



La prévention dans la conception des stockages et entrepôts de stockage

Guy Marlair

► To cite this version:

Guy Marlair. La prévention dans la conception des stockages et entrepôts de stockage. Séminaire EFE "Stockage et Entreposage de Produits Toxiques", Dec 1998, Paris, France. ineris-00972158

HAL Id: ineris-00972158

<https://ineris.hal.science/ineris-00972158>

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La prévention dans la conception des stockages et entrepôts de stockage

Guy MARLAIR

INERIS

Parc technologique Alata - BP2 - 60550 Verneuil-en-Halatte
tél. : 03 44 55 63 7 ; fax 03 44 55 65 65 ; e-mail : guy.marlair@ineris.fr

*Séminaire « Stockage et entreposage de produits toxiques »
E.F.E., Paris, 16/17 décembre 1998*

1 INTRODUCTION

L'activité de stockage et d'entreposage, même à l'époque de l'objectif du « zéro stock », reste une activité omniprésente dans le cycle de vie de tout produit et notamment des produits dangereux. En dehors du risque de dissémination directe du produit toxique dans l'environnement (air, eau, sol) par suite d'une fuite d'un réservoir ou d'une inondation par exemple, le risque au stockage des produits toxiques est principalement lié à la combustibilité plus ou moins importante des produits concernés. En effet, l'activité d'entreposage ou de stockage induit des potentiels calorifiques souvent élevés, compte-tenu des densités de stockages couramment pratiquées (1 t/m^2 et au-delà dans certains entrepôts spécialisés tels que les magasins de grande hauteur).

Une bonne gestion des risques passe impérativement par une bonne politique de prévention et une adéquation des moyens additionnels de protection. Les aspects organisationnels seront également de première importance au cours de l'exploitation.

La prévention des risques accidentels liés aux opérations de stockage de produits toxiques doit être mise en oeuvre si possible dès la phase de conception des aires d'entreposage et des bâtiments de stockage, pour ne pas dire dès le choix du site.

L'étude des dispositions préventives, menée dès la conception du site, infléchira en temps opportun les choix techniques de construction des cellules et des modalités de stockages. Elle débouchera sur des mesures de protection appropriées et des règles d'organisation de l'activité pour avoir toutes les chances d'obtenir les résultats escomptés.

Dans cet exposé, nous évoquerons d'abord les enseignements parfois brutalement mis en lumière par le « retour d'expérience ».

Nous traiterons ensuite plus longuement des règles de prévention à envisager dès la phase de conception du stockage - au-delà des prescriptions purement réglementaires, traitées par ailleurs dans ce séminaire, lesquelles constituent bien évidemment un contexte incontournable (cf. exposé de M. Jean-François Guérin). Nous évoquerons, sans entrer dans la technique de mise en oeuvre, les moyens de protection technique qui, en agissant sur la réduction des effets potentiels des feux, contribueront, avec les mesures de prévention, à réduire les risques à un niveau résiduel acceptable.

Un dernier volet sera consacré aux mesures organisationnelles qui, en complément des mesures de protection active, permettent généralement de gérer l'activité de stockage de produits dangereux -notamment toxiques- dans des conditions de sécurité satisfaisantes, au démarrage de l'activité et tout au long de l'exploitation.

2 TYPOLOGIE DU RISQUE ACCIDENTEL A L'ENTREPOSAGE

2.1 Leçons tirées du retour d'expérience

Au cours de son exposé introductif, Jean-Philippe Pineau a largement évoqué quelques caractéristiques du risque encouru lors d'activités d'entreposage ou de stockage.

Voici en complément quelques exemples précis d'accidents récents, pour certains très médiatisés, dont les enseignements sont particulièrement importants.

Bâle, nuit du 31 octobre au 1 novembre 1986

L'accident dont tout le monde se souvient encore, et qui restera encore longtemps cité comme l'une des plus graves pollutions accidentelles de rivière (Rhin). A la suite de l'embrasement brutal d'un dépôt comportant près de 1300 tonnes de produits pesticides organophosphorés, les eaux d'extinction, mises en œuvre en quantités massives par les équipes d'intervention internes et externes tant pour lutter contre le feu que pour protéger les bâtiments alentours, se déversent dans le Rhin, entraînant des quantités de produits pesticides plus ou moins dégradés dans le fleuve. En revanche, les conditions climatiques du moment et les caractéristiques du foyer d'incendie (forte énergie thermocinétique du panache à la source) ont dans ce contexte précis favorisé une bonne dispersion des fumées toxiques et pratiquement occulté tout effet aigu de toxicité par inhalation (en dehors des personnels d'intervention).

L'accident démontrera la réalité du risque environnemental, la nécessité de se préparer à la gestion de crise (confinement des populations dangereuses : H. Wäckerlig, 1987) et provoquera une débauche d'efforts (société concernée par le sinistre, syndicats interprofessionnels, groupements d'assureurs,...) pour améliorer la prévention des risques dans les stockages de matières dangereuses : en moins de deux ans, des recommandations pratiques concernant la conception des entrepôts, qui font encore référence aujourd'hui, voient le jour.

Nantes, zone portuaire, 29 octobre 1987

Décomposition thermique dans un dépôt d'engrais ternaire (NPK) de 600 tonnes, en région urbaine. Cinétique de décomposition qui surprend par sa rapidité, rendant très difficile l'intervention. Méconnaissance des effets potentiels des fumées, très visibles et produites en grandes quantités, mais stagnantes à faible altitude. L'autorité préfectorale décide l'évacuation, par sécurité, de plus de 30000 personnes de la zone proche de l'entrepôt sinistré (dont plusieurs établissements scolaires). La reconstitution du sinistre, l'année suivante, à l'échelle d'une tonne d'une qualité d'engrais comparable, réalisée en galerie d'incendie par le département incendie de l'INERIS mettra en lumière quelques explications sur le mécanisme de développement du feu et donnera raison a posteriori à la décision prise en temps réel. En effet, le nuage toxique expérimental a révélé, après analyse, la présence en quantités significatives ou massives d'oxydes d'azote (NO, N₂O, NO₂), de chlore, de chlorure d'ammonium, d'acide nitrique...

Houston (USA), 24 juin 1995

Un incendie se déclare dans un entrepôt groupant des matières plastiques, des fûts de liquides inflammables et des pesticides sur 14000 m². Deux entrepôts voisins sont menacés. Une explosion est redoutée. Le panache de fumées vertical se couche soudainement, ce qui donne lieu à évacuation du site. Les gaz de pyrolyse / combustion suivants sont identifiés : HCl, HCN, benzène, As, HC,... La technique du « laisser brûler » est adoptée. L'extinction est opérée le lendemain. Malgré une surveillance des feux couvants, l'incendie repart 15 jours plus tard et gagne l'entrepôt voisin. Nouvelle reprise (naturelle ?) un mois plus tard...

Le Havre, 19 Août 1997

Un feu d'archives préoccupant se développe à très grande vitesse dans 30000 m² d'entrepôts, non compartimentés, situés dans la région portuaire du Havre (R. Dosne, 1997). Difficulté d'intervention, danger de transmission de feu à distance par brandons, destruction de documents irremplaçables (archives du crédit Lyonnais...) seront quelques uns des enseignements de ce sinistre dans l'hexagone. Mais surtout, ce sinistre, ainsi que le suivant d'ailleurs, milite pour une limitation de la surface des entrepôts quel qu'en soit le contenu. Devant l'ampleur de la zone sinistrée, le déploiement de forces de lutte considérables et ne manquant pas d'eau a été sans effet notable sur la préservation des biens.

Angleterre, 9 novembre 1995

Un gigantesque feu d'entrepôt de matières plastiques (10000 t de polypropylène stockés sous forme de granulés) est l'occasion de démontrer de manière scientifiquement prouvée une pollution importante de l'écosystème par les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), jusqu'à plus d'1 km de distance du foyer d'incendie (Meharg et al, 1998). Des concentrations en HAP plus élevées de 70 à 350 fois la valeur normale ont été détectées dans la végétation et les sols entourant l'entrepôt sinistré. Cet incident pose véritablement la problématique des effets potentiels à long terme des incendies majeurs, encore très peu étudiés aujourd'hui. D'autres effets long terme évoqués aujourd'hui concernent les conséquences d'émissions accidentelles de dioxines et furanes par les feux : une recherche devrait être initiée prochainement à l'INERIS sur ce dernier thème.

Somerset West, usine d'engrais à 40 km du Cap (RSU), 15/16 décembre 1995

Un grand stockage en vrac de soufre (sept tas de soufre granulaire couvrant 12000 m²) situé près d'une usine chimique et d'une usine de fabrication d'engrais (à l'époque où l'embargo était encore en vigueur) prend feu et se consume pendant de nombreuses heures. Le contexte local et le caractère particulièrement atypique d'un panache de feu de soufre laisse à penser dans un premier temps à un seul feu de broussailles (sans doute l'événement initiateur), très courant dans la région avec les espèces locales d'eucalyptus riches en essences paraffiniques. Il est donc d'abord traité comme tel, en terme de gestion d'intervention, par les sapeurs pompiers : trois décès provoqués vraisemblablement par inhalation de SO₂ à plusieurs kilomètres de distance sont notamment déplorés suite à ce sinistre. L'exemple qui illustre parfaitement que le problème de la toxicité des feux n'est pas exclusivement lié à la toxicité intrinsèque des produits impliqués dans les stockages de matières dangereuses.

