



C.A.PRO.GA.
La Meunière

PARTIE 2

ÉTUDE DE DANGERS

SOMMAIRE

1	METHODOLOGIE DE L'ANALYSE – LES DIFFERENTES ETAPES	1
1.1	Processus de maîtrise des risques	1
1.2	Identification des dangers	2
1.3	Estimation du risque	2
1.3.1	La méthode AMDEC	2
1.3.2	Grille de criticité	3
1.3.3	Tableaux d'analyse de risques	5
1.4	Étude des scénarios d'accidents majeurs (résiduels)	5
1.4.1	La méthode du Nœud Papillon	6
1.5	Évaluation des scénarios résiduels (AM du 29/09/2005)	7
1.5.1	Détermination de la gravité de l'accident majeur :	8
1.5.2	Cinétique des phénomènes dangereux :	11
1.5.3	Grille de criticité	12
1.5.4	Critères d'exclusion du Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT)	13
1.6	Déroulement de l'analyse des risques du site de Saint Hilaire sur Puiseaux :	14
1.6.1	Principe de l'analyse des risques internes	14
1.6.2	Réalisation de l'analyse des risques internes	14
2	ACCIDENTOLOGIE	15
2.1.1	Accidentologie générale aux explosions	15
2.1.2	Accidentologie générale silo	16
2.2	Retour d'expérience interne à la C.A.PRO.GA La Meunière	18
3	IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS :	19
3.1	Dangers externes :	19
3.1.1	Dangers liés à l'environnement naturel :	19
3.1.2	Dangers liés aux voies de communication :	21
3.1.3	Dangers liés à l'environnement humain :	22
3.2	Dangers liés aux produits	23
3.2.1	Grains	23
3.2.2	Poussières :	27
3.2.3	Autres produits :	33
3.3	Dangers liés aux procédés utilisés	39
3.3.1	Dangers liés au stockage de grains	39
3.3.2	Dangers liés aux activités annexes	63
3.4	Intérêts à protéger	68
3.4.1	Habitats, lieux publics ou privés les plus proches	68
3.4.2	Points d'eau, captages	69
3.4.3	Zones naturelles protégées	69
3.4.4	Voies de communication	69
3.4.5	Conclusions sur les intérêts à protéger	70
3.5	Tableau de synthèse et conclusions de l'analyse des dangers	70
3.5.1	Dangers liés à l'environnement naturel et humain	70
3.5.2	Dangers liés aux activités	70
3.5.3	Événements redoutés	71
3.5.4	Cinétiques des événements redoutés	71
3.6	Réduction des potentiels des dangers et risques	72
4	ANALYSE DES RISQUES	73
4.1	Tableaux d'analyse des risques	73
4.2	Exploitation des tableaux d'analyse des risques	76
4.2.1	Analyse des risques liés aux installations :	76
4.2.2	Explosion primaire de poussières dans un équipement classé ATEX (filtre et élévateurs)	77
4.2.3	Explosion secondaire	79
4.3	Autres scénarios :	79
5	EVALUATION DES CONSEQUENCES ET DES NIVEAUX DE PROBABILITE DES SCENARIOS MAJORANTS :	80
5.1	SC1 et SC2 : Explosion primaire dans un filtre Zone ATEX 21 ou dans un élévateur en Zone ATEX 22 :	80
5.1.1	Description de l'événement redouté :	80
5.1.2	Hypothèses :	80

5.1.3	Conséquences : détermination des distances d'effets :	82
5.1.4	Evaluation des conséquences des effets de flamme.....	83
5.1.5	Evaluation des conséquences des projections :	83
5.2	SC3 : Effondrement des cellules :	84
5.2.1	Description de l'événement redouté :	84
5.2.2	Hypothèses :	86
5.2.3	Conséquences : détermination des distances d'effets :	86
6	CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX :	87
6.1	Étude du scénario 1 :	87
6.1.1	Nœud de papillon et mesures de prévention / protection :	87
6.1.2	Étude du scénario 2 :	89
6.1.3	Étude du scénario 3 :	91
6.1.4	Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 3 :	92
7	CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX :	93
7.1	Évaluation des scénarios résiduels.....	93
8	MAITRISE DES RISQUES – MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION	94
8.1	Détermination des barrières « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR) pour les activités du site	94
8.1.1	Scénarios étudiés.....	95
8.1.2	Identification des fonctions MMR	95
8.1.3	Identification des barrières MMR	95
8.1.4	Examen des performances des mesures de sécurité.....	95
8.1.5	Maintien des performances des barrières MMR	97
8.1.6	Groupe de travail.....	97
8.1.7	Fonctions et barrières MMR sélectionnées par le groupe de travail :	98
9	ORGANISATION GENERALE DE LA PREVENTION ET DES SECOURS	103
9.1	Moyens mobilisables propres à l'établissement	103
9.1.1	Moyens extérieurs mobilisables	104
9.1.2	Organisation de l'alerte et de l'intervention	106
9.2	Organisation du retour d'expérience	107
9.2.1	Généralités	107
9.2.2	Outils mis en place par l'établissement.....	107
10	CONFORMITE A L'ARRETE MINISTERIEL DU 29 MARS 2004 MODIFIE :	108

1 METHODOLOGIE DE L'ANALYSE – LES DIFFERENTES ETAPES

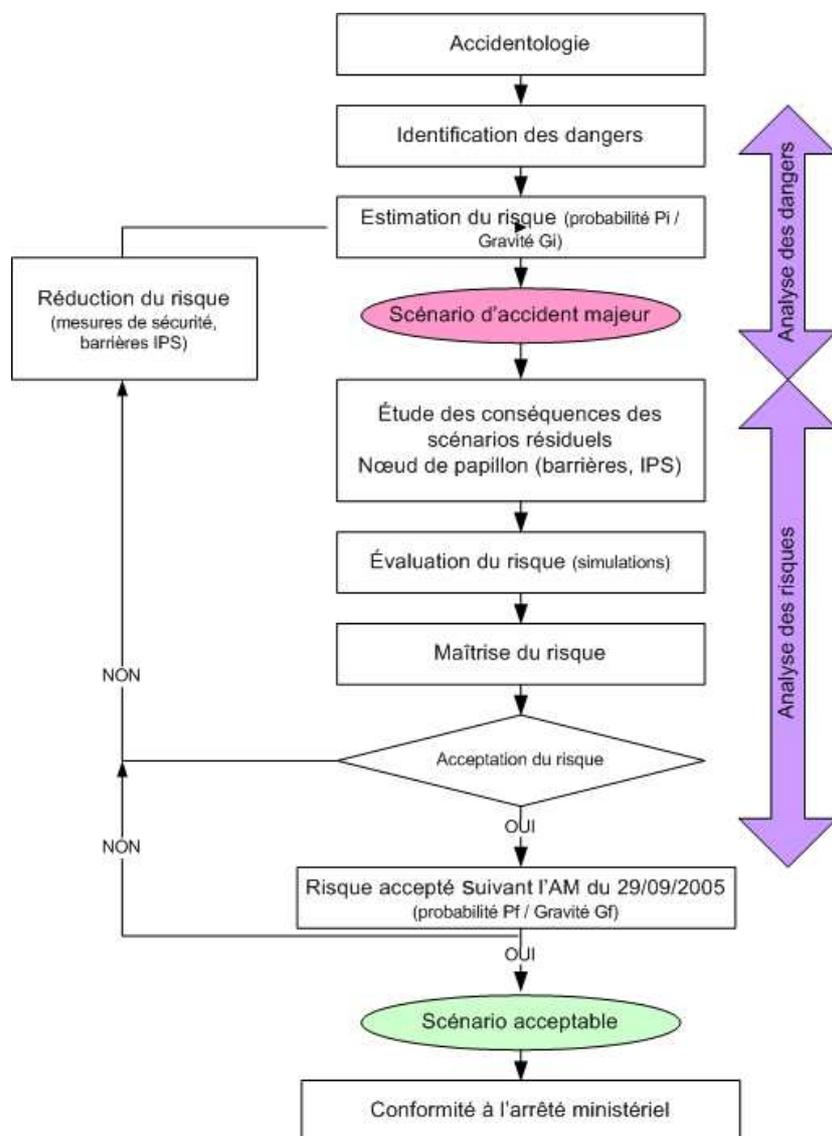
Ce paragraphe est la présentation complète de la méthode utilisée pour l'analyse des risques et dangers en détaillant les différentes étapes.

L'analyse préliminaire des dangers est composée en premier lieu d'informations générales puis des données spécifiques au site.

1.1 Processus de maîtrise des risques

La maîtrise des risques repose sur les étapes suivantes (voir figure suivante) développées dans les chapitres ci-dessous :

1. Identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens ;
2. Estimer les risques en tenant compte des mesures de sécurité existantes ;
3. Comparer le niveau de risque estimé à un niveau jugé acceptable ;
4. Mettre en place de nouvelles mesures de manière à réduire le niveau de risque si celui-ci est jugé inacceptable.



1.2 Identification des dangers

L'identification des dangers est la première étape du processus de maîtrise des risques.

Un danger est défini comme un phénomène pouvant provoquer intrinsèquement des conséquences négatives (gravité).

Elle se déroule selon les étapes suivantes :

1. Analyse de l'accidentologie ;
2. Identification et caractérisation des potentiels de dangers (gravité) ;
3. Réduction des potentiels de dangers ;
4. Identification des événements redoutés majeurs

Cette identification exhaustive des dangers est obtenue par l'utilisation de la méthode déterministe d'analyse préliminaire des dangers.

L'ensemble des dangers suivants sont étudiés, identifiés, analysés et les conséquences définies :

- Dangers naturels liés à l'environnement ;
- Dangers liés aux produits (grains, poussières et produits phytosanitaires et produits combustibles)
- Dangers liés aux procédés (stockage grains, stockage de produits phytosanitaires, et activités annexes) suivants les différents modes de fonctionnements (normal, dégradé et accidentel)
- Effets dominos
- Intérêts à protéger
- Accidentologie

1.3 Estimation du risque

A partir des dangers identifiés, le groupe de travail identifie, analyse et évalue les risques à partir de l'AMDEC.

Les mesures de prévention existantes ou nécessaires pour maintenir ou rendre le risque acceptable sont identifiées (réduction du risque).

1.3.1 La méthode AMDEC

La méthode utilisée est de « type AMDEC » ;

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (annotée AMDEC) est une méthode inductive qui permet d'identifier tous les modes de défaillance ayant un effet sur la sécurité. Elle consiste à effectuer en premier lieu un recensement exhaustif des modes de défaillance des équipements d'un système puis à envisager leurs conséquences. Cette méthode aboutit à l'estimation semi-quantitative de la criticité des défaillances redoutées.

L'analyse s'effectue selon les étapes suivantes :

- Décrire et découper le système étudié : les différentes activités de l'établissement sont découpées en différents « équipements » (découplage fonctionnel) ;
- Identifier les modes de défaillance suivants les différents modes de fonctionnements (normal, dégradé et accidentel) de chaque équipement (panne, variation, phénomène dangereux, dysfonctionnements, ...) ;
- Identifier les causes possibles ;
- Identifier les conséquences ;
- Présenter les mesures existantes aptes à éviter l'apparition de la défaillance ou à en limiter les effets ;
- Mesurer le risque à partir d'une estimation initiale de la probabilité et de la gravité de la défaillance ;
- Repérer les événements critiques, qu'il convient de maîtriser en priorité.

L'évaluation quantitative des défaillances est réalisée en déterminant la criticité des défaillances.

Pour cela, chaque entreprise établit son référentiel déterminant les classes, ou les niveaux, de gravité de 1 (pas de conséquence) à 6 (conséquences les plus graves).

La criticité (C) d'une défaillance est appréciée par la combinaison des niveaux de gravité (G) et de fréquence (F).

Elle s'exprime par le couple G-F qui peut varier de 11 (criticité la plus faible : F=1 : peu fréquent, et G=1 : pas de conséquences) à 66 (criticité la plus forte : F=6 : très fréquent, G=6 : conséquences les plus graves).

1.3.2 Grille de criticité

Une estimation semi-quantitative des risques peut être réalisée à l'aide d'une grille de criticité. Cette grille permet d'estimer la probabilité et la gravité de la défaillance et de juger de l'acceptabilité du danger.

La grille de criticité adoptée par l'établissement est présentée à la page suivante :

- La probabilité est estimée sur une échelle de 1 (extrêmement rare) à 6 (très fréquent) ;
- La gravité est estimée sur une échelle de 1 (effet négligeable) à 6 (effet catastrophique) ;
- La criticité s'exprime par le couple probabilité-gravité et définit 3 zones :
 - o Une zone acceptable pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes ;
 - o Une zone critique pour laquelle des mesures renforcées sont à définir ;
 - o Une zone inacceptable.

Probabilité											
Très fréquent	Phénomène répétitif pouvant survenir plusieurs fois par an dans la vie de l'installation	6									
Assez fréquent	Phénomène occasionnel pouvant survenir une fois par an dans la vie de l'installation	5									Zone inacceptable
Peu fréquent	Phénomène pouvant survenir tous les 5 ans dans la vie de l'installation	4									Zone critique
Probable	Phénomène pouvant survenir au moins une fois dans la vie de l'installation	3									
Rare	Phénomène vraisemblable mais rarement rencontré	2									Zone acceptable
Extrêmement rare	Phénomène peu vraisemblable ou jamais rencontré	1									
Niveau de gravité			1	2	3	4	5	6			
Gravité			Effet négligeable	Effet mineur	Effet significatif	Effet sérieux	Effet majeur	Effet catastrophique			
Effet sur l'installation, la sécurité et l'environnement.			<p>Dommages négligeables pour l'installation. Pas de dommages pour les personnes. Les personnes visées sont l'ensemble des personnes présentes dans l'installation (travailleurs) ou ceux à proximité ou au voisinage de l'installation (tiers). Pas de dommages pour l'environnement</p>	<p>Dommages très faibles pour l'installation. Dommages négligeables pour les personnes. Les personnes visées sont l'ensemble des personnes présentes dans l'installation (travailleurs) ou ceux à proximité ou au voisinage de l'installation (tiers). Pas de dommage pour l'environnement</p>	<p>Dommages faibles pour l'installation. Dommages très faibles pour les personnes. Les personnes visées sont l'ensemble des personnes présentes dans l'installation (travailleurs) ou ceux à proximité ou au voisinage de l'installation (tiers). Pollution de l'air ou de l'eau ayant une incidence limitée</p>	<p>Dommages sérieux pour l'installation. Dommages réversibles pour les personnes. Les personnes visées sont l'ensemble des personnes présentes dans l'installation (travailleurs) ou ceux à proximité ou au voisinage de l'installation (tiers). Pollution de l'air ou de l'eau ayant une incidence étendue</p>	<p>Installation particulièrement hors service. Dommages irréversibles pour les personnes. Les personnes visées sont l'ensemble des personnes présentes dans l'installation (travailleurs) ou ceux à proximité ou au voisinage de l'installation (tiers). Pollution majeure du sol, de l'air ou de l'eau ayant une incidence importante</p>	<p>Installation détruite Effet létal</p>			

Grille de criticité

1.3.3 Tableaux d'analyse de risques

La démarche est synthétisée sous forme de tableau, dont les colonnes sont les suivantes :

- Une colonne « localisation » recense les équipements de l'installation.
- Une colonne « causes » recense les sources possibles pouvant mener à l'événement redouté pour l'équipement considéré.
- Une colonne « conséquences » présente les conséquences maximales estimées pour l'équipement considéré.
- Une colonne « mesures de prévention existantes » liste l'ensemble des mesures de prévention.
- Une colonne « mesures de protection existantes » liste l'ensemble des mesures de protection et de réaction.
- Une colonne « probabilité » notée P_i , donne la « note » de l'occurrence initiale estimée en groupe de travail à cet événement (voir grille de criticité) pour l'équipement considéré.
- Une colonne « gravité » notée G_i , donne la « note » de la gravité initiale des conséquences estimées en groupe de travail à cet événement (voir grille de criticité) pour l'équipement considéré.

La méthode de base intègre théoriquement une identification des équipements avant et après mais il n'est pas utile dans le cas du site de Saint Hilaire sur Puiseaux car trop complexe pour le type de process car il y a de nombreux allers et retours du produit suivant les différents équipements et sans ajoutée au niveau des risques.

La criticité des événements est définie à partir des notes du couple probabilité-gravité.

Les événements critiques sont repérés dans les colonnes « probabilité » et « gravité » à l'aide du code couleur défini par la grille de criticité :

- En rouge : les événements inacceptables. Des modifications substantielles doivent être définies et leurs impacts justifiés.
- En jaune : les événements critiques pour lesquels des mesures de sécurité doivent être renforcées, par la définition d'éléments MMR.
- En vert : les événements acceptables. Ces événements sont jugés acceptables au vu des mesures mises en place.

Une zone non confinée est une mesure de protection car cela correspond à l'absence d'un des 6 éléments nécessaire à l'obtention d'une explosion (confinement) donc avec cette suppression il n'y a pas d'explosion.

Une cellule fermée est une mesure de protection car le couvercle est un système de découplage (pression et poussières).

1.4 Étude des scénarios d'accidents majeurs (résiduels)

Au cours de l'analyse des risques, de nombreux scénarios peuvent être identifiés sans qu'ils concernent tous la problématique des accidents majeurs. L'estimation semi-quantitative effectuée à l'aide de la grille de criticité permet de distinguer les scénarios d'accidents majeurs, à savoir ceux qui font apparaître un ou plusieurs événements jugés inacceptables ou critiques.

Chaque événement non acceptable ou critique fait l'objet d'une étude approfondie de ses causes et de ses conséquences, définissant des scénarios d'accidents majeurs. Ces scénarios sont retranscrits sous la forme d'un nœud papillon. Les conséquences et effets majeurs peuvent ensuite être évalués au regard des mesures de sécurité en place ou prévues. L'ensemble de cette démarche permet de vérifier l'efficacité des mesures de sécurité par rapport aux scénarios envisagés.

Pour assurer durablement le niveau de sécurité global des installations, des barrières MMR sont déterminées. La mise en place de ces barrières permet de passer d'un risque inacceptable ou critique à un risque acceptable. Sur les tableaux AMDEC, les probabilités ou gravités initiales (P_i et G_i) sont diminuées à un niveau acceptable final (P_f et G_f).

Ainsi, le processus de maîtrise des risques permet de passer de risques d'accidents majeurs à des risques dits « résiduels ».

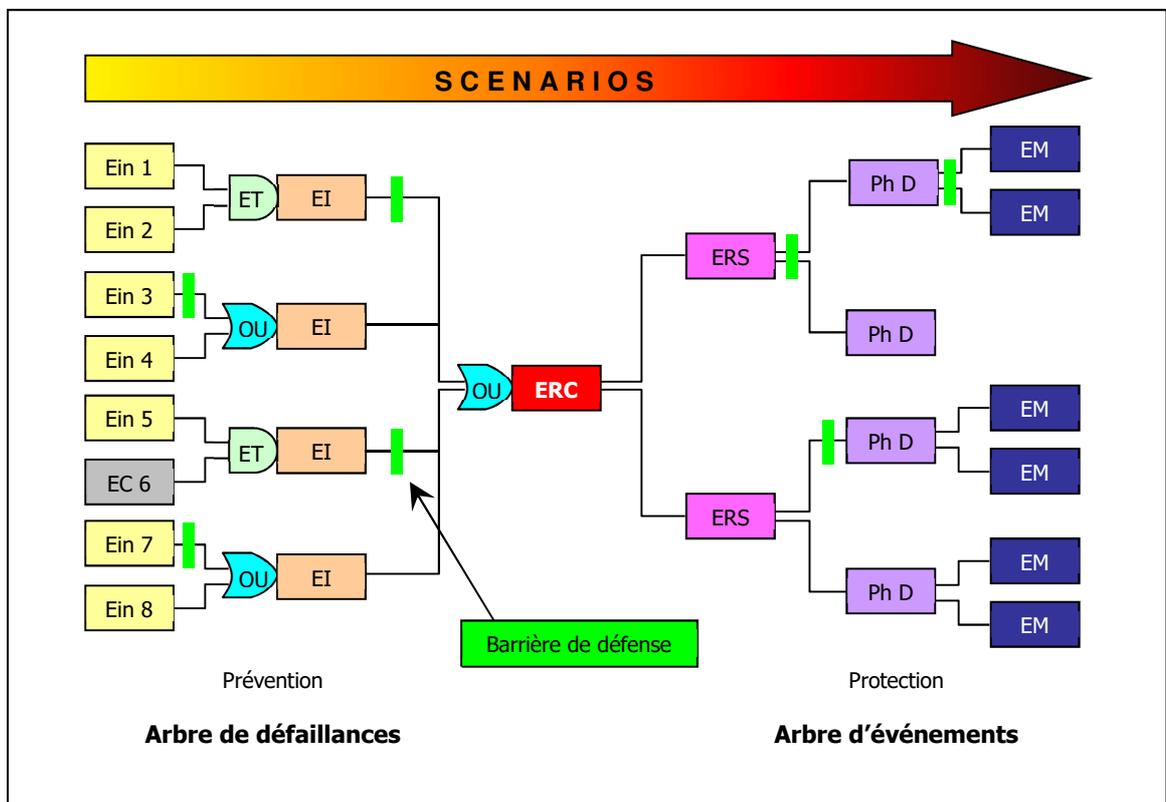
Enfin, l'ensemble des informations est reporté sur le nœud papillon :

- L'enchaînement des évènements ;
- Les mesures de sécurité existantes ;
- Les mesures de sécurité prévues ;
- Les barrières « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR)

Le nœud papillon permet ainsi d'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action des mesures de sécurité sur le déroulement du scénario envisagé. Il permet de sensibiliser efficacement les opérateurs sur la base d'un schéma détaillé mais compréhensible pour tous.

1.4.1 La méthode du Nœud Papillon

Le Nœud Papillon est un outil qui combine un arbre de défaillance et un arbre d'événements. Il est représenté sous la forme d'une double arborescence, comme le montre la figure suivante :



Modèle de nœud papillon

Source : Guide de l'état de l'art sur les silos pour l'application de l'arrêté ministériel relatif aux risques présents par les silos et les installations de stockage de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant- des sources inflammables – INERIS – Version 3 de 2008.

Les sigles employés sont explicités dans le tableau suivant :

Désignation	Signification	Définition
Ein	Évènement indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies
EC	Évènement courant	Évènement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation
EI	Évènement initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique
ERC	Évènement redouté central	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse
ERS	Évènement redouté secondaire	Conséquence directe de l'évènement redouté central, l'évènement redouté secondaire caractérise le terme source de l'accident
Ph D	Phénomène dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs
EM	Effets majeurs	Dommages occasionnés au niveau des cibles (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux
Barrières ou mesures de prévention		Barrières ou mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique
Barrières ou mesures de protection		Barrières ou mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique

La partie gauche du Nœud Papillon correspond à un arbre de défaillances et permet d'identifier les causes de l'évènement redouté central (ERC).

La partie droite du Nœud Papillon est un arbre d'évènements et permet de déterminer les conséquences de l'ERC.

Dans cette représentation graphique, chaque chemin conduit d'une défaillance d'origine jusqu'à l'apparition d'effets majeurs désignant un scénario d'accident particulier pour un même évènement redouté central.

1.5 Évaluation des scénarios résiduels (AM du 29/09/2005)

L'intensité des effets des phénomènes dangereux a été définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles d'un accident sur les personnes physiques, parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux, et de la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées à ces effets, en tenant compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et de la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'accident si la cinétique de l'accident le permet. Pour les effets toxiques, les personnes exposées se limitent aux personnes potentiellement présentes dans le panache de dispersion du toxique considéré. L'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident, à l'extérieur des installations, figure ci-après.

Relative aux échelles de probabilité

Classe de probabilité Type d'appréciation	E	D	C	B	A
Qualitative (les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants)	« Evènement possible mais extrêmement peu probable » <i>N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations.</i>	« Evènement très improbable » <i>S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité »</i>	« Evènement improbable » un évènement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	« Evènement probable » s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	« Evènement courant » s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives
Semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4de l'arrêté du 29/09/2005				
Quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	

1.5.1 Détermination de la gravité de l'accident majeur :

Certains événements accidentels (fuite de substance dangereuse, incendie, explosion) peuvent produire des phénomènes dangereux (propagation d'un nuage toxique, d'une onde de surpression, d'un flux thermique).

L'Intensité des effets de ces phénomènes dangereux diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point d'origine : de fuite, d'explosion, ou des flammes de l'incendie.

A l'exception des ondes de surpression qui peuvent avoir des effets indirects sur les personnes (bris de vitres), la réglementation (arrêté ministériel du 29 septembre 2005), prévoit 3 niveaux d'intensité, par ordre d'intensité décroissante depuis le point d'origine :

- le seuil dit des effets létaux significatifs (SELS)
- le seuil dit des effets létaux (SEL)
- le seuil dit des effets irréversibles (SEI)

Pour les effets de surpression, qui peuvent être à l'origine de blessures indirectes par bris de vitres, un quatrième niveau d'intensité est fixé (SEII) : il correspond à une surpression faible (20 mbar), mais suffisante pour produire des bris de vitre.

Effets thermiques

Le rayonnement provoqué par les flammes d'un incendie peut provoquer des brûlures dont la gravité dépend de l'intensité de ce rayonnement exprimée en kW/m².

Effets sur les personnes	Flux thermique en kW/m ² suivant l'arrêté ministériel du 29/09/05
Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (SEI)	3
Seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine (SEL)	5
Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SELS)	8

Effets toxiques

Les valeurs de référence pour les installations classées sont les suivantes:

	Seuils d'effets toxiques pour l'homme par inhalation		
	Type d'effets constatés	Concentration d'exposition	Référence
Exposition de 1 à 60 minutes	Létaux	SELS (CL 6%) Sel (CL 1%)	Seuils de toxicité aigue Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère. Ministère de 'écologie et du développement durable. Institut national de l'environnement industriel et des risques 2003 (et ses mises à jour ultérieures)
	Irréversibles	SEI	
	Réversibles	SER	

Les zones de dangers pour la vie humaine sont évaluées par rapport aux seuils de référence suivants:

- les seuils des effets irréversibles (SEI) délimitent la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » :
- les seuils des effets létaux (SEL) correspondant à une CL 1 % délimitent la «zone des dangers graves pour la vie humaine»;
- les seuils des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une CL 5 % délimitent la «zone des dangers très graves pour la vie humaine».

CL = concentration létale

Surpression

Les effets de surpression, résultant d'une explosion, peuvent provoquer des lésions aux tympans, aux poumons, la projection de personnes à terre ou sur un obstacle, l'effondrement des structures sur les personnes, des blessures indirectes, L'effet de projection (impact de projectile) est une conséquence directe de l'effet de surpression.

Effets sur les personnes	Onde de pression (hPa ou mbar) Suivant l'arrêté ministériel du 29/09/05
Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme	20
Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (SEI)	50
Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine (SEL)	140
Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SELS)	200

Il s'agit de déterminer le nombre de personnes présentes dans les zones d'effets de chaque phénomène dangereux identifié comme pouvant mener à un accident majeur. Le nombre de personnes présentes dans les zones d'effets est déterminé selon la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles de détermination des équivalents-personnes en permanence.

Les règles suivantes ont été appliquées :

- Pour les habitations et les ERP :

On calcule un nombre équivalent de 2.5 personnes par habitation ainsi que le nombre spécifique de personnes au niveau des ERP ou entreprises voisines en se basant sur une fréquentation en moyenne « haute » des établissements.

- Pour les voies de circulation automobiles :

On calcule un nombre équivalent de personnes exposées en considérant 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

- Pour les voies ferroviaires :

Train voyageur : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par km et par train, en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie).

- Pour les entreprises voisines et les sous-traitants :

Les sous-traitants intervenant dans l'établissement et pour le compte de l'exploitant ne sont pas considérés comme des tiers au sens du code de l'environnement.

Les conséquences sont évaluées selon les connaissances disponibles sur la fréquentation de ces établissements voisins.

Comme l'indique l'article 10 de l'arrêté du 29/09/2005, la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées à des effets thermiques ou de surpression doit tenir compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et de la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'accident si la cinétique de l'accident le permet.

- Pour les terrains non bâtis :

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (jardins et zones horticoles, vignes, terrains de promenade, zones de pêche privée, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

La gravité est ensuite déduite de la grille de l'arrêté du 29 septembre 2005.

NIVEAU DE GRAVITE des conséquences	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (1).	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées
Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées.
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne ».
(1) Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.			

1.5.2 Cinétique des phénomènes dangereux :

L'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 précise les exigences en terme d'évaluation et de prise en compte de la cinétique des phénomènes dangereux et des accidents.

Les exigences sont notamment les suivantes :

- Justification de l'adéquation entre la cinétique de mise en œuvre des mesures de sécurité mises en place ou prévues et la cinétique de chaque scénario pouvant mener à un accident. Cette adéquation est vérifiée périodiquement, notamment à travers des tests d'équipements, des procédures et des exercices des plans d'urgence internes.
- Prise en compte lors de l'évaluation des conséquences d'un accident, d'une part, de la cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux correspondant et, d'autre part, celle de l'atteinte des intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement puis de la durée de leur exposition au niveau d'intensité des effets correspondants.

On distingue :

- La cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux,
- La cinétique de l'atteinte des intérêts,
- La durée d'exposition au niveau des effets correspondants.

La finalité de la prise en compte de la cinétique est notamment de permettre la planification et le choix des éventuelles mesures à prendre à l'extérieur du site. Ces éléments permettent notamment la définition par l'Etat des mesures les plus adaptées passives (actions sur l'urbanisme) ou actives (plans d'urgence externes) pour la protection des populations et de l'environnement.

L'arrêté du 29/09/05 définit ce qu'est une cinétique lente et une cinétique rapide :

- La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de lente, dans son contexte, si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.
- Par opposition, une cinétique est qualifiée de rapide, dans son contexte, si elle ne permet pas la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

1.5.3 Grille de criticité

Pour chaque phénomène dangereux susceptible d'avoir des effets à l'extérieur de l'établissement, la probabilité d'occurrence ainsi que la gravité des conséquences ont été évalués.

