entre le classement français et européen de la résistance au feu des éléments de construction .....	41
	Tableau 10 : caractéristiques des 5 catégories de réaction au feu des éléments de construction, selon la classification française .....	42
II.3.	Synthèse des principales mesures de prévention et de protection .....	43
II.4.	Fiches d'accidents technologiques concernant le risque d'incendie.....	43
	Causes des incendies .....	43
III.	L'explosion .....	46
3.2.	Réglementation en vigueur : les directives ATEX .....	47
3.	Causes d'explosion.....	53
4.	Conséquences des explosions.....	54
5.	Mesures de prévention .....	54
6.	Mesures de protection .....	55
7.	Synthèse des principales mesures de prévention et de protection .....	56
	IV .1 L'électricité .....	59
	2. La foudre.....	60
V.	Rejets dangereux pour l'environnement.....	63
	1.Les différentes natures des pollutions industrielles. ....	64
2.	Déversements Liquides.....	64
3.	Les déversements gazeux .....	65
4.	La Legionella .....	65
	4.1. Symptômes.....	66
	4.2. Diagnostic .....	66
	4.3. Traitement.....	67
	4.4. Prévention .....	67

Conclusion

Références

Annexes

1-ACCIDENT DE L'USINE A.Z.F (EXPLOSION) .....	71
2-SANDOZ ACCIDENT DE L'USINE DE BÂLE (INCENDIE) .....	72
3- CATASTROPHE CHIMIQUE DE BHOPAL (DEVERSEMETS DE POLLUANTS HIMIQUES).....	73
4- CATASTROPHE DE SEVESO 1976 (EXPLOXION et DEVERSEMETS DE POLLUANTS HIMIQUES).....	74

Classement des produits chimiques en fonction des risques encourus en Europe



*CHAPITRE I :*

***LES NOTIONS DE RISQUES ET DE DANGERS***



# I. Les notions de risques et de dangers

## 1. Définitions

Les définitions citées ci-dessous sont issues de la synthèse de plusieurs travaux en domaine de gestion des risques la totalité de ces références sont nord-américaines et francophones.

### Danger :

1. *Situation, condition ou pratique qui comporte en elle-même un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement. Une falaise est un danger, un flacon d'acide sulfurique est un danger.*
2. *Source ou situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété, à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments.*
3. *La propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.*

### Risque :

4. *Possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition à un danger. Le risque est la composante de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences.*
5. *Combinaison de la probabilité et de la (les) conséquence(s) de la survenue d'un événement dangereux spécifié.*
6. *Probabilité qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées.*
7. *Combinaison de la probabilité d'un événement de ses conséquences. Le terme « risque » est généralement utilisé uniquement lorsqu'il existe au moins la possibilité de conséquences négatives. Dans certaines situations, le risque provient de la possibilité d'un écart par rapport au résultat ou à l'événement attendu à ce qui était attendu.*
8. *Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité.*
9. *Espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité.*

En résumé, le **danger** correspond à une situation, un **état** qui se constate ; il existe ou n'existe pas.

Le danger a deux dimensions. Le **risque** est la manifestation possible du danger. **A un même danger peuvent correspondre plusieurs risques et réciproquement.**

### Exemple :

Le stockage ou l'utilisation de produits chimiques constituent un danger ; un des risques liés à ce danger est par exemple, l'émission dans l'environnement (rejet atmosphérique, écoulement).

Le danger s'évalue selon la **gravité** et la **probabilité** (fréquence) d'occurrence de l'évènement redouté. Un évènement non souhaité est un phénomène susceptible de provoquer des effets non souhaités sur l'individu (client ou opérateur), la population, l'écosystème, les installations

industrielles etc. **Généralement, plus l'événement a des impacts faibles, et plus sa fréquence d'occurrence est élevée.**

L'anglais Farmer a réalisé une courbe qui met en relation la fréquence et la gravité du risque définissant ainsi 3 domaines de risque : les accidents étant d'autant plus fréquents qu'ils sont peu graves. Ces 3 domaines peuvent être illustrés par l'exemple de l'accident routier :

- **Le domaine 1 est celui des événements à fréquence très élevée et de faible gravité** qui sont du domaine du risque individuel. C'est le cas d'un accident de voiture avec tôles froissées et dégâts matériels uniquement, qui représentent plusieurs millions d'accidents par an en France.
- **Le domaine 2 rassemble les événements à fréquence moyenne aux conséquences graves** : victimes et dégâts importants. Ces événements provoquent plusieurs milliers de décès par an dans le monde.
- **Le domaine 3 représente les événements à fréquence faible et de grande gravité.** Il s'agit d'un risque collectif : c'est le risque majeur. Nous pouvons prendre comme exemple l'accident d'un car qui a coûté la vie à 53 personnes ou encore un autre accident qui a tué 17 personnes et blessé gravement 49 autres.

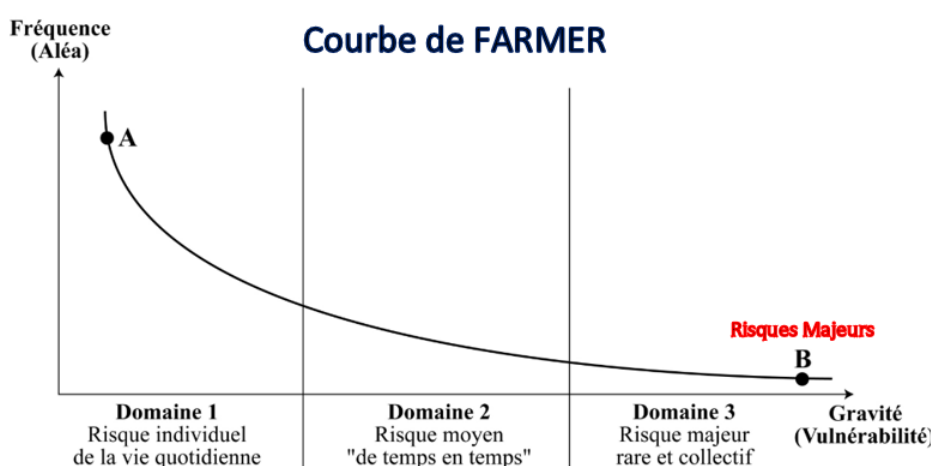


Figure 1 : relation entre la fréquence et la gravité permettant de caractériser un risque (risque mineur et risque majeur)

Un autre outil utilisable pour caractériser le risque est la Pyramide de Bird. Cette pyramide a été élaborée par Frank E. Bird Jr à la suite d'une étude menée par une compagnie d'assurance Nord-Américaine. L'étude a porté sur 1 753 498 accidents déclarés par 297 entreprises. Le principe de la pyramide de Bird exprime le fait que la probabilité qu'un accident grave survienne augmente avec le nombre de presque'accidents et d'incidents. Par conséquent, si une entreprise réussit à réduire le nombre d'incidents à la base de la pyramide, le nombre d'accidents des étages supérieurs sera forcément réduit d'autant.

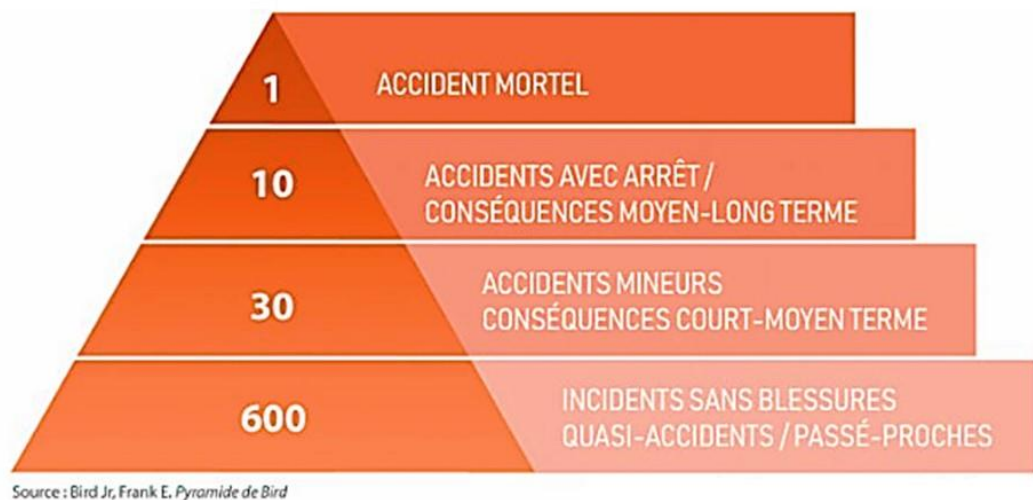


Figure 2 : diagramme de Bird

## I. 2.Processus de survenue de l'accident

Pour qu'il y ait accident majeur ou critique, il faut que soient conjugués 3 évènements : un danger, une cause de libération de ce danger et un transfert jusqu'à une cible (l'Homme, l'environnement, les structures...) - (voir figure 3). Nous avons un système source, créateur potentiel d'un flux de danger, ayant un impact sur un système cible.

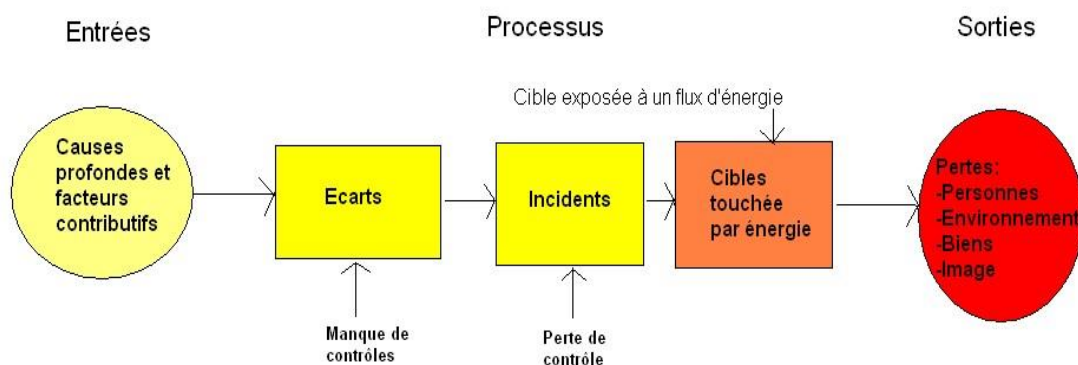
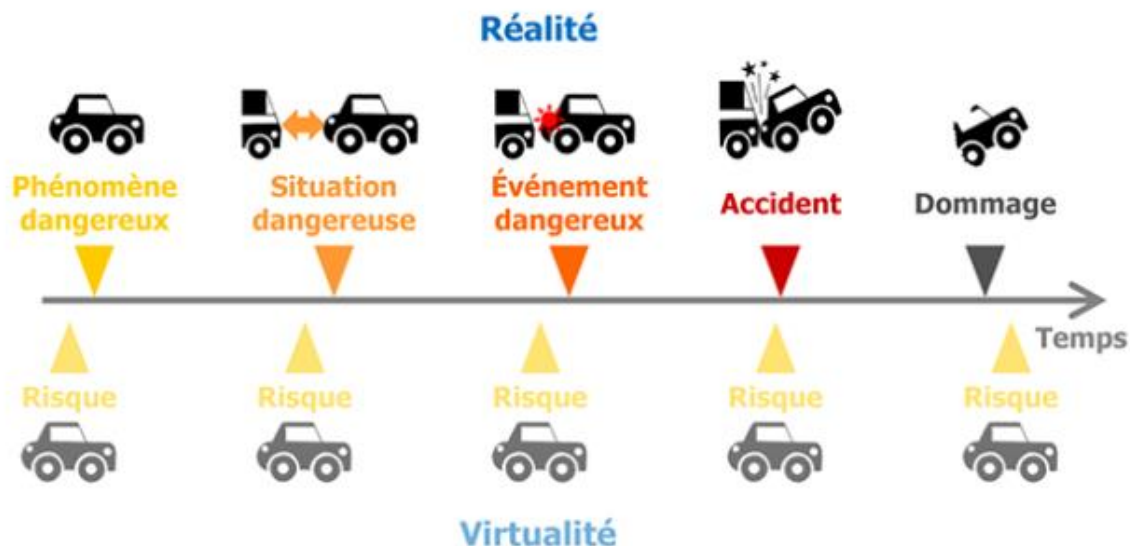


Figure 3 : schéma général du processus de survenue d'un accident

L'importance du flux de danger (kW, mbar, volume rejeté, concentration...) et la sensibilité de la cible caractériseront l'accident critique.

### I. 3. La classification des risques

Les risques sont multiples, mais peuvent tout de même être classés en fonction de leur fréquence (catégorie) et de leur nature (type).

#### 3.1. Catégories

**Temps :** - **chronique** : inhérent à l'activité dans des conditions normales d'exploitation, -  
**accidentel** : consécutif à un accident survenant sur défaillance ou aléatoire. A noter que l'aléa est du domaine assurable alors que le chronique ne l'est pas puisqu'il est avéré.

**Espace :** - **ponctuel** (canalisé),  
- **diffus**.

### 3.2. Types

Les grandes familles de dangers possibles sont recensées dans le tableau suivant :

**Tableau 1 : grandes familles de dangers**

Familie	Exemples
<b>Chimique</b>	Matières premières Produits en cours de fabrication Produit final Déchets Rayonnements ionisants NH <sub>3</sub> PCB Poussières Liquides inflammables
<b>Humain</b>	Erreur de conduite de procédé Non-respect d'une procédure Non maîtrise de la conduite d'un véhicule, chariot automoteur Intervention soudure Non-respect des consignes de sécurité Formation/qualification
<b>Electrique</b>	Electricité Electricité statique Protection cathodique Foudre
<b>Mécanique</b>	Matériel Tenue des cuves sans pression Tenue des cuves sous pression Matériel sous pression Air comprimé Groupe froid Chaudière Pasteurisateur
<b>Biologique</b>	Agents infectieux Légionellose (tours aéroréfrigérantes) ou autres agents pathogènes Station d'épuration

**Il est important de retenir qu'un danger induit un risque et que ce risque, une fois avéré, peut être un danger induisant un autre risque.**

**Exemple :** Le risque « écoulement / rejet », induit par le danger "produits chimiques" (acide sulfurique par exemple), devient un danger pour les personnes à proximité qui risquent alors une intoxication.

**Il convient de noter que le danger chimique est l'un des dangers les plus présents dans l'industrie agro-alimentaire.** Il est souvent lié à l'utilisation et au stockage des produits chimiques. Ceux-ci font d'ailleurs l'objet d'un classement spécifique permettant une meilleure connaissance des risques encourus auprès des salariés. Ce classement, présenté en annexes permet également de définir des incompatibilités de stockage entre les différentes catégories de substances (tableau en annexe).

## I. 4. La gestion des risques, un état d'esprit

### 4.1. Les risques : un facteur de progrès

Le risque ne doit plus être considéré aujourd'hui comme une fatalité, mais comme une valeur potentielle d'entreprise (facteurs de progrès et d'innovation) qu'il s'agit à la fois de réduire, d'anticiper et d'encourager. Il convient d'encourager la prise en compte des risques sous la forme d'un passage à l'acte et de prise de risque maîtrisée. Par exemple, réaliser un exercice incendie est ainsi une preuve du sérieux de son entreprise, de son professionnalisme, et non une mise en doute de ses capacités de prévention. C'est la « **culture du risque** ».

Bien sûr, plutôt que vouloir réduire un risque, il est toujours préférable de tenter de le supprimer à la source (changer de substance chimique par exemple). La Direction d'entreprise se doit d'avoir une « démarche proactive » en matière de politique de sécurité. **Cette composante essentielle doit faire partie intégrante de la stratégie globale de l'entreprise et, ainsi, contribuer à son évolution.** Le rôle de la Direction est donc primordial à ce niveau. Elle doit appréhender les objectifs de l'organisation, prendre conscience des risques liés aux pertes (ou autre) causées par un accident et donc définir la ligne directrice en matière de sécurité.

**Le risque nul n'existe pas.** Il est donc impératif de classer les dangers de nos industries et déterminer les dangers critiques. Les erreurs du passé doivent également être utilisées afin d'en tirer les enseignements et de s'en servir pour améliorer le futur afin de les guider vers un système d'**amélioration continue**. Il est donc nécessaire de mettre en place une veille très active et de faire référence à des bases d'accidentologie pour compléter au mieux son évaluation des risques.

## 4.2. Système d'amélioration continue

L'**amélioration continue** est une démarche de progrès permanent s'appuyant sur des objectifs et indicateurs permettant à l'entreprise d'évaluer ses performances en matière d'environnement, de sécurité ou de qualité.

Les « **signaux faibles** », tels que les accidents mineurs (anomalies, incidents), sont des indicateurs aussi importants que les accidents critiques, qui eux sont beaucoup moins fréquents. En effet, étant plus nombreux, ils représentent mieux le profil des risques de l'entreprise. Ceci est d'autant plus vrai que les risques potentiels les plus élevés sont ceux qui généralement ne sont **ni identifiés, ni gérés**.