Un contre-exemple pour ceux qui affirmaient encore dans un passé récent et de moins en moins timidement que la toxicité des fumées d'incendies industriels en milieu ouvert (en dehors des locaux) était en réalité un faux problème.

Feux de pneumatiques et de matériaux élastomères : usine Firestone de Fall River (USA), (1941), décharges de Hagersville, Ontario, 1990, de Saint-Aimable, Quebec, 1990

Accidents illustrant l'énorme pouvoir fumigène d'un matériau (le pneu) si banalisé par la vie moderne (figure 1) et démontrant l'importance de se préoccuper du risque chimique induit indirectement au stockage par des matières non dangereuses, et y compris dans la période ultime du cycle de vie d'un matériau non biodégradable (R. Andurand, 1998). Des pollutions extrêmement difficiles à traiter des sols et des eaux de surfaces ont été générées de nombreuses fois par ce type d'accidents.

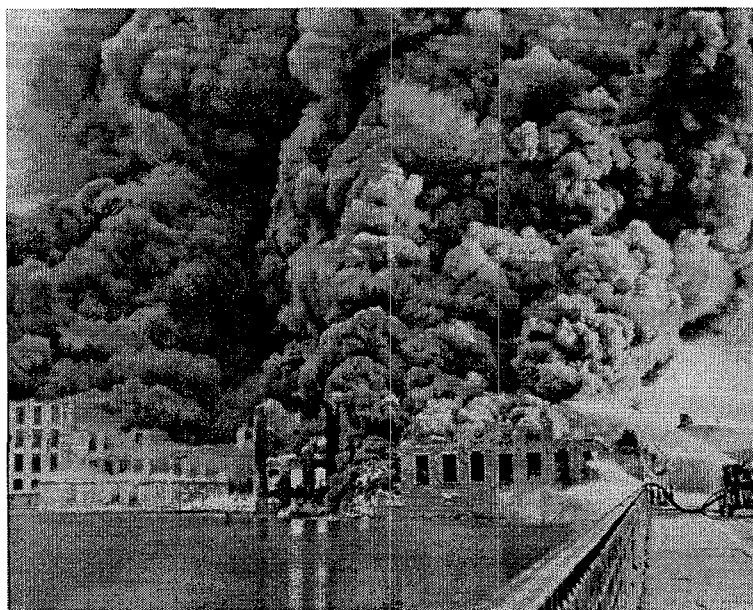


Figure 1 : vue de l'incendie de l'usine Firestone « Tire and Latex Company » (FactoryMutual, 1992)

Le retour d'expérience, qui va bien au-delà des incidents rapportés, s'est traduit très récemment par des guides spécialisés évoquant de drastiques prescriptions de sécurité au stockage des pneus neufs ou usés (NFPA, Home Office/Scottish Office, 1995) prônant limitation drastique des quantités stockées d'un seul tenant, réserves d'eau, accessibilité, interdiction de tout co-stockage avec d'autres produits, création de plans d'urgence...

2.2 Facteurs d'activation des dangers et conséquences potentielles dans les entrepôts de matières dangereuses

Pour résumer quelques enseignements tirés du retour d'expérience, on peut en première simplification énoncer la problématique du stockage des produits dangereux par le tableau suivant (inspiré du document élaboré par la CFPA Europe, 1994)

Incendie	• impact thermique souvent violent si structures non résistantes au feu, « effets dominos » à redouter • génération de gaz ou vapeurs toxiques • explosions, réactions secondaires • contamination des eaux d'incendie (et risque subséquent de pollution du sol des eaux de surface et des nappes phréatiques)
Inondations	• pollution environnementale par eaux de pluies contaminées, • pollution des sols et des eaux de surface par entraînement de produits toxiques
Fuites ou dépôts abandonnés	• épandage de produits toxiques, fûts contaminés

tableau 1 : facteurs d'activation de dangers et effets potentiels dans les stockages

Il convient de retenir également quelques autres faits bien établis, concernant la sinistralité incendie dans les entrepôts tels que :

- découverte souvent tardive du feu
- propagation rapide du feu

- chemins d'accès pour l'intervention inexistantes ou difficilement praticables
- visibilité fortement entravée
- fort potentiel de nuisances environnementales.

3 CONCEPTION SECURITAIRE DES ENTREPOTS DE PRODUITS TOXIQUES

3.1 Caractérisation des dangers présentés par les produits à stocker

La première démarche de prévention est l'identification des dangers présentés par les produits et l'évaluation des risques correspondants

Identification et classement des dangers -

Lors de la phase de conception d'un entrepôt, il est nécessaire de connaître les différents produits que l'on a ou aura à stocker. Il est utile de se servir des numéros d'identification tels que les numéros *index CE*, les numéros *CE* (figurant sur les étiquettes en cas d'étiquetage harmonisé sur le plan européen) permettent de repérer sans ambiguïté les substances chimiques dans les inventaires européens *EINECS* (European INventory of Existing Chemical Substances) et *ELINC* (European List of Notified Chemicals), ou encore les numéros *CAS* (chemical abstracts) ou *ONU* (Organisation des Nations Unies).

Nous avons vu au cours d'un premier exposé consacré aux principaux classements et étiquetages des substances réglementaires qu'un premier repérage (imparfait) des dangers au stockage pouvait être effectué grâce aux principales classifications de produits réputés dangereux (au sens des directives européennes sur la classification des substances et préparations dangereuses et des réglementations en vigueur concernant le transport des marchandises dangereuses).

En sus des classifications et étiquetages déjà évoqués, et avant de revenir sur leurs utilisations possibles dans le cadre d'une politique de prévention des risques, il convient dans le contexte de ce nouvel exposé de résumer les travaux menés à la fin des années 1980 par la Commission incendie du CEA (Commission Européenne des Assureurs). Ce groupe de travail a établi une méthodologie généralisable de classification des marchandises au regard du danger au stockage présenté par les dites marchandises (non limitées à celles réputées dangereuses de manière conventionnelle). Un catalogue des matières et marchandises, donnant des classements de quelque 4000 produits (ayant une certaine valeur officielle en Suisse) complète ce travail intéressant.

Les propositions faites par le CEA vont dans le sens :

- d'une codification plus précise des matières dangereuses (et autres marchandises, parfois non réputées dangereuses) selon des règles et des critères relativement simples et bien établis,
- d'un étiquetage comportant une discrimination plus évidente de certains risques ou degrés de risque,
- d'une quantification discrète du risque comme dans le cas du système NFPA 704

Les documents de référence édités par le CEA donnent les règles générales de codification des risques selon ces principes ainsi qu'une liste (mise à jour régulièrement) des substances ou marchandises dangereuses ayant déjà fait l'objet d'une codification.

Le système attribue aux produits et marchandises visés une séquence ordonnée de lettres et de chiffres correspondant à leurs propriétés combustibles ou explosibles, ainsi qu'à leurs effets

sur l'être humain et l'environnement. Cette séquence est constituée, pour les propriétés combustibles et explosibles :

a) d'une lettre ou d'une séquence de deux lettres définissant la catégorie de danger :

- **F** *matières combustibles et incombustibles, n'ayant pas d'action oxydante, non susceptibles d'auto-inflammation et ne dégageant pas de gaz combustible au contact de l'eau,*
- **AF** *matières auto-inflammables,*
- **HF** *matières dégageant des gaz combustibles au contact de l'eau,*
- **O** *oxydants, matières favorisant la combustion et l'entretenant même en l'absence d'air et pouvant enflammer des matières combustibles ou former avec elles des mélanges explosibles,*
- **E** *matières explosibles, même en l'absence d'air,*

b) d'un chiffre indiquant le degré de danger en ordre décroissant, de **1 à 6**, dans la catégorie de danger définie,

c) d'une lettre minuscule représentant l'état physique à 20 °C et à 1 bar :

- **s** *solide*
- **l** *liquide*
- **g** *gazeux ;*

Tableau 2		Degré de danger					
Catégorie de danger		1	2	3	4	5	6
Matières solides	F	S'enflamment très facilement et se consomment très rapidement	S'enflamment et se consomment rapidement	Facilement combustibles	Moyennement combustibles	Difficilement combustibles (avec feu d'appui seulement)	Non combustibles
Liquides		Point d'éclair < 21 °C	Point d'éclair 21 °C à 55 °C	Point d'éclair >55°C à 100 °C	Point d'éclair >100 °C	Difficilement combustibles (sans point d'éclair, qu'avec feu d'appui)	Non combustibles
Gaz		Combustibles	-	-	-	Difficilement combustibles	Non combustibles
Matières auto-inflammables (également au contact de l'eau)	AF	Auto-inflammables même en petites quantités	Auto-inflammables seulement en grandes quantités ou dans certaines circonstances	-	-	-	-
Matières qui dégagent des gaz combustibles au contact de l'eau	HF	-	Toutes, sauf si elles sont simultanément auto-inflammables (catégorie AF)	-	-	-	-
Oxydants	O	Oxydants très forts	Oxydants forts	Oxydants faibles	-	-	-
Matières explosibles	E	Hautement explosibles	Explosibles, articles pyrotechniques	-	-	-	-

Tableau 2 : Principes de classification des matières et marchandises selon leurs propriétés de combustibilité ou d'explosibilité (ANPI, 1996, d'après règles CEA)

d) s'il y a lieu, les propriétés complémentaires codifiées de la façon suivante :

- **Co** *matières, qui, sous l'effet du feu, dégagent des gaz ou des vapeurs fortement corrosifs,*
- **Ex** *matières explosibles dans certaines conditions ou à réaction spontanée dont les autres propriétés de combustibilité priment sur le danger d'explosion et non comprises dans la catégorie E,*
- **Fu** *matières qui, en cas d'incendie, dégagent une quantité de fumées très supérieure à la moyenne, susceptible d'entraver le sauvetage et d'occasionner des dommages par dépôts de suies,*
- **Ra** *matières radioactives.*

Le tableau 2 récapitule les critères de classification évoqués influant directement sur le risque "incendie".