Cela permet de positionner les scénarios d'accidents potentiels dans le tableau de l'annexe V de l'arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 présentée ci-dessous :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées	Probabilité (sens croissant de E à A)				
	E	D	C	B	A
<i>Désastreux</i>	NON Rang 1 MMR Rang 2	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3	NON Rang 4
<i>Catastrophique</i>	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3
<i>Important</i>	MMR Rang 1	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON Rang 1	NON Rang 2
<i>Sérieux</i>			MMR Rang 1	MMR Rang 1	NON Rang 1
<i>Modéré</i>					MMR Rang 1

MMR : Mesure de Maîtrise du Risque

La zone de risque inacceptable est figurée par le mot « NON ».

La zone de risque intermédiaire est figurée par le sigle « MMR ».

La zone de risque acceptable ne comporte ni « NON » ni « MMR ».

En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux des actions différentes seront envisagées graduées selon le risque.

Situation n° 1 : un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case comportant le mot « NON » dans le tableau.

Pour une installation existante, dûment autorisée : il convient de demander à l'exploitant des propositions de mise en place, dans un délai défini par arrêté préfectoral, de mesures de réduction complémentaires du risque à la source qui permettent de sortir de la zone comportant le mot « NON » de l'annexe II, assorties de mesures conservatoires prises à titre transitoire.

Si malgré les mesures complémentaires précitées, il reste au moins un accident dans une case comportant le mot « NON », le risque peut justifier, à l'appréciation du préfet, une fermeture de l'installation par décret en Conseil d'Etat, sauf si des mesures supplémentaires, prises dans un cadre réglementaire spécifique tel qu'un plan de prévention des risques technologiques, permettent de ramener, dans un délai défini, l'ensemble des accidents hors de la zone comportant le mot « NON » de l'annexe II.

Situation n° 2 : un ou plusieurs accidents ont un couple (probabilité - gravité) correspondant à une case « MMR » dans le tableau de l'annexe II, et aucun accident n'est situé dans une case «NON».

Il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de sécurité pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.

Situation n° 3 : aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle «MMR».

Le risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

En résumé, en cas d'accident majeur inacceptable, il convient de mettre en place des mesures supplémentaires de réduction du risque qui permettront de sortir de la zone inacceptable. Ces mesures supplémentaires seront automatiquement considérées comme MMR.

Si l'accident majeur est de type MMR, il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise des risques envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus. Si le nombre total d'accidents situés dans des cases MMR rang 2 est supérieur à 5, il faut considérer le risque global équivalent à un accident situé dans une case NON rang 1, et mettre en place des mesures supplémentaires de maîtrise du risque jusqu'à ce qu'il y ait au plus 5 accidents dans les cases MMR de rang 2.

Si l'accident majeur est acceptable, cela n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

1.5.4 Critères d'exclusion du Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT)

En application du Guide Méthodologique PPRT d'octobre 2005 relative à la mise en œuvre des PPRT, les scénarios d'accidents majeurs dont la probabilité est rendue suffisamment faible peuvent être exclus du champ PPRT, en application de la règle suivante :

« Les phénomènes dangereux dont la classe de probabilité est E, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation, sont exclus du PPRT à la condition que :

- Cette classe de probabilité repose sur une mesure de sécurité passive vis à vis de chaque scénario identifié ;
- ou cette classe de probabilité repose sur au moins deux mesures techniques de sécurité pour chaque scénario identifié, et qu'elle soit maintenue en cas de défaillance d'une mesure de sécurité technique ou organisationnelle, en place ou prescrite. »

1.6 Déroulement de l'analyse des risques du site de Saint Hilaire sur Puiseaux :

1.6.1 Principe de l'analyse des risques internes

L'analyse des risques internes se décompose en 3 phases :

- L'analyse fonctionnelle de l'installation :
 - Limites de l'installation considérée,
 - Recensement des différentes « entités »,
 - Fonctionnement et interactions prévus.
- L'identification des événements redoutés,
- L'analyse des risques en groupe de travail :
 - Sur les « entités » recensées,
 - Estimation de l'occurrence des événements redoutés,
 - Estimation de la gravité des événements redoutés,
 - En tenant compte des process (succession logique d'entités),
 - En tenant compte de la localisation géographique (proximité d'entités).
- Évaluation des risques résiduels conformément à l'arrêté du 29/09/2005 :

1.6.2 Réalisation de l'analyse des risques internes

Découpage fonctionnel

Les tableaux ci-après reprennent un par un les « entités » considérées correspondant à un découpage de l'installation en ses composants.

Nous retrouvons donc dans la colonne « entités » l'ensemble des équipements qui constituent l'installation.

Événements redoutés

Les données exposées au § dangers des produits ainsi que l'accidentologie ont orienté le thème de l'analyse sur le risque de combustion de poussières, pouvant mener à une explosion en conditions particulières vues par ailleurs (notamment : concentration, suspension et confinement).

Groupe d'analyse

L'analyse a été effectuée en groupe de travail sur une journée en visio conférence entre :

- Mme Valérie ROUMIER (Responsable QSE)
- M. Laurent LETAILLEUR : Consultant 2LCA – Garant de la méthode.

2 ACCIDENTOLOGIE

La base de données ARIA du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles du Ministère de l'Environnement) permet d'accéder à l'inventaire des accidents technologiques et industriels, et plus précisément à l'état des sinistres survenus dans une configuration industrielle particulière.

L'activité de stockage de produits agroalimentaires a connu des accidents industriels graves à la suite d'incendie et d'explosion ; la diversité des caractéristiques de ces stockages concourt d'ailleurs en partie à l'origine de ces accidents.

On peut citer :

- L'explosion d'un des silos de la malterie de Moselle, au port céréalier de Metz le 18 octobre 1982 qui tua 12 personnes et fit 1 blessé grave,
- L'explosion d'un silo à grains sur le plus important site de stockage de Belgique, le 7 avril 1993, à Floriffoux en Wallonie qui tua 7 personnes et fit 4 blessés graves,
- L'explosion du silo portuaire de Blaye, le 20 août 1997, qui provoqua la mort de 11 personnes.

2.1.1 Accidentologie générale aux explosions

Nous nous intéressons à la qualification de tous les facteurs ayant une influence sur la probabilité d'occurrence. Mais pour fixer l'importance des risques, nous allons considérer diverses statistiques générales aux explosions.

Malgré la rareté des données statistiques sur les explosions de poussières, il existe quelques études détaillées.

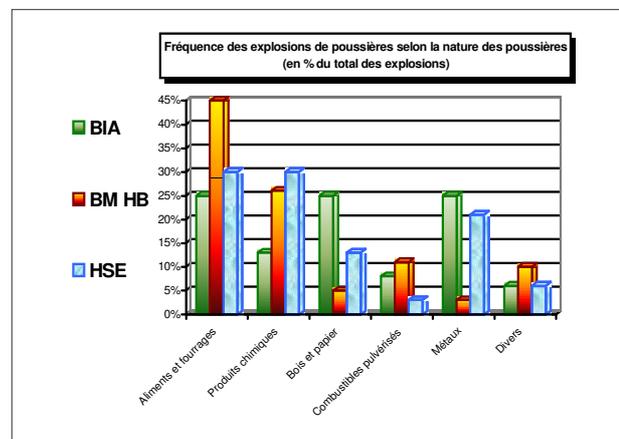
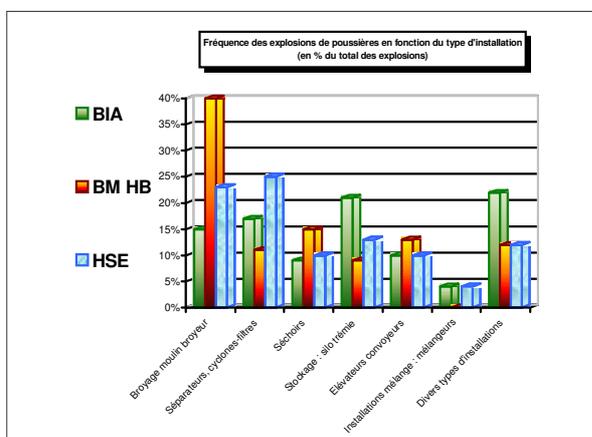
L'Institut de recherche sur la poussière de Bonn (Allemagne) a recensé un grand nombre d'explosions de poussière en Europe.

Répartition des explosions

Nature des poussières	Nombre de cas	%
Bois	98	33.7
Produits alimentaires	70	24
Plastique	40	13.7
Charbon	28	9.6
Métaux	30	10.3
Papier	7	2.4
Autres	18	6.2

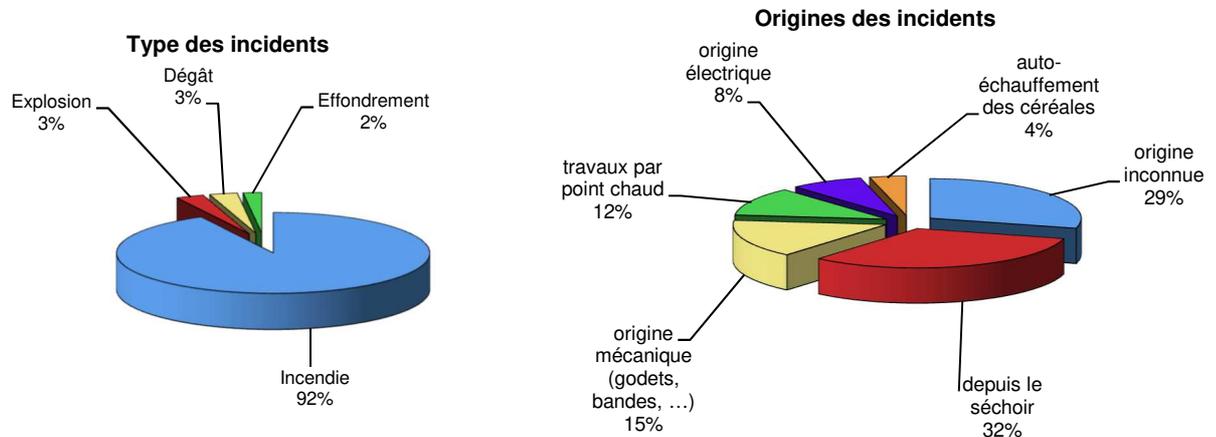
3 autres études sont intéressantes :

- M. BECK concernant 357 explosions de poussières en Allemagne entre 1965 et 1985, référence BIA.
- J. ABBOT concernant 84 explosions et incendies de poussières (dont 30 explosions) dans la période de 1979 à 1984 au Royaume-Uni, référence BHBH.
- 143 autres cas d'incendies et d'explosions (dont 70 explosions), référence HSE.



2.1.2 Accidentologie générale silo

Suite à l'accident survenu à BLAYE en 1997, le BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles) a recensé les incidents se produisant dans les installations de stockage de céréales. L'inventaire recense 124 accidents occasionnés dans les silos français entre 1997 et 2003. La répartition des événements est schématisée ci-dessous.



Les incidents occasionnés dans les silos sont principalement des incendies de céréales, et notamment des incendies de séchoirs. Selon la qualité de l'entretien et la vigilance des opérateurs, ces incendies ont des conséquences plus ou moins importantes pouvant aller jusqu'à l'incendie généralisé du silo. Les incendies étant le principal accident survenant dans les silos, les origines représentées ci-dessus peuvent être considérées comme les causes de ces incendies. On constate donc qu'une grande majorité d'entre eux, ont pour origine un problème d'échauffement au niveau du séchoir. Les causes de ces échauffements sont diverses (problème mécanique, panne de la détection température, ...).

Depuis l'accident de BLAYE, le BARPI recense 4 explosions relatives aux silos de céréales en France :

- L'explosion d'une trémie contenant du sorgho, à Beaumont-de-Lomagne, en 1998, qui n'a engendré que des dégâts matériels ;
- L'explosion dans un boisseau, à Rouen en 1999, qui a généré un incendie dans la tour ;
- L'explosion dans un élévateur, à Albert, en 2001, qui a provoqué une explosion secondaire dans la zone de stockage attenante ;
- L'explosion dans un élévateur, à Le-Plessis-Belleville, en 2001, qui a provoqué des projections de toiture.

Les sources d'ignition de ces explosions ont des origines diverses (problème mécanique, travaux par point chaud, corps étranger, ...) et ne peuvent être associées à une seule et même cause. Néanmoins, l'explosion est toujours combinée à une concentration en poussière au sol ou dans l'air élevée :

- Panne de l'aspiration centrale ;
- Nettoyage au balai ;
- Mauvais entretien du silo (tas de poussières).

Pour illustrer les statistiques, quelques accidents récents ayant des origines différentes sont détaillés ci-dessous. Ils sont extraits de la base de données du BARPI, de données étrangères et de différents articles de presse. Pour chacun des événements, la dernière colonne indique les mesures de prévention et de protection prises par l'établissement pour écarter le même type de scénario que celui qui est décrit.

	Date	Localisation	Description de l'accident	Conséquences	Mesures prises par l'établissement
EXPLOSION	07/04/93	DISCOVER Floreffe (Belgique)	<u>Explosion des cellules silo</u> Le dispositif général d'aspiration est en panne et le nettoyeur est utilisé, provoquant un empoussièrment de l'atmosphère du silo. La tour est très sale et le nettoyage est réalisé au balai : les poussières sont précipitées d'étage en étage, formant un nuage. Des travaux par points chauds sont effectués sur une trémie. L'explosion survient dans la trémie et se propage par les sous-sols jusqu'à la tour de manutention.	5 morts (employés) 2 blessés graves (brûlure) 2 blessés (projection de débris) Projection de béton jusqu'à 15 m et de débris métalliques jusqu'à 100 m Bris de verre jusqu'à 300 m	Equipements majoritairement capotés, à vitesse modérée et asservis à l'aspiration. Fonctionnement des installations asservi à l'aspiration. Procédure de nettoyage du sol + rondes. Permis de feu.
	20/08/97	SEMABLA Blaye, 33	<u>Explosion des cellules silo</u> La source d'ignition aurait pour origine un mauvais fonctionnement du ventilateur du système de dépoussiérage. Le mauvais nettoyage et le déchargement en ce jour de 550 tonnes de blé et d'orge a créé dans le silo une atmosphère suffisamment empoussiérée pour pouvoir s'enflammer. L'explosion initiée dans le système de dépoussiérage, s'est propagée dans la galerie sur-cellules puis dans les cellules elles-mêmes.	11 morts 28 cellules sur 44 sont détruites Projections de béton jusqu'à 50m et de débris métalliques jusqu'à 100m Bris de verre jusqu'à 500m	Conception différente des systèmes d'aspiration. Equipements à vitesse modérée (silo non portuaire) Procédure de nettoyage du sol + rondes.
	Nov. 2001	COINBRA Paranagua (Brésil)	<u>Explosion des cellules silo</u> Lors du chargement d'un bateau en maïs, une explosion a lieu dans un élévateur à godets, suite à un déport de sangle. L'explosion se transmet en galerie inférieure. L'ensemble du terminal s'effondre. Un incendie de céréales se poursuit pendant 3 semaines.	Projections de béton de 500 t à 300 m. Wagons de l'établissement retournés. 0 mort (personnel en pause déjeuner).	Capteur de déport de sangle sur les élévateurs. Equipements à vitesse modérée (silo non portuaire) et asservis à l'aspiration. Procédure de nettoyage du sol + rondes. Pas de communications entre silos.

	Date	Localisation	Description de l'accident	Conséquences	Mesures prises par l'établissement
INCENDIE	09/07/98	MRO Neuillé-pont-pierre, 37	<u>Incendie silo</u> Un feu aurait pour origine l'échauffement des courroies de transmission au rez-de-chaussée. Les flammes ont rapidement gagné les étages puis la toiture.	Importants dégâts dans le silo, mais les stockages n'ont pas été touchés (10 000 tonnes)	Relais thermiques sur moteurs (avec disjonction). Maintenance. Vérifications réglementaires des installations électriques.
	19/08/99	FORCE 5 Songeons, 60	<u>Incendie séchoir</u> Panne du système de détection d'incendie. Panne du système d'extraction de grain. Le blé s'est accumulé et a commencé à surchauffer. La vigilance des opérateurs a permis de maîtriser rapidement l'incendie.	Dégâts mineurs	Systèmes de détection d'incendie sur le séchoir. Maintenance. Dispositif de vidange rapide. Vigilance du personnel.
	03/07/01	SOUFFLET Luyères, 10	<u>Combustion de grain en cellule</u> L'extracteur situé au-dessus de la cellule est tombé sur les grains. Une combustion lente a alors commencé.	200 tonnes de grains en combustion. Intervention à la mousse et vidange, avec inertage à l'azote.	Maintenance des équipements.

30/10/01	Ayron, 86	<p><u>Incendie séchoir</u> Du tournesol humide s'est accumulé sur les parois du séchoir qui a freiné l'écoulement dans la colonne de séchage et provoqué une montée en température. Le système de sécurité coupe l'alimentation gaz et déclenche l'alarme. Ne venant pas à bout de l'incendie à l'aide du RIA, l'opérateur appelle les pompiers.</p>	Séchoirs et élévateur à grains sont détruits (300 000 €)	<p>Systèmes de détection d'incendie sur le séchoir. Maintenance. Dispositif de vidange rapide. Vigilance du personnel.</p>
21/08/02	Pont-Sainte-Maxence, 60.	<p><u>Combustion de grain en cellule</u> Un employé laisse par inadvertance une baladeuse électrique dans une cellule. De la fumée est détectée à 8h30 dans une cellule d'un silo vertical stockant de l'orge. Les pompiers mesurent des températures jusqu'à 300 C et décident de vider la cellule. Une forte augmentation de monoxyde de carbone (CO) apparaissant dans le tunnel d'évacuation du grain entraîne l'arrêt de cette vidange. L'inertage du silo à l'azote débute à 3h30. La vidange complète de la cellule sera terminée 115 h après la détection du sinistre.</p>	400 personnes sont évacuées sur un rayon de 400 m (crainte d'une explosion des gaz de combustion).	<p>Contrôle de la température par sonde en cellules. Vigilance du personnel.</p>

2.2 Retour d'expérience interne à la C.A.PRO.GA La Meunière

La C.A.PRO.GA La Meunière tient à jour un registre des incidents se produisant sur ses sites. Il est tenu à la disposition de l'inspecteur des Installations Classées.

En cas d'incident, l'information est transmise, via une consigne de déclaration de sinistre afin d'être traitée (analyse de la gravité, analyse des causes et mise en place de mesures correctives).

Cependant, aucun événement accidentel n'est à noter sur le site de Saint Hilaire sur Puiseaux (explosion, incendie), le site étant en construction.

3 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS :

3.1 Dangers externes :

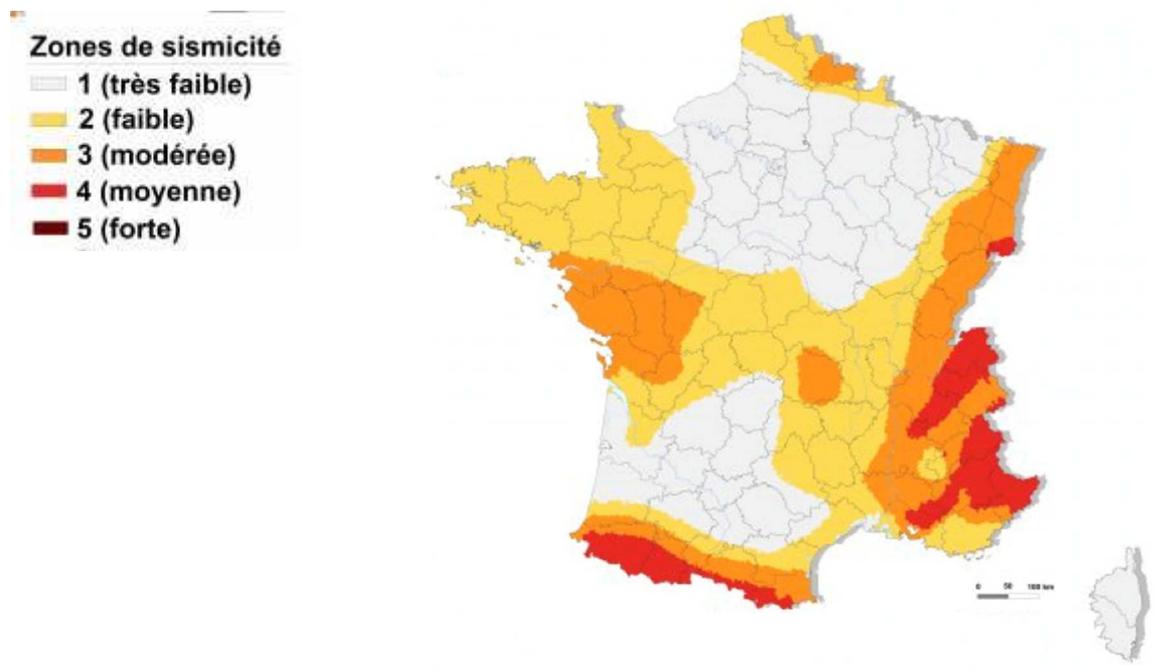
3.1.1 Dangers liés à l'environnement naturel :

3.1.1.1 Danger sismique

La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets no 2010-1254 du 22 octobre 2010 et no 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010) :

- Une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- Quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

L'établissement de Saint Hilaire sur Puiseaux est zone 1 (très faible).



Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.1.2 Dangers provoqués par la foudre

Les effets peuvent être les suivants :

- Effets thermiques,
- Montée en potentiel et amorçages
- Effets d'induction
- Effets électrodynamiques
- Effets électrochimiques
- Effets acoustiques.

Pour étudier ce phénomène, la norme NF C 17-100 est le document de référence, en application de l'arrêté du 19 juillet 2011.

L'activité orageuse a longtemps été définie par le niveau kéraunique (Nk) c'est-à-dire "le nombre de jours par an où l'on a entendu gronder le tonnerre".

La meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an.

La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,57 arcs / km² / an

La densité de flashes (Df), généralement retenue en terme normatif, peut être déduite de la densité d'arcs par la formule suivante : $Df = Da / 2,1$

La valeur moyenne de la densité de foudroiement, en France, est de 0,74 arcs / km² /an.

Les résultats ci-dessous sont fournis par Météorage à partir des données du réseau de détection des impacts de foudre pour la période 2004-2015.

Commune : Saint Hilaire sur Puiseaux

Département : Loiret

Le nombre d'impacts au sol sur la commune de Saint Hilaire sur Puiseaux est de 0,96 impacts / km² / an.

Conformément à la réglementation et aux normes issues de l'arrêté du 04/10/2010 modifié, une analyse du risque foudre a été réalisée.

Annexe 11 : Analyse Risque Foudre du site de St Hilaire

Ce danger constitue un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il est pris en compte dans l'analyse des risques.

3.1.1.3 Précipitations

En 2016, la moyenne annuelle des précipitations est de 676,9 mm pour le secteur de Montargis (source Météo France).

La pente du terrain est naturellement dirigée vers les réseaux de récupération des eaux pluviales amenant ces eaux aux séparateurs à hydrocarbure pour traitement.

Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.1.4 Températures

La température n'a pas d'influence directe sur les activités du site.

Cependant, de par les matériaux et le type de construction des bâtiments en général, et des locaux de stockage, en particulier, il n'y aura pas de phénomènes de focalisation des rayons lumineux sur les produits.

En conclusion, la température maximale pouvant être atteinte sous abri ne constitue pas un risque pour les produits stockés dans l'établissement.

Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.2 Dangers liés aux voies de communication :

3.1.2.1 Dangers liés aux chutes d'aéronefs

Il convient généralement pour étudier les risques liés à une chute d'avion, de diviser l'espace aérien en 3 zones :

La zone proche (dans un rayon de 5 km au-delà des pistes)	Probabilité forte
La zone des vols locaux (sur une distance comprise entre 5 et 20 km au-delà des pistes)	Probabilité faible
La zone hors aérodrome	Probabilité très faible

Les aéroports les plus proches sont ceux de Fontainebleau, Auxerre et Orléans qui se situent respectivement 50 (Nord), 58 (Est) et 70(Ouest) km du site.

A noter en revanche la présence d'un aéroclub sur la commune de Vimory distant de 7 km au Nord du site à vol d'oiseau. Le site étudié n'est pas dans l'axe de la piste de décollage / atterrissage.

Des statistiques ont permis d'établir que la majorité des chutes d'avion se produisait lors des phases d'atterrissage ou de décollage dans une zone allant jusqu'à 1 km de la piste.

La probabilité d'une chute d'avion sur le site est donc très faible.

Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.2.2 Dangers liés au trafic routier

A proximité du site, le réseau routier est composé uniquement de la route départementale n°39. L'observatoire de la route a réalisé un comptage routier en 2014 sur l'ensemble du réseau départemental.

D'après le dernier comptage réalisé en 2014, le trafic sur la RD 39 est inférieur à 1 000 véhicules/jour.

Plus exactement, la route départementale n°39 (route de Solterre), un trafic compris 703 véhicules/jour tous véhicules confondus dont 5,9 % de poids lourds.

L'accès au site s'effectue par la route départementale n°39 et par un large portail. Un dégagement permet une bonne visibilité que ce soit pour entrer ou sortir du site.

Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.2.3 Dangers liés au trafic ferroviaire

Il n'y a pas de voie ferrée à proximité immédiate du site donc pas d'embranchement particulier.

La ligne SNCF la plus proche est à 5 km à l'Ouest du site.

Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.2.4 Dangers liés au trafic fluvial :

Il n'y a pas d'axe fluvial permettant le transport de marchandise ni plaisancier.

Ce danger ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

3.1.3 Dangers liés à l'environnement humain :

3.1.3.1 Dangers liés à l'intrusion ou à la malveillance

Dans notre monde moderne, des actes malveillants sont régulièrement à déplorer. Si le plus souvent leur ampleur se limite à rendre désagréable l'usage des matériels publics qui sont visés, dans le cadre du site de Saint Hilaire les risques sont plus importants tant pour l'auteur de l'acte malveillant que pour l'environnement.

Les différents bâtiments sont fermés à clé, à accès réglementé et surveillé, (panneaux d'interdiction). L'ensemble du site est clôturé.

Les mesures visant à limiter les effets d'actes malveillants sont les mêmes que celles destinées à lutter contre les sinistres et à réduire les effets, elles sont décrites dans chacun des chapitres correspondants.

Ce danger constitue un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il est pris en compte dans l'analyse des risques.

3.1.3.2 Dangers liés aux installations voisines :

Le site est situé sur la Zone agricole à l'Est de la commune mais c'est le seul site industriel.

La société KM Agri est en limite de propriété. Il s'agit d'une société de location de matériel agricole. Les engins sont stockés sous abri. Il n'y a pas d'autres entreprises présentes.

La première habitation est à plus de 500 m à l'Ouest du site.

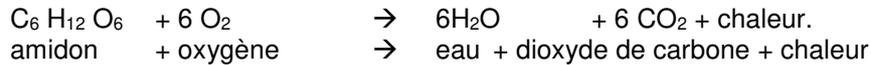
Ce danger constitue un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il est pris en compte dans l'analyse des risques.

3.2 Dangers liés aux produits

3.2.1 Grains

L'activité biologique du grain stocké est conditionnée par l'état du milieu dans lequel il se trouve.

Dans un tas de grains (céréales), l'oxygène de l'air interstitiel va permettre la respiration selon la formule :



L'intensité de cette réaction est d'autant plus importante que la température, l'humidité et l'oxygène sont élevés. Or, la respiration produit de la chaleur et de l'humidité qui ont tendance à accélérer le processus et à ainsi créer une réaction en chaîne de plus en plus rapide. Elle s'accompagnera également d'un développement des moisissures qui provoquent elles-mêmes un échauffement.

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.

Les conséquences directes de ce mécanisme sont l'échauffement de la masse de grain et une perte de la valeur nutritive du produit stocké.

Pour limiter ces effets qui peuvent engendrer d'importantes répercussions économiques, le grain est maintenu à l'état de « vie ralentie » en maîtrisant la température et l'humidité.

Dans les conditions normales de stockage, la vitesse d'échauffement d'une céréale est très lente.

Le grain récolté respire en absorbant de l'oxygène et en rejetant du gaz carbonique. Cette respiration est d'autant plus forte que le grain est humide et chaud. Or, cette respiration produit de la chaleur et de l'humidité favorables à son accélération; elle favorise également le développement des moisissures, levures, bactéries qui provoquent elles-mêmes un échauffement.

Les conséquences directes de ce mécanisme sont un échauffement naturel de la masse de grains et une perte de la valeur nutritive du produit stocké.

Cet échauffement limité et contrôlable n'est toutefois pas reconnu comme pouvant être à l'origine d'une combustion spontanée des céréales.

La vitesse d'échauffement d'une céréale ayant une teneur en eau normale (15 %) est très lente.

A titre d'exemple :

1 kg de blé à 15% d'humidité (taux commercial 15,5 %) et à une température de 14°C dégage par jour 0,012 W

De même une tonne de blé à 16 % d'humidité et à une température de 15°C produit 0,20 Kcal par heure par la respiration du grain.

Une étude, menée conjointement par l'Institut National de Recherche Agronomique et l'Institut Technique des Céréales et Fourrages a mis en évidence que la montée de la température d'une masse de grains, même chauffée artificiellement par une boule métallique maintenue (grâce à une résistance électrique) à 60 degrés, est extrêmement lente.

L'expérimentation a montré que le front chaud, en l'absence de ventilation, se déplace vers le haut à une vitesse de l'ordre de 3 à 4 cm par jour (37 jours pour qu'à 1,50 m la température de la masse passe de 7°C à 30 °C).

Une mesure périodique de la température est donc suffisante, d'autant que pour l'exploitant, ce n'est pas seulement le risque d'incendie qui est à redouter mais aussi une perte quantitative et qualitative qui aurait d'importantes répercussions sur la valeur marchande du produit.