Enfin, il est important de souligner le rôle d'une bonne gestion des risques du point de vue financier, car les risques des industries agro-alimentaires sont souvent ceux qui provoquent de très importants dommages (incendie, explosion).

**Le risque pénal** ne peut pas également être occulté. Il regroupe deux infractions jugées très sévèrement :

- **Infraction générale** du code pénal de mise en danger de la personne,
- **Infraction spéciale** d'inobservation d'une réglementation ou législation particulière de prévention (code du travail, code de l'environnement, ...).

En cas d'accident, au-delà de l'obligation légale, c'est la légitimité de la marque qui risque de défier l'ensemble de l'entreprise. En outre, la gestion des risques doit répondre aux normes des compagnies d'assurance qui exigent aujourd'hui des fabricants qu'ils s'engagent à faire face à la gestion des risques, qui peut souvent aller au-delà de l'application de la loi.

**La bonne stratégie consistera en final à pratiquer une analyse du couple coût/bénéfice, vérifiant que le coût de mise en œuvre reste inférieur à l'avantage lié à la réduction attendue du risque encouru.**

En tout état de cause, la **gestion des risques doit refléter un état d'esprit**. Ce n'est qu'en travaillant avec cet état d'esprit que les entreprises avanceront.

### 4.3. Intégration de la gestion des risques dans le Système de Gestion Intégré

Le risque technologique s'imbrique parfaitement dans un Système de Gestion Intégré (SGI), intégrant qualité et environnement dont il reprend une partie non négligeable, comme l'indique la figure 4.

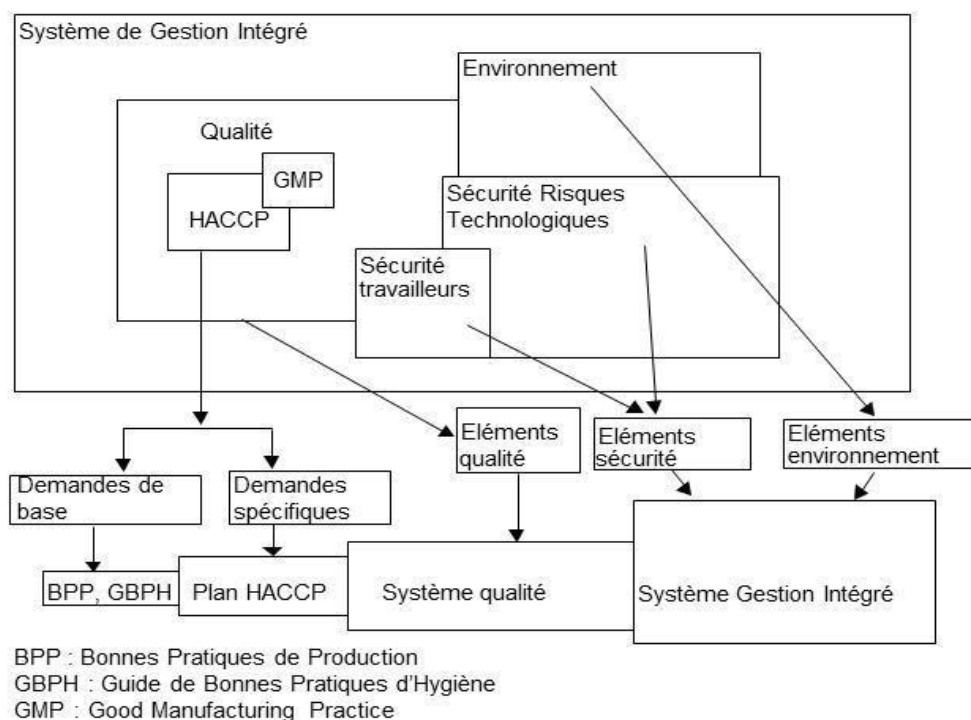


Figure 4: place de la gestion du risque technologique dans un Système de Gestion Intégré (SGI)

## I. 5. Les risques technologiques dans les industries agroalimentaires

Avant de mettre en place un Système de Management de la Sécurité Globale (SMSG) ainsi que des mesures de prévention et de protection, il convient de recenser l'ensemble des risques pouvant survenir au sein de son entreprise, d'en comprendre les causes exactes mais également les conséquences afin d'adapter au mieux les mesures à adopter. Pour cela, le guide détaille les principaux accidents pouvant survenir dans les industries agroalimentaires.

### 5.1. Principaux risques dans les industries agro-alimentaires

Selon la base de données **ARIA** (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) a calculé la répartition des accidents français survenus dans les industries agroalimentaires en fonction des différents types d'évènements (voir tableau 2). La répartition est basée sur le nombre d'accidents pour lesquels la typologie est connue (un même évènement pouvant être classifié sous plusieurs types).

Tableau 2 : répartition des accidents dans les industries agro-alimentaires par type d'évènements (ARIA,2012)

Type d'évènement	Nombre d'accidents	Répartition (%)
Incendies	890	50,8
Rejets de matières dangereuses	1 014	57,8
Explosions	211	12,0
Projections, chutes d'équipements	72	4,1
Emissions radioactives	2	0,1
Effet domino	51	2,9

Les principaux accidents rencontrés en IAA sont :

1. **La dispersion dans l'air, l'eau et le sol, de produits dangereux** avec risque de toxicité par inhalation, ingestion, ou contact
2. **L'incendie**, par inflammation d'un produit au contact d'un autre, d'une flamme, ou d'un point chaud, avec risque de brûlures et d'asphyxie
3. **L'explosion**, par mélange de certains produits avec d'autres, libération brutale de gaz avec risque de traumatismes directs (par projection de débris) ou par l'onde de choc

Chacun de ces risques sera détaillé ultérieurement et suivants qui présentent également les mesures de prévention et de protection à adopter pour limiter les risques.

Les risques cités ci-dessus entraînent souvent des dommages graves aux personnes. Certaines mesures communes peuvent permettre de limiter les séquelles.

*Chapitre II :*  
**L'INCENDIE**



## L'incendie

L'incendie dans l'entreprise est un sujet très préoccupant car il est souvent question de sinistres graves causant des dégâts importants et faisant même parfois des victimes. En effet, si la destruction des bâtiments et des biens représente un lourd tribut à payer, ce sont les conséquences sur l'être humain qui importent en premier lieu.

De plus, il ne faut pas oublier qu'**un incendie dans un établissement industriel entraîne très souvent sa fermeture**, temporaire ou définitive, avec toutes ses conséquences (perte d'exploitation, chômage technique...).

## II. 1. Notions sur l'incendie

### Définitions

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace en entraînant un dégagement de chaleur ; c'est une réaction exothermique. Pour qu'il y ait combustion, il faut que soient réunis 3 éléments:

- Un **combustible** ; les combustibles peuvent être :
  - solides : charbon, bois, paille, coton, caoutchouc, papier, carton, . . ;
  - liquides : solvants, hydrocarbures, alcools, huiles, ... ;
  - gazeux : gaz naturel, butane, propane, hydrogène, ... ;
- Un **comburant** ; le principal comburant est **l'oxygène de l'air**, mais d'autres comburants participent à la combustion de certains corps, par exemple :
  - le chlore (pour l'arsenic, le cuivre, le brome, l'hydrogène, le phosphore) ;
  - le soufre (pour le carbone à 1 000°C, le cuivre, l'hydrogène, l'arsenic) ;
- Une **source d'inflammation** ; pour amorcer la combustion, les matériaux doivent acquérir suffisamment d'énergie pour passer à un niveau plus élevé et moins stable appelé **état activé** ; cette énergie peut être apportée par une flamme, une étincelle, une température élevée, on l'appelle **énergie d'activation**.

L'absence de l'un de ces trois éléments empêche le déclenchement de la combustion (sauf cas des combustions spontanées ou auto-combustion,). Également, pour qu'il y ait un incendie, il faut que le mélange entre le combustible et le comburant soit dans les proportions du domaine d'inflammabilité.

Une combustion sera lente si la température est trop basse (inférieure à 500°C) pour qu'il y ait émission de lumière : le feu « couve » et produit peu de fumée. La combustion vive est ce que l'on appelle généralement le feu.

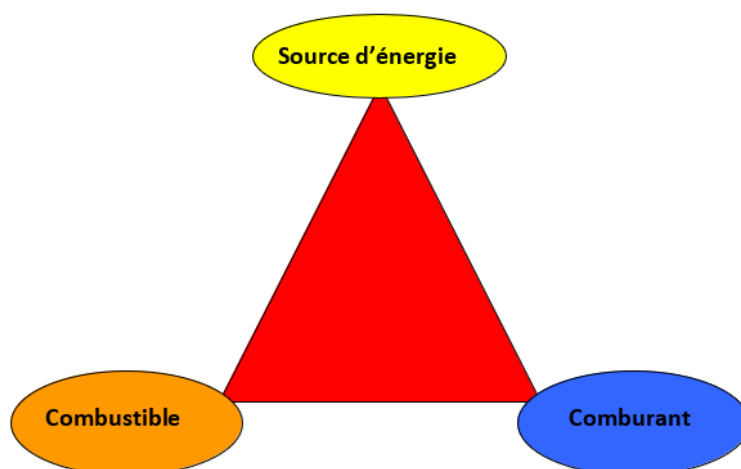


Figure 5 : Triangle de Feu

## II. 1.1. Paramètres agissant sur l'énergie d'activation

L'énergie nécessaire pour passer la barrière d'activation peut varier selon :

### ➤ L'état du combustible

Plus le combustible est compact, plus sa barrière d'activation sera haute et plus il sera difficile à allumer. En revanche, plus il est divisé, fractionné, plus il est facile à allumer. Cela s'explique simplement par le fait qu'à l'état divisé, la surface de combustible en contact avec l'air (comburant) est plus importante que s'il est compacté.

### ➤ La température

Plus elle sera élevée, plus l'agitation thermique sera importante et plus la barrière d'activation sera basse. Une élévation de température suffisante peut même annihiler la barrière d'activation et donc rendre la réaction spontanée : c'est l'auto-inflammation.

### ➤ La pression (ou tension de vapeur pour les gaz)

Elle peut également intervenir, mais à un degré moindre que la température. Néanmoins, une augmentation de pression entraîne une diminution de l'énergie d'activation.

### ➤ La présence de corps étrangers (catalyseurs)

Certains éléments peuvent, par leur simple présence, favoriser la rencontre entre combustible et comburant, et donc abaisser la barrière d'activation. Ce sont des activateurs ou catalyseurs positifs (métaux précieux, platine...). Le phénomène inverse est très intéressant pour la lutte

contre l'incendie et certains agents extincteurs agissent de cette façon ; ce sont des inhibiteurs ou catalyseurs négatifs (sels de potassium, halons, bicarbonates...).

## **1.2. Les classes de feu**

Des classes de feu sont définies par la norme en fonction de l'état physique de la matière combustible : A (solides), B (liquides), C (gaz), D (métaux) et F feu lié aux auxiliaires de cuisine (huiles et graisses végétales et animales) sur les appareils de cuisson.

### **Feu de classe A : combustion des solides**

Les solides peuvent se consumer soit par pyrolyse ou par braises.

La combustion des poussières relève également de celle des solides, mais la division de la matière est telle qu'il est souvent possible de rapprocher cet état de celui de gaz. **C'est la diminution de la barrière d'activation combinée à l'importante surface en contact avec l'air qui explique la combustion particulièrement violente des poussières.**

### **Feu de classe B : combustion des liquides et solides liquéfiables**

Il n'y a pas à proprement parler de combustion des liquides ; en effet, ce sont les vapeurs qu'ils émettent qui, mélangées à l'air dans des conditions favorables, peuvent s'enflammer. La condition principale est que le mélange « nuage de vapeur / air » soit dans les proportions du domaine d'inflammabilité ; il est donc nécessaire que le liquide se vaporise suffisamment. Or, la vaporisation est directement fonction de la température du produit et de la surface libre : plus le liquide est chaud, plus il se vaporise.

### **Feu de classe C : combustion des gaz**

Les combustibles gazeux sont très nombreux ; on peut presque dire que tous les combustibles sont gazeux puisque, exception faite des combustions type braise (charbon et métaux), toutes les autres combustions font intervenir des vapeurs inflammables, issues de solides ou de liquides.

### **Feu de classe D : combustion des métaux**

Les feux de classe D sont des feux de métaux (aluminium, magnésium, sodium, titane, etc....) qui nécessitent l'emploi de produits particuliers adaptés à chaque cas. Ces feux peuvent être également provoqués par l'embrasement de copeaux ou de poussières métalliques. Cette classe de feux nécessite des moyens d'extinction particuliers.

La réaction de combustion d'un métal favorise la production d'oxydes métalliques.

### **Feu de classe F : combustion liée aux auxiliaires de cuisine**

La particularité de cette classe F est qu'elle associe le combustible (huiles et graisses végétales et animales) à un mode particulier et limité d'utilisation (appareils de cuisson).

La classe de feu F a été introduite en 2000 par les britanniques dans leur norme BS 7937: 2000 afin de caractériser les feux d'huile de cuisson. Les foyers types de classe F comportent 4 niveaux : 5F, 15F, 25F et 75F. Les chiffres correspondent au volume d'huile en litres mis en œuvre dans le processus de combustion.

## II. 1.2. Les caractéristiques principales de l'incendie

Il est rare que deux feux d'un même type se ressemblent. En général, leur développement est fonction de deux critères :

- la température, qui dépend de la nature, de l'état et du volume du combustible, - la propagation des gaz de combustion et des vapeurs inflammables.

La propagation d'un incendie est aussi liée au déplacement de corps enflammés ou incandescents (flammèches, étincelles...) et à la présence de combustibles (en particulier de liquides inflammables).

La combustion est souvent incomplète et limitée à l'apport d'air frais. Cependant, une combustion incomplète peut entraîner la formation de gaz inflammables et toxiques

(**Exemple** : monoxyde de carbone) et générer un gros dégagement de fumées alors qu'une combustion complète dégage peu de fumées mais beaucoup de chaleur.

## II. 1.3. Mécanismes de propagation des incendies et des fumées

Au cours d'un incendie, les fumées et les gaz de combustion se propagent généralement par les ouvertures dans les parois, les escaliers non encloués, les conduits, ou les gaines.

Les fumées et les gaz de combustion ayant tendance à s'élever, ils peuvent envahir les niveaux supérieurs du bâtiment si rien n'est fait pour les évacuer. Dès que le mélange formé par les gaz et l'air atteint son domaine d'inflammabilité, il s'enflamme avec la chaleur. C'est ainsi qu'un feu déclaré en sous-sol peut se propager au dernier niveau sans que les étages intermédiaires soient atteints.

De plus, du fait de la chaleur, les gaz de combustion vont se dilater et donc occuper le maximum de volume. Ceci se traduit par une surpression de l'ordre de 15 à 20 Pa qui entraîne une migration des fumées vers les locaux adjacents.

Sous l'effet de la surpression, s'il existe une ouverture en partie haute, les gaz de combustion vont avoir tendance à s'échapper verticalement ; c'est ce qu'on appelle le **tirage thermique**. Le tirage est responsable de la propagation des fumées, et parfois des flammes, dans les conduits, gaines et

trémies. C'est aussi grâce à ce phénomène que l'on peut espérer désenfumer un local ou un bâtiment (effet cheminée).

Une température extérieure basse facilite le tirage du fait de l'amplitude thermique tandis qu'une température extérieure élevée gêne le tirage, au moins au début de l'incendie, quand les fumées sont encore tièdes.

De plus, le mode d'implantation et de rangement des matières combustibles est important pour prévenir la survenance d'un incendie et/ou sa propagation. Il est important de retenir les principes suivants :

- Pour un même produit, **des unités de conditionnement petites et des piles hautes augmentent le débit calorifique**, qui conditionne l'élévation de température du foyer, qui conditionne à son tour le transport de chaleur ;
- Les espaces vides constituent une arrivée d'air frais qui risque d'activer la combustion et donc d'augmenter le débit calorifique ; plus une combustion est aérée, plus elle est complète, plus il y a dégagement de chaleur et moins il y a de fumées.

De plus, bien que les essais à ce sujet soient encore peu nombreux, il semble que les dimensions du local dans lequel démarre un incendie aient une influence sur le débit calorifique, donc sur l'élévation de température. On peut dire qu'à surface de plancher égale et à surface de baies ouvertes égale,

**Les risques d'incendie à développement rapide sont d'autant plus faibles que la hauteur sous plafond est grande.**

## II. 1.4. Mécanismes de propagation de la chaleur

La combustion étant exothermique, elle dégage plus d'énergie qu'elle n'en a reçue pour s'activer. Une fois l'activation réalisée, l'énergie libérée est appelée **chaleur de réaction**. L'énergie calorifique produite est partiellement captée par le système pour l'entretien de la combustion, mais une grande partie est évacuée par rayonnement, conduction et convection.