En ce qui concerne les propriétés anthropotoxiques, on complète la séquence de codification de la manière suivante :

- **T** *matières très toxiques et toxiques, correspondant aux phrases de dangers de la classification officielle R23 à 28, 39, 40, 45 à 49,*
- **HT** *matières dégageant des gaz toxiques, caustiques/corrosifs ou fortement nauséabonds au contact de l'eau (R29), pouvant, en cas d'incendie présenter un réel danger ou engendrer une inquiétude sérieuse dans le voisinage,*
- **C** *matières causant en peu de temps des lésions graves (phrases R34, ou R35).*

Enfin, l'écotoxicité ¹ est définie :

- pour l'eau, par les lettres **PN** auxquelles sont ajoutées un chiffre de 1 à 4, (danger important à danger nul, en général). Ainsi, les produits répertoriés dans la "liste noire" de l'UE sont systématiquement étiquetés PN1, les denrées alimentaires PN4 (sans préjudice d'une autre classification au regard d'autres critères). Des corrélations ont été établies entre les classements PNx et les phrases de risques R50 à R52 et les classes de mise en danger de l'eau allemandes (WGK).
- pour l'air, la lettre **Z** avec un chiffre de 1 à 2 :
 - Z1 *gaz toxiques comprimés représentant une menace directe et compromettant une action d'extinction ou matières susceptibles, en cas d'incendie, de libérer des quantités importantes de substances toxiques difficilement dégradables, exigeant la mise en oeuvre de mesures de décontamination importantes,*
 - Z2 *matières qui, en cas d'incendie, libèrent des quantités importantes de substances toxiques difficilement dégradables causant ainsi une contamination de l'environnement et requérant la mise en oeuvre de mesures de décontamination simples et limitées.*

On trouvera ci-après quelques exemples concrets de classification, établie suivant l'approche du CEA :

produit	classement officiel CEA
phénol	F3 s Fu T PN1
peroxyde d'hydrogène (> 60%)	O11 Ex C PN4
pétrole brut	F 1-2 I Fu PN2
phosgène	F6 g Co T HT C PN2 Z1
béton	F6 s
TDI (toluène diisocyanate), Desmodur	F4 s Fu T PN2

Tableau 3 : exemples de classements « matières et marchandises » du CEA

Ce système est donc intéressant notamment pour les raisons suivantes :

- il est conçu avant tout comme outil d'évaluation des risques
- par conception, il vise à écarter toute interprétation erronée et les contradictions existantes dans les classifications officielles (nationales et internationales existantes)
- surtout, il peut se généraliser à la caractérisation du risque feu des marchandises réputées non spécifiquement dangereuses, mais malgré tout souvent plus ou moins combustibles qui jouxtent les matières dangereuses dans les stockages (bois, matières plastiques de conditionnements, etc)

¹ sur ce plan ce système s'est révélé un précurseur en prenant en compte le risque pour l'environnement

- pour les produits et marchandises ayant déjà fait l'objet d'une classification CEA (près de 4000 matières), indiquée au "catalogue" existant, l'information intègre en principe les données des autres classifications officielles (transport, étiquetage CE).
- a contrario, les pictogrammes d'identification des dangers proposés par le CEA en complément à la démarche de classification du système ne semblent guère avoir été utilisés (cf figure 9 de mon premier support d'intervention, que nous reproduisons ci-après à la figure 2).

Figure 2 : Rappel de l'approche simplifiée de ségrégation au stockage, selon les critères de dangerosité du CEA

Ils sont pourtant séduisants car, en sus des symboles calqués sur l'étiquetage CEE ou transport, des symboles complémentaires sont proposés pour caractériser des cas spécifiques où il y a (avait) carence : écotoxicité, gaz combustibles ou toxiques au contact de l'eau...

Fiches de données de sécurité (FDS)

La commercialisation des substances et préparations chimiques dangereuses fait par ailleurs l'objet de la diffusion obligatoire (réglementation du travail, art R231-53) de fiches de données de sécurité (FDS), que tout utilisateur, à quelque titre qu'il intervienne, est en droit de réclamer auprès du fabricant ou de l'importateur du produit. Ces fiches, conformes à la réglementation en vigueur (découlant de la directive européenne 93/112/CE) doivent à présent comporter 16 rubriques d'informations relatives à la sécurité d'utilisation du produit. Principalement dédiée à l'information du personnel utilisateur, la rubrique 7 est consacrée aux prescriptions de sécurité en matière de manipulation et stockage du produit. Cette rubrique mérite aussi d'être consultée à titre préventif dans la réflexion sur la conception d'un stockage. De même, les rubriques 14 (transport) et 15 (informations réglementaires) des FDS permettent de vérifier les codes et classements dangers réglementaires.

Etudes des dangers et évaluation des risques préliminaires à la conception du stockage : approches complémentaires

L'évaluation qualitative et quantitative des risques au stockage des matières toxiques peut s'appuyer encore sur bien d'autres supports, dans le cadre de démarches purement analytiques

ou par voies expérimentales (INERIS, 1993/1996). Ainsi Dow Chemical a-t-il proposé une approche sécurité basée sur les *facteurs matières*², liant propriétés intrinsèques des produits et conditions d'utilisation. Dow chemical en déduit une évaluation grossières des risques dans les unités de stockage, à l'aide de deux indices, le *FEDI* (Fire and Explosion Damage Index) et le *TDI* (Toxic Damage Index). Cette approche permet d'intégrer l'étude préliminaire des risques lors de la phase de conception d'un atelier industriel. Le tableau 4 donne la grille d'évaluation obtenue.

<i>Indice FEDI</i>	<i>Indice TDI</i>	<i>Evaluation du risque</i>
FEDI > 500	TDI > 700	extrêmement dangereux
500 > FEDI > 400	700 > TDI > 500	très dangereux
400 > FEDI > 200	500 > TDI > 200	dangereux
200 > FEDI > 100	200 > TDI > 50	modérément dangereux
100 > FEDI > 20	50 > TDI > 05	peu dangereux
autres valeurs	autres valeurs	pas de danger

tableau 4 : Echelle de danger , selon les valeurs des indices FEDI et TDI

Le lecteur curieux de connaître la méthodologie de détermination de ces index de risque se reporteront à l'article de F. Khan et al (1998) ou à l'ouvrage de Martel (1997), cités tous deux en référence.

Cependant, l'approche expérimentale permettant à l'échelle du laboratoire (aux difficultés d'extrapolation des résultats près) ou à plus grande échelle (essais en grand, portant sur la combustion quelques palettes) reste bien souvent l'approche privilégiée permettant dans de nombreux cas d'améliorer la conception des stockages de produits dangereux ou non, et en même temps de qualifier les scénarios majorants (approche réglementaire) susceptibles d'affecter un stockage en tant qu'activité relevant de la législation des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).

Dans ce domaine, l'INERIS exploite une installation appelée galerie d'incendie (cf figure 3) qui a permis au cours de ces 15 dernières années, de faire progresser les connaissances sur les risques au stockage de nombreux produits chimiques ou familles de produits chimiques (Cwiklinski -1990, 1994 ; Marlair et al - 1993, 1996,).

² exemple de critères de classements des risques selon les facteurs matière :

- solides non combustibles : facteur matière = 1
- solides brûlant facilement, mais pouvant être éteints avec l'eau : facteur matière = 10
- liquides utilisés à température supérieure au point d'éclair et non solubles : facteur matière = 15
- solides spontanément inflammables et qui ne peuvent être éteints par l'eau : facteur matière = 16

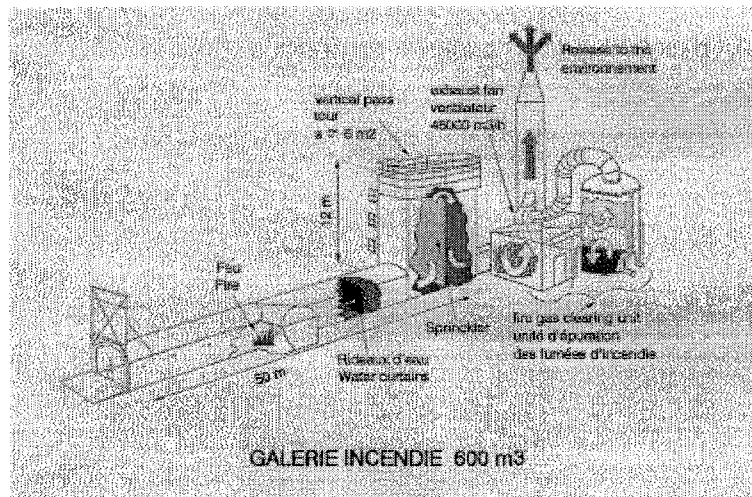


figure 3 : galerie incendie de l'INERIS

A titre d'exemple, cette démarche d'essai en grand appliquée par l'INERIS au service des laboratoires Sandoz (Cwiklinski, 1990) a permis de conforter une politique de non-ségrégation au stockage d'une catégorie particulière de produits stockés, spécifique à la profession : les produits pharmaceutiques et leurs produits et matériaux associés, alors qu'une politique de non ségrégation au stockage, suivant largement les recommandations émises dans notre exposé, est respectée par ailleurs (Sandoz, 1991).