Notons que, pour des récents essais effectués par ARVALIS sur des lots de céréales très humides, l'échauffement de la masse n'a pas dépassé une température de 55°C.

Dans une série d'études menées début 2000 pour le compte de Coop de France par l'INERIS, après caractérisation des différentes poussières et grains de céréales, oléagineux et protéagineux, l'INERIS a démontré que tous les produits stockés ne sont pas susceptibles de s'auto-échauffer dans les conditions normales de stockage (à la température ambiante, produit sec).

Les risques d'auto- inflammation d'un stockage de grains sont à considérer dans les deux situations suivantes :

- Un produit stocké trop chaud,
- Un produit stocké trop humide.

Il est à rappeler que les risques liés à un auto-échauffement sont l'élévation de température ainsi que le dégagement de gaz inflammables.

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°C.

Dans ces conditions et si la taille du stockage dépasse la taille critique pour le produit considéré, l'échauffement peut conduire par oxydation chimique (généré par la présence d'oxygène) à l'auto inflammation dès lors qu'aucun changement de phase (fusion, évaporation) n'entrave ce processus.

Le risque d'auto-échauffement se matérialise dès que la température du produit stocké (susceptible de conduire à un auto-échauffement) excède une valeur critique, fonction de la taille du stockage, du produit et de la teneur en oxygène.

Dans le cas de produits stockés trop chaud, si la taille du stockage dépasse la taille critique pour le produit considéré, l'oxydation chimique peut conduire aussi à l'auto-échauffement du stockage.

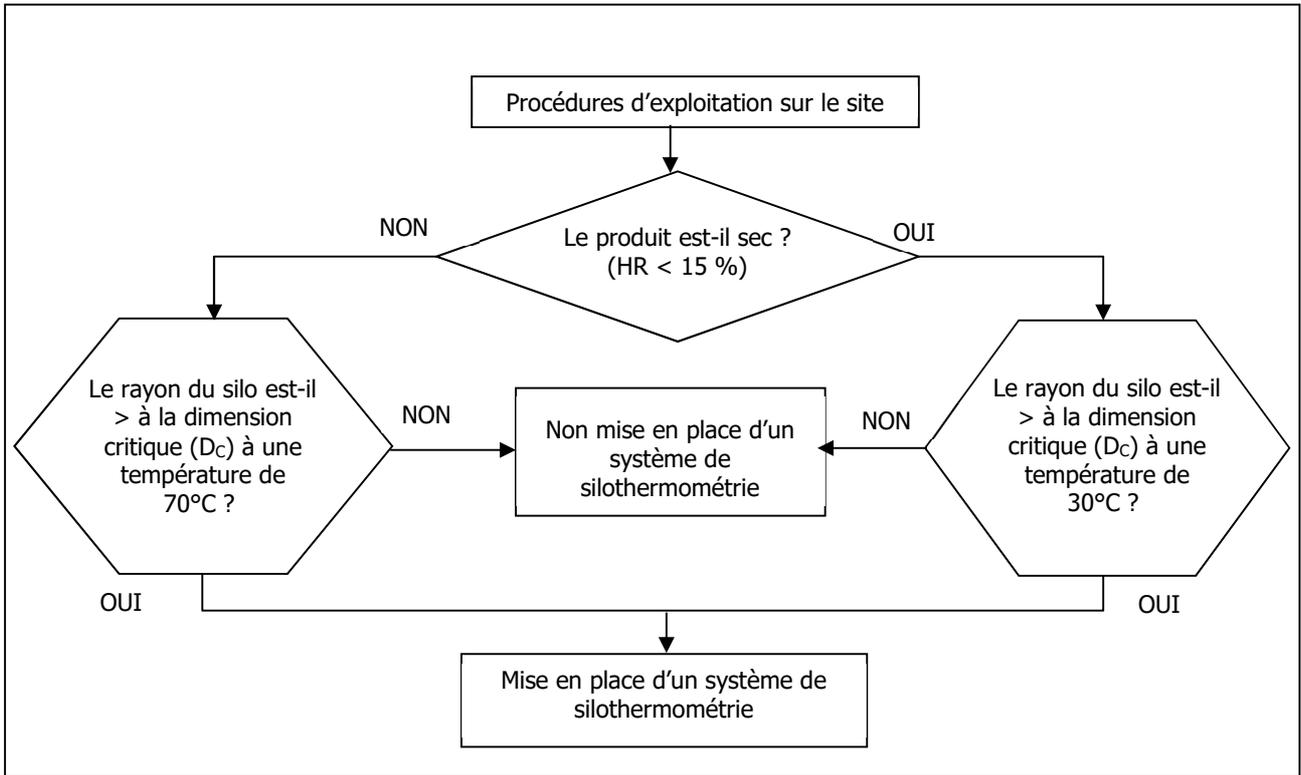
L'auto-échauffement est également fonction de la taille de stockage. La température n'augmente que si la chaleur produite est supérieure à la chaleur que l'on peut dégager. Or, alors que la chaleur générée est proportionnelle au volume de stockage, la chaleur dissipée est proportionnelle à la surface. Quand la dimension du stockage augmente, le volume augmente plus vite que la surface et le bilan thermique se déplace donc dans le sens d'une accumulation de chaleur.

On définit le paramètre DC, dimension critique, pour un produit à une température initiale donnée, comme la dimension la plus faible pour laquelle les phénomènes d'auto-échauffement conduisent à une inflammation du produit.

L'auto-échauffement peut également être initié par un point chaud. Dans le cadre d'un stockage en silo, il peut s'agir de l'emploi d'une lampe baladeuse ou de sonde de niveau non étanche.

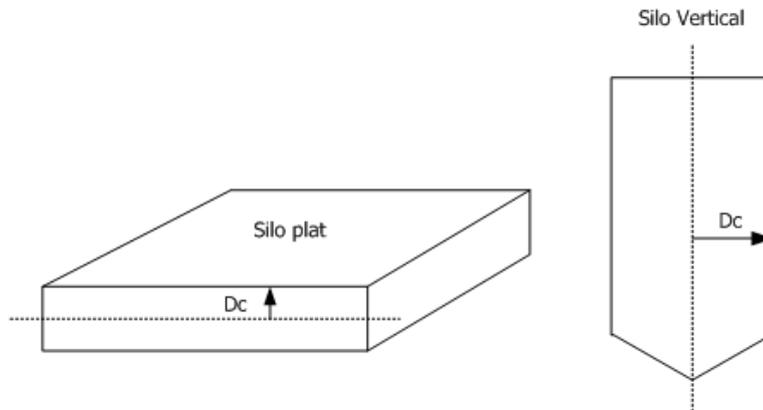
Pour chaque silo, la démarche décrite ci-après a été appliquée afin de déterminer la dimension critique Dc et donc le risque d'auto-échauffement.

1. *Définition des caractéristiques du produit : Produit / taux d'humidité*
2. *Définition des caractéristiques des cellules: Dimensions / Temps de stockage*
3. *Détermination de la dimension critique : Logigramme ci-dessous*



Logigramme utilisé pour la prise en compte des risques d'auto-échauffement

La figure ci-après indique en fonction de la forme de stockage retenue, la dimension critique associée.

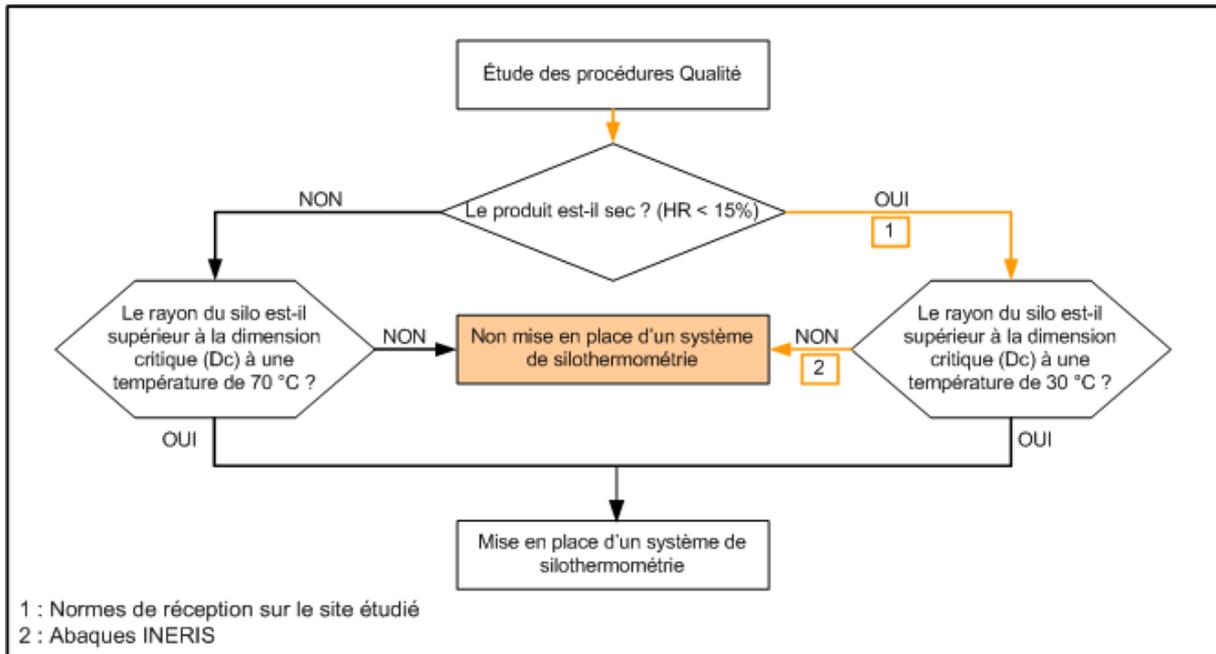


Définition de la dimension critique associée en fonction de la forme de stockage

S'agissant des tailles critiques en fonction des températures de stockages, des ordres de grandeurs sont disponibles pour les oléagineux et différentes céréales dans une étude de Services Coop réalisée par l'INERIS.

Ils sont repris le tableau ci-dessous.

Produit	Taille critique à une température de 30°C	Taille critique à une température de 70°C
Oléagineux (tournesol...)	15 m	3 m
Céréales (blé, orge, maïs...)	100 m	20 m
Céréales à pailles (luzerne, colza...)	Jugés plus réactifs que les céréales mais moins que les oléagineux	

Application au site de Saint Hilaire sur Puiseaux

Méthodologie INERIS appliquée au site étudié (tracé orange)

L'INERIS a repris des ordres de grandeurs des tailles critiques en fonction des températures de stockage.

Nous rappelons que la taille critique correspond à la dimension de la moitié de la hauteur pour les silos plats et la moitié du diamètre pour les silos verticaux. Ce qui représente une hauteur de stockage de 40 m par exemple pour du blé à une température de 70°C.

	Diamètre ou hauteur cellule	Taille critique la plus défavorable	Risque d'auto-échauffement	Besoin de thermométrie
Cellules existantes de 420 m ³	H = 29,20 m	40	Non	Non
Cellules existantes de 2 600 m ³	H = 16,60 m	40	Non	Non
Cellules projetées	H = 16,60 m	40	Non	Non

De ce fait, même à une température de 70°C, la taille critique du risque d'auto-échauffement n'est pas atteinte sur le site de Saint Hilaire sur Puiseaux pour l'ensemble des produits stockés.

Compte tenu des dimensions des cellules des silos et sous réserve que les normes de réception des produits soient respectées, le risque d'auto échauffement peut être exclu.

Les installations de thermométrie ne sont donc pas indispensables pour une exploitation sûre du site, elles seront installées pour garantir l'aspect sanitaire des grains stockés.

3.2.2 Poussières :

Caractéristiques de la poussière

ARVALIS et Services Coop ont déterminé les caractéristiques chimiques, physiques et granulométriques de 41 échantillons de poussières de diverses céréales. Il existe une forte variabilité entre les échantillons pour tous les critères mesurés.

Les caractéristiques sont résumées dans les tableaux suivants :

	Moyenne	Valeurs extrêmes
Teneur en eau (% mh)	8,9	3,6 – 13,0
Teneur en protéines (% ms)	12	5,2 – 40
Cellulose (% ms)	13,4	2,3 – 30,7
Amidon (% ms)	26,3	0,2 – 81,0
Cendres (% ms)	19,7	2,2 – 71,2

Composition des poussières des 41 échantillons - (mh : matière humide, ms : matière sèche)

Caractéristiques physiques des poussières

La masse volumique dépend de leur origine, elle est de 200 à 300 Kg/m³ pour les poussières de blé. La présence de poussières est une condition nécessaire au phénomène d'explosion mais la présence de poussières n'aura pas les mêmes conséquences selon :

- Sa facilité à se mettre en suspension
- Sa composition
- Sa quantité
- Son emplacement.

Des échantillons des poussières contenues dans différents silos identiques à celui d'Amilly ont été constitués et analysés afin de déterminer leur "potentiel d'explosivité".

Ce sont bien entendu les poussières les plus fines et les plus sèches qui pourront facilement se disperser et resteront en suspension le plus longtemps.

Des caractéristiques physiques telles que la répartition granulométrique, la forme, la densité du produit joueront un rôle extrêmement important sur la dispersibilité et la stabilité du nuage.

On peut noter que la dispersibilité des poussières sera d'autant plus grande que leur densité est faible ; elle dépend aussi de la cohésion des poussières, qui est fonction de l'humidité, de la forme des particules et de leur aptitude à se charger électrostatiquement.

En ce qui concerne la stabilité du nuage, on sait que les poussières grossières et de densité élevée sédimenteront rapidement; elles ont donc peu de chances de rester longtemps en suspension. Pour des poussières sphériques, de densité 1, la vitesse limite de chute dans l'air peut être calculée à l'aide de la loi de Stokes.

Le tableau ci-après donne les valeurs de ces vitesses de chute à température ambiante.

Tableau Loi de Stokes

Dimension des grains (microns)	Vitesse limite de chute selon loi de Stokes (mm/sec)
1	0,03
10	3
100	300

Résultats d'analyses

La composition chimique et granulométrique des poussières, issues des différents produits manutentionnés (céréales et oléo-protéagineux), analysées sur des sites similaires est la suivante :
Sources : Coop de France Métiers du grain et ARVALIS

Analyse chimique :

Matière sèche en %	87,64
Matière azotée totale	11,83)
Cendres	12,83) exprimé en % de
Amidon	22,20) la matière sèche
Cellulose	17,34)

Analyse granulométrique :

Tamis en mm	1.00	0.63	0.40	0.25	0.20	0.16	0.10	0.063	0.040	Extrait	Poids Ech.	Récupération
Poids (en grammes)	15.13	0.63	0.94	1.92	1.51	2.28	10.34	12.74	22.88	5.39	75	73.76
%	20.5	0.9	1.3	2.6	2.0	3.1	14.0	17.3	31.0	7.3		

On notera le taux très important de cendres (12,83 %), taux que l'on comparera à celui de la farine (0,5%), produit sur lequel ont été effectués de nombreux essais d'explosion plus le taux de cendres est important, plus il est difficile de faire exploser les poussières.

On notera que le pourcentage de poussières supérieur à 100 microns est de 44,4 %, ce qui est conséquent mais plus faible que celui obtenu avec la seule poussière de blé (en moyenne 70 %).

En cas d'accident, les poussières, en raison de leur poids, ne vont pas rester longtemps en suspension, comme l'indique le tableau de Stockes précédent.

En conclusion, la conjonction d'un taux de cendres élevé (poussières non combustibles) et d'une granulométrie assez importante diminue sensiblement les risques d'une éventuelle explosion.

Inflammabilité et explosibilité des poussières en nuage

La puissance explosive des poussières de grains est grande. Heureusement les risques d'explosion dépendent de nombreux facteurs que l'on sait maîtriser.

Les deux facteurs indispensables pour obtenir une explosion primaire sont :

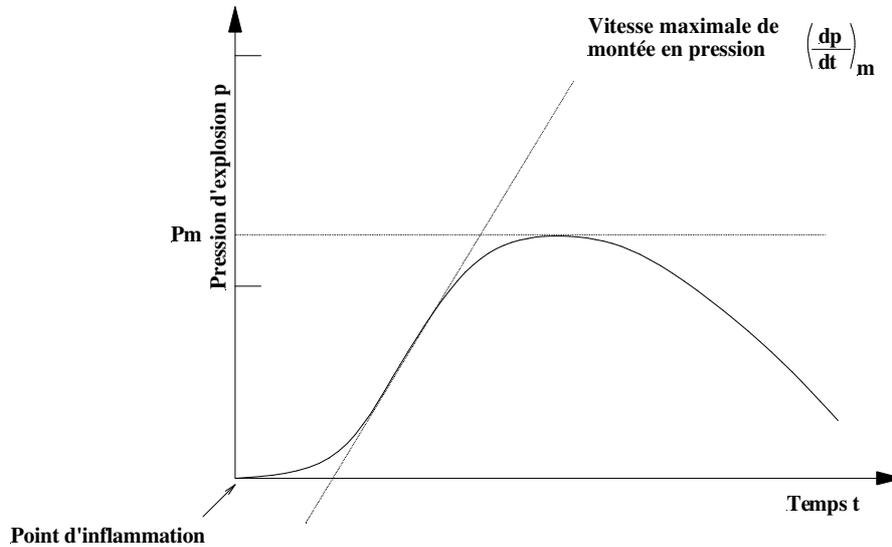
- Concentration
- Energie minimale.

Concentration explosive :

Comme pour les gaz, on peut définir pour une poussière une concentration minimale explosive au-dessous de laquelle l'explosion ne peut se propager dans un nuage préformé. Mais autant cette grandeur peut être mesurée avec assez de précision dans le cas des gaz, autant il est difficile expérimentalement de réaliser des suspensions homogènes de poussières, surtout si elles sont grossières.

Disons que les concentrations minimales explosives des poussières inférieures à 100 µm se situent couramment dans la fourchette 20 à 100 g/m³; ceci correspond déjà à des nuages de poussières relativement denses.

La concentration maximale explosive des poussières, elle est encore bien plus incertaine et se situe dans la gamme de 1 à 3 Kg/m³. Ce sont là des concentrations que l'on ne peut trouver qu'exceptionnellement dans certains appareils de traitement par exemple. La limite inférieure d'explosivité (LIE) de la poussière de blé est de 65 gr/m³.



La violence de l'explosion est fonction de la concentration du nuage de poussières. Elle est déterminée par 2 paramètres :

- La surpression maximale d'explosion (P_m)
- La vitesse maximale de montée en pression : $VMP = (dp/dt)_m$

L'indice d'explosion (K_{st}) ou (IC) en bar s-1m est une constante qui définit la vitesse maximale de montée en pression $(dp/dt)_m$ d'une explosion dans un volume V , et qui est donnée par la formule :

$$K_{st} = \left(\frac{dp}{dt}\right)_m V^{1/3}$$

Poussières	Température d'auto-inflammation en couche (en °C)	Température d'auto-inflammation nuage (en °C)	Energie minimale d'inflammation (mJ)	Concentration minimale d'explosion (g/m ³)	Pression maximale d'explosion (bar)	Vitesse maximale de montée en pression (bar/s)	K_{st} (bar.m/s)
Blé	220	500	60	50	7.3	140	96
Orge	300	400	125	>100	7.5	155	102

Caractéristiques et risques liés aux produits stockés (Source INERIS et CNPP)

Ces données nous permettent de définir la température maximale de surface qui doit être la température la plus faible des deux valeurs suivantes : 2/3 de la température d'auto-inflammation du nuage de poussières, soit 125°C pour l'ensemble du silo.

Caractéristiques d'explosivité et d'inflammabilité des poussièresParamètres caractérisant l'explosivité et l'inflammabilité des poussières

Paramètre (Abréviation, Unité)	Définition	Incidence du paramètre sur le danger	Exploitation du paramètre (prévention du risque...)
Granulométrie (en μm)	Mesure des dimensions et détermination de la forme des particules ou des grains (AFNOR) Méthode de classements des produits pulvérulents selon la proportion des grains ou des particules de différentes tailles (Robert)	Pour qu'une explosion de poussière soit possible, il faut que le produit pulvérulent combustible soit en l'état suffisamment divisé (au moins une partie des particules de dimensions inférieures à 0,5 mm). Les poussières fines restent le plus longtemps en suspension, il y a donc là une raison supplémentaire pour qu'elles soient les plus dangereuses. En règle générale, la granulométrie d'une poussière explosive est inférieure à 300 μm^2 . Toute poussière présentant une fraction de particules inférieure ou égale à 500 μm est considérée comme poussière inflammable	
Taux d'Humidité (en %)	Teneur en humidité des poussières – Quantité d'eau contenu dans 100 g de produit et déterminé par séchage à l'étuve.	Un taux d'humidité trop important de produits stockés peut engendrer des phénomènes de fermentation aérobie ou anaérobie et dériver sur des risques d'auto-échauffement. A l'inverse, des poussières avec des taux d'humidité « faibles » accentuent le risque potentiel d'explosion.	
Limite inférieure d'explosivité (LIE) ou Concentration Inférieure d'Explosivité (CIE)	Concentration, la plus faible en combustible, capable de conduire à la propagation d'une flamme dans un nuage homogène poussière/air	En règle générale, la limite inférieure d'explosivité se situe autour de 50 g/m ³ et peut être déterminée expérimentalement pour une poussière donnée. Néanmoins, cette valeur dépend des conditions de l'inflammation (turbulence, énergie de la source d'inflammation, température, pression...)	Des indicateurs simples peuvent être mis en place, afin d'apprécier les quantités de poussières pouvant générer une atmosphère explosive
Vitesse maximale de montée en pression de l'explosion (dp/dt max. ou KSt, en bar.m.s ⁻¹)	Selon la norme NF EN 1127-1 : Dans des conditions d'essais spécifiées, valeur maximale de la montée en pression par unité de temps obtenue dans un récipient fermé, lors des explosions de toutes les atmosphères explosives dans le domaine d'explosivité de la substance combustible	Cf Figure ci après.	Elle caractérise la violence de l'explosion et permet de dimensionner les mesures de protection contre l'explosion (évent, suppresseur d'explosion).
La pression maximale d'explosion (Pmax, en bar)	Selon la norme NF EN 1127-1 : dans des conditions d'essais spécifiées, pression maximale obtenue dans un récipient fermé lors de l'explosion d'une atmosphère explosive	Cf Figure ci après.	Elle caractérise la violence de l'explosion et entre dans le calcul de surface d'évent
Energie minimale d'inflammation (EMI, en millijoules)	Selon la norme NF EN 1127-1 : Plus faible énergie électrique stockée dans une capacité, dans des conditions d'essais spécifiées, qui, lors de la décharge, est juste suffisante pour obtenir l'inflammation de l'atmosphère la plus facilement inflammable	Cf Figure ci après.	Ce paramètre permet de lutter contre les dangers de l'électricité statique (étincelle de décharge entre la partie chargée et la terre) et les dangers d'étincelles électriques
Température minimale d'inflammation d'un nuage de poussières (TAI, en °C)	Selon la norme NF EN 1127-1 : Dans des conditions d'essais spécifiées, température la plus faible d'une surface chaude sur laquelle le mélange le plus inflammable de poussières avec l'air est enflammé	Cf Figure ci après.	Ce paramètre permet de définir les températures maximales admissibles de surfaces des corps chauffés ou de fonctionnement des procédés
Température minimale d'inflammation d'une couche de poussières (TAI, en °C)	Selon la norme NF EN 1127-1 : Dans des conditions d'essais spécifiées, température la plus faible d'une surface chaude pour laquelle l'inflammation se produit dans une couche de poussières		

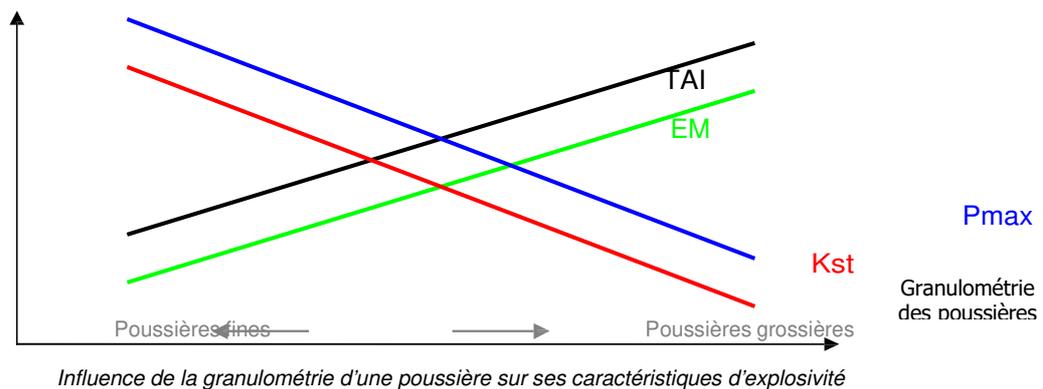
Tableau 1 : Paramètres caractérisant l'explosivité et l'inflammabilité des poussières

La Figure ci après présente l'influence de la granulométrie des poussières sur les caractéristiques d'explosivités. Ainsi, pour une poussière issue d'un même produit :

- plus sa granulométrie est fine plus cette poussière est réactive, c'est-à-dire plus l'explosion est violente (ou sévère) et plus la poussière est sensible à différentes sources d'amorçage,
- plus sa pression maximale et plus sa vitesse maximale de montée en pression de l'explosion sont élevées plus l'explosion est sévère,
- plus son énergie minimale d'inflammation et plus sa température minimale d'inflammation sont faibles plus cette poussière est sensible à différentes sources d'amorçage.

L'influence de l'humidité des poussières sur les caractéristiques d'explosion est proche de l'influence de la granulométrie.

Caractéristiques d'explosivité
(Kst, Pmax, EMI, TAI)



Valeurs de paramètres d'explosivité et d'inflammabilité de poussières rencontrées en nutrition animale :

Sur la base d'une étude bibliographique, le Tableau suivant présente des valeurs de paramètres d'explosivités et d'inflammabilités de poussières de produits utilisés.

Pour les matières premières énumérées dans le tableau, la variabilité des valeurs des paramètres s'explique par la variabilité des granulométries et des humidités des poussières caractérisées.

Il est à noter que les valeurs de Kst restent en général dans l'intervalle [0 ;200] qui correspond aux poussières de catégorie St1.

Produit	Granulométrie (d50 = diamètre médian en µm)	Pmax (bar)	Kst (bar·m/sec)	LIE (g/m ³)	EMI (mJ)	Température minimale d'inflammation (°C)	
						En nuage	En couche (5 mm)
Blé		[5 ; 9]	[20 ; 120]		[10 ; 160]	[350 ; 600]	[300 ; 450]
Farine de blé		[7 ; 9]	[30 ; 200]		[10 ; 300]	[400 ; 500]	330
Orge		[5 ; 9]	[10 ; 150]		[10 ; 150]	[400 ; 450]	[300 ; 450]
Maïs		[5 ; 9]	[10 ; 130]		[10 ; 300]	[400 ; 450]	[300 ; 450]
Graines Tournesol		[6 ; 8]	[20 ; 90]			[400 ; 500]	350
Poussières de céréales	d50 < 10					410	
Poussières de céréales	d50 = 50					520	300
Dépôt de poussières de céréales	d50 = 172	8,7	79	n.d		420	290
Poussières de céréales sur filtre d'aspiration	Diamètre < 37	9,2	131	125		510	300

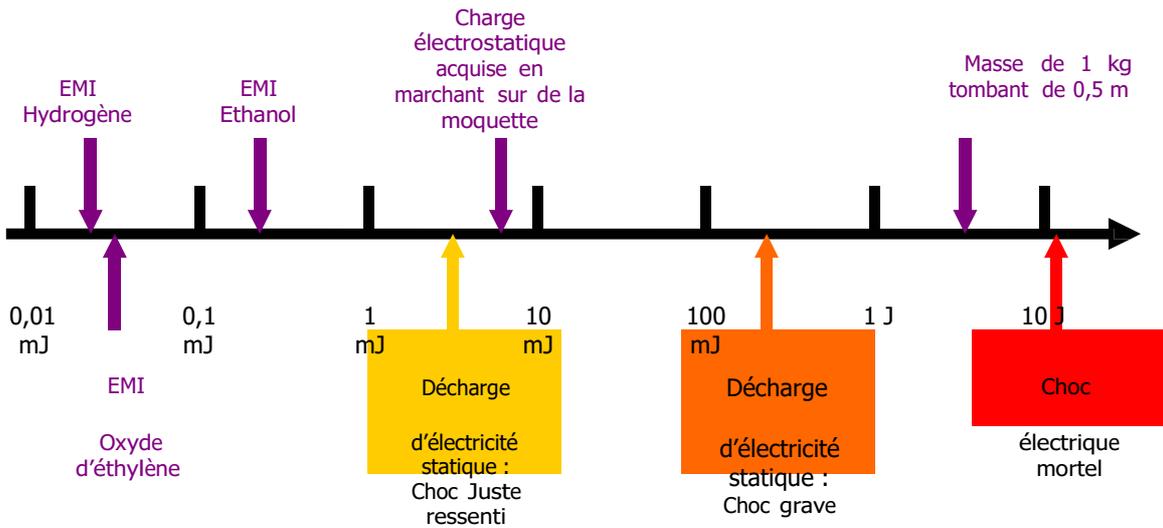
Comparaison des ordres de grandeurs des paramètres d'explosivité et d'inflammabilité

Les données mentionnées dans ce paragraphe permettent de situer les ordres de grandeurs des paramètres d'explosivité et d'inflammabilité établis dans le paragraphe précédemment :

- Limite Inférieure d'Explosivité :
 - o pour un nuage de poussières, si un observateur, bras tendu, ne voit pas son pouce, la concentration de poussières est de l'ordre de 50 g/m³.
 - o pour les dépôts de poussières, si cet observateur, en marchant sur un sol recouvert de poussières laisse des traces de pas, l'atmosphère pourra devenir explosive en cas de mise en suspension de ces poussières
- Température Minimale d'Inflammation :

Sources d'inflammation	Ordre de grandeur de températures
Surfaces chaudes : moteurs, coffrets d'alimentation électrique, câbles, paliers de machines, frottements de pièces	De l'ordre de 100 °C
Flammes : cigarettes, flammes produites lors de travaux (soudure, meulage)	> 600°C

- Energie Minimale d'Inflammation :
 - o Une valeur de 10 à 30 mJ signifie que les mélanges sont très sensibles à l'inflammation par des étincelles d'origine électrostatique.
 - o La Figure 8 donne des repères d'échelle d'énergie mise en jeu.



