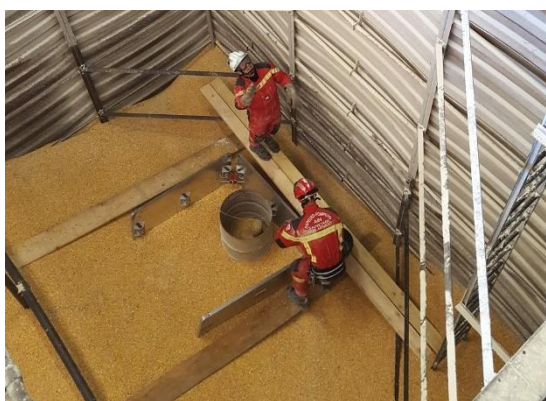




Interventions en silo



NDO 14

- Version du 13 janvier 2023 -

LISTE DES DESTINATAIRES

DIFFUSION INTERNE		
	Pour action	Pour information
Directeur Départemental	x	
Directeur Départemental Adjoint	x	
Officiers Supérieurs de Direction	x	
Chefs de site	x	
Chefs de colonne	x	
Chefs de groupe	x	
Chefs de centre	x	
Officiers RT	x	
CODIS 26	x	

DIFFUSION EXTERNE		
	Pour action	Pour information
SDIS 07		x

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Date	Page	Objet
30/07/18		Création du document
13/01/23		1ère mise à jour
		<i>Complément « GDO Intervention de Silo » Septembre 2019</i>
		<i>Ajout « risque d'accident de personne »</i>
		<i>Ajout et modification (fiche MOD)</i>

SOMMAIRE

Table des matières

LISTE DES DESTINATAIRES.....	2
HISTORIQUE DES MODIFICATIONS	3
SOMMAIRE	4
PRÉAMBULE ©	6
1. LES STOCKAGES ET LEURS RISQUES ©	6
1.1. Les produits stockés ©	6
1.1.1. Les principaux produits agroalimentaires stockés.....	6
1.1.2. Les manifestations de l'activité vitale du grain	6
1.2. Les différentes familles de stockage ©	8
1.3. Les caractéristiques d'un site silo ©	9
1.3.1. Présentation générale ©.....	9
1.3.2. Les installations de stockage.....	10
1.3.3. La manutention.....	10
1.3.4. Les installations de séchage ©.....	12
1.3.5. Les installations de nettoyage et de tri.....	14
1.3.6. Les dispositifs de captage des poussières.....	14
1.3.7. Les matériels de mesures.....	15
2. LES PHÉNOMÈNES REDOUTÉS	16
2.1. L'explosion de poussières	16
2.1.1. Les conditions	16
2.1.2. Les effets.....	16
2.1.3. La conduite opérationnelle.....	17
2.2. L'auto-échauffement.....	17
2.2.1. Les conditions	17
2.2.2. Les effets.....	17
2.3. Le feu de surface.....	18
2.3.1. Les conditions	18
2.3.2. Les effets.....	18
2.4. L'explosion de gaz inflammables ©	18
2.4.1. Les conditions	18
2.4.2. La conduite opérationnelle.....	18
2.5. Le risque bâtiminaire ©	19
2.5.1. Les conditions	19
2.5.2. Les caractéristiques.....	19
2.6. Le risque d'accident de personne : ensevelissement ©	20
2.6.1. Les conditions	20
2.7. La conduite à tenir (Fiche MOD SAP.03 Accident de personne dans un silo).....	21
2.7.1. Cas des personnes ensevelies visibles	21

2.7.2.	Cas de personnes ensevelies non visibles	22
2.8.	Les autres risques associés	22
2.8.1.	Le risque d'asphyxie	22
2.8.2.	Le risque toxique	22
2.8.3.	Le risque biologique	22
2.8.4.	Les risques particuliers liés au bois	22
2.8.5.	Les risques liés aux particules	23
3.	L'APPROCHE OPÉRATIONNELLE ©	24
3.1.	La prise d'appel ©	24
3.2.	Les réactions immédiates ©	24
3.3.	Les premières actions ©	24
3.3.1.	Les périmètres de sécurité réflexes	24
3.3.2.	La prise de renseignements	24
3.3.3.	La coupure des flux	25
3.3.4.	La reconnaissance	25
3.4.	Les produits d'extinctions	25
3.4.1.	L'utilisation spécifique de l'eau	25
3.4.2.	La mousse	26
3.5.	L'inertage (Fiche MOD INC.04 Assistance à l'inertage sur feu de silo)	26
3.6.	La vidange	28
3.6.1.	Le dispositif de vidange	28
3.6.2.	Le dispositif hydraulique lors de la vidange par le système de manutention	30
3.6.3.	La conduite opérationnelle	30
3.7.	Le feu dans une cellule de stockage	31
3.7.1.	Le feu à cœur	31
3.7.2.	La spécificité du feu de surface	31
3.8.	Le feu de séchoir	31
3.8.1.	Les feux dans les colonnes d'air chaud ou usé	31
3.8.2.	Les feux dans la colonne de séchage	32
4.	LA MONTÉE EN PUISSANCE DU COMMANDEMENT ©	33
5.	ANNEXES	34
	Annexe 1 – Fiche MOD INC.03	35
	Annexe 2 – Fiche MOD INC.04	36
	Annexe 3 – Fiche MOD SAP.04 ©	38
	Annexe 4 – Abaque des effets de surpression en fonction du volume du silo	40
	Annexe 5 – Glossaire	40

PRÉAMBULE ©

La doctrine a pour objet de guider l'action et faciliter la prise de décision des sapeurs-pompiers lors de leurs interventions, à partir de la connaissance des meilleures pratiques identifiées lors de retours d'expériences. Chaque situation de terrain ayant ses particularités, chercher à prévoir un cadre théorique unique pour chacune serait un non-sens. Dès lors, seuls des conseils à adapter au cas par cas sont pertinents et nécessaires.

La mise en œuvre de la doctrine requiert du jugement pour être adaptée aux impératifs et contraintes de chaque situation. La décision, dans une situation particulière, de s'écarter des orientations données par les documents de doctrine relève de l'exercice du pouvoir d'appréciation, intégrée à la fonction de commandement inhérente à la mission en cours.

Cette note de doctrine opérationnelle a pour but d'apporter une connaissance du milieu des silos, basée principalement sur la réception du produit, son stockage (et sa conservation), puis de sa distribution. Cet éclairage s'appuie la réglementation des organismes professionnels de la filière des stockeurs, ainsi que du « Guide de Doctrine Opérationnelle interventions dans les silos » de la DGSCGC.

1. LES STOCKAGES ET LEURS RISQUES ©

Les organismes stockeurs ont pour activité principale la collecte, la conservation, le stockage et la commercialisation de produits.

1.1. Les produits stockés ©

1.1.1. Les principaux produits agroalimentaires stockés

Les principaux produits agroalimentaires stockés sont :

- Céréales (blé tendre, blé dur, orge, maïs, seigle, avoine, sorgho, triticales et riz) ;
- Oléagineux (colza, tournesol et soja) ;
- Protéagineux (pois, féveroles et lupins) ;
- Graminées fourragères (dactyle, fétuque, raygrass) ;
- Produits spécifiques (œillette...) ;
- Produits déshydratés ;
- Sucres.

Les autres produits sont généralement :

- Produits chimiques ;
- Cendre ;
- Matériaux de constructions (ciment, plâtre) ;
- Bois (sciure, granulés, copeaux) ;
- Engrais
- Produits plastique (granulés).

1.1.2. Les manifestations de l'activité vitale du grain

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 est élevée.

➤ La respiration (ou oxydation)

Elle a lieu tant qu'il y a présence d'oxygène. C'est l'amidon du grain qui se dégrade.



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

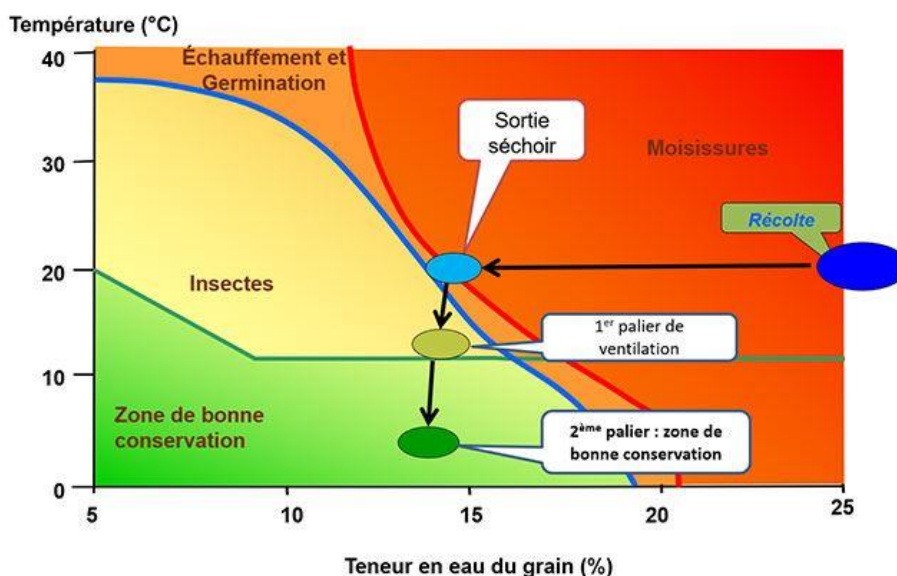
La fermentation anaérobie est une réaction chimique qui se produit en absence d'oxygène et en particulier dans les zones du tas de grain où l'oxygène a déjà été absorbé. Il s'agit généralement d'une fermentation alcoolique au cours de laquelle l'amidon se dégrade seul :



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 suffisantes. 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.



Dangerosité 1 (faible) à 5 (forte)	Blé	Maïs	Orge	Colza	Tourne sol	Pois	Avoine
Incendie	2	2	2	4	5	1	2
Explosion de poussières	4	4	4	3	3	1	4

1.2. Les différentes familles de stockage ©

- Stockage à plat ou horizontaux : hauteur < 10 mètres.

Parois en béton ou métallique de type palplanche.




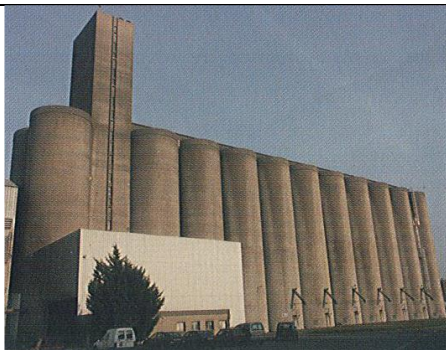


Silos « couloirs »



Silos « Box » couvert



- Stockages verticaux : hauteur > 10 mètres

	
<p>Les silos comble avec des parois en béton ou métallique de type palplanche, géométrie des cellules carrées ou rectangulaires, hauteur maximale 40m.</p>	<p>Les silos béton cathédrale avec des parois en béton, géométrie des cellules de type cylindrique, hauteur maximale 60m.</p>
	
<p>Les silos cylindriques métalliques avec des parois métalliques de type tôle ondulée (appelés Privé ou Phénix), d'un diamètre maximum de 30m et d'une hauteur maximale de 20m.</p>	<p>Les silos dômes avec des parois complexes (membrane extérieure en PVC + mousse PU + béton projeté), Hauteur max = 25 m, Diamètre max = 45m.</p>



La vidange ou le déblaiement d'une cellule sont des opérations de longue durée. Elles peuvent être réalisées par les installations de manutention à très faible débit ou par un engin à godet de type « chouleur ».