### Rayonnement

Le rayonnement calorifique est d'origine électromagnétique comme les ondes radios, la lumière ou les rayons X ; il s'agit de rayonnement infrarouge (IR). On estime que l'énergie évacuée sous forme de rayonnement devient importante à partir d'une température de 600°C. Au-delà de 1 000°C, ce qui est courant pour un incendie, le rayonnement devient particulièrement intense et est susceptible d'apporter l'énergie d'allumage à d'autres matériaux combustibles dans le

voisinage. Néanmoins, comme pour tous les rayonnements, les effets des IR varient en fonction du carré de la distance entre la source et le point de mesure. En d'autres termes, **doubler la distance par rapport à la source revient à diminuer l'énergie reçue par quatre.**

### Conduction

La conduction est le transfert de chaleur au sein d'un même matériau ou de plusieurs en contact, qui tend à uniformiser la température. Ce phénomène concerne surtout les solides, et en particulier les métaux. En prévention, ce phénomène doit être pris en compte au niveau des constructions, pour définir la résistance au feu des édifices, ainsi que la réaction au feu des matériaux utilisés. Il en est de même au niveau des sources d'allumage par conduction des métaux, pour les travaux par points chauds.

Pour améliorer la tenue au feu de certains éléments (poutres métalliques), il est utile d'utiliser des revêtements peu conducteurs afin de retarder le passage de la chaleur.

### Convection

Ce phénomène s'applique aux fluides (liquides et gaz). En incendie, il concerne les fumées et les gaz issus de la combustion. Lorsqu'un fluide s'échauffe, il se dilate et devient donc moins dense que le même fluide froid. C'est pourquoi les gaz chauds s'élèvent, créant ainsi une dépression au niveau du foyer qui fera appel d'air frais si le renouvellement d'air est possible. On appelle cela le tirage. Ainsi, la circulation des gaz chauds vers les points hauts disponibles (cheminées, faux plafonds, ...) entraîne un transfert de chaleur par convection. Ces gaz de combustion sont très chauds et particulièrement dangereux car ils peuvent contenir des vapeurs combustibles qui s'enflammeront en cas d'apport d'air frais suffisant.

## II.2. Conséquences des incendies

Les dégâts humains occasionnés lors de sinistres sont principalement liés aux fumées et aux gaz ainsi qu'à la chaleur et aux flammes. En effet, les fumées et gaz sont les premières causes de décès lors d'un incendie. Ces décès sont dus à :

- **L'asphyxie** : le feu consomme beaucoup d'oxygène pour sa combustion,
- **La toxicité** : certains produits de combustion sont très toxiques (monoxyde de carbone par exemple).

Les fumées sont également dangereuses à cause de leur opacité qui va gêner l'évacuation des personnes et l'intervention des secours.

Le risque thermique engendre principalement des brûlures entraînant la mort, les flammes ayant une température comprise entre 600°C et 1 200°C. De plus, la luminosité des flammes peut constituer un danger pour la vue.

Ce sont également les flammes qui causent le plus de dégâts matériels (destruction des bâtiments et des biens), entraînant quelques fois la fermeture d'un établissement, temporaire ou définitive, avec toutes ses conséquences (perte d'exploitation, chômage technique...).

### **2.2.1. Mesures de prévention**

La prévention des incendies a pour but de **supprimer les causes de déclenchement** du feu, d'assurer la **sécurité des personnes**, et de **faciliter l'intervention des secours**. Pour cela, il faut prendre en compte la conception et la construction des bâtiments, les produits et matériels utilisés, ainsi que l'organisation du travail.

#### **2.2.1.1. Conception et construction**

Pour empêcher la propagation de l'incendie, il faut éviter une trop grande proximité entre les bâtiments ; une distance minimum de 10 mètres, ou 1,5 fois la hauteur du plus haut bâtiment, est exigée par les assurances pour considérer deux bâtiments comme distincts. De plus, cela facilite l'évacuation des personnes hors du site et l'intervention des secours, notamment en cas de manœuvres des camions de pompiers.

A l'intérieur d'un même bâtiment, il est utile de séparer les activités entre elles ou d'isoler les stockages de produits inflammables par compartimentage par exemple, à l'aide de murs et de portes coupe-feu.

Pour limiter les émissions de gaz et de fumées toxiques ainsi que la propagation de l'incendie, il faut privilégier des matériaux pas ou peu inflammables.

A ce sujet, des exemples d'accidents mettent en cause l'utilisation de panneaux sandwich. En effet, ce matériau facilite la propagation d'un incendie.

### **2.2.1.2. Produits et matériels utilisés dans les ateliers**

Pour limiter les risques d'apparition et de propagation du feu, il faut privilégier les produits les moins inflammables que l'on puisse utiliser. Il est également important de **limiter les produits toxiques et/ou inflammables présents dans les ateliers à la quantité juste nécessaire pour la journée**. En d'autres termes, les ateliers ne sont pas des lieux de stockage. Les récipients contenant des produits inflammables et/ou toxiques doivent être étiquetés et facilement identifiables.

Concernant les matériels utilisés dans les ateliers (pompes, moteur, etc.), il faut employer du matériel électrique de sûreté qui permet son utilisation dans des atmosphères inflammables ou explosives. Cette question est développée dans le chapitre suivant de ce polycopié. Ces matériels doivent également être régulièrement vérifiés, réparés, le cas échéant, et maintenus dans un bon état de fonctionnement afin de limiter les risques de défaillance et donc la survenance d'un incendie. En termes de prévention d'incendie d'origine électrique, le contrôle par thermographie infrarouge permet de déceler des échauffements anormaux ou excessifs.

### **2.2.1.3. Organisation de la sécurité au travail**

Concernant l'organisation de la sécurité, il est utile de consulter les prescriptions des règles d'organisation du travail en norme en vigueur.

## **2.2. Permis de feu**

Les sinistres induits par des travaux par points chauds (soudage, oxycoupage, meulage, tronçonnage, ...) représentant environ 30 % des incendies, le Code du travail et la législation des ICPE ont rendu obligatoire le permis de feu lors de l'exécution de travaux générateurs d'étincelles ou de surfaces chaudes. A noter que les machines portatives tournantes (disqueuses, tronçonneuses, perceuses, etc.) sont autant impliquées dans l'accidentologie que les chalumeaux d'oxycoupage et les postes de soudage.



Le permis de feu autorise donc l'exécution de travaux par points chauds. Il a pour but de prendre toutes les mesures de prévention contre les risques d'incendie ou d'explosion avant le début des travaux, et de mettre en place les moyens et mesures nécessaires pour lutter contre tout début d'incendie.

Il doit être signé par la personne commandant les travaux, par le chargé de sécurité, s'il en existe un, et par l'opérateur. Sa validité doit être précisée : elle est limitée dans le temps, en général un jour.

En cas de sinistre et de non-établissement d'un permis de feu, l'exploitant s'expose à de fortes sanctions, notamment de la part des assurances (application de règle en vigueur), mais aussi pénales.

## **2.3 Consignes d'incendie**

Les consignes d'incendie peuvent être rédigées par le fournisseur d'extincteurs, ou un prestataire spécialisé. Elles doivent être établies de façon claire et mentionner :

- Le plan de l'établissement avec l'implantation des moyens de lutte contre l'incendie et des issues de secours,
- Le nom et les coordonnées téléphoniques des responsables.

Ces consignes, régulièrement mises à jour, doivent être affichées dans des secteurs de passage du personnel. Le contenu des consignes est défini dans le code du travail.

#### **2.4. Plan d'intervention**

Le plan d'intervention a pour but de minimiser les conséquences d'un début d'incendie. Il doit mentionner essentiellement les risques particuliers et le mode d'intervention par secteur de l'entreprise, les dispositions d'urgence telles que :

- Appel et accueil des secours extérieurs,
- Coupure du gaz et de l'électricité,
- Évacuation du personnel,
- Consignes éventuelles de mise en sécurité des installations (produits dangereux...).

**Nous rappelons que le plan d'intervention n'est pas établi que pour les risques d'incendie. Il est également valable pour tout type de scénario (déversement, explosion, fuite toxique, ...).**

#### **2.5 Formation et entraînement des équipes de sécurité incendie**

Nous distinguons à ce niveau :

- **L'équipier de première intervention**, à savoir la première personne de l'entreprise découvrant l'incendie, donnant l'alerte et attaquant le feu avec les moyens de première intervention mis à sa disposition (extincteurs et éventuellement les robinets d'incendie armés) ; toutes les personnes de l'entreprise sont concernées pour les établissements d'un effectif inférieur à 50 personnes, et au minimum 20 % du personnel pour les établissements plus importants ;
- **L'équipe de deuxième intervention** de l'entreprise chargée de mettre en œuvre les dispositions du plan d'intervention, tel que précisé au paragraphe précédent, et de poursuivre la lutte contre l'incendie jusqu'à l'arrivée des services de secours ; elle doit être constituée par 3 à 4 personnes pour chaque équipe de travail.

**Les équipiers de première intervention** doivent suivre :

- Une formation théorique de base (causes d'incendie, moyens de lutte...),
- Un exercice pratique sur feux réels tous les 2 à 3 ans, par rotation du personnel.

**Les équipiers de deuxième intervention** doivent suivre :

- Une formation théorique de base plus poussée (mise en œuvre de moyens lourds),
- Un exercice pratique sur feux réels une fois par an (si possible avec les sapeurs-pompiers).

Ces formations peuvent être assurées en fonction du niveau par les fournisseurs d'extincteurs, ou tout prestataire spécialisé et agréé par le Ministère de l'Intérieur.

## **2.6. Mesures de protection**

Les dispositifs de protection contre l'incendie agissent pour **détecter l'éclosion d'un feu, freiner ou stopper sa progression, et permettre l'évacuation rapide et sûre des personnes présentes**. Il s'agit des détecteurs, des extincteurs et installations fixes d'extinction, des systèmes d'alarme, des dispositifs de désenfumage ou des portes coupe-feu.

Pour permettre l'évacuation rapide des personnes, il faut également des dégagements et des issues larges, correctement signalés, et non encombrés (voir exigences du code du travail). La structure du bâtiment doit rester stable, au moins pendant l'évacuation des personnes qui n'est jamais inférieure à ½ heure par expérience, et éviter la propagation de l'incendie. **La conception et la construction des bâtiments sont alors primordiales.**

Par exemple, les préconisations pour un local peuvent être les suivantes. La toiture doit être en matériaux légers de manière à offrir le moins de résistance possible en cas d'explosion ou comporter des dispositifs permettant de limiter les surpressions (événements d'explosion, etc.). En cas d'incendie, la chute des éléments de la charpente ne doit pas porter atteinte à la stabilité des murs extérieurs. Les classes des matériaux pour la couverture, les systèmes d'évaluation et les éléments du plafond, doivent être choisies en fonction des risques encourus.

### 2.6.1. Mesures de protection générales

**Pour prévenir et éviter la propagation des incendies**, il faut que chacun, à son poste de travail :

- Lutte contre le désordre, l'imprudence, la négligence,
- Limite les stockages de matériaux ou de produits inflammables,
- Proscrit tout stockage de papiers ou d'emballages, - vérifie la qualité des circuits électriques.

**Pour lutter contre un début d'incendie**, il faut :

- Agir vite mais sans affolement,
- Donner l'alarme suivant les consignes internes,
- Utiliser les moyens d'extinction à disposition

**Il convient de noter que l'utilisation d'un extincteur, pour être efficace, demande des connaissances que chacun peut acquérir lors d'exercices en écoles de feu.**

**En cas de début d'incendie**, il faut :

- Garder son calme et alerter immédiatement l'entourage et le service de sécurité ;
- Attaquer le feu avec l'extincteur approprié (4.2.5.3.) en restant toujours dans le sens du courant d'air pour éviter d'être gêné par la fumée ;
- Diriger le jet à la base des flammes et avancer progressivement en balayant le feu ;
- **Si le feu est déjà trop important**, fermer les portes et les fenêtres des locaux concernés ;
- Arrêter, à moins de consignes contraires, les ventilations ;
- Fermer les vannes de barrage de gaz et, après avoir pris les précautions nécessaires, couper l'alimentation électrique ;
- Faire arroser les portes ;

- **En cas de fumée gênant l'évacuation**, se déplacer en se tenant le plus près possible du sol ;
- Évacuer les bouteilles de gaz comprimé et les produits inflammables ;
- Lors de leur arrivée, guider les pompiers et leur donner toutes indications utiles.
- 

**Plusieurs règles fondamentales sont également à respecter :**

- Lire les consignes de sécurité affichées dans l'usine et avoir toujours de façon accessible, les numéros de téléphone spécialisés dans l'alerte ; - lire le mode d'emploi des extincteurs proches de son poste de travail ; - connaître les issues de secours ou les cheminements particuliers.

## **2.7. Les détecteurs incendie**

Les phénomènes physiques détectables qui accompagnent la naissance d'un feu se décomposent en plusieurs phases :

- Phase 1 : émission d'aérosols de combustion, signe précurseur de l'incendie,
- Phase 2 : émission de fumées visibles plus ou moins sombres, composées d'aérosols en suspension dans l'air,
- Phase 3 : présence de flammes, émission de rayonnements infrarouge (IR) et ultraviolet (UV),
- Phase 4 : élévation de la température due à la combustion vive.

En réponse à ces nombreux phénomènes, les fabricants ont mis au point différents types de détecteurs :

- Les détecteurs de fumée (optiques ou ioniques<sup>1</sup>) ;
- Les détecteurs de flammes (IR ou UV) ;
- Les détecteurs de chaleur (thermostatiques ou thermo vélocimétriques).

Les caractéristiques attendues d'un détecteur sont :

- **Leur maintenabilité** : facilité d'entretien,

- **Leur efficacité** : aptitude à détecter,
- **Leur fiabilité** : faible probabilité de défaillance, - **leur stabilité** : taux de « fausse alarme » minimum.

## 2.8. Le matériel de lutte contre l'incendie

Chaque matériel est destiné à une utilisation très précise. Il faut donc déterminer, grâce à ces différents critères, le matériel approprié. Comme pour les détecteurs,

Ces moyens d'extinction doivent être choisis en fonction de :

- La réglementation applicable,
- L'activité exercée et l'analyse de risque qui en découle,
- L'implantation géographique de l'établissement par rapport aux services de secours,
- L'organisation interne de l'établissement,
- Les standards des préconisations des sociétés d'assurance.

### 2.8.1. Les extincteurs

Les agents extincteurs agissent sur le feu selon plusieurs modes d'action. Ces derniers permettent de déterminer l'agent extincteur le plus approprié en fonction du risque à protéger, de son environnement et des moyens de mise en œuvre.



Figure 6 : Différents types d'extincteurs

Les agents extincteurs peuvent être :

- L'eau,
- L'eau avec additif,
- Les mousses,
- Les poudres,
- Les gaz extincteurs (chimiques ou physiques).

### 2.8.2. Choix des extincteurs

Les tableaux suivants déterminent :

- Les agents extincteurs à utiliser en fonction de la classe de feu redoutée ;
- Les principales caractéristiques des agents extincteurs pouvant être utilisés.

**Tableau 4 : synthèse sur le choix des agents extincteurs en fonction des classes de feu [source : CNPP]**

Agent extincteur	Procédé d'extinction	Classe de feu
Eau - jet plein	Refroidissement Dispersion	A
Eau pulvérisée	Refroidissement	A B (hydrocarbures avec point éclair élevé)
Eau + additif (AFFF)	Refroidissement Isolement	A B
Mousses	Isolement	B
Dioxyde de carbone	Etouffement	B et feux d'origine électrique
Poudres BC	Inhibition	B C
Poudres ABC	Inhibition Isolement	A B C
Poudres D	Isolement	D (adaptation au combustible)
Azote	Etouffement	B C Produits pulvérulents

**Tableau 5 : synthèse sur les caractéristiques des principaux agents extincteurs**

Extincteurs	Charge nominale	Classes de feux	Portées efficaces	Temps de vidange
Eau pulvérisée avec ou sans additifs	2, 3, 6 et 9 L	A B (additif)	2 à 3 m	45 s à 1 min
Dioxyde de carbone	2 et 5 kg	B + appareils sous tension	1 m	6 à 10 s
Poudre BC	2, 6, 9 et 12 kg	B et C	3 à 4 m	6 à 15 s
Poudre ABC	2, 6, 9 et 12 kg	A, B et C	3 à 4 m	6 à 15 s

*A noter que la classe de feu F (feu de cuisson) a été créée parce que les agents d'extinction traditionnels ne pouvaient pas éteindre efficacement des feux d'huile de cuisson. En effet, les agents d'extinction qui conviennent pour éteindre les feux de classe B ne sont pas efficaces sur les feux d'huiles et de graisses de cuisson. Ces derniers prennent feu par auto-inflammation à des températures de l'ordre de 340 à 360°C tandis que les feux de classe B s'enflamment généralement dès la présence d'une flamme à une température qui correspond à leur point d'éclair qui est nettement plus bas.*

## 2.8. Principe de fonctionnement

La pression permettant la projection de l'agent extincteur est produite selon deux principes de fonctionnement :

### ➤ Les appareils à pression permanente

Comme leur nom l'indique, ces appareils sont constamment sous pression. La propulsion est obtenue soit par la tension de vapeur du gaz extincteur (CO<sub>2</sub> par exemple), soit par un gaz propulseur ajouté (azote ou air comprimé). Leur mise en œuvre consiste à :

1. Retirer le système de sécurité,
2. Diffuser l'agent extincteur en appuyant sur la poignée.

### ➤ Les appareils à pression auxiliaire

Ils sont mis sous pression au moment de leur utilisation. Une cartouche auxiliaire contient du CO<sub>2</sub> qui sera libéré par un système de percussion. La manœuvre à suivre est la suivante :

1. Retirer le système de sécurité,
2. Percuter la cartouche auxiliaire en appuyant sur le bouton,
3. Diffuser l'agent extincteur à l'aide de la poignée.

