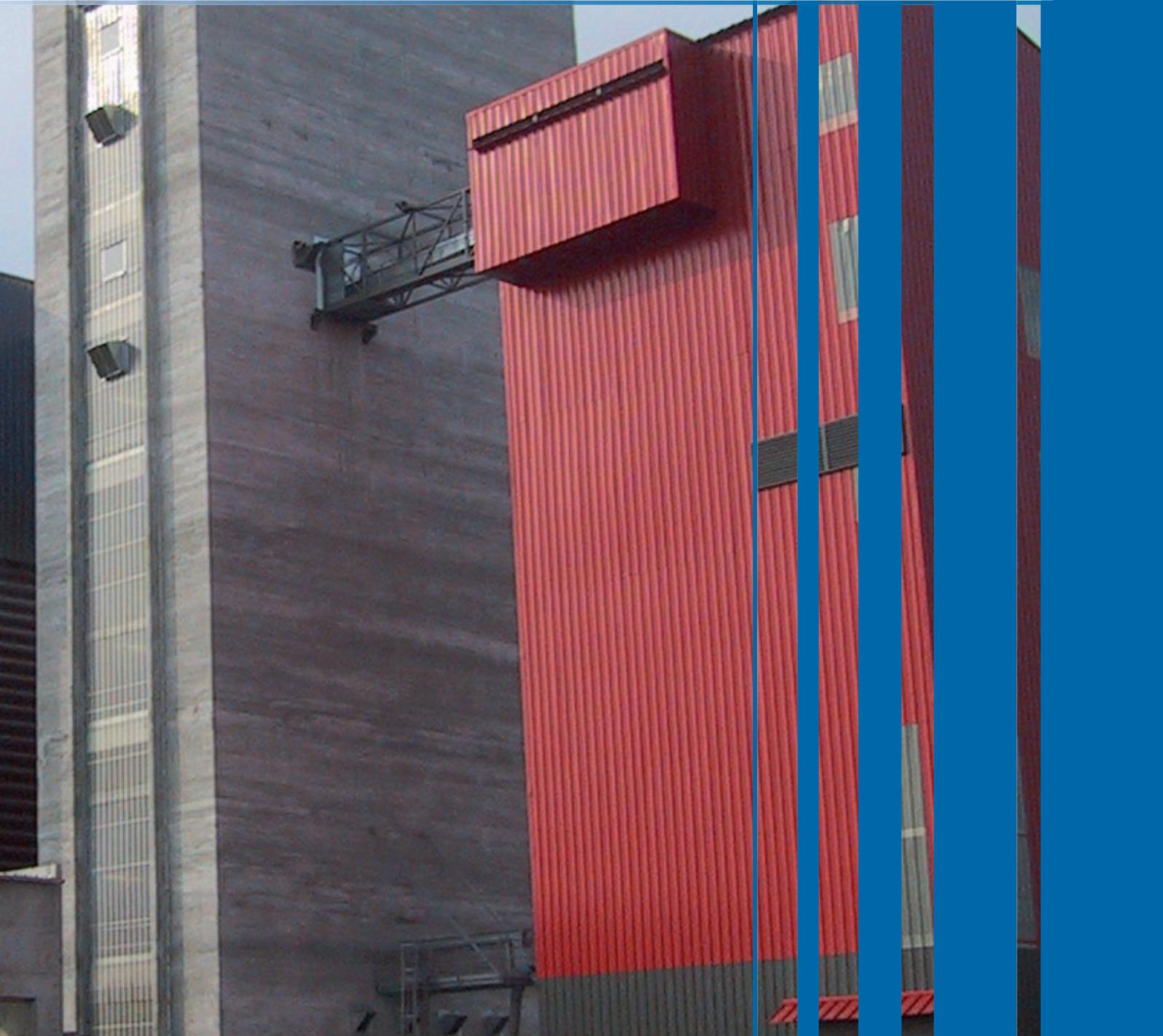


CONNAITRE ET FAIRE FACE AUX RISQUES DES ORGANISMES STOCKEURS DE LA FILIERE AGRICOLE



Direction de
la Sécurité Civile



Groupama



Synacomex

Tome

1

Préambule

La diversité des activités, dans lesquelles s'inscrivent les métiers des organismes stockeurs de la profession agricole, est à l'origine de multiples scénarios d'accidents potentiels. Qu'il s'agisse d'incendie, d'échauffement dans un silo ou d'autres événements impliquant des engrais ou des produits phytosanitaires, cette diversité des situations et la complexité de chacune d'elles imposent une bonne appréhension des risques associés.

C'est dans cet esprit que j'ai souhaité que ma direction prenne part à l'élaboration de ce guide professionnel piloté par COOP de France - métiers du grain. Ce travail de plus d'un an est le fruit d'expériences vécues et d'une synthèse des connaissances des situations à risques de chacun des acteurs associés à son élaboration.

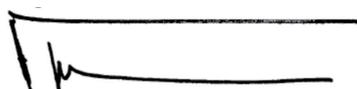
Je souhaite qu'il contribue à une prévention renforcée de ces événements et qu'il participe, si un accident devait malgré tout survenir, à une gestion opérationnelle éclairée par l'ensemble des acteurs concernés.

Ce premier tome a pour vocation de former les gestionnaires de ces entreprises et les services de secours sur la nature des risques et les contraintes associées en cas d'événement. Un second tome viendra compléter cette approche pour définir plus précisément les modalités techniques d'intervention face à ces situations.

Exploitants et services de secours doivent, en cas d'événement se comprendre et disposer des mêmes référentiels pour analyser conjointement la situation afin que les contre-mesures les plus pertinentes puissent être entreprises au regard de cette analyse. C'est pourquoi ce guide n'est pas réservé aux services de secours mais destiné à l'ensemble des acteurs publics et privés impliqués dans la gestion de ce type d'opérations de secours.

Le préfet, directeur de la sécurité civile

Alain PERRET



Ce document a été élaboré dans le cadre d'un groupe de travail constitué de :

- Pour la Direction de la Sécurité Civile, Commandant Eric PHILIP (SDGR) ;
- Pour Coop de France métiers du grain, Monsieur Florent VARIN ;
- Pour les Services Départementaux d'Incendie et de Secours, Commandant Eric JABY (SDIS 77), Commandant Dominique JACQUES (SDIS 59), Capitaine Rémi LADAME (SDIS 28) ;
- Pour l'INERIS, Monsieur Sébastien RICHOMME ;
- Pour la FNA, Monsieur Fabien VALLAUD ;
- Pour le SYNACOMEX, Madame Valérie CHANAL ;
- Pour le SNFS, Monsieur Jean Pierre PINASSEAU ;
- Pour GROUPAMA, Messieurs Claude BIERRY, Bernard GOUPIL, Lieutenant François POICHOTTE ;
- Pour les organismes stockeurs, Madame Francine THIRIOT (Champagne Céréales) Messieurs Ludovic LEGRIX (AGRIAL), Marc THOMAS et Olivier CHATRIOT (AXEREAL), Thierry DELALANDE (TERRENA), Cédric GUILLEMONT (FRCA Picardie) ;
- Pour Union Services Coop de France, Messieurs Xavier CONFAIS et Frédéric PASQUE.

Nous remercions les organismes qui nous ont procurés les photos permettant d'agrémenter ce guide.

Le Sommaire



I	INTRODUCTION.....	4
II	ACTIVITE DE STOCKAGE ET DE SECHAGE DES GRAINS....	5
II.1	PRESENTATION GENERALE DE L'ACTIVITE DE STOCKAGE ET DE SECHAGE DES GRAINS.....	5
II.1.1	Produits stockés.....	5
II.1.2	Activité.....	5
II.2	PHENOMENOLOGIES LIEES AUX ACTIVITES DE STOCKAGE ET DE SECHAGE DES GRAINS.....	15
II.2.1	Synthèse de l'accidentologie.....	15
II.2.2	Présentation des risques.....	16
II.2.3	Phénomènes aggravants.....	23
II.2.4	Conséquences des incendies dans les silos.....	24
III	ACTIVITE DE STOCKAGE D'ENGRAIS.....	29
III.1	PRESENTATION GENERALE DE L'ACTIVITE DE STOCKAGE D'ENGRAIS.....	29
III.1.1	Produits stockés.....	29
III.1.2	Activité.....	30
III.2	PHENOMENOLOGIES LIEES AUX ACTIVITES DE STOCKAGE D'ENGRAIS.....	31
III.2.1	Synthèse de l'accidentologie.....	31
III.2.2	Phénomènes dangereux.....	31
III.2.3	Conséquences des décompositions d'engrais.....	31
III.2.4	Conséquences d'une détonation d'engrais.....	33
IV	ACTIVITE DE STOCKAGE DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES.....	35
IV.1	PRESENTATION DE L'ACTIVITE DE STOCKAGE DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES.....	35
IV.1.1	Produits stockés.....	35
IV.1.2	Activité.....	35
IV.2	PHENOMENOLOGIES LIEES AUX STOCKAGE DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES.....	36
IV.2.1	Synthèse de l'accidentologie.....	36
IV.2.2	Phénomènes dangereux.....	36
IV.2.3	Conséquences d'un incendie de produits phytopharmaceutiques...	36
V	GESTION DES SITUATIONS D'URGENCE.....	37
V.1	ROLE ET ORGANISATION DE L'EXPLOITANT.....	37
V.1.1	Dispositions réglementaires.....	37
V.1.2	Moyens matériels.....	37
VI	CONCLUSION.....	43
VII	BIBLIOGRAPHIE.....	44

I - Introduction

Les organismes stockeurs ont pour activité principale la collecte, la conservation, le stockage et la commercialisation de grains. Pour répondre aux besoins complémentaires des agriculteurs, ces organismes conseillent et distribuent des produits d'agrofouritures (notamment des engrais et des produits phytopharmaceutiques) nécessaires à la croissance et à la protection des végétaux. Ils peuvent également utiliser ces produits dans le cadre de leur activité.

Ces organismes présentent des risques particuliers qui peuvent être mal appréhendés et avoir un impact sur l'environnement de ces installations. Face à ce constat, une réflexion conjointe a été menée entre les partenaires institutionnels, professionnels et experts afin de réaliser un guide dont l'objectif est d'améliorer la maîtrise des événements accidentels au niveau de ces structures.

Ce guide est composé de 2 tomes :

- Le tome 1 permet d'avoir une approche globale des phénomènes que l'on peut rencontrer dans les installations des organismes stockeurs. Il s'attache dans un premier temps à présenter les risques et les conséquences des événements susceptibles de se produire dans les installations des organismes stockeurs et dans un second temps définit les moyens d'intervention pour y faire face. Il est destiné aux conseillers techniques des services de secours et aux cadres responsables de la sécurité au sein des organismes stockeurs.
- Le tome 2 a pour objectif de fournir les éléments à prendre en compte lors de situations accidentelles et de présenter certains réflexes pour réagir au mieux en cas d'accident.

Les principes de ce guide se veulent applicables aux différentes installations quel que soit leur régime de classement. Cependant il est important de rappeler la corrélation qu'il existe entre les quantités en jeu, c'est-à-dire cette notion de classement, et l'impact en cas de sinistre (proportionnalité des risques et des enjeux). Il en découle que la réglementation, croissante face aux enjeux à protéger, ne rend pas toujours obligatoire la mise en place de l'ensemble des équipements présentés dans ce document.

Le tome 1 dresse un inventaire des différentes installations rencontrées dans le secteur. Il est important de prévenir le lecteur qu'il s'agit d'installations « types ». En effet, de par la grande diversité des structures (configuration et évolution historique des constructions), il nous est impossible de dresser un inventaire exhaustif de tous les bâtiments existants. Afin de faciliter l'appropriation de ce document, le lecteur retrouvera régulièrement des cadres permettant de mettre en avant certaines informations sous une forme très synthétique (NOTA RISQUES/NOTA TECHNIQUE) ainsi que des cadres (POUR ALLER PLUS LOIN) destinés à donner des clés pour approfondir certains sujets.

II - Activité de stockage et de séchage des grains

II.1 PRESENTATION GENERALE DE L'ACTIVITE DE STOCKAGE ET DE SECHAGE DES GRAINS

II.1.1 Produits stockés

Les produits stockés au niveau des organismes stockeurs peuvent être :

- ↳ des céréales (blé tendre, blé dur, orge, maïs, seigle, avoine, sorgho, triticale et riz) ;
- ↳ des oléagineux (colza, tournesol et soja) ;
- ↳ des protéagineux (pois, féveroles et lupins) ;
- ↳ des graminées fourragères (dactyle, fétuque, raygrass) ;
- ↳ des produits spécifiques (œillette...) ;
- ↳ des produits déshydratés.



NOTA RISQUE

Certains produits ont des caractéristiques pyrogènes (produit de la chaleur) notamment l'œillette.

Les tonnages et les types de produits stockés sont variables en fonction des régions et des années.



NOTA RISQUE

Les oléagineux sont les grains qui sont le plus composés de matières grasses (près de 50% pour le colza et le tournesol). A l'inverse les céréales sont faiblement composées de matières grasses (moins de 5% pour le blé, l'orge et le maïs). Le phénomène d'incendie sera d'autant plus important que les grains seront composés de matières grasses.



POUR ALLER PLUS LOIN

Vous pouvez retrouver une présentation des caractéristiques des produits stockés dans le guide silo dans la partie Conservation et séchage/ Caractéristiques des grains.

<http://www.guide-silo.com/14/anatomie-et-proprietes-physico-chimiques.html>



NOTA TECHNIQUE

Le rapport entre le poids et le volume de céréales couramment retenu est d'environ 0,75 (en référence au blé). Le tableau suivant reprend à titre indicatif ces rapports pour les produits couramment rencontrés :

Type de céréale / Densité	Céréales en m ³	Céréales en tonne	Céréales en quintaux
Blé, Maïs, Pois / 0,75	1000 m ³	750 tonnes	7500 quintaux
Tournesol / 0,45	1000 m ³	450 tonnes	4500 quintaux

II.1.2 Activité

Les organismes stockeurs assurent une prestation technique afin de commercialiser tout au long de l'année des lots répondant aux besoins de l'industrie agroalimentaire et des marchés d'export au stade du commerce de gros.

Les installations utilisées pour le stockage, la conservation et le séchage des grains, graines et protéagineux sont des silos dotés des équipements techniques suivants :

- ↳ Les équipements de manutention (élévateurs, transporteurs, vis, pendulaires...);
- ↳ Les équipements de travail du grain (nettoyeurs, tamiseurs, séparateurs) ;
- ↳ Les capacités de stockage (cellules, boisseau as de carreau) pouvant être équipées de silothermométrie ;
- ↳ Les dispositifs complémentaires (ventilation, filtration, désinsectisation) ;
- ↳ Et éventuellement les installations de séchage (séchoirs).

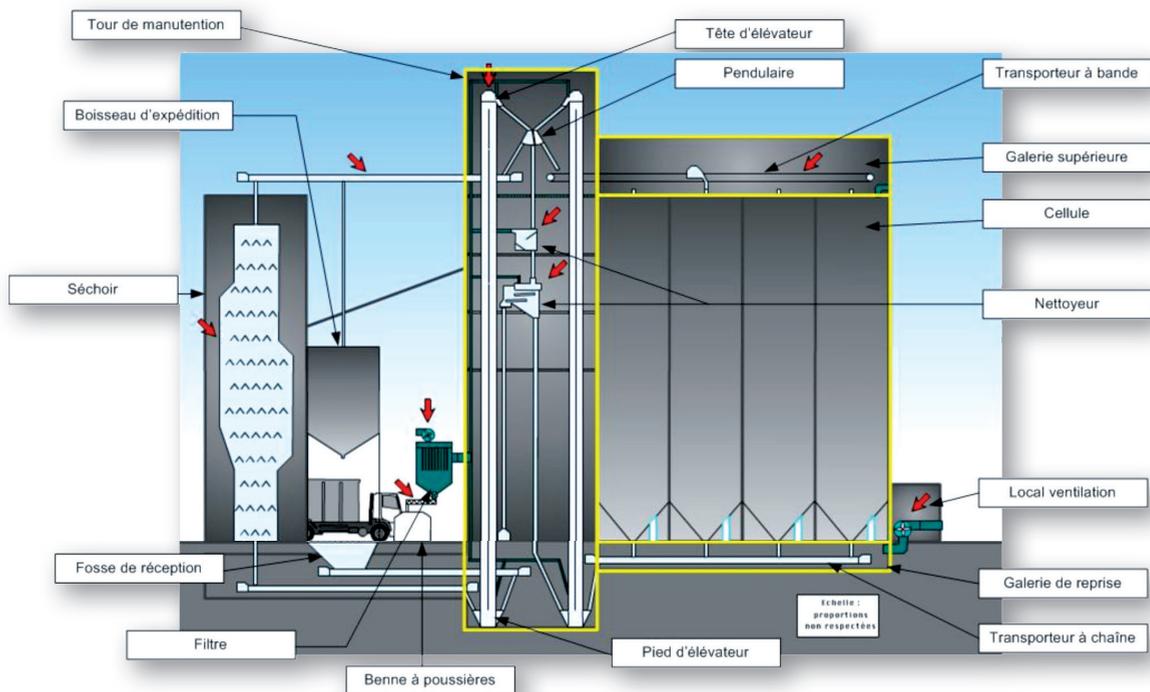


Schéma de principe d'une installation « type »

(Les emplacements des équipements tels qu'indiqués sur ce schéma ne sont donnés qu'à titre informatif)

Les différents équipements pouvant être rencontrés dans les silos auront pour fonction :

- ↳ Le transport du grain (transporteur, élévateur) ;
- ↳ Le nettoyage et/ou le tri du grain (nettoyeur, calibreuse, ...) ;
- ↳ Le dépoussiérage de l'air (système d'aspiration de type filtre ou cyclone) ;
- ↳ L'aide à la conservation du grain (sondes de silo-thermométries et ventilation).

II.1.2.1 La manutention

II.1.2.1.1 - LES TRANSPORTEURS HORIZONTAUX (À BANDE OU À CHÂÎNE)

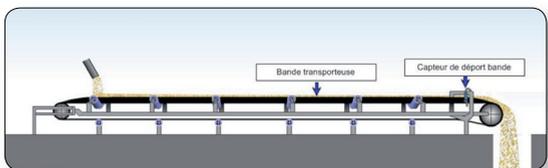
Les transporteurs horizontaux permettent le transport du grain dans les galeries, ou bien encore entre 2 installations. Les galeries de reprise accueillent majoritairement un transporteur à chaîne (que l'on peut nommer dans la pratique « TC » ou « redler »). Le transporteur à bande (dit également « tapis ») est constitué par une bande en caoutchouc tandis que le transporteur à chaîne est lui constitué d'une chaîne avec racleur.