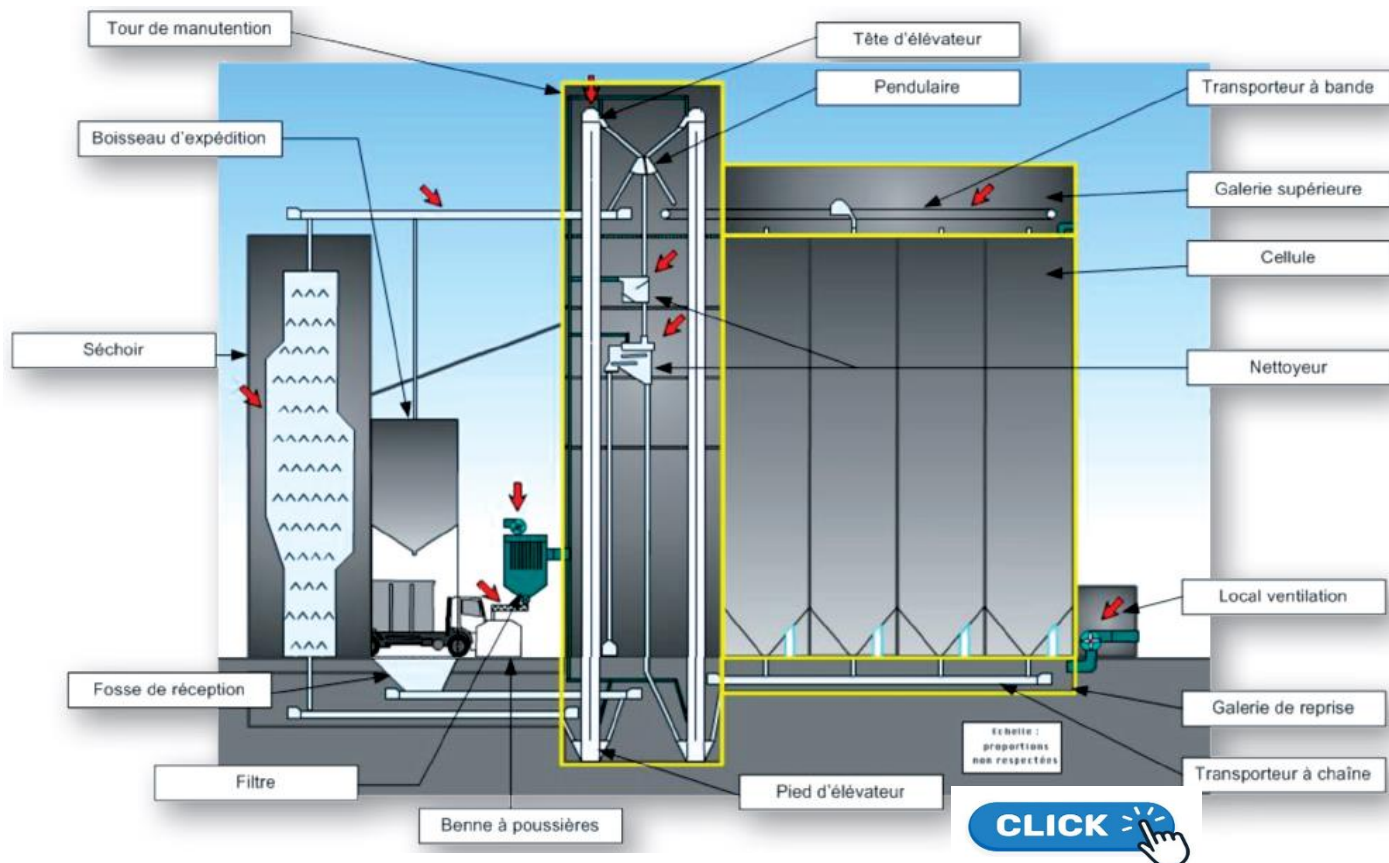
Au préalable, une zone de stockage de matière située à l'extérieur devra être identifiée.

1.3. Les caractéristiques d'un site silo ©

1.3.1. Présentation générale ©



Les différents équipements rencontrés dans les silos ont pour fonction :

- le stockage de la matière ;
- le transport de la matière (transporteur, élévateur) ;
- le séchage de la matière (si nécessaire) ;
- le nettoyage et/ou le tri du grain (nettoyeur, calibreur...) ;
- le dépoussiérage de l'air (système d'aspiration de type filtre ou cyclone) ;
- l'aide à la conservation du grain (sondes de silothermométries et ventilation).



1.3.2. Les installations de stockage

- **Les cellules** : ce sont des accumulateurs de matière permettant de conserver du grain à moyen ou long terme ;

	
<p>Une cellule est dite « fermée » lorsqu'elle est surmontée d'un plancher permettant la séparation de la cellule et de l'espace sur cellule.</p>	<p>Une cellule est dite « ouverte » lorsqu'elle communique directement avec l'espace sur cellule.</p>

- **Les as de carreau** ou de $\frac{1}{2}$ 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 $\frac{1}{2}$ as de carreau ;



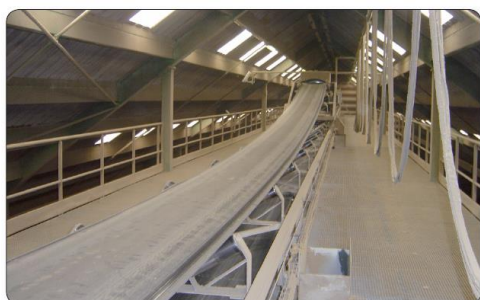
- **Les boisseaux** : ce sont des capacités de stockage provisoires avant expédition.



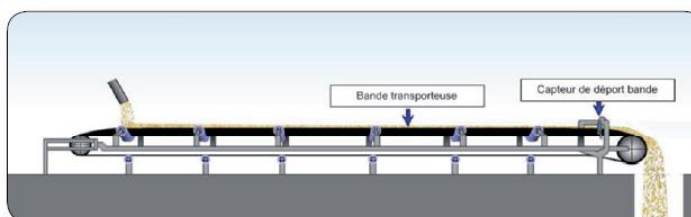
1.3.3. La manutention

1.3.3.1. Les transporteurs horizontaux

- Le **transporteur à bande** est aussi appelé bande transporteuse ou tapis. Les initiales TB sont aussi utilisées.



Transporteur à bande

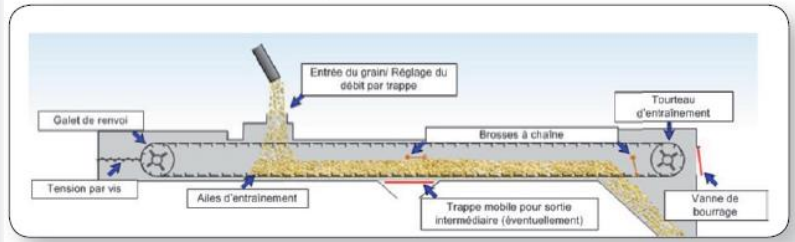


Principe de fonctionnement du transporteur à bande

- Le **transporteur à chaîne** est aussi appelé « Redler » qui est un nom commercial de transporteur à chaîne. Les initiales TC sont également utilisées.

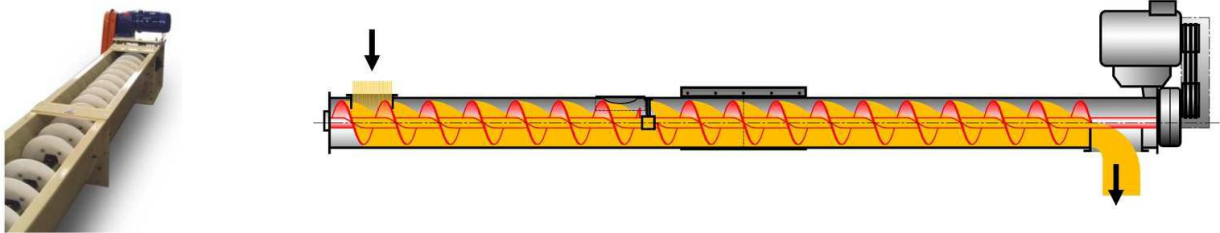


Transporteur à chaîne



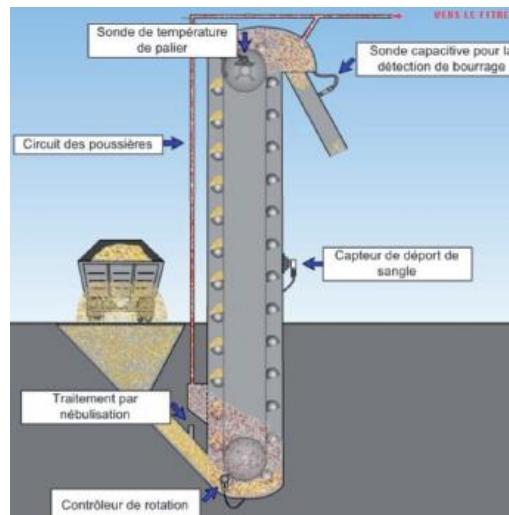
Principe de fonctionnement du transporteur à chaîne

- Le **transporteur à vis** est utilisé généralement pour évacuer la poussière et les déchets vers les chambres ou bennes à poussières.



1.3.3.2. Les transporteurs verticaux

- L'**élévateur** est un dispositif de manutention permettant le transport vertical du grain (ou autre produit). Cette élévation se fait grâce à une sangle caoutchouc (non-propagatrice de flamme) sur laquelle sont fixés des godets métalliques ou plastiques.



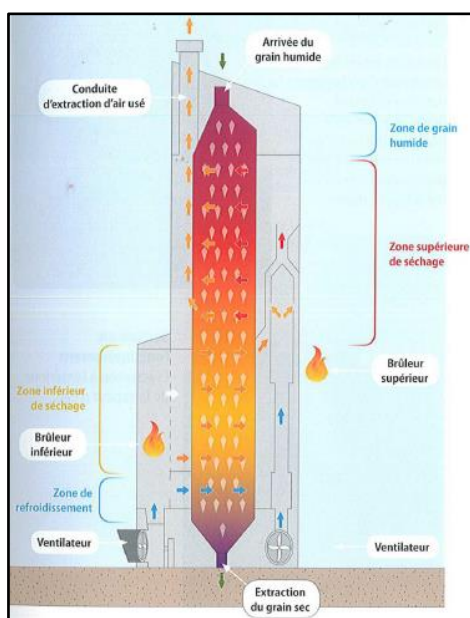
Cet équipement est un des plus dangereux au regard du risque explosion de poussières. Il devra être humidifié lors de toute manutention, notamment en phase de vidange.