Le Tableau ci-après présente différents types de décharges électrostatiques

Nature de la surface	Type de Décharge électrostatique	Origine	Ordre de grandeur	Cas dans l'industrie
Surfaces isolantes	Décharge en aigrette	Matériaux isolés fortement chargés	4 mJ	Bandes transporteuses isolantes ou manches filtrantes isolantes Silo en matière plastique
	Décharge "glissante" de surface	Surface d'une couche mince et isolante appliquée sur une surface d'un élément conducteur relié à la terre	1 à 2 J	Canalisation métallique peinte ou revêtue d'une couche isolante
	Décharge de talus	Concentration du champ électrique par effet de pointe au sommet du talus de poudre ou de pellets	> 100 mJ	Remplissage d'un silo par transporteur pneumatique Remplissage gravitaire des camions
Surfaces conductrices	Étincelle de décharge capacitive (décharge par Étincelle)	Décharge entre deux conducteurs à des potentiels différents	>> 10 mJ	Tuyauteries conductrices non mises à la terre

Le danger d'explosion sera étudié. Il constitue l'Évènement Redouté Central (ERC).

3.2.3 Autres produits :

3.2.3.1 Engrais liquides

Les engrais liquides sont des préparations constituées d'un mélange d'urée et nitrate d'ammonium. Elles servent de nutriment pour les végétaux. Fortement concentrées en azote (36 à 39 %) réparti sous forme nitrique, ammoniacale et uréique, elles sont solubles à 100 % dans l'eau et présentent moins de risques pour l'homme (irritation en cas de contact prolongé) que pour l'environnement (prolifération possible des algues dans des eaux peu brassées).

Les engrais liquides ne sont pas intrinsèquement source de danger pour les installations de stockage de grains.

Ce danger n'est pas à prendre en compte pour l'analyse des risques.

(le risque de pollution lié au stockage d'engrais liquide est étudié au chapitre « dangers liés au stockage d'engrais liquide »).

3.2.3.2 Engrais solides

Propriétés caractéristiques générales

Les engrais à base de nitrates se présentent généralement sous la forme de granulés sphériques plus ou moins réguliers, dont la granulométrie moyenne est de l'ordre de 2 à 4 mm. Ils sont constitués principalement de sels de divers composés minéraux (sulfates / nitrates / phosphates / chlorures d'ammonium, de calcium et/ou de potassium...) et peuvent contenir une faible humidité résiduelle (inférieure à 1,5 %). Leur température de fusion dépend des proportions relatives des différents composants et peut varier de 170°C à plus de 200°C suivant les formules.

Quel que soit leur mode de fabrication, ces engrais sont tous caractérisés par leur hygroscopie. Ils ont ainsi tendance à absorber l'humidité de l'air, surtout si l'atmosphère est relativement chaude et humide. Des précautions sont prises pour éviter ces phénomènes : enrobage des billes par un agent anti-mottant lors de la production de l'engrais, et stockage en vrac dans des conditions adaptées (par exemple bâchage des tas d'engrais ou chauffage de l'air dans les conditions fixées par l'arrêté ministériel du 2 septembre 2016, modifiant l'arrêté du 13 avril 2010).

Rappelons également que la commercialisation des "matières fertilisantes et supports de culture", dont font partie les engrais, s'effectue dans un cadre normatif très strict, organisé en France par référence à la loi du 13 juillet 1979, qui impose pour chaque type d'engrais autorisé à la mise sur le marché, des dénominations et spécifications précises.

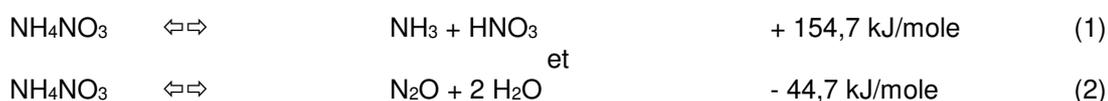
Caractéristiques de dangers

Les engrais minéraux à base de nitrates ne sont ni explosifs, ni inflammables.

Dans des conditions normales de stockage et de manipulation, ce sont des produits inertes qui n'engendrent pas, spontanément, de risques particuliers. De même, la poussière d'engrais au nitrate d'ammonium, par nature incombustible, ne présente pas de risques d'explosion de poussières tels que ceux communément associés aux poussières de grains et matières organiques.

Cependant, dans certaines conditions, en particulier lorsqu'ils font l'objet d'un apport de chaleur d'origine externe, certains engrais peuvent être le siège d'un ensemble de réactions chimiques aboutissant à une décomposition du produit.

Ce comportement est lié à la présence de l'ion nitrate. Dans le cas le plus fréquent où le nitrate est sous la forme de nitrate d'ammonium, la décomposition qui peut commencer, pour certains engrais, à partir de 130°C, met en jeu, jusqu'aux alentours de 200°C, les réactions chimiques suivantes :



Ces deux réactions, qui se superposent avec des cinétiques différentes, sont globalement endothermiques dans cette plage de température, c'est-à-dire que pour qu'elles puissent se développer, le milieu réactionnel doit recevoir une quantité suffisante d'énergie thermique d'origine externe.

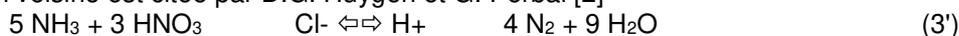
Engrais composés

Dans le cas d'engrais NPK, l'énergie thermique externe au nitrate d'ammonium est générée au sein même du produit par une troisième réaction, catalysée par l'ion Cl⁻, susceptible de se développer à partir de 130°C et en présence d'une certaine acidité libre. Le catalyseur peut être fourni par le chlorure de potassium, utilisé généralement pour apporter l'élément fertilisant K dans la plupart des NPK. Par ailleurs, d'autres matières ont un effet catalytique analogue ; c'est le cas par exemple des acides, de certains oligo-éléments comme le cuivre, le zinc et le manganèse, et des matières organiques.

D'après L. Médard [1], cette réaction s'écrirait :



Une réaction voisine est citée par D.G. Huygen et G. Perbal [2]



D'après G. Perbal, c'est cette dernière réaction qui constitue la réaction principale de la décomposition thermique des NPK, fortement exothermique et qui, dans un produit modérément chaud (130 à 160°C) où la réaction (1) ci-dessus est prédominante, peut provoquer une élévation importante de température. Cette élévation de température entraîne le développement de la réaction (2) de décomposition et l'apparition d'une succession de réactions secondaires qui renforcent le phénomène et conduisent à la formation de composés gazeux toxiques.

Cependant, selon le comportement physique et la composition chimique du produit concerné, trois types de décompositions thermiques de NPK, aux caractéristiques très différentes, peuvent être observés :

- Le produit fond à une température voisine de la température d'amorçage de la décomposition proprement dite (par ex. à 200°C) ; la fusion du produit froid absorbe une part importante de l'énergie libérée, ce qui stoppe toute possibilité d'évolution du produit chaud et fondu. Dès que cesse l'apport d'énergie thermique externe, la décomposition s'arrête d'elle-même. Ce n'est que dans le cas de très grands incendies, où toute la masse est fondue, que la volatilisation du liquide accompagnée d'émissions d'oxydes d'azote peut se produire.
- Le produit ne fond pas ; la zone en contact direct avec le point chaud commence à se décomposer mais compte tenu des caractéristiques du produit, le transfert de chaleur à travers la masse poreuse de produit décomposé joint à l'énergie libérée ne sont pas suffisants, pour permettre la poursuite de la réaction, et la décomposition s'arrête.
- Le produit ne fond pas ; l'énergie libérée est suffisante pour permettre à la décomposition thermique de s'étendre progressivement dans la masse. Ce phénomène est désigné par le terme anglais "cigar-burning combustion", à la différence près que la combustion d'un cigare exige un apport d'air, ce qui n'est pas vrai d'une décomposition thermique de NPK, l'ion NO_3^- jouant le rôle de comburant.

Il s'agit dans ce dernier cas d'une décomposition thermique auto-entretenue spécifique de certaines NPK, qui présente les caractéristiques générales suivantes :

- Une période d'induction pouvant être très longue (plusieurs heures), durant laquelle aucune manifestation n'est perceptible,
- Une température d'initiation pouvant être assez faible (à partir de 130°C),
- Pas besoin d'apport d'air, le comburant étant présent dans le produit sous forme de nitrate,
- Aucun effet mécanique de type déflagration/détonation, la vitesse de décomposition étant extrêmement lente (de l'ordre de 20 à 30 cm/h en horizontal),
- Une émission de gaz chauds en quantité importante, qui évacuent environ 85 % de l'énergie thermique dégagée et constituent le vecteur principal de propagation de la décomposition (Huygen et Perbal [3]),
- Des fumées émises très épaisses qui contiennent, outre beaucoup de vapeur d'eau, des gaz toxiques et corrosifs (NOX, HCl, Cl₂,...),
- Des effets thermiques directs assez limités mais la possibilité d'effets induits en raison de la température des gaz émis (de 300 à 450°C),
- Une propagation lente mais difficile à localiser lorsque le front de décomposition se situe dans la masse de produit.

Des essais, dont les résultats sont donnés plus loin, ont permis de préciser la vitesse de décomposition ainsi que la quantité et la composition des gaz émis.

Ammonitrates (Engrais simples à base de nitrate d'ammonium)

Contrairement au cas précédent, de par le mode de fabrication des ammonitrates, ces produits ne contiennent pas de composant susceptible de catalyser une réaction de décomposition.

Dans le cas des ammonitrates à haut dosage (plus de 80 % de nitrate d'ammonium), les spécifications de la norme NF U 42-001 fixent des valeurs limites pour certains contaminants ayant un effet de catalyseur (acidité, matières organiques, oligo-éléments,...), et pour certaines caractéristiques physiques (porosité, granulométrie), qui pourraient influencer de façon défavorable sur une éventuelle contamination postérieure à la fabrication ou sur ses conséquences. Ces exigences transcrivent la directive 80/876/CE, du 15 juillet 1980, et sont destinées à « garantir l'innocuité des engrais simples à forte teneur en azote ».

Les modalités des contrôles statistiques à effectuer (contrôles par lots) pour garantir le respect de ces spécifications techniques sont définies par le dispositif réglementaire auquel est soumise la commercialisation des engrais (arrêté du 8 décembre 1982). La mise en œuvre de processus d'assurance qualité, se concrétisant par une certification selon la norme ISO 9002, dès la production et au cours du stockage, peut conforter cette garantie.

Par ailleurs, la vérification, par un laboratoire agréé, du comportement du produit vis à vis du test de « détonabilité » imposé par la norme NF U 42-001, constitue une précaution supplémentaire par rapport au risque lié à la forte teneur en nitrate d'ammonium.

Pour les ammonitrates à moyen dosage, la teneur plus faible en nitrate d'ammonium (moins de 80 %), jointe à la présence d'une charge inerte et à une faible porosité des granulés donne les mêmes garanties.

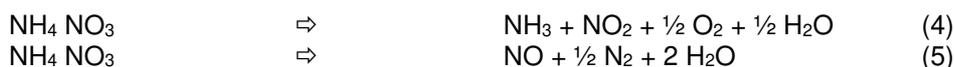
Les ammonitrates fabriqués selon ces critères se comportent ainsi de manière similaire au nitrate d'ammonium pur : ils peuvent être l'objet de réactions de décomposition mais uniquement s'ils sont soumis à une source d'énergie externe importante, comme par exemple un incendie qui se serait déclaré dans le magasin de stockage.

Pour atteindre le stade de la décomposition, il faudra que la source d'énergie ait d'abord provoqué la fusion du produit (vers 169°C), qui en absorbe déjà une part non négligeable.

Jusqu'à 250°C, les réactions (1) et (2) ci-dessus sont seules en présence dans le produit fondu, la réaction (1) de dissociation ayant un effet limitant important du fait de son endothermicité, pour autant que les gaz dont elle est à l'origine de l'émission puissent s'échapper librement.

Au-delà de la température de 250°C, de nouvelles réactions apparaissent, mais leur cinétique reste non significative par rapport aux précédentes, jusqu'à 290°C, température d'équilibre théorique entre les réactions (1) et (2) selon Feick et Hainer.

C'est au-delà de 290°C que les réactions de décomposition produisant N₂ mais aussi NO et NO₂ deviennent significatives :



et à température plus élevée :



Cependant en l'absence de confinement et de cavité au sol, le produit fondu s'écoulera et aura tendance à se soustraire à la source d'énergie externe, et les gaz émis s'échappant librement, le domaine où les réactions exothermiques l'emportent ne pourra être atteint. La décomposition cessera dès que le combustible présent sera épuisé, la température de l'engrais revenant à la température ambiante.

La survenue d'accidents historiques particulièrement meurtriers - datant d'ailleurs de plus de 40 ans - peut faire craindre le risque de détonation. En fait, l'analyse des accidents catastrophiques montre que les explosions accidentelles sont reliées à l'existence de conditions précises :

- à température ambiante, une contamination du produit jointe à la mise en œuvre d'une amorce explosive,
- en situation d'incendie, avec du produit fondu, voire surchauffé, et contaminé, le maintien d'un confinement empêchant l'évacuation des gaz, ou l'impact sur le produit lui-même d'une onde de choc assez énergétique.

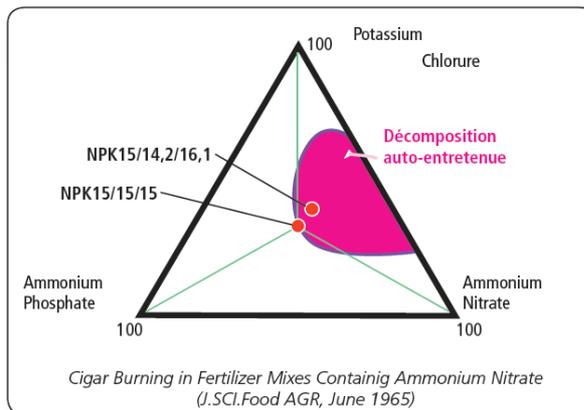
En pratique, les ammonitrates exempts de contamination et conformes aux spécifications de la norme sont particulièrement difficiles à faire détoner : ni une flamme ou une étincelle ni une friction ne sont connues comme pouvant causer une détonation ; l'initiation par onde de choc nécessite en effet une énergie importante. Le chauffage avec contamination, joint au confinement des gaz ou à l'impact très violent d'un projectile sur le produit fondu, serait le seul mécanisme, cependant extrêmement peu probable, d'une initiation accidentelle dans le contexte d'activités industrielles. Par impact très violent d'un projectile, on entend par exemple l'impact d'une balle ou d'une bouteille de gaz sous pression et non la chute d'une toiture.

Engrais NP et NK :

Les engrais NP et NK entrent dans la catégorie des engrais composés. Ceux qui contiennent plus de 70 % de nitrate d'ammonium comme le 30-10-0, 27-0-13 par exemple, ont un comportement comparable à celui des ammonitrates en ce qui concerne le risque de détonation.

Les engrais NP ne sont pas concernés par les risques de décomposition auto-entretenue. Généralement, il en est de même pour les engrais NK à plus de 70 % de nitrate d'ammonium.

Seuls les engrais NK à moins de 70 % de nitrate d'ammonium peuvent éventuellement être concernés par les risques de décomposition auto-entretenue et doivent faire l'objet d'une caractérisation au cas par cas.

**Engrais NP à plus de 80 % de nitrate d'ammonium**

Les engrais NP entrent dans la catégorie des engrais composés. Ceux qui contiennent plus de 80 % de nitrate d'ammonium comme le 30-10-0 par exemple, ont un comportement identique à celui des ammonitrates.

Le danger spécifique au produit ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.

Seul le danger lié au procédé de stockage est pris en compte.

De plus, l'activité engrais solide est faible et est non classée.

3.2.3.3 Produit phytosanitaire

Les produits phytosanitaires stockés dans les installations appartiennent chacun à une classe de risque. L'arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances définit dix classes de risque ayant chacune un symbole d'étiquetage modifié par l'arrêté du 14/10/2013. Ce texte sert également de référence pour la définition de certaines rubriques de la nomenclature des installations classées.

Un même produit peut présenter plusieurs risques et peut donc être étiqueté sous plusieurs symboles : risque toxique (T ou Xn ou Xi) et risque incendie (F+ ou F ou O).

	Comburantes (O) Substances qui, en contact avec d'autres substances, notamment avec des substances inflammables, présentent une réaction fortement exothermique.
	Extrêmement inflammables (F+) Substances liquides dont le point d'éclair est inférieur à 0 degré Celsius et le point d'ébullition inférieur ou égal à 35 degrés Celsius.
	Facilement inflammables (F) Substances et préparations liquides, dont le point d'éclair est inférieur à 21 degrés Celsius, inflammables en quantités dangereuses.
	Très toxiques (T+) Substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques extrêmement graves, aigus ou chroniques et même la mort.
	Toxiques (T) Substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques et même la mort.
	Nocives (Xn) Substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques de gravité limitée.
	Irritantes (Xi) Substances non corrosives qui, en contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, peuvent provoquer une réaction inflammatoire.
	Corrosives (C) Substances qui, en contact avec des tissus vivants, peuvent exercer une action destructive sur ces derniers.
	Dangereuses pour l'environnement (N) Substances dont l'utilisation présente ou peut présenter des risques immédiats ou différés pour l'environnement.

Les produits phytosanitaires stockés sur le site de Saint Hilaire sur Puiseaux, de par les matières actives qu'ils contiennent entrent dans les classes de risque suivantes :

Facilement inflammable	F
Toxique	T
Nocif	Xn
Irritant	Xi
Corrosif	C
Dangereux pour l'environnement	N

Pour mémoire, la quantité stockée est très faible.

Chaque fiche de données de sécurité est tenue à disposition de l'inspecteur de la DREAL et des Services d'Incendie et de Secours.

**Le danger spécifique au produit ne constitue pas un potentiel de danger pour les intérêts à protéger, il n'est pas à prendre en compte dans l'analyse des risques.
Seul le danger lié au procédé de stockage est pris en compte.**

3.3 Dangers liés aux procédés utilisés

3.3.1 Dangers liés au stockage de grains

Le procédé utilisé sur le site de Saint Hilaire sur Puiseaux est le stockage du grain.

Les installations de stockage et nettoyage de céréales, de conception classique peuvent présenter 2 formes de dangers :

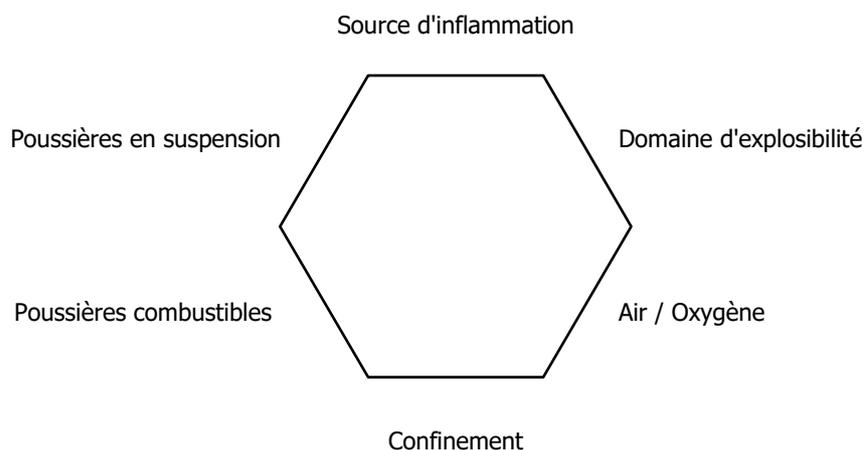
- L'incendie
- L'explosion.

L'incendie résulte concrètement de la présence simultanée de :

- Produits combustibles (poussières)
- Présence d'oxygène (air)
- Présence d'une source d'ignition.

On rencontre également des incendies résiduels suite à une explosion, mais ceux-ci sont généralement de faible importance.

Conditions d'explosion (hexagone de l'explosion)



Ces 6 conditions sont nécessaires et obligatoires pour obtenir une explosion.

3.3.1.1 Ensevelissement

Les cellules de stockage peuvent s'effondrer sous la pression du tas de grain pour différentes raisons :

- Conception défectueuse de la cellule ;
- Vieillesse et usure de la structure ;
- Déformation de la structure sous l'effet de la chaleur (suite à un incendie) ;
- Dislocation de la cellule sous l'effet de la pression d'une explosion de poussières à l'intérieur de la cellule.

Suite à l'effondrement, les grains s'écoulent pour former un tas et peuvent emporter, sous l'effet de la pression, ou ensevelir les biens et personnes sur leur passage.

3.3.1.2 Auto-échauffement

Le risque d'auto-échauffement n'est pas le même selon les conditions de stockage, sa durée et la taille des installations de stockage.

Comme cité précédemment, les céréales sont susceptibles de s'échauffer suivant certaines conditions de stockage (température, humidité, oxygène). Dans le cadre de stockage en silo, les outils mis en place pour éviter ce risque sont les suivants :

- Suivi thermométrique,
- Ventilation.

Ils sont utiles dans le cadre de stockage de longue durée.

L'auto-échauffement est également fonction de la taille de stockage. La température n'augmente que si la chaleur produite est supérieure à la chaleur que l'on peut dégager. Or, alors que la chaleur générée est proportionnelle au volume de stockage, la chaleur dissipée est proportionnelle à la surface. Quand la dimension du stockage augmente, le volume augmente plus vite que la surface et le bilan thermique se déplace donc dans le sens d'une accumulation de chaleur.

On définit le paramètre DC, dimension critique, pour un produit à une température initiale donnée, comme la dimension la plus faible pour laquelle les phénomènes d'auto-échauffement conduisent à une inflammation du produit.

Pour mémoire, les caractéristiques des cellules de Saint Hilaire sur Puiseaux sont inférieures aux dimensions critiques pour la totalité des produits.

3.3.1.3 Incendie

Origine des incendies

Les incendies peuvent avoir des origines très variées, que l'on peut classer en origines mécaniques, origines électriques et origines diverses. Le chapitre précédent a démontré que l'auto-inflammation des produits stockés à Saint Hilaire sur Puiseaux était exclue.

Origines mécaniques :

Les origines mécaniques interviennent selon 3 types de processus :

- La friction (pouvant entraîner des échauffements, des inflammations ou des étincelles) ;
- Le choc ;
- L'électricité statique, induite par frottements et qui provoque des étincelles.

Origines électriques :

Les explosions et les incendies d'origine électrique ont principalement pour causes la défaillance du matériel électrique, son mauvais entretien ou sa mauvaise installation.

- Eclairage : un dispositif d'éclairage fixe et non protégé, sans réflecteur ni globe, peut provoquer un début d'incendie en enflammant la poussière sur l'ampoule.
- Appareillage électrique : un câblage électrique mal dimensionné ou en mauvais état risque de chauffer et d'entraîner un incendie. Des prises de courant non protégées peuvent provoquer un incendie ou des étincelles si des poussières y pénètrent.
- Moteurs électriques : un moteur électrique risque de chauffer anormalement s'il subit une surcharge importante et s'il n'est pas protégé.

Origines diverses :

- Flammes nues et points chauds : les flammes nues de briquets, allumettes, cigarettes, représentent également un grand danger. La température à l'intérieur d'une cigarette en combustion est de 656°C, quand de l'air y est aspiré, elle passe à 740° C. Ces valeurs sont énormes en comparaison des températures d'inflammation des nuages de poussières. La cigarette que l'on fume paraît donc plus dangereuse qu'un mégot non éteint jeté à terre. Celui-ci risque cependant d'enflammer d'éventuelles poussières en dépôt.
- Travaux : les opérations de soudage, de meulage... peuvent également amorcer un incendie.

L'accidentologie relève de nombreux incendies liés aux séchoirs, notamment d'oléagineux. Ces accidents seraient dus à une transmission de source d'énergie aux grains en présence d'oxygène :

- Escarbilles enflammées,
- Gaz non brûlés très chauds,
- Sur séchage de récolte.

Il faut envisager 2 cas pour le risque d'incendie : l'incendie interne à une cellule de stockage, et l'incendie externe à celle-ci.

Les cellules de stockage se caractérisent par :

- Une grande quantité de combustibles (grains ou céréales)
- Une faible ventilation

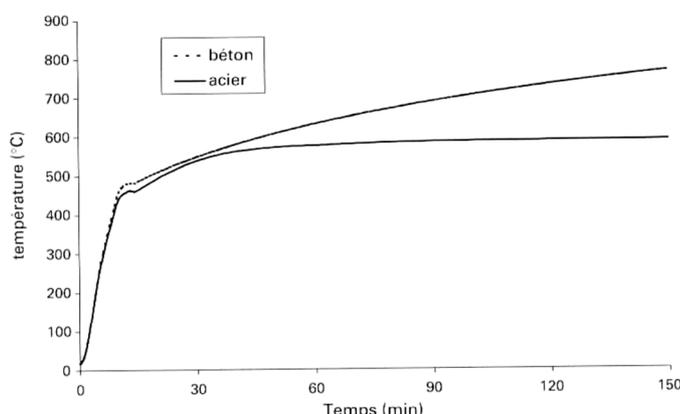
Ainsi, le mode de combustion et de propagation de l'incendie est très différent de celui représenté par la courbe d'incendie conventionnel. En particulier, le développement de l'incendie est très lent. Le feu dans une cellule de stockage est souvent représenté par un feu couvant en surface de stockage.

D'une manière générale, et comme le démontrent les calculs, la conséquence d'un tel incendie est la perte de matière, mais non la rupture des structures de la cellule.

En effet, avec un calcul simplifié, on obtient une température stationnaire d'environ 580°C au bout d'une heure. Les réponses des structures acier et béton sont représentées ci-dessous.

A noter également que la réponse thermique d'une paroi en acier et en béton est différente. Le béton est un matériau ayant une très faible conductivité, ce qui se traduit par une montée lente de la température interne.

La couche constituant l'enrobage du côté exposé au feu peut monter en température et se dégrader assez rapidement. L'acier est conducteur (conductivité thermique 40 fois supérieure à celle du béton), il monte en température de façon homogène. Dès qu'il atteint des températures de l'ordre de 400 °C, la résistance chute de plus de 30%. Ces élévations de températures créent aussi des dilatations thermiques et souvent des contraintes thermomécaniques.



Réponse thermique d'une paroi de silo soumise à un incendie interne

Pour des ouvrages convenablement dimensionnés, comme ceux de Saint Hilaire sur Puiseaux, une telle réduction n'est pas de nature à créer un risque particulier pour la stabilité de l'ensemble.

Associé à un échauffement maîtrisé et limité des produits stockés, le risque d'incendie est faible avec des conséquences très faibles à l'extérieur du silo et nulles en dehors de l'enceinte de l'établissement.

Feu dans un stockage de grains

Dans un stockage de céréales, on peut observer deux grandes familles d'incendie :

- Feu de surface à combustion visible : l'apport en comburant (O₂ dans l'air) est suffisant pour assurer le développement du feu. Il est en général la conséquence de la transmission d'une source de chaleur (ex : travaux par point chaud, échauffement et incendie d'un matériel de manutention).
- Feu à cœur (ou couvant à combustion lente), qui engendre généralement : fumées, odeur, un dégagement important de CO mais pas de flammes. Il a la plupart du temps pour origine soit un point chaud dans la masse du produit soit un auto-échauffement des grains ou des produits stockés. Le feu à cœur est un feu qui se situe en profondeur, c'est pourquoi la combustion est lente. En effet, l'apport de comburant est limité.

Scénario d'incendie :

Les produits stockés dans ces silos verticaux sont des céréales. Les risques d'incendie et d'auto-échauffement existent également mais il est à noter que l'occurrence de tels phénomènes est prévenue essentiellement par les pratiques d'exploitation.

Il convient avant tout de souligner deux arguments importants qui, s'ils ne sont pas directement développés à des fins de sécurité y contribuent indéniablement et efficacement :

- L'inventaire du contenu de chacun des silos est réalisé très régulièrement (quotidien). Il s'agit là d'un contrôle visuel systématique, tous les jours ouvrés.
- Par ailleurs, du fait même qu'il s'agit d'un produit fini dont les qualités organoleptiques sont strictement suivies, la production est organisée de façon à ne pas faire séjourner les produits plus de quelques jours au maximum.

Dans un tel contexte, il est clair que la mise en place d'une silothermométrie n'est pas de nature à constituer une barrière de Mesure de Maîtrise des Risques (MMR)

Feu dans un matériel de manutention ou de traitement du grain

Les conséquences des feux de ce type d'équipement sont généralement limitées à l'équipement. Les phénomènes d'incendie relatif à ce type de matériel sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Équipement	Origines des incendies	Facteurs à retenir
Élévateur	Frottement de la sangle sur la carcasse ; Casse mécanique ; Bourrage avec échauffement ; Travaux par point chaud.	Risque d'explosion
Nettoyeur / calibreur /	Travaux par point chaud ; Décharge électrique (électricité statique) ; Problème mécanique avec échauffement.	Effet « four » essentielleme,nt
Système de dépoussiérage	Travaux par point chaud ; Transmission de particules chaudes du reste de la manutention ; Décharge électrique (électricité statique).	Risque d'explosion

Risque de propagation et d'évolution

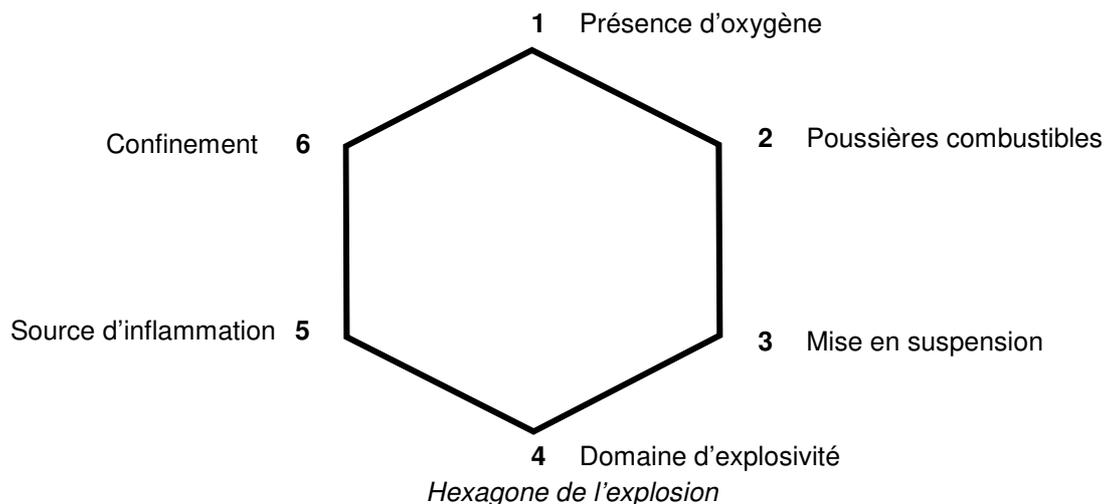
En cas d'accident, la propagation de l'évènement ne peut pas être exclue.