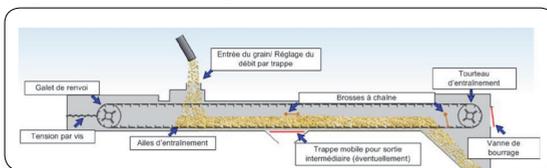
Transporteur à bande



Transporteur à chaîne



Principe de fonctionnement du transporteur à bande

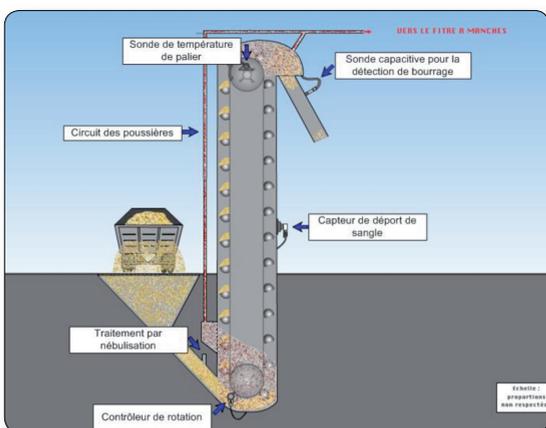


Principe de fonctionnement du transporteur à chaîne

II.1.2.1.2 L'ÉLEVATEUR

Les élévateurs servent à acheminer le grain verticalement. Ils sont situés pour la plupart dans la tour de manutention mais peuvent également être situés en extérieur. L'ascension du grain se réalise depuis le pied d'élevateur situé dans une fosse de pied d'élevateur jusqu'à la tête d'élevateur à l'aide de godets fixés sur une sangle.

Ces élévateurs sont reliés en amont et en aval au circuit de transport du grain (transporteur à chaîne, transporteur à bande, vis...).



Principe de fonctionnement d'un élévateur



Élevateur situé en extérieur



NOTA TECHNIQUE

Les silos sont caractérisés par des débits de manutention et des temps de fonctionnement différents :

Type de silo	Débit (t/h)	Temps de fonctionnement annuel
Portuaire	200 à 1 200	12 mois
Report ou Stockeur	100 à 300	12 mois (3 mois en réception et 9 à 12 mois en expédition)
Collecte (silo de proximité)	50 à 200	3 mois (pendant la moisson)

A noter, le cas particulier des stations de semences :

Type d'installation	Débit (t/h)	Temps de fonctionnement annuel
Station de semences	5 à 20	12 mois (dont 6 de forte activité)



Silo de proximité

(Silo de proximité pour l'exploitant agricole.)



Silo de report

(Capacité de stockage de l'installation importante avec des expéditions par camion, train, péniche.)

II.1.2.2 Les équipements de travail du grain

II.1.2.2.1 LE NETTOYEUR

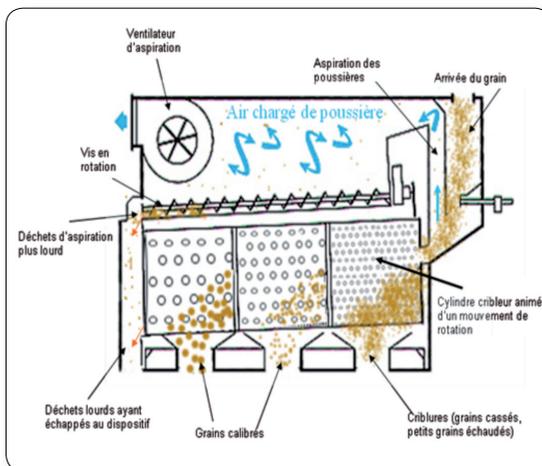
Le nettoyage permet d'extraire les impuretés du grain et peut se faire au travers de machines telles qu'un pré-nettoyeur, un nettoyeur-séparateur ou bien encore un ébarbeur.

II.1.2.2.2 LE CALIBREUR

Le calibrage permet de réaliser un triage qualitatif du grain et peut se faire au travers de machines telles qu'un trieur alvéolaire, un calibreur ou bien encore une table densimétrique.

Les impuretés les plus légères sont aspirées et les autres (grains cassés...) sont tamisées au travers de grilles métalliques.

Ces machines sont reliées en amont et en aval au circuit de transport du grain (transporteur à chaîne, tapis, vis...).



Principe de fonctionnement d'un nettoyeur séparateur calibreur

II.1.2.3 Les dispositifs complémentaires

II.1.2.3.1 DISPOSITIF DE CAPTAGE DE POUSSIÈRES :

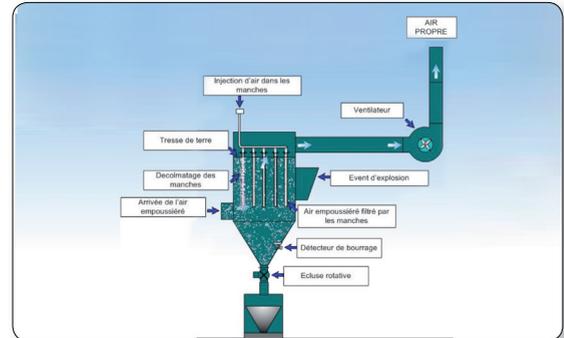
LE FILTRE À MANCHE

Un filtre à poussières a pour objectif de nettoyer de l'air dit « sale ou chargé » en particules en traversant une toile dit « filtre » pour donner un air dit « propre ».

Ces poussières ou déchets retenus par les manches filtrantes tombent de celles-ci grâce au décolmatage pneumatique. Cela consiste à envoyer un jet d'air comprimé pour chasser les poussières de la toile en la gonflant. Ces déchets sont ensuite stockés (chambre à poussières, caisson externe, boisseaux déchets, sacs). Ces dispositifs peuvent être équipés d'évent d'explosion.

! NOTA RISQUE

Les poussières récupérées par le système d'aspiration sont isolées. Elles peuvent être stockées soit dans une benne qui peut être bâchée soit être isolées dans un local spécifique situé à l'intérieur ou à l'extérieur du silo.

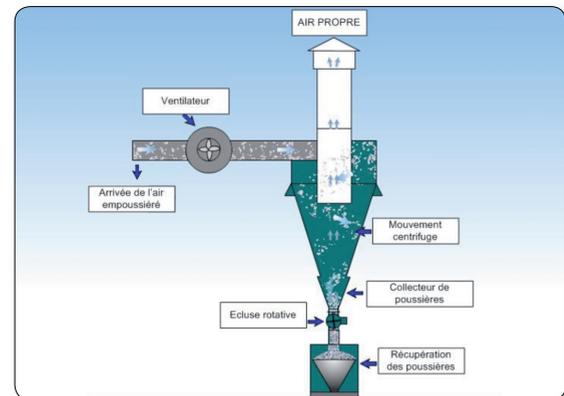


Filtre à manche

II.1.2.3.2 DISPOSITIF DE CAPTAGE DE POUSSIÈRES :

LE CYCLONE

Le cyclone est également un élément du système d'aspiration régulièrement rencontré dans les installations de stockage de grains. A leur arrivée dans le cyclone, les poussières sont séparées du flux d'air par effet centrifuge (vortex) puis tombent dans le cyclone par gravité.



Cyclone

II.1.2.3.3 DISPOSITIF DE CAPTAGE DE POUSSIÈRES :

LE CYCLOFILTRE

Le cyclofiltre est un dispositif couplant les deux technologies évoquées ci-dessus.

! NOTA RISQUE

Différents équipements peuvent être reliés au système d'aspiration. Il faut être particulièrement vigilant quant à la propagation d'un incendie par ce système. En effet une particule incandescente peut être aspirée et être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion dans le filtre et/ou dans le stockage de poussières associé.

II.1.2.3.4 LA SILOTHERMOMÉTRIE

Le contrôle de la température des stocks de grain garantit leur bonne conservation. Les capacités de stockage peuvent être équipées d'un système de thermométrie fixe ou mobile. Les relevés automatiques ou manuels permettent un suivi régulier des températures. Dans le cas d'installations équipées d'une supervision, des seuils d'alarme sont paramétrables pour détecter toute élévation anormale de la température. Les câbles des systèmes automatiques sont alimentés en Très Basse Tension.

II.1.2.3.5 TRAITEMENT DU GRAIN

Parfois un traitement chimique de désinsectisation du grain peut être réalisé au niveau des têtes ou des pieds d'élévateurs.

II.1.2.4 Les capacités de stockage

Les capacités de stockage sont composées :

- ↳ De cellules. Ce sont des accumulateurs de matière permettant de conserver du grain à moyen ou long terme. Une cellule sera fermée lorsqu'elle sera surmontée d'un plancher permettant la séparation de la cellule et de l'espace sur cellule. Une cellule sera ouverte lorsqu'elle communiquera directement avec l'espace sur cellule ;
- ↳ D'as de carreau ou de 1/2 as de carreau. Ce sont des accumulateurs de matière situés entre 4 cellules rondes pour un as de carreau et entre 2 cellules rondes et une paroi pour un 1/2 as de carreau ;
- ↳ De boisseaux. Ce sont des capacités de stockage provisoires avant expédition.



NOTA TECHNIQUE

Réglementairement, les silos se distinguent par la hauteur de leurs parois de stockage :

Hauteur de la paroi de stockage	< 10 mètres	> 10 mètres
Type de silo	Plat	Vertical



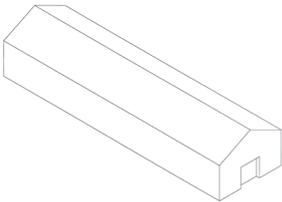
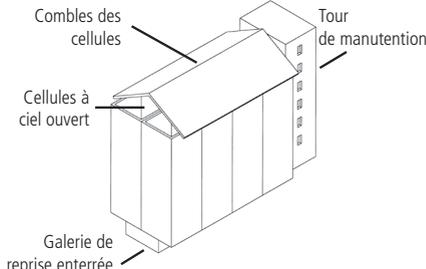
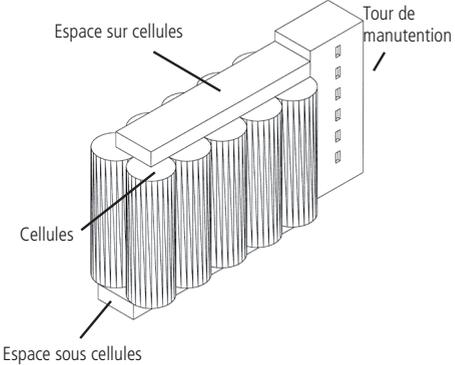
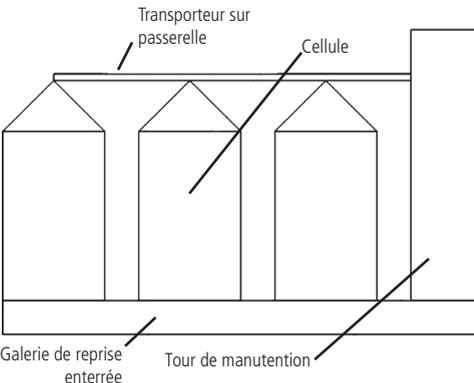
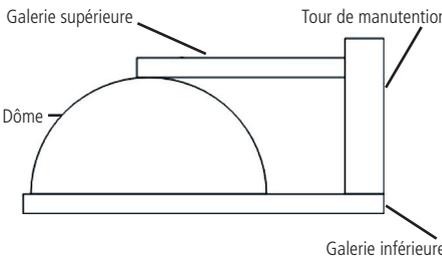
POUR ALLER PLUS LOIN

Vous pouvez retrouver une présentation exhaustive de la nature du parc silo et une animation sur le principe de fonctionnement d'un silo dans le guide silo dans la partie Fonctionnement/ Nature du parc silo ou Schéma général de fonctionnement.

<http://www.guide-silo.com/270/schema-general-de-fonctionnement.html>

Différents types d'installations sont présentées ci-dessous.
Il s'agit des catégories de silos les plus communément rencontrées.

Type de silo	Hauteur de la paroi de stockage	Type de cellules	Structure	
Stockage à plat (type hangar)	6-10 mètres Silo Plat	Ouvertes	Parois	Béton Métal
			Charpente	Métal (béton ou lamellé collé)
			Toiture	Fibrociment Métal (bac acier)
Comble	5-40 mètres	Ouvertes	Parois	Métal (Palplanche) ou béton
			Charpente	Métal
			Toiture	Fibrociment Métal (bac acier)
Béton cathédrale	20-40 mètres Silo vertical	Ouvertes ou fermées	Parois	Béton
			Galerie supérieure	Béton Métal
Cellules cylindriques métalliques	10-15 mètres Silo vertical	En général fermées	Parois	Métal (tôle ondulée)
	Diamètre pouvant être important jusqu'à 30 mètres.		Charpente de la tour de manutention	Métal
Dôme	20-25 mètres Silo vertical Diamètre pouvant être important jusqu'à 45 mètres.	Fermées	Parois	Béton complexe (membrane PVC extérieure, mousse polyuréthane et béton projeté)

Descriptif	Schéma de principe	Photo
<p>Il s'agit d'un hangar ou d'un bâtiment plus évolué équipé de la manutention. Il peut y avoir une galerie de reprise mais le grain peut également être manipulé à l'aide d'un engin de manutention équipé d'un godet de type chargeuse.</p>		
<p>Ces silos sont généralement équipés d'une tour de manutention (ou élévateur extérieur) relié à un transporteur d'alimentation et d'une galerie de reprise enterrée dans laquelle se trouve un transporteur de reprise.</p>		
<p>Ces silos sont équipés d'une tour de manutention, d'une galerie supérieure et d'une galerie de reprise enterrée ou non.</p>		
<p>Ces silos sont généralement équipés d'une tour de manutention (ou élévateur extérieur). Ces cellules sont alimentées par un transporteur à chaîne (souvent sans galerie supérieure). Le grain est repris en général par un transporteur situé dans une galerie de reprise enterrée.</p>		
<p>Ces silos sont généralement équipés d'une tour de manutention. Ces cellules sont alimentées par un transporteur (parfois avec galerie supérieure). Le grain est repris en général par un transporteur situé dans une galerie de reprise enterrée.</p>		

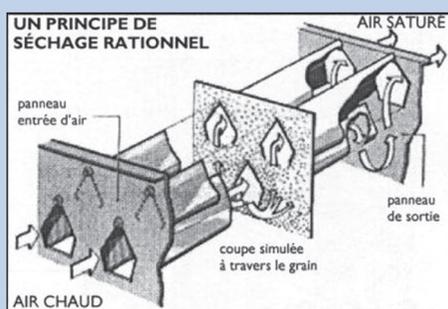
II.1.2.5 Les installations de séchage

Les séchoirs utilisent une technologie particulière de chauffage direct en veine d'air. C'est-à-dire, que l'air chaud est en contact avec la matière à sécher. Ce dispositif est assimilable à un four ouvert permettant une déshydratation partielle. Ainsi la masse de grain humide est traversée par un courant d'air chaud. La température du produit va augmenter jusqu'à ce que l'eau qu'il contient soit entraînée en surface du grain où elle se vaporise.



NOTA TECHNIQUE

L'air de séchage est distribué par des canaux noyés dans la masse de grain ou dièdres (figure ci-dessous).



Principe de séchage par canaux noyés
(Doc. LAW)

Un séchoir est une structure autoportée isolée ou non du silo. Elle est en général constituée d'un bardage métallique isolant (laine de verre) qu'il faut parfois dégarnir lors d'un sinistre important.

Les séchoirs peuvent être alimentés au fioul ou au gaz.

Pour le gaz, l'alimentation est réalisée soit :

- ↳ A l'aide d'un réseau de type « gaz de ville » ;
- ↳ A l'aide d'une cuve de stockage de GPL (propane ou butane).



NOTA RISQUE

Il faut être particulièrement vigilant quant à la propagation d'un incendie (entraînement de particules incandescentes) ou des gaz chauds depuis le séchoir vers les dispositifs de manutention ou de stockage du silo (cellules grains secs).

Ces dispositifs de manutention se trouvent souvent dans des galeries pouvant accumuler la chaleur et favoriser la propagation d'un incendie.

II.1.2.5.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le schéma suivant présente le principe de fonctionnement d'un séchoir bi-étagé.



NOTA TECHNIQUE

Les séchoirs fonctionnent d'une manière générale en continu.

Le tableau suivant présente les correspondances de puissance thermique des séchoirs :

Puissance du séchoir en MW	Puissance du séchoir en points/heure	Débit de grain humide « type » du séchoir en tonnes/heure
1	700	3,5
1,4	1000	5

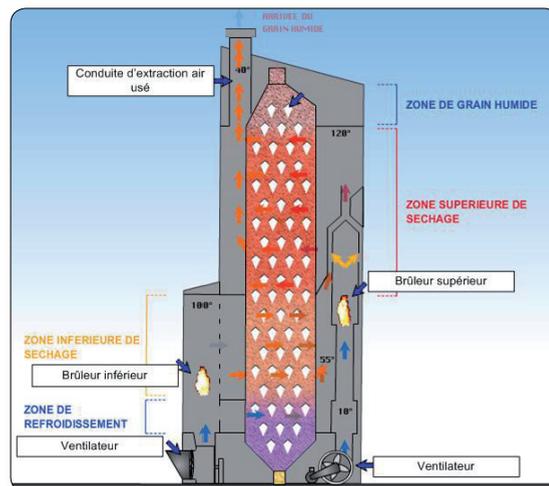


Schéma de principe d'un séchoir bi-étagé

II.1.2.5.2 TEMPÉRATURES DE SÉCHAGE

Les températures de l'air de séchage sont à adapter en fonction des produits à sécher, de leur humidité et de la qualité désirée. Les températures de séchage peuvent varier entre 40 et 140°C en fonction des produits et de leur humidité.



Séchoir



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide silo fait une présentation du principe de fonctionnement d'un séchoir dans la partie Conservation et Séchage / Séchage / L'évaporation de l'eau des grains et le fonctionnement des séchoirs.

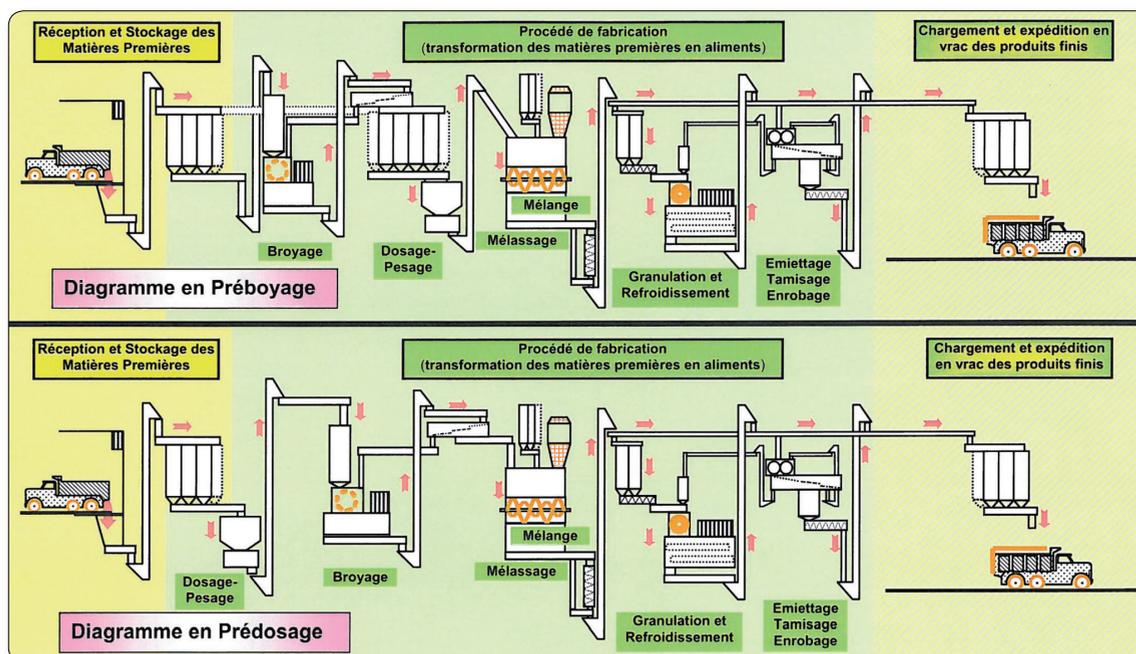
<http://www.guide-silo.com/37/principe-de-fonctionnement-des-sechoirs.html>

II.1.2.6 Autres types d'installations

Les organismes stockeurs ont parfois diversifié leur activité vers les filières en aval du type usine d'aliment pour animaux ou de station de semences.