- Le transporteur à **air comprimé** © est utilisé pour le convoyage des poudres et des granulés. Ce système fonctionne soit par aspiration, soit par soufflage.



1.3.4. Les installations de séchage ©

1.3.4.1. Le séchage par colonne



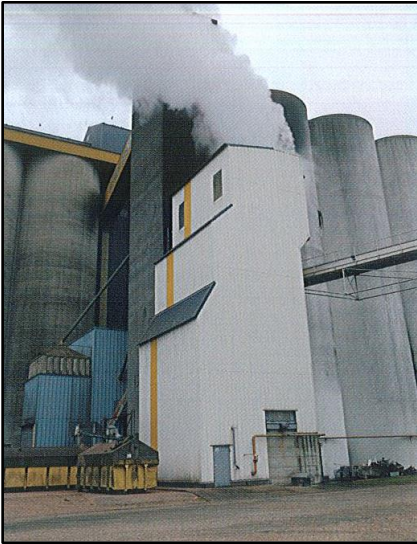
Les séchoirs utilisent la technologie particulière du chauffage direct en veine d'air : le brûleur à flamme nue se situe dans la machine, proche des grains à sécher. Ainsi, la masse de grains humides est traversée par un courant d'air chaud.

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. Il existe des séchoirs à 1, 2 ou 3 étages.

Les séchoirs peuvent être alimentés au fioul ou au gaz.



Il y a un risque de propagation de l'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).



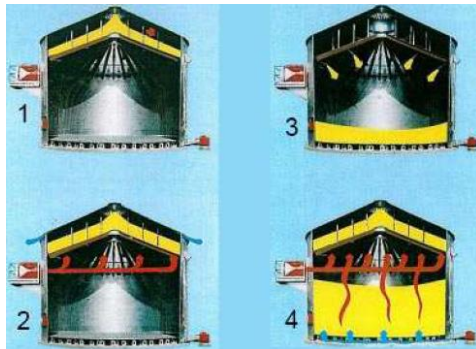
Le séchoir est une structure autoportée accolée ou non au silo.

L'isolation est en général constituée d'un bardage métallique isolant qu'il faut dégarnir lors d'un sinistre important afin d'atteindre la structure métallique « mère ».



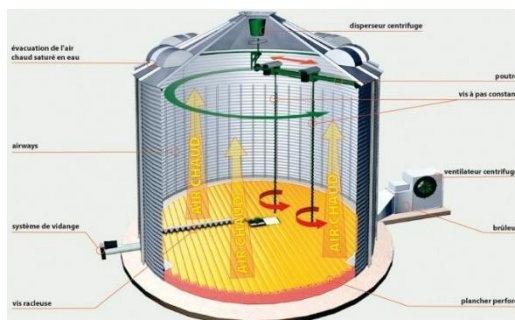
Il y a un risque d'effondrement de la structure si le séchoir est resté en charge au cours de l'incendie (présence de grain dans la colonne de séchage). Une vigilance sera apportée aux liaisons (manutention et passerelles) avec le silo qui peuvent propager l'incendie.

1.3.4.2. Les cellules sècheses ©



« séchage en toit »

- 1 - le grain humide est chargé dans le haut de la cellule sur un faux plafond
- 2 - le ventilateur - brûleur envoi de l'air chaud au travers de la couche de grain humide
- 3 - l'humidité est évacuée vers l'extérieur ; une fois le grain sec, celui-ci est évacué
- 4 - un ventilateur fait circuler l'air extérieur au travers d'un plancher perforé pour refroidir le grain sec dans la chambre de stockage en bas.



« séchage en pied de cellule »

Un système de brassage avec des vis sans fin permet le mélange de la matière et son séchage pendant que de l'air chaud est insufflé par le bas de la cellule.

1.3.5. Les installations de nettoyage et de tri

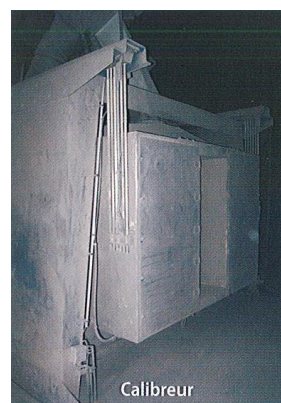
➤ Le nettoyeur séparateur :

L'air élimine les produits légers par densité. Les trous des grilles séparent les grains des déchets par granulométrie.



➤ 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...).



1.3.6. Les dispositifs de captage des 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 « 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.

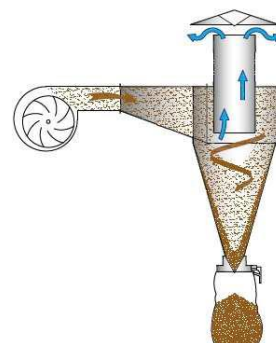
Ces déchets sont ensuite stockés (chambre à poussières, caisson externe, boisseaux déchets, sacs). Ces dispositifs peuvent être équipés d'évents de surpression.



➤ Le cyclone :

Le cyclone est également un élément du système d'aspiration régulièrement rencontré dans les installations de stockage de grains.

À leur arrivée dans le cyclone, les poussières sont séparées du flux d'air par effet centrifuge (vortex) puis tombent dans le cyclone par gravité.



➤ Le cyclo filtre

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



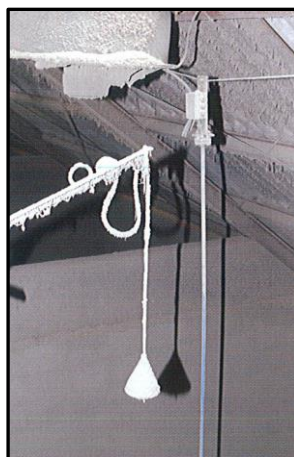
Différents équipements peuvent être reliés au système d'aspiration créant un risque de propagation d'un incendie.

Les particules incandescentes peuvent être aspirées et être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion dans le filtre et/ou dans le stockage de poussières associé.

Dans tous les cas, humidifier l'intérieur du caisson avant l'ouverture pour coller les poussières fines.

1.3.7. Les matériels de mesures

- La silothermométrie : Les stockages peuvent être équipés d'un système de thermométrie fixe ou mobile permettant le contrôle de la température des stocks de grains afin de garantir leur bonne conservation. Dans le cas d'installations équipées d'une supervision, des seuils d'alarme peuvent être paramétrés pour détecter toute élévation anormale de la température, mais elles n'ont aucune résistance au feu.



Le grain étant un bon isolant thermique, les sondes ne donnent pas de température au-delà du mètre.

Cette remarque s'applique également à nos caméras thermiques.

- La ventilation : De l'air est pulsé dans la cellule par des tuyauteries ou par la mise en surpression d'une galerie afin de balayer la totalité du grain. Cette ventilation permet de baisser la température pour une meilleure conservation du grain.



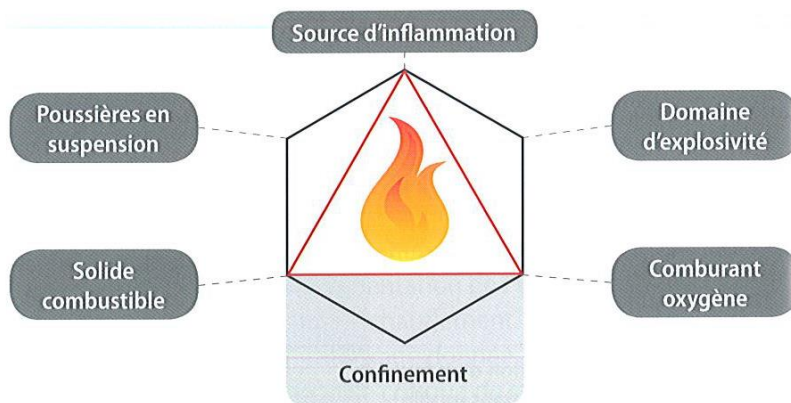
2. LES PHÉNOMÈNES REDOUTÉS

2.1. L'explosion de poussières

C'est le risque majeur dans le cadre des interventions sur des sites silos. Pour plus de précisions sur ce phénomène, se référer au rapport [OMEGA 21](#) de l'INERIS.

2.1.1. Les conditions

Les poussières combustibles d'un diamètre inférieur à 500 μm voire 1000 μm peuvent exploser si les conditions ci-dessous sont remplies.



Hexagone de l'explosion de poussières



Attention aux poudres de types blé, farine, PVC qualifiées « St 1 : faiblement explosives » les conséquences de leurs explosions restent dévastatrices.



2.1.2. Les effets

L'explosion de poussières s'accompagne d'une propagation de front de flamme avec un rayonnement thermique intense et une onde de surpression, pouvant conduire à la rupture des contenants et à la projection de fragments. Il peut s'agir d'une explosion primaire ou secondaire (soulèvement de poussières suite à une première explosion).

Afin d'éviter ce scénario, la surpression est canalisée au travers d'évents et de surface de découplage résistantes.



Lors des reconnaissances il est important de refermer les portes de découplage après chaque passage.

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

- la nature des poussières ;
- l'homogénéité du mélange explosif ;
- le degré de confinement de la structure ;
- le type de structure (volume, hauteur des événements etc...).

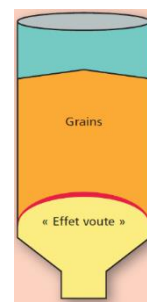
Les effets de surpression en cas d'explosion primaire de poussières dans un volume découplé et éventé sont modélisés en fonction du volume du silo en [annexe 3](#) pour toutes poussières.

2.1.3. La conduite opérationnelle

- proscrire toute mise en suspension de poussière en présence d'une source d'inflammation et de comburant
- proscrire l'emploi de la ventilation
- intervenir avec du matériel ATEX



Lors de la vidange d'un silo, des voutes peuvent se créer, en particulier si le grain est humide. Elles vont mettre en suspension des poussières lors de leur rupture.



2.2. L'auto-échauffement

2.2.1. Les conditions

Les mécanismes internes de génération de chaleur peuvent être les suivants :

- une oxydation chimique lente (charbon, bois etc...) ;
- une activité biologique comme la fermentation (souvent le cas si la teneur en eau > 15%) ;
- une condensation d'humidité sur un matériau sec.