3.3.1.4 Explosion

L'incendie consécutif à cette combustion peut induire une explosion si trois autres conditions sont réunies simultanément :

- Le combustible doit être en suspension ;
- La concentration de poussières dans l'air doit atteindre un seuil minimum d'explosibilité (L.I.E. : Limite Inférieure d'Explosibilité) ;
- Le volume doit être confiné ou partiellement confiné.

Ces 6 conditions réunies constituent l'hexagone de l'explosion.



Une explosion est la transformation rapide d'un système s'accompagnant d'une libération brutale d'énergie se traduisant par une expansion de gaz. Elle est caractérisée par les effets suivants :

- Bruit intense
- Souffle (onde de pression)
- Destruction
- Projection de débris
- Rayonnement thermique

C'est l'expansion de gaz qui induit ces effets.

L'explosion de suspensions air / particules inflammables (« explosion de poussières ») est une **réaction de combustion exothermique**.

- **Déroulement d'une explosion de poussières**

Le déroulement d'une explosion est le suivant pour le cas des « enceintes » ; le cas des « canalisations » étant quelque peu différent :

a) Allumage :

Il est nécessaire d'avoir un échauffement des particules, soit par un point chaud en contact avec le nuage de poussières, soit par rayonnement à partir d'une source éloignée. Les particules soumises à l'échauffement s'enflamment et brûlent en libérant une grande quantité d'énergie (20 kJ/g).

Les sources d'inflammation en fonctionnement normal ou lors d'un dysfonctionnement peuvent être les suivantes (J.P. PINEAU, INERIS, EUROFORUM 1998) :

- Surfaces chaudes
- Flammes et gaz chauds
- Etincelles d'origine mécanique
- Matériel électrique
- Electricité statique
- Ondes électromagnétiques radiofréquence (rf) de 104 hz à 3.1012 hz
- Ondes électromagnétiques de 3.1011 hz à 3.1015 hz
- Rayonnements ionisants
- Ultrasons
- Compression adiabatique et ondes de choc
- Foudre
- Réactions exothermiques comprenant l'auto-inflammation des poussières

b) Propagation :

Ces particules en combustion (de 1 000 à 2 000°C) servent à leur tour de « source d'inflammation » pour les particules proches, de sorte que la flamme (la zone de combustion) se propage de proche en proche. Sur son passage, la flamme transforme le milieu « froid » en produits de combustion « chauds ». Le volume concerné passe de 20°C à 1000-2000°C en peu de temps. Ce volume subit donc une expansion thermique très importante (d'un facteur de l'ordre de 5 à 10).

c) Explosion :

Dans le cas des explosions de poussière, si l'expansion thermique se réalise dans une enceinte close, la pression interne augmente. Lorsque l'équipement soumis à la surpression est suffisamment résistant, celle-ci peut atteindre des valeurs de l'ordre de 100 bars (conditions particulières).

Lorsque le seuil de résistance mécanique est atteint, la structure éclate : c'est l'effondrement de la structure, conséquence grave des effets de surpression.

On peut également citer, comme incident lié aux poussières, l'incendie de poussières en couche. En effet, ces fines particules sont susceptibles de brûler, créant un feu couvant et dégageant peu de calories. Le principal danger lié à un incendie de poussière en couche est donc la création et l'inflammation d'un nuage de poussières pouvant provoquer une explosion.

Les différents incidents liés aux poussières et leurs enchaînements sont présentés dans l'organigramme suivant.

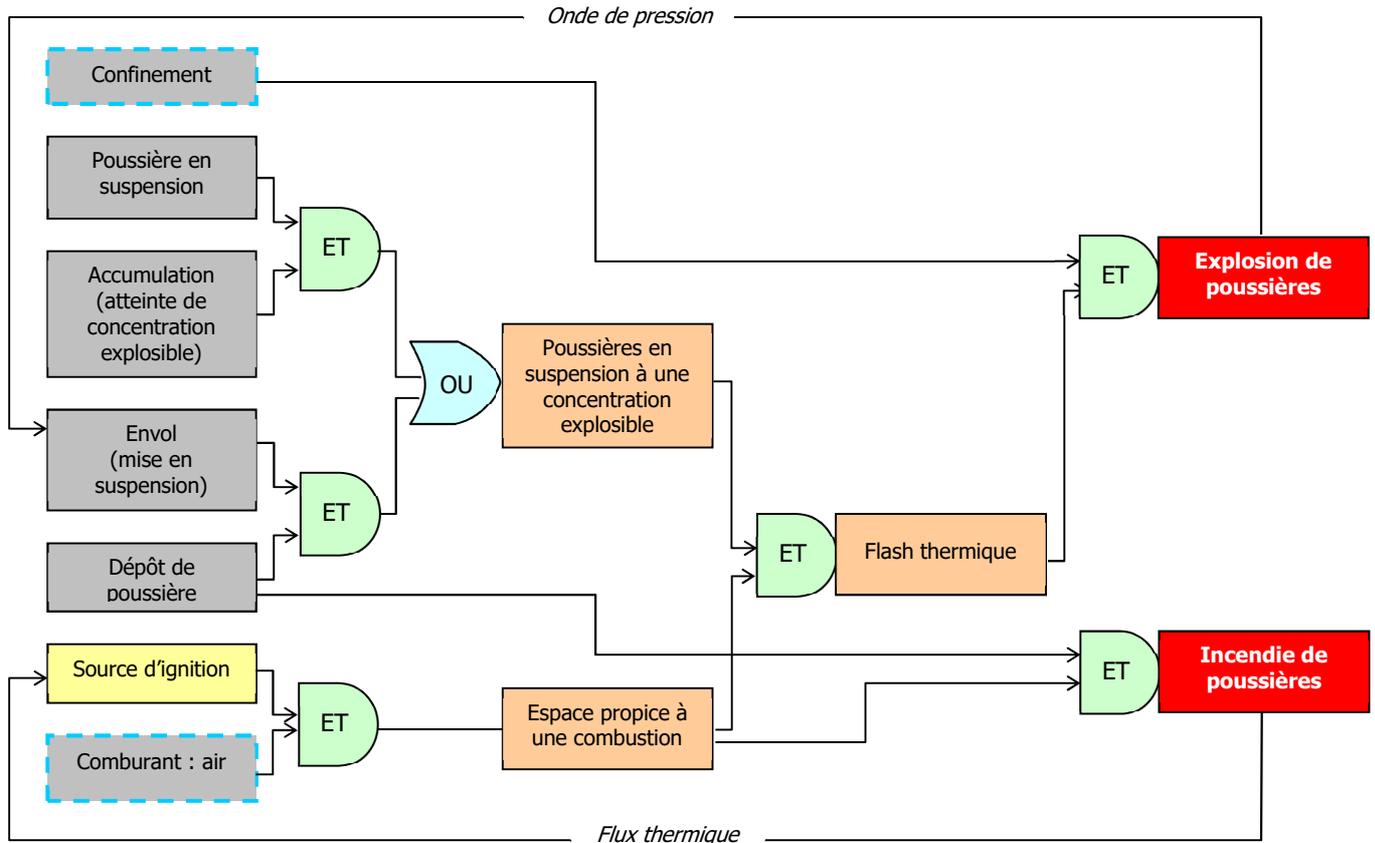


Diagramme des incidents et accidents liés aux poussières

- **Conditions nécessaires**

Nous allons aborder chacune des six conditions à réunir décrites ci-dessous :

1 Présence d'oxygène

La quantité d'oxygène présente dans l'atmosphère où se déroule la combustion doit être suffisante pour permettre cette combustion. Il a été constaté que lorsque la teneur en oxygène dans le nuage est inférieure à une valeur critique (8-10% pour la plupart des organiques), l'explosion ne peut pas se développer.

2 Poussières combustibles

Une importante fraction de la poussière est combustible, l'autre partie étant constituée de matières minérales (sons, terre).

3 Mise en suspension :

Les particules doivent pouvoir être mises en suspension et s'y maintenir un temps suffisant pour que l'explosion puisse se développer.

La taille des particules est importante car au-delà d'un diamètre moyen de 300-400 μm , la vitesse de sédimentation après mise en suspension est au moins égale à la vitesse de propagation de la combustion dans sa phase initiale, le nuage s'effondre et l'explosion « étouffe » d'elle-même.

4 Domaine d'explosivité

La quantité de particules en suspension doit permettre la propagation de l'explosion d'une particule à l'autre. Lorsque le mélange est trop « dense », l'oxygène n'est pas présent en quantité suffisante dans le mélange air / particules en suspension pour assurer la propagation de la combustion. Lorsque le mélange est trop « dilué », les particules sont trop éloignées les unes des autres pour favoriser une propagation rapide et le développement de la combustion.

5 Source d'inflammation

Une source d'inflammation suffisante peut permettre l'allumage du nuage explosible (suspension de particules inflammables dans l'air à une concentration permettant la propagation de la combustion). Divers phénomènes sont susceptibles de provoquer une inflammation. L'aptitude de ces phénomènes à induire une inflammation dépend des particules combustibles. Cette aptitude est donnée par la température d'auto-inflammation (TAI).

6 Confinement :

La présence d'un confinement est nécessaire pour que puissent se manifester les effets de l'explosion de poussières.

Un volume partiellement clos peut parfois suffire au déroulement d'une explosion, dans des cas particuliers de dimensions ($H/D > 2$).

L'explosion est un phénomène pouvant entraîner un éclatement de structure suite à une augmentation de pression dans une enceinte close.

Pour que l'explosion se produise et que ses conséquences soient importantes, il est nécessaire que la surpression interne d'une enceinte atteigne la valeur de destruction des structures.

Deux types d'explosions de poussières sont à distinguer :

- L'explosion primaire : il s'agit de l'explosion initiale à la suite de l'inflammation d'un nuage de poussières
- L'explosion secondaire : cette (ou ces) explosion(s) se déclenche(nt) par la propagation du front de flamme, dans une atmosphère explosive créée par la mise en suspension du dépôt de poussières, par l'action de l'onde de pression provenant de l'explosion précédente.

• Déroulement d'une explosion de poussières secondaire

Une explosion est dite primaire lorsqu'elle prend naissance dans l'équipement considéré.

L'explosion peut se propager dans des équipements dans lesquels de la poussière est présente sous la forme d'un nuage explosible. On parle ainsi d'explosion secondaire lorsqu'une explosion, dans une enceinte B, est provoquée par une explosion primaire dans une enceinte A.

Une explosion secondaire peut être beaucoup plus violente que l'explosion primaire qui l'a provoquée. En effet, l'explosion primaire génère de fortes turbulences et des conditions de pression initiales beaucoup plus élevées dans l'enceinte qui sera le siège de l'explosion secondaire.

Une explosion peut également se propager par mise en suspension de dépôts de poussière. Si le dépôt de poussière est peu important, l'explosion se propage sans renforcement de la pression ; cette propagation prend la forme « Flash Fire ». Si le dépôt de poussière est suffisamment important pour créer un nuage explosible dans tout le volume de l'enceinte, une explosion secondaire a lieu.

Sous certaines conditions, il est possible de considérer qu'il n'y a pas d'augmentation de la violence d'une explosion secondaire. Par exemple, si une enceinte est dotée d'un évent en hauteur et d'une petite surface fragile sur ses parois, l'explosion sera déchargée en hauteur, ce qui permettra une détente de pression, mais une flamme peut tout de même se transmettre à une enceinte voisine par la surface fragile longitudinale. Plusieurs cas sont ainsi illustrés sur la figure en page suivante.

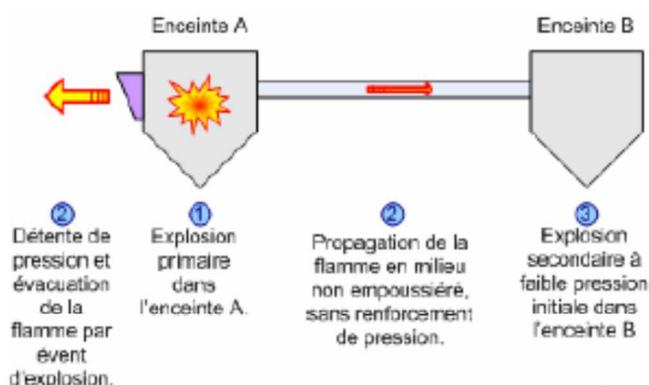


Figure 1 . Propagation d'explosion d'une enceinte A, munie d'un évènement, à une enceinte B.

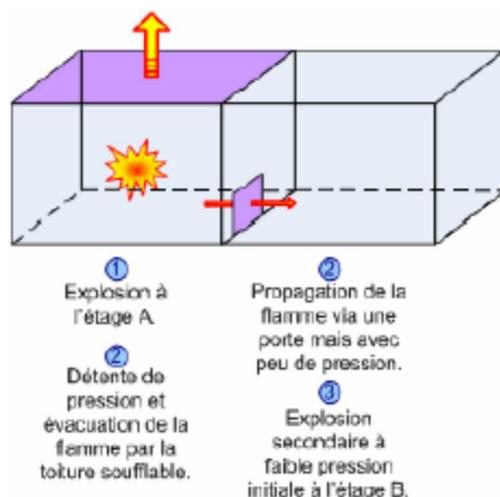


Figure 2 . Propagation d'explosion d'un étage A, à toiture soufflable, à un étage B.

• Conséquences d'une explosion

Les explosions sont souvent suivies d'incidents dus aux ondes de pression et de conséquences secondaires comme l'émission de projectiles qui peuvent présenter des effets dévastateurs et meurtriers.

Une fois la paroi détruite, les fragments sont expulsés dans l'environnement. Toutefois, il est difficile de prédire les effets dus à cette émission de projectiles. La fragmentation étant un phénomène à caractère statistique. Un calcul d'énergie absorbée par l'émission de projectiles est difficile et nécessite des hypothèses simplificatrices et surtout des vérifications expérimentales qui font actuellement défaut.

• **Synthèse du risque d'explosion primaire et secondaire :**

Risques d'explosion primaire :

- Les élévateurs
- Les appareils de nettoyage (nettoyeur-séparateur)
- Le système d'aspiration de poussières (cyclone, tuyauterie, filtre)

Les autres matériels présents à l'intérieur des installations (transporteurs à chaîne ...) ne renferment pas ou ne mettent pas suffisamment de poussières combustibles en suspension pour permettre une explosion primaire.

Des mesures de concentration de poussières en suspension à l'intérieur de cellules en phase de remplissage (blé nettoyé et brut, orge et maïs), réalisées par des Bureaux spécialisés, ont également permis de montrer que les concentrations atteintes restent très inférieures à la CIE.

Le risque d'explosion primaire dans les cellules peut donc être écarté. Par contre, une explosion secondaire est possible car cette même étude a conclu que les dépôts de poussières sèches (non agglomérées) sur les parois peuvent conduire dans certains cas à des concentrations supérieures à la CIE en cas de remise en suspension pour les cellules verticales en béton fermées. Ces dernières ne sont pas présentes à Amilly.

Pour éviter les explosions primaires, il faut éliminer les possibilités de situations dangereuses en supprimant un ou plusieurs sommets de l'hexagone d'explosion.

Les élévateurs :

Les élévateurs sont les principales sources de sinistres.

Les risques d'atteindre la CIE sont directement liés au débit des élévateurs et à l'efficacité de leur système d'aspiration de poussières.

Les mesures visant à réduire les risques de source d'ignition (maintenance, déport de sangle...) seront alors déterminées en fonction des risques d'atteindre la CIE.

Les systèmes d'aspiration des poussières

Cyclones - filtres

Compte tenu du volume d'air en cause, les concentrations en poussières dans ce type d'appareil sont largement inférieures à 75 % de la CIE. Cependant la CIE peut être atteinte dans un filtre lors de la phase de décolmatage.

Réseau d'aspiration

L'appréciation de l'efficacité d'un circuit d'aspiration est aisée ; il faut d'abord contrôler que les tuyaux ne soient pas pleins, et ensuite, si nécessaire, mesurer les débits d'air.

Il faut donc veiller à l'efficacité du système d'aspiration en se focalisant sur l'aérodynamique (vitesse, débit, géométrie de l'aspiration, équilibrage du réseau).

Les caractéristiques du constructeur seront intégrées dans le plan de maintenance préventive du site (contrôle annuel des filtres).

Risques d'explosion secondaire :

La propagation d'une explosion primaire en explosion secondaire peut avoir lieu si le sol ou les bardages sont suffisamment empoussiérés pour remettre en suspension, par l'action de l'onde de pression qui se déplace en avant du front de flamme, les quantités de poussières suffisantes.

Il faut également être vigilant aux changements de forme géométrique (galeries sur ou sous cellules) qui peuvent induire des déroulements de l'explosion différents et parfois violents.

- Transmission d'une explosion de la tour vers les cellules à travers la galerie.
- Transmission par un transporteur communiquant entre deux bâtiments

Les mesures pour éviter la propagation des explosions sont de 2 ordres :

- Éviter la formation de dépôts de poussières (surveillance, nettoyage)
- Réaliser un découplage entre les différentes enceintes

Type de condition	Condition réunie			
	OUI			NON
	En permanence	Occasionnellement	Rarement	
Présence d'oxygène	Partout en fonctionnement normal			
Poussières combustibles	Partout dans le circuit grain, en fonctionnement normal			
Mise en suspension	Fonctionnement normal (cyclones, nettoyage, élévateurs, fosses de réception, filtres, cellules)	Cellules en remplissage		
Domaine d'explosivité (quantité)		Certains équipements : élévateurs, zones confinées avec présence de bandes transporteuses sans aspiration, cyclones, filtres en fonction de leurs caractéristiques	Certains équipements : élévateurs, zones confinées avec présence de bandes transporteuses avec aspiration, cyclones, filtres en fonction de leurs caractéristiques et d'un mode de fonctionnement anormal et/ou dégradé Accidentellement Espaces sous toitures Cellules	Certains équipements : élévateurs, zones avec présence de bandes transporteuses sans aspiration, (cyclones, filtres) en fonction de leurs caractéristiques
Source d'inflammation			Accidentellement (court-circuit...) ou volontairement (mais avec un permis de feu)	Fonctionnement normal
Confinement	Fonctionnement normal (élévateurs, tours, galeries inférieures, espace sous toitures, fosses de pied d'élévateurs, filtres, cellule)			Fosses de réception

Conditions générales nécessaires à une explosion et leur occurrence

3.3.1.5 Estimation des effets de la libération des potentiels de dangers :

Détermination des effets de pression

La physique associée au phénomène d'explosion de poussières ainsi que le retour d'expérience indiquent que les effets d'une explosion se renforcent lorsque le front de flamme parvient à se propager d'un volume à un autre par les interconnexions au sein d'une même installation.

Afin de déterminer les effets de pression, deux cas seront étudiés pour une installation :

- Une explosion dans un volume, explosion dite « primaire » ;
- Ou une explosion dans un volume faisant suite à une propagation. On parle d' « explosion secondaire » lorsque l'explosion primaire qui se propage rencontre un nuage ou un dépôt de poussières, et enflamme ceux-ci, créant ainsi une nouvelle explosion (dite « secondaire »).

Pour déterminer si pour un volume, on doit étudier le scénario d'explosion primaire et le scénario de propagation d'explosion, il convient d'étudier :

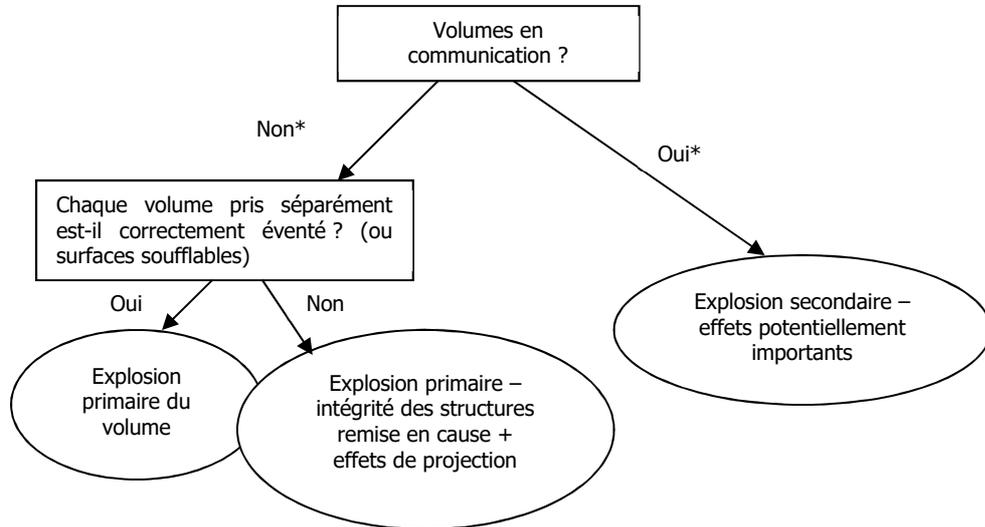
- Les interconnexions dans les installations : ce sont les communications entre espaces dans lesquels est susceptible de se propager une explosion de poussières.
- La protection des différents volumes contre les risques d'explosion qui nécessite que les espaces soient découplés les uns des autres, par une séparation physique par exemple, et que chaque volume découplé ait une surface soufflable ou éventable suffisante. Ces notions sont développées dans les chapitres suivants.

La protection d'un volume par des événements ou des surfaces soufflables consiste en l'aménagement, sur les parois de ce volume, de surfaces plus fragiles que la structure du volume ; en cas d'explosion, ces surfaces se rompent prioritairement sous l'effet de la surpression, permettant à celle-ci de s'évacuer vers l'extérieur et évitant ainsi la destruction du volume.

On distingue :

- **Les événements** : surfaces normalisées, de pression de rupture en cas d'explosion connue (le matériau et la surface de l'événement sont fixés par le constructeur, selon des normes de dimensionnement et des normes de construction, pour conduire à une certaine pression de rupture ; ce type de surface est souvent rencontré sur les filtres à poussières par exemple).
L'événement doit rester solidaire des parois sur lesquelles il est attaché et ne pas se fragmenter.
- **Les surfaces soufflables**, qui peuvent être des éléments du volume plus fragiles que la structure de celui-ci et de pression de rupture relativement faible (vitres, bardages...).

Le logigramme ci-dessous permet de visualiser de façon simplifiée et générale les différents cas possibles d'explosion ou de propagation d'explosion, compte-tenu de la présence ou de l'absence de découplages et/ou de surfaces soufflables (ou d'événets), et de différencier l'explosion primaire de l'explosion secondaire :



Mesures compensatoires à proposer selon les résultats de l'analyse des risques et les effets sur l'environnement

** Le « Oui » ou le « non » s'apprécient au regard de la présence de découplage de la justification de l'efficacité de ce découplage (Source Guide silo INERIS Version 3 de 2008)*

Il convient de souligner qu'un bon découplage résulte de la combinaison d'une cloison de séparation assez résistante pour permettre d'isoler le volume et d'une surface soufflable (ou d'un évènement) suffisamment importante pour évacuer le souffle d'une explosion se produisant dans ce volume. Ce découplage doit résister à la surpression d'explosion induite par l'explosion primaire considérée. Il est donc à dimensionner en conséquence. Dans le cas contraire, il y a lieu d'envisager une explosion secondaire dans le volume adjacent.

Suivant le Guide Silo de l'INERIS Version 3 de 2008, on étudiera les conséquences d'une explosion primaire :

- Dans le cas d'un volume correctement protégé et découplé contre les risques d'explosion ;
- Ou lors de la première phase d'une succession d'explosions.

L'étude des conséquences d'une explosion « secondaire » s'effectuera sur la base de l'étude des interconnexions dans les installations.

Etape 1 : Détermination de l'énergie de l'explosion de poussières

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

$$- E = 3 * V * (P_{ex} - P_{atmosphérique})$$

Avec :

- V : volume de l'enceinte considérée en m³

- P_{ex} – P_{atmosphérique} = Pression relative de l'explosion en Pa,

- P_{ex} : pression absolue de l'explosion.

Dans une approche dimensionnante, on retiendra comme pression relative P_{ex} – P_{atm} de l'explosion :

Dans le cas d'une explosion primaire :

Si le volume est correctement éventé : P_{ex} - P_{atm} = P_{redmax} (la pression d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent).

Si le volume est non éventé : P_{ex} - P_{atm} = 2 * P_{rupture} (où P_{rupture} est la pression statique de rupture de l'enceinte).

5 bars dans le cas d'une explosion secondaire. Cette valeur est prise sur la base du retour d'expérience.

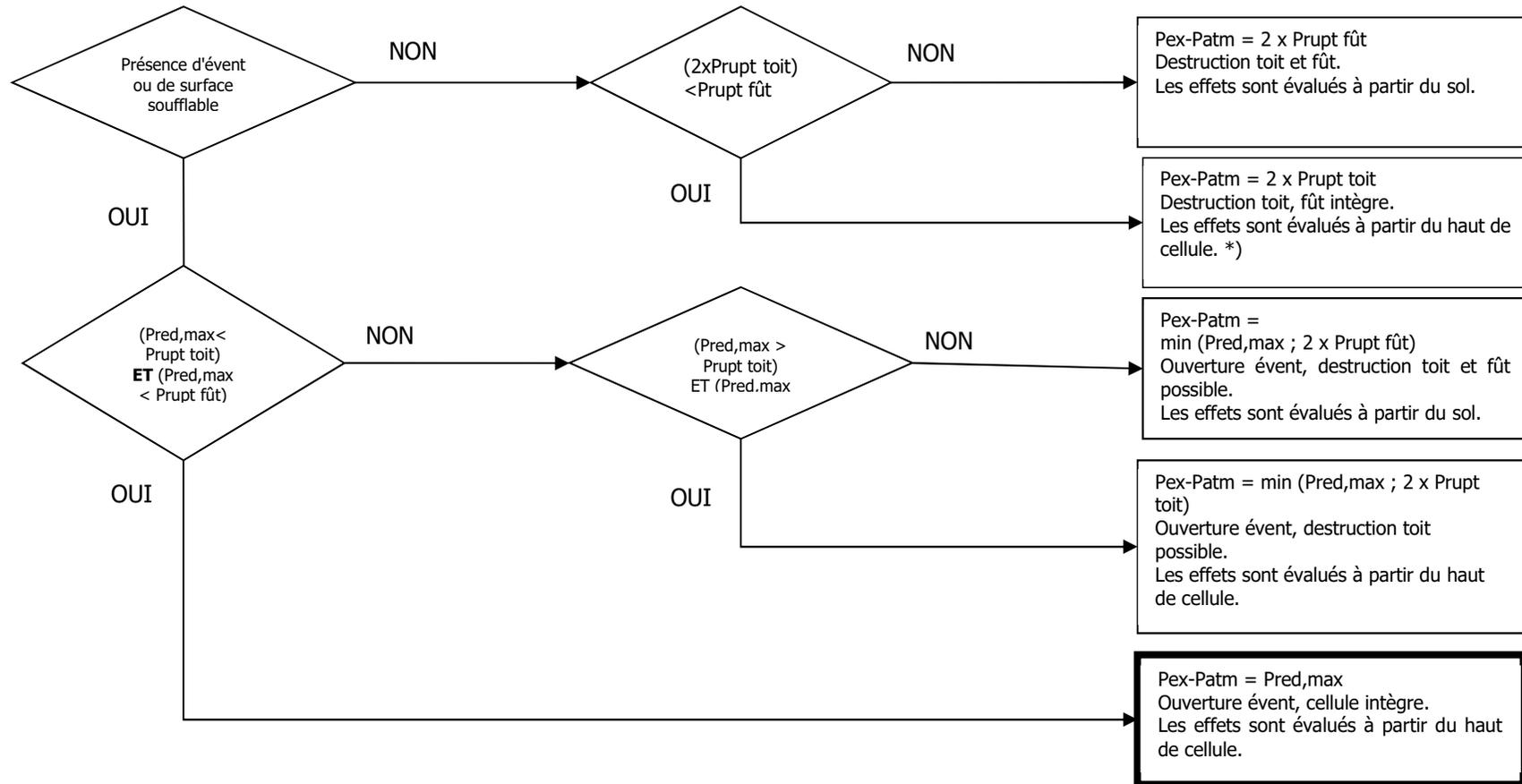
Afin de déterminer P_{ex}, on fournit dans le tableau ci-dessous des ordres de grandeurs de la résistance des éléments en fonction de leur constitution.