Dans un autre cas, des essais de combustion de soufres viticoles (fongicides) a permis de réorganiser le stockage d'une coopérative de stockage dans le but de limiter les conséquences d'un sinistre potentiel.

D'une manière plus générale, l'INERIS, qui a évalué à l'aide de cette installation de nombreux scénarios de feux de produits toxiques ou présentant un fort potentiel toxique (isocyanates aromatiques, pesticides, solvants azotés, etc) par les fumées d'incendie a montré la grande diversité de situations possibles (Marlair et al - 1993, 1996).

L'INERIS travaille par ailleurs depuis environ deux ans, en collaboration avec Rhône-Poulenc Industries et Factory Mutual research Corporation (FMRC), au développement de techniques expérimentales de laboratoires (échantillons de quelques dizaines de grammes).

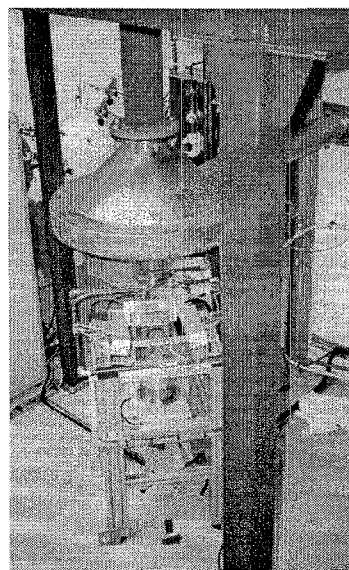


Figure 4 : calorimètre de Tewardson

Ainsi, l'utilisation du calorimètre de Tewarson, permet d'étudier la combustion, dans des conditions d'incendie, de produits chimiques les plus divers (gaz, liquides, solides) et de caractériser les effets induits sur l'environnement.

A défaut d'avoir le réalisme des essais en grand, cette nouvelle technique est très prometteuse et donne déjà des résultats tout à fait intéressants sur le plan de la caractérisation des effets thermiques et chimiques potentiels des incendies étudiés. Elle est rapide de mise en oeuvre, et elle permet une étude de sensibilité des résultats obtenus aux paramètres d'essais, ce qui peut aider à appréhender au moins pour partie les effets d'échelle. Elle a également déjà démontré son intérêt pour déterminer les moyens de protection techniques de type inertage et pour visualiser les mécanismes réactionnels, en complémentarité aux essais de calorimétrie conventionnelle (DSC, ATD-ATG).

La méthode est applicable aussi bien pour les feux librement ventilés que pour les feux sous-ventilés (INERIS, 1997).

3.2 Choix du site de stockage

D'une manière générale, lorsqu'il s'agit d'une nouvelle implantation, l'entrepôt à proximité immédiate d'habitats collectifs, d'écoles, d'hôpitaux, de centres commerciaux, d'usines agro-alimentaires, d'autres lieux d'entreposage ou d'autres zones d'urbanisme à densité de population potentiellement élevée peut souvent être évitée. La préférence doit être donnée à des zones isolées ou dédiées au développement industriel (CFPA Europe, 1994).

Il convient bien entendu d'éviter les zones inondables, et dans le cas des produits toxiques, la proximité immédiates d'eaux de surface (rivières, lacs, canaux) et des nappes phréatiques, qui sont aussi des facteurs défavorables.

Le site doit également être favorable à l'accès pour les opérations de chargement et de déchargement. Généralement, une zone d'isolement de 10 mètres au minimum autour du bâtiment de stockage et autour des limites du site sont acceptables par rapport à ce critère d'accessibilité.

Il convient également de vérifier les possibilités d'approvisionnement en eau d'extinction (pression, débit) facilitant d'éventuelles interventions d'extinction en cas d'incendie.

La facilité d'accès aux réseaux de communication (rail, route, voies fluviales, aéroport) et la proximité des centres de secours sont également des facteurs à prendre en considération.

3.3 Choix des modalités de stockage

Les modes de stockage sont bien souvent (parfois abusivement peut-être) dictés par les contraintes d'exploitation de l'activité « noble » située en amont (fabrication) ou en aval (distribution, commercialisation) du dépôt, et parfois par les locaux disponibles, reconvertis après réorganisation d'un site à la fonction d'entrepôt ou de stockage.

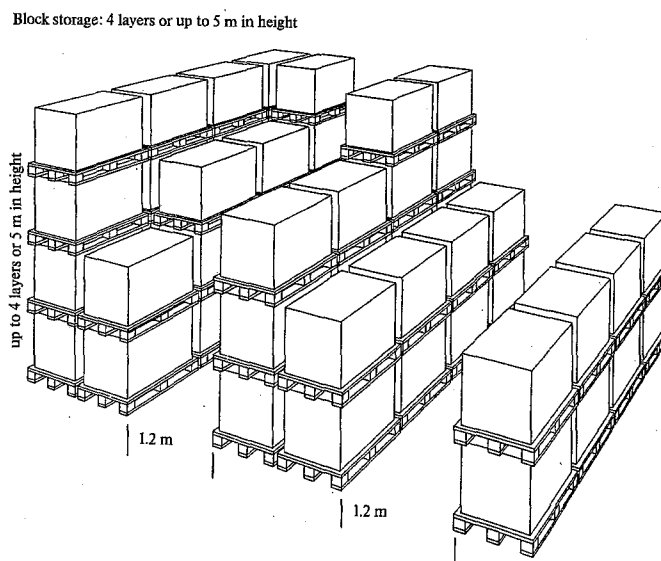


Figure 5 : stockage palettisé en piles, sur deux à quatre niveaux

Il convient de rappeler dans cet exposé les grands types de stockages que l'on est susceptible de rencontrer dans la pratique et d'évoquer les incidences sur le risque feu de ces différentes dispositions.

Stockage en piles (de masse)

En l'absence de palettes, c'est la disposition qui présente le moins de risque. La structure serrée limite les interstices. Il y aura donc moins d'oxygène disponible pour alimenter le feu. Le stockage en piles de produits conditionnés sur palettes, fort utiles pour la manutention et pour maintenir une surhauteur de sécurité vis-à-vis du dégat des eaux, aménage un canal d'accès horizontal pour l'air et le feu.

Les palettes de produits sont empilées par « gerbage » parfois jusqu'à quatre niveaux (figure 5). Dans tous les cas, la stabilité des empilement doit être préservée, pour ne pas aggraver les risques par accroissement de l'aération du stockage ou par destruction partielle des emballages...

La manutention est assurée par chariot élévateur, lesquels constituent un double risque à intégrer dans la politique de prévention : source d'inflammation potentielle, risque de détérioration des emballages et épandage des contenus. Le nombre de palettes gerbables est parfois indiqué sur les lots palettisés eux-mêmes et est dans ce cas à respecter strictement.

Stockage en rayonnages (en racks)

Le stockage en rayonnage est souvent le plus prisé dans les entrepôts récents. C'est aussi la disposition qui présente dans l'absolu le plus de risque, en termes de facilité de propagation du feu, les modules stockés étant par cette disposition entourés d'air. Sans vouloir anticiper

sur un exposé à venir, il s'agit d'un cas de figure où une protection technique additionnelle par système d'extinction automatique s'avère souvent indispensable.

Magasins de grande hauteur

Les magasins de grande hauteur sont des bâtiments souvent très coûteux, qui permettent des gains de place et des économies de gestion du stockage. Les opérations sont automatisées, un convoyeur automatique, piloté par informatique, venant souvent stocker de manière aléatoire des lots de produits palettisés pouvant appartenir à des catégories de danger différentes. Il est cependant possible d'imposer des contraintes d'exploitation qui peuvent contribuer à limiter les risques ou les nuisances, telles que la réservation d'emplacements bas pour les gros containers de liquides inflammables (fûts de 200 l). La protection incendie par système d'extinction automatique est quasi-systématique (imposée par les assureurs, notamment) dans ces magasins centralisés.