Ces deux systèmes ont leurs inconvénients : les opérations de maintenance et les vérifications internes sont rendues plus difficiles avec les appareils à pression permanente ; il est parfois difficile de percuter la cartouche pour les appareils à pression auxiliaire. La réussite d'une intervention est assurée par la formation et l'entraînement du personnel.

## 2.9. Implantation

Il convient d'installer au minimum :

- 1 extincteur de 6 L ou 6 kg par 200 m<sup>2</sup> pour les locaux à activité tertiaire, - 1 extincteur de 9 L ou 9 kg par 200 m<sup>2</sup> pour les locaux à activité industrielle.

Dans les zones comportant des risques spécifiques (dangers localisés, stockages ou utilisation de substances inflammables...), il est nécessaire de compléter la protection générale. Les extincteurs sont répartis de manière uniforme à l'intérieur de chaque zone ; la distance à parcourir pour atteindre un appareil ne doit pas excéder 15 m.

### 2.9.1. Les robinets d'incendie armés

Une installation de robinets d'incendie armés (RIA) est composée de différents postes épartis autour de la zone à protéger. Ces robinets sont dits « armés » car ils sont alimentés en permanence, prêts à être utilisés sur tout début d'incendie. Un RIA doit permettre une première intervention d'urgence en attendant des moyens plus puissants.



La Figure 07 : Poste de RIA

Un poste de RIA se compose des éléments suivants :

- Un robinet d'arrêt de l'alimentation en eau,
- Un dévidoir tournant,
- Un tuyau semi-rigide,
- Un robinet diffuseur permettant les positions suivantes sur la lance : fermeture, jet plein et jet diffusé (queue de carpe),
- Une plaque de signalisation et son emploi.

Les RIA peuvent être fixes ou pivotants. Il existe différents types de diamètres nominaux ; le choix du diamètre dépend du risque à protéger, en particulier de son potentiel calorifique (*voir tableau 7*).

**Tableau 7 : tableau de synthèse sur le choix des RIA en fonction des différents risques à protéger**

Classe de risques	Potentiel calorifique (MJ/m <sup>2</sup> )	Diamètre nominal	Débit minimal (L/min)
Risques courants à faible potentiel calorifique	PC < 500	DN 19	36
Risques moyens	500 < PC < 900	DN 25	53
Risques importants ou dangereux	PC > 900	DN 33	111

Note : les RIA DN19 ne sont pas acceptés pour la protection des ateliers et stockage

Le nombre de RIA et leur emplacement doivent permettre d'atteindre la totalité de la surface des locaux à protéger. Les critères suivants doivent être pris en compte :

- L'agencement du local,
- La longueur du tuyau (30 m maximum),
- La portée du jet (la portée minimale est celle du jet conique : 3 m).

Les RIA peuvent être équipés d'un injecteur en ligne permettant de traiter les feux de solvants polaires.

### **2.9.2. Les installations automatiques à gaz (CO<sub>2</sub> ou gaz chimiques)**

L'installation de ces équipements peut être effectuée par des installateurs titulaires de la certification pour ces services. Ces installations présentent une protection efficace pour les enceintes closes relativement étanches, ou encore les volumes ponctuels, comme les machines. Le mode d'action est **l'étouffement**, obtenu par l'afflux de gaz carbonique. Le rôle de l'installation est d'éteindre l'incendie à un stade précoce.

Un dispositif de déclenchement est actionné par une détection automatique comprenant des détecteurs, un tableau de signalisation et un coffret de relaying. L'installation doit également être munie d'un système de déclenchement manuel.

Il faut être attentif aux points suivants :

- Veiller à ce qu'une « zone de noyage » ne constitue pas un itinéraire d'évacuation unique pour une autre zone,
- Prévoir des portes battantes à fermeture automatique ouvrant vers l'extérieur et pouvant être déverrouillées de l'intérieur, - prévoir une alarme d'évacuation spécifique,
- Prévoir de parfumer le gaz par un produit odorant ininflammable et non toxique,
- Prévoir une signalétique aux accès et issues : « en cas d'alarme ou de dégagement de CO<sub>2</sub>, quitter immédiatement le local »,
- Laisser libre en permanence les itinéraires d'évacuation,
- Prévoir un fléchage signalétique,
- Prévoir un matériel respiratoire autonome et du personnel formé à l'utiliser, - prévoir des moyens de ventilation des locaux.

La protection par gaz carbonique peut s'appliquer soit à l'ensemble d'un risque, soit à un local.

Cependant, l'enceinte doit satisfaire à certains critères minimaux de résistance au feu :

- Éléments porteurs : SF ¼ h,
- Cloisons, planchers, portes, trappes : PF ¼ h.

**L'usage du CO<sub>2</sub> dans les systèmes d'extinction est subordonné à la capacité du site à maîtriser la présence et l'évacuation du personnel pour ne pas l'exposer aux risques de mortalité par asphyxie.**

### **2.9.3. Les installations d'extinction automatiques à eau (sprinkleurs)**

La détection est réalisée par les sprinkleurs qui sont des détecteurs à ampoules thermostatiques munis d'une buse de projection d'eau. Lorsque la température atteint le degré fixé, il y a rupture de l'ampoule sur le sprinkleur et libération d'eau sous pression dont le jet vient se briser sur le diffuseur. Le choix des températures seuils et des emplacements sont fonction des caractéristiques des locaux et de leur utilisation.



### PENDENT FIRE SPRINKLER

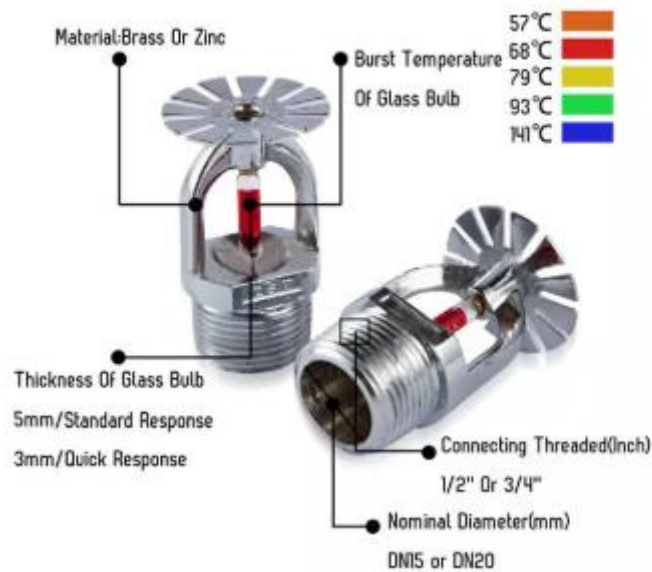


Figure 8 : Différents types de sprinklers

Ces installations sont généralement « sous eau », ce qui signifie que leurs canalisations sont remplies d'eau. Néanmoins, en cas de risque de gel, il est possible d'utiliser des installations dites « sous air », pour lesquels l'eau est stockée sous pression en amont du poste. En présence d'un stockage de liquides inflammables, il est possible de recourir à des émulseurs.

Il existe deux sources d'eau possible :

#### Les sources A :

Elles sont conçues pour alimenter 5 sprinklers pendant 30 minutes. Il s'agit de :

- réservoirs sous pression,
- réserves d'eau à charge gravitaire (source en hauteur), - pompes électriques puisant dans une réserve,

- réseau d'eau de ville surpressé ou non.

➤ Les sources B :

Elles sont conçues pour alimenter la totalité de la surface impliquée pendant 60 minutes pour les locaux à risque courant, et 90 minutes pour les locaux à risques particuliers et industriels. Il s'agit de :

- réserves d'eau à charge gravitaire, - pompes puisant dans une réserve,
- réseau d'eau de ville surpressé ou non.

Les sources B sont dites « inépuisables ». Elles font appel à deux notions : la surface impliquée et la densité d'eau.

➤ La surface impliquée :

C'est une surface fictive qui détermine les dimensions de l'installation en fonction de la classe de risque. Elle varie entre 72 m<sup>2</sup> et 360 m<sup>2</sup>, et est généralement de 260 m<sup>2</sup>.

Cette surface doit être majorée de 25 % pour les installations « sous air » pour les locaux non hors gel.

➤ La densité d'eau :

Il s'agit de la quantité moyenne d'eau déversée par les sprinklers les plus défavorisés, ceux qui sont généralement les plus loin de la source. Selon la classe de risque et la hauteur de stockage, elle varie de 2,25 L/m<sup>2</sup>/min et 30 L/m<sup>2</sup>/min.

Les détails sur la conception, l'installation et l'utilisation des sprinklers sont précisés dans des règles spécifiques édités le plus souvent des fournisseurs de ces produits.

## **2.10. Principes généraux de désenfumage**

Les fumées sont une combinaison d'éléments solides (particules), liquides (vapeurs) et gazeux. Elles présentent de nombreux dangers :

- La toxicité,
- La corrosivité,
- La température,

- L'opacité,
- La combustibilité.

Le désenfumage a pour but d'extraire des locaux incendiés une partie des fumées et gaz de combustion afin de rendre praticables les voies de circulation (éviter les risques de toxicité et d'asphyxie) pour les employés et limiter la propagation de l'incendie.

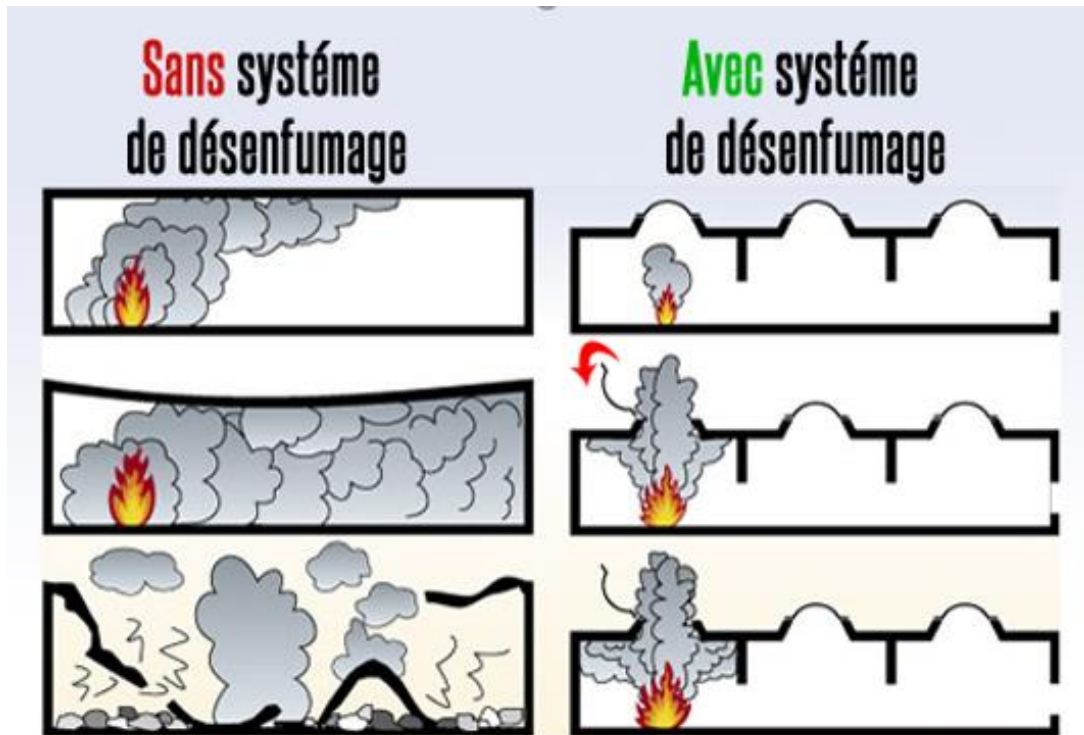


Figure 8 : Importance du système désenfumage

La réglementation des installations classées prescrit le désenfumage. Les locaux à risque d'incendie doivent être équipés en partie haute de Dispositifs d'Evacuation Naturelle de Fumées et de Chaleur, conformes aux normes en vigueur, permettant l'évacuation à l'air libre des fumées, gaz de combustion, chaleur et produits imbrûlés dégagés en cas d'incendie. Les dispositifs d'évacuation des fumées sont composés d'exutoires à commande automatique et manuelle (ou auto-commande).

Dans les cas de création de bâtiments ou de création d'extension de bâtiment, la surface utile d'ouverture de l'ensemble des exutoires ne peut être inférieure à 2 % de la surface au sol du local.

Pour les bâtiments existants dont la surface au sol est inférieure ou égale à 1 600 m<sup>2</sup>, la surface utile d'ouverture de l'ensemble des exutoires ne peut être inférieure à 1 % de la surface au sol, avec un minimum d'un mètre carré. Pour les bâtiments existants dont la surface au sol est supérieure à 1 600 m<sup>2</sup>, la surface utile d'ouverture de l'ensemble des exutoires ne peut être inférieure à 2 % de la surface au sol.

Afin d'équilibrer le système de désenfumage et de le répartir de manière optimale, une superficie utile comprise entre 1 et 6 m<sup>2</sup> est prévu pour 250 m<sup>2</sup> de superficie projetée de toiture.

## **2.11. Résistance et réaction au feu des éléments de construction**

**La conception et la construction des bâtiments sont primordiales pour permettre l'évacuation rapide et sûre des personnes, et éviter ainsi la propagation de l'incendie.**

Le présent paragraphe passe en revue le classement des éléments de construction selon leur résistance au feu, les différentes structures possibles, leurs inconvénients et les mesures pouvant être mises en place pour limiter ces inconvénients.

### **2.11.1. Classement général des éléments de construction selon leur résistance au feu**

La « résistance au feu » indique le temps durant lequel, lors d'un feu, un élément de construction (paroi, plancher, plafond, porte, ...) conserve ses propriétés physiques et mécaniques.

En Europe, selon le nombre de critères satisfaits par un élément de construction, on lui attribuera le classement stable au feu, pare-flamme ou coupe-feu. Pour chaque catégorie, le classement s'exprime en fonction du temps pendant lequel l'élément satisfait aux critères requis. Ces degrés de classement sont : ¼ h, ½ h, ¾ h, 1h, 1h30, 2h, 3h, 4h et 6h. Pour des temps inférieurs à ¼ h, l'élément est réputé « non classable ».

#### **Exemple**

Au cours des essais, un mur porteur donne les résultats suivants :

- Résistance au feu : 310 min,
- Étanchéité : 145 min,
- Isolation thermique : 70 min.

Son classement sera alors : SF 4h, PF 2h, CF 1h.

Cependant, une classification européenne a été élaborée pour harmoniser les systèmes nationaux au sein de l'Union européenne. Il existe également trois classes :

- R : résistance mécanique ou stabilité,
- E : étanchéité aux gaz et flammes,
- I : isolation thermique (forcément utilisé en complément d'une classification R ou E).

Ces classes sont également suivies de 2 ou 3 chiffres donnant le temps de résistance en minutes.

Le tableau suivant présente la correspondance entre la classification européenne et la classification française.

**Tableau 9 : correspondance entre le classement français et européen de la résistance au feu des éléments de construction**

Critères	Résistance mécanique	Étanchéité aux gaz et aux flammes	Isolation thermique
<b>Classement</b>			
<b>SF</b> : Stable au Feu	✓		
<b>PF</b> : Pare-flamme	✓	✓	
<b>CF</b> : Coupe-feu	✓	✓	✓

### 2.11.2. Classement général des éléments de construction selon leur réaction au feu

Le comportement au feu des produits utilisés dans la construction est un élément fondamental de l'analyse de risque incendie. C'est pourquoi les matériaux et éléments de construction font l'objet d'une classification faite par l'Etat et les assurances.

Les critères déterminant le classement sont :

- Le délai d'inflammation,
- La somme des longueurs maximales de flammes,
- La durée de combustion,
- La moyenne des surfaces détruites.

En Europe, il existe un classement composé de 5 catégories, qui définit la réaction au feu des matériaux. Ce classement va de M0 à M4, M4 étant le plus facilement inflammable et M0 le plus difficilement inflammable

Le tableau suivant présente les caractéristiques principales des 5 catégories de réaction au feu.