II.1.2.6.1 USINE D'ALIMENT

La fabrication d'aliments pour animaux (principalement porcs, volailles et bovins) nécessite diverses opérations sur le grain (céréales, oléo-protéagineux). Les schémas suivants présentent les 2 principaux procédés de fabrication rencontrés :



Etapes	Caractéristiques
Stockage des matières 1 ^{res}	Le stockage est réalisé en boisseaux ou cellules.
Dosage	On utilise des bennes peseuses.
Broyage	La machinerie utilisée pour le broyage est d'une puissance importante.
Mélange	Les matières sont acheminées dans la mélangeuse où sont ajoutés les composants ne devant pas être broyés (additifs, ...).
Mélassage	Il sert à incorporer des matières liquides pour certaines formules.
Granulation et refroidissement	L'aliment pulvérulent est transformé en aliment granuleux. Le produit passe dans un conditionneur où se fait l'incorporation de la vapeur afin d'humidifier et d'élever la température du produit (85°C environ). La granulation s'effectue dans une presse. Les granulés sont ensuite refroidis grâce à un refroidisseur.
Emiettage, tamisage, enrobage	Les granulés sont tamisés avant le conditionnement. L'aliment peut être émiétté ou enrobé.
Stockage	Il est réalisé en vrac ou en conditionné.



NOTA RISQUE

Les usines d'aliment ont des caractéristiques relativement proches des silos. Elles possèdent une chaufferie et se caractérisent par l'utilisation d'équipements tels que des presses, des mélangeuses... Parmi ces équipements les presses, les refroidisseurs et les broyeurs peuvent être le siège d'incendie. Les broyeurs sont susceptibles d'être le siège d'explosion.

II.1.2.6.2 STATION DE SEMENCES

Il s'agit d'installations servant à réceptionner, trier et conditionner les semences agricoles. L'activité de ces stations comprend les phases suivantes :

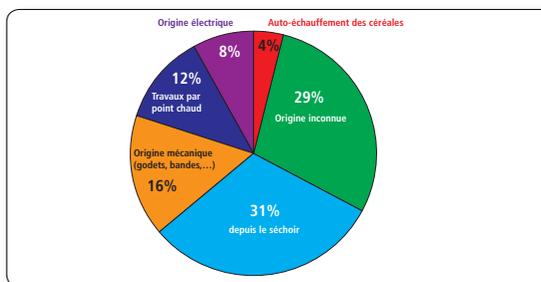
Etapes	Caractéristiques
Stockage des matières 1 ^{res}	Les matières 1 ^{res} sont acheminées dans des boisseaux de stockage à l'aide d'élévateurs.
Travail du grain	Le grain est ensuite nettoyé et trié de manière très minutieuse en fonction de ses caractéristiques (longueur, largeur, épaisseur, densité). Les appareils de triage couramment rencontrés sont : <ul style="list-style-type: none">- Trieur alvéolaire- Nettoyeur séparateur- Table densimétrique, appareil spécifique aux stations de semences, qui sépare les grains grâce à une vibration sur coussin d'air.
Traitement des semences	Suivant le type de semences, ces dernières sont traitées ce qui peut entraîner la présence de produits phytopharmaceutiques sur le site.
Conditionnement	Les semences seront pour la plupart du temps conditionnées.
Stockage produits finis	Le stockage de ces semences s'effectue dans des entrepôts dans lesquels une charge calorifique est présente (bois, palettes, plastique...).

II.2 PHENOMENOLOGIES LIEES AUX ACTIVITES DE STOCKAGE ET DE SECHAGE DES GRAINS

II.2.1 Synthèse de l'accidentologie

En prenant en considération l'ensemble des accidents et incidents, il est possible de tirer les enseignements suivants.

Les incidents occasionnés dans les silos sont principalement des incendies de séchoirs dont les conséquences sont essentiellement des pertes matérielles ou de produits.



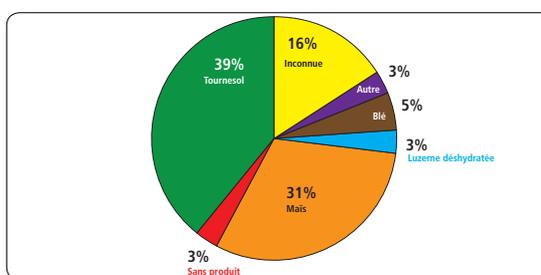
Origine des incidents

Source : Compilation de données du BARPI des accidents occasionnés dans les silos français entre 1997 et 2003

Les principales origines des incendies sont les suivantes :

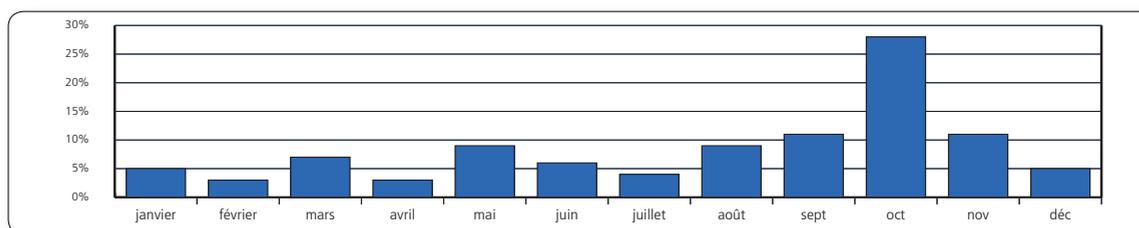
Origines des incendies			
Origines thermiques	Origines mécaniques	Origines électriques	Origines biologiques
Surface chaude Travaux par points chauds (soudage) Points chauds par flamme nue (cigarette, briquet...)	Choc (heurt de godet) Frottement (échauffement des paliers, roulement grippé notamment pour la bande transporteuse)	Court circuit Incendie dans l'armoire électrique Décharge électrostatique	Auto échauffement de certains produits

Le nombre des incidents/accidents est également influencé par les caractéristiques des produits. Il est également important de rappeler que les activités des organismes stockeurs sont saisonnières. On remarque que la période de plus forte activité et en particulier la période de séchage (septembre à novembre) est la période de sinistralité la plus importante.



Produits impliqués dans les incendies de séchoir

Source : Compilation Services Coop de France de données du BARPI entre 1976 et 2006



Répartition des d'Accidents/Incidents par mois

Source : Compilation Services Coop de France de données du BARPI entre 1976 et 2006

Il convient également de rappeler que les installations de stockage de grains peuvent être le lieu d'explosions ayant parfois de graves conséquences :

Date et lieu	Origine	Conséquence
1982 / Metz	Explosion dans la tour de manutention dont les planchers et le système de dépoussiérage sont en réfection.	A la suite d'une deuxième explosion beaucoup plus puissante, le bâtiment s'effondre. 12 personnes sont ensevelies et tuées sous les décombres, un ouvrier est gravement blessé.
1993 / Floreffe (Belgique)	Explosion dans une trémie suite à des travaux par points chauds	Propagation de l'explosion dans les sous-sols et jusqu'à la tour de manutention. 5 morts et 4 blessés graves.
1997 / Blaye	Explosion dans le système de dépoussiérage	Propagation de l'explosion dans la galerie supérieure puis dans les cellules. 11 morts.
2001 / Albert	Explosion initiée par des travaux par points chauds.	1 mort et 2 blessés.

II.2.2 Présentation des risques

Deux grandes catégories de risques peuvent être associées aux installations de stockage de grains :

LE RISQUE INTRINSEQUE AU PRODUIT

Les phénomènes dangereux inhérents à la manutention et au stockage des produits agro-alimentaires sont principalement :

- *risque d'incendie dans un matériel de manutention : l'incendie intervient lorsque la combustion est induite par une source extérieure d'inflammation (étincelle, travail par point chaud, flamme, ...);
- *risque d'auto-échauffement : ce phénomène naturel est lié à la respiration du grain et est accompagné d'un dégagement de chaleur qui lui-même réchauffe le grain ;
- *risque d'inflammation : ce phénomène survient lorsque les grains ou les poussières atteignent des températures trop élevées suite à un auto échauffement ou suite à un contact avec des surfaces chaudes ;
- *risque d'explosion de poussières : ce phénomène survient lorsque des poussières mises en suspension dans une enceinte confinée (ou des gaz inflammables issus de la fermentation) sont enflammées par une source d'inflammation.

LE RISQUE LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

- *Ensevelissement ou enlèvement de personnes : l'ensevelissement de personnes pourra se produire par un écoulement du grain à l'extérieur de la capacité de stockage (suite à une rupture de la capacité) ou par une chute de la personne dans la capacité de stockage pendant les phases de sous-tirage ou de remplissage de la cellule ;
- *Risque d'asphyxie : les phénomènes de respiration et de fermentation du grain produisent du CO₂ qui peut être à l'origine d'asphyxie. Ce risque est particulièrement présent pour le maïs lorsque il est stocké humide.



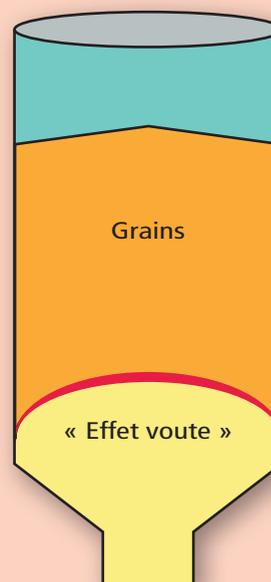
NOTA RISQUE

Certains produits, notamment le lin, n'ont pas les caractéristiques physiques pour permettre le passage d'une personne sur le tas.



NOTA RISQUE

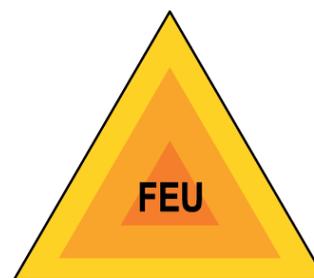
En cas de difficulté d'écoulement du grain (en particulier s'il est humide car il aura tendance à « coller »), un « effet voute » du grain peut se créer au niveau des capacités de stockage entraînant un risque d'enlèvement en cas de chute de personne dans la capacité. Le schéma ci-dessous traduit ce phénomène « d'effet voute ».



II.2.2.1 Incendie

Le risque d'incendie est à considérer lorsqu'il est possible de réunir simultanément en présence d'oxygène un produit combustible et une source d'inflammation d'énergie suffisante. Ce principe est souvent représenté sous la forme du triangle du feu. Dans le cadre des activités de stockage de céréales, le risque incendie peut être envisagé à la fois dans les appareils de manutention et au niveau du stockage des produits.

Source d'inflammation



Constructible
(céréales, caoutchouc)

Comburant
(oxygène)

Triangle de feu

II.2.2.1.1 INCENDIE DE BANDE TRANSPORTEUSE

Les bandes transporteuses ont pour la plupart été remplacées par des bandes non-propagatrices de l'incendie conformes à la norme NF EN 20 340 durant les années 2000.

Combustible :

Dans ces incendies, le combustible principal considéré est la bande. Les grains présents sur cette bande et les poussières résiduelles peuvent contribuer au développement de l'incendie.

Source d'inflammation :

Sur un dispositif de transport de grains par bande, les sources d'ignition possibles sont :

- * Blocage des rouleaux et échauffement de la bande sur les rouleaux ;
- * Patinage de la bande sur le tambour d'entraînement et échauffement ;
- * Travaux par point chaud ;
- * Échauffement suite à un déport de bande ou à une perte de tension par allongement ;
- * Incendie d'autres équipements ou installations à proximité de la bande.

Comburant :

Le comburant est l'oxygène contenu dans l'air ambiant.



NOTA RISQUE

Malgré le caractère non propagateur des bandes, l'incendie peut être entretenu par la combinaison de :

- « l'effet four » qui se traduit par le maintien de la température des fumées ;
- « l'effet tunnel » / « feu de cheminée » qui se traduit par le renouvellement de l'air comburant.

Ces effets peuvent être observés en particulier lorsque le transporteur à bande est capoté et/ou lorsque ce transporteur est situé dans une enceinte close et exigüe.

En l'absence de l'association de ces deux effets, il est constaté que l'incendie des bandes non propagatrices de la flamme ne se développe pas.

La bande peut être naturellement « graissée », en particulier par les oléagineux. Les produits de traitement des céréales peuvent également imprégner la bande transporteuse.



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide silo traite de manière plus détaillée le phénomène d'incendie des bandes transporteuses dans la partie consacrée aux Risques industriels/ Description des risques dans les silos de céréales/ Risques d'incendie/ Incendie dans les équipements et installations.

<http://www.guide-silo.com/99/l-incendie-des-bandes-transporteuses.html>

II.2.2.1.2 INCENDIE DANS UN ÉLÉVATEUR

Généralement, le feu a pour cause un fonctionnement défectueux :

- ↳ du dispositif de centrage de la sangle entraînant un frottement de celle-ci sur la carcasse ;
- ↳ une casse mécanique ;
- ↳ un bourrage avec échauffement.



NOTA RISQUE

Si l'élévateur est en fonctionnement et qu'une atmosphère poussiéreuse (absence ou défaillance du système d'aspiration) se crée à l'intérieur de l'élévateur, cet incendie peut entraîner une explosion.



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide silo traite de manière plus détaillée le phénomène d'incendie des élévateurs dans la partie consacrée aux Risques industriels/ Description des risques dans les silos de céréales/ Risques d'incendie/ Incendie dans les équipements et installations.

<http://www.guide-silo.com/100/l-incendie-des-eleveateurs.html>

II.2.2.1.3 INCENDIE DANS UN BROUYEUR NETTOYEUR/ CALIBREUR/ TAMISEUR/ REFROIDISSEUR

Généralement, le feu peut avoir pour cause :

- ↳ Des travaux par point chaud ;
- ↳ Une décharge électrique (électricité statique) ;
- ↳ Un échauffement suite à un problème mécanique.

Le flux d'air, par exemple l'injection d'air pour le refroidisseur ou l'aspiration d'air pour le nettoyeur, peut intensifier un début de combustion.

II.2.2.1.4 INCENDIE DANS LE FILTRE DU SYSTÈME DE DÉPOUS-SIÉRAGE

Les filtres peuvent être le siège d'incendies.

Les causes sont principalement :

- ↳ Des travaux par point chaud ;
- ↳ La transmission de particules chaudes du reste de la manutention ;
- ↳ Une décharge électrique (électricité statique).



NOTA RISQUE

Les filtres peuvent être le siège d'une explosion due à la présence de fines poussières. L'ouverture brusque d'un filtre peut provoquer leur mise en suspension entraînant une explosion.

Il peut également être la conséquence de la transmission de particules issues du produit qui s'enflamment lors de leur passage dans le générateur d'air chaud. Pour éviter que des particules enflammées viennent au contact du grain, des filtres sont installés. Leur maintien en bon état est nécessaire.

II.2.2.1.5 CAS D'UN INCENDIE DANS LES SÉCHOIRS À GRAINS

L'incendie dans un séchoir est principalement la conséquence d'un sur-séchage du grain. Les causes de celui-ci sont :

- ↳ Constitution d'un bouchon à l'intérieur de la colonne sécheuse ;
- ↳ Mauvais réglage du brûleur (température inadaptée au produit).



NOTA RISQUE

Les séchoirs sont alimentés par des matières combustibles : gaz mais aussi fioul qui peuvent être la source d'un incendie ou d'une explosion. Ces fluides peuvent également être une source d'aggravation de la situation.



NOTA TECHNIQUE

Le transit vertical du grain

Le temps de séjour dans un séchoir n'est pas le même pour tous les grains. Si la durée de séjour moyenne permet d'abaisser la teneur en eau jusqu'à la valeur moyenne recherchée, il arrive accidentellement que des grains soient exposés plus longtemps que d'autres au passage d'air chaud ou au contact avec des tôles chaudes. Ces grains sont surséchés et s'enflamment très facilement.

La distribution spatiale de la température de l'air de séchage

Dans le séchoir, les grains descendent par gravité dans une enveloppe de grande taille. L'air de séchage y est distribué sur une grande surface via un caisson de plusieurs mètres de haut et de large. Sa température est contrôlée par une sonde de mesure unique dans un emplacement judicieusement choisi. Toutefois, la mesure est une représentation locale de la température qui peut différer d'un point à un autre. Le grain localement exposé à de l'air à une température anormalement élevée ou maintenu au contact d'une tôle trop chaude peut s'enflammer ou être rapidement amené à une teneur en eau très faible. Le risque d'inflammation d'un grain trop sec dans le séchoir, exposé à une température excessive, subsiste.



NOTA TECHNIQUE

Les facteurs aggravants

Les principaux facteurs aggravants sont les suivants :

- ↳ Les lots de grains sales ou incomplètement nettoyés accroissent le risque de perturber le transit des grains ;
- ↳ En cas d'humidité très élevée et pour des lots de grains contenant un taux d'impuretés anormal, le risque de blocage de la colonne de grain est accru ;
- ↳ Un temps de séjour important des grains dans la colonne constitue un indice précurseur de l'incendie, car il provoque des altérations visibles des grains en sortie du séchoir ;
- ↳ Les températures d'air de séchage, inadaptées au produit séché augmentent le risque ;
- ↳ Les grains peuvent s'agglomérer entre eux, se tasser et germer en cas :
 - *de durée excessive du pré stockage préalable au séchage ;
 - *de périodes d'arrêt du séchoir de plus de 24 heures sans vidange. Ce risque est particulièrement élevé pour le tournesol (activité biologique intense et dégagement de petites quantités de méthane et d'hydrogène) avec possibilité qu'un incendie se généralise très rapidement.
- ↳ L'absence de nettoyage périodique des parties accessibles du séchoir plein ;
- ↳ L'absence de nettoyage minutieux après avoir séché un produit gras à fort pouvoir calorifique (tournesol, sorgho, colza) ;
- ↳ Le défaut de formation du personnel saisonnier.



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide silo traite de manière plus détaillée le phénomène d'incendie dans les séchoirs dans la partie consacrée aux Risques industriels / Description des risques dans les silos de céréales / Risques d'incendie / Incendie dans les séchoirs.

<http://www.guide-silo.com/95/les-causes-des-incendies-dans-les-sechoirs.html>

II.2.2.1.6 TABLEAU DE SYNTHÈSE

Le tableau suivant présente les principaux équipements pouvant être le siège d'un incendie :

Équipement	Origines des incendies	Conséquences immédiate de l'évènement	Facteurs à retenir
Transporteur à bande	Blocage des rouleaux ; Patinage de la bande ; Travaux par point chaud ; Déport de bande.	Limitées à l'équipement	Effet « four » Effet « tunnel »
Élévateur	Frottement de la sangle sur la carcasse ; Casse mécanique ; Bourrage avec échauffement.	Limitées à l'équipement	Risque d'explosion
Nettoyeur / calibreur / tamiseur/ refroidisseur/ broyeur	Travaux par point chaud ; Décharge électrique (électricité statique) ; Problème mécanique avec échauffement.	Limitées à l'équipement	
Système de dépoussiérage	Travaux par point chaud ; Transmission de particules chaudes du reste de la manutention ; Décharge électrique (électricité statique).	Limitées à l'équipement	Risque d'explosion
Séchoir	Sur-séchage du grain ; Inflammation de particules issues du produit.	Flux thermique sur environ 10 m	Matières combustibles alimentant le séchoir

Même si le risque de propagation de l'incendie dans des équipements ou installations en communication est négligeable, il ne peut être totalement exclu.