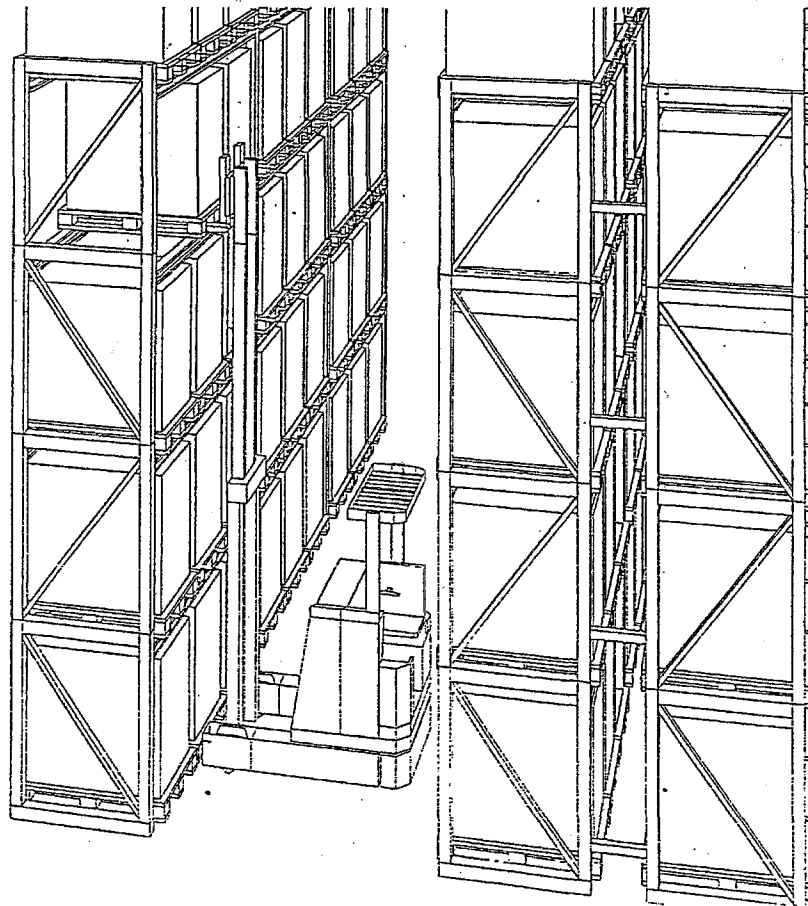


Figure 5 bis : magasin de grande hauteur

3.4 La prévention du risque par le principe de ségrégation

D'une manière générale, il est admis qu'il est prudent, voire nécessaire, de stocker des produits présentant des dangers intrinsèques différents de manière séparée.

Diverses tables de Pythagore construites à partir des étiquettes de danger CE illustrent ce concept de prudence.

Nous avons déjà commenté quelques unes des tables de Pythagore suggérant une séparation des produits dangereux en fonction de leurs étiquetages et indiqué des limitations bien évidentes à leurs applications :

- certains produits cumulent plusieurs catégories de dangers, et dans ce cas la séparation n'est matériellement pas possible,
- des incompatibilités notoires peuvent exister au co-stockage, même au sein d'une même classe de danger (ex. : bases fortes et acides forts sont identifiés comme produits corrosifs)
- d'une manière générale, les incompatibilités au co-stockage doivent s'appuyer sur une analyse des réactions dangereuses, ce qui va bien au-delà de l'information donnée dans les étiquetages officiels.

	Class 2			Class 3		Class 4			Class 5		Class 6	Class 8
To be read in conjunction with Appendix 1 ^b	2.1	2.2	2.3			4.1	4.2	4.3	5.1	5.2		
2 Compressed gases												
2.1 Flammable	–	1	2	2	2	2	2	2	3	1	1	
2.2 Non-flammable toxic	1	–	1	1	0	2	0	0	2	0	1	
2.3 Toxic	2	1	–	2	1	2	1	0	2	0	1	
3 Flammable liquids	2	1	2	–	1	2	2	2	3	1	1	
4 Flammable solids												
4.1 Readily combustible	2	0	1	1	–	1	2	2	2	1	0	
4.2 Spontaneously combustible	2	2	2	2	1	–	1	2	3	1	1	
4.3 Dangerous when wet	2	0	1	2	2	1	–	1	2	0	0	
5 Oxidizing substances												
5.1 Oxidizing substances	2	0	0	2	2	2	1	–	2	1	1	
5.2 Organic peroxides	3	2	2	3	2	3	2	2	–	1	1	
6 Toxic substances	1	0	0	1	1	1	0	1	1	–	0	
8 Corrosive substances	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	–	

figure 5 : table de ségrégation au stockage proposé par le HSE (1992) à partir des classes ONU

légende (très simplifiée): 0 : pas de séparation indispensable

1 : prévoir une séparation par îlotage (3 m de distance minimale)

2 : stocker en compartiments coupe-feu séparés

3 : (peroxydes organiques) : stocker dans des bâtiments dédiés

La figure 5 illustre une réflexion du même type mais un peu plus élaborée, basé sur la classification ONU.

D'une manière générale, on retiendra pour répartir les produits à stocker en différents lots qu'il convient de stocker séparément :

- les matières explosibles,
- les matières auto-inflammables (sources d'activation du danger d'incendie),
- les matières réagissant dangereusement avec l'eau (risque à l'intervention),
- les matières oxydantes,
- les peroxydes organiques,

- les matières nécessitant, pour des question de sécurité, une mise en quarantaine (stockage intermédiaire de produits en cours de refroidissement par exemple),
- les matières radioactives,

On notera que certaines recommandations proposées en la matière constituent par ailleurs des obligations légales.

Dans l'analyse de la répartition des stocks, les autres critères de séparation peuvent être :

- l'état physique des matières,
- des propriétés corrosives prononcées,
- une toxicité élevée/faible et le risque de contamination des eaux, de l'air ou du sol,
- les produits alimentaires, aliments pour animaux,
- l'influence du matériel d'emballage,
- la séparation des stocks d'emballages facilement combustibles etc.

En revanche, le critère de séparation de type « produits gélifs ou non gélifs » parfois appliqués pour faire de maigres économies au niveau du chauffage devraient si possible être évité, car ils induit souvent des comportements imprudents en cas de saturation du local « chauffé » : mise en place de chauffettes à flammes nues, radiateurs électriques sous bâches en contacts direct avec conditionnements des produits dangereux, autant de situations constatées sur sites lors d'audits de sites menés par des collaborateurs de l'INERIS.

L'étude complémentaire des problèmes d'incompatibilité pourra notamment se fonder sur les éléments suivants :

- examen détaillé des FDS
- consultation de tables d'incompatibilités classées par familles chimiques ou groupes de produits.
- analyse de bases de données d'accidentologie

A guide to compatibility of chemicals for adjacent bulk loading (McConaughy et al., 1970)
(Courtesy of the American Institute of Chemical Engineers)

1	Inorganic acids	1
2	Organic acids	X 2
3	Caustics	X X 3
4	Amines and alkanolamines	X X 4
5	Halogenated compounds	X X X 5
6	Alcohols, glycols and glycol ethers	X 6
7	Aldehydes	X X X X 7
8	Ketones	X X X X 8
9	Saturated hydrocarbons	X 9
10	Aromatic hydrocarbons	X 10
11	Olefins	X 11
12	Petroleum oils	X 12
13	Esters	X X X 13
14	Monomers and polymerizable esters	X X X X X 14
15	Phenols	X X X X 15
16	Alkylene oxides	X X X X X 16
17	Cyanohydrins	X X X X X 17
18	Nitriles	X X X X X 18
19	Ammonia	X X X X X X 19
20	Halogens	X X X X X X X 20
21	Ethers	X X X X X X X 21
22	Phosphorus, elemental	X X X X X X X 22
23	Sulphur, molten	X X X X X X X 23
24	Acid anhydrides	X X X X X X X 24

Notes:
 (1) The table lists chemicals by chemical and reactivity groups. To use the chart obtain the group for the chemical and then read the chart first from left to right and then down. X represents an unsafe combination for adjacent loading.
 (2) For the following chemicals notice the chart:
 (a) Carbon bisulphide should not be carried adjacent to reactivity groups 1, 4, 19, 20, and epichlorohydrin.
 (b) Epichlorohydrin should not be carried adjacent to reactivity groups 1, 2, 3, 4, 14, 15, 19, 20, 22, 23, 24, and carbon bisulphide.
 (c) Motor fuel antiknock compounds should not be carried adjacent to reactivity groups 1, 4, 5, 6, 7, 15, 19, and 20.

Figure 6 : tables d'incompatibilités au stockage en vrac (recours au transport maritime)

- On retiendra que la séparation physique entre les lots stockés peut se faire par ordre de protection croissant par les dispositions décrites ci-après :

- [illegible]

16 / 27

3.5 La limitation des quantités stockées et des surfaces partielles de stockage

De très nombreuses recommandations ont été faites en la matière et l'étude doit être menée au cas par cas en fonction des caractéristiques des produits stockés.

Dans le cas des produits réputés toxiques ou écotoxiques, nous évoquerons plus particulièrement encore une fois les suggestions du CEA qui relie quantités maximales admissibles (ou surfaces autorisées des compartiments coupe-feu) aux catégories et aux degrés de dangers d'incendie des produits toxiques ou écotoxiques considérés, d'une part, et au concept global de protection incendie qui a été décidé d'autre part.

Les figures 8 et 9 résument la codification des concepts de protection « K1 » (minimaliste) à « K5 » (maximaliste), et les quantités maximales de produits proposées pour le stockage conventionnel (entrepôts, hors magasins de grande hauteur).

Pour le stockage en blocks, il est conseillé de ne pas dépasser des surfaces partielles de stockage de 100 m², pour rendre possible et efficace une tentative d'extinction.