**Tableau 10 : caractéristiques des 5 catégories de réaction au feu des éléments de construction, selon la classification française**

	<b>Combustibilité</b>	<b>Inflammabilité</b>	<b>Exemples</b>
<b>M0</b>	Incombustible	Ininflammable	Pierre, brique, ciment, tuiles, plomb, acier, <i>etc.</i>
<b>M1</b>	Combustible	Non inflammable	PVC, matériaux composites, coton, <i>etc.</i>
<b>M2</b>	Combustible	Difficilement inflammable	Panneau de particules, <i>etc.</i>
<b>M3</b>	Combustible	Moyennement inflammable	Bois, caoutchouc, laine, <i>etc.</i>
<b>M4</b>	Combustible	Facilement inflammable	Papier, polypropylène, <i>etc.</i>
<b>NC</b>	Non classé	Non classé	

### **2.11.3. Les murs coupe-feu**

Le compartimentage d'une grande cellule en cellules de taille plus réduite est une mesure constructive permettant de faire obstacle pendant une durée plus ou moins longue à la propagation du feu de la zone sinistrée à une autre. Outre l'intérêt de diviser le danger, cette séparation physique permet de :

- Limiter les risques de propagation et les sources de départ de feu,
- Réduire l'énergie thermique rayonnée sur les tiers ; les distances de sécurité des effets thermiques diminuent quand la surface en feu diminue (les flammes sont moins hautes), et/ou quand la longueur de la façade rayonnante diminue (longueur du front de flamme plus faible),
- Faciliter l'intervention des secours : dans certains cas, les dimensions de certaines cellules sont telles que la portée des lances n'est pas suffisante pour atteindre le cœur de l'incendie,
- Isoler les produits particulièrement dangereux,
- Séparer les produits incompatibles : un mélange de produits incompatibles peut conduire à des départs de feu ou des suraccidents.

## II.3. Synthèse des principales mesures de prévention et de protection

Le tableau suivant récapitule les principales mesures de prévention et de protection à adopter pour limiter les risques d'incendie dans une entreprise agro-alimentaire.

Tableau 11 : récapitulatif de barrières concernant l'occurrence d'un incendie (non exhaustif)

Barrières de prévention	Barrières de protection
Distancer les bâtiments de 10 mètres au minimum et séparer les activités	Utiliser des matériaux qui freinent ou stoppent la propagation du feu : détecteurs à incendie, agents extincteurs, sprinkleurs
Choisir des matériaux de construction et des produits peu inflammables	Assurer la stabilité et la résistance au feu de la structure du bâtiment
Utiliser du matériel électrique de sûreté et le surveiller	Créer des ouvertures larges et signalées pour l'évacuation
Utiliser un permis de feu	Mettre à disposition du matériel d'extinction incendie

## II.4. Fiches d'accidents technologiques concernant le risque d'incendie

Des exemples d'accidents sont présentés dans les pages suivantes, sous forme de fiches d'accidents technologiques ; elles analysent précisément les causes et les conséquences de ces accidents et proposent un certain nombre de mesures de prévention et de protection à adopter. (Voir Annexe).

Les mouvements de convection issus du développement de l'incendie peuvent être influencés par les conditions atmosphériques. De plus, le vent crée des surpressions sur les parois qui lui font face, et des dépressions sur les parois opposées. Ces pressions peuvent modifier le tirage thermique, selon l'implantation des conduits de désenfumage.

## III. Causes des incendies

L'origine des incendies peut être variée, mais parmi les principales causes sont retrouvées (liste non exhaustive) :

- **Les malveillances (interne ou externe),**
- Les défaillances humaines,
- Les défaillances matérielles : un mauvais fonctionnement des matériels est souvent à l'origine de la source d'énergie initiatrice de l'incendie,

- Les isolants combustibles (panneaux sandwich,), qui favorisent une propagation rapide des incendies
- Le stockage de matières combustibles (auto-combustion ou combustion des produits,)
- L'auto-combustion.
- La disposition des locaux,
- Certains évènements externes (tempête, **foudre**, surtensions, vent...),
- L'électricité.

Chapitre  
**EXPLOSION**

III :



## III. L'explosion

Les causes et les conséquences d'une explosion sont à rapprocher de celles d'un incendie. En effet, les mécanismes initiateurs d'une explosion sont assez proches et un incendie se déclare souvent après une explosion. Le point des connaissances sur explosion et lieu de travail).

### 1. Notion sur l'explosion

#### 1.1. Définitions

L'explosion est une **combustion très vive et très rapide** qui se produit généralement en milieu confiné et qui peut être soit d'origine physique (explosion "pneumatique", appareillage en surpression...), soit d'origine chimique (réaction).

Cette combustion s'accompagne d'une onde de choc, et la zone de flammes peut envahir un volume dix fois supérieur à celui de l'atmosphère explosive initiale.

La différence entre une déflagration et une détonation réside dans la vitesse de front de flamme. On parlera de déflagration pour des vitesses de l'ordre de quelques mètres par seconde, et de détonation pour des vitesses de l'ordre du kilomètre par seconde (la nitroglycérine pure atteint 7,43 km/s).

La combustion rapide de la matière crée une compression locale importante et produit une onde qui va se propager (effet de souffle) ; lors de sa propagation, l'onde s'amortit (perte d'énergie), ou au contraire se régénère par l'amorçage de nouveaux points du combustible. S'il y a amortissement, on restera dans le domaine de la déflagration. Dans le cas contraire, l'onde de compression va s'amplifier sans cesse et dépasser un seuil critique qui permet l'établissement d'une **onde de choc** (détonation).

Les systèmes clos ou fermés favorisent la compression et donc la détonation (phénomène de paroi). En revanche, les systèmes ouverts sont plus favorables à la déflagration. Pour qu'une explosion ait lieu, il faut la réunion simultanée de 6 conditions (voir figure ) :

- Les trois conditions du triangle du feu (un combustible, un comburant, une source d'énergie)

- Un état particulier du combustible (produit en suspension : gaz, aérosol ou poussières)
- L'obtention du **domaine d'explosivité** (plage de concentrations des combustibles par rapport à l'air permettant l'explosion), - un **confinement** suffisant.



Figure 8 : schématisation des paramètres dans l'hexagone de l'explosion

### 2.1. Contraintes applicables

### 3.2. Réglementation en vigueur : les directives ATEX

**Le terme « ATEX » désigne ATmosphère EXplosive** et correspond à 2 directives :

- La prescription minimale visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphère explosive ;
- Les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive.

En fait, une ATEX correspond à la réunion de 4 des 6 conditions de l'hexagone de l'explosion :

- Présence d'un comburant (oxygène),
- Présence d'un produit combustible,

- État particulier du combustible (produit en suspension : gaz, aérosol ou poussières),
- Obtention du domaine d'explosivité.

**Cependant, la présence d'une ATEX ne signifie pas nécessairement qu'il y aura une explosion. Il y aura explosion, seulement si une source d'inflammation apparaît lorsqu'une ATEX est formée.**

Selon le Code du travail, l'employeur doit prendre les mesures techniques et/ou organisationnelles appropriées, par ordre de priorité et sur la base des principes suivants :

- Empêcher la formation d'ATEX,
- Éviter l'inflammation d'ATEX (et donc l'explosion),
- Atténuer les affects nuisibles d'une explosion.

Pour cela, l'exploitant doit :

- Prendre les mesures techniques ou organisationnelles appropriées au type d'exploitation,
- Évaluer globalement les risques d'explosion,
- Subdiviser en zones les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se former,
- Mettre en place une campagne de **signalisation des zones définies**.

## 2.2. Définition des zones de danger

**Parmi les contraintes applicables concernant les ATEX, l'exploitant doit définir et classer les zones où peuvent apparaître des atmosphères explosives .** Pour cela, il doit :

- **Évaluer les risques d'explosion** (sur la base d'une analyse de ces risques) avec la réalisation d'un **document relatif à la protection contre les explosions** (appelé manuel ATEX par exemple) ;
- **Classer les zones à risque dans l'établissement** en 3 zones où peuvent apparaître des atmosphères explosibles (0, 1 ou 2 pour les ATEX gazeuses ; 20, 21, 22 pour les ATEX poussiéreuses) et établir une corrélation avec le type de matériel approprié pour chaque zone.

Les zones ainsi déterminées doivent être **matérialisées sur des plans** de l'installation. Les justifications et les éléments ayant servi pour le classement des zones doivent être documentés pour faciliter la compréhension des revues (surtout les paramètres qui influent sur la formation des atmosphères explosives).

La démarche doit être explicitée dans le manuel ATEX. **De plus, une signalétique claire doit indiquer le potentiel explosif de l'atmosphère environnante.**

L'employeur doit réaliser des revues de classement des zones de façon périodique et lors des changements du procédé, des modes opératoires, des procédures (nettoyage entre autres) ...

Les ATEX peuvent être formées à partir de gaz et vapeurs mais également à partir de poussières combustibles.

Les zones de dangers sont classées en 3 zones avec une numérotation distincte entre les gaz / vapeurs et les poussières.

*Tableau 11 : classification des zones de danger concernant les risques d'explosion*

Gaz / Vapeurs	Poussières	Niveau du danger	Définitions
<b>Zone 0</b>	<b>Zone 20</b>	<b>Danger permanent</b>	Emplacement dans lequel une atmosphère explosive due à un mélange d'air et de gaz, vapeur, ou brouillard, ou sous forme de nuage de poussières combustibles est présente en permanence, pendant de longues périodes, ou très fréquemment
<b>Zone 1</b>	<b>Zone 21</b>	<b>Danger potentiel</b>	Emplacement dans lequel une atmosphère explosive est susceptible de se former occasionnellement pendant le fonctionnement normal de l'exploitation
<b>Zone 2</b>	<b>Zone 22</b>	<b>Danger minime</b>	Emplacement dans lequel une atmosphère explosive n'est pas susceptible de se former en fonctionnement normal, ou, si c'est le cas, pour une très courte durée
<b>Hors zone</b>		<b>Pas de dangers</b>	Risque présent moins de 1 heure par an

Un exemple de zonages sont présentés dans les pages suivantes.

### **Exemple de zonage de poussières - cas d'une sucrerie :**

#### *Zone 20 :*

- intérieur des capacités de stockage vertical et des capacités intermédiaires (boisseaux),
- intérieur des équipements de manutention, de classement, et de dépoussiérage (élévateurs, transporteurs pneumatiques, dépoussiéreurs, gaines...).

#### *Zone 21 :*

- intérieur des silos horizontaux en cours de remplissage.

#### *Zone 22 :*

- intérieur des silos horizontaux en période de conservation,
- galeries et tunnels de liaison,
- ateliers de conditionnement et d'expédition (sauf intérieur des appareils et des cellules),
- parties inférieures et supérieures des silos verticaux,
- tour de manutention,
- ateliers de séchage,
- poste de chargement / déchargement.

### **Exemple de zonage pour les gaz et les vapeurs – cas d'une distillerie**

#### *Zone 0 :*

- intérieur des cuves de stockage et des colonnes de distillation. *Zone 1 :*
- poste de chargement (camion/wagon) : rayon de 5 mètres autour de l'orifice du bras ou du flexible de chargement en position de repos,
- poste de chargement (camion/wagon) : rayon de 5 mètres autour du centre des orifices des moyens de transport en position de chargement,
- remplissage de réservoirs mobiles : à l'extérieur de tout bâtiment, dans un local ouvert, ou sous simple abri : sphère de 3 mètres de diamètre, - évènements de mise à l'atmosphère, respiration, soupapes à l'extérieur,
- ensemble du volume d'un bâtiment fermé ordinaire,
- intérieur des fosses ou des caniveaux non librement aérés ou non comblés avec brides, robinetteries... *Zone 2 :*
- intérieur des ateliers de fabrication de type particulier (voir ci-après),
- local à pompes : zone de 3 mètres autour des pompes,
- stockages et cuvettes de rétention : 7,5 mètres autour des évacuations à l'air libre des soupapes et des systèmes de respiration ; 15 mètres autour des piquages au bas des cuves,
- zone de 5 mètres autour des ouvertures des bâtiments fermés dont l'intérieur est zone 1.

Il convient de réaliser un maximum d'installations en dehors des zones à risques et en plein air ; seuls les circuits terminaux indispensables au fonctionnement doivent s'y trouver. Les réservoirs doivent être équipés d'un dispositif autonome limitant les pressions ou dépressions aux valeurs prédéfinies.

### 3. Classement des appareils intervenant en zone ATEX

Les directives ATEX impose la mise en place d'appareils et de matériels adaptés à la zone ATEX où ils sont utilisés (zones 0, 20, 1, 21, 2 ou 22 ) ; ces appareils doivent avoir un classement approprié et le marquage correspondant. Les caractéristiques à respecter sont présentées dans les paragraphes suivants.

Les appareils destinés à être utilisés en industrie sont classés dans le **groupe II**, le groupe I ne concernant que les appareils utilisables dans les mines souterraines à atmosphère potentiellement explosive (coups de grisou, poussières inflammables...).

Ces groupes se divisent eux-mêmes en catégories (M1 et M2 pour le groupe I, et 1, 2 et 3 pour le groupe II).

Seules les catégories définies pour les appareils du groupe II seront décrites dans la suite du guide.

#### **Catégorie 1**

Elle concerne les appareils offrant un **très haut niveau de protection** lorsqu'ils sont utilisés dans une atmosphère explosive et conformément à l'usage pour lequel ils ont été conçus. Ils sont notamment dotés d'au moins deux systèmes de protection indépendants.

#### **Catégorie 2**

Il s'agit d'appareils offrant un **haut niveau de protection**, même en cas de défaillances fonctionnelles ou de conditions de fonctionnement dangereuses.

#### **Catégorie 3**

Elle concerne les appareils ayant un **niveau de protection normal** et destinés à être utilisés dans des atmosphères très rarement explosives.

**Le tableau suivant présente la correspondance entre les catégories de matériel et la zone où ces matériels peuvent être utilisés.**

Tableau 12 : correspondances entre catégories du matériel et zones de danger

Catégorie	Niveau de protection	Manière d'assurer la protection	Conditions d'exploitation possibles
1	Très élevé	Deux moyens indépendants assurent la protection, même en cas de défaillances simultanées et indépendantes.	Utilisation autorisée en zones 0, 1 et 2 ou 20, 21 et 22.
2	Elevé	Adaptation à une exploitation normale et à des perturbations fréquentes, ou aux équipements pour lesquels les dysfonctionnements sont normalement pris en compte.	Utilisation autorisée en zones 1 et 2 ou 21 et 22.
3	Normal	Adaptation à une exploitation normale.	Utilisation autorisée seulement en zones 2 ou 22.

**Pour éviter toute fraude, chaque appareil doit porter de manière lisible et indélébile :**

- ✓ le nom du fabricant et son adresse,
- ✓ Le marquage CE (sauf pour les composants), suivi du numéro de l'organisme notifié lorsque celui-ci intervient dans la phase de contrôle de la production,
- ✓ La désignation de la série ou du type,
- ✓ Le numéro de série, - l'année de construction,
- ✓ Le marquage caractéristique de protection contre les explosions  $\text{Ex}$  suivi par le groupe et la catégorie de l'appareil,
- ✓ La lettre G (gaz et vapeurs) ou D (poussières),
- ✓ Toutes les indications indispensables à la sécurité d'emploi.