Nature de la paroi	Surpression de ruine (statique)
Tour de manutention en béton	100 à 300 mbar
Tour de manutention en bardage métallique	15 à 100 mbar
Tour de manutention en palplanches (tôles résistantes, type profils Omega)	300 à 1000 mbar
Cellules en béton : parois	150 à 1000 mbar
Cellules en béton : toits	100 à 400 mbar
Cellule métalliques : parois	300 à 1000 mbar
Cellules métalliques : toits	100 à 200 mbar
Galeries sur cellules en béton	100 mbar
Briques	100 à 300 mbar
Tuiles	5 mbar
Verre simple/armé	3 à 25 mbar
Plaque polyester transparent (fixations crochets)	10 mbar
Plaque amiante-ciment (fixations crochets)	10 à 100 mbar

Le tableau précédent a été réalisé à partir d'une synthèse des informations reportées dans plusieurs références (Lannoy, 1984, Clancy, 1972, INRS, 1994, BIT, 1993), dans le document « Étude du comportement d'éléments de silos à grains soumis à une onde de pression interne » réalisé par GIAT Industries (décembre 2004) et dans diverses analyses d'accidents (Lechaudel et al., 1995, Michaélis et al., 1995).

Principes à retenir pour l'évaluation des distances d'effets :

Lors de l'évaluation des zones d'effets d'une explosion primaire en cellule béton, il convient de regarder dans un premier temps si le fût de la cellule va résister à la surpression :



Etape 2 : Détermination des distances des effets de surpression

L'arrêté ministériel 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 » définit les valeurs de référence suivantes relatives aux seuils d'effets de surpression :

- 300 mbar : seuil des dégâts très graves sur les structures ;
- 200 mbar : seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine et seuil des effets dominos sur les structures ;
- 140 mbar : seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine et seuil des dégâts graves sur les structures ;
- 50 mbar : seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine et seuil des dégâts légers sur les structures ;
- 20 mbar : seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitres sur l'homme et seuil des destructions significatives de vitres.

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue en appliquant la méthode multi énergie indice 10, qui peut être majorante dans certains cas. Cette formule, respectant la physique du phénomène, donne les surpressions d'une onde de choc résultant d'un éclatement, en fonction de l'énergie d'explosion définie à l'étape 1.

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 éclatement.

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	$0,028 E^{1/3}$
200 mbar	$0,032 E^{1/3}$
140 mbar	$0,05 E^{1/3}$
50 mbar	$0,11 E^{1/3}$

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

Comme indiqué par l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005, compte-tenu des dispersions de modélisations pour les faibles surpressions, la distance correspondant au seuil à 20 mbar peut être prise comme égale au double de la distance à 50 mbar.

Les éléments donnés ci-avant sur le calcul des effets d'une explosion de poussières ne constituent tout au plus que des ordres de grandeur. Cependant, ils peuvent être suffisants dans bon nombre de cas.

Détermination des effets de projection :

Les explosions sont souvent suivies d'incidents dus aux ondes de pression et de conséquences secondaires comme l'émission de projectiles qui peuvent présenter des effets dévastateurs et meurtriers.

Une fois la paroi détruite, les fragments sont expulsés dans l'environnement. Toutefois, il est difficile de prédire les effets dus à cette émission de projectiles. La fragmentation étant un phénomène à caractère statistique. Un calcul d'énergie absorbée par l'émission de projectiles est difficile et nécessite des hypothèses simplificatrices et surtout des vérifications expérimentales qui font actuellement défaut.

Résultats des calculs :

Des calculs effectués par l'INERIS ont porté sur des silos (verticaux et horizontaux) et des tours de manutention.

Les paramètres examinés dans les calculs sont les structures des bâtiments (massive, légère) et les surfaces de décharge (absence ou existence).

Les résistances des éléments de structure (béton armé, béton léger, bardage métallique, bardage PVC,...) retenues pour les calculs sont celles habituellement rencontrées pour les sites de stockages existants déjà étudiés.

Les calculs ont été effectués en considérant une explosion qui prenait naissance à l'intérieur des installations et des bâtiments.

(Source : Guide pour la conception et l'exploitation de silos de stockage de produits agroalimentaires vis à vis de l'explosion - INERIS – P. Roux – Mars 1997 – Tableau p. 192).

Type de bâtiment ou d'installation	Nature des parois	Nature du toit	Surface de décharge (m ²)	P max (mbar)	Distance de projection (m)	Cas n°
Cellules verticales : ø 6 m H = 30 m	Voile de béton armé	Voile de Béton armé	Non	230	25	1
			oui (6,25 m ²)	30	0	2
		Pré dalle béton léger	Non	180	30	3
			oui (6,25 m ²)	30	0	4
Cellule horizontale L = 140 m l = 40 m H = 20 m	Voile de béton armé	Plaques fibrociment et PVC (15%)	Non	200	10	5
	Briques + verre Armé (30%) Bardage Métallique	tuiles	Non	130	< 1	6
		Plaques fibrociment et PVC (15%)	Non	210	10	7
Tour de manutention Section = 4 m x 5 m H = 40 m	Voile de béton armé	Voile de béton armé	35 m ² (ouverture vitrée)	1	0	8
		Pré dalle béton léger	35 m ² (ouverture vitrée)	1	0	9
	Bardage métallique et PVC	Bardage métallique	Non	620	40	10

Application au site de Saint Hilaire sur Puiseaux :

L'évaluation des surpressions pour une explosion primaire dans les cellules a été réalisée suivant le calcul de Brode et Multi énergie préconisé par l'INERIS dans son Guide silos détaillé ci-avant.

Localisation		Volume en m ³	P _{ex} -Pa	Surpression en m		
				20 mbar	50 mbar	140 mbar
Silo existant	Cellules 420 m ³	420	0.1	48	24	-
	Cellules 2 600 m ³	2 600	0.1	80	40	-
Silo projeté	Cellules 2 600 m ³	2 600	0.1	80	40	-

Annexe 6 : Protection contre les explosions (Mémoire d'étude Gérard HEURGUÉ)

L'onde de pression externe résultant de l'explosion dans un volume est estimée en appliquant les méthodes assurant un calcul de Brode pour l'énergie et un indice multi-énergie pour les effets de pression (Guide silo INERIS). Pour tous les cas $P_{ex} - P_{atmosphérique}$ est la pression relative de l'explosion correspondant à la pression d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent (P_{redmax}) ou la P_{red} réelle si la surface d'évent présente est importante.

Pour l'évaluation des zones d'effet d'une explosion primaire en cellule, le logigramme du Guide silo Version 3 de 2008 de l'INERIS est utilisé.

Les distances sont données par rapport aux parois à la hauteur désignée. La distance est représentée au niveau de l'enveloppe de l'enceinte (mur).

Etant donné les mesures de prévention et de protection mises en place (découplage, événements, ...) le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine ne sortirait pas du site ou resterait dans des zones non sensibles.

De plus, de par la conception des cellules des silos (cellules fermées avec événements) et les mesures de protection et de prévention mises en place, le scénario d'explosion dans les cellules n'est pas retenu.

De plus, dans le cadre d'une approche purement déterministe et majorante, l'application des hypothèses de l'INERIS pour l'évaluation du danger d'explosion aux silos de Saint Hilaire sur Puiseaux donne les résultats synthétisés dans le tableau ci-après :

Caractéristiques des silos de Saint Hilaire	Numéro du cas INERIS	Distance de projection
Cellules existantes verticales métalliques de 420 m ³	7	10 m
Cellules existantes verticales métalliques de 2 600 m ³	7	10 m
Cellules projetées verticales métalliques de 2 600 m ³	7	10 m

L'ensemble des évaluations des conséquences du danger d'une explosion sur le site Saint Hilaire est circonscrit dans l'enceinte du site.

3.3.1.6 Définition des zones d'atmosphères explosives (ATEX) :

Différents textes divisent les installations dans lesquelles une atmosphère explosive est susceptible d'apparaître, notamment en raison de la nature des substances solides (poussières de céréales dans notre cas) en 3 zones de dangers potentiels :

Zone 20 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 21 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles peut occasionnellement se former dans l'air en fonctionnement normal.

Zone 22 : Emplacement dans lequel une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se former dans l'air en fonctionnement normal, ou bien, si une telle formation se produit néanmoins, n'est que de courte durée.

On ne peut faire circuler des grains sans produire de la poussière. Le moindre transport provoque le frottement des grains les uns contre les autres et leurs enveloppes abrasives détachent la poussière collée à leur surface (résultats des précédents contacts) et en même temps les mouvements des grains engendrent par usure, brisure, cassure, une nouvelle poussière.

La concentration en poussières varie considérablement dans les lieux de travail :

Près des points de chargement	< 5 g/m ³
A l'intérieur des élévateurs	10 à 60 g/m ³
A l'intérieur des transporteurs à chaîne	< 10 g/m ³
Chute des grains	< 30 g/m ³

La taille moyenne des particules se situe entre 15 et 1 200 microns.

Les poussières sont produites par les diverses manutentions du grain. Elles sont inévitables. Elles sont libérées au niveau des chutes de grains et sont donc importantes à l'extrémité des tuyaux, dans les cellules de stockage, aux jonctions entre appareils, en tête des élévateurs, aux postes de réception et d'expédition.

Elles varient selon le type de silo, la capacité, le débit horaire de manutention, la hauteur de stockage, le nombre de rotations.

La mise en suspension des poussières est favorisée par leur faible densité et leur cohésion qui dépend elle-même de la forme des particules et de l'humidité (voir chapitre sur la poussière).

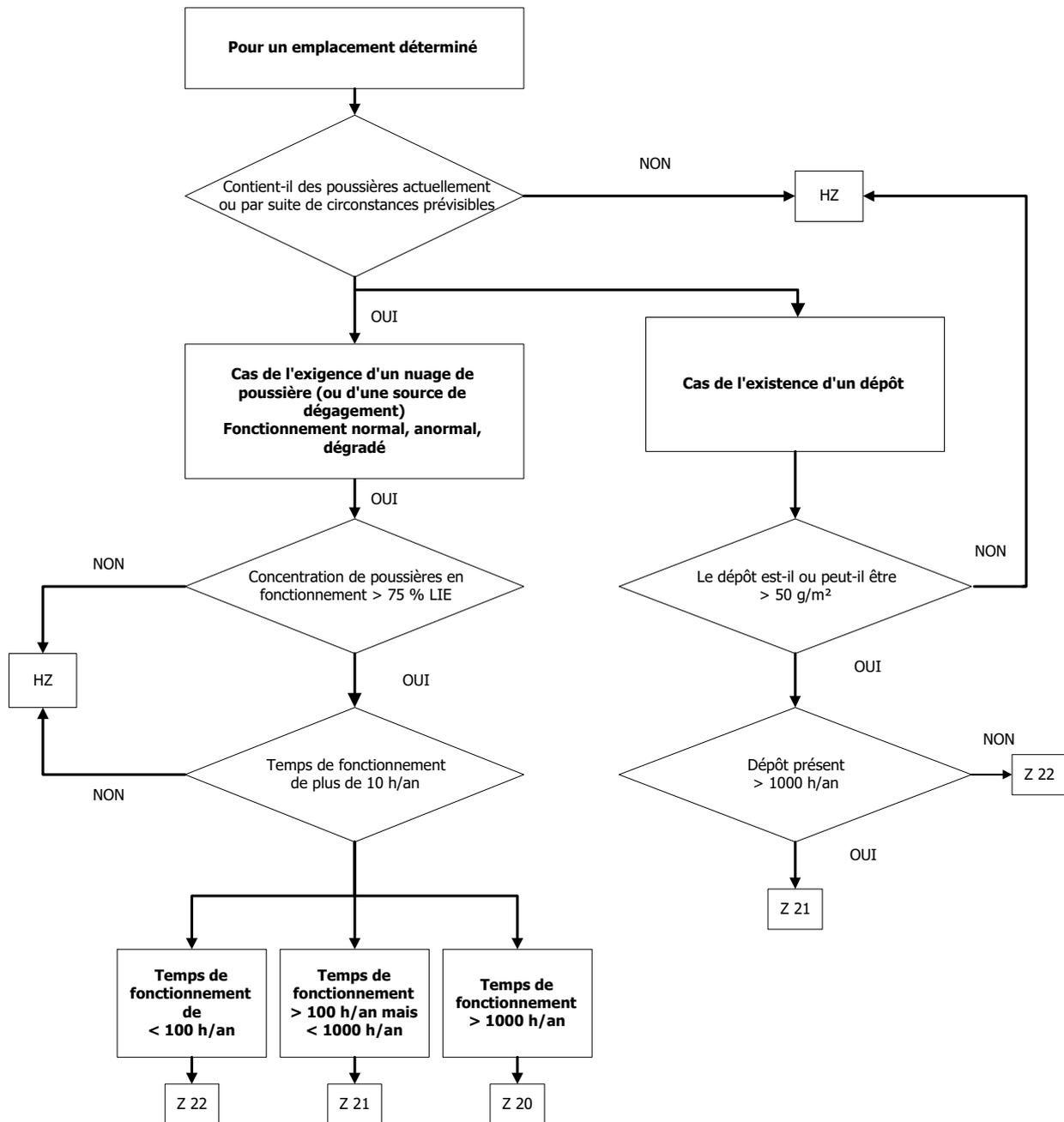
La démarche à suivre pour analyser les risques d'explosion sur le site et définir les zones ATEX est la suivante :

- Identifier les endroits où une explosion peut avoir lieu.
- Enrayer la possibilité du déroulement d'une explosion en faisant en sorte qu'elle ne puisse avoir lieu.
- Là où ce n'est pas possible autrement, prendre des mesures correctives afin d'en limiter les effets.

La première étape consiste donc à identifier les parties du processus où une explosion de poussières est possible en distinguant les risques d'explosion primaire et secondaire.

Pour ce faire, nous distinguons les risques d'explosion primaire et secondaire et considérons qu'une concentration de poussières inférieure à 75 % de la Concentration Inférieure d'Explosibilité (CIE) écarte tout risque d'explosion.

Logigramme ATEX (source SAGESSE Coop de France)



Application au site de Saint Hilaire sur Puiseaux :

Le zonage mis en place sur le site est présenté en annexe et est le reflet du zonage pratiqué sur l'ensemble de C.A.PRO.GA.

La désignation de la zone ATEX pour chaque équipement est reprise dans les tableaux AMDEC ci-après. Ces zones de dangers sont affichées dans les installations.

3.3.1.7 Réduction des potentiels de dangers

Suppression ou substitution des produits dangereux

Les seuls produits dangereux sont les poussières de grains, et les céréales stockées sur le site et qui résultent du process (manutention, nettoyage). Il n'est pas envisageable de supprimer ou de substituer ces produits au risque de remettre en cause l'activité exercée sur le site.

Suppression ou substitution des procédés dangereux

Cellules et boisseaux

Les cellules et boisseaux sont en métal ou en béton fermés avec événements sans possibilité d'avoir la quantité minimum de poussière nécessaire (LIE).

La mise en place d'une aspiration (centralisée ou aspirateurs) limite la formation de poussières.

Manutention et nettoyage

Les équipements de manutention et de stockage sont sommaires et équipés de prises d'aspiration de poussières afin d'assurer la récupération et le stockage des poussières émises.

Les vitesses des appareils de manutentions sont limitées afin d'éviter la création de poussière.

Les transporteurs à chaînes, les élévateurs et les appareils de nettoyage sont capotés afin d'empêcher la propagation de la poussière.

A noter qu'en l'état actuel des données et mesures réalisées sur la concentration de poussières dans des équipements capotés et notamment les élévateurs, il est possible de les classer Hors Zone.

L'exploitant a classé ses filtres et ses réseaux de poussières en Zone 20 ou 21 et les élévateurs > 150 t/h en Zone 22.

Suppression ou réduction des effets des potentiels de dangers.

Descriptif et dimensions des surfaces d'événements et/ou surfaces soufflables dans les différents sous-ensembles étudiés :

Localisation	Surface nécessaire suffisante ¹	Nature des surfaces des événements ou surface soufflable	Pstat	Surface suffisante ?
Ensemble de la tour	> 25 % de la surface de la tour	Surface soufflable sur toute la hauteur aux différents étages du bâtiment	< 0.1 bar	Oui
Cellules existantes de 420 m ³	Calculs en annexe	Cellules fermées avec une couverture éventée	< 0.1 bar	Oui
Cellules existantes de 2 600 m ³		Cellules fermées avec une couverture éventée	< 0.1 bar	Oui
Cellules projetées de 2 600 m ³		Cellules fermées avec une couverture éventée	< 0.1 bar	Oui
Les boisseaux		Cellules fermées avec une couverture éventée	< 0.1 bar	Oui
Filtre de dépoussiérage	/	Les filtres sont munis d'événements conformes dirigés vers l'extérieur dans des zones non sensibles	< 0.1 bar	Oui

Annexe 6 : Protection contre les explosions (Mémoire d'étude Gérard HEURGUÉ)

Bâtiment :

La structure de la tour est en béton.

L'ensemble des volumes de cette tour (boisseaux, étages) sont munies d'évents démontré par les calculs suivant la norme NFEN 14481 de Novembre 2012.

De plus, conformément à la norme NFU 54-540, la tour de travail, : « s'il n'est pas possible de construire une structure ouverte de type « squelette » ou une structure avec ossature acier résistante et bardage léger soufflable en cas d'explosion, il est au moins nécessaire pour une tour en béton qu'un quart de la surface des parois puisse faire l'objet de surface de décharge réparties sur toute la hauteur. »

La tour est bien munie de plus de 25% de sa surface de parois soufflables.

Annexe 6 : Protection contre les explosions (Mémoire d'étude Gérard HEURGUÉ)

Filtres :

Les filtres sont normalisés et conformes aux directives européennes.

La documentation technique du constructeur en apporte la preuve.

L'ensemble des volumes est muni de surfaces soufflables ou d'évents suffisants.

Protection - Découplage :

Il convient d'être particulièrement vigilant sur la mise en place des mesures de protection permettant de limiter les effets d'une explosion et d'en empêcher sa propagation. Ces mesures de protection consistent en :

- Des dispositifs de découplage concernant la tour de manutention et les communications avec les espaces sur cellules ou sous cellules, ainsi que les communications entre les espaces et les cellules de stockage ;
- Moyens techniques permettant de limiter la pression liée à l'explosion (tour, galerie) tels que les événements ou parois soufflables.

Principes généraux à mettre en œuvre pour protéger un silo contre les effets d'une explosion.

(Source : Guide de l'Art Silo, INERIS, Version 3 de 2008)

« ... Les informations données ci-après ne préjugent en aucun cas de l'obligation de mettre en place des moyens de découplage ou de surfaces soufflables et éventables sur les silos. Le choix doit s'effectuer sur la base de l'analyse des risques. L'objet de ce chapitre est de dresser l'état de l'art sur les mesures de protection à mettre en œuvre.

Il faut donc s'intéresser à la protection de la tour de manutention et de la galerie supérieure en exigeant qu'elles soient à structure légère (effet de découplage).

La physique associée au phénomène d'explosion de poussières ainsi que le retour d'expérience indiquent que les effets d'une explosion peuvent se renforcer lorsque le front de flamme parvient à se propager d'un volume à un autre, ceci d'autant plus que les volumes sont de forme allongée (par exemple, géométries associées à des galeries sous cellules ou à des boisseaux intercalaires). En effet, ce type de situation conduit à renforcer les apports de poussières dans les cellules et le niveau d'agitation interne de telle manière que la violence de l'explosion s'en trouve renforcée.

Dans le cadre de la définition de mesures de protection pour limiter les effets d'une explosion de poussières, une mesure envisageable est la réduction des effets de pression dans les volumes par la pose de surface « éventable » ou « soufflable ».

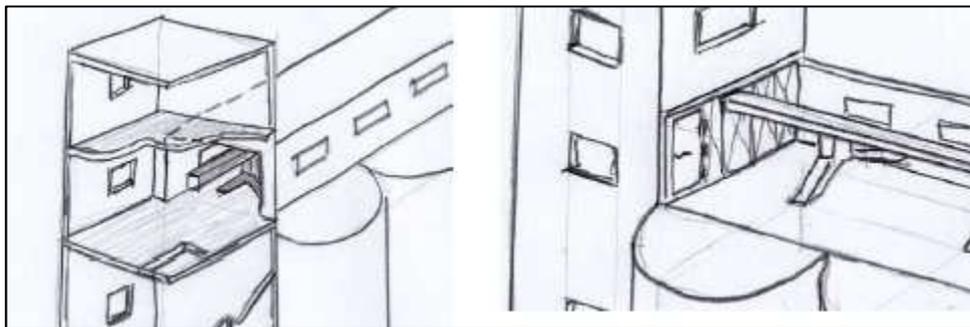
Cependant, les types d'explosion considérés dans les méthodes de dimensionnement de surface d'évent des cellules (NFU 54-540, VDI 36 73, NFPA 68, Pr EN 14491) excluent les scénarios de transmission/renforcement de l'explosion en provenance d'un autre volume (« jet de flamme à très grande vitesse »).

Dans ces conditions, l'installation de surfaces éventables ou soufflables nécessite de limiter au maximum le renforcement de l'explosion lors de sa transmission entre les volumes à protéger.

Des communications entre les différents bâtiments sont souvent nécessaires pour assurer le passage des matériels de maintenances. Dans ce contexte, on a recours à des moyens de découplage qui en général consistent à limiter les communications entre espaces au strict minimum.

Le découplage peut être réalisé au moyen de parois (en réduisant au maximum les passages de bandes) et de portes au moins de résistance équivalente à celle des volumes attenants (hors parties soufflables bien évidemment). Les portes doivent rester fermées au moyen de dispositifs adaptés...

Le schéma ci-après montre la mise en place d'un découplage entre une tour de maintenance et une galerie sur cellules.



Mise en place d'un découplage entre une tour de maintenance et une galerie sur cellules

La protection des volumes ainsi découplés peut dès lors être envisagée par l'installation de surfaces soufflables »

Ce découplage permet notamment et essentiellement la réduction de l'empoussièrement des différents volumes.

3.3.1.8 Découplage :

Étude du découplage des volumes des silos de Saint Hilaire sur Puisieux

De par l'analyse des risques, nous rappelons que les volumes de stockage et des galeries sont classés HORS ZONE ATEX car leurs caractéristiques, et, l'ensemble des mesures prises permettent d'exclure la présence de la Limite Inférieure d'Explosivité des poussières.

Malgré les éléments ci-dessus relatifs aux risques, lorsque la technique le permet, les sous-ensembles ont été isolés par l'intermédiaire de dispositifs de découplage. Ces dispositifs sont dimensionnés de manière à résister à une explosion primaire débutant dans l'un des volumes adjacents et essentiellement de réduire l'empoussièrement dans les différents volumes, afin de maintenir une quantité de poussière au sol < à la LIE et de rejeter la possibilité d'une explosion primaire donc le maintien du classement HORS ZONE ATEX.

Les communications entre volumes sont limitées. Les ouvertures pratiquées dans les parois intérieures pour le passage des transporteurs, canalisations, etc., sont aussi réduites que possible.

Volume A.	Volume B	Caractéristiques du découplage et/ou % de communication (ouverture par rapport au volume)	Suffisant Oui/Non ?
Tour	Fosse de réception	Fosses séparées ou séparation physique (mur)	Oui
Cellules existantes de 420 m ³	Tour	Distance de 5m	Oui
Différents types de cellules	Différents types de cellules	Les cellules ne communiquent pas (Elles sont fermées, pas de « ciel de cellule »)	Oui
Cellules existantes de 2 600 m ³	Galerie sur cellules	Cellules fermées	Oui
Cellules projetées de 2 600 m ³	Tour silo	Cellules fermées	Oui
Galerie sur cellules	Tour silo	Distance de 5m	Oui

Pour mémoire, il n'y a pas de galerie sous cellules

Annexe 6 : Protection contre les explosions (Mémoire d'étude Gérard HEURGUÉ)

Les principaux points sont donc :

- L'ensemble des bâtiments est cloisonné (murs et portes) ;
- La tour est éloignée de 5m des capacités de stockage de grains ;
- Les différents étages de la tour sont séparés ;
- Les cellules sont fermées avec couvercle soufflable débouchant dans une galerie suffisamment soufflable ;
- Les filtres importants sont munis d'évents dirigés vers l'extérieur soit munis de surface soufflable débouchant dans un volume Hors Zone ATEX ;
- La fosse de réception est séparée des capacités de stockage.

Les cellules sont fermées complètement et découplées entre elles.

Les portes de découplage doivent résister à une pression supérieure aux événements soit 200 mbars. Certaines portes seront à double effet entre chaque partie de galeries.

Le mode d'exploitation de ces cellules (faible débit et ensilage par transporteur à chaîne capoté) induit une très faible présence de poussière sur le sol des étages, et, donc une explosion secondaire n'est pas à redouter.

Les systèmes de prévention, de protection, de découplage et surfaces soufflables présents sont suffisants et efficaces.

3.3.2 Dangers liés aux activités annexes

3.3.2.1 Dangers liés au stockage des engrais solides

Etude de la réaction de décomposition thermique des divers produits (Source UNIFA)

Les engrais minéraux à base de nitrates ne sont ni explosifs, ni inflammables.

Dans des conditions normales de stockage et de manipulation, ce sont des produits inertes qui n'engendrent pas, spontanément, de risques particuliers. De même, la poussière d'engrais au nitrate d'ammonium, par nature incombustible, ne présente pas de risques d'explosion de poussières tels que ceux communément associés aux poussières de grains et matières organiques.

Cependant, dans certaines conditions, en particulier lorsqu'ils font l'objet d'un apport de chaleur d'origine externe, certains engrais peuvent être le siège d'un ensemble de réactions chimiques aboutissant à une décomposition du produit.

Cette décomposition est liée à la présence de l'ion nitrate. Dans le cas le plus fréquent où le nitrate est du nitrate d'ammonium, les réactions de décomposition sont globalement endothermiques dans la plage de température où elles sont susceptibles de s'amorcer (à partir de 130° C pour certains engrais) : pour qu'elles puissent se développer, le milieu réactionnel doit recevoir une quantité suffisante d'énergie thermique externe à ces réactions.

- **Engrais composés :**

Dans le cas de certains engrais NPK, à l'énergie thermique externe au nitrate d'ammonium initiatrice de la décomposition, peut s'ajouter celle générée au sein même du produit par une réaction catalysée par l'ion chlorure.

Selon le comportement physique du produit concerné, trois types de décompositions thermiques de NPK, aux caractéristiques très différentes, peuvent être observés :

- Le produit fond à une température voisine de la température d'amorçage de la décomposition proprement dite (env. 200°C) ; la fusion du produit froid stoppe alors toute possibilité d'évolution du produit chaud et fondu.

Dès que cesse l'apport d'énergie thermique externe, la décomposition s'arrête d'elle-même. Ce n'est que dans le cas de très grands incendies, où toute la masse est fondue, que la volatilisation du liquide accompagnée d'émissions d'oxydes d'azote peut se produire.

- Le produit ne fond pas ; la décomposition s'arrête lorsque la zone en contact direct avec le point chaud est décomposée et que le transfert de chaleur à travers cette masse poreuse n'est plus suffisant, compte tenu des caractéristiques du produit, pour permettre la poursuite de la réaction.
- Le produit ne fond pas ; la décomposition thermique s'étend progressivement dans la masse. Ce phénomène est désigné par le terme anglais "cigar-burning combustion", à la différence près que la combustion d'un cigare exige un apport d'air, ce qui n'est pas nécessaire dans le cas d'une décomposition thermique de NPK, l'ion NO₃ jouant le rôle de comburant.

Il s'agit dans ce dernier cas d'une décomposition thermique auto-entretenu spécifique de certains NPK, présentant les caractéristiques générales suivantes :

- Période d'induction pouvant être très longue (plusieurs heures), durant laquelle aucune manifestation n'est perceptible,
- Température d'initiation pouvant être assez faible (à partir de 130°C),
- Pas besoin d'apport d'air, le comburant étant présent dans le produit sous forme de nitrate,
- Pas d'effet mécanique de type déflagration/détonation, la vitesse de décomposition étant extrêmement lente (de l'ordre de 20 à 30 cm/h),
- Effets thermiques directs assez limités mais possibilité d'effets induits en raison de la quantité abondante de gaz chauds émis (température de 300 à 450°C),
- Emission de fumées très épaisses contenant des gaz toxiques et corrosifs (Nox, HCl, CL₂,...),
- Emission de gaz qui évacuent environ 85 % de l'énergie thermique dégagée et constituent le vecteur principal de la décomposition,
- Propagation lente mais difficile à localiser car le front de décomposition se situe généralement dans la masse de produit.

- **Ammonitrates (engrais simples à base de nitrate d'ammonium) :**

Contrairement au cas précédent, de par leur mode de fabrication, ces produits ne contiennent pas de composant susceptible de catalyser une réaction de décomposition.

Dans le cas des ammonitrates à haut dosage (plus de 80 % de nitrate d'ammonium), la conformité aux spécifications de la norme NF U 42-001 garantit l'absence de contaminants ayant un effet de catalyseur (acidité, matières organiques, oligo-éléments, ...), et le respect de caractéristiques précises (porosité, granulométrie) assure que les conséquences d'une éventuelle contamination postérieurement à la fabrication ne pourront être que limitées.

Pour les ammonitrates à moyen dosage, la teneur plus faible en nitrate d'ammonium (moins de 80 %), jointe à la présence d'une charge inerte et à une faible porosité des granulés, donne les mêmes garanties.

Les ammonitrates fabriqués selon ces critères se comportent ainsi de manière similaire au nitrate d'ammonium pur : ils peuvent être l'objet de réactions de décomposition mais uniquement s'ils sont soumis à une source d'énergie externe importante, comme par exemple un incendie qui se serait déclaré dans le magasin de stockage.

Pour atteindre le stade de la décomposition, il faudra que la source d'énergie ait d'abord provoqué la fusion du produit (vers 169°C), qui en absorbe déjà une part non négligeable.