En outre, on différencie cinq catégories de concept:

- K 1:** concept *"construction"*
 - ⇒ petits compartiments coupe-feu
- K 2:** concept *"surveillance"*
 - ⇒ constitution de compartiments coupe-feu
 - ⇒ installation de détection d'incendie automatique avec transmission automatique d'alarme aux sapeurs-pompiers publics
- K 3:** concept *"surveillance et sapeurs-pompiers d'entreprise"*
 - ⇒ constitution de compartiments coupe-feu
 - ⇒ installation de détection d'incendie avec transmission automatique de l'alarme aux sapeurs-pompiers publics, en permanence prêts à intervenir
- K 4:** concept *"installation d'extinction"*
 - ⇒ constitution de compartiments coupe-feu
 - ⇒ installation d'extinction automatique avec transmission automatique de l'alarme aux sapeurs-pompiers publics
- K 5:** concept *"installation d'extinction et sapeurs-pompiers d'entreprise"*
 - ⇒ constitution de compartiments coupe-feu
 - ⇒ installation d'extinction automatique avec transmission automatique de l'alarme aux sapeurs-pompiers d'entreprise, en permanence prêts à intervenir.

Figure 8 : Concepts globaux de protection selon la CEA

La figure 9 montre que les recommandations émises par la CEA en matière de stockage de produits toxiques et écotoxiques est fonction du degré de combustibilité des produits considérés et également fonction du concept de protection global retenu au niveau de la conception des structures.

<i>Danger d'incendie des matières combustibles, toxiques, et écotoxiques</i>	Quantités stockées en tonnes ³				
	K1	K2	K3	K4	K5
F 1/2, AF 1/2, O 1/2, HF 2	50	200	300	600	900
F 3/4, O3	100	400	600	2400	3600
F5/6	400	1600	2400	4800	7200

Figure 9 : Quantités de stockage admissibles par compartiments coupe-feu (d'après CEA)

3.6 Bassins de rétention

La aussi, l'accidentologie passée suffit amplement à justifier la nécessité de mettre en oeuvre des moyens de rétention des eaux d'incendie susceptibles d'être polluées par les produits toxiques et leurs produits de dégradation en cas d'incendie. La réglementation française (ICPE) donne une valeur guide de 5m³/tonne de produit toxique stocké, conduisant assez rapidement à des bassins de rétention volumineux.

Les prescriptions en la matière sont assez disparates sur le plan européen. Il existe également des recommandations du CEA. En réalité, une étude au cas par cas doit être menée. Dans certains cas particuliers, des procédures (à prévoir avant l'occurrence de l'accident redouté) peuvent permettre de les éviter (intervention sans eau) ou prévoient la mise en oeuvre de bassins de rétention additionnels mobiles.

Le tableau 5 présente une simulation de calcul d'un bassin de rétention selon les réglementations (recommandations) de 4 pays européens dont la France, pour le cas d'un stockage de pesticide de 500 tonnes.

Contexte :

- Stockage de pesticides (en racks)
- tonnes d'une spécialité « X », combustible, finement divisé
- densité de stockage 1 t/m³
- équipe de sapeurs-pompiers interne à l'entreprise, dispositifs d'alarme incendie existants
- sapeurs-pompiers publics sur place en 15-20 min
- stockage indépendant
- compartimentage coupe-feu
- surface de stockage étanche

Pays	<i>quantité max. adm. par compartiment coupe-feu</i>	<i>surface admise pour les compartiments coupe-feu</i>	<i>volume du bassin de rétention (m³)</i>	<i>réglementation applicable</i>
D	200	200	140	Directive sur la rétention des eaux d'extinction
F	250	200	1250	
NL	a) non autorisé b) 250 ⁴ (niveau de sécurité 2)	a) non autorisé b) 250	a) non autorisé b) 260	Arrêté préfectoral CPR 15-2
CH	400	400	400	Directive pour la protection incendie

Tableau 5 : Evaluation des capacités de bassins de rétention des eaux d'incendie en Europe

³ Les recommandations de la CEA ne se limitent pas aux seuls chiffres présentés dans le tableau, qui ne sont que des valeurs admises dans le cas général. Se référer au document de l'ANPI (1996), cité en référence, pour de plus amples informations.

⁴ autorisé seulement si aucune substance combustible à point d'éclair < 100°C n'est stockée en emballages plastiques

La même simulation, avec comme seul changement la prise en compte d'un système d'extinction automatique, conduirait à modifier les chiffres comme suit (tableau 6)

Pays	quantité max. adm. par compartiment coupe-feu	surface admise pour les compartiments coupe-feu	volume du bassin de rétention (m^3)	réglementation applicable
D	2400	2400	300	directive sur la rétention des eaux d'extinction
F	500	500	1500	arrêté préfectoral
NL	300	300	215	CPR 15-2
CH	2400	2400	250	Directive pour la protection incendie

Tableau 5 : Evaluation des capacités de bassins de rétention des eaux d'incendie en Europe

3.7 Stockage des palettes vides

Dans le cas des entrepôts palettisés, la gestion des palettes vides est un souci presque quotidien. Dans un entrepôt à densité de chargement normale ($1t/m^2$), il faut considérer que les palettes utilisées représentent en moyenne une charge combustible additionnelle (facilement combustible) de quelque 3%. La charge calorifique peut très rapidement augmenter en cas d'empilement de palettes vides à l'intérieur de l'entrepôt. Mais surtout, le développement d'un feu prenant naissance sur un empilement de palettes vides signifie très rapidement un risque de sinistre total sur un entrepôt. Il a été démontré par des essais qu'un feu de palettes présente une propagation extrêmement rapide, par effet cheminée. Ainsi, un empilement de palettes (1 m x 1m) sur 2,5 m de haut mène peut développer un foyer d'incendie qui atteint, en 5 minutes, une puissance calorifique équivalente à celle d'un feu de kérosène de $4m^2$ (FMS, 1989). Les piles de palettes vides sont par ailleurs des cibles privilégiées pour les incendiaires.

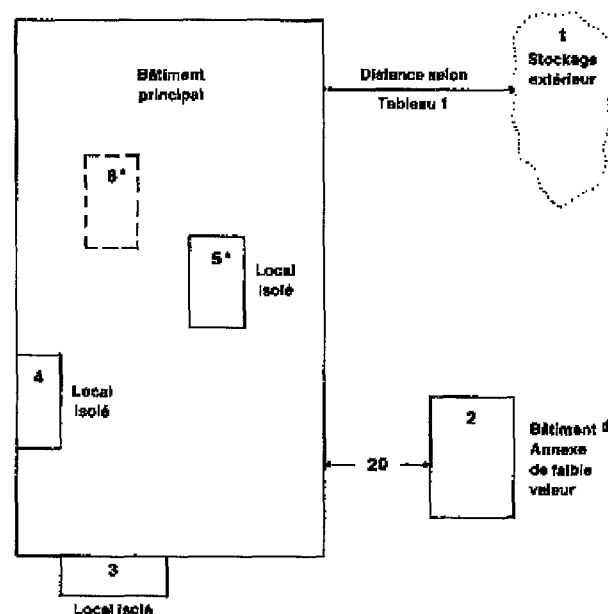


Figure 10 : recommandations pour le stockage des palettes vides (FMS, 1989)
(solutions numérotées par ordre de sécurité décroissante)

Pour ces raisons, et au stade de la conception de l'entrepôt, la gestion de ce risque peut être grandement facilitée par des choix judicieux concernant les emplacements et les modalités de stockage des palettes vides, à prévoir si possible en dehors de l'entrepôt lui-même. Un schéma guide d'implantation est donné à la figure 10.

Des mesures d'organisation devront donc en outre prévoir une restriction drastique du stockage de palettes vides au sein même de l'entrepôt.

3.8 Autres mesures techniques de prévention/protection affectant la construction des structures d'entreposage

D'autres réflexions sécuritaires seront d'autant plus bénéfiques qu'elles auront pu être menées au cours de la phase de conception des stockages. On citera ainsi les dispositions suivantes, sans les commenter davantage, faute de temps :

- stabilité au feu des éléments porteurs de la construction
- conception et aménagement des locaux annexes (atelier de reconditionnement des produits stockés, locaux pour matériaux d'emballage combustible, local « déchets », local de recharge des batteries des chariots élévateurs)
- gestions des petits conditionnements isolés
- protection anti-explosion des locaux réservés au stockages des liquides inflammables en containers de 1 litre à 100 litre
- protection contre la foudre
- conception de l'installation électrique
- mise en place de systèmes (automatiques ou manuels) d'évacuation de fumées et de chaleur
- mise en place de rideaux de cantonnement de fumées
- aménagement des aires de réception/préparation des colis pour expédition
- aménagements de bureaux
- verrouillage des ouvertures/fermetures
- aménagements des issues de secours, etc.
- conception des rétention internes
- systèmes de chauffage et de mise hors gel

Tous les guides au stockage auxquels nous avons pu faire référence dans cet exposé (et dans ce document) et sûrement bien d'autres s'accordent généralement assez bien sur les recommandations qui s'imposent en la matière. Nous y renvoyons donc le lecteur soucieux de s'informer davantage sur ces aspects.