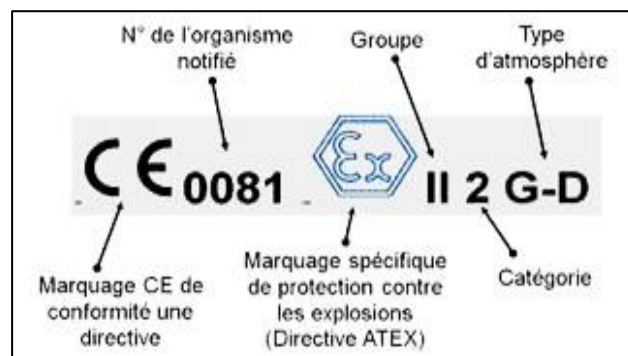


Figure 9 : Marquage sur machine à utilisation en zone ATEX

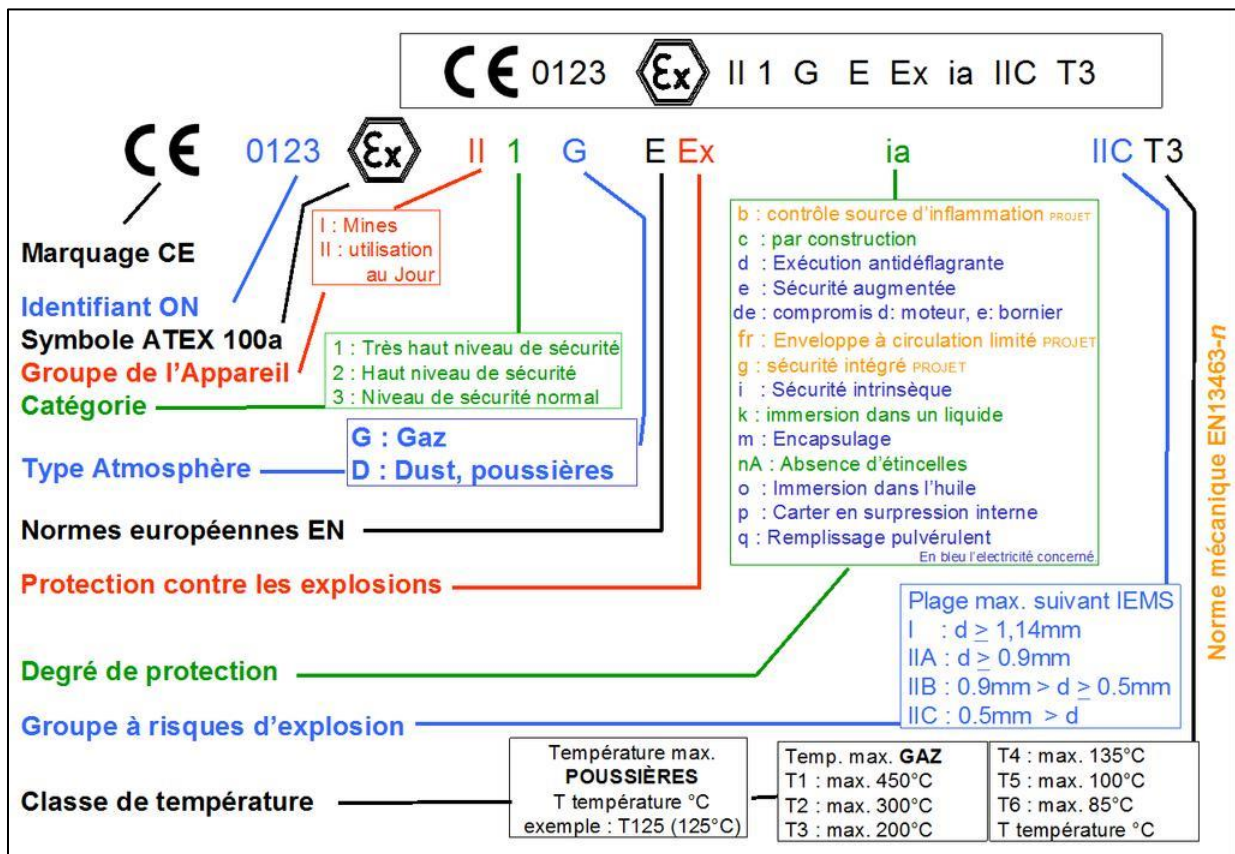


Figure 10 : Détails des Marquages sur machine a utilisation en zone ATEX

### 3. Causes d'explosion

Les principaux **modes de défaillance** sont :

- Les surfaces chaudes,
- Les flammes et gaz chauds, les étincelles d'origine mécanique,
- Le matériel électrique,
- Les courants électriques vagabonds,
- La corrosion cathodique,
- L'électricité statique,
- Les réactions exothermiques comprenant l'auto-inflammation.

Les principales **causes de défaillances** sont :

- Les frottements mécaniques,
- Les travaux de soudure,
- Les travaux de découpage et de meulage,
- Le matériel électrique,

- Les étincelles électrostatiques,
- Le non-respect des consignes (interdiction de fumer, permis de feu),
- La malveillance.

#### 4. Conséquences des explosions

Il se produit, en monde, plusieurs explosions en milieu industriel et il est souvent question de sinistres graves faisant des victimes et causant d'importants dégâts matériels *La prise en compte du management environnemental par l'assurance : approche technique de l'assureur. Risques environnementaux et sécurité dans les IAA.*

Concernant l'industrie agro-alimentaire, l'accident de Blaye, le 20 août 1997, est encore présent dans les mémoires : ce jour-là, une explosion détruit un silo de céréales et tue onze personnes. Plus récemment, l'explosion de l'usine AZF de Toulouse a fait des dizaines de victimes.

#### 5. Mesures de prévention

##### 5.1. Mesures de prévention générales

Pour supprimer les causes de déclenchement d'une explosion, il faut prendre en compte des mesures relatives :

- **Aux produits :**
  - ✓ Tests préliminaires pour déterminer les caractéristiques d'un nuage d'explosivité du combustible en question, en particulier pour les poussières (granulométrie, limite inférieure et supérieure d'explosibilité, pression d'explosion énergie minimale d'inflammation, etc.),
  - ✓ Utilisation, si possible, de produits moins inflammables,
  - ✓ Maintien des concentrations dans l'atmosphère en dessous des limites inférieures du domaine d'explosivité,
  - ✓ Diminution de la teneur en oxygène (comburant) au moyen de gaz inerte.
- **Aux sources d'inflammation :**
  - ✓ Interdiction des flammes et des feux nus (procédures de permis de feu),
  - ✓ Interdiction de fumer,
  - ✓ Limitation de la température des surfaces chaudes (tuyauteries...),
  - ✓ Suppression des sources d'étincelles d'origine mécanique, électrique (directives ATEX) et électrostatique (équipotentialité des structures).
- **À l'organisation du travail :**
  - ✓ Sensibilisation de l'ensemble du personnel au risque "explosion",
  - ✓ Établissement de procédures d'intervention,
  - ✓ Information des entreprises extérieures pour éviter toute interférence.

### **5.2.1. Cas particulier des poussières, phénomène fréquemment rencontré dans les IAA (fabrication de sucre, de céréales...)**

Du fait de leur caractère très diffus et de leur grande explosivité, les poussières (ou grains) doivent être surveillées de près dans les usines mettant en œuvre des matières pulvérisées. La principale mesure de prévention contre l'explosion des poussières est la lutte contre l'empoussièrement. Pour cela, il faut :

#### **Réduire la mise en suspension dans l'air :**

- ✓ Limiter la hauteur de chute des produits lors des transferts, ☒ maîtriser les échappements d'air (vannes, vérins, clapets...),
- ✓ Assurer l'étanchéité des installations,
- ✓ Limiter la vitesse des bandes porteuses à 3,5 m/s maximum.

#### **- Supprimer les sources d'inflammation :**

- ✓ Ne tolérer dans les zones à risque que le matériel électrique indispensable,
- ✓ Éviter les échauffements dus aux phénomènes de friction ou de frottement (godets en acier inoxydable ou en plastique, appareils de manutention équipés de systèmes de détection de dysfonctionnement...),
- ✓ Éviter les phénomènes de bourrage (asservissement de chaque appareil de manutention au fonctionnement de l'appareil en aval).

#### **- Dépoussiérer :**

- ✓ Créer un ou plusieurs circuits de dépoussiérage,
- ✓ Capoter les sources d'émission et relier les capotages aux circuits de dépoussiérage,
- ✓ Asservir le fonctionnement des divers appareils à celui des systèmes de dépoussiérage correspondants,
- ✓ Ventiler les locaux et les aménager de façon à faciliter le nettoyage et le dépoussiérage.

Une fiche d'accident technologique a été créée spécifiquement sur les risques d'explosion de poussières (voir Annexe).

## **6. Mesures de protection**

L'explosion étant un phénomène violent et très rapide, **les moyens de prévention jouent un rôle primordial** pour la sécurité. Néanmoins, pour parer à l'éventualité de l'échec de ces

barrières, il est nécessaire de protéger les enceintes et leur environnement contre les effets d'explosions internes.

On peut utiliser les barrières suivantes :

- **Les événements d'explosion** : ce sont des orifices initialement obturés, mais par lesquels peuvent s'échapper les produits de l'explosion, et notamment le souffle destructeur. Il en existe de différents types : membranes déchirables, disques de rupture, clapets, volets, soupapes...,
- **Les coupe-flammes,**
- **Les extincteurs déclenchés ou supprimeurs d'explosion,**
- **L'éloignement** entre une installation dangereuse et les autres constructions.

## 7. Synthèse des principales mesures de prévention et de protection

Le tableau suivant récapitule les mesures de prévention et de protection à mettre en place pour limiter le risque d'explosion.

*Tableau 13 : récapitulatif des barrières concernant l'occurrence du danger explosion.*

Barrières de prévention	Barrières de protection
Eviter toute source d'inflammation	Utiliser des événements d'explosion
Former et sensibiliser le personnel	Utiliser des extincteurs déclenchés ou supprimeurs d'explosion
Minimiser le taux de poussières dans l'air	Evacuer les zones où des produits se sont répandus

Notons que les règles techniques applicables aux installations classées soumises à autorisation prévoient l'obligation pour l'exploitant de fournir une étude de dangers lors du dépôt de sa demande d'autorisation d'exploiter. Cette étude permet d'analyser les risques relatifs aux dysfonctionnements de l'installation, en précisant les dispositions prises pour maintenir la sécurité de l'installation et limiter les conséquences d'accident.

## 8. Fiches d'accidents technologiques concernant le risque d'explosion

Des exemples d'accidents sont présentés, pages suivantes, sous forme de fiches d'accidents technologiques ; elles analysent précisément les causes et les conséquences de ces accidents

et proposent un certain nombre de mesures de prévention et de protection à adopter (voir Annexe)

## **9. L'électricité et la foudre**

Les risques liés à la foudre et à l'électricité **représentent une grande part des dommages connus dans les industries agro-alimentaires**. Ils peuvent notamment jouer le rôle de source d'inflammation pouvant initier des incendies et/ou des explosions.

Chapitre IV :  
**Electricité**  
et  
**Foudres**



**Danger**  
**électrique**

## IV. L'électricité

Les industries agro-alimentaires sont particulièrement exposées au risque électrique, du fait de la présence récurrente dans leur atmosphère de poussières (explosivité) et d'humidité (conductivité). **Un incendie sur cinq serait d'origine électrique.**

Les causes principales de ces sinistres sont des **surtensions** dues à un **matériel inadapté** ou à des négligences dans **l'exploitation et la surveillance des installations**. Ces surtensions entraînent en effet l'échauffement de certains composants.

La qualité du système électrique doit être vérifiée annuellement par des vérificateurs agréés « Assurance ». Ces vérifications peuvent donner lieu à des comptes rendus de vérification modèle Q18.

Les principaux points à surveiller sont les transformateurs, disjoncteurs, gaines, équipotentialité des installations, protections contre les effets de la foudre (voir chapitre sur le risque foudre).

Les dispositions à prendre sont résumées dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 14 : dispositions à prendre pour limiter les risques liés à l'électricité*

Points à surveiller		Dispositions à prendre
Transformateurs	-	contrôler le liquide diélectrique (acidité, rigidité, teneur en eau...), assurer leur protection par fusibles en amont et aval
Disjoncteurs	-	vérifier notamment le réarmement, la rigidité du diélectrique gazeux et l'état des contacts
Câbles électriques	-	protéger les passages dans les cloisons (laine de verre, plâtre...)
Armoires électriques	-	placer les armoires électriques dans un local aux parois coupe-feu 2h ; ce local doit être ventilé, ou mieux, climatisé pour éviter les soulèvements de poussières,
	-	surveiller les échauffements par thermographie infrarouge (document technique
	-	mettre en place des systèmes de détection incendie (fumées), les nettoyer et les contrôler très régulièrement ; il ne doit pas y avoir de poussières

**Il convient de noter également que l'emploi de panneaux isolants avec mousse de matière plastique est prohibé dans les locaux électriques.**

Pour se protéger du risque électrique, 2 types d'installation sont préconisés :

- **Installation d'extinction automatique à gaz,**
- Éventuellement, **installation d'extinction automatique à eau** (avec détecteur de température) qui ne sera mise en marche que s'il n'y a plus rien à sauver dans le local, pour éviter la propagation de l'incendie.

## 2. La foudre

La foudre est une manifestation électrique d'origine atmosphérique, qui se traduit par une décharge accompagnée d'une lumière vive et d'une violente détonation. La foudre peut provoquer des dégâts importants dans les agro-industries.

La réglementation des installations classées **impose la réalisation d'une analyse du risque foudre (ARF) et la mise en place de mesures de prévention et de protection contre la foudre pour certaines rubriques d'installations soumises à autorisation.** Toutefois, ces mesures peuvent être rendues applicables à d'autres installations soumises à autorisation par décision du préfet. L'ARF est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à un guide technique reconnu par le ministre chargé des installations classées

Une fiche d'accident technologique présente un exemple détaillé d'accident causé par la foudre.

La naissance de ces phénomènes orageux est généralement due à une grande instabilité atmosphérique engendrée par une importante différence de température entre l'air, au niveau du sol, et l'air en altitude. Dans ce cas, la foudre peut toucher les installations industrielles.

La foudre étant un courant électrique haute fréquence, ces effets se rapprochent de ceux de tout autre flux électrique :

- **Effets thermiques** (effet Joule),
- **Effets dus aux amorçages** : la montée en potentiel des prises de terre peut occasionner des claquages (étincelles) entre le paratonnerre et les objets métalliques proches reliés au sol,
- **Effets électromagnétiques** : à 100 m du point d'impact, un éclair peut induire un courant de 80 V dans une boucle d'1 m<sup>2</sup> formée par un conducteur,
- **Effets électrodynamiques** : attraction ou répulsion électrique engendrant de graves déformations (rupture, arrachage),
- **Effets électrochimiques** (corrosion des prises de terre),

- **Effets acoustiques** (tonnerre = onde de choc),
- **Effets lumineux** : le danger concerne surtout les équipements optiques (cellules, caméras...).

Les principaux effets de la foudre dans les installations industrielles sont les incendies (70 % des cas), l'émission de matières dangereuses ou polluantes (30 % des cas), les explosions (10 % des cas), et la chute ou projection d'équipements (3 % des cas) [2]. Notons que la foudre génère parfois plusieurs effets (par exemple : explosion avec projection d'équipements suivi d'incendie).

Il existe différentes sortes de protection

- **Primaires** (les différents types de protection doivent se compléter impérativement) :
  - L'installation de paratonnerre à tige simples (pointe de Franklin) ou à cages maillées,
  - La réalisation de l'équipotentialité des structures,
  - La mise à la terre (notamment les bacs de stockage de produits inflammables),
- **Secondaires** : il s'agit principalement de parafoudres pour les liaisons spécifiques telles que le réseau téléphonique ou le système informatique ; si le site est protégé par un paratonnerre, les protections secondaires s'imposent,
- **Tertiaires** : il s'agit de protections mises en place à l'intérieur de certains équipements sensibles.

Un exemple d'explosion causée par la foudre est présenté, page suivante, sous forme d'une fiche d'accident technologique ; les causes et les conséquences de ces accidents sont analysées précisément, et un certain nombre de mesures de prévention et de protection à adopter est proposé (Voir Annexe).

*Chapitre V :*

***POLLUTION PAR DEVERSEMENT DE  
PRODUITS OU SUBSTANCES DANGEREUSES***



## V.Rejets dangereux pour l'environnement

L'industrie reste responsable de la presque totalité des rejets toxiques dans le milieu naturel. Le problème d'ailleurs est mondial et beaucoup plus grave encore dans les pays du tiers monde. Dans l'industrie, il existe maintenant des filières d'élimination spécialisées, auxquelles toute entreprise a l'obligation de confier ses déchets solides ou liquides, dangereux pour l'eau et l'environnement. Pour les eaux usées industrielles, celles-ci doivent être neutralisées, détoxiquées, épurées avant tout rejet dans la rivière (métaux lourds, polluants organiques stables de synthèse). Il existe des procédés de traitement adaptés.

Les effluents industriels peuvent aussi, après un pré-traitement de neutralisation, être déversés dans les réseaux d'assainissement publics. Mais cette opération doit impérativement être autorisée par une convention entre l'industriel et la collectivité. Cette convention autorisation fixe des normes pour la composition des effluents qui doivent être acceptables par la station d'épuration publique et ne pas en perturber le fonctionnement.

Pour économiser l'eau, éviter les rejets et la pollution toxique, certaines entreprises novatrices utilisent l'eau en circuit fermé dans leurs installations. Il n'y a plus de rejets... C'est une industrie "propre". Malgré la réduction des rejets, la pollution industrielle continue de s'accumuler dans l'environnement on découvre encore assez souvent des rejets clandestins.

Les pollutions accidentelles de rivières, entraînées par des négligences et des insuffisances graves, ne sont pas rares.

Les analyses d'eau effectuées dans l'environnement montrent la présence de molécules polluantes provenant d'activités industrielles. Ainsi, il n'est plus rare maintenant de déceler, dans les eaux superficielles des quantités significatives de solvants, produits dont le rejet est cependant interdit.

Aujourd'hui, si les pollutions de la plupart des grosses entreprises ont été réduites, se pose le problème des rejets diffus et très mal connus des petites entreprises, souvent de taille artisanale, utilisant des produits chimiques très polluants ou dangereux. Des centaines de molécules de produits chimiques industriels sont ainsi diffusées dans l'environnement.