II.2.2.2 Auto-échauffement et Auto inflammation

1.2.2.2.1 MANIFESTATION DE L'ACTIVITÉ VITALE

Le grain est un organisme vivant. L'activité vitale du grain stocké se manifeste par la respiration, puis par la germination lorsqu'il y a présence d'oxygène et par la fermentation en absence d'oxygène. Cette activité est conditionnée par l'état du milieu dans lequel se trouve le grain ainsi que par la présence ou non d'agents extérieurs tels que les moisissures et les insectes. Il passe d'une vie très ralentie lorsque la température ou l'humidité (ou les deux ensemble) sont faibles à une activité importante lorsque la température ou l'humidité sont élevées.

La respiration ou oxydation

La respiration ou oxydation a lieu tant qu'il y a présence d'oxygène, c'est l'amidon du grain qui se dégrade :

AMIDON + OXYGÈNE >>> EAU + GAZ CARBONIQUE + CHALEUR
C'est le cas dans les couches superficielles d'un tas de grain, dans les zones proches d'entrée d'air ainsi qu'à l'intérieur du tas jusqu'à ce que le gaz carbonique produit ait remplacé l'oxygène de l'air.

Pour tous les grains, la production de chaleur double pour une augmentation de leur température de 5°C ou pour une augmentation de 2 points d'humidité.

La fermentation anaérobie

La fermentation anaérobie est une réaction chimique qui se produit en absence d'oxygène et en particulier dans les zones du tas de grain où l'oxygène a déjà été absorbé. Il s'agit généralement d'une fermentation alcoolique au cours de laquelle l'amidon se dégrade seul :

AMIDON >>> GAZ CARBONIQUE + ALCOOL + CHALEUR
La fermentation produit moins de chaleur que la respiration; elle peut être accompagnée par un développement de moisissures.

La germination

La germination constitue l'aboutissement naturel de l'activité vitale du grain et peut se produire lorsque le grain est maintenu à une humidité et une température suffisante. Elle constitue une altération grave, car cela entraîne de profondes modifications dans le grain (dégradation de l'amidon, perte de matière sèche, coagulation des protéines, etc.) qui sont irréversibles.

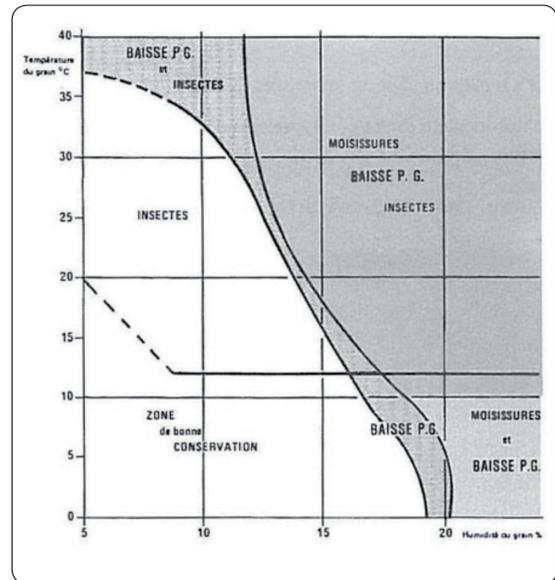


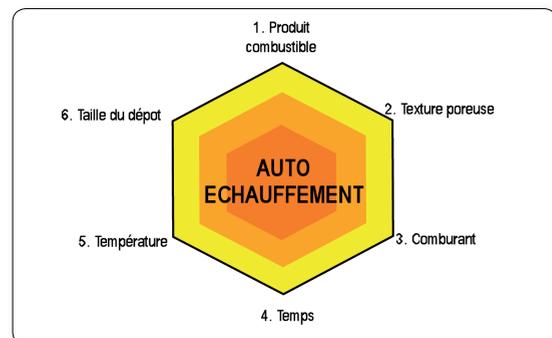
Diagramme de conservation des céréales
(d'après BURGES et BURREL 1964)

II.2.2.2.2 AUTO-ÉCHAUFFEMENT

La respiration du grain (phénomène naturel) est donc accompagnée d'un dégagement de chaleur qui lui-même réchauffe le grain. Ce phénomène a tendance à accélérer la respiration et à créer ainsi une réaction en chaîne de plus en plus rapide si cette chaleur n'est pas convenablement évacuée. L'intensité de cette réaction respiratoire est d'autant plus importante que la température et l'humidité sont élevées.

Toutefois, cet auto-échauffement a des limites puisque l'oxygène devient très rapidement un facteur limitant. En l'absence d'oxygène, la respiration est remplacée par la fermentation qui se caractérise par un plus faible dégagement de chaleur.

Il y a donc auto-échauffement lorsque la vitesse de production de la chaleur est supérieure à celle de sa dissipation.

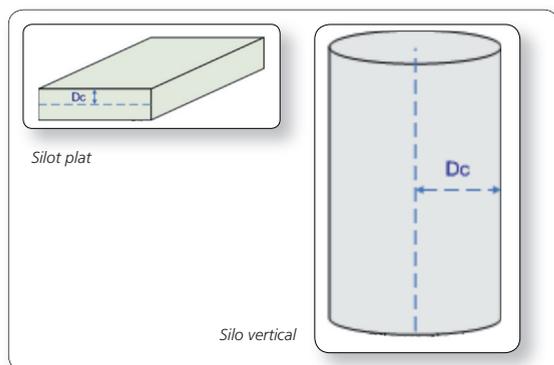


NOTA TECHNIQUE

Pour limiter ces effets qui peuvent engendrer d'importantes répercussions, le grain est maintenu à l'état de « vie ralentie » en maîtrisant la température et l'humidité par ventilation du grain ou par transilage (circulation du grain).

Concernant le taux d'humidité des produits, il convient de noter de manière très générale que c'est le paramètre déclencheur de la fermentation qui conduit à une montée de température qui généralement plafonne à 60-70°C¹.

Une étude INERIS a permis de déterminer des dimensions critiques (Dc) au delà desquelles un auto-échauffement est susceptible de s'initier pour des durées de stockage supérieures à 5 jours.

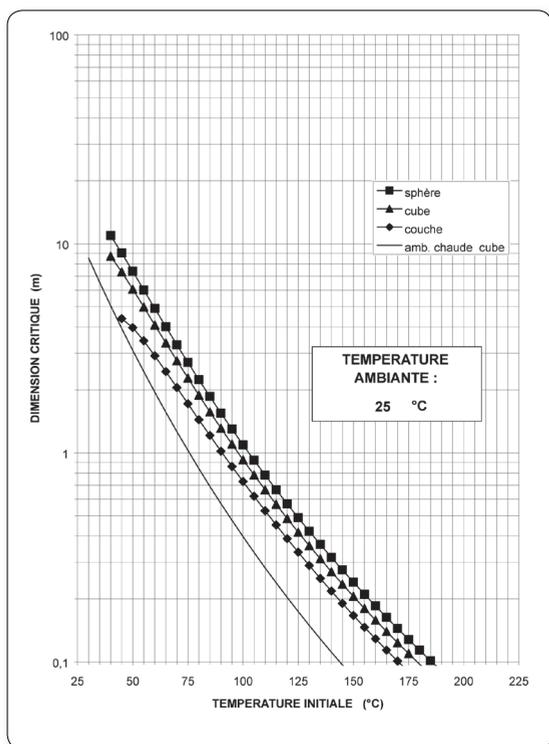


Définition de la dimension critique en fonction de la forme de stockage.

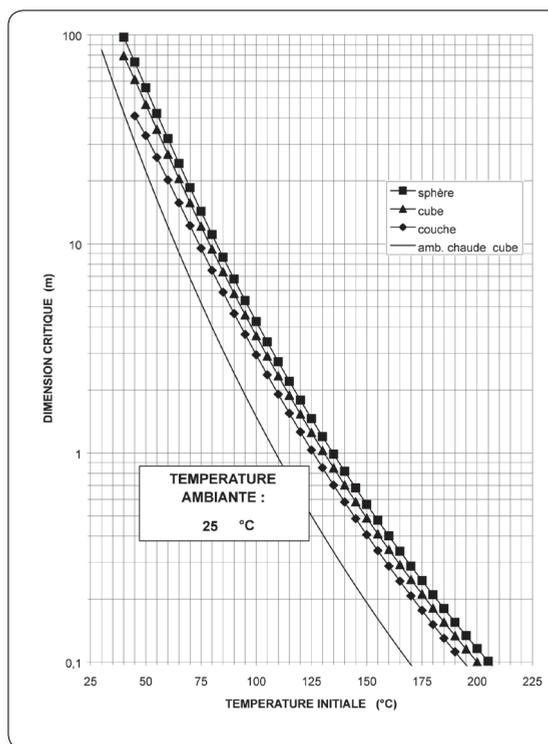
Produit	Dimension critique Dc en fonction de la température du grain	
	A 30°C	A 70°C
Céréales (blé, orge, maïs...) et protéagineux (pois...)	100 m	20 m
Oléagineux (tournesol, colza...)	15 m	3 m

Dimensions critiques à l'auto-inflammation.

Les graphiques suivants présentent les dimensions critiques d'un stockage pour des graines de tournesol et de blé (Source INERIS, « Essais de fermentation de grains de blé et de tournesol bruts. Evaluation pour chacun de ces produits du risque de transition entre le phénomène de fermentation et celui d'auto-échauffement »).



Dimension critique en fonction de la température initiale d'un produit stocké chaud
Graine de blé brut



Dimension critique en fonction de la température initiale d'un produit stocké chaud
Graine de tournesol brut



NOTA RISQUE

A titre indicatif, les phénomènes de fermentation produisant un auto-échauffement peuvent se développer en 3-4 jours et l'auto-inflammation sous 4-5 jours soit un délai de 7 à 9 jours.²

¹ : Source : Guide de l'état de l'art sur les silos Version 3
² : Source : Guide de l'état de l'art sur les silos Version 3.

II.2.2.3 AUTO-INFLAMMATION

L'auto inflammation est un phénomène qui engendre une combustion d'une partie du tas de grain qui libère d'autant plus d'énergie que la température locale est élevée. Si rien n'est fait, cela aboutit à un feu couvant entraînant un dégagement de gaz en ciel de cellule.



NOTA RISQUE

La libération de gaz (notamment le CO) crée un risque d'intoxication et un risque d'explosion à prendre en considération lors des opérations de secours.



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide silo décrit de manière plus précise le phénomène d'auto-échauffement dans la partie consacrée aux Risques industriels/ Description des risques dans les silos de céréales/ Risques d'incendie.

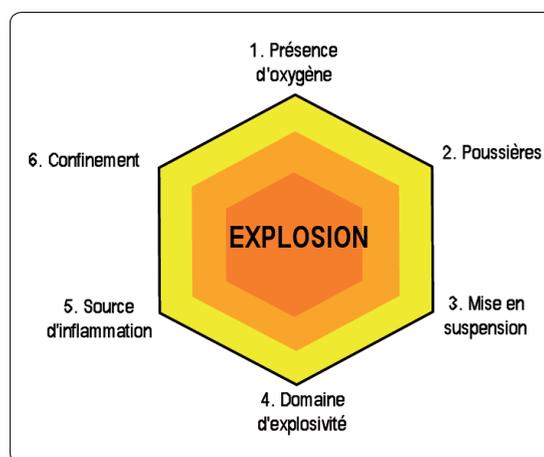
<http://www.guide-silo.com/91/incendie-dans-les-cellules-et-boisseaux-de-stockage.html>

II.2.2.3 Généralités sur l'explosion de poussières

Ce phénomène survient lorsque des poussières en suspension en quantité suffisante sont enflammées par une source d'inflammation d'énergie suffisante. Pour qu'une explosion de poussières (déflagration) se produise, il est indispensable de réunir simultanément les conditions suivantes :

- ↳ Présence d'un produit combustible (poussières agro-alimentaires) ;
- ↳ Présence d'un gaz : l'oxygène de l'air ;
- ↳ Création d'une source d'inflammation d'énergie suffisante ;
- ↳ Formation d'un nuage de poussières combustibles en suspension ;
- ↳ Teneur en combustible comprise entre la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) et la Limite Supérieure d'Explosivité (LSE) ;
- ↳ Mélange suffisamment confiné.

On parle d'hexagone de l'explosion.



Hexagone de l'explosion.

L'explosion peut conduire à l'émission d'une onde de pression aérienne et d'un front de flamme dans l'environnement pouvant entraîner la rupture des enceintes et la projection de fragments.

Paramètre	Définition	Ordre de grandeur	Utilité
Pmax en bar	Pression maximale développée dans un récipient fermé par l'explosion d'une atmosphère explosible de concentration donnée dans des conditions d'essais spécifiées.	Moins de 10 bars	Permet de dimensionner les mesures de protection contre l'explosion (événement).
Kst en bar.m.s-1	Valeur maximale de la montée en pression par unité de temps obtenue dans des conditions d'essais spécifiées lors d'une explosion de poussières.	A titre indicatif, le Kst de poussières agro-alimentaires varie de 50 bar.m.s-1 à un peu plus de 200 bar.m.s-1	Elle caractérise l'explosivité des poussières (violence d'explosion) et permet de dimensionner les mesures de protection contre l'explosion (événement, suppresseur d'explosion).
Température minimale d'inflammation du nuage en °C	Température minimum d'un nuage de poussières explosif à partir de laquelle l'explosion se produit d'elle-même.	Température de l'ordre de quelques centaines de °C	Choix des températures maximales de surface des corps chauffés ou des températures de fonctionnement des procédés.
Energie minimale d'inflammation (EMI) (Joules)	Energie minimale délivrée dans une étincelle électrique capable d'enflammer un nuage de poussières.	EMI de l'ordre de quelques dizaines de MJ	Lutte contre les dangers d'électricité statique.

Éléments à retenir des principaux paramètres d'explosion.

Il est important de noter que la formation d'un mélange hybride gaz-poussières (issus de la fermentation ou d'un auto-échauffement) peut également être envisagée. Dans ce cas, les limites inférieures d'explosibilité sont généralement abaissées et la violence d'explosion augmentée.



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide silo définit de manière plus précise le phénomène d'explosion dans la partie consacrée aux Risques industriels/ Description des risques dans les silos de céréales/ Risques d'explosion.

<http://www.guide-silo.com/107/definition-d-une-explosion.html>

II.2.3 Phénomènes aggravants

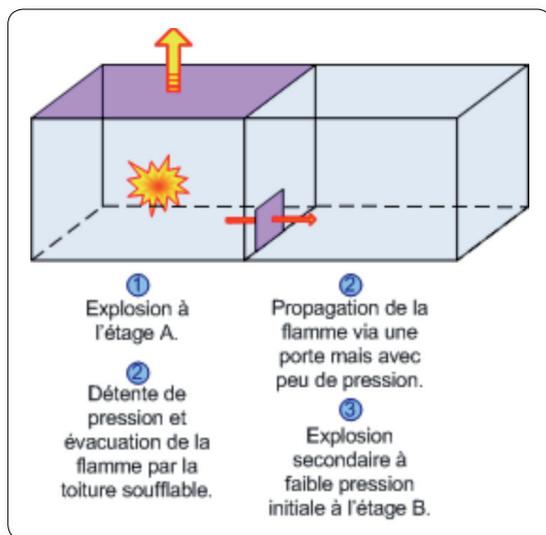
Il existe deux types d'explosion de poussière :

- ↳ l'explosion primaire : c'est l'explosion initiale produite à la suite de l'inflammation d'un nuage de poussières dont la concentration est supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE) et se trouve dans le domaine de l'explosivité ;
- ↳ l'explosion secondaire : c'est l'explosion qui est déclenchée par la propagation du front de flamme dans l'atmosphère explosive créée après la mise en suspension de dépôts de poussières par action de l'onde de pression provenant de l'explosion primaire.

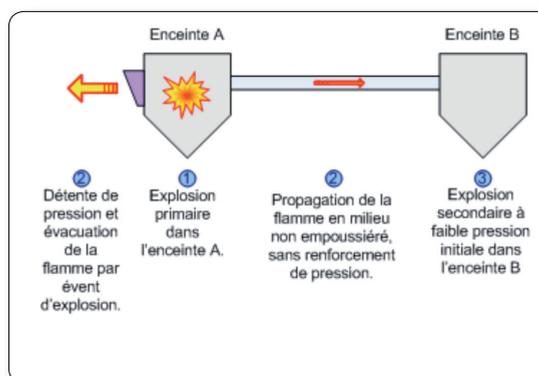
Pour éviter autant que possible ce phénomène d'explosion secondaire, des moyens techniques peuvent être mis en place afin de diriger la décharge vers une zone moins sensible par le biais de surfaces « fragiles » et de systèmes de découplage mais aussi par des moyens organisationnels tels que le nettoyage des locaux.

Plusieurs cas sont ainsi illustrés sur les figures suivantes. La figure ci-dessous à gauche présente l'explosion primaire dans un volume du silo (étage de la tour de manutention).

La figure ci-dessous à droite présente l'explosion primaire dans un équipement (filtre d'aspiration).



Propagation d'explosion d'un étage A, à toiture soufflable, à un étage B.



Propagation d'explosion d'une enceinte A, munie d'un événement, à une enceinte B.

II.2.4 Conséquences des incendies dans les silos

Le retour d'expérience des incendies dans les silos, qu'il porte sur les cellules, sur les bandes transporteuses, ou sur les séchoirs, montre que les effets sont plutôt limités.

II.2.4.1 Risque liés aux flux thermiques

II.2.4.1.1 INCENDIE DANS UNE CELLULE

II.2.4.1.1.1 Feu de surface et feu à cœur

Il convient de distinguer 2 cas :

► Feux de surface

Les feux de surface sont en général la conséquence de la transmission d'une particule incandescente.

► Feux à cœur

Les feux à cœur, conséquence d'un auto-échauffement ou d'une source de chaleur emprisonnée, auront un mode de combustion lente. Les flux thermiques auront un rayonnement faible car le grain est isolant. La difficulté réside dans la localisation du foyer.

Au contraire de l'incendie classique, la combustion des céréales produit, selon l'intensité, les effets suivants :

- ↳ dégagement de fumées ;
- ↳ rayonnement thermique faible ;
- ↳ éventuellement fragilisation et déformation des structures (température de l'incendie généralement inférieure à la température de plasticité du métal) ;
- ↳ éventuels effets dominos sur les installations voisines (initiation d'incendie ou d'explosion).

Il conviendra de rester vigilant à ce que le feu initié au niveau d'une cellule et produisant un flux radiatif intense ne soit pas transmis à d'autres capacités de stockage.

II.2.4.1.1.2 Effet sur les structures :

Toute augmentation de température induit une diminution de la résistance mécanique des structures. Ceci sera d'autant plus vrai lorsque la structure est métallique (par exemple : séchoir, hangar métallique, cellule métallique...).

Nous envisageons ici 2 cas particuliers de sinistre : l'incendie externe à une cellule de stockage et l'incendie interne à celle-ci.