La respiration du grain (phénomène naturel) est 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'auto-échauffement non maîtrisé peut conduire à l'auto-inflammation des matières combustibles présentes dans le silo

2.2.2. Les effets

Sans flamme visible, le processus d'auto-échauffement conduit généralement au dégagement de :

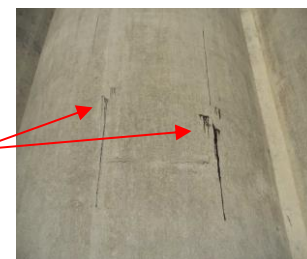
- monoxyde de carbone (en phase d'oxydation) ;
- dioxyde de carbone et d'alcools (en phase de fermentation) ;
- chaleur qui est **difficilement décelable par une caméra thermique** en l'absence de sonde de température.



Un feu couvant va progressivement et localement sécher les poudres et faire migrer l'humidité en partie haute du silo. **Une forte condensation d'eau sur les parois hautes du silo peut être un indicateur.**

En structures fermées ou matériaux peu poreux, le développement du feu peut être limité par le manque de dioxygène. La position du point chaud dépend donc de son accès à l'oxygène. Le processus de combustion **pourra donc être réactivé lors de la vidange ou de l'ouverture d'une trappe de visite.**

En cas d'auto-inflammation ou de fort échauffement (dès 200°C) des gaz de pyrolyse peuvent être générés. Des goudrons ou composés lourds peuvent alors être visibles sur les parois du silo.



2.3. Le feu de surface

2.3.1. Les conditions

Des incendies liés aux activités de stockage peuvent se développer dès que les trois conditions du triangle du feu sont réunies :

- un combustible (céréales, sciures de bois, fibres textiles, poussières métalliques, etc...) ;
- un comburant (oxygène de l'air voir substances oxydantes : ammonitrates, peroxydes) ;
- une source d'inflammation externe (étincelle, surfaces chaudes, feu, etc...).

2.3.2. Les effets

- fort dégagement de chaleur, flammes visibles, rayonnement thermique intense.
- génération de fumées, voire de gaz de pyrolyse en cas de combustion incomplète (méthane, éthylène, monoxyde de carbone, dihydrogène, composées organiques volatiles, goudrons).
- diminution de la résistance mécanique des structures (surtout celles métalliques).



Dans le cas des feux de sucres ou de polymères à bas point de fusion (PEHD, PS, PVC etc...), l'incendie se développe principalement avec de la matière sous forme liquide comme un feu d'hydrocarbures.

2.4. L'explosion de gaz inflammables ©

2.4.1. Les conditions

En plus du dioxyde de carbone, des gaz combustibles et/ou toxiques (méthane, éthylène, monoxyde de carbone, hexane, dihydrogène, composées organiques volatiles, goudrons etc...) peuvent être générés lors du stockage ou de la dégradation de matériaux pulvérulents selon les mécanismes suivants :

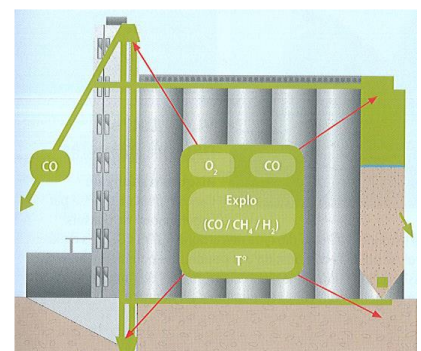
- la fermentation ;
- la pyrolyse ;
- la désorption de vapeurs ;
- la réduction de l'eau sur les poudres métalliques à hautes températures ;
- la réaction du gaz à l'eau.

Les conditions de survenue d'une explosion de gaz sont les suivantes :

- présence de gaz combustible dans des proportions comprises entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE) ;
- présence d'un comburant ;
- présence d'une source d'ignition.

2.4.2. La conduite opérationnelle

- mettre en place un réseau de mesures.



Au-delà des risques toxiques et/ou d'anoxie créés par la présence de ces gaz, une explosion primaire de ces gaz peut alors engendrer la mise en suspension de poussières et une explosion secondaire. La réalisation des réseaux de mesures ne doit pas générer d'appel d'air.

2.5. Le risque bâtementaire ©

2.5.1. Les conditions

En cas d'incendie, la stabilité peut être fortement sollicitée et réduite. La rigidité et la résistance d'une structure acier ou béton diminuent avec l'augmentation de la température de la structure.

De même, en cas de surcharge, sur-remplissage, d'ajout d'eau de manière excessive, ou suite à une explosion, la rupture mécanique des parois d'un silo peut générer la projection de fragments ainsi que l'ensevelissement des personnes présentes aux alentours.

En cas de doute sur la structure ou des éléments structuraux, le COS pourra faire appel au cadre d'astreinte USAR risque bâtementaire.

2.5.2. Les caractéristiques

Les distances correspondant au risque d'ensevelissement dépendent de la géométrie du silo et de l'angle de talutage du grain.



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



En pratique, une distance d'exclusion de 1,5 fois la hauteur des cellules est à retenir.

2.6. Le risque d'accident de personne : ensevelissement ©

2.6.1. Les conditions

Le grain en mouvement

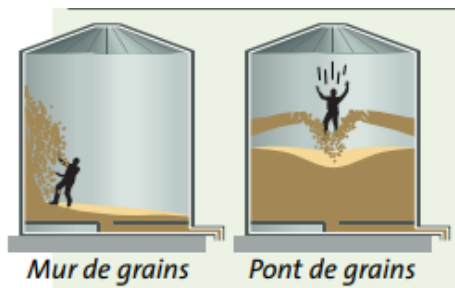
Les grains sont une matière à écoulement libre et ils sont facilement mis en mouvement dès qu'une vis de vidange démarre ou qu'une trappe est ouverte. Ils agissent alors comme des sables mouvants, et dès qu'on est enfoncé à la hauteur des genoux, il devient pratiquement impossible de se dégager soi-même.



L'agglomération des grains

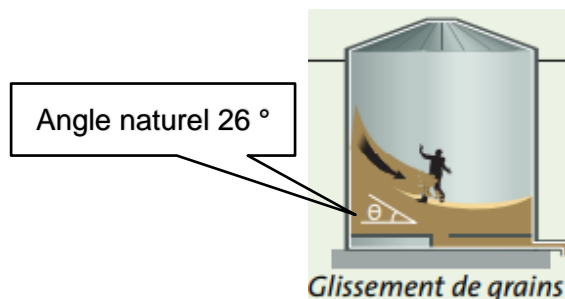
Lorsque les grains montent en température ou s'humidifient, ils se détériorent et peuvent s'agglomérer, puis :

- former une colonne qui peut s'écrouler sur une personne ;
- former un pont de grains (**effet voûte**) qui peut céder soudainement et ensevelir une personne.



Le glissement de grains

Lorsque la pile est plus haute qu'une personne, le glissement d'une masse de grains peut survenir et l'ensevelir. Une pente supérieure à l'angle de repos naturel du type de grain (angle de talutage) empilé augmente le risque de glissement.



2.7. La conduite à tenir (Fiche MOD [SAP.03 Accident de personne dans un silo](#))

2.7.1. Cas des personnes ensevelies visibles

Les grands principes opérationnels sont :

- **Sécurisation du site** : avant toute intervention, contact avec l'exploitant.
 - ✓ état des énergies ?
 - ✓ nombre de victimes ?
 - ✓ lieu et accès de l'intervention ?
 - ✓ dangers secondaires ?
 - ✓ nature du stockage ?
 - ✓ date, qualité et quantité du stockage ?
 - ✓ mesures conservatoires (mise en place du fût anti-ensevelissement).
- **Sécurisation « victime(s) et sauveteur(s) »**
 L'engagement dans de telles conditions nécessitera des moyens de protection individuelle :
 - ✓ détecteur multi gaz (CO + Explo) ;
 - ✓ LSPCC ;
 - ✓ protection respiratoire et oculaire (masque / lunette) pour le sauveteur et la victime.



La sécurisation rapide de la victime peut être effectuée à l'aide :

- d'un fût anti-ensevelissement ;
- d'une sangle de LSPCC (amarrage de la victime) ;
- du « boa d'extraction » relié à un système d'amarrage (extraction de la victime).

Ne pas tenter de vider le volume de stockage de grain par une vidange par le bas.

Ne pas tenter de dégager la victime tant qu'elle n'est pas entourée par le fût anti-ensevelissement.

➤ **Stabiliser la zone de travail**

La zone de travail doit être stabilisée avec la mise en place de structures planes posées sur les grains et permettant aux sauveteurs d'évoluer en sécurité, sans s'enfoncer dans la matière piégeant la victime. **En cas de risque de sur-ensevelissement, ne pas tenter de dégager la victime tant qu'elle n'est pas protégée par un fût ou un coffrage.**



Coffrer autour de la victime.

Cette action permet de créer un espace stabilisé et sécurisé autour de la victime, et permettra un début de dégagement par évacuation du grain autour d'elle.

➤ **Retrait de la victime**

La victime est extraite et dégagée du silo avec les techniques adaptées à la situation.

2.7.2. Cas de personnes ensevelies non visibles

Dans ce contexte, l'opération sera traitée avec **les techniques opérationnelles de sauvetage déblaiement de l'USAR.**

Plusieurs options de dégagement sont possibles :

- évacuation des matières par le haut jusqu'à découverte de la victime ;
- vidange douce de la cellule par gravité sans usage des outils saillants de désilage ;
- création d'une ouverture.

2.8. Les autres risques associés

2.8.1. Le risque d'asphyxie

L'anoxie peut être créée par la génération de gaz tels que le monoxyde et le dioxyde de carbone lors de la pyrolyse ou de la combustion des poudres ou poussières, mais aussi par l'injection de gaz inerte (diazote) lors de l'intervention.



Rappel les seuils de concentration en dioxygène (% volume) :

- < 19 % : difficultés respiratoires ;*
- ≤ 16% : perte de connaissance ;*
- ≤ 12% : décès.*

2.8.2. Le risque toxique

La dégradation thermique de certains produits peut conduire à la libération de composés gazeux toxiques comme le monoxyde carbone et l'acide cyanhydrique (pour le polyuréthane PU).



Le port de l'ARI obligatoire dans les milieux confinés ou semi-ouverts pour les interventions feux de silo.

2.8.3. Le risque biologique

Certains composés, notamment les boues séchées de station d'épuration, peuvent présenter des risques biologiques (infectieux).



La mise en œuvre d'eau dans le stockage de boues « déshydratées » risque de « réveiller » ce milieu de culture biologique (levures, moisissures, bactéries...) et engendre la libération de gaz de fermentation : dioxyde et monoxyde de carbone, méthane, dihydrogène notamment.

Une zone de décontamination des tenues devra être mise en œuvre.

2.8.4. Les risques particuliers liés au bois

Lors d'une intervention sur une installation de stockage de bois il est primordial de connaître les caractéristiques des produits impactés :

- la taille des particules,
 - sciure, particules fines,
 - copeaux, particules moyennes,
 - plaquettes, grosses particules,
- le niveau de transformation du produit
 - 1^{ère} transformation = bois brut
 - 2^{ème} transformation = bois qui a subi un traitement (colle, vernis, solvant...)
 - 3^{ème} transformation = bois constituant les produits finis (meubles équipements etc...)