### 1.1. Les différentes natures des pollutions industrielles.

- ✓ Mécaniques (Par exemple le rejets de particules de sables...)
- ✓ Thermique (Rejets d'effluents de refroidissement,,)
- ✓ Organiques (Surtout par les industries agroalimentaires, les fromageries, ...)
- ✓ Métalliques (Les métaux lourds sont toxiques : mercure, cadmium, chrome, .....),
- ✓ Chimiques (Produits acides ou alcalins, solvants, hydrocarbures, produits organiques de synthèse,.....)
- ✓ Radioactives (Rejets d'éléments radioactifs)

L'ensemble des industries agro-alimentaires est susceptible de rejeter des matières dangereuses ou polluantes pour le milieu naturel, voilà quelques données de l'ARIA sur ces types de rejets.

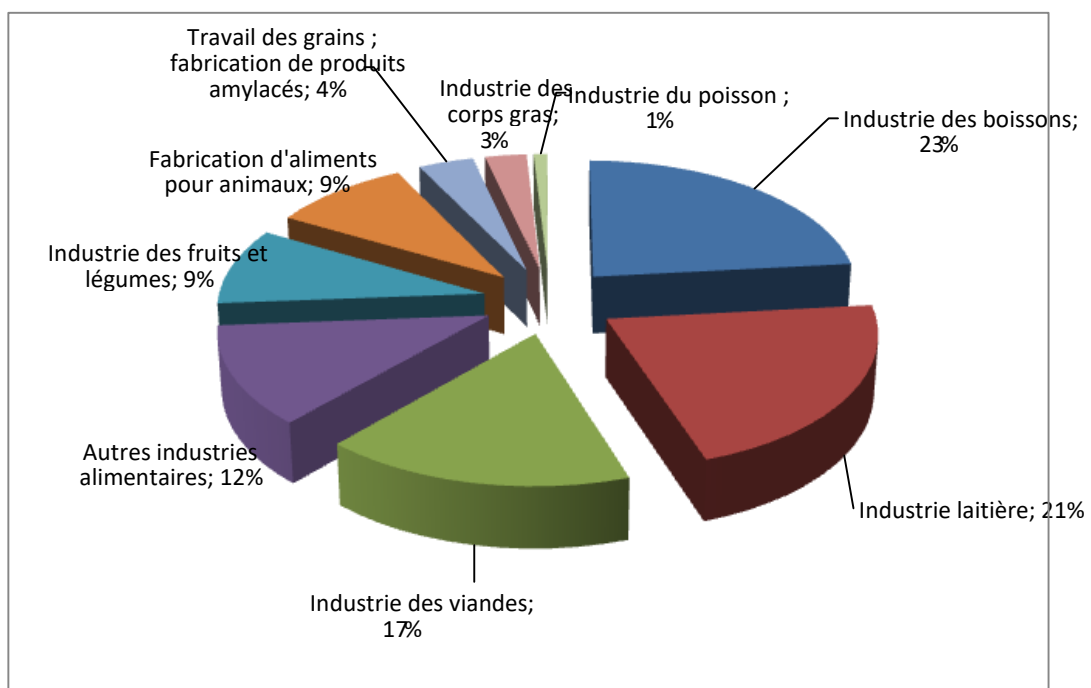


Figure 16 : répartition des déversements accidentels de matières dangereuses ou polluantes des IAA (1998-2002) - [analyse des accidents recensés 1998 – 2002]

## 2. Déversements Liquides

Les rejets d'eaux usées chargées en matière organique,

- ✓ Matière première ou intermédiaire du process,
- ✓ Produits chimiques (désinfectants, acide sulfurique, acide nitrique, acide chlorhydrique, soude, eau de javel, produits chlorés...), - hydrocarbures (fuel domestique, fuel lourd, gasoil...).

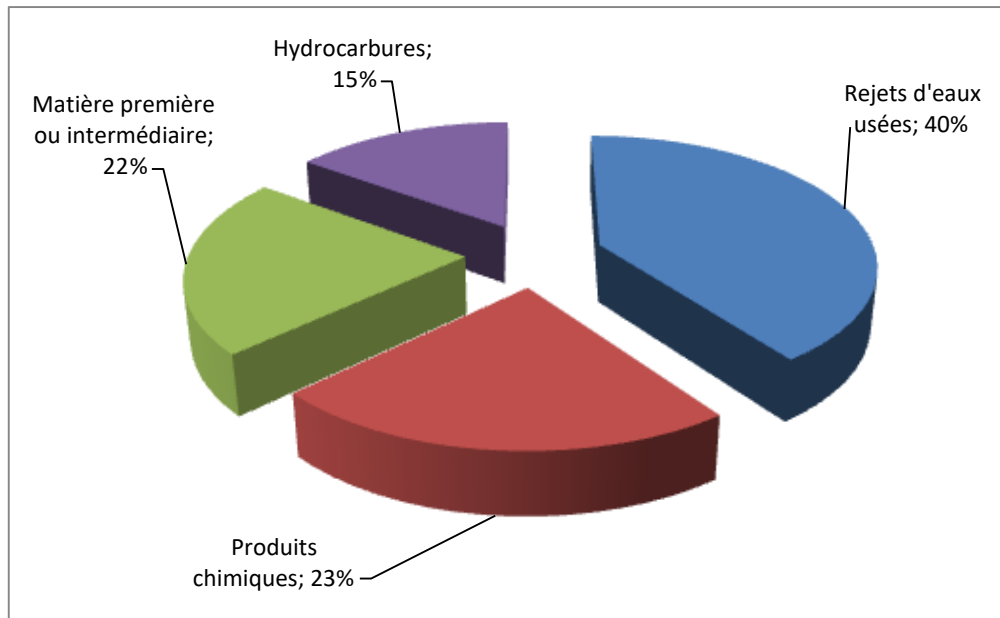


Figure 17 : répartition de la nature des incidents de rejets dangereux et polluants des IAA (1998-2002) - [Analyse des accidents recensés entre 1998 – 2002]

### 3. Les déversements gazeux

Trois types de déversements gazeux vont être présentés :

- ✓ Les déversements concernant les fluides frigorigènes liés à l'utilisation d'installations de réfrigération,
- ✓ La dissémination de légionnelles (contenues dans des gouttelettes d'eau en suspension dans l'air) qui peuvent se développer dans les réseaux d'eau de l'entreprise,
- ✓ Les émissions radioactives liées à l'utilisation de sources radioactives.

### 4. La Legionella

La *Legionella* est une bactérie hydrotellurique. On la trouve surtout dans les eaux douces des lacs et des rivières. Mais ses milieux de prédilection (ceux où elle prolifère activement) sont les eaux stagnantes, à des températures comprises entre 25°C et 46°C.

Parmi les contaminants microbiens des eaux, la *Legionella* apparaît de nos jours comme l'un des plus préoccupants pour la santé de l'Homme. La **légionellose** tire son nom d'une épidémie ayant eu lieu en 1976 à Philadelphie lors du 58<sup>ème</sup> congrès de la Légion Américaine. La bactérie s'était propagée via le système de climatisation de l'hôtel des participants et a entraîné le décès de 29 des 182 personnes présentes. Plus de 90% des cas de **légionellose** impliquent la bactérie *Legionella pneumophila* qui fait partie de la flore aquatique. Cette espèce de *Legionella* est fréquemment retrouvée dans les sources d'eaux douces chaudes puisqu'elle vit et se multiplie dans des eaux dont la température est comprise entre 20 et 50°C.

Bien que des doutes subsistent encore concernant le mode de passage des *Legionella* des sources d'eau vers l'Homme, la contamination via les aérosols émis par les tours aéroréfrigérantes (tar) reste la plus communément admise. En milieu hospitalier

Ce sont plutôt les alimentations en eau qui serait en cause. La contagion d'humain à humain n'a jamais été mise en évidence.

#### 4.1. Symptômes

Après inhalation, les bactéries *Legionella* présentes dans les aérosols contaminés sont retrouvées au niveau des alvéoles pulmonaires où elles vont s'attaquer aux cellules immunitaires. 2 à 10 jours après la contamination, les symptômes apparaissent : fièvre, sensation de malaise, douleurs abdominales, toux, nausées, vomissements, diarrhées et troubles psychiques (confusion, hallucinations, etc.).

Deux complications souvent fatales sont redoutées :

- ✓ L'insuffisance respiratoire irréversible ;
- ✓ L'insuffisance rénale aigüe.

Les personnes les plus à risque de développer la **légionellose** sont les personnes âgées, les nourrissons, les immunodéprimés (déficit immunitaire) et les individus récemment opérés.

#### 4.2. Diagnostic

Le diagnostic est orienté par la présence des symptômes. Il est confirmé par l'analyse de prélèvements sanguins, urinaires, ou pulmonaires.

La sévérité de l'infection va dépendre de plusieurs facteurs :

- ✓ La virulence de la souche bactérienne ;
- ✓ La vulnérabilité de l'individu (âge, tabagisme, patient immunodéprimé, etc.).

#### 4.3. Traitement

La guérison nécessite une antibiothérapie de plusieurs semaines voire plusieurs mois. Lorsque le diagnostic et la mise en place du traitement sont faits suffisamment tôt, l'évolution de la maladie est majoritairement favorable.

#### 4.4. Prévention

- ✓ La lutte contre la **légionellose** repose sur l'application de plusieurs mesures permettant de limiter la multiplication et la dissémination de la bactérie :
- ✓ Entretien, nettoyage et désinfection régulière des tours aéroréfrigérantes, notamment par l'ajout de biocides ;
- ✓ Maintien d'une concentration suffisante en biocide (par exemple, le chlore) dans les bains à remous, avec une évacuation complète de l'eau et un nettoyage du système minimum une fois par semaine ;
- ✓ Entretien des eaux chaudes et froides. Il est préférable de maintenir les eaux froides à moins de 20°C et les eaux chaudes à plus de 50°C ou d'utiliser un biocide ;
- ✓ Evitement des eaux stagnantes (purger l'eau 1 fois par semaine des robinets inutilisés).
- ✓ La prévention individuelle est également possible, avec quelques mesures simples applicables par tous comme :
- ✓ Faire couler l'eau des robinets (douches, lavabos, évier, etc.) peu utilisés ou après une absence prolongée pendant 1 minutes avant utilisation ;
- ✓ Surveiller la température de l'eau chaude (minimum 50°C, mais pas plus de 60°C) ;
- ✓ Détartrer et désinfecter régulièrement les embouts de robinetterie ;

- ✓ Utiliser de l'eau stérile pour les dispositifs « médicaux », par exemple, les appareils d'oxygénothérapie ou d'apnée du sommeil.

D'autres cas de maladies industrielles citées (voir annexes)

## Conclusion

Au cours de ces années d'enseignement de ce module il a été constaté une distanciation croissante entre l'étudiant et les caractéristiques réelles du domaine des industries agroalimentaires, en plus tous les grands efforts fournis ce résumé à faire des visites des établissements pour valoir surtout les procédés de fabrication alors que la sécurité des usines reste secondaire, j'espère que ce modeste travail apportera un plus à nos étudiants de Master biologiques en définitions et visualisation du concept des risques rencontrés en fabrication IAA et bien sûr les modes de prévention et protection du travailleur le produit et le bâtiment, Enfin espérant que ce document sera un outil usuel et exploitable par nos chers collègues enseignant(e)s.

## Références

- ARIA (2006). Accidentologie des installations de stockage et de dépotage d'ammoniac.
- ARIA (2009). La foudre – Accidentologie industrielle.
- ARIA (2009). Livraison de matières dangereuses par citerne routière Attention au débordement.
- ARIA (2011). Viniculture : pollutions et incendies. Face au risque,
- APSAD, D14-A (2009). Fascicule D 14-A - Panneaux sandwichs - Comportement au feu.
- APSAD, D19 (2010). Fascicule D 19 - Thermographie infrarouge - Contrôle d'installations électriques.
- APSAD, CNPP (2009). Règle d'installation R1, Extinction automatique à eau type sprinkleur,
- APSAD, CNPP (2009). Règle d'installation R3, Extinction automatique de gaz,
- APSAD, CNPP (2009). Règle d'installation R4, Extincteurs portatifs et mobiles,
- APSAD, CNPP (2008). Règle d'installation R5, Robinets d'incendie armés.
- APSAD, CNPP (2007). Règle d'organisation R6, Service de sécurité incendie,
- APSAD, CNPP (2007). Règle d'organisation R8, Surveillance des risques d'une entreprise.
- APSAD, CNPP (2006). Règle d'installation R17, Désenfumage – Systèmes de désenfumage naturel,
- CETIAT (2005). Les différents procédés de refroidissement d'eau dans les installations industrielles et tertiaires.
- Commission des communautés européennes (2000). Lignes directrices (1<sup>ère</sup> édition) sur l'application de la Directive 94/9/CE du Conseil du 23 mars 1994 concernant le rapprochement des législations des Etats membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible.
- Commission des communautés européennes (juillet 2005). ATEX guidelines (second edition). Guidelines on the application of council directive 94/9/EC of 23 March 1994 on the approximation of the laws of the member states concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres.
- INERIS (2000). Guide pour la conception et l'exploitation, de silos de stockage de produits alimentaires vis à vis des risques d'explosion et d'incendie.
- INERIS (2001). Support méthodologique pour la mise en place d'un système de la gestion de la sécurité \_ Rapport intermédiaire opération
- INERIS (2011). Etude de la réglementation étrangère s'appliquant au silo – Rapport final.
- INRS (2003). Fiche pratique ED 753 - Stockage et transvasement des produits chimiques dangereux, .
- ISO/IEC Guide 51:1999. Aspects liés à la sécurité - Principes directeurs pour les inclure dans les normes.
- LAISNEY J. (1992), "Obtention des corps gras" dans " Manuel des Corps gras", coordonnateur A. Karleskind, AFECG, Ed. Lavoisier Tec & Doc, Tome 2,
- LCS eau, LHE (2005) Guide pour la réalisation de l'analyse de risque de prolifération de légionnelles (février 2005).
- Ministère de l'environnement (1995). Retour d'expérience : l'ammoniac et la réfrigération (référence SEI/BARPI ED0389).
- Ministère en charge de l'environnement (2006). Rapport d'étude d'aide pour l'élaboration d'un plan de surveillance des installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (rubrique 2921) pour le risque de prolifération des légionnelles.
- Ministère en charge de l'environnement (2007). Rapport d'étude : Études des analyses méthodiques des risques lors de dépassement du seuil en légionnelles de 105 UFCL dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air.
- Ministère en charge de l'écologie (2011). Inventaire 2011 des accidents technologiques.
- Ministères en charge de l'économie, en charge de l'emploi et de l'environnement (2001). Legionella et tours aéroréfrigérantes - Guide des bonnes pratiques. 56 pages. [29] UIC (2006). Guide pour l'établissement d'un plan d'inspection permettant de définir les périodicités d'inspections périodiques et de requalifications périodiques pouvant être supérieures à cinq et dix ans.

## Sites Internet

[www.ania.net](http://www.ania.net)

[www.citepa.fr](http://www.citepa.fr)

[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

[www.oieau.fr](http://www.oieau.fr)

[www.apave.com](http://www.apave.com)

[www.bspp.fr](http://www.bspp.fr)

[www.cnpp.com](http://www.cnpp.com)

[www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

[www.journal-officiel.gouv.fr](http://www.journal-officiel.gouv.fr)

[www.environnement.gouv.fr](http://www.environnement.gouv.fr)

[www.minefi.gouv.fr](http://www.minefi.gouv.fr)

[www.planetecologie.org](http://www.planetecologie.org)

[www.afnor.fr](http://www.afnor.fr)

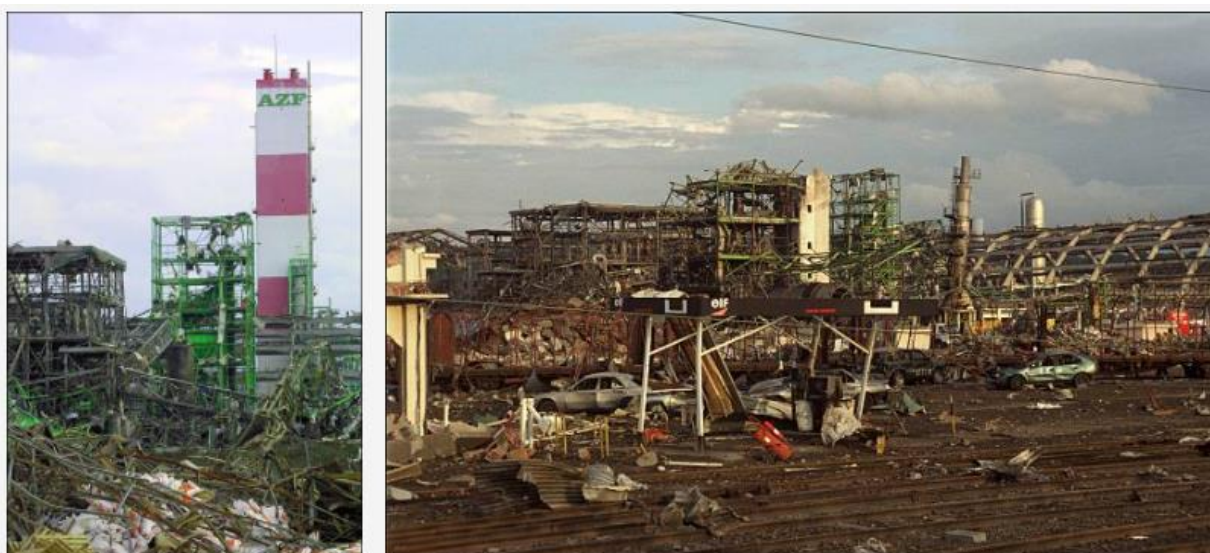
[www.geoscopie.com](http://www.geoscopie.com)

[www.ladocumentationfrançaise.fr](http://www.ladocumentationfrançaise.fr)

<https://www.techniques-ingenieur.fr/>

# Annexes

## 1- ACCIDENT DE L'USINE A.Z.F (EXPLOSION)



Le 21 septembre 2001, à 10 h 17, une très violente explosion se produit dans la zone industrielle sud de Toulouse, dans l'usine de production d'engrais « AZF » (Azote Fertilisants). On dénombre **(31) trente et un morts**, des milliers de blessés et vingt-cinq mille logements endommagés. **Des produits toxiques sont également émis dans l'atmosphère.**

Les causes de l'accident ne sont pas connues avec certitude. On a pensé à un attentat (l'explosion survenant quelques jours après les actes terroristes du 11 septembre aux États-Unis) ou à un défaut électrique. **La cause la plus probable**, en tout cas celle qui sera retenue par la justice dans le jugement du 19 novembre 2009, reste le mélange de produits incompatibles dans le hangar où l'explosion s'est produite.