► Incendie externe à une cellule de stockage

Le développement d'un incendie à l'extérieur de la cellule de stockage peut être extrêmement dangereux pour le comportement de la structure. En effet, l'échauffement de la paroi du silo est d'autant plus important que la chaleur ne peut être évacuée par

l'intérieur de la capacité de stockage à cause de l'effet isolant du grain.

Il est donc possible que la cellule ne soit plus à même de résister aux sollicitations exercées par le grain, et une ouverture de la cellule pourrait être envisagée.

► Incendie interne à une cellule de stockage

Le mode de combustion et de propagation de l'incendie dans une cellule de stockage est très différent de celui d'un incendie conventionnel. Le développement de l'incendie est lent de par l'effet isolant du grain.

Pour ce qui est de la tenue des structures, il est à noter que le risque d'effondrement est plus limité que dans le cas précédent.

En effet, outre l'intensité a priori plus faible que dans le cas précédent, il est possible de noter que les structures résistent mieux à ces phénomènes internes :

- ↳ dans le cas des cellules métalliques, les parois peuvent évacuer une partie de la chaleur. Cette propriété permet de limiter la montée en température au sein de la cellule. Ainsi lesdites parois n'atteindront pas rapidement leur température critique.
- ↳ Pour les cellules en béton armé, la paroi de béton ne permet pas d'évacuer rapidement la chaleur mais elle joue le rôle d'isolant vis-à-vis des armatures métalliques qui assurent la tenue de la structure. Ainsi les armatures sont maintenues en dessous de leur température critique pendant une durée assez longue.

Naturellement les aspects qui viennent d'être évoqués sont d'ordre qualitatif et sont à relativiser en fonction de l'intensité du sinistre et de son évolution.

II.2.4.1.2 INCENDIE SUR LE MATÉRIEL DE MANUTENTION

Généralement, les principales conséquences découlant d'un incendie sur le matériel de manutention sont :

- ↳ propagation de l'incendie aux enceintes de stockage en communication ;
- ↳ atteinte aux structures sous l'effet de la chaleur (fragilisation et effondrement de certaines structures métalliques) ;
- ↳ effet domino : initiation d'une explosion et d'un incendie.

Les flux thermiques en jeu sont limités y compris pour les incendies de bandes car ils dépendent de la quantité de matière combustible. Par contre le dégagement de fumées peut rendre l'intervention plus délicate.

II.2.4.1.3 EFFETS THERMIQUES

Il n'existe pas d'outil de modélisation adapté pour simuler de tels incendies d'auto-échauffement. Le retour d'expérience (Incendie d'un silo de granulés de luzerne à Saint Ouen l'Aumône, février 1998) sur des feux dans des installations de stockage de produits agroalimentaires montre que les conséquences en termes de flux thermiques restent a priori limitées.

II.2.4.2 Explosion

Une explosion pourra avoir 2 types de conséquences :

- Une conséquence directe liée aux effets de pression engendrée par l'explosion ;
- Une conséquence indirecte liée à la fragilisation des structures.

II.2.4.2.1 EFFET DE PRESSION

Surpression	Effets sur les structures	Effets sur l'homme
300 mbar	Dégâts très graves (rupture des structures métalliques)	
200 mbar	Effets dominos (destruction des murs en parpaing).	Effets létaux significatifs (SELS) « zone de dangers très graves pour la vie humaine »
140 mbar	Dégâts graves (effondrement partiel des murs).	Effets létaux (SEL) « zone de dangers graves pour la vie humaine »
50 mbar	Dégâts légers (75% de vitres + cadres).	Effets irréversibles (SEI) « zone de dangers significatifs pour la vie humaine »
20 mbar	Destructions de vitres (10% des vitres).	Effets indirects par bris de vitres sur l'homme

Les indications entre parenthèse sont tirées de l'abaque de Lannoy et n'ont qu'une valeur d'illustration.

II.2.4.2.1.1 Explosion de poussières

La détermination de l'énergie de l'explosion de poussières peut s'effectuer à partir de l'équation de Brode (en Joules) :

$$E = 3 V (P_{EXT} - P_{ATM}) \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} E : \text{énergie d'explosion} \\ V : \text{volume de l'enceinte (en m}^3\text{)} \\ (P_{EXT} - P_{ATM}) : \text{surpression d'explosion (en Pa)} \end{array}$$

Les distances atteintes par les effets de pression seront fonction de nombreux paramètres notamment :

- ↳ La nature des poussières ;
- ↳ L'homogénéité du mélange explosif ;
- ↳ Le degré de confinement de la structure ;
- ↳ Le type de structure (volume, présence et hauteur des surfaces soufflables ou évent...).

Différentes normes de calculs sont disponibles afin de déterminer les distances d'effets suite à une explosion. On peut citer, la norme VDI 3673, la norme NFPA 68 et la norme EN 14491.

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression figurent au tableau suivant³. Les distances sont présentées dans les études des dangers pour les sites soumis à autorisation.

Dans une approche dimensionnante, la surpression d'explosion ($P_{EXT} - P_{ATM}$) est déterminée par le Guide de l'état de l'art sur les silos selon la méthode explicitée au tableau suivant.

	Explosion primaire		Explosion secondaire
	Volume correctement éventé et découplé	Volume non éventé : éclatement	
$P_{EXT} - P_{ATM} =$	PRED, MAX	2 x PRUPT	5 bar
Explications	Equation de Brode I. Pred max : Pression d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent	Equation de Brode E. Prupt : Pression statique de rupture* de l'enceinte	Equation de Brode II. Valeur de 5 bar prise sur la base du retour d'expérience

Choix des paramètres du calcul de Brode selon le type d'explosion

* La pression de rupture est déterminée selon les données fournies par le constructeur. Des données sont également disponibles par type de structure dans le Guide de l'état de l'art sur les silos.

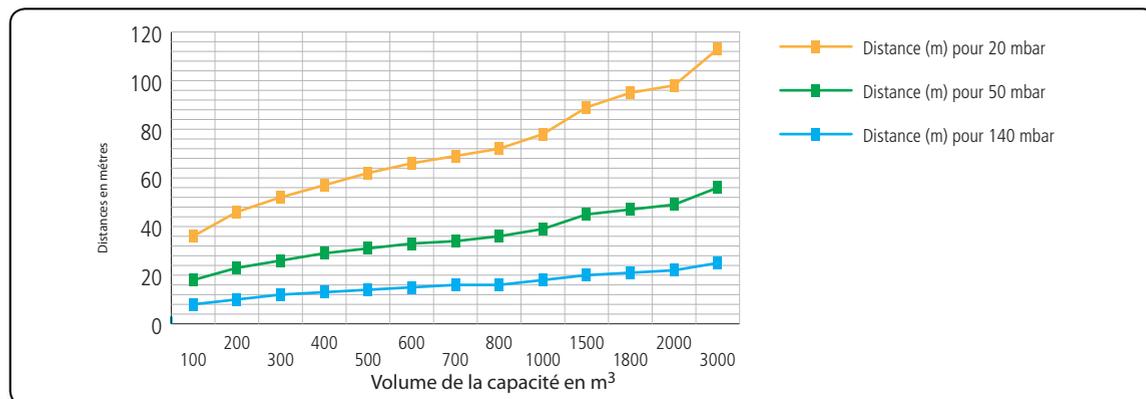
³ : Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue en appliquant la méthode multi-énergie indice 10. Cette formule, respectant la physique du phénomène, donne les surpressions d'une onde de choc résultant d'un éclatement⁴. Le tableau suivant donne les formules associées aux effets de surpression.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression	Distance des effets de surpression suivant la méthode multi-énergie indice 10.
300 mbar	$0,028 \times E^{1/3}$
200 mbar	$0,032 \times E^{1/3}$
140 mbar	$0,05 \times E^{1/3}$
50 mbar	$0,11 \times E^{1/3}$
20 mbar	$2 \times 0,11 \times E^{1/3}$

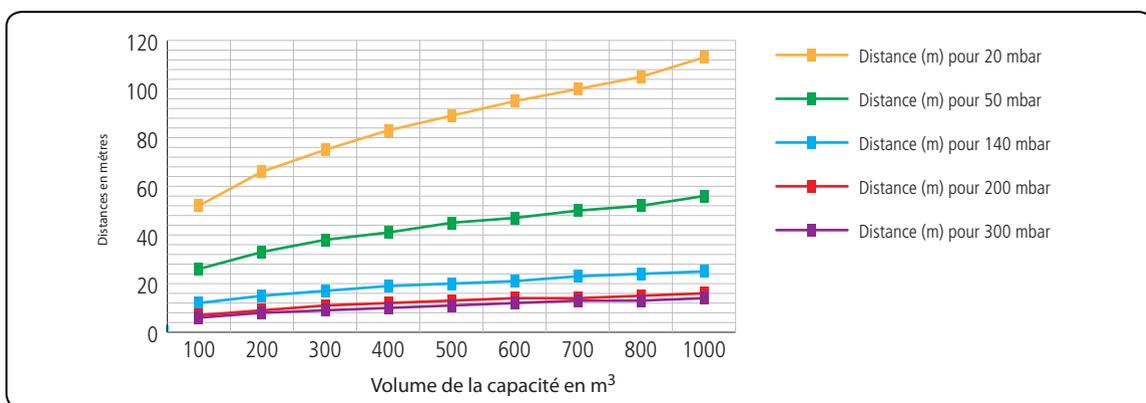
4 : Seul l'indice 10 semble adapté puisqu'on a à faire à un phénomène d'éclatement et de propagation d'onde de choc. Les indices inférieurs correspondent à des explosions de gaz à l'air libre en milieu encombré.

Distance des effets de surpression suivant la méthode multi-énergie indice 10.



Distance de surpressions en cas d'explosion 1^{re} de poussières dans un volume découplé et éventé (BRODE avec une P_{RED} de 0,15 bar)

Volume (m ³)	100	200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	1800	2000	3000
Distance (m) pour 140 mbar	8	10	12	13	14	15	16	16	18	20	21	22	25
Distance (m) pour 50 mbar	18	23	26	29	31	33	34	36	39	45	47	49	56
Distance (m) pour 20 mbar	36	46	52	57	62	66	69	72	78	89	95	98	113



Distances de surpressions en cas d'explosion de poussières dans un volume découplé et éventé (BRODE avec une P_{RED} de 0,45 bar)

Volume (m ³)	100	200	300	400	500	600	700	800	1000
Distance (m) pour 300 mbar	6	8	9	10	11	12	13	13	14
Distance (m) pour 200 mbar	7	9	11	12	13	14	14	15	16
Distance (m) pour 140 mbar	12	15	17	19	20	21	23	24	25
Distance (m) pour 50 mbar	26	33	38	41	45	47	50	52	56
Distance (m) pour 20 mbar	52	66	75	83	89	95	100	105	113



NOTA RISQUE

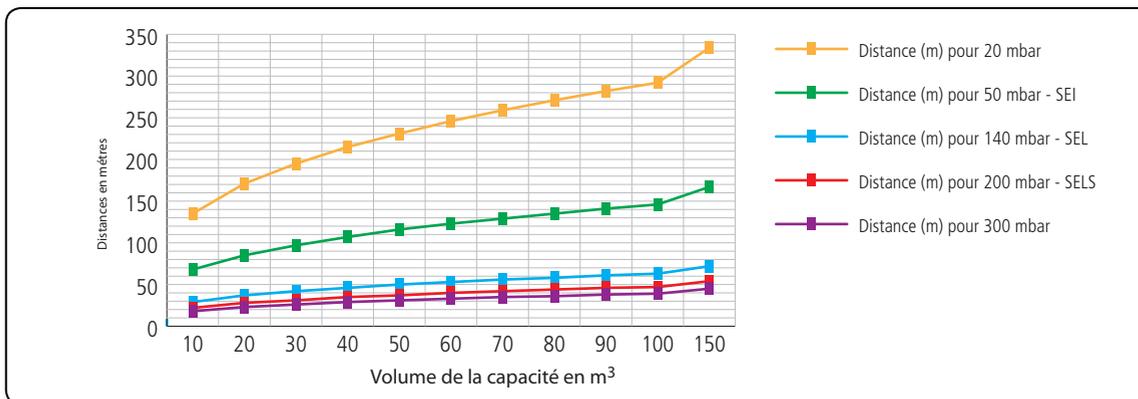
Notons que pour les installations soumises à autorisation, la réglementation prévoit un isolement de 1,5 x la hauteur des capacités de stockage ou de la tour de manutention et de 50 m minimum pour les silos verticaux (25 m minimum pour les silos plats), entre ces dernières et les tiers.

II.2.4.2.1.2 Explosion de cuve GPL

Les explosions (BLEVE) de cuves GPL permettant parfois l'alimentation des séchoirs pourraient en plus des effets de surpressions avoir des effets thermiques importants.

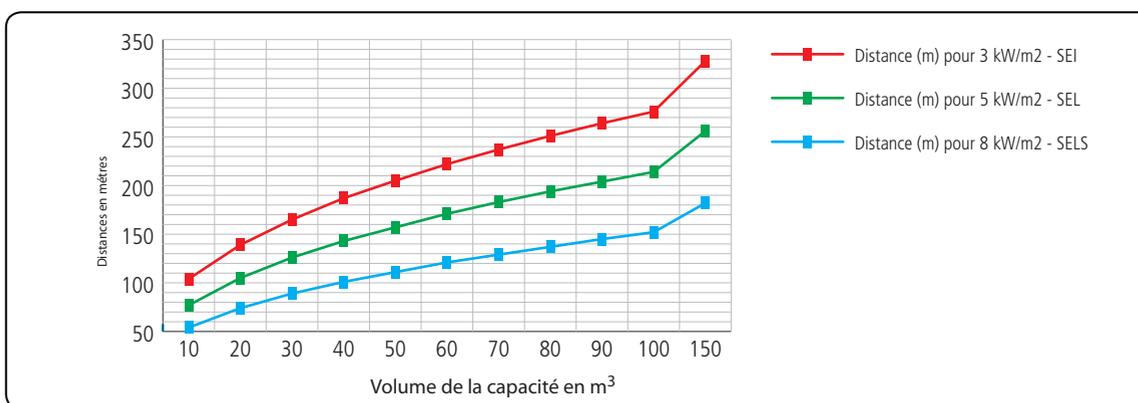
Les graphiques et les tableaux de résultats ci-dessous présentent les distances atteintes par ces 2 types d'effets en référence à la circulaire du 28 décembre 2006

(http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.2769).



Distances de surpressions en cas de BLEVE d'une cuve de propane
(Méthode des énergies)

Volume (en m³)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
Distance (m) pour 300 mbar	18	23	26	29	31	33	35	36	38	39	45
Distance (m) pour 200 mbar	22	28	31	35	37	40	42	44	46	47	54
Distance (m) pour 140 mbar	29	37	42	46	50	53	56	58	61	63	72
Distance (m) pour 50 mbar	68	85	97	107	116	123	129	135	141	146	167
Distance (m) pour 20 mbar	135	171	195	215	231	246	259	271	282	292	334



Distances atteintes par les flux thermiques
(Méthode des énergies)

Volume (en m³)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
Distance (m) pour 8 kW/m²	54	74	89	101	111	121	129	137	145	152	182
Distance (m) pour 5 kW/m²	77	105	126	143	157	171	183	194	204	214	256
Distance (m) pour 3 kW/m²	104	139	165	187	205	222	237	251	264	276	328

II.2.4.2.2 RISQUES D'ENSEVELISSEMENT SUITE À UNE RUPTURE

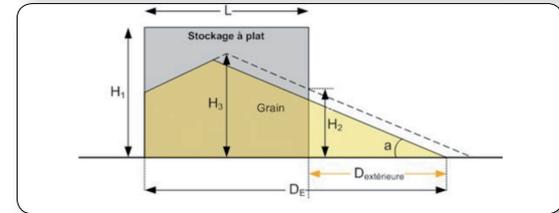
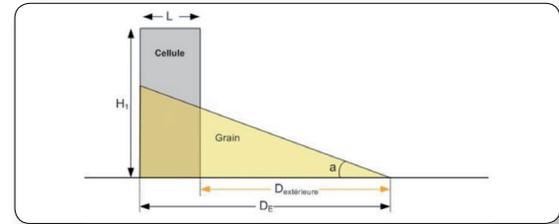
DES CAPACITÉS DE STOCKAGE

La rupture de paroi d'une capacité de stockage est plausible en cas de fragilisation de la structure.

Les distances atteintes par le grain seront fonction de 2 paramètres :

↳ L'angle de talutage naturel du grain ;

↳ La géométrie de la capacité de stockage



NOTA TECHNIQUE

Le tableau suivant donne les différentes valeurs d'angle de talutage retenues dans la littérature :

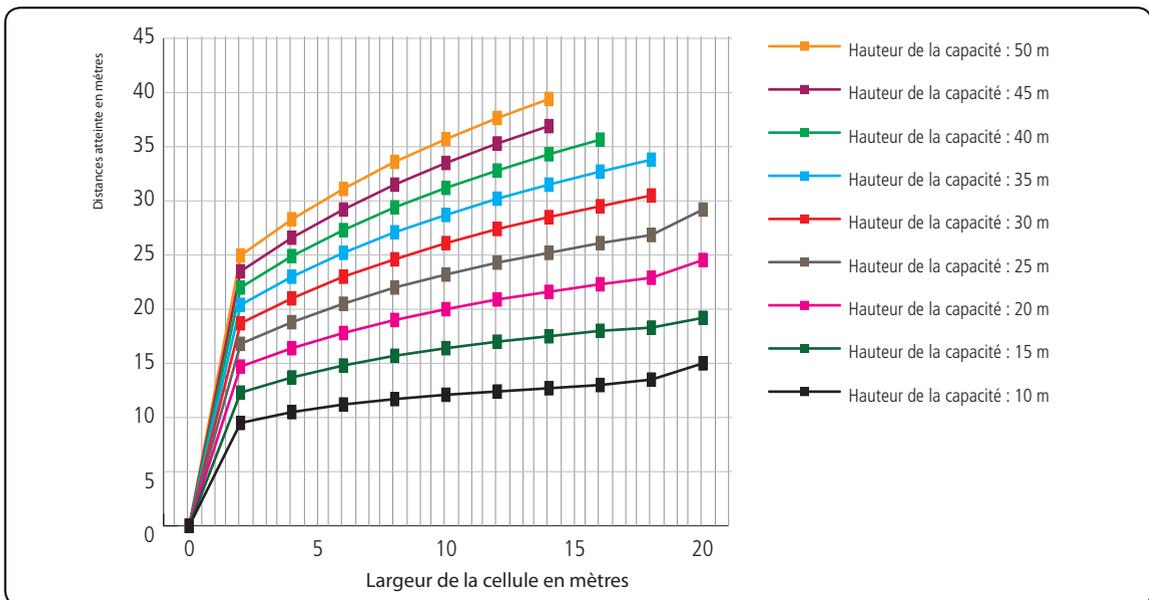
Produit	Angle de talutage
Blé	20° - 26°
Maïs	21° - 24°
Orge	27°
Farine	20°
Sucre	30° - 33°

(Sources : INTBTP, 1975 ; Lumbroso, 1970 ; Reimbert, 1959)



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide de l'état de l'art sur les silos version 3 du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire dans son chapitre 2.1.3 Estimation des effets à la page 33 détermine une approche afin de définir les distances atteintes par le grain.