En l'absence de confinement et de cavité au sol, le produit fondu s'écoulera et aura tendance à se soustraire à la source d'énergie externe. Les gaz émis s'échapperont librement, et le domaine où les réactions exothermiques l'emportent ne pourra être atteint. **La décomposition cessera dès que le combustible présent sera épuisé, la température de l'engrais revenant à la température ambiante.**

La survenue d'accidents historiques particulièrement meurtriers peut faire craindre le risque de détonation. En pratique, les ammonitrates exempts de contamination sont particulièrement difficiles à faire détoner : ni une flamme ou une étincelle, ni une friction ne sont connues comme pouvant causer une détonation. L'initiation par onde de choc nécessite en effet une énergie importante. Le chauffage avec confinement ou contamination, joint à l'impact très violent d'un projectile sur le produit fondu ou au maintien d'un confinement empêchant l'évacuation des gaz, semble être le seul mécanisme susceptible d'initier la réaction dans le contexte d'activités industrielles.

- **Engrais NP à plus de 80 % de nitrate d'ammonium :**

Les engrais NP entrent dans la catégorie des engrais composés. Ceux qui contiennent plus de 80 % de nitrate d'ammonium, comme le 30-10-0 par exemple, ont un comportement identique à celui des ammonitrates.

EVALUATION DES CONSEQUENCES D'UNE DECOMPOSITION THERMIQUE

Dans son document intitulé "éléments pour la réalisation d'intervention" l'UNIFA a présenté un exemple pratique de quantification des phénomènes basée sur des essais ainsi qu'une évaluation de leurs conséquences à l'aide de modèles mathématiques de dispersion atmosphérique, l'objectif étant de montrer l'application qui peut être faite des informations fournies sans toutefois proposer des scénarios enveloppes ni même une méthodologie-type. (Plan particulier d'intervention).

Ce chapitre présente la synthèse des résultats et de la conclusion de ce document.

Synthèse des résultats :**a) Engrais composés**

Les résultats des calculs permettent de constater que les concentrations maximales dans l'atmosphère sont rencontrées à proximité immédiate de la zone du sinistre et décroissent rapidement en fonction de l'éloignement.

La concentration dans l'atmosphère à une distance donnée est presque divisée par deux si le délai permettant de maîtriser le phénomène passe de 4 h à 2 h. On constate également que la concentration dans l'atmosphère est presque divisée par trois si les conditions météorologiques sont moyennes plutôt que défavorables (vitesse du vent).

Les risques d'intoxication par les fumées seraient importants dans les bâtiments et à leur proximité pour des durées de décomposition très importantes.

Ces résultats confirment que les facteurs les plus influents sur les niveaux de concentration atteints sont :

- La durée de la décomposition avant l'intervention ; en effet, le débit des gaz de décomposition croît en s'accéléralant avec la durée du phénomène. De même, les effets de toxicité des produits dangereux présents dans les fumées sont d'autant plus sévères que la durée d'exposition augmente.
- Les conditions météorologiques au moment de l'accident.

Il apparaît également que l'ampleur des dangers en cas de décomposition de NPK est spécifique à chaque situation puisqu'elle dépend :

- Du mode de détection,
- De la procédure d'alerte,
- Du délai et du mode d'intervention,
- Des conditions météorologiques.

b) Ammonitrates

Les calculs et les essais montrent que les conséquences d'une décomposition d'ammonitrates restent limitées dans le temps et dans l'espace ; pour autant que les bonnes pratiques de stockage sont effectivement appliquées, il n'y a pas, dans les conditions pourtant majorantes retenues dans le document UNIFA, de risque à l'extérieur du site.

Depuis l'accident de Toulouse, la circulaire du 21 janvier 2002, le scénario de détonation est à évaluer dans les études de dangers spécifiques au stockage d'engrais à base de nitrate.

L'engrais stockés est conforme à la NFU 42001 et les cases sont entièrement en béton. C'est pourquoi les distances des effets des scénarios ne sont pas à prendre en compte dans le cas de la maîtrise de l'urbanisation mais pour l'élaboration des plans particuliers d'intervention (secours).

Quantification du scénario de détonation :

La méthode employée est celle décrite par le MATE dans sa circulaire relative à la « Prévention des Accidents Majeurs dans les dépôts d'engrais, soumis à Autorisation au titre de la rubrique 1331 de la nomenclature ICPE ».

Les effets de l'onde de surpression consécutive à un tel phénomène peuvent être calculés à l'aide d'une méthode d'équivalence TNT. L'application des formules suivantes permet de calculer les distances d'effets aux seuils de 140 mbar et 50 mbar :

$$R_{140 \text{ mbar}} : 10 (p \times E_q \times M)^{1/3}$$

$$R_{50 \text{ mbar}} : 22 (p \times E_q \times M)^{1/3}$$

R = rayon en mètres ;

p = proportion de la Masse M susceptible de détoner ;

M = masse en kilo des engrais à considérer ;

E_q = coefficient d'équivalence TNT ;

Ces seuils retenus correspondent aux effets suivants :

- 140 mbar : seuil des effets létaux et des dégâts graves aux structures définissant la zone Z1.
- 50 mbar : seuil des blessures et des dégâts légers définissant la zone Z2.

SURPRESSION	EFFETS
1,75 bar	Probabilité de décès par effet direct = 90 %
1,4 bar	Probabilité de décès par effet direct = 50 %
1 bar	Probabilité de décès par effet direct = 1 %
840 mbar	Probabilité de rupture des tympans = 90 %
700 mbar	Destruction probable de tous les bâtiments
500 mbar	Retournement de wagons chargés
430 mbar	Probabilité de rupture des tympans : 50 %, destruction pratiquement totale des maisons
350 mbar	Probabilité de rupture des tympans = 1 %, poteaux en bois détruits
200 mbar	Bâtiment à charpente en acier déformé et sorti de ses fondations
170 mbar	Maisons détruites à 50 %
70 mbar	Panneaux ondulés en fibrociment éclatés, panneaux en tôle ondulée détachés de leurs ancrages et déformés, volets en bois des maisons enfoncés, destruction totale des vitres, 90 % ou plus des vitres brisées démolition partielle des maisons, rendues inhabitables, personnes projetées au sol.
30 mbar	Déplacement des tuiles
20 mbar	Limite pour les dégâts légers : 3 à 10 % de vitres brisées
17 mbar	Seuil de probabilité 1 % de bris de vitres ordinaires
10 mbar	Limite inférieure du bris de vitre

Source : INERIS

On retiendra les valeurs suivantes :

Valeurs indiquées dans la circulaire du MATE

$E_q = 0,30$ (enveloppe du cas le plus défavorable)

M = 0 kg correspondant à la plus grande case

$p = 0,10$

Il n'y a pas d'ammonitrate 33,5% stocké sur le site.

Ce danger n'est pas pris en compte pour l'analyse des risques comme source d'ignition.

3.3.2.2 Dangers liés au stockage d'engrais liquides

La capacité de stockage est de 200 m³ (2 cuves de 100 m³).

Nature des dangers :

Le seul danger est le risque de pollution des eaux (sol) :

- Par une mauvaise fermeture des vannes (accidentelle ou volontaire)
- Par une fuite de la cuve,
- Lors de la fausse manœuvre au moment du remplissage ou du dépotage
- Rupture des tuyauteries lors d'une opération de livraison
- En cas de circonstances exceptionnelles : attentats, glissements de terrains...

Ces éléments sont pris en compte par l'exploitant :

- Les vannes sont cadénassées
- Les cuves sont surveillées
- Les remplissages et dépotages sont effectués par un personnel qualifié, sur une aire étanche
- Les cuves sont construites en matériau résistant : époxy.

Une aire de dépotage entièrement étanche (béton) et reliée au réseau d'eau en passant par un déshuileur débourbeur permet de décharger et charger les camions dans les meilleures conditions sans porter atteinte à l'environnement en cas de fuite. Cette aire a une surface de 35,1 m² (7,8 m x 4,5 m).

La cuve de rétention a une surface de 12 m x 7,5 m, soit une surface de 90 m² avec une hauteur de 1,60 m pour obtenir 144 m³ soit la totalité d'une cuve de 100 m³

Le stockage d'engrais liquide est intégré dans l'analyse des risques (risque pollution).

3.3.2.3 Dangers liés au stockage de produit combustible

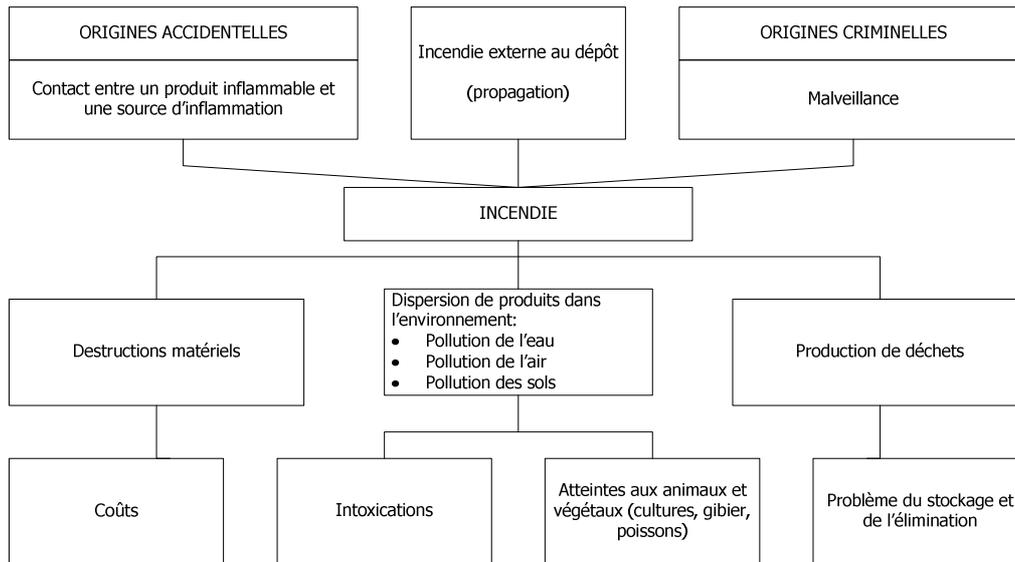
Sur le site de Saint Hilaire sur Puisieux, il y a différents combustibles stockés (produit phytosanitaires).

Nature du danger

D'une manière générale, il s'agit des événements qui, par leurs conséquences, mettent en péril l'intégrité des milieux naturels et/ou la sécurité des personnes.

Compte tenu de la nature même du produit, le risque est la dispersion de produit dans l'environnement et l'incendie.

L'incendie



a) Les causes :

Initiation d'un incendie accidentel des produits ou des fûts due au contact d'une substance ou d'un matériau combustible avec une source d'énergie suffisante pour enflammer les vapeurs inflammables dégagées.

La source d'inflammation peut être :

- a) Une flamme nue,
- b) Une source chaude : point chaud sur un moteur, (chariots automoteurs), chauffage électrique par résistances portées au rouges, cigarette allumée...
- c) Un court-circuit électrique,
- d) Acte de malveillance.
- e) La foudre
- f) Propagation au dépôt d'un incendie extérieur

b) Conséquences :

Destruction matérielle : du dépôt lui-même et, éventuellement si l'incendie s'étend, des installations ou habitations avoisinantes

Pollution de l'eau, des sols et de l'air : elle est en fait la conséquence directe de la dispersion de produit dans l'environnement

- Pollution de l'eau et des sols : elle provient des eaux d'extinction qui rejoignent les milieux naturels (pollution des rivières, des captages d'eau potable, des nappes phréatiques ...)
- Pollution de l'air : elle provient des fumées générées par l'incendie qui contiennent des composés issus de la dégradation des matériaux (emballages, bois des palettes, peintures,...) et des produits eux-mêmes.

Le stockage des produits insecticides dispose d'une rétention.

Le rayonnement thermique ou la projection de particules enflammées générées par un incendie pourront être la source d'ignition d'un incendie ou d'une explosion du silo mais la zone de stockage de combustibles (sacs, palettes, papier) est non connexe au silo.

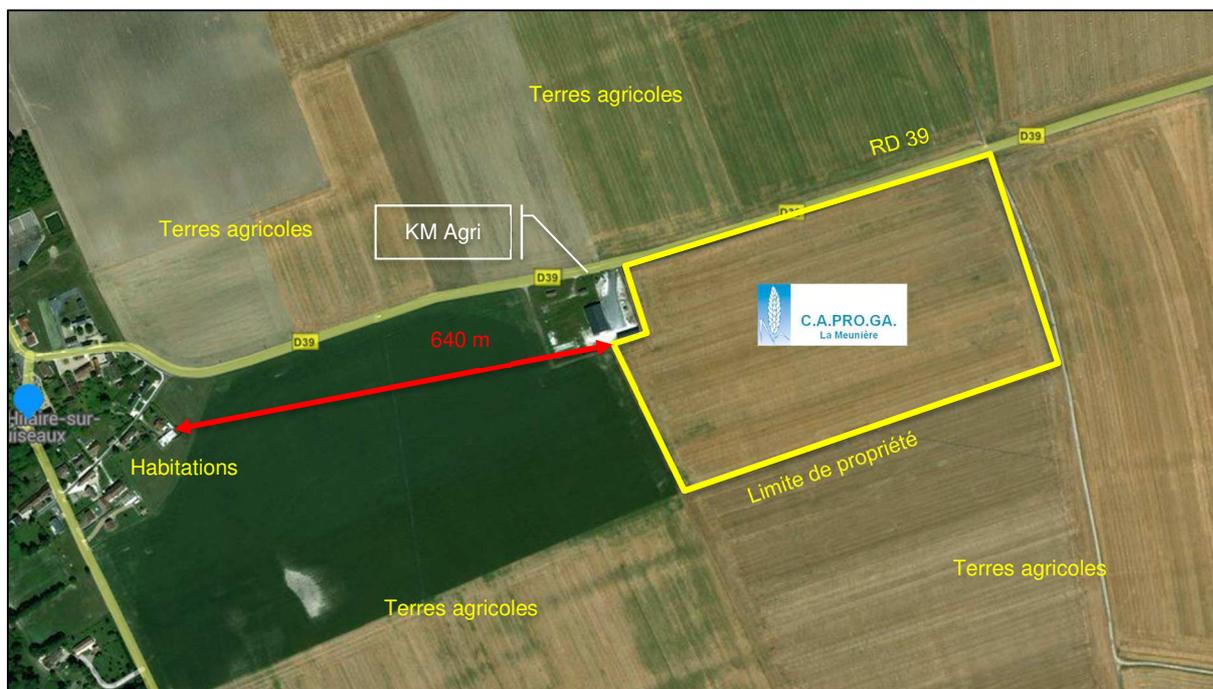
Ce danger n'est pas pris en compte pour l'analyse des risques comme source d'ignition.

3.4 Intérêts à protéger

3.4.1 Habitats, lieux publics ou privés les plus proches

Dans son environnement immédiat, le site étudié est entouré :

- Au Nord : par la RD39 et des terres agricoles
- A l'Est : par des terres agricoles
- Au Sud : par des terres agricoles
- A l'Ouest : par la société KM Agri et des terres agricoles



Le site dispose d'un unique accès routier par la route départementale 39.

L'habitation la plus proche du site est située à 640 m du site. La société KM Agri est en limite de propriété.

Il n'y a pas d'habitation du type immeuble à proximité du site.

Annexe 7 : Représentation des distances d'éloignements forfaitaires

3.4.2 Points d'eau, captages

Le site est alimenté en eau potable par le réseau de distribution public de la commune de Saint Hilaire sur Puiseaux.

Il n'y a pas d'eau de process

3.4.3 Zones naturelles protégées

La commune de Saint Hilaire sur Puiseaux est concernée par 2 ZNIEFF de type I (Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique).

En effet, dans un rayon de 5 km, on trouve :

Type de zone et référence	Nom de la zone	Distance et orientation
ZNIEFF de type I n° 240030480	Marais Chapeau	2,3 km au Nord du site
ZNIEFF de type I n° 240000544	Étang de Marsin	4,9 km à l'Est du site

Le territoire de la commune Saint Hilaire sur Puiseaux n'est pas directement concerné par une zone NATURA 2000.

En effet, la zone Natura 2000 la plus proche est à plus de 15 km du site étudié. Il s'agit de la zone n° FR 2410018 : Forêt d'Orléans.

3.4.4 Voies de communication

A proximité du site, le réseau routier est composé uniquement de la route départementale n°39. L'observatoire de la route a réalisé un comptage routier en 2014 sur l'ensemble du réseau départemental.

D'après le dernier comptage réalisé en 2014, le trafic sur la RD 39 est inférieur à 1 000 véhicules/jour.

Plus exactement, la route départementale n°39 (route de Solterre), un trafic compris 703 véhicules/jour tous véhicules confondus dont 5,9 % de poids lourds.

L'accès au site s'effectue par la route départementale n°39 et par un large portail. Un dégagement permet une bonne visibilité que ce soit pour entrer ou sortir du site.

Il n'y a pas de réseau ferroviaire à proximité immédiate du site et donc, pas d'embranchement ferroviaire sur le site.

Il n'y a pas d'axe fluvial permettant le transport de marchandise ni plaisancier.

Les aéroports les plus proches sont ceux de Fontainebleau, Auxerre et Orléans qui se situent respectivement 50 (Nord), 58 (Est) et 70(Ouest) km du site.

A noter en revanche la présence d'un aéroclub sur la commune de Vimory distant de 7 km au Nord du site à vol d'oiseau. Le site étudié n'est pas dans l'axe de la piste de décollage / atterrissage.

3.4.5 Conclusions sur les intérêts à protéger

Nous constatons que l'environnement et le voisinage sont peu sensibles, à noter :

- La société KM Agri est en limite de propriété
- La route départementale 39

3.5 Tableau de synthèse et conclusions de l'analyse des dangers

3.5.1 Dangers liés à l'environnement naturel et humain

Risques naturels	Risques redoutes	Dangers pour les installations
	Effets/Conséquences	
Sismiques	Destruction	Non
Foudre	Point chaud, incendie	Oui
Malveillance	Point chaud, incendie	Oui
Chutes d'aéronef	Néant	Non
Trafic ferroviaire	Dégâts, destruction	Non
Climat	Néant	Non

3.5.2 Dangers liés aux activités

Installations Procédés	Produits	Risques Redoutés Effets	Conséquences	Impact possible Sur site Et environnement	Risques de propagation ou danger pour le site
Silo/stockage Manutention De grains	Grain	Echauffement grains	Point chaud Dégradation qualité produit	Nul	Étudié
	Poussières	Explosion	Onde de pression Projection d'éléments Incendie résiduel	Blessure mortelle sur l'homme Ensevelissement Destruction des structures et équipements	
Engrais Solides	Produits Stockés	Décomposition thermique	Pollution eau Pollution air	Accident/intoxication sur l'homme et l'environnement Fumées nocives	Écarté
Engrais liquide	Produits stocké	Fuite	Pollution sol	Pollution	Écarté
Produits phytosanitaires	Produits Stockés	Incendie	Pollution eau Pollution air	Accident/intoxication sur l'homme et l'environnement Fumées nocives	Écarté
Fuel	Produit stocké	Incendie	Point d'ignition	Destruction des équipements	Écarté

3.5.3 Événements redoutés

L'analyse des dangers a mis en évidence que les événements redoutés majeurs pour C.A.PRO.GA étaient, au regard des activités et des quantités stockées des différentes activités :

- Effondrement cellules (les plus importantes)
- Explosion de poussières dans les zones ATEX 20,21 et 22 et dans certains équipements ou volumes en phase dégradée ou autres.

Ces 2 événements seront donc étudiés dans l'analyse des risques. Seront étudiés également les 2 événements secondaires suivants :

- Échauffement des produits stockés générant des particules incandescentes
- Incendie de poussières et/ou de farine et/ou de combustibles

3.5.4 Cinétiques des événements redoutés

3.5.4.1 Cinétique des scénarios d'accidents :

La cinétique est l'un des éléments nécessaires pour hiérarchiser les scénarios d'accident.

La cinétique se caractérise par deux phases :

- La cinétique pré-accidentelle qui correspond à la durée nécessaire pour aboutir à l'évènement redouté central ou encore la phase antérieure à la libération du potentiel de danger.
- La cinétique post-accidentelle (la plus importante) qui est déterminée par la dynamique du phénomène dangereux et l'exposition des cibles. Elle est caractérisée par différents délais :
 - o Le délai d'occurrence
 - o Le délai nécessaire à la montée en puissance du phénomène jusqu'à son état stationnaire
 - o Le délai nécessaire à l'atteinte d'un effet physique sur la cible
 - o La durée d'exposition des cibles

Outre les phénomènes accidentologiques, il est nécessaire de mettre en parallèle les capacités d'intervention des services publics

3.5.4.2 Cinétique des événements majeurs retenus par le groupe de travail

Phénomènes dangereux	Dynamique pré-accidentelle	Dynamique post-accidentelle	Capacité d'intervention	Terminologie du scénario
Explosion de poussières et /farine dans équipement (filtre, élévateur)	Milliseconde (très rapide)	Très rapide	< 30 minutes	Très rapide
Effondrement cellules (les plus importantes)	Seconde	Rapide	< 30 minutes	Rapide
Échauffement, incendie (Grains, poussières)	Heures	Très lent	< 30 minutes	Long
Incendie combustibles	Minutes	Rapide	< 30 minutes	Rapide

3.6 Réduction des potentiels des dangers et risques

L'ensemble des équipements de sécurité installés est justifié et détaillé ci-après.

L'ensemble des mesures de prévention, protection (dont le découplage) mis en place pour réduire les potentiels de dangers et les risques est décrit ci-après et notamment dans les tableaux AMDEC.

Il s'agit de :

Sécurité sur les élévateurs	Sangles antistatiques et difficilement propagatrices de flammes Déport de sangles Contrôleur de rotation Fonctionnement asservi à l'aspiration
Sécurité sur les autres transporteurs	Détecteur de bourrage
Sécurité sur les appareils de nettoyage	Contrôle surintensité des moteurs
Sécurité sur les filtres	Mise à la terre des parties métalliques des filtres à l'aide de tresses Ventilateur d'extracteur d'air placé dans le flux d'air propre Event correctement dimensionné ou surface soufflable sur existant Ecluses faisant office de découplage
Sécurité Générale	Disjoncteur sur les moteurs Coups de poing d'arrêt d'urgence sur les équipements Plan d'évacuation affiché. Extincteurs répartis aux différents paliers Classement ATEX Hors Zone (pas de poussière et maximum de volume) Découplage maximum des volumes Nettoyer les installations Paratonnerres répartis sur l'ensemble du site

4 ANALYSE DES RISQUES

4.1 Tableaux d'analyse des risques

Localisation	Causes	Conséquences	Mesures de prévention existantes	Mesures de protection existantes	PI	GI	Mesures de prévention envisagées	Mesures de protection envisagées	PF	GF
Flux matière première										
Silo										
Fosse réception blé	<ul style="list-style-type: none"> - Corps étranger métallique - Particules incandescentes (cigarettes, points chauds) - Malveillance - Erreur humaine - Emission de poussières - Défaut mécanique des véhicules - Travaux à proximité 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission du corps étranger métallique et du point incandescent à l'équipement(s) d'après - Etincelle - Incendie résiduel de poussières 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX Hors zone - Rideau fermé (hors réception) - Protocole de sécurité pour le chargement / déchargement - Grille à barreaux (écart moyen < 5 cm) à 100% de la surface - Interdiction de fumer par affichage - Permis de feu - Nettoyage de la fosse régulier - Consignation des installations en cas de travaux - Plan de prévention entreprise extérieure - Procédures de travail - Formation du personnel - Site clôturé 	<ul style="list-style-type: none"> - Zone non confinée - Extincteurs à proximité 	5	1				
Transporteur à chaîne (TC)	<ul style="list-style-type: none"> - Etincelle mécanique - Défaut d'entretien - Usure du matériel - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant - Rupture chaînes - Frottement chaînes / bâtis - Travaux par points chauds 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission du corps étranger à l'équipement(s) d'après - Casse matériel - Transmission particules incandescentes depuis équipement(s) après 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX Hors zone - Vitesse limitée - Maintenance préventive - Trappe ou palme de bourrage asservissement électrique (reliée électriquement et arrête le redler en cas de bourrage) - Permis de feu - Equipement capoté - Procédures de travail - Formation du personnel - Relais thermiques sur moteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteur à proximité 	4	1				
Élévateur	<ul style="list-style-type: none"> - Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant - Etincelle mécanique (godet décroché) - Echauffement des flancs par frottement de la sangle - Echauffement de la sangle sur le tambour par patinage (tension) - Travaux par point chaud - Rupture sangle - Electricité statique - Usure du matériel - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Combustion sangle - Rupture de roulement - Echauffement mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission du corps étranger à l'équipement(s) d'après - Transmission particules incandescentes au l'équipement(s) d'après - Incendie poussières - Etincelle - Bourrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement zone ATEX Zone 22 - Permis de feu - Aspiration de poussières tête et/ou pied - Sangles et courroies antistatiques et difficilement propagatrices de la flamme - Maintenance préventive - Déport de sangles - Equipements capotés - Fonctionnement asservi à l'exploitation - Anti retour en tête à roulement - Procédures de travail - Formation du personnel - Débit fosse > 150 t/h 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité 	4	2	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôleur de rotation 		3	2
Nettoyage										
Nettoyeur séparateur	<ul style="list-style-type: none"> - Front de flamme depuis équipement(s) avant - Mauvais serrage des grilles - Usure du matériel - Défaut d'entretien - Frottements mécaniques - Travaux par point chaud - Corps étrangers métalliques depuis- équipement(s) avant - Electricité statique - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Travaux par points chauds - Fuite 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie résiduel de poussières - Transmission d'un corps étranger à l'équipement d'après - Casse matériel 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX Hors zone - Asservissement à l'aspiration centrale - Maintenance préventive - Procédure de travail - Formation du personnel - Faible débit - Contrôleur de bourrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Colonne sèche 	2	2				

Localisation	Causes	Conséquences	Mesures de prévention existantes	Mesures de protection existantes	PI	GI	Mesures de prévention envisagées	Mesures de protection envisagées	PF	GF
Filtre central	<ul style="list-style-type: none"> - Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant - Etincelle mécanique (godet décroché) - Echauffement des flancs par frottement de la sangle - Echauffement de la sangle sur le tambour par patinage (tension) - Travaux par point chaud - Rupture sangle - Electricité statique - Usure du matériel - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Combustion sangle - Rupture de roulement - Echauffement mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission du corps étranger à l'équipement(s) d'après - Transmission particules incandescentes à l'équipement(s) d'après - Explosion de poussières - Incendie poussières - Etincelle - Bourrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX zone 21 (à l'intérieur) - Permis de feu - Maintenance préventive - Equipements capotés - Fonctionnement asservi à l'exploitation - Procédures de travail - Formation du personnel - Débit < 150 t/h 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Colonne sèche 	3	2				
Filtre embarqué	<ul style="list-style-type: none"> - Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant - Etincelle mécanique (godet décroché) - Echauffement des flancs par frottement de la sangle - Echauffement de la sangle sur le tambour par patinage (tension) - Travaux par point chaud - Rupture sangle - Electricité statique - Usure du matériel - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Combustion sangle - Rupture de roulement - Echauffement mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission du corps étranger à l'équipement(s) d'après - Transmission particules incandescentes à l'équipement(s) d'après - Explosion de poussières - Incendie poussières - Etincelle - Bourrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX zone 21 (à l'intérieur) - Permis de feu - Maintenance préventive - Equipements capotés - Fonctionnement asservi à l'exploitation - Procédures de travail - Formation du personnel - Débit < 150 t/h 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Colonne sèche 	3	2				
Vis	<ul style="list-style-type: none"> - Etincelle mécanique - Défaut d'entretien - Usure du matériel - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant - Rupture chaînes - Frottement chaînes / bâtis - Travaux par points chauds 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission du corps étranger à l'équipement(s) d'après - Casse matériel - Transmission particules incandescentes depuis équipement(s) après 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX Hors zone - Vitesse limitée - Maintenance préventive - Trappe ou palme de bourrage asservissement électrique (reliée électriquement et arrêtée le redler en cas de bourrage) - Réparation à l'atelier de préférence - Permis de feu - Equipement capoté - Procédures de travail - Formation du personnel - Relais thermiques sur moteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Colonne sèche 	4	1				
Benne à déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Propagation de front de flamme et pression du filtre - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Malveillance - Défaut matériel 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosion de poussières à l'intérieur de la benne - Combustion de la poussière - Echauffement de la poussière 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX Zone 22 - Permis de feu - Surveillance - Procédure de travail - Formation du personnel - Temps de séjour faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Benne à l'extérieur - Découplage par écluse du filtre - Extincteur à proximité - Surface soufflable (couverture) 	2	4				
Stockage et expédition										
Cellules 420 m3	<ul style="list-style-type: none"> - Front de flamme et pression depuis équipement(s) avant - Mauvaise condition de stockage - Mauvaise qualité du produit stocké (T°C, H2O) - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Détérioration et usure des parois (fragilisation) 	<ul style="list-style-type: none"> - Combustion du produit - Echauffement du produit - Propagation particules incandescentes depuis l'équipement(s) d'après - Effondrement - Rupture structure 	<ul style="list-style-type: none"> - Classement ATEX Hors zone - Procédure de stockage (maîtrise qualité) - Grain nettoyé et/ou séché avant stockage - Surveillance - Barreau de sécurité sur trou d'homme - Procédure de travail - Formation du personnel - Temps de séjour faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Cellule avec filtre découplée (fermée) métallique - Filtre déporté 	4	1				
			<ul style="list-style-type: none"> - Procédure de travail - Formation du personnel - Temps de séjour faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Filtre déporté 	1	4				

Localisation	Causes	Conséquences	Mesures de prévention existantes	Mesures de protection existantes	PI	GI	Mesures de prévention envisagées	Mesures de protection envisagées	PF	GF
Cellules 2 600 m3	<ul style="list-style-type: none"> - Front de flamme et pression depuis équipement(s) avant - Mauvaise condition de stockage - Mauvaise qualité du produit stocké (T°C, H2O) - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Détérioration et usure des parois (fragilisation) 	<ul style="list-style-type: none"> - Combustion du produit - Echauffement du produit - Propagation particules incandescentes depuis l'équipement(s) d'après - Effondrement - Rupture structure 	Classement ATEX Hors zone Procédure de stockage (maîtrise qualité) Grain nettoyé et/ou séché avant stockage Surveillance Barreau de sécurité sur trou d'homme Procédure de travail Formation du personnel Temps de séjour faible	<ul style="list-style-type: none"> - Cellule avec filtre découpée (fermée) métallique - Filtre déporté 	4	1				
Boisseaux d'expédition	<ul style="list-style-type: none"> - Front de flamme et pression depuis équipement(s) avant - Mauvaise condition de stockage - Mauvaise qualité du produit stocké (T°C, H2O) - Particules incandescentes depuis équipement(s) avant - Détérioration et usure des parois (fragilisation) 	<ul style="list-style-type: none"> - Combustion du produit - Echauffement du produit - Propagation particules incandescentes depuis l'équipement(s) d'après - Effondrement - Rupture structure 	Classement ATEX Hors zone Procédure de stockage (maîtrise qualité) Grain nettoyé et/ou séché avant stockage Surveillance Barreau de sécurité sur trou d'homme Procédure de travail Formation du personnel Temps de séjour faible	<ul style="list-style-type: none"> - Cellule avec filtre découpée (fermée) métallique - Filtre déporté 	4	1				
Gros œuvre										
Tour de manutention										
Tous les étages	<ul style="list-style-type: none"> - Echauffement électrique - Travaux par points chauds - Erreur humaine - Malveillance - Echauffement mécanique - Dépôts de poussières / farine - Particules incandescentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie poussière - Incendie équipement 	Classement ATEX Hors Zone Nettoyage des locaux (procédure) Electricité conforme ATEX et contrôlée annuellement par un organisme compétent Personnel en permanence dans le silo Maintenance préventive (procédure) Plan de prévention entreprise extérieure Permis de feu Procédure de travail Interdiction de fumer affichée Formation du personnel	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Matériau incombustible - Mur CF 2H - Colonne sèche 	2	2				
Galérie supérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Echauffement électrique - Travaux par points chauds - Erreur humaine - Malveillance - Echauffement mécanique - Dépôts de poussières / farine - Particules incandescentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie poussière - Incendie équipement 	Classement ATEX Hors Zone Nettoyage des locaux (procédure) Electricité conforme ATEX et contrôlée annuellement par un organisme compétent Personnel en permanence dans le silo Maintenance préventive (procédure) Plan de prévention entreprise extérieure Permis de feu Procédure de travail Interdiction de fumer affichée Formation du personnel	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Matériau incombustible - Mur CF 2H - Colonne sèche 	2	2				
Galérie inférieure	<ul style="list-style-type: none"> - Echauffement électrique - Travaux par points chauds - Erreur humaine - Malveillance - Echauffement mécanique - Dépôts de poussières / farine - Particules incandescentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie poussière - Incendie équipement 	Classement ATEX Hors Zone Nettoyage des locaux (procédure) Electricité conforme ATEX et contrôlée annuellement par un organisme compétent Personnel en permanence dans le silo Maintenance préventive (procédure) Plan de prévention entreprise extérieure Permis de feu Procédure de travail Interdiction de fumer affichée Formation du personnel	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Matériau incombustible - Mur CF 2H - Colonne sèche 	2	2				
Autre										
Local air comprimé	<ul style="list-style-type: none"> - Court-circuit - Echauffement électrique - Echauffement mécanique - Rupture équipement - Erreur humaine - Malveillance 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie équipement - Explosion équipement 	Classement ATEX Hors zone Equipement conforme et contrôlé Faible puissance Surveillance Bâtiment fermant à clé	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité 	2	2				
Local de commande	<ul style="list-style-type: none"> - Court-circuit - Défaut d'isolement - Echauffement électrique - Travaux par points chauds - Particules incandescentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendie du local de commande - Propagation du front de flamme au RDC 	Classement ATEX Hors zone Porte coupe-feu Equipement conforme et contrôlé annuellement Armoire étanche Formation du personnel	<ul style="list-style-type: none"> - Extincteurs à proximité - Local découpé 	2	2				

4.2 Exploitation des tableaux d'analyse des risques

4.2.1 Analyse des risques liés aux installations :

L'incendie n'est pas envisagé au niveau des stockages de grains.