Plus le bois concerné par le sinistre a un niveau de transformation élevé, plus la dégradation thermique va générer des gaz toxiques (acide cyanhydrique notamment pour des bois de 2^{ème} et 3^{ème} transformation).

2.8.5. Les risques liés aux particules

Lors de la vidange du silo ou de sa rupture, des poussières fines peuvent être mises en suspension. Leur inhalation doit-être évitée à l'aide de masques de type FFP2 ou FFP3. Pour rappel les poussières dites alvéolaires ont un diamètre < 10 µm.



Le développement industriel tend à accroître la présence de nanoparticules sur les sites et dans les zones de stockage. Le port de l'ARI est requis ou à défaut le port d'un masque FFP3.

3. L'APPROCHE OPÉRATIONNELLE ©

3.1. La prise d'appel ©

Lors de la prise d'appel, des éléments clefs sont à rechercher :

- localisation / environnement proche
- nature de l'appel : type de sinistre ou accident, nombre de personnes/ victimes
- qualité du requérant : propriétaire, exploitant, surveillant du site, etc.
- facteurs aggravants : nombre d'appels, heure, contexte

Au-delà d'un départ reflexe, la réponse opérationnelle sera construite autour des renseignements du premier témoin.

En fonction des éléments recueillis, la sollicitation d'une équipe spécialisée USAR ou GMSP pourra être nécessaire.

3.2. Les réactions immédiates ©

- arrêter le flux de produit (arrêt des élévateurs à godets, transporteurs à chaîne, à bande...) ;
- isoler les différentes parties des installations pour éviter le risque de propagation de l'incendie ;
- couper les énergies dans la cellule sinistrée.

Dans le cadre des actions de mise en sécurité de ses installations, l'exploitant veillera à ce que seuls les circuits non nécessaires soient arrêtés. Il sera vigilant, en particulier, à ce que les automates et les circuits d'air comprimé, qui pourraient être nécessaires à l'intervention, ne soient pas systématiquement mis hors service.

L'exploitant doit faire un état des lieux de :

- la nature et la quantité des produits stockés,
- leurs caractéristiques et leur durée de stockage.

3.3. Les premières actions ©

3.3.1. Les périmètres de sécurité réflexes

	Zone d'exclusion	Zone public
silos plats	25 m	100 m
silos verticaux	50 m	300 m

Dans la phase réfléchie, on retiendra la réalisation d'un périmètre d'exclusion porté à **1,5 x la hauteur de l'installation** (ou ceux prévus dans les plans d'aide à l'intervention).

3.3.2. La prise de renseignements

Les principaux éléments à collecter sont :

- nature du produit, quantité de produit concerné par le sinistre, capacité de la cellule ?
- quelle est la situation actuelle ?
- quelles opérations (manutention, ventilation etc...) étaient en cours ?
- quelles circonstances ont conduit au sinistre ?
- quel est l'historique du stockage depuis son ensilage ?
- quelles actions de lutte ont été réalisées ou sont en cours ?
- quels sont les moyens d'observation, de mesures ou de prélèvements disponibles sur le silo ?

3.3.3. La coupure des flux

Dans le cas spécifique d'un sinistre dans un silo, la coupure de l'électricité ne doit être que partielle. Il est impératif de conserver les possibilités de manutention, d'éclairage du site, de thermométrie ou d'automatisme.

En collaboration avec l'exploitant, le COS doit s'assurer de la coupure des flux suivants :

Flux	Objectifs de la coupure
La manutention	Ne plus alimenter le foyer/cellule impactée en produit et ne pas en soutirer
L'aspiration de poussière	Couper le circuit et le désolidariser physiquement du reste des installations
La ventilation de conservation	Ne plus alimenter le foyer/cellule impactée en air frais

3.3.4. La reconnaissance

Elle doit être réalisée avec l'exploitant, les cheminements à l'intérieur des structures devront être réalisés en tenue de feu avec une protection respiratoire adaptée aux risques (poussières, fumées, etc.).



Un feu couvant pourra n'être décelable que par une odeur de brûlé ou une détection CO. Une caméra thermique aura du mal à identifier un foyer dans un stockage (caractère isolant du grain). Par contre, elle sera très efficace pour en localiser un isolé dans le circuit de manutention (en majorité métallique).

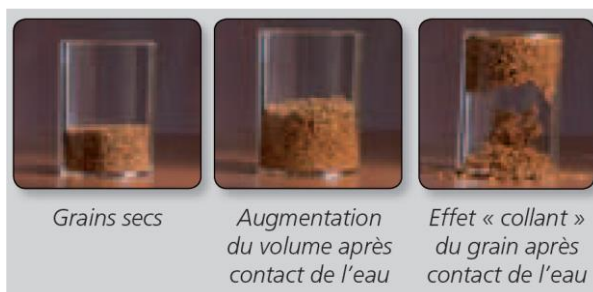
3.4. Les produits d'extinctions

L'intervention sur un sinistre entraînera généralement la vidange de la cellule, cependant en fonction de l'analyse des éléments relatifs au sinistre, les techniques d'interventions suivantes pourront être envisagées :

- l'utilisation spécifique de l'eau,
- l'utilisation de mousse,
- l'inertage.

3.4.1. L'utilisation spécifique de l'eau

L'eau pourra, en cas d'utilisation excessive, représenter une problématique majeure voire irréversible (augmentation du poids en cellule et risque d'éclatement du silo, manutention difficile, inertage éventuel délicat...). Les photos ci-dessous présentent le phénomène d'accroissement du volume du grain par le contact de l'eau.



Dans le cadre d'un sinistre en cellule de stockage de grains, l'eau peut être utilisée durant l'intervention notamment pour :

- coller les poussières et éviter leur mise en suspension ;
- maîtriser un incendie ;
- protéger les structures voisines ;
- protéger les équipements menacés (manutention en particulier) ;
- protéger la structure porteuse.



*L'utilisation de l'eau pour maîtriser un sinistre ne devra être envisagée que dans le cadre de l'extinction d'un feu directement accessible sur le grain, et être utilisée en très faible quantité, en jet diffusé. En revanche, **lors d'un feu au cœur, l'eau sera, à priori, à proscrire pour l'extinction.***

3.4.2. La mousse

L'objectif général de la mousse est de créer un tapis isolant entre le combustible et l'air. Il permet d'éviter l'arrivée d'air et la mise en suspension des fines poussières.

La mousse pourra être employée :

- pour coller les particules fines en haut de cellule en particulier lors de mouvements de grains,
- pour maîtriser un feu de surface,
- pour limiter la formation de mélanges explosifs.

Il est préférable d'utiliser de la mousse à **moyen foisonnement**. La mousse à bas foisonnement nécessite une utilisation importante d'eau et la mousse à haut foisonnement est trop « légère » pour progresser dans les cellules. La mousse devra être déposée à la surface des grains de manière uniforme et devra être entretenue tout au long de l'intervention, à titre indicatif :

- 10 cm pour une mousse à bas foisonnement,
- 40 cm pour une mousse à moyen foisonnement.

Les contraintes associées à cette technique sont notamment :

- la hauteur des installations qui entraîne des pertes de charge,
- la hauteur de mousse nécessaire,
- la projection de la mousse qui pourra, en fonction du diamètre de la cellule, être difficile à réaliser,
- la tenue de la mousse dans le temps,
- la détection des gaz qui sera limitée du fait du caractère isolant de la mousse,
- l'ajout de poids et une possible prise en masse du produit.



L'utilisation de la mousse est à privilégier dans le cadre d'un feu de surface d'oléagineux (colza, tournesol et soja) dont le comportement est identique celui d'un feu d'hydrocarbures.

3.5. L'inertage (Fiche MOD [INC.04 Assistance à l'inertage sur feu de silo](#))

L'inertage est envisageable lorsque les deux conditions suivantes sont réunies :

- feu à cœur (avec point chaud >60°C pour céréales),
- cellule fermée et étanche.

Cette technique consiste à injecter un gaz inerte (dioxyde de carbone ou diazote) pour faire baisser le taux de dioxygène. L'objectif de l'inertage, est à la fois de stopper le feu en le privant de comburant, et de prévenir le risque d'explosion. L'extinction d'un sinistre par injection de gaz inerte dans les cellules concernera des produits tels que les céréales, la luzerne, les produits oléo-protéagineux, etc... Pour le sucre, la farine ou l'amidon, cette technique n'est pas adaptée (absence de porosité).

Les conditions suivantes doivent en général être remplies pour envisager un inertage :

- le silo doit être suffisamment étanche,
- les points d'injection doivent être facilement accessibles et l'ensemble de la masse doit pouvoir être balayée.

Le gaz inerte doit être injecté en deux points distincts :

- **dans le ciel du silo** pour éviter une éventuelle explosion de gaz inflammables (il est possible d'injecter de la mousse à la place),
- **à la base du silo** pour balayer l'ensemble de la masse stockée.

L'injection doit être régulière pour éviter de mettre en suspension des poussières. L'opération peut parfois durer plusieurs jours.



Il conviendra en cas d'inertage de :

- *s'équiper d'EPI adaptés ;*
- *ne pas s'introduire à l'intérieur des cellules ;*
- *ne pas ouvrir d'orifices pour éviter l'arrivée d'air ;*
- *assurer un suivi avec un oxymètre à proximité immédiate des intervenants ;*
- *éviter d'injecter du gaz à l'état liquide pour limiter les risques électrostatiques, le givrage, et une expansion rapide du liquide.*

Le suivi du traitement de l'incendie nécessite la surveillance du ciel de la cellule au travers de mesure de la température, du taux de CO (évolution de l'incendie) et d'O₂ (efficacité et degré d'inertage).

L'inertage d'une cellule de stockage nécessite une quantité importante de gaz. Pour faciliter la mise en œuvre de cette opération, il est souhaitable qu'un échange préalable soit réalisé avec un fournisseur pour définir le type de gaz inerte à utiliser. Les conditions d'une livraison rapide d'une quantité de gaz suffisante, ainsi que les caractéristiques techniques (pressions d'alimentation, types de raccord, longueur des tuyaux...) seront à définir.



L'utilisation d'eau en amont de l'inertage peut entraîner des complications lors de l'intervention rendant l'inertage délicat voire inopérant du fait de la prise en masse du grain. La vidange devient alors impossible.

Différents paramètres devront être pris en compte avant de procéder à l'inertage. À ce titre, les éléments suivants sont à considérer :

- plus le volume à inerte est important, plus la quantité de gaz à prévoir est importante,
- la porosité de l'ouvrage : plus les parois sont poreuses, plus les pertes sont importantes,
- la température de la masse du grain : plus la température du grain est élevée, plus cette technique semble adaptée,
- le risque de prise en masse du grain : si de l'eau a été préalablement introduite, l'inertage peut être compromis du fait de la possible prise en masse du produit,
- pour lutter contre les feux à cœur, le taux d'oxygène doit être si possible inférieur à 8%.