Distances atteintes par le grain en cas d'éventration d'une cellule
(pour un angle de talutage de 21°)

III - Activité de stockage d'engrais

III.1 PRESENTATION GENERALE DE L'ACTIVITE DE STOCKAGE D'ENGRAIS

III.1.1 Produits stockés

Les engrais sont constitués de 3 éléments majeurs, l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K).

Il existe 2 grandes catégories d'engrais :

- ↳ Les engrais simples (ils ne contiennent qu'un seul des trois éléments (NPK)) ;
- ↳ Les engrais composés (ils contiennent au moins deux des trois éléments (NPK)).



POUR ALLER PLUS LOIN

Le référentiel professionnel engrais dans sa partie I au chapitre 1.3 fait une présentation exhaustive des différents types d'engrais qui peuvent être rencontrés.

Les tableaux ci-dessous présentent l'ensemble des engrais que l'on retrouve dans la filière agricole qu'ils soient sous la forme solide, liquide ou encore sous forme de gâché.

III.1.1.1 Les engrais solides

Les engrais solides peuvent être stockés en vrac ou en conditionné dans des sacs ou big-bags.

ENGRAIS SOLIDES SIMPLES ET COMPOSES A BASE DE NITRATE D'AMMONIUM		
NOMENCLATURE ICPE	TYPE D'ENGRAIS	EXEMPLES
1331 Type I	Engrais composés susceptibles de subir une Décomposition Auto-Entretienue (DAE)	NPK 13/6/22 DAE à base de nitrate d'ammonium et de chlorure de potassium (attention la même formule peut être non DAE)
1331 Type II	Engrais simples et composés conformes au test de non détonabilité	Ammonitrate 33,5 % Ammonitrate calcaire (CAN) 27 % NP 30/10/00 Ammonitrates soufrés Sulfonitrate avec azote du au nitrate d'ammonium supérieur à 15,75 %
1331 Type III	Engrais simples et composés n'appartenant pas aux catégories I et II de la rubrique 1331	Ammonitrates soufrés avec azote du au nitrate d'ammonium inférieur à 24,5 % NPK 20/10/10 non DAE
ENGRAIS SOLIDES COMPOSES A BASE DE NITRATE DE POTASSIUM		
1230	Engrais composés à base de nitrate de potassium	
AUTRES ENGRAIS SOLIDES SIMPLES AZOTES		
Non Classé	Engrais ammoniacaux	Sulfate d'ammoniaque
	Engrais Uréique	Urée
	Engrais nitriques	Nitrate de soude du Chili, Nitrate de chaux Nitrate de chaux et de magnésie
ENGRAIS SIMPLES PHOSPHATES		
Non Classé	Les supers phosphates	SSP (Single Super Phosphate) TSP (Triple Super Phosphate)
	Autres engrais simples phosphatés	Phosphate aluminocalcique Phosphate naturel, Scories Thomas
ENGRAIS SIMPLES POTASSIQUES		
Non Classé	Engrais simples potassiques	Sulfate de potassium
ENGRAIS ORGANIQUES		
2171	Fumiers, engrais et support de culture	Fumiers
AUTRES ENGRAIS SOLIDES		
Non Classé	Soufre, Chaux vive	



NOTA RISQUE

Les engrais peuvent se dégrader au cours du temps (contamination par des matières combustibles, dégradation de la granulométrie...). Ces engrais altérés, parfois présents sur le site en petite quantité, sont inertés (carbonate de calcium, dolomie, gypse...) par l'exploitant.

III.1.1.2 Les engrais liquides

ENGRAIS LIQUIDES		
NOMENCLATURE ICPE	TYPE D'ENGRAIS	EXEMPLES
2175	Engrais ammoniac-nitrique	Solution azotée 390 (39% de N)



Cuve d'engrais liquide

III.1.1.3 Les engrais sous forme de gaz liquéfié

ENGRAIS SOUS FORME GAZ LIQUEFIE		
NOMENCLATURE ICPE	TYPE D'ENGRAIS	EXEMPLES
1136	Engrais ammoniacaux	Ammoniac agricole ou Ammoniac anhydre



POUR ALLER PLUS LOIN

Le guide professionnel « Ammoniac à usage agricole » fait une présentation du produit et de sa filière.

http://www.ifertil.fr/iso_album/guide_pro_2007_livret.pdf

III.1.2 Activité

L'activité consiste à réceptionner, stocker et distribuer l'engrais sous forme vrac ou conditionnée. Parfois les organismes stockeurs assurent des prestations de mélange et de conditionnement d'engrais solides.

III.1.2.1 Les engrais solides

Les engrais conditionnés peuvent être stockés dans des bâtiments, et plus généralement sous un auvent ou sur une aire extérieure.



Stockage de big bag d'engrais conditionnés

Différents matériaux peuvent être employés dans la construction des bâtiments de stockage vrac.

Classiquement l'on retrouve :

Structures	Matériaux rencontrés
Murs	Béton, parpaing plein ou creux, brique ou bois
Parois de cases	Béton, parpaing plein et creux, armature métallique ou bois
Partie haute de charpente	Béton, bois, lamellé collé ou métallique
Partie basse de charpente	Béton, bois, lamellé collé ou métallique
Couverture	Fibrociment, bac métallique, bac plastique, voile béton, tuile ou ardoise



Stockage d'engrais vrac (vue extérieure)



Stockage d'engrais vrac (vue intérieure)

III.1.2.2 Les engrais liquides

Les installations utilisées pour stocker l'engrais liquide sont des cuves métalliques, en fibres de verre ou en stockage souple sur rétention. Ces engrais liquides comportent une proportion d'eau qui peut varier entre 20 et 24 % pour des teneurs en azote respectivement de 32 et 30 %. Le principal risque concernant ce type de dépôt est la pollution des eaux et du sol.

III.1.2.3 Les engrais sous forme de gaz liquéfié

L'ammoniac agricole est stocké dans des cuves sous pression. Ce produit est : Toxique en cas d'inhalation ; Corrosif ; Explosif.

Ne pas projeter d'eau sur de l'ammoniac liquide.



POUR ALLER PLUS LOIN

Le lien suivant présente la fiche de données de sécurité du produit.

http://www.ifertil.fr/iso_album/fds_aa_avril_1.pdf



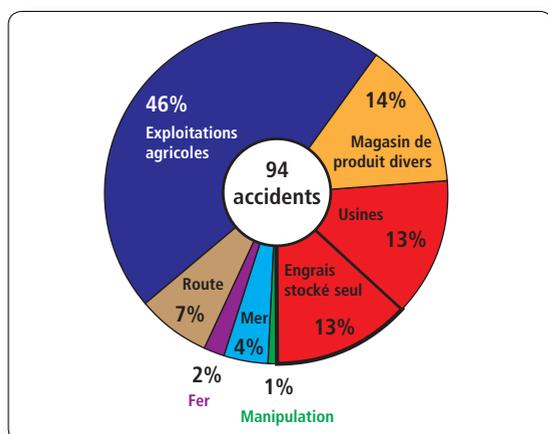
Cuve Ammoniac agricole

III.2 PHENOMENOLOGIES LIEES AUX ACTIVITES DE STOCKAGE D'ENGRAIS

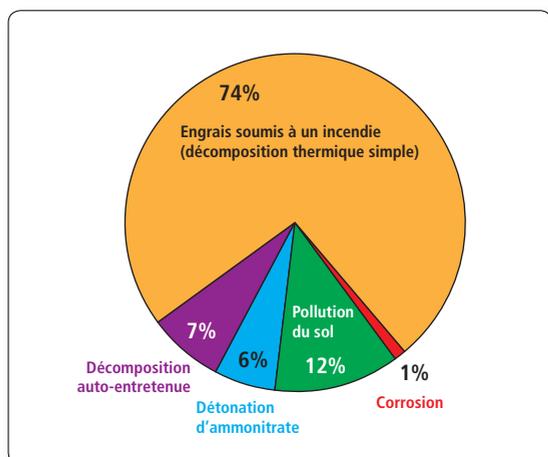
III.2.1 Synthèse de l'accidentologie

La répartition des événements entre 1921 et 2004 est schématisée aux figures suivantes (Source : Données du BARPI).

L'étude de l'accidentologie nous permet de constater une très faible apparition de phénomènes accidentels liés à l'engrais au niveau de l'activité des organismes stockeurs. Les statistiques suivantes s'attachent à présenter les accidents survenus dans l'ensemble des filières qui exploitent ce type de produit.



Type d'activité où a lieu l'incident.



Type d'accident.

Il en ressort que les phénomènes générés par les installations de stockage d'engrais sont :

- * La décomposition thermique simple pour les engrais 1331 III et tous les autres engrais solides non classés,
- * La décomposition auto-entretenue (l'engrais se décompose alors qu'il n'y a plus de source d'ignition extérieure) pour les engrais DAE 1331 I (positif au test en auge⁵),
- * La détonation, pour les engrais haut dosage 1331 II.

⚠️ NOTA RISQUE

Conditions de détonabilité des ammonitrates

La détonation des engrais à base de nitrate d'ammonium à haut dosage en azote peut avoir lieu dans les 2 cas suivants :

- L'engrais subit une augmentation de sensibilité (par contamination, par dégradation par exemple) et une agression violente (choc physique, arc électrique de forte puissance par exemple);
- L'engrais subit l'effet « four » (chauffage intense et confinement de l'engrais).

LISTE DES CONTAMINANTS

- Des produits d'origine organiques combustibles (paille, foin, céréales, aliments pour bétail ...)
 - Des solides ou liquides inflammables (essence, fioul...)
 - Des liquides corrosifs (détergents, hypochlorite de sodium...)
 - Des produits phytopharmaceutiques
 - Des gaz liquéfiés sous pression (bouteille de butane...)
 - La chaux vive
- Cette liste n'est pas exhaustive.

III.2.2 Phénomènes dangereux

La décomposition auto-entretenue (DAE) est une décomposition de l'engrais qui se poursuivra même si la source de chaleur extérieure est supprimée.

La décomposition thermique simple, se produit sous l'effet d'une chaleur importante, l'engrais se décompose en formant des fumées toxiques. Dès lors que la source de chaleur (incendie du bâtiment, feu sur un engin ou un véhicule...) est maîtrisée, la décomposition simple de l'engrais s'arrête.

III.2.3 Conséquences des décompositions d'engrais

Les modélisations réalisées dans les études des dangers donnent un ordre de grandeur des distances atteintes par les fumées toxiques. Ces distances seront variables en fonction des conditions météorologiques, de la structure du bâtiment (type et taille du bâtiment, surface et position des exutoires de fumées...), de l'environnement du stockage (présence d'autres bâtiments). Il est préférable de se reporter à l'étude des dangers pour connaître les distances atteintes par les polluants.

⁵ : Cf. Annexe 10 du référentiel professionnel « Installations classées soumises à autorisation pour le stockage d'engrais relevant de la rubrique 1331.

III.2.3.1 Risques de décomposition thermique simple

Il n'y a actuellement que très peu d'études disponibles sur le sujet.

On peut considérer 100 m comme une distance maximum de dispersion couramment admise pour le Seuil des Effets Irréversibles (SEI).

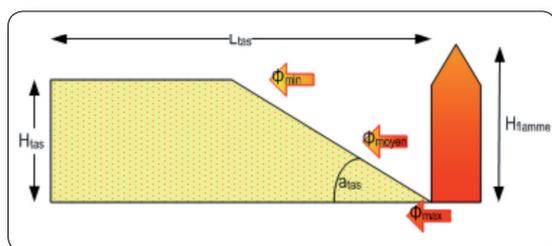


NOTA RISQUE

Les facteurs aggravants de la décomposition sont :

- La puissance de la source de chaleur qui est fonction de la capacité calorifique de l'incendie (exemple : engin, quantité de carburant),
- la surface de tas exposée qui est fonction de la hauteur de tas.

Vue de côté



Vue de dessus

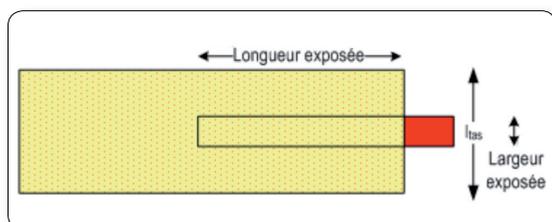


Schéma du scénario

(Φ : Flux émis par la chargeuse en feu).

Le CNPP a réalisé la modélisation d'un feu de chouleur. Les valeurs de flux retenues en cas d'incendie sur le chouleur sont les suivantes⁶ :

30 kW/m² pour le flux reçu sur le tas d'engrais à 5 cm du foyer au niveau du sol

15 kW/m² pour le flux reçu sur le tas d'engrais à 45 cm du foyer à 25 cm de hauteur

10 kW/m² pour le flux reçu sur le tas d'engrais à 90 cm du foyer à 45 cm de hauteur

III.2.3.2 Risques de décomposition auto-entretenue (DAE)

On peut considérer 200 m comme une distance de dispersion couramment admise pour le Seuil des Effets Irréversibles (SEI).

6 : Rapport d'étude n° PE 09 7911-4 du CNPP

7 : Source : Eléments pour la réalisation d'une étude des dangers d'un stockage d'engrais à base de nitrates

8 : European Fertilizer Manufacturers Association

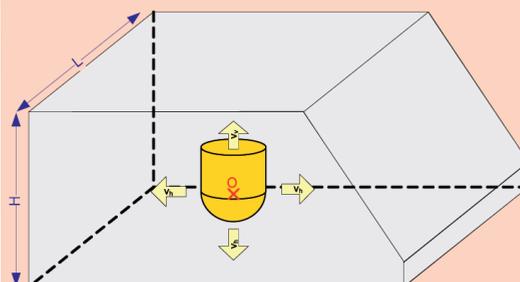
9 : Annexe 8 du référentiel professionnel « Installations classées soumises à autorisation pour le stockage d'engrais relevant de la rubrique 1331



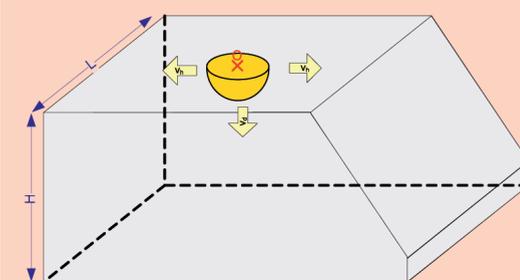
NOTA RISQUE

Un feu à cœur de tas sera plus pénalisant qu'un feu de surface. De plus, une vitesse de décomposition de l'engrais importante (de 30 à 150 cm/h) conjuguée à un « effet masse » du tas d'engrais auront un effet majorant.

Les schémas suivants présentent le développement d'une décomposition auto-entretenue :



Modèle de décomposition auto-entretenue en cœur de tas



Modèle de décomposition auto-entretenue en surface de tas

Les produits polluants principaux sont⁷ :

Composant	EFMA ⁸	CERCHAR (INERIS)
H ₂ O	45 – 65 %	69,3 / 63,8 %
N ₂	19 – 26 %	11 / 14,6 %
N ₂ O	7 – 20 %	4,7 %
Cl ₂	0 – 2 %	0,7 %
HCl	0,5 – 10 %	1,2 %
NH ₄ Cl	0 – 7 %	8,7 %
NO / NO ₂	0 – 9 %	0,3 %
CO / CO ₂	-	2,3 %

Concernant les risques de décomposition auto-entretenue, le groupe de travail ministériel engrais a publié dans le cadre de ces travaux, un avis relatif à la modélisation du scénario de décomposition des engrais composés à base de nitrate d'ammonium susceptibles de subir une décomposition auto-entretenue⁹.

III.2.4 Conséquences d'une détonation d'engrais

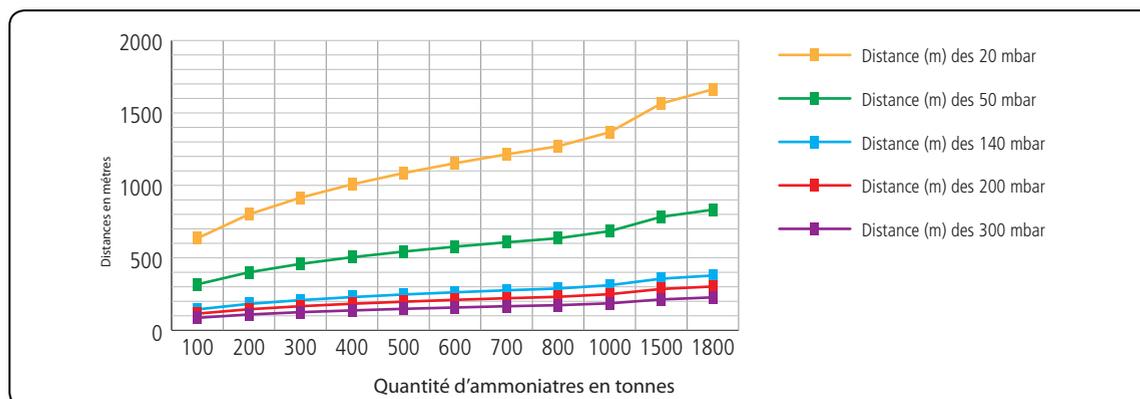
La détonation est un phénomène peu probable.

La circulaire ministérielle du 21 janvier 2002 préconise l'utilisation de la méthode dite de « l'équivalent TNT » (http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.3193).

L'application de la formule permet de calculer les distances d'effets pour différentes surpressions.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression	Distance des effets de surpression suivant la méthode de « l'équivalent TNT »
300 mbar	$6 \times (Eq \times p \times m)^{1/3}$
200 mbar	$8 \times (Eq \times p \times m)^{1/3}$
140 mbar	$10 \times (Eq \times p \times m)^{1/3}$
50 mbar	$22 \times (Eq \times p \times m)^{1/3}$
20 mbar	$44 \times (Eq \times p \times m)^{1/3}$

Avec : Eq : Coefficient d'équivalence TNT / 0,3
p : proportion de masse m susceptible de détoner / 10 %
m : masse d'engrais à considérer (en kg)



Distances de surpressions en cas de détonation d'ammonitrates (équivalent TNT)

Quantité (tonnes)	100	200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	1800
Distance (m) des 300 mbar	86	109	125	137	148	157	166	173	186	213	227
Distance (m) des 200 mbar	115	145	166	183	197	210	221	231	249	285	302
Distance (m) des 140 mbar	144	182	208	229	247	262	276	288	311	356	378
Distance (m) des 50 mbar	317	400	458	504	543	577	607	635	684	783	832
Distance (m) des 20 mbar	635	800	915	1007	1085	1153	1214	1270	1367	1565	1663

IV - Activité de stockage de produits phytopharmaceutiques

IV.1 PRESENTATION DE L'ACTIVITE DE STOCKAGE DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

IV.1.1 Produits stockés

Les produits phytopharmaceutiques ou agro-pharmaceutiques sont également appelés produits de santé des végétaux. Ce sont des produits chimiques qui se présentent sous une forme solide, liquide ou d'aérosols.



POUR ALLER PLUS LOIN

L'index phytosanitaire ACTA répertorie l'ensemble des produits phytopharmaceutiques. Un accès internet répertorie également l'ensemble des produits phytopharmaceutiques.