A titre d'exemple, nous apportons un terme à cette section de l'exposé en donnant une vue schématique d'un entrepôt bien conçu sur le plan de la sécurité (sans jugement de valeur)

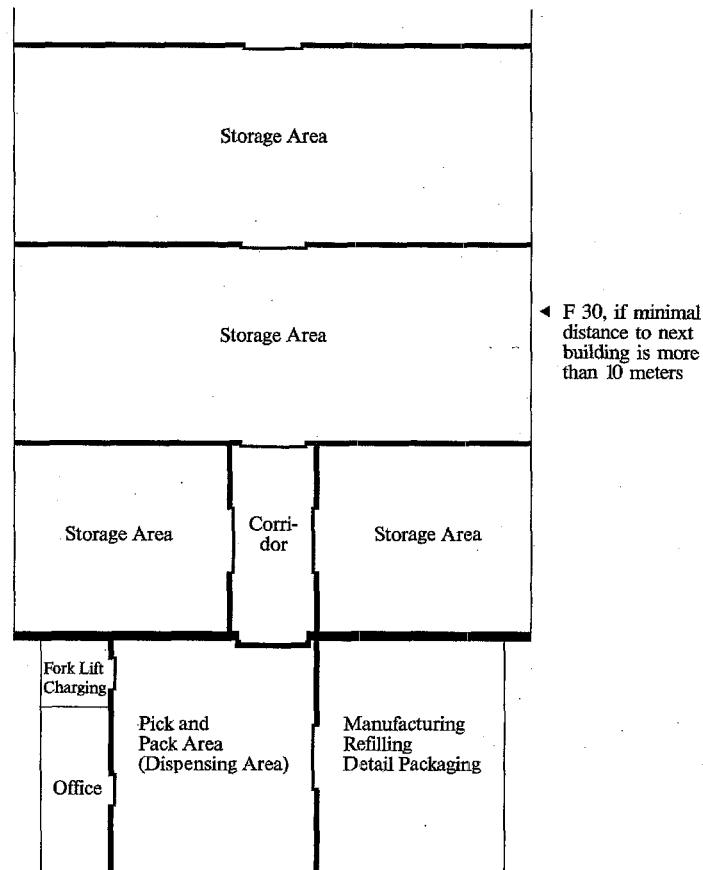


Figure 11 : plan de masse d'un entrepôt intégrant des concepts de prévention/protection passive

Cet exemple, donné par Sandoz dans une recommandation interne (1990), illustre l'utilisation du principe de compartimentage coupe-feu, l'isolement par rapport à des bâtiments tiers, la séparation physique des ateliers à risques implantés dans le même bâtiment, le maintien en fermeture des portes coupe-feu en dehors des périodes de transfert de produits, la mise en place d'un local dédié au chargement des batteries de chariots élévateurs, etc.

4 MESURES ORGANISATIONNELLES

Les mesures élémentaires de protection incendie suivantes, touchant à l'organisation de l'activité d'entreposage, s'impose de manière **impérative** dans tous les entrepôts :

4.1 Interdiction de fumer

Le simple fait de stocker des produits combustibles justifie ipso facto la mise en place et le contrôle effectif de l'efficacité d'une interdiction de fumer. Les zones où il est défendu de fumer et les zones (à limiter fortement) non soumises à cette limitation doivent être clairement signalées par des panneaux adéquats. Des cendriers de sécurité doivent être installés d'une zone à l'autre. La mesure est impérative dans tous les magasins de grande hauteur.

4.2 Ordre général

Mesure peu coûteuse mais parfois délaissée lors de la gestion du temps quotidien, il s'agit d'une mesure extrêmement importante de protection incendie. Dans ce contexte, nous ne pensons pas exclusivement à l'aspect propreté des locaux, mais également à :

- l'enlèvement immédiat des emballages usés
- la limitation des emballages vides et des palettes (si nécessaire) à l'utilisation quotidienne
- le non entravement des voies de circulation
- le non encombrement des rampes/quais de déchargement (surtout ne pas les assimiler à des zones d'entreposage supplémentaires).

Ces différentes mesures permettent notamment de limiter la charge calorifique de l'entrepôt et de ne pas recréer des risques évités ou limités par ailleurs (séparation physique des produits incompatibles entre eux).

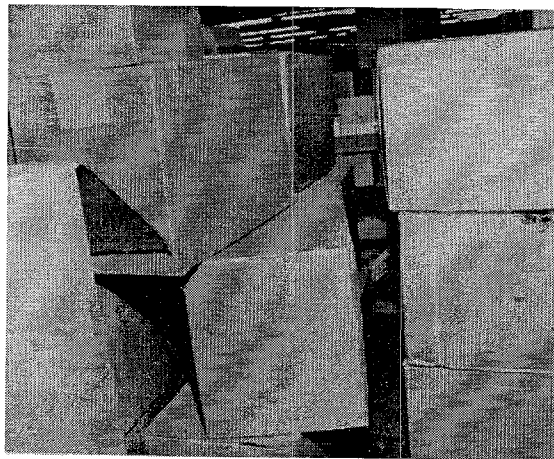


Figure 12 : désorganisation d'un stockage en piles compactes

Le stockage de masse sous forme d'empilements compacts sans palettes perd dans l'exemple illustré ci-dessus (figure 12) tout son intérêt, par les écartements désordonnés des cartons qui assurent artificiellement une facilité d'aérage d'un éventuel foyer d'incendie.

Un marquage au sol des zones réservées au stockage et des voies de circulation peut aider à visualiser très rapidement tout dérapage au cours de l'exploitation (figure 13).

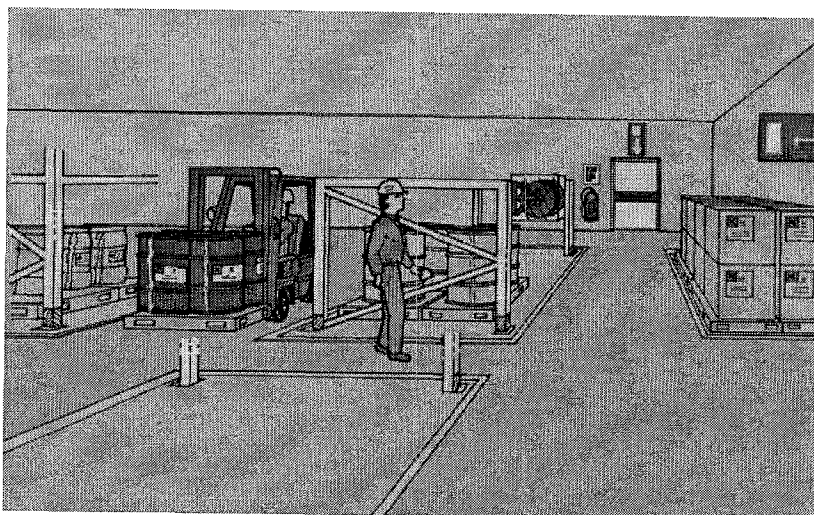


Figure 13 : marquage au sol des surfaces de stockage

Des consignes claires doivent réglementer l'utilisation de tous appareillages électriques mobiles par le personnel (cafetières électriques, chauffe-liquides, appareils de chauffage portatifs), pour éviter l'accumulation de sources d'activation d'incendie d'origine électrique.

Il convient enfin de veiller à maintenir dégagés les voies de circulation et chemins de fuites, les espaces libres (non dévolus au stockage par sécurité) et les issues de secours.

4.3 Gestion des opérations de soudage et autres travaux par points chaud

Le soudage, le découpage au chalumeau, le tronçonnage et le meulage engendrent des étincelles et augmentent par conséquent toujours le danger d'incendie. L'expérience prouve que de tels travaux, mal contrôlés peuvent aboutir à des départs de feu activés plusieurs heures après exécution des travaux.

Tout type de travaux du genre doivent faire l'objet d'une procédure de permis de feu (voir article de Y-B Brett, 1997), à défaut de pouvoir être remplacés par une opération à froid (sciage, vissage...).

Il convient également d'accroître la surveillance en cas d'exécution des travaux par sous-traitance à une entreprise extérieure, moins familiarisée avec les risques d'incendie spécifiques du site de stockage.

4.4 Contrôle d'accès

L'activité de stockage et d'entreposage est confrontée plus que tout autre au risque de malveillance et d'incendie volontaire. En sus des moyens de protection passive assuré par la mise en place d'un clôturage du site et d'un verrouillage de sécurité des accès à l'entrepôt, d'un système de détection d'intrusion, l'accès pendant les heures d'ouverture de l'entrepôt aux personnels non occupés dans l'entrepôt (personnels d'autres services, chauffeurs-livreurs, fournisseurs,...) ne doit pas être autorisé sans accompagnateurs.

La valeur des biens stockés et des bâtiments de stockage (et/ou les relations commerciales avec les clients) devrait pouvoir justifier dans bien des cas la mise en place de moyens de contrôle additionnels aux moyens purement techniques. On ne rappellera jamais assez que deux entreprises sur trois, fortement touchées par un incendie disparaissent du marché dans les trois ans qui suivent l'occurrence du sinistre, et ceci malgré une excellente couverture par les assurances.

4.5 Formation du personnel

L'instruction du personnel est l'une des plus importantes mesures préventives et défensives de protection contre l'incendie. Il doit en particulier être parfaitement formé à la lecture des informations de sécurité de bases liées aux produits dangereux (étiquettes de danger UE et transport, Fiches de données de sécurité). Il doit bien sûr être formé à l'utilisation du matériel portatif ou mobile d'intervention (extincteurs portatifs, extincteurs sur roues, RIA, et impliqué par avance dans l'organisation des alarmes. D'une manière générale, il doit parfaitement connaître les consignes de sécurité qui auront été établies par le personnel d'encadrement.

le personnel doit aussi être impliqué dans la politique d'identification et de la localisation « temps réel » des différents stockages pour faciliter l'information des services d'intervention extérieurs en cas de sinistre.