Les contraintes associées à cette technique sont :



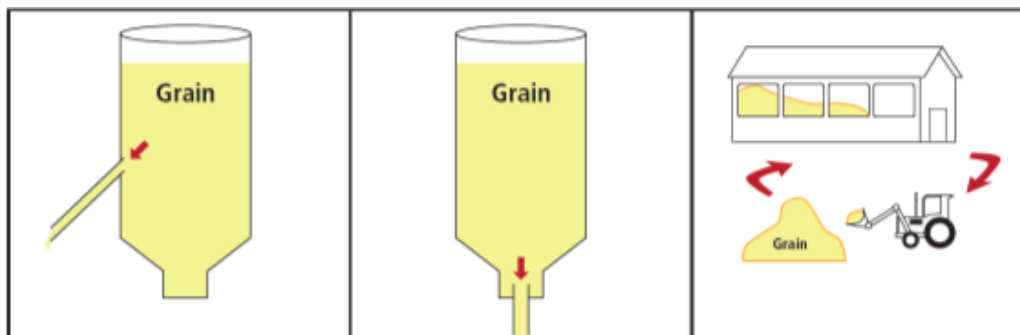
- *le délai d'approvisionnement parfois important du matériel,*
- *la mise en œuvre du réchauffeur et son maintien dans la durée,*
- *la capacité limitée des camions (de l'ordre de 30 m³),*
- *le risque cryogénique (brûlure par le froid),*
- *le risque d'asphyxie,*
- *le risque électrostatique,*
- *la longueur de tuyaux nécessaires.*

Pour toutes ces raisons, l'inertage ne doit pas systématiquement être mis en œuvre

3.6. La vidange

La vidange consiste à acheminer le grain vers l'extérieur et permet une action directe sur le grain.

La vidange du grain par le haut de la cellule pourra être privilégiée lorsque le point chaud est situé dans le haut de la cellule.



La vidange doit être réalisée soit sous atmosphère inertée, soit en veillant au maintien d'un tapis de mousse sur les produits. La chute possible des poussières accrochées sur les parois et la mise en suspension d'une partie des poussières est à redouter (risque d'explosion).

Il convient de noter que :

- la vidange du silo ne peut se faire que lorsqu'un réseau de mesures est mis en place, (surveillance permanente) et que l'état de la matière et les éléments de détection (caméra thermique, détecteur air) permettent de penser que tout risque d'explosion est minimisé.
- la surveillance visuelle du produit en sortie permet d'en parfaire l'extinction. Il conviendra d'arroser éventuellement le produit en jet diffusé si le risque d'incendie demeure ;
- l'inflammation des particules extraites du silo peut être observée, car elles se trouvent, brutalement, en présence d'une grande quantité d'air.

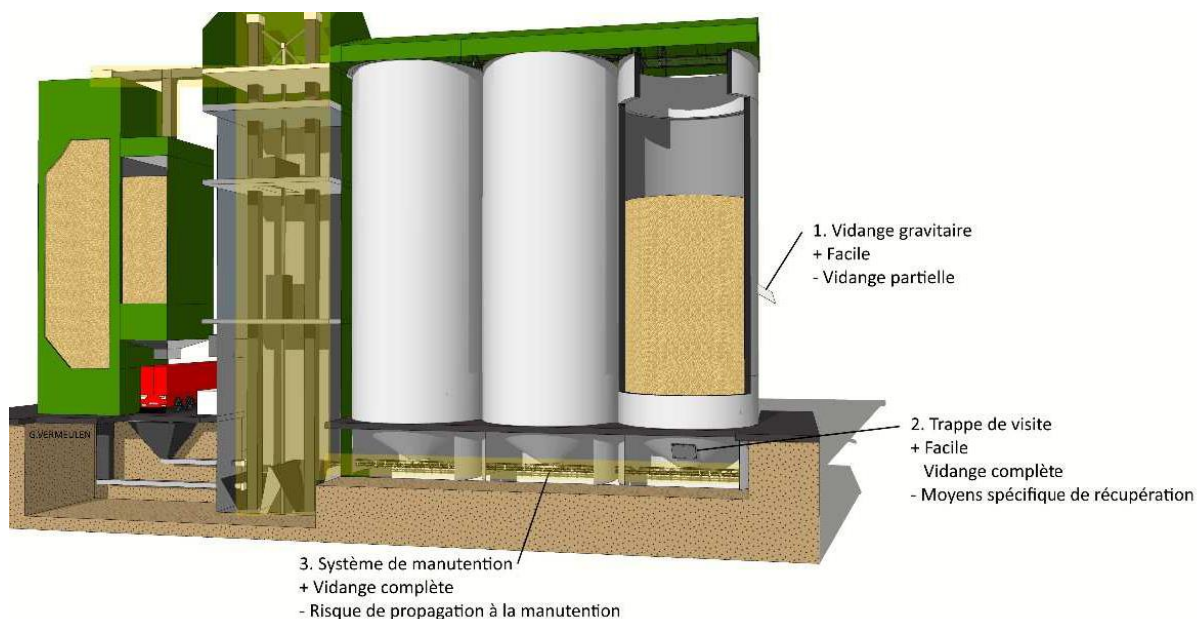


Le COS doit prendre en compte les phénomènes de mise en suspension de poussières au travers des ruptures de voutes et de cheminées, et s'assurer d'une vérification visuelle des installations pour employer la notion de silo « vide ou vidangé ».

3.6.1. Le dispositif de vidange



Pour les céréales	
si $T < 40^{\circ}\text{C}$	La vidange est possible
si $40^{\circ}\text{C} < T < 60^{\circ}\text{C}$	La vidange douce est possible en surveillant les détections de gaz
si $T > 60^{\circ}\text{C}$	La vidange <u>est interdite</u> , l'inertage est possible



Vidange	Méthodologie opérationnelle	Risques liés aux infrastructures	Risques liés aux intervenants
Vidange Gravitaire	Nécessite la création d'un accès Solution la plus simple à mettre en œuvre. Ne permet une vidange qu'au niveau d'accès Vidange non-intégrale	Effet de voûte	Exposition du personnel lors de la réalisation de la percée Effet de poussée du grain Ruine de la structure Chute de hauteur
Trappe de visite/percée	Nécessite la création d'un accès Si absence de trappe de visite, la découpe doit-être limitée (stabilité de la structure) Vidange intégrale	Effet de voûte + Risque de déséquilibre de la structure	Exposition du personnel lors de la réalisation de la percée Effet de poussée du grain Ruine de la structure Chute de hauteur Flash thermique possible
Système de manutention	Nécessite une succession de précautions car du grain incandescent est renvoyé dans le dispositif de manutention existant Solution à ne mettre en œuvre qu'en dernier recours	Propagation des points chauds Effet de voûte. Risque d'incendie ou d'explosion au niveau des filtres (si non isolés physiquement) Explosion de gaz	Accumulation de gaz de combustion

3.6.2. Le dispositif hydraulique lors de la vidange par le système de manutention



- en partie haute, un tapis de mousse va empêcher la mise en suspension des poussières. Les générateurs à mousse ne permettent pas de projeter du haut foisonnement suffisamment loin pour recouvrir toute la surface d'une cellule. C'est pour cela que dans un 1^{er} temps, on projette du bas foisonnement pour « beurrer » les parois, pour ensuite recouvrir la surface de moyen foisonnement. Ce tapis doit être, si nécessaire, maintenu au fur et à mesure de sa destruction. Une attention particulière doit-être portée sur les volumes d'eau projetés afin de ne pas provoquer des prises en masse.
- une LDV est mise en place en partie basse au niveau du soutirage de la cellule. Celle-ci aura pour effet d'humidifier le transporteur à chaîne où les grains incandescents vont tomber et de limiter une remise à l'air frais du foyer trop rapide qui pourrait générer un violent embrasement.
- une LDV au pied et une autre en tête de l'élévateur en jet diffusé, par intermittence si nécessaire, permettront de garantir la fonctionnalité de la bande en caoutchouc.
- une LDV « transport » permettra l'extinction complète des grains avant leur évacuation par un engin.

3.6.3. La conduite opérationnelle

- pour la sécurité des personnels, les ceinturons, sangles, lignes guides et tous les accessoires flottants sont à proscrire lors du fonctionnement des appareils de manutention.
- la surveillance du soutirage ne doit jamais être relâchée.
- la relève des personnels doit s'effectuer sur le poste il faut donc anticiper ce changement afin de ne pas interrompre la continuité de la manutention et du soutirage car il est très difficile de le redémarrer en charge.
- toutes les LDV devront être utilisées en jet diffusé.
- chaque point d'attaque devra être armé d'un personnel :
 - sous ARI,
 - muni d'un explosimètre/détecteur CO,
 - d'un détecteur O₂,
 - d'une caméra thermique (lecture surfacique)
 - d'un ERP ATEX (des VIRT) ou non ATEX protégé dans une housse étanche.
- afin d'éviter toute glissade, les personnels affectés à la manœuvre de la lance à mousse doivent aménager un dispositif de protection contre les chutes.

3.7. Le feu dans une cellule de stockage

3.7.1. Le feu à cœur

Ces interventions doivent faire l'objet d'une large réflexion et d'une planification du fait de leur cinétique lente. Le COS et l'exploitant doivent, en fonction des enjeux, définir une stratégie d'extinction. Deux points ne doivent jamais être perdus de vue :

- pas d'eau (directement dans le stockage de grain),
- pas de poussière en suspension.



Le mauvais réflexe serait de projeter de l'eau directement sur le grain qui gonflerait, entraînant l'impossibilité de son soutirage et le risque de ruine de la structure. La présence d'humidité déclenche également une fermentation qui génère des gaz inflammables.

L'extinction complète ne peut être réalisée que par la vidange totale de la cellule.

3.7.2. La spécificité du feu de surface

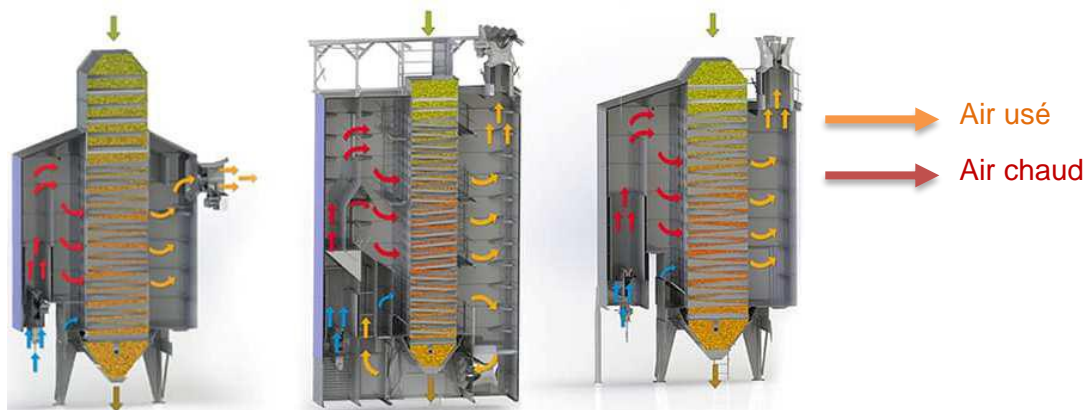
La conduite d'une intervention avec un feu de surface est sensiblement la même que pour un feu à cœur si ce n'est que le sinistre est visible et que l'on peut donc avoir facilement une action d'extinction directe avec de l'eau pulvérisée ou de la mousse.