<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>

Les principales familles chimiques de produits phytopharmaceutiques sont :

Insecticides et acaricides	
Carbamates	
Chloronitriles	
Organo-phosphorés	
Organo-chlorés	
Pyréthroïdes de synthèse	
Pyridines carboxamides	

Fongicides	Herbicides
Amides	Acétamides
Anilino-pyrimidines	Acides benzoïques
Benzimidazoles	Acides phtaliques
Carbamates	Acides picoliniques
Chloronitriles	Acides quinoléine carboxyliques
Dicarboximides	Aminophosphanates
Dithiocarbamates	Aryloxy acides
Guanidine	Benzothiadazones
Imidazoles	Bipyridiles
Isoxazoles	Callisténones
Morpholines	Carbamates
Organo-phosphorés	Chloroacétanilides
Phtalimides	Cyclohexane dione DIMES
Pipéridines	Diphényl éthers
Pyrimidines	FOPS
Sylilamides	HBN Hydroxybenzotriles
Triazines	Oxadiazoles
Triazoles	Phénylpyrazoles
	Sulfonilurées
	Toluidines
	Triazolopyrimidines
	Triazinones
	Triazoles
	Triazolinones
	Tricétones
	Urées substituées

La liste des produits énumérés dans ce tableau n'est pas exhaustive. Cette liste peut être amenée à évoluer en fonction des autorisations d'utilisation.

Les produits phytopharmaceutiques stockés, de par les matières actives qu'ils contiennent, peuvent entrer dans les classes de risque toxique (T, Xn ou Xi) et de risque incendie (F+, F ou O).

IV.1.2 Activité

L'activité des organismes stockeurs consiste à réceptionner, stocker et distribuer ces différents produits aux utilisateurs, aucun procédé de fabrication n'est mis en œuvre. Les produits sont manipulés sous leurs emballages. Il n'y a ni activité de mélange ni activité de transvasement.

Ces produits sont stockés dans un espace de stockage dédié, fermé et en général sur des racks. On retrouve en règle générale 3 zones permettant de séparer les produits inflammables, les produits toxiques et les autres produits.



Locaux de produits phytopharmaceutiques

IV.2 PHENOMENOLOGIES LIEES AUX STOCKAGE DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

IV.2.1 Synthèse de l'accidentologie

Les données montrent qu'assez peu d'accidents mettent en cause des produits phytopharmaceutiques dans des entrepôts ou des stockages : la majorité des accidents ont trait à la fabrication ou au conditionnement de produits phytopharmaceutiques.

IV.2.2 Phénomènes dangereux

Les produits phytopharmaceutiques sont une famille particulière des produits chimiques.



NOTA RISQUE

Le feu de produits phytopharmaceutiques est assimilable à un feu de type chimique. Les produits phytopharmaceutiques sont composés d'une large gamme parmi laquelle peuvent se trouver notamment des aérosols.

Les phénomènes dangereux générés par les installations de stockage de produits phytopharmaceutiques sont :

- ▶ Les flux thermiques générés par un incendie,
- ▶ Les flux toxiques générés par les fumées,
- ▶ Les pollutions aquatiques liées aux eaux d'extinction ou à une fuite.

IV.2.3 Conséquences d'un incendie de produits phytopharmaceutiques

Les simulations réalisées dans les études des dangers donnent un ordre de grandeur des distances atteintes par les flux thermiques et les distances atteintes par les fumées toxiques.

Un incendie de produits phytopharmaceutiques pourrait également entraîner des effets dominos sur le reste de l'installation et notamment par des effets thermiques qui pourraient amorcer un incendie sur des installations voisines.

IV.2.3.1 Les flux thermiques générés par un incendie

Les flux thermiques générés par un incendie de produits phytopharmaceutiques seront plus ou moins importants en fonction de l'architecture du dépôt (dimensions du dépôt, présence de murs CF) et du stockage (quantité et type de produit).

On peut considérer 30 à 50 m comme étant un périmètre moyen pour la zone d'effets irréversibles (3 kW.m⁻²) relative aux flux thermiques.

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques figurent au tableau suivant :

Flux thermique	Effets sur les structures	Effets sur l'homme
200 kW.m ⁻²	Ruine du béton en quelques dizaines de minutes.	
20 kW.m ⁻²	Dégâts très graves sur le béton (tenue du béton sur plusieurs heures)	
16 kW.m ⁻²	Dégâts très graves par exposition prolongée (hors béton)	
8 kW.m ⁻²	Dégâts graves et début des effets dominos	Effets létaux significatifs (SELS) « zone de dangers très graves pour la vie humaine »
5 kW.m ⁻²	Destruction de vitres	Effets létaux (SEL) « zone de dangers graves pour la vie humaine » (personnes exposées plus de 2 minutes)
3 kW.m ⁻²	-	Effets irréversibles (SEI) « zone de dangers significatifs pour la vie humaine » (blessures sérieuses pour des personnes exposées plus de 2 minutes).

IV.2.3.2 Les fumées toxiques générés par les fumées d'incendie

En plus des effets thermiques, un incendie s'accompagne généralement d'émissions de fumées, qui peuvent représenter une source potentielle de danger en termes de toxicité et de gêne visuelle.

Les distances atteintes par les fumées toxiques seront fonction de nombreux facteurs parmi lesquels l'on retrouve notamment :

- ↳ Les surfaces et hauteurs des exutoires ;
- ↳ La vitesse et la direction du vent ;
- ↳ La météorologie du jour ;
- ↳ Les quantités et les types de produits stockés ;
- ↳ La taille et éventuellement le compartimentage des cellules.

IV.2.3.3 Pollution aquatique

En cas d'incendie, les eaux d'extinction pourront s'écouler sur le site et entraîner une pollution du sol et de l'eau.

V - Gestion des situations d'urgence

V.1 RÔLE ET ORGANISATION DE L'EXPLOITANT

Le tome 2 précise les modalités pratiques d'organisation de la gestion opérationnelle et de commandement sur ce type d'installation, et détermine notamment les informations à transmettre par l'exploitant aux services de secours lors de l'alerte ou en cours

d'intervention. L'exploitant fournira aux services d'incendie et de secours les plans et renseignements techniques nécessaires pour la réalisation des dossiers d'établissements répertoriés.

V.1.1 Dispositions réglementaires

Les principales dispositions réglementaires relatives à la sécurité incendie et applicables aux organismes stockeurs sont :

Rubriques	Classements	Arrêtés	Références
2160	Autorisation	29 mars 2004 modifié	Art. 4, Art. 8, Art. 11, Art. 14
	Déclaration	28 décembre 2007	Annexe 1 point 2.5, 4.3, 4.5, 4.7
1331	Autorisation	13 avril 2010	Art. 5.1, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 9, 10.6, 11.2,
	Déclaration	6 juillet 2006 modifié	Annexe 1 point 2.5, 2.10, 2.11, 4.3.2, 4.5, 4.6, 4.7
1172/1173	Déclaration	23 décembre 1998 modifié	Annexe 1 point 2.5, 2.9, 4.2, 4.5, 4.6

V.1.2 Moyens matériels et besoins en eau

Les tableaux qui suivent présentent les moyens en eaux relatifs aux différentes activités. Il est à noter que l'activité de stockage de produits phytopharmaceutiques peut être affectée à un nombre relativement important de rubriques de classement. (Rubriques citées non exhaustives)

Le Document Technique D9 (Dimensionnement des besoins en eau pour la défense extérieure contre l'incendie) classe en risque spécifique les stockages en silos, les stockages d'engrais et les stockages de produits phytopharmaceutiques. Conformément à ce document, le débit à retenir est de 60 m³/h.



NOTA TECHNIQUE

Il est important de rappeler qu'au-delà du volume d'eau, la capacité en eau :

- doit être accessible ;
- doit permettre un débit de 60 m³/h tout au long de l'intervention des services de secours.

(1) D : Installation soumise à déclaration / A : Installation soumise à autorisation / AS : Installation soumise à autorisation avec servitudes d'utilité publique.

Les tableaux suivants présentent les volumes en eau à retenir :

Dans le cadre d'un site mono activité :

Activités	Silo		Engrais							Produits phytopharmaceutiques		
	2160		1331-I	1331-I	1331-I	1331-II	1331-II	1331-II	1331-III			
Régime de classement (1)	D	A	D	A	AS	D	A	AS	D	D	A	AS
Volume d'eau retenu	120 m ³	120 m ³	180 m ³	240 m ³	480 m ³	120 m ³	240 m ³	480 m ³	120 m ³	120 m ³	240 m ³	240 m ³

Dans le cadre d'un site multi-activités :

Activités	Multi-activités			
Rubrique	2160/1331 et produits phytopharmaceutique			
Régime de classement (1)	D	A (pas d'effets dominos retenus dans l'étude des dangers)	A (effets dominos retenus dans l'étude des dangers)	AS
Volume d'eau retenu	120 m ³ (1)	Retenir le plus grand volume de l'ensemble des installations concernées	L'étude des dangers pourra retenir la somme des volumes de toutes les installations qui peuvent avoir un effet domino	L'étude des dangers pourra retenir la somme des volumes de toutes les installations qui peuvent avoir un effet domino

(1) D : Installation soumise à déclaration / A : Installation soumise à autorisation / AS : Installation soumise à autorisation avec servitudes d'utilité publique.

Le tableau suivant retranscrit à travers différents exemples le volume en eau à retenir en cas d'activités multiples sur un même site :

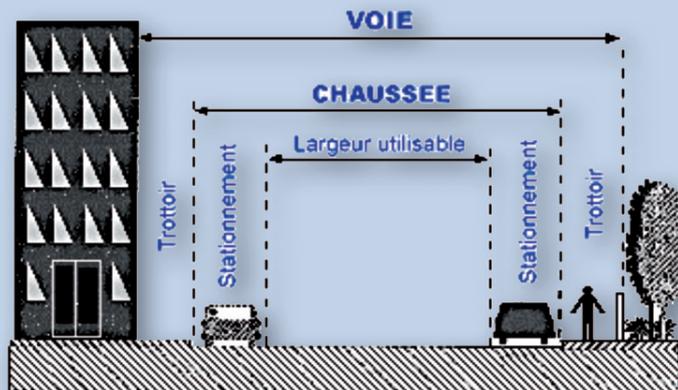
ACTIVITES												Volume en eau (en m ³)
Stockage de grain		Stockage d'engrais							Stockage de produits phytopharmaceutiques			
2160		1331-I			1331-II			1331-III	D	A	AS	
D	A	D	A	AS	D	A	AS	D	D	A	AS	
X					X			X	X			120
X		X			X			X	X			180
L'étude des dangers n'a pas déterminé d'effets dominos entre les activités :												
	X				X			X	X			120
	X	X			X			X	X			180
	X		X			X				X		240
	X						X	X		X		480
X						X		X			X	240
	X		X			X		X		X		240
L'étude des dangers a déterminé des effets dominos entre les activités :												
X						X						360
X										X		360
	X		X									360
	X					X						360
	X						X					600
	X								X			240
						X				X		480
	X					X					X	480*

* : Le silo n'entre pas dans les effets dominos. Cette activité ne rentre pas en compte dans le calcul des volumes en eau.



NOTA TECHNIQUE

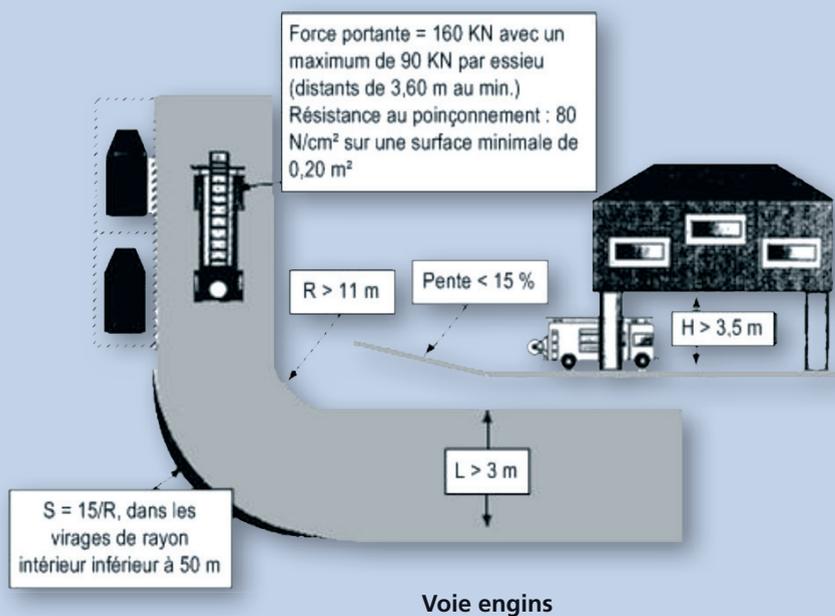
CARACTERISTIQUES DES VOIES ENGIS



Voie utilisable par les engins de secours

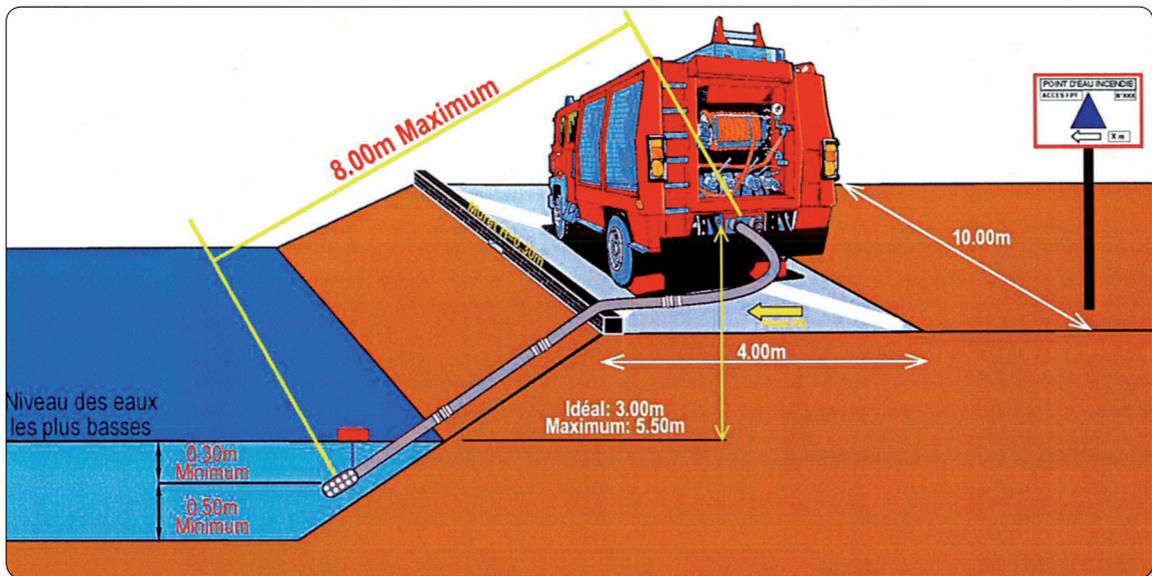
- ↳ Largeur utilisable (bandes réservées au stationnement exclues) : 3 m pour une voie dont la largeur exigée est comprise entre 8 et 12 m, 6 m pour une voie dont la largeur exigée est égale ou supérieure à 12 m (Toutefois, sur une longueur inférieure à 20 m, la largeur de la chaussée peut être réduite à 3 mètres et les accotements supprimés, sauf dans les sections de voies utilisables pour la mise en station des échelles aériennes) ;
- ↳ Force portante calculée pour un véhicule de 160 kN avec un maximum de 90 kN par essieu, ceux-ci étant distants de 3,60 m au minimum ;
- ↳ Résistance au poinçonnement : 80 N/cm² sur une surface minimale de 0,20 m² ;
- ↳ Rayon intérieur minimal $R = 11$ m, Surlargeur $S = 15/R$, dans les virages de rayon intérieur inférieur à 50 m (S et R , surlargeur et rayon intérieur, étant exprimés en m) ;
- ↳ Hauteur libre : 3,50 m ;
- ↳ Pente inférieure à 15 %.

Pour les installations bénéficiant d'un droit d'antériorité, il conviendra de se référer aux articles des arrêtés correspondants.

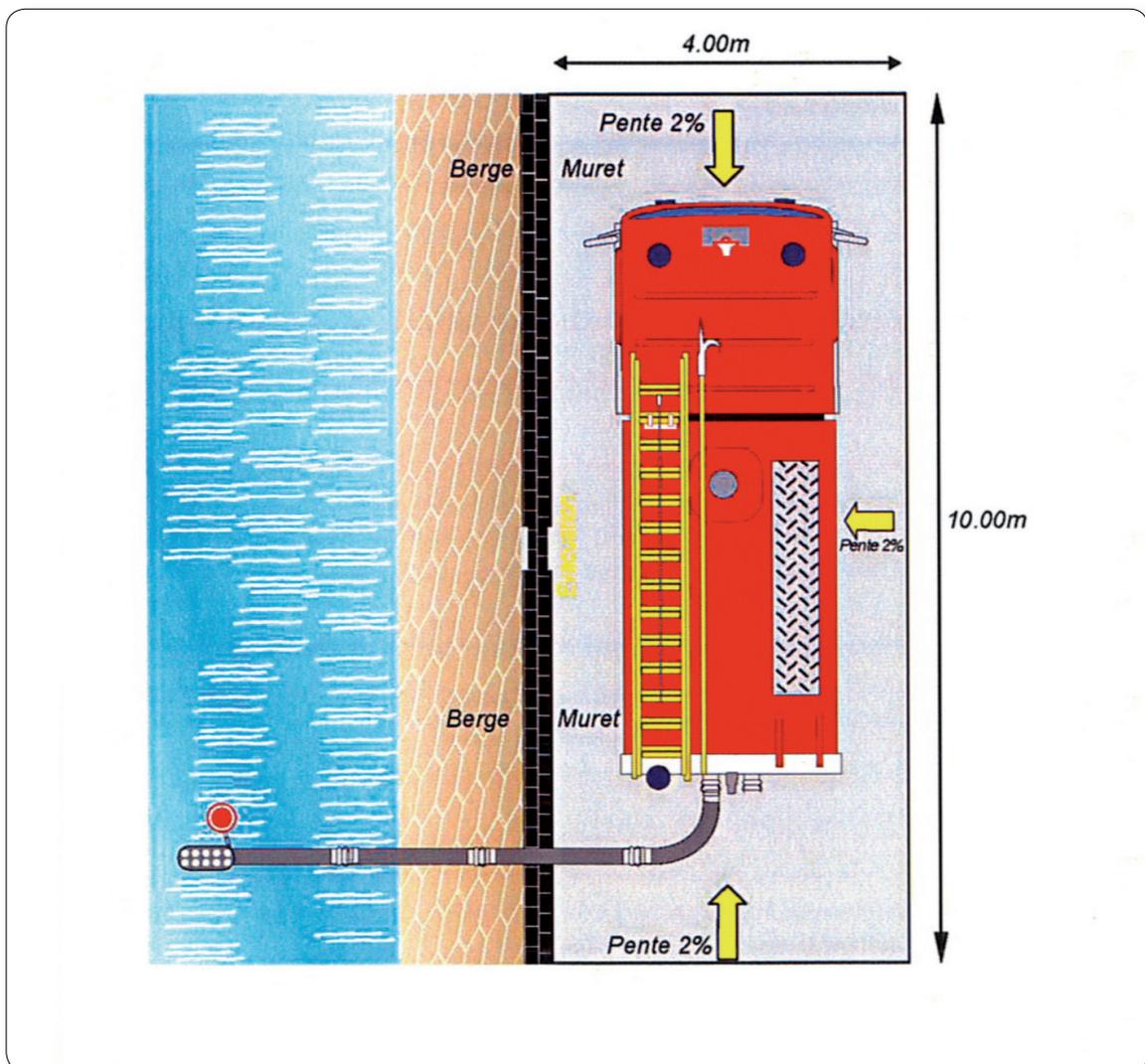


Ces caractéristiques sont, en ce qui concerne l'accès sur site, les règles de l'art des services de secours et peuvent être mises en œuvre dans les installations pour lesquelles la réglementation n'a pas défini de règle.