4.6 Organisation de la sécurité

L'organisation de la sécurité ne sera efficace que si elle a été étudiée, et pensée en fonction des contraintes locales. Elle nécessite l'implication du management (Direction, chargé ou service de sécurité) et une collaboration efficace engagée dès la phase de création de l'activité, avec les autres entités de l'usine et la direction locale des sapeurs-pompiers.

L'organisation générale veillera notamment à :

- établir les consignes de stockage et les faire respecter
- établir un plan de protection incendie
- établir un plan d'élimination des déchets et des produits périmés
- rendre disponible un état des stocks « temps réel » disponible et consultable en dehors de l'entrepôt, et permettant dans la mesure du possible de localiser les différents lots de matières dangereuses
- elle veillera à enregistrer et analyser les incidents, presque accidents, anomalies de fonctionnement, pour remédier aux défauts constatés et exploiter le retour d'expérience
- planifier des exercices périodiques

L'organisation de la sécurité ne sera pas parfaite si elle ne prévoit pas par avance la gestion d'une éventuelle situation de crise. La gestion prévisionnelle de crise doit notamment prévoir l'information du public situé en zone proche de l'entrepôt de matière dangereuses.

4.7 Audits de sécurité, contrôles internes

L'organisation de la sécurité gagne à prévoir la mise en oeuvre de contrôles systématiques des aspects fonctionnels de la sécurité, par le biais de procédures de contrôle internes, ou d'audits de sécurité externes, périodiques.

Par principe, ces mesures visent à atteindre ou maintenir un certain degré de performance de la mission de sécurité, généralement par rapport à des référentiels officiels ou internes.

Plus précisément, le but recherché est d'identifier des problèmes éventuels liés à la sécurité, de réduire l'importance de ces problèmes par la mise en place d'actions préventives, correctives, ou de limitation des risques. L'audit de sécurité, pour être efficace, doit être mené avec esprit d'ouverture, dans le cadre d'une atmosphère constructive et surtout pas répressive,

pour s'offrir toutes les chances de succès de mettre en évidence les vrais points faibles et les problèmes entravant réellement les objectifs de sécurité.

En tant qu'outil de management, l'audit de sécurité est tout particulièrement indiqué pour révéler :

- des problèmes cruciaux qui peuvent être éliminés dans l'instant,
- des infractions réglementaires et leurs possibles modes de remédiation,
- les aspects nécessitant une étude plus poussée à moyen terme jusqu'au prochain audit,
- les moyens d'aide que l'on est susceptible d'apporter en interne, pour aider l'unité auditée.

Par nature, l'audit ne donne qu'une vision très instantanée d'un état de sécurité et doit donc être répété à intervalles réguliers.

Les audits peuvent comporter deux aspects principaux :

- les aspects managériaux d'une part (organisation, responsabilités)
- les aspects techniques.

et leurs effets doivent être analysés et suivis avec des outils simples d'utilisation.

CONCLUSION

Le préventionniste des risques dans les stockages de produits toxiques a beaucoup appris de l'accidentologie passée et malgré tout, les accidents à l'entreposage ou au stockage (surtout des incendies) sont encore bien trop nombreux.

La revue britannique *Fire Prevention* de ce mois de décembre 1998 souligne pourtant une fois de plus la prééminence des aires de stockages et entrepôts comme lieux d'occurrence de sinistres incendies majeurs au Royaume-Uni (analyse statistique des feux ayant en 1996, occasionné des pertes supérieures à £100000). Les stockages de produits toxiques restent concernés par le risque incendie notamment, les produits toxiques étant bien souvent également combustibles.

Dans le cas d'accidents impliquant les produits toxiques, les risques humains sont élevés lors de l'intervention en cas d'incendie (surtout dans ou à proximité des bâtiments), mais surtout les atteintes à l'environnement sont souvent redoutables.

Nous avons insisté sur l'importance de la démarche d'identification des dangers au stockage et d'évaluation des risques associée, première étape de toute démarche de prévention.

Les mesures de prévention à prendre si possible dès la phase de conception des entrepôts et autres aires d'entreposage ont fait l'objet d'une présentation assez large à défaut d'être exhaustive. Nous avons rappelé l'importance des aspects organisationnels de l'activité en terme de sécurité. Cet exposé va être complété par mon successeur qui évoquera les moyens de protection techniques fixes (systèmes d'extinction), venant en complément des mesures constructives assurant de la protection passive.

Références

MATE/DPPR/SEI/BARPI, Base de données ARIA «Accidents survenus dans des entrepôts - Etat au 01/04/98

Hans Wäckerlig, «The aftermath of the Sandoz fire », *Fire Prevention*, n°199, May 1987

H. Neuhoof, « Major Blaze in German plastics store leads to environmental concerns », *Fire Europe*, V, June 1998

R. Dosne, « Gigantesque feu d'entrepôt d'archives au Havre », *Face au Risque* n°337 - novembre 1997

A. A. Meharg, J. Wright, H. Dike, D. Osborn, « Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) dispersion and deposition to vegetation and soil following a large scale chemical fire », *Environmental pollution* 99 (1998)

F. I. Khan and S.A. Abbasi, «Multivariate Hazard Identification and Ranking System», *Process Safety Progress*, (vol 17) n°3, 1998

PNUE/DIE, « Le stockage des produits dangereux : Guide technique sur la sécurité des entrepôts de produits dangereux », rapport technique n°3, 1990

CFPA Europe, « Entrepôts - Le guide CFPA Europe », *Face au Risque*, n°221, mars 1986

INRS, « Stockage et transvasement des produits chimiques dangereux », ED 753, mars 1993

CFPA Europe, « Fire and its Environmental Impact II », 1994

FPA, « safe Practice in storage areas », GP6, 1983

NFPA « Standard for General Storage », NFPA 231, édition 1995

V. Petit, « Environmental Impact on Freshwater of a pesticide warehouse fire », rapport interne INERIS, 1993

M. Brown, « General Indoor storage, the NFPA Fire protection Handbook », 1997

FMRC, « Le stockage de palettes vides, l'art de ne pas accumuler les problèmes », *FM Engineering and Research*, P8001F, 1989

ANPI, « Entrepôts de matières dangereuses : recommandations relatives à la protection incendie », dossier ANPI n°111, avril 1996

ANPI, « Matières et marchandises », dossier ANPI n°112, juin 1996

R. Andurand, «Les grands incendies de cimetières de pneumatiques, ou la politique de l'autruche », *Préventique-Sécurité*, n°39, mai-juin 1988

X, Tyre fires - a pile of pollution, Hagersville, Ontario, Canada, Saint-Aimable, Quebec, *Fire Prevention* 241, July-August 1991

B. Martel, « Guide d'analyse du risque chimique », Edition Dunod, Paris, 1997

FMRC, « Les entrepôts d'aujourd'hui. Gérer le changement. Les entrepôts évoluent...la protection doit suivre », *Factory Mutual System*, 1991

Sandoz, Corporate Safety and Environmental Protection, « Warehousing », *Guideline for plant safety* n° 28

J. Leleu, "Réactions chimiques dangereuses", document INRS, ED 697, 1987

L. Bretherick, "Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards", Butterworths, 5th edition, 1995.

C. Cwiklinski, « L'essai en grand : une méthode réaliste d'évaluation du risque incendie. Cas d'un entrepôt pharmaceutique des laboratoires Sandoz », 6e Congrès National du Service Santé des Sapeurs-Pompiers, Versailles, 14-16 Juin 1990.

C. Cwiklinski, « Physico-chimie des fumées d'incendie », IV Congreso Internacional de servicios sanitarios en cuerpos de bomberos y VIII nacional, Madrid, 1er-4 mars 1994, p 44

Marlair G. Cwiklinski C., Lodel R., « Combustibilité et inflammabilité des substances solides et liquides », Revue Préventive et Sécurité », nov-déc. 1996 - pp 67-74

Marlair, C. Costa, B. Gautier, H. Ledoux, S. Brohez, « On-Going Experimental Fire Research and testing in France Using Tests rigs derived from the 'Tewarson' apparatus », soumis au 6e Congrès IAFSS (poster), Poitiers, Juillet 1999

Marlair G., F.H. Prager, H. Sand, « The Behaviour of Commercially Important Diisocyanates in Fires Conditions. Part 1 : Toluene diisocyanate », Fire & Materials, vol 17, 1993, p 91-102 and Journal of Cellular Polymers, vol 12, 1993, n°5, p349-373

Marlair G., Cwiklinski C., Marlière F., « A Review of Large-scale fire testing focusing on the fire behaviour of chemicals », Proceedings de la conférence Interflam'96, Cambridge 26-28 Mars 1996, p 371-382

INERIS, « Rapports Annuels Scientifiques », éditions 1993, 1995, 1996, 1997

Yann-Bernard Brett, « Souder, couper, meuler en sécurité », Face au Risque n°330, février 1997

FM, « Lift trucks », revue Record, avril 1993, pp 3/9