3.8. Le feu de séchoir

En plus des premières actions réflexes il faudra :

- s'assurer que l'exploitant a mis en œuvre les actions suivantes, les faire réaliser le cas échéant :
 - coupure des brûleurs, ventilateurs et de l'alimentation en grain humide ;
 - fermeture des vannes gaz ou fioul qui alimentent les brûleurs ;
 - préparation du circuit de vidange vers l'extérieur (trappe vide-vite ou de manutention),
 - déclencher l'aspersion d'eau sur la zone de surchauffe ;
- isoler physiquement le transporteur à chaîne d'alimentation en grain humide afin d'éviter une remontée de gaz chauds et fumées dans le silo ;
- surveiller la température de la cellule grain sec (augmenter les cycles de silothermométrie) ;
- dans le cas des oléagineux envisager la vidange de la cellule de grain sec à l'extérieur ;
- ne pas couper l'alimentation électrique, pour conserver la manutention du grain sec et les organes de sécurité, sauf en cas d'embrasement généralisé.

3.8.1. Les feux dans les colonnes d'air chaud ou usé



Il convient d'arrêter les brûleurs et de vidanger le séchoir afin d'accéder en toute sécurité aux trappes ou portes de visite de la colonne d'air.

3.8.2. Les feux dans la colonne de séchage

La vidange à l'extérieur du séchoir est impérative. L'objectif consiste à éteindre le produit incandescent au fur et à mesure de l'extraction. (Un dispositif de vide-vite ou de manutention via un circuit court peut-être présent).

Dans le cas contraire, la méthode à mettre en œuvre sera la même que pour un feu à cœur d'une cellule de stockage, avec en complément un dispositif de refroidissement du séchoir, afin d'éviter la ruine de celui-ci sous l'effet de la chaleur.



Une attention particulière doit-être portée à la résistance mécanique de la structure (déformation, coloration des tôles...). Le risque de rupture doit-être pris en compte lors de la définition du dispositif d'attaque, ainsi que les effets dominos sur le reste des installations (passerelles, manutention, silo...).

Si le séchoir tout entier est en combustion et qu'il est impossible de le vidanger, alors la seule solution est le noyage massif de celui-ci. Les points d'attaque et de vidange devront être percés au travers des tôles.



Toute découpe du séchoir devra être validée en concertation avec l'exploitant. En parallèle des opérations sur celui-ci, il faut avoir une vigilance sur l'évolution de la température dans la cellule de grain sec.

4. LA MONTÉE EN PUISSANCE DU COMMANDEMENT ©

Les interventions pour feux de silo sont longues et délicates. La montée en puissance du commandement est le plus souvent nécessaire :

- Engager un PC de colonne et l'encadrement associé ;
- Solliciter en tant que de besoin un conseiller technique spécialisé dans les interventions en silo, (via le COZ avec le réseau RADART puis le COGIC pour une MASC) ou à défaut un chef CMIC ;
- Informer le cadre USAR et le cadre RT pour identifier la nécessité d'engager les équipes spécialisées nécessaires ;
- Mettre en place un binômages SP et exploitant aux différents niveaux suivants :

	Binôme de commandement	Binôme chantier	Binôme anticipation
Niveau SP	COS	Chef du secteur vidange	CT interventions en silo ou chef CMIC
Niveau exploitant	Directeur site	Technicien du site	Technicien du site
Objectifs du binôme	Définition des objectifs, de la stratégie opérationnelle et des idées de manœuvre	Mise en œuvre des idées de manœuvres validées par le COS en étroite collaboration avec les autres secteurs	Définitions des situations envisageables et proposition des idées de manœuvre au COS

Une sectorisation fonctionnelle pourra comprendre les secteurs suivants

- lutte contre l'incendie (tapis de mousse, LDV en protection de la vidange...)
- détection/réseau de mesures
- vidange
- soutien (SSO, logistique...)

5. ANNEXES

Annexe 1 – Fiche MOD INC.03	35
Annexe 2 – Fiche MOD INC.04	36
Annexe 3 – Fiche MOD SAP.04	38
Annexe 4 – Abaque des effets de surpression en fonction du volume du silo.....	40
Annexe 5 – Glossaire	40

Annexe 1 – [Fiche MOD INC.03](#)



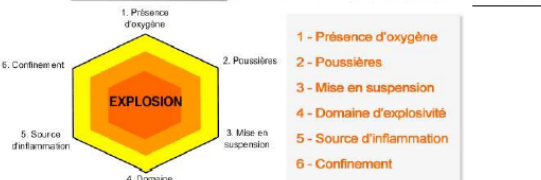
NDO 14

Annexe 1

MÉMENTO OPÉRATIONNEL DÉPARTEMENTAL

INC.03

Feu de silo

Famille de Grains		Blé - Orge - Avoine - Riz - Maïs - Seigle - Triticale (Blé sauvage) Tournesol - Colza - Soja Pois - Féveroles - Lupin (graine rustique)			
		Céréales Oléagineux Protéagineux			
Type de Silo	Silos dits "Tours" ou "Verticaux"				
	Silos dits "Plats" ou "Horizontaux" (H < 10m de la jambe droite béton)				
Risques Principaux	Ruine du Silo avec enseveli(s) Explosion de poussières en suspension (hexagone)				
Moyens spécifiques	FPT avec caméra thermique + explosimètre MEA ou BEA Moyens de production de mousse HF (FOMAX ou TURBEX ou VHA) VIRT moyens de détection O2 / CH4 / H2 / H2S + thermomètre laser CCGP (lance canon + lance MF) - CED - CEM SMV (lance MF)				
Conduite Opérationnelle FEU DE SILO	1.Stationnement et périmètres de sécurité REFLEXE	Silo vertical	Exclusion = 50m Public = 300m	Silo plat	Exclusion = 50m Public = 100m Ne pas stationner ou se situer dans l'axe des événements
	2. Reconnaissance, qualification et protection	S'assurer de l'évacuation des employés et tiers à proximité (entreprises, habitations) Type de Silo - Composition structurelle du silo (béton, métal) Nature du contenu - Niveau de remplissage - Granulométrie (particules fines = risque élevé) Configuration (trappe de visite, accès partie haute, événements d'explosion, cône de vidange) Système d'extinction fixe (si inertage) - Sondes thermiques (T°C) - Détection fixes (O2, CO, CH4, H2, H2S) Feux possibles <i>INC couvant dans la masse (combustion lente)</i> <i>INC de surface (combustion vive)</i> Coupure ventilation et énergies (gaz) mais conserver électricité pour manutention et automatismes Engagement binôme reconnaissance partie Haute / Basse : TENUE DE FEU/ARI + EXPL + TOXIMETRE + THERMOMETRE LASER + CAMERA TH. Paramètres à relever : CH4 - O2 - H2 - H2S - CO (combustion ? si Taux CO ?) Consulter les sondes thermiques (grands principes) Pour les céréales Si T < 40°C = vidange possible Si 40°C < T < 60°C = vidange lente de la cellule possible Si T > 60°C = vidange impossible mais inertage réalisable Affiner la localisation de la zone de combustion au moyen d'une caméra thermique et/ou thermomètre laser et des sondes			
	3.Actions Tactiques :	Solution N°1 = NEUTRALISATION ET VIDANGE (T < 60° C) ⇒ Refroidir la structure extérieure du silo si métallique (LDV - LCP - Lance Crapeau) = assurer stabilité mécanique ⇒ Neutraliser les poussières en partie haute avec un générateur à mousse (privilégier MF avec mini 40 cm de mousse) Par une projection de mousse moyen foisonnement = Lance MF (Armement CCGP + CEM SMV) ou par une projection de mousse haut foisonnement = Dispositif avec Turbex ou Fomax sur MEA et FPT ou envisager la mise en œuvre d'une lance bourgeois ou Gerico (CSP ROM) = atteindre masse en combustion ⇒ Vidange à faible débit à systématiser (Toute masse en mouvement génère des poussières) ⇒ Moyens hydrauliques en partie basse à utiliser par intermittence en Jet Diffusé de Protection (LDV) ⇒ Contrôler : CH4 - O2 - CO - H2 - H2S et prévoir remorques et bennes pour transfert ⇒ Contrôle post vidange = explosimètre, toximètre et contrôle caméra thermique, visuelle ⇒ Anticiper sur la gestion des effluents et optimiser les ressources en eau et le potentiel hydraulique			
	3.Actions Tactiques :	Solution N°2 = NEUTRALISATION-INERTAGE AZOTE-VIDANGE (T > 60° C) (délai d'acheminement entre 6 et 12 heures - coût 150 000 euros) ⇒ Opération de longue durée et intervention d'un spécialiste (SDIS demande à l'industriel la prise en charge) ⇒ Refroidir la structure extérieure du silo (LDV) = assurer stabilité mécanique ⇒ Neutraliser les poussières en partie haute par la mise en œuvre d'un générateur à mousse Par une projection de mousse moyen foisonnement = Lance MF (Armement CCGP + CEM SMV) ou par une projection de mousse haut foisonnement = Dispositif avec Turbex ou Fomax sur MEA et FPT ⇒ Prévoir zone accueil évaporateur (ou réchauffeur) à proximité silo en dehors circuit de vidange ⇒ Avant injection Azote, s'assurer de l'étanchéité de la cellule (au besoin, bouchon de fortune) ⇒ Prévoir dispositif pour mise en place demi-raccord ø40 en partie basse et haute ⇒ Partie basse demi-raccord ø40 à l'arrivée ventilation de la cellule (éloigné cône de vidange) ⇒ Partie haute demi-raccord ø40 au niveau de la trappe de visite ⇒ L'opération de vidange à faible débit débute si le taux O2 est le + bas et stabilisé dans le temps (plusieurs heures) ⇒ Moyens hydrauliques en partie basse à utiliser par intermittence en jet diffusé de protection (1 à 2 LDV) ⇒ Paramètres à contrôler : CH4 - O2 - CO - H2 et prévoir remorques et bennes pour transfert ⇒ Contrôle post vidange = explosimètre, toximètre et contrôle caméra thermique, visuel			
					