Les schémas suivants présentent les caractéristiques et les aménagements d'une plateforme d'aspiration pour un fourgon pompe tonne (FPT). Ils sont issus du Règlement d'instruction et de manœuvre des Sapeurs-Pompiers (RIM).

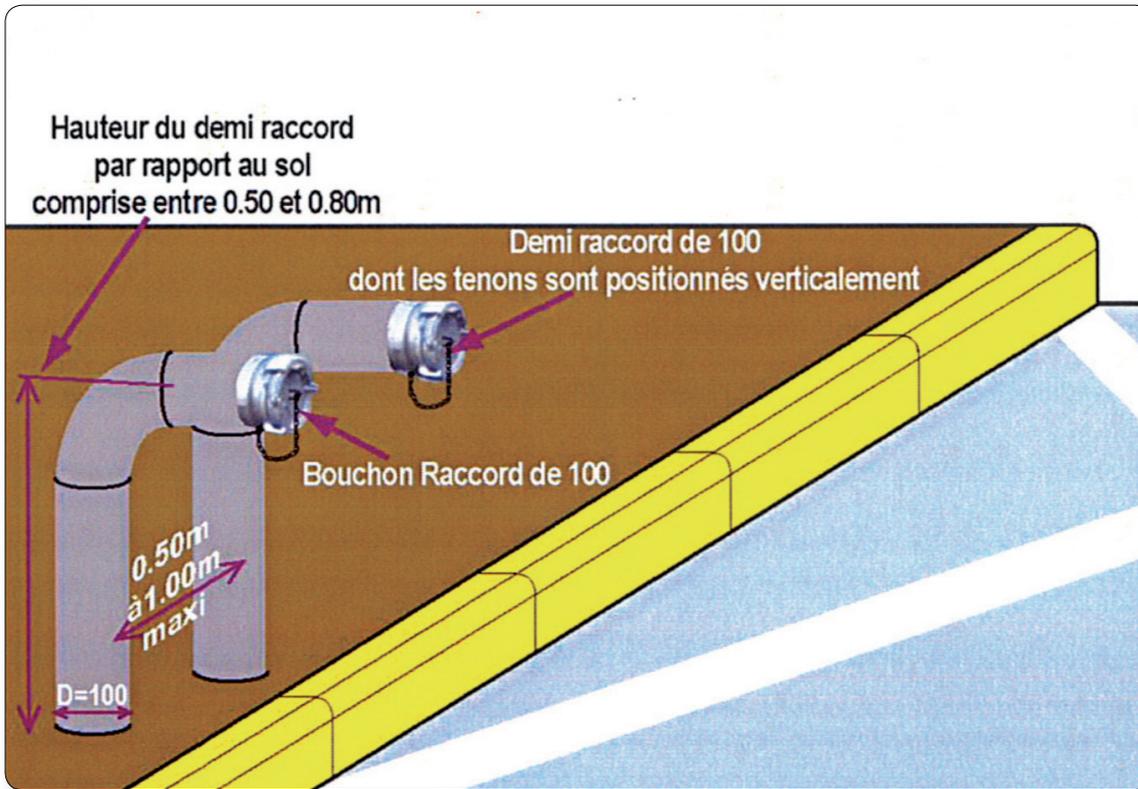


Aire d'aspiration FPT

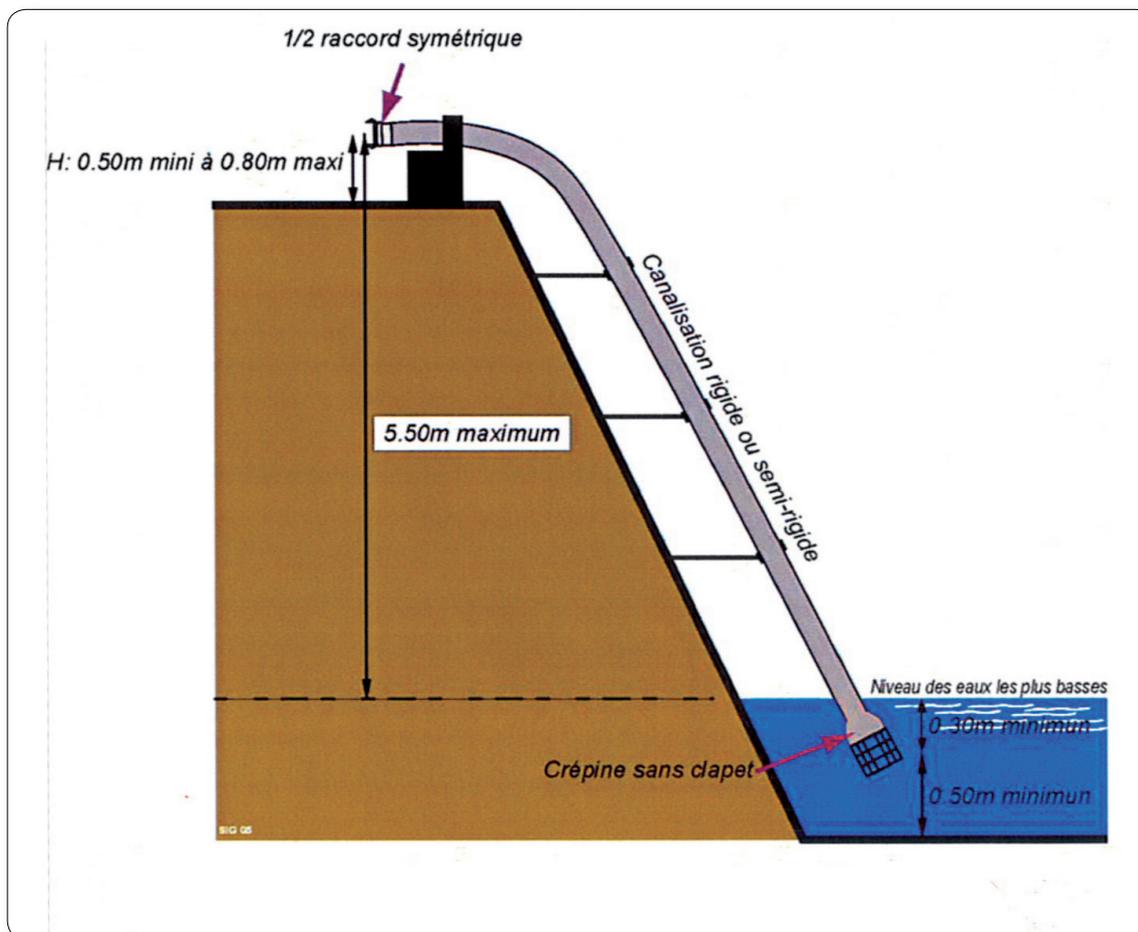


Plateforme de mise en station

Les schémas suivants présentent les caractéristiques d'un dispositif fixe d'aspiration.

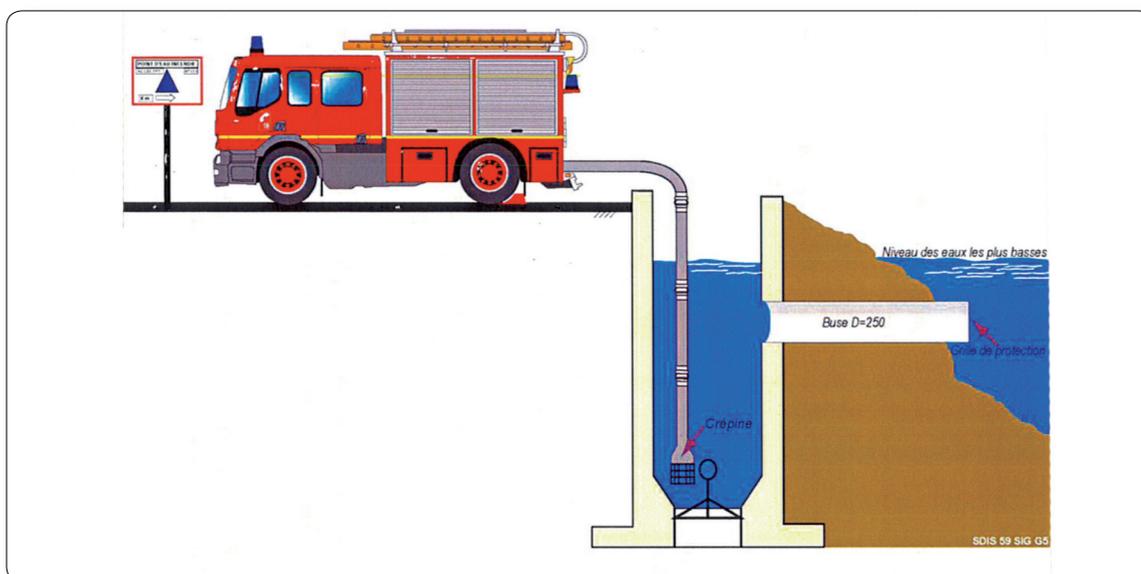


Dispositif fixe d'aspiration

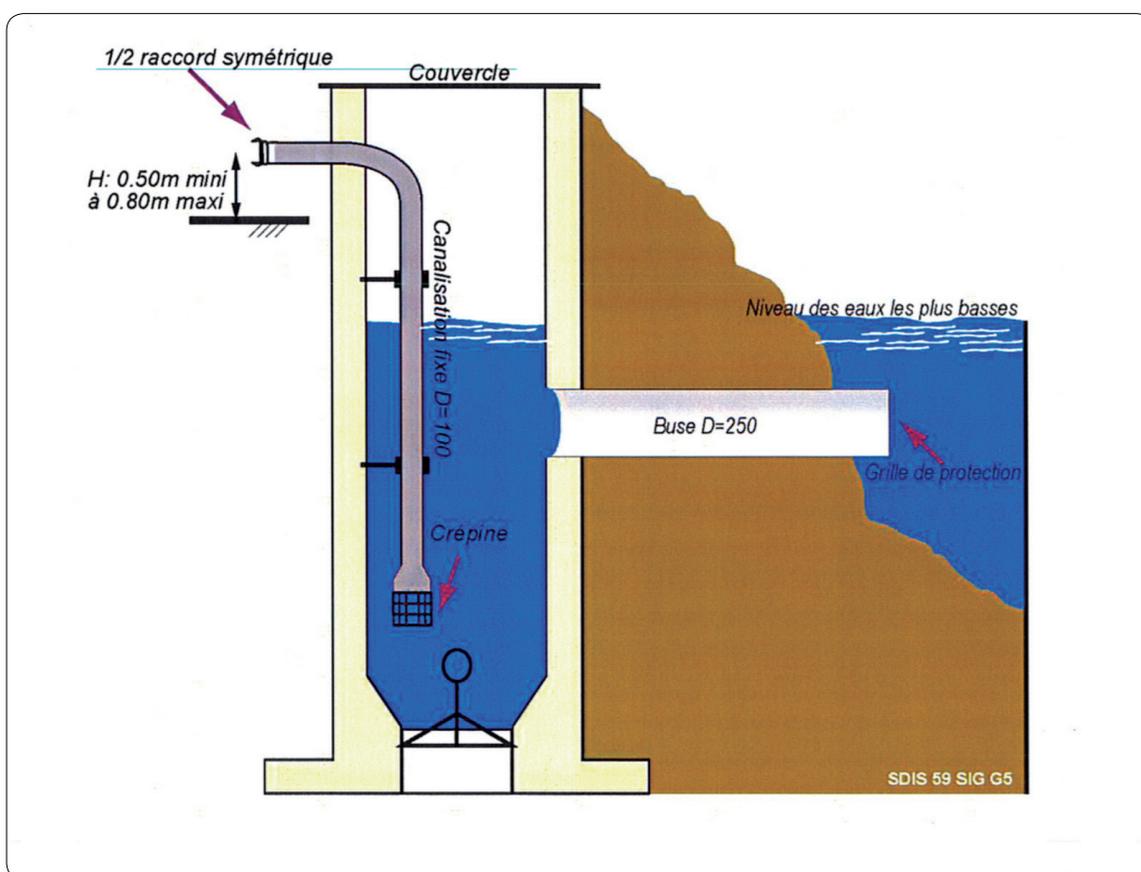


Dispositif fixe d'aspiration

Les schémas suivants présentent les caractéristiques d'un dispositif d'aspiration de type puits.



Puits d'aspiration



Puits d'aspiration avec dispositif fixe



NOTA TECHNIQUE

Ces dispositifs devront, dans la mesure du possible, être positionnés en dehors des zones de flux thermiques de 3 et 5 kW/m² (ou protégés), en dehors des zones retenues dans les rayons d'explosion (1,5 fois la hauteur) et en dehors des zones d'ouverture des événements

VI - Conclusion

Les organismes stockeurs exercent principalement les activités de stockage de grain, d'engrais et de produits phytopharmaceutiques. La part de ces 3 activités est sensiblement différente d'une installation à une autre.

Ces activités présentent des dangers particuliers dont les conséquences possibles sont estimées dans ce guide. Il est d'ailleurs important de rappeler que dans le cadre de sites à multiactivités, une interaction entre les risques de ces activités peut parfois être envisagée.

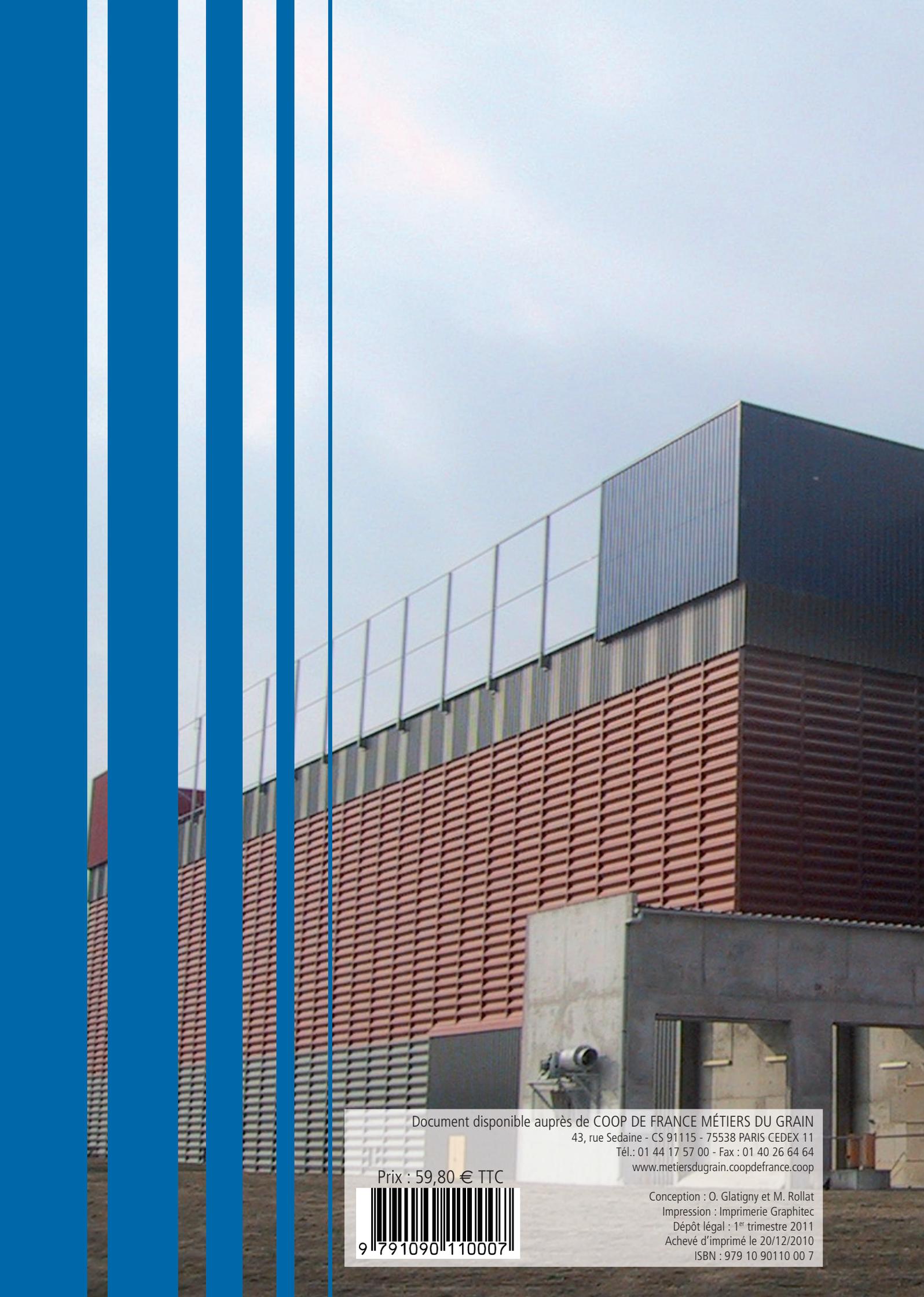
Ce guide a pour vocation d'enrichir la réflexion du lecteur par rapport à un sinistre et lui permettre de s'y préparer autant qu'il est possible.

Ce premier tome a pour objectif de présenter les installations de stockage et les risques associés. On constate qu'il existe une grande diversité d'installations mais aussi une certaine variabilité dans les équipements qui peuvent être rencontrés dans ces installations.

Le second tome de ce guide a pour objectif de déterminer les pratiques que l'on peut envisager face à des situations accidentelles types.

VII - Bibliographie

- ▶ Guide « silo » - COOP DE FRANCE MÉTIERS DU GRAIN - FNA - SYNACOMEX.
www.guide-silo.com
- ▶ Guide de l'état de l'art sur les silos - et ses compléments - version 3 - Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire - 2008.
<http://www.ineris.fr/aida/files/guides/documents/guidesilos-publie.pdf>
- ▶ Livret d'accueil des saisonniers en coopérative de stockage de grains MSA - 2006.
- ▶ Aide à la rédaction de fiches d'information relatives au risque incendie dans les stockages agricoles INERIS - 2006.
- ▶ Mesures de sécurité incendie dans les silos. Guide d'application CTICM - 2000.
- ▶ Référentiel professionnel Installations classées soumises à autorisation pour le stockage d'engrais relevant de la rubrique 1331 (engrais solide à base de nitrate d'ammonium) - AFCOM - COOP DE FRANCE MÉTIERS DU GRAIN - FNA - UNIFA - UNIM - 2008.
- ▶ Stockage des produits phytopharmaceutiques en distribution (Réglementation et mise en œuvre) - FFCAT - FNA - UIPP - 2003.



Document disponible auprès de COOP DE FRANCE MÉTIERS DU GRAIN

43, rue Sedaine - CS 91115 - 75538 PARIS CEDEX 11

Tél.: 01 44 17 57 00 - Fax : 01 40 26 64 64

www.metiersdugrain.coopdefrance.coop

Prix : 59,80 € TTC



9 791090 110007

Conception : O. Glatigny et M. Rollat

Impression : Imprimerie Graphitec

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2011

Achévé d'imprimé le 20/12/2010

ISBN : 979 10 90110 00 7