Après cette catastrophe, En France **une nouvelle loi relative à la prévention des risques technologiques et naturels, et à la réparation des dommages a été promulguée le 30 juillet 2003**. Elle renforce la maîtrise des dangers à la source et apporte de nouveaux outils (les plans de prévention des risques technologiques) pour réglementer l'urbanisation existante ou future après concertation avec les riverains.

Depuis un décret pris par Napoléon I<sup>er</sup> le 15 octobre 1810, la France tente – pas toujours avec succès – d'éloigner les usines dangereuses des habitations. L'explosion de l'usine « AZF » a représenté un choc important pour les populations.

## 2- SANDOZ ACCIDENT DE L'USINE DE BÂLE (INCENDIE)



Dans la nuit du 31 octobre 1986, **le feu se déclarait dans un hangar des établissements Sandoz**, à Schweizer-Halle près de **Bâle**, en **Suisse**. Cet entrepôt contenait, entre autres, des **produits chimiques et agrochimiques : insecticides, pesticides, mercure**, etc. L'incendie provoqua dans un premier temps **un épais nuage de gaz toxique** qui conduisit les autorités bâloises à déclencher dans la nuit un plan d'urgence prévu pour ce type de catastrophe. Le 1<sup>er</sup> novembre, l'alerte est levée car, comme le signalera en France un rapport d'expertise commandé par le ministre de l'Environnement de l'époque, les conditions météorologiques exceptionnellement favorables ont **permis une dissipation rapide des polluants**.

Si l'inquiétude s'est portée sur la pollution du milieu où nous évoluons, l'air, la contamination affecta en fait un autre milieu, l'eau, notamment le Rhin qui s'écoule à proximité de l'endroit du sinistre. En effet, les tonnes d'eau déversées pour venir à bout de **l'incendie ont entraîné dans le fleuve, par dilution, 1 200 tonnes d'insecticides et de pesticides, 2 tonnes de mercure, 15 tonnes de bleu de Berlin et de Rhodamine B**. près de **20 tonnes d'insecticides, de fongicides et d'herbicides** s'écoulaient avec les eaux d'extinction de l'incendie dans le Rhin, dont **les eaux prennent une couleur rougeâtre**. Les flots toxiques s'écoulaient sur 500 km jusqu'aux Pays-Bas. Des milliers de poissons et les micro-organismes périssent., provoquant colère et prise de conscience. Il a **fallu 20 ans de dépollution pour rétablir l'équilibre écologique**. Sandoz, qui devait fusionner plus tard avec Ciba-Geigy pour devenir le géant Novartis, **a payé une compensation de 43 millions de francs à la Suisse** et aux pays traversés par le Rhin, la France, l'Allemagne et les Pays-Bas.

### 3. CATASTROPHE CHIMIQUE DE BHOPAL (DEVERSESSEMENTS DE POLLUANTS CHIMIQUES).



Le 3 décembre 1984, **un nuage mortel a flotté au-dessus de Bhopal**, État du Madhya Pradesh en Inde, formé à partir de **40 tonnes de méthyle isocyanate (MIC)** échappé d'une importante usine de **la firme multinationale Union Carbide**. Selon les chiffres officiels, la « brume étrange » a **provoqué la mort de 6 495 victimes**, plus probablement – selon les observateurs, au moins une dizaine de milliers de morts.

Le **MIC est un produit très dangereux, car inflammable, volatil, toxique et explosif** si sa concentration dans l'atmosphère est supérieure à 6 p. 100. Le MIC fabriqué à Bhopal était ensuite stocké dans trois réservoirs de plus de 68 000 litres chacun. Des fuites de MIC avaient déjà été constatées en janvier 1982 (15 ouvriers tués), puis en août 1982 (pas de victime). Enfin, en octobre 1982, une fuite plus importante avait eu des répercussions à l'intérieur et à l'extérieur de l'usine. Il faut dire que les ouvriers, de plus en plus nombreux, venaient avec leur famille et logeaient à proximité immédiate du site, accompagnés de nombreux petits commerçants. Il n'y avait donc pas de périmètre de sécurité autour de l'installation mais, en revanche, une forte densité de population, contraire à toutes les règles de prévention.

Le 2 décembre 1984, peu avant minuit, un ouvrier du service d'entretien réparait une fuite de MIC. **Une forte explosion** s'ensuivit, due, semble-t-il, à une réaction chimique du produit avec de l'eau restée dans un des réservoirs à la suite d'un nettoyage mal surveillé. Cette explosion fit dans l'immédiat 323 morts et 260 000 blessés, mais de nombreuses personnes devaient décéder plusieurs mois, voire plusieurs années plus tard.

#### 4. **CATASTROPHE DE SEVESO 1976** (EXPLOSION et DEVERSEMMENTS DE POLLUANTS CHIMIQUES).



Le 10 juillet 1976, un accident chimique catastrophique survient à Icmesa, usine chimique italienne produisant des herbicides, et touche quatre communes dont Seveso, située au nord de l'Italie en Lombardie.

La cuve 101 du réacteur dans lequel était produit du Trichlorophénol (TCP) explose. La pression, due à une température excessive (230 °C) de la vapeur stagnant dans les conduites, combinée avec l'arrêt du mélangeur avant l'achèvement du cycle, provoque la rupture d'une valve de sécurité sur le disque de fermeture. Il s'en suit la libération d'un nuage rougeâtre toxique dans l'atmosphère. Ce nuage contenait 2,5 kg de TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxine) – considérée comme la plus toxique de toutes les dioxines – soit 500 000 doses mortelles pour l'homme. Il contaminera 2 000 hectares de terres situées autour de l'usine.

Les habitants les plus proches de l'usine sont évacués, les animaux décédés (3 300) ou abattus (81 000), des bâtiments rasés et des sols agricoles et maisons décontaminés. On estime à 37 000 le nombre de personnes ayant été exposées à la toxicité du nuage, bien qu'aucun décès n'y soit directement lié.

Sur le plan médical, 250 cas de chloracnée (brûlures chimiques de la peau), concernant essentiellement les enfants et adolescents, sont diagnostiqués et des cas de cancers ou de malformations congénitales sont redoutés, entraînant la pratique exceptionnelle d'avortements.

240 millions de dollars ont servis au dédommagement des habitants, entreprises, communes concernées, la région de Lombardie et l'Etat italien.

Suite à cette catastrophe environnementale transitant vers la plus grande catastrophe depuis Hiroshima et devenant une prise de conscience, les autorités européennes décident de réagir et publient en 1982 la directive dite « SEVESO I », imposant le recensement des établissements industriels présentant des risques d'accidents majeurs. En 1999 la directive « SEVESO II » est publiée. (www.techniques-ingenieur.fr,2020).

## Classement des produits chimiques en fonction des risques encourus en Europe

Les critères de classification et les éléments de communication des produits chimiques ont été harmonisés au niveau international. Cette classification s'applique aux substances à partir du 1<sup>er</sup> décembre 2010 et aux mélanges à partir du 1<sup>er</sup> juin 2015.

Les 28 classes de danger sont reprises dans le tableau A. Les classes de danger physique sont différentes de celles préalablement définies en Europe. Les dangers pour la santé sont quasiment identiques à ceux identifiés précédemment.

**Tableau A : classes de danger définies par la classification européenne**

Types	Classes de danger
<b>Classes de danger physique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- explosibles</li> <li>- gaz inflammables</li> <li>- aérosols inflammables</li> <li>- gaz comburants</li> <li>- gaz sous pression</li> <li>- liquides inflammables</li> <li>- matières solides inflammables</li> <li>- substances et mélanges autoréactifs</li> <li>- liquides pyrophoriques</li> <li>- matières solides pyrophoriques</li> <li>- substances et mélanges auto-échauffants</li> <li>- substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables</li> <li>- liquides comburants</li> <li>- matières solides comburantes</li> <li>- peroxydes organiques</li> <li>- substances ou mélanges corrosifs pour les métaux</li> </ul>
<b>Classes de danger pour la santé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toxicité aiguë</li> <li>- corrosion cutanée/irritation cutanée</li> <li>- lésions oculaires graves/irritation oculaire</li> <li>- sensibilisation respiratoire ou cutanée</li> <li>- mutagénicité sur les cellules germinales</li> <li>- cancérogénicité</li> <li>- toxicité pour la reproduction</li> <li>- toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition unique</li> <li>- toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition répétée</li> <li>- danger par aspiration</li> </ul>
<b>Classes de danger pour l'environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dangers pour le milieu aquatique</li> <li>- dangereux pour la couche d'ozone</li> </ul>

La réglementation précise également les éléments à renseigner sur l'étiquette des produits chimiques. Parmi ces éléments obligatoires, nous noterons **les pictogrammes de danger, les Mentions d'avertissement, les mentions de danger et les conseils de prudence.**

Ces pictogrammes remplacent les symboles noirs sur fond orange-jaune figurant sur les étiquettes de produits chimiques présents sur le lieu de travail. Notons que certaines catégories de danger ne sont pas associées à un pictogramme. De plus, certains pictogrammes sont semblables à ceux du précédent classement sans pour autant être associés aux mêmes dangers et aux mêmes produits.



**SGH01**

**Sont concernés par ce pictogramme**

- les explosibles instables
- les explosibles, divisions 1.1, 1.2, 1.3, 1.4
- les substances et mélanges autoréactifs, type A
- les peroxydes organiques, type A



**SGH02**

**Sont concernés par ce pictogramme**

- les gaz inflammables, catégorie 1
- les aérosols inflammables, catégories 1, 2
- les liquides inflammables, catégories 1, 2, 3
- les matières solides inflammables, catégories 1, 2
- les substances et mélanges autoréactifs, types C, D, E, F
- les liquides pyrophoriques, catégorie 1
- les substances et mélanges auto-échauffants, catégories 1, 2
- les substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables, catégories 1, 2, 3
- les peroxydes organiques, types C, D, E, F



**SGH03**

**Sont concernés par ce pictogramme**

- les gaz comburants, catégorie 1
- les liquides comburants, catégories 1, 2, 3
- les matières solides comburantes, catégories 1, 2, 3



**SGH04**

**Sont concernés par ce pictogramme**

- les gaz sous pression (gaz comprimés, gaz liquéfiés, gaz liquéfiés réfrigérés et gaz dissous)



SGH05

**Sont concernés par ce pictogramme**

- les substances ou mélanges corrosifs pour les métaux, catégorie 1
- les corrosions / irritations cutanées, catégories 1A, 1B, 1C
- les lésions oculaires graves / irritations oculaires, catégorie 1



SGH06

**Sont concernés par ce pictogramme**

- toxicité aiguë, catégories 1, 2, 3



SGH07

**Sont concernés par ce pictogramme**



- la toxicité aiguë, catégorie 4
- la corrosion / irritation cutanée, catégorie 2
- les lésions oculaires graves / irritations oculaires, catégorie 2
- la sensibilisation cutanée, catégorie 1
- la toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition unique, catégorie 3



SGH08

**Sont concernés par ce pictogramme**




- la sensibilisation respiratoire, catégorie 1
- la mutagénicité sur les cellules germinales, catégories 1A, 1B, 2
- la cancérogénicité, catégories 1A, 1B, 2
- la toxicité pour la reproduction, catégories 1A, 1B, 2
- la toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition unique, catégories 1, 2
- la toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition répétée, catégories 1, 2
- les dangers par aspiration, catégorie 1

 <p style="text-align: center;"><b>SGH09</b></p>	<p><b>Sont concernés par ce pictogramme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les dangers pour le milieu aquatique – danger aigu, catégorie 1</li> <li>• les dangers pour le milieu aquatique – danger chronique, catégories 1, 2</li> </ul>
	<p><b>Sont concernés par ces deux pictogrammes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les substances et mélanges autoréactifs, type B</li> <li>• les peroxydes organiques, type B</li> </ul>

## **Classement français des produits chimiques en fonction des risques encourus**

Les critères généraux français de classification et d'étiquetage des substances et préparations dangereuses s'appliquent jusqu'au 1<sup>er</sup> décembre 2010 pour les substances et jusqu'au 1<sup>er</sup> juin 2015 pour les mélanges. Au-delà de ces dates, les dispositions de la classification européenne s'appliquent (voir annexe ).

La présente annexe présente les pictogrammes et les phrases de risque associés à cette classification.

 <p>E : EXPLOSIF</p>	<p><b>Sont considérés comme explosifs</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• les matières explosibles</li><li>• les matières pyrotechniques</li><li>• les objets explosibles</li></ul> <p>Eviter les chocs, les frictions, les étincelles.</p> <p>Phrases R et S : R1, R2, R3, R5, R7, R18 ; S1, S21, S33, S34.</p>
 <p>O : COMBURANT</p>	<p><b>Sont considérés comme comburants</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• les peroxydes organiques</li><li>• l'O<sub>2</sub></li></ul> <p>Tenir à l'écart des produits combustibles.</p> <p>Phrases R et S : R7, R8, R9 ; S17.</p>
 <p>F : INFLAMMABLE</p> <p>F+ : EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE</p>	<p>Eviter tout contact avec des sources d'allumage. Eviter la formation de mélanges Comburants-Produits inflammables. Tenir à l'écart du feu, des flammes, de la chaleur et des étincelles. Eviter le contact avec l'eau pour les produits réagissant violemment avec celle-ci.</p> <p>Phrases R et S : R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18; S8, S9, S15, S16, S21, S3/7/9, S7/8.</p>



T : TOXIQUE  
T+ : TRÈS TOXIQUE

Eviter tout contact avec le corps humain.

Eviter que le toxique entre dans l'organisme.

Le toxique peut être libéré à la sortie d'une réaction.

Phrases R et S : R23 à R29, R31, R32, R33, R39 à R51, R54 à R64, R23/24, R23/25, R24/25, R23/24/25, R26/27, R26/28, R27/28, R26/27/28, R39/23 à R39/26/27/28, R48/23 à R51/53; S18, S23 à S29, S35 à S39.



Xn : NOCIF

Eviter tout contact avec le corps humain, y compris l'inhalation des vapeurs.

Travailler sous une hotte.

Possibilité d'intoxication chronique.

Porter des équipements de protection individuelle adaptés.

Phrases R et S : R20 à R23, R20/21 à R20/21/22, R40/20 à R48/20/21/22, R52/53; S18, S23 à S29, S33 à S39.



C : CORROSIF

Ne pas respirer les vapeurs et éviter tout contact avec la peau et les yeux.

Porter des équipements de protection individuelle adaptés.

Phrases R et S : R34, R35, R41; S23 à S29, S35 à S39, S36/37 à S37/39.



Xi : IRRITANT

Ne pas respirer les vapeurs.

Eviter tout contact avec la peau et les yeux.

Porter des équipements de protection individuelle adaptés.

Phrases R et S : R36 à R38, R36/37 à R36/37/38; S23 à S29, S35 à S39, S36/37 à S37/39.



N : DANGEREUX POUR L'ENVIRONNEMENT

Eviter le rejet dans l'environnement.  
Phrases R et S : R50 à R59, R50/53 à R52/53; S18, S29, S55, S56, S57, S29/56.

### Tableau des incompatibilités de stockage

Tableau E : tableau présentant les incompatibilités de stockage des produits chimiques entre eux

				
	+	-	-	+
	-	+	-	/
	-	-	+	+
	-	-	-	-

« + » : peuvent être stockés ensemble sans réglementation particulière et/ou indication contraire du producteur

« - » : ne doivent pas être stockés ensemble

« / » : peuvent être stockés

FIN...

Bonne Chance à nos chers étudiants....