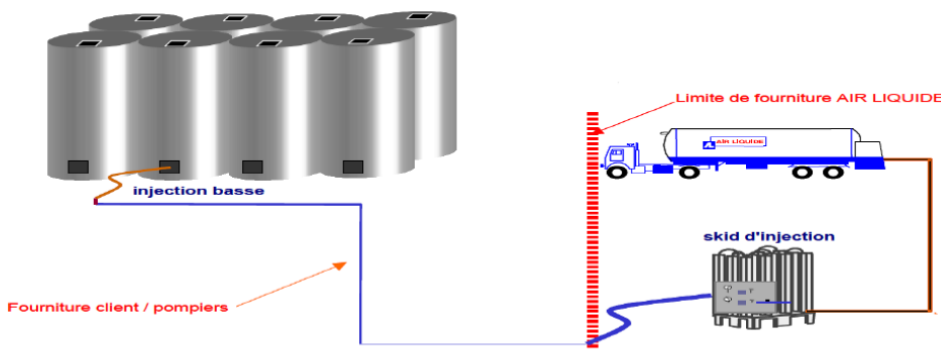
Création : 11/2015
Mise à jour : 02/2018

Service Départemental d'Incendie et de Secours de la Drôme

Page | 1 sur 1




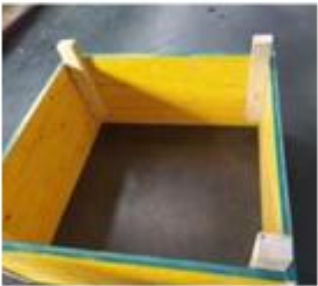




Annexe 2 – Fiche MOD INC.04	NDO 14 Annexe 2
---	---------------------------

MEMENTO OPERATIONNEL DEPARTEMENTAL Assistance à l'inertage sur feu de silo		INC.04
Introduction	<p>Doctrines d'assistance à l'inertage en situation de feu de silo développée à partir de la documentation AIR LIQUIDE</p> <p>Coût estimé : 150 000 €</p> <p>La prise en charge financière doit être réalisée par le demandeur (Propriétaire ou exploitant du silo) et la Mission d'Appui de la Sécurité Civile (MASC) doit être demandée</p>	
Activation de la procédure d'inertage	<p>En cas de feu avéré sur un silo, l'action tactique visant à inertiser le silo à l'azote ou au CO2 peut-être recherchée (INERIS).</p> <p>L'engagement opérationnel d'une société privée nécessaire à cette action doit-être initiée par la société exploitante du silo et par l'intermédiaire de la Préfecture. Le CODIS a pour vocation de renseigner l'autorité préfectorale et faciliter le déroulement des opérations de secours.</p>	
Inertage à l'azote par une vaporisation de l'azote liquide		
Equipement des silos	<p>Les cellules des silos doivent être préalablement équipées de piquages pour injecter l'azote gazeux (injecteur + « canalisation/flexible »)</p> <p>⇒ En pratique, tuyaux et demi-raccord ø40 devront être installés en partie haute et basse du silo</p>	
Mise en œuvre du skid de vaporisation de l'azote liquide	<p>AIR LIQUIDE a développé un skid de vaporisation de l'azote liquide en azote gazeux. Sans système adéquat de vaporisation de l'azote, l'injection à partir de la citerne d'azote liquide (à très basse température) provoque souvent des prises en glace dans la ligne de transfert et bloque l'inertage.</p> <p>Délai d'acheminement sur intervention : entre 6 et 12 heures.</p> <p><u>Ce système d'injection allie :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- 3 réchauffeurs atmosphériques dimensionnés pour permettre la vaporisation d'azote liquide à fort débit (300 m3/h)- une platine fluide permettant le contrôle de l'injection. <p><u>Ce skid est particulièrement adapté à cette application car :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Il peut être facilement transporté (des passages de fourches pour un chariot élévateur et des anneaux de levage pour une grue sont intégrés au châssis)- Il n'y a pas d'énergie électrique à apporter pour son fonctionnement	
Conduite à tenir	<p>L'inertage se fait d'abord en point haut du fait de la présence potentielle de poussières (sauf si le sommet a déjà été recouvert d'un tapis de mousse)</p> <p>Puis l'inertage se fait dans la masse de grain (par le bas) afin d'éteindre le feu et l'inertage est maintenu afin d'éviter la reprise de feu.</p> <p><u>Schéma de l'installation d'inertage à l'azote</u></p> 	
Contacts	AIR LIQUIDE	N° D'URGENCE : 0 825 887 913
	BINDER ENGINEERING GMBH	N° : +49 731 968 26 WEB : binder-engineering.de
	MELLI AUTOMAZIONE	N° : +39 039 88 41 05 MAIL : costmell@tin.it
	NITRON EUROPE	N° : +35 46 71 333 MAIL : info@ntron.com
Création : 11/2015 Maj prévue : 11/2015		Page 1 sur 1



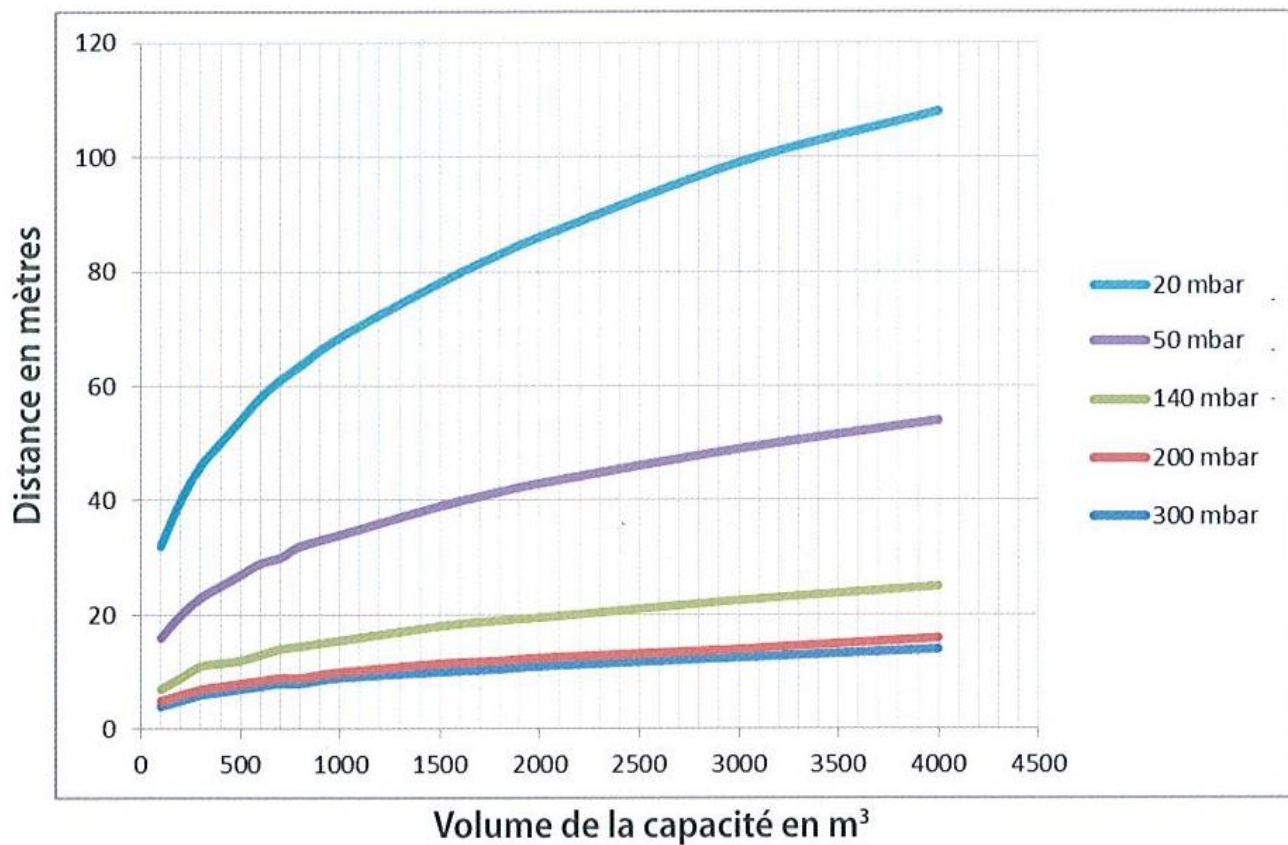
Annexe 3 – Fiche MOD SAP.04 ©	NDO 14 Annexe 3
---	---------------------------

MEMENTO OPERATIONNEL DEPARTEMENTAL Accident de personne dans un silo	SAP.04
Description	<p>Les silos à grains représente un risque pour les exploitants mais également pour les intervenants SP.</p> <p>De nombreux accidents apparaissent lors des opérations de maintenance ou de contrôle, de part :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Structure du grains</u> : les grains se comporte comme des sables mouvants. Cet écoulement libre prend naissance notamment <u>lors de la mise en mouvement</u> d'une vis de vidange ou de l'ouverture d'une trappe. • <u>Composition du grains</u> : possible dégradation de la matière (fermentation, combustion, ...) dégageant ainsi des gaz toxiques.
Risques	<p>➤ Risque ensevelissement (Victime visible)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le grain en mouvement  <ul style="list-style-type: none"> • L'agglomération des grains (effet voûte ou vague)  <ul style="list-style-type: none"> • Le glissement de grains  <p>➤ Risque ensevelissement (Victime non-visible)</p> <p>➤ Risque toxique / anoxie (phénomène de fermentation)</p>
Moyens opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sollicitation équipe spécialisée USAR ✓ Berce SD Montélimar ou St Marcel les Valence ✓ Montage : 1 Unité USAR (1 USAR 2 + 6 USAR 1) ✓ Matériels : Coffrage + stabilisation  
Création : 07 / 2022 Màj :	 Service Départemental d'Incendie et de Secours de la Drôme <div>Page 1 sur 1</div>

Annexe 4 – Abaque des effets de surpression en fonction du volume du silo

NDO 14

Annexe 4



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

Annexe 5 – Glossaire

NDO 14

Annexe 4

ARI

Appareil respiratoire isolant

ATEX	Atmosphère explosive
BF	Bas foisonnement
CMIC	Cellule mobile d'intervention chimique
COGIC	Centre opérationnel de gestion interministériel des crises
COS	Commandant opération de secours
COZ	Centre opérationnel de zone
CT	Conseiller technique
DGSCGC	Direction de la sécurité civile et de la gestion des crises
EPI	Équipement de protection individuel
ERP	Émetteur récepteur portatif
FFP	Filtering facepiece particles
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
LDV	Lance à débit variable
LIE	Limite inférieure d'explosivité
LSE	Limite supérieure d'explosivité
MASC	Mission d'appui de sécurité civile
MF	Moyen foisonnement
PC	Poste de commandement
PEHD	Polyéthylène haute densité
PS	Polystyrène
PU	Polyuréthane
PVC	Polychlorure de vinyle
RADART	Réseau national d'aide à la décision et d'appui face aux risques technologiques
SSO	Soutien sanitaire opérationnel
TB	Transporteur à bande
TC	Transporteur à chaîne
VIRT	Véhicule d'intervention face aux risques technologiques
VSO	Véhicule de Soutien à l'Opérationnel