Plusieurs installations dédiées au stockage sont présentes. Leurs caractéristiques sont détaillées en partie 1 (Notice de renseignements).

Comme nous l'avons vu précédemment, trois dangers principaux sont liés aux installations sont :

- Combustion des produits
- Incendie, explosion de poussières dans des enceintes closes
- Effondrement des structures de stockage et ensevelissement

Le premier danger offre peu de risques en termes d'effets externes à l'entreprise. En effet, les risques sont liés à la perte de la marchandise (combustion) voire à la fragilisation de certaines structures en fonction des températures de combustion pouvant amener au pire à l'effondrement des structures (3^{ème} cas) ou à l'explosion de poussières qui nous ramène au second cas.

Compte tenu de l'analyse de dangers effectuée, des mesures de maîtrise en place, les scénarios relatifs aux installations retenus sont les suivants :

- SC1 : Explosion de poussière dans un filtre
- SC2 : Explosion de poussières dans un élévateur
- SC3 : Effondrement des cellules

Ces 3 scénarios sont développés après.

Dans le cadre d'une étude de dangers, il convient de caractériser de façon déterministe la ou les séquences accidentelles conduisant dans l'environnement à définir des effets majeurs à considérer en termes d'effets (pression).

Il apparaît d'emblée que l'événement classique est un enchaînement d'explosion depuis un équipement zone ATEX 21 ou 22 qui se propage aux volumes contigus de proche en proche.

Une explosion primaire dans un filtre engendrera une surpression maximale suffisante pour conduire vraisemblablement à l'ouverture d'une surface fragile et à l'exportation de l'explosion à l'espace environnant et qui pourrait entraîner une explosion secondaire s'il y avait suffisamment de poussière.

Sinon, sans aucune conséquence car la surpression se détendra dans le volume considéré, sans aucune conséquence pour l'environnement, uniquement éventuellement la projection de paroi soufflable (tuile, verre, ...) à une vingtaine de mètres au maximum.

Les conséquences d'une explosion primaire sont un effet de souffle dans le local où se situe l'équipement considéré, qui contribue à mettre en suspension d'autres poussières déposées sur les parois ou stagnant en couche.

Dans ces conditions, la quantité de poussières présente est suffisante, le front de flamme continue à se propager et entraîne des explosions secondaires aux effets dévastateurs (Blaye).

Sur des installations existantes ou lorsque la décharge à l'extérieur est impossible dû à l'emplacement de l'équipement (trop éloigné d'un mur), il est installé des valeurs de décharge d'explosion sans flamme.

Il n'est pas nécessaire de prévoir leur sortie à l'extérieur (toiture) dans la mesure où l'espace supérieure est entretenue et toujours propre.

Équipements capotés, nettoyage régulier, très peu de dépôt de poussière (très inférieur à la LIE en dépôt).

Le vaste volume assure la fonction de chambre de détente, ne pourra plus être le siège d'une explosion secondaire.

Dans l'esprit, l'ensemble des mesures prises constitue autant de barrières qui conjuguent efficacement en matière de prévention et de protection pour assurer un niveau de sécurité convenable.

Le scénario incendie dans le silo n'a pas été retenu car certes la charge calorifique est non négligeable mais l'enveloppe (murs extérieurs et plancher) est en béton et/ou briques. Les effets thermiques seront limités à l'environnement proche.

Il n'existe pas d'outil de modélisation adapté pour simuler un tel incendie. Mais, le retour d'expérience sur des feux dans des installations similaires montre que les conséquences en termes de flux thermique restent à priori limitées. Par conséquent, nous retenons qu'un tel incendie n'aura pas de conséquence en termes de flux thermiques à l'extérieur du site.

Le personnel serait capable de détecter un début d'incendie et de le prévenir, voire d'intervenir avant une propagation à tout le stockage. Il paraît donc peu probable, du fait de la présence humaine, notamment à cause des arguments d'exploitation liée à la nature du produit alimentaire (contraintes de surveillance pour la qualité du produit).

4.2.2 Explosion primaire de poussières dans un équipement classé ATEX (filtre et élévateurs)

Description

Dans un filtre, 4 des 6 conditions nécessaires pour réaliser une explosion de produit pulvérulent combustible sont réunies en permanence :

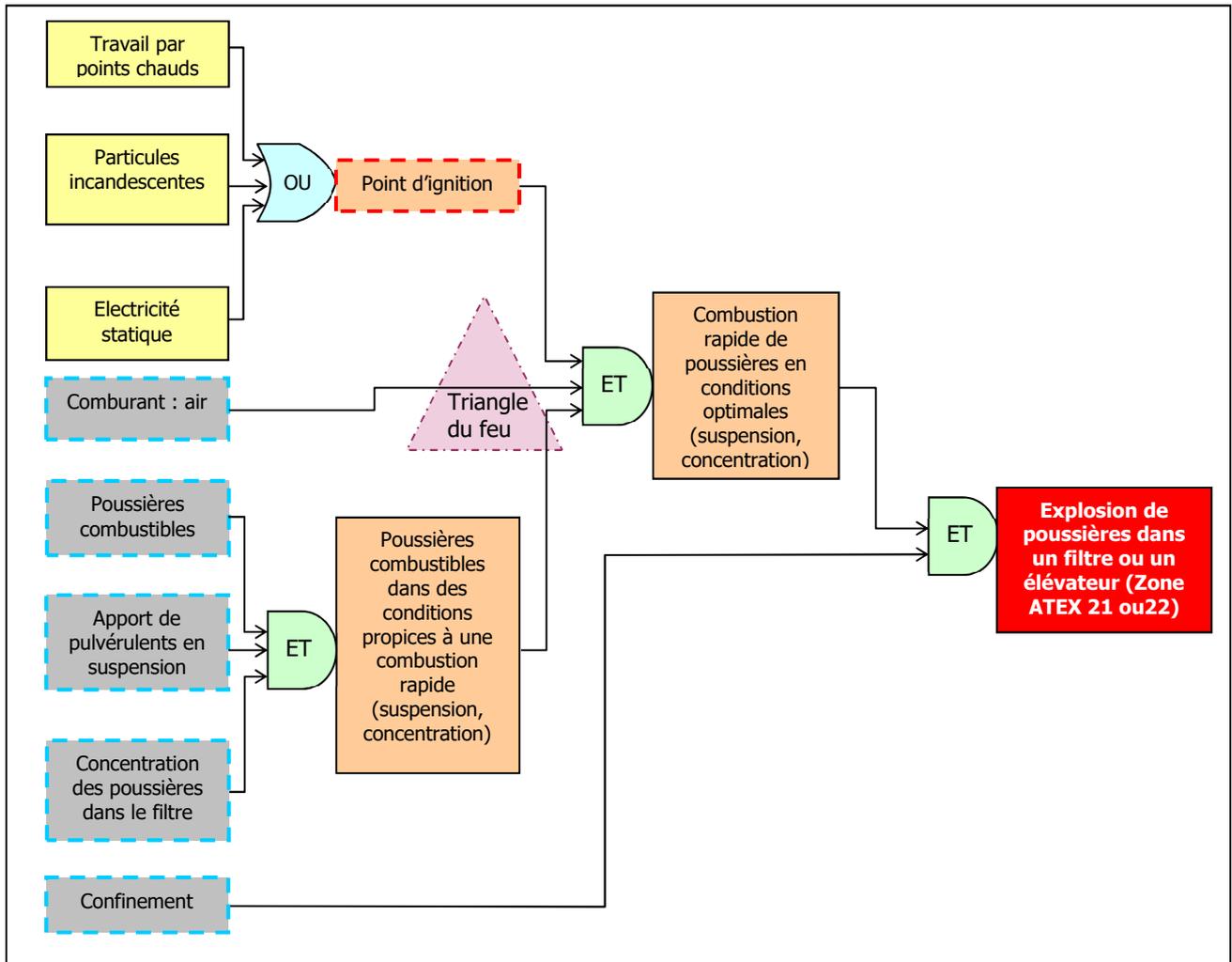
- Espace confiné,
- Présence de comburant (oxygène)
- Poussières combustibles,
- Poussières en suspension.

De plus, 1 des 2 autres conditions nécessaires peut être présente :

- Poussières en concentration propice à l'explosion (ni trop [$>$ plusieurs kg/m^3] ni trop peu [$<$ 50 g/m^3]) du au fonctionnement même du filtre lors de la phase de décolmatage des médias filtrant et des élévateurs

Enfin, la dernière condition est possible :

- Point d'ignition. Le groupe de travail a retenu trois hypothèses plausibles :
 - Propagation des particules incandescentes due aux équipements d'après
 - De l'électricité statique
 - Travail par points chauds

Arbre des causes pour cet événementOccurrence – probabilité

D'un point de vue probabilité, dans la configuration actuelle, l'événement se situe dans la zone 2 « phénomène vraisemblable mais rarement rencontré ». Cette note a été établie au vu des mesures de prévention déjà mises en place :

- Sur équipement :
 - Palier et moteur à l'extérieur du circuit de poussières
 - Disjonction réglée au nominal du moteur
 - Vérification électrique annuelle
 - Maintenance préventive
 - Équipement et médias filtrant reliés à la terre
 - Réserve d'eau sur site
- Intervention par points chauds :
 - Permis de feu

Conséquences- gravité

Une explosion dans un équipement classé ATEX peut impliquer :

- Des effets aux étages où se situent la ou les explosions
- Des propagations de combustion de poussières jusqu'à des volumes confinés (donc des explosions secondaires) dans le cas où les étages où se situent la ou les explosions sont empoussiérés

Ces équipements présentent des risques :

- De souffle à proximité immédiate,
- De flamme à sa proximité,
- De propagation de front de flamme

Les effets ne seront pas évalués car ils sont limités à l'environnement immédiat de l'équipement et ne sortiraient du volume car il est muni d'un évent relié à l'extérieur.

En cas d'explosion primaire, il peut y avoir une explosion secondaire des enceintes en communication avec l'équipement si celles-ci sont suffisamment empoussiérées.

En application du principe de précaution, en l'absence d'informations jugées suffisantes, le groupe de travail a classé ces équipements en zone ATEX 21.

Ce classement est susceptible d'évoluer en fonction de la mise en place de mesure de prévention complémentaire, notamment la réalisation de mesures de poussières spécifiques et/ou du développement de la base de données Services Coop.

4.2.3 Explosion secondaire

L'explosion ne peut se propager que si elle est alimentée par une quantité de poussière suffisante et mise en suspension par le souffle de l'explosion primaire. Or le nettoyage des installations est une priorité et les autres équipements et/ou volumes sont classés hors zone ATEX et sont non connexes et/ou découplés. Il ne peut donc pas y avoir propagation d'explosion dans ce cas.

Le groupe de travail n'a pas retenu des explosions secondaires dans certains équipements et/ou volume.

4.3 Autres scénarios :

D'autres scénarios correspondent à des activités mineures, non classées au titre des ICPE et annexes avec des installations et équipements conformes et maîtrisés.

Il n'est donc pas nécessaire de développer des évaluations pour ces autres scénarios.

- SC4 : Décomposition thermique simple des engrais solides
- SC5 : Incendie des produits phytosanitaires

Les installations d'alimentation et de distribution sont conformes, surveillées et maîtrisées.

Gravité du phénomène dangereux

Par précaution, les effets des 2 scénarios peuvent être évalués à un rayonnement thermique max de 10 m. Au vu des éléments de maîtrise développés ci-dessus, les effets ne sortent pas des limites de propriété du site. Ce phénomène dangereux n'est pas retenu dans le cadre de l'étude de dangers. La gravité de ce phénomène dangereux est considérée « sans objet ».

Probabilité du phénomène dangereux

Le SC4 (engrais solide) est estimé à C
Le SC5 (phyto) est estimé à B

Cinétique du phénomène dangereux :

Les phénomènes dangereux sont de cinétique rapide.

Effets domino

Un flux thermique d'un incendie ne pourrait pas impacter les locaux les plus proches ni risques de propagation car ces activités sont à l'écart et non connexe. Aucun équipement ou installation n'est atteint par les seuils d'effets domino.

5 EVALUATION DES CONSEQUENCES ET DES NIVEAUX DE PROBABILITE DES SCENARIOS MAJORANTS :

5.1 SC1 et SC2 : Explosion primaire dans un filtre Zone ATEX 21 ou dans un élévateur en Zone ATEX 22 :

5.1.1 Description de l'événement redouté :

Le principal risque lié à l'activité est le risque d'explosion d'un filtre classé ATEX Zone 21 ou dans un élévateur en Zone ATEX 22.

5.1.2 Hypothèses :

Rappel du phénomène de l'explosion de poussières

L'explosion d'une suspension de poussières dans l'air est la manifestation de la libération brutale de l'énergie chimique du système (combustion), amorcée par une source d'inflammation et caractérisée par une émission importante de gaz portés à haute température.

Pour qu'il y ait explosion, les poussières doivent nécessairement être mélangées avec de l'air qui sera le comburant de la réaction. Dans notre cas, nous considérons que le mélange air – poussières est homogène. Dans certaines proportions (domaine d'explosivité), ce mélange forme une atmosphère explosive. La limite inférieure d'explosivité est de 50 g/m².

Il faut ensuite l'intervention d'une source d'inflammation pour amorcer la réaction de combustion pouvant aller jusqu'à l'inflammation. La flamme se propage alors de proche en proche dans le mélange provoquant l'expansion thermique.

Lors d'une explosion de poussières, les paramètres suivants jouent un rôle important sur le déroulement de l'explosion :

- Nature des poussières
- Homogénéité du mélange air-poussières (ou mise en suspension)
- Concentration des poussières (ou domaine d'explosivité)
- Humidité du mélange air-poussières en suspension
- Nature du comburant
- Source d'inflammation
- Confinement
- Autres paramètres : température, pression etc.

Définition et Paramètres

L'influence de la géométrie de l'enceinte permet de différencier deux cas :

- 1) Si l'enceinte est de forme ramassée ($H/D < 5$), on sera en régime de déflagration et la pression maximale sera de 7 à 10 bars.
- 2) Si l'enceinte est de forme allongée ($H/D \geq 5$), l'expansion des gaz brûlés et la présence d'obstacles provoquent une augmentation de la vitesse du front de flamme qui peut atteindre des valeurs supérieures à 1000 m/s et une surpression de plusieurs dizaines de bars : on peut parfois atteindre un régime de détonation.

avec H = longueur de la cellule
D = diamètre dans le cas de cellules cylindriques
ou diamètre équivalent D_E définit tel que

$$D_E = 2 \sqrt{\frac{A^*}{\pi}} \text{ avec } A^* = \text{surface de cellules d'une forme autre que cylindrique}$$

La présence d'un événement convenablement calculé permet de concevoir et de mettre en œuvre des enceintes plus légères capables de résister aux effets de la pression d'explosion réduite.

Ainsi, la protection d'un volume par événement est une technique permettant d'obtenir la décharge de gaz non brûlés et de gaz d'explosion lors du développement d'une explosion de poussières combustibles en suspension dans l'air et d'éviter ainsi une pression trop élevée à l'intérieur du volume concerné. Cette décharge se produit après ouverture de dispositifs d'obturation des événements. Cependant, la décharge n'empêche pas l'explosion proprement dite mais ses conséquences dangereuses.

Lors du phénomène d'explosion de poussières, on distingue les données suivantes :

- P_{max} la pression maximale d'explosion (valeur maximale de la surpression) en bar
- P_{red} la pression d'explosion réduite (pression maximale à prévoir en cas d'explosion dans une installation équipée de dispositifs de décharge de pression) en bar
- P_{stat} la pression d'ouverture (pression qui s'exerce effectivement sur le dispositif obturant l'événement au moment de l'ouverture ou de la rupture) en bar
- (dP/dt)_{max} la vitesse maximale de montée en pression en bar.s⁻¹ (VMP)
- K_{ST} l'indice d'explosion (constante qui définit la vitesse de montée en pression d'une explosion dans un volume donné) en bar.m.s⁻¹
 $(dP/dt)_{\max} \cdot V^{1/3} = \text{const} = K_{ST}$

La surpression maximale P_{max} et le K_{ST} varient suivant le type de céréales stockées. Des expériences réalisées par l'INERIS sur trois échantillons de poussières ont donné les résultats suivants :

	Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C
V (m ³)	0,02	0,02	0,02
P _{max} (bar)	7,3	7,6	7,1
VMP (bar.s ⁻¹)	300	350	280
K _{st} (bar.m.s ⁻¹)	81	95	76

- Echantillon A : prélevé à l'intérieur d'une chambre à poussières
- Echantillon B : prélevé à différents endroits d'un silo portuaire
- Echantillon C : prélevé en haut de cellules à proximité d'un calibreur d'orge de brasserie

La surpression maximale (P_{max}) et la vitesse de montée en pression (VMP) varient également en fonction de la concentration du nuage en poussières.

Référence des échantillons	Concentration du nuage de poussières (g/m ³)	125	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
A	P _{max} (bar)	2.3	4.1	6.8	7.3	7.1	6.9	6.4	6.3	6.2
	VMP (bar/s)	40	70	245	285	300	275	240	230	205
B	P _{max} (bar)	2.6	4.9	6.9	7.5	7.6	7.6	7.3	7.2	6.9
	VMP (bar/s)	80	160	265	300	350	350	330	320	310
C	P _{max} (bar)	1.4	4.0	5.6	6.8	6.9	7.1	6.9	6.4	5.9
	VMP (bar/s)	25	70	105	205	210	280	280	210	170

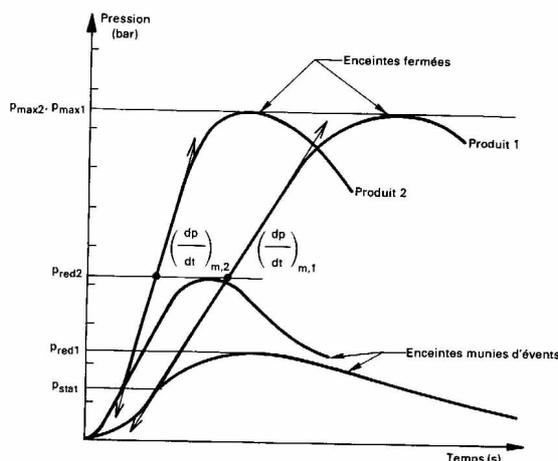
Violence de l'explosion en chambre fermée de 20 litres

C'est pour la concentration du nuage de poussières en g/m³ qui donne la valeur la plus élevée de VMP, exprimée en bar.s⁻¹ qu'on détermine la valeur de la constante K_{max} ou K_{st} exprimée en bar.m.s⁻¹, rapportée au volume de 1 m³. Pour cela, on admet la validité de la loi cubique :

$$K_{st} = VMP \times V^{1/3} \text{ avec } V = 0.020 \text{ m}^3$$

En se basant sur ces résultats, la présente étude suppose que la poussière de céréales est caractérisée par un **K_{st} de 112 bars.m.s⁻¹** et une **P_{max} de 9.3 bars**.

Le schéma suivant montre l'allure d'une explosion en enceinte fermée et en enceinte munie d'évents.



5.1.3 Conséquences : détermination des distances d'effets :

Gravité du phénomène dangereux

L'analyse des risques a montré qu'il existait un risque d'explosion primaire uniquement dans le filtre.

Les mesures de prévention en place permettent de rendre acceptable ce risque

Les filtres sont dans la tour et sont munis d'un événement dirigé vers l'extérieur ainsi que d'un clapet anti-retour.

Il n'y aura donc pas de propagation à la tour, ni de projection à l'extérieur.

Les élévateurs sont intérieurs à la tour qui est classée entièrement Hors Zone ATEX, découplés des cellules et des cases et ils sont munis d'une tête soufflable.

L'explosion primaire des élévateurs s'étoufferait dans la tour, sans effet extérieur.

Résultats des simulations dimensionnant des explosions (filtre et élévateurs)

Unité considérée	EVENTS				CONSEQUENCES					Commentaires
					Effets de surpression Distance (m) au sol pour les seuils			Projections		
	Surface événements présents (m ²)	Surface événements nécessaires (VDI) en m ²	Pstat événements présents (bars)	Pred obtenue (Bars)	140 mbar	50 mbar	20 mbar	Nature du projectile	Distance (m) au sol	
Filtres	Conforme avec événements		< 0,1	< 0,1	0	0	< 10	Négligeable		Events normalisés
Bennes à poussière	Couvercle		< 0,1	< 0,1	0	0	< 10	Couverture	10	Ensemble de la couverture soufflable

La Pred obtenue est égale à Pstat de l'événement car la surface d'événement présente est nettement supérieure à celle nécessaire et la Pstat réelle des surfaces soufflables est inférieure à 0.1 bar.

La poussière est caractérisée par un KST de 112 bar.m.s⁻¹ et une Pmax de 9.6 bar.

L'explosion d'un élévateur s'étoufferait dans la tour qui est classé hors zone ATEX. Il n'y aurait aucun effet à l'extérieur.

Pour les filtres munis d'évents normalisés, les effets seront canalisés vers l'extérieur dans des zones non dangereuses (hors zone de circulation et en hauteur > 3 m).
Les effets extérieurs seront très faibles, estimés à moins de 10 m pour 20 mbar.

La gravité de ce phénomène dangereux est considérée modérée.

A noter que l'explosion de poussières dans les galeries inférieures et sous-sol de la tour peut être exclue étant donné que l'équipement de reprise des cellules est un transporteur à chaîne capoté et étanche. Le niveau d'empoussièrement est de ce fait très faible. De plus, ces volumes sont nettoyés très régulièrement (pas de poussière) et les élévateurs sont munis d'une aspiration et d'une tête soufflable

Probabilité du phénomène dangereux :

Sur la base de son retour d'expérience sur des installations similaires, l'exploitant classe, toutes causes confondues, une explosion du filtre en catégorie C, selon les termes de l'arrêté du 29 septembre 2005. Cette classe correspond à une probabilité d'occurrence annuelle comprise entre 10^{-3} et 10^{-2} par installation ou à la définition suivante sur le plan qualitatif:

« Evénement improbable » : un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité.

Cinétique du phénomène dangereux :

Le phénomène dangereux est de cinétique très rapide.

Effets domino

Le risque est l'endommagement des structures voisines sous l'effet de surpression ou de l'impact des projectiles et/ou l'effondrement des cellules.

L'ensemble des mesures de prévention et de protection mise en place montre que les effets sont limités. Il n'y aura que des endommagements sur les équipements et bâtiments voisins sans remettre en cause leur stabilité.

La propagation d'un point chaud est étudiée dans l'AMDEC.
Aucun équipement ou installation n'est atteint par les seuils d'effets domino.

5.1.4 Evaluation des conséquences des effets de flamme

Le flux thermique dégagé par une explosion de poussières est intense. Malgré une vitesse de propagation de la flamme élevée (cf. chapitre précédent) et donc un temps d'exposition réduit, les effets sont susceptibles d'entraîner la mort des personnes qui se trouvent sur le trajet de la flamme (la position des événements doit donc être optimisée par rapport aux trajets de déplacements du personnel).

5.1.5 Evaluation des conséquences des projections :

D'après l'INERIS (Guide de l'Art Silos, Version 3 de 2008) « en ce qui concerne les projectiles » ; la prédiction de leur taille et de leur poids est difficile et nécessite des calculs sophistiqués.

Le tableau de la fin du chapitre de l'analyse préliminaire des dangers fournit des informations suffisantes sur les conséquences majorantes d'une explosion de poussières.

5.2 SC3 : Effondrement des cellules :

5.2.1 Description de l'événement redouté :

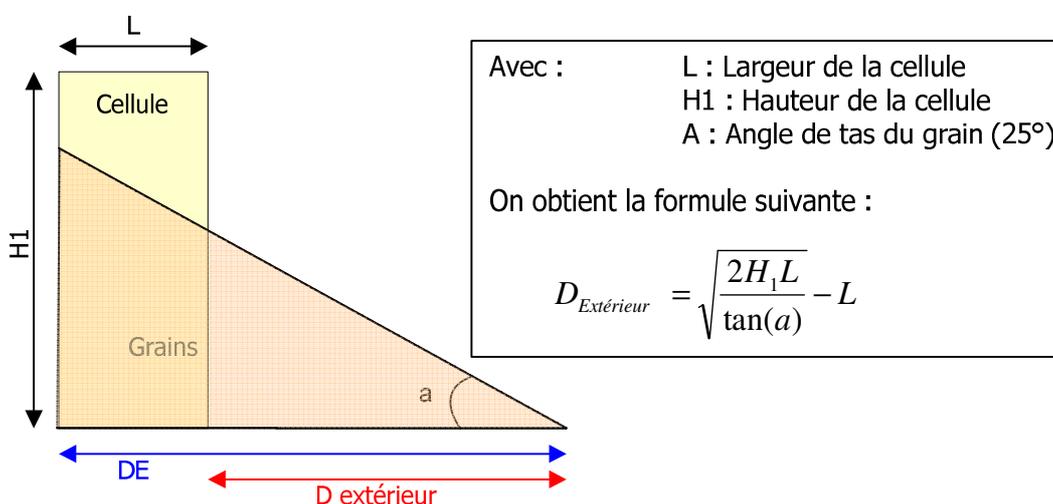
Les méthodes de calcul des distances d'ensevelissement sont présentées ci-dessous.

5.2.1.1 Cas général :

Les recommandations du guide de l'état de l'art sur les silos peuvent être utilisées en première approche ; selon les spécificités des capacités de stockage et de l'environnement, celles-ci peuvent être affinées. Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- le problème posé est monodirectionnel, c'est-à-dire que l'on assimile la paroi longitudinale du silo au plan debout tangent extérieurement à l'ensemble des cylindres alignés qui forment les cellules ;
- les cellules sont supposées pleines à ras bord de grain ;
- en cas d'explosion, les quantités de grain qui pourrait être éparpillées dans l'atmosphère sont négligées.

Dans ces conditions, il y a lieu de tenir compte de l'angle de talutage naturel du grain, et le problème se ramène à calculer la distance DE qui est le pied d'un triangle rectangle dont la section est égale à celle du maître-couple de la cellule, conformément au schéma suivant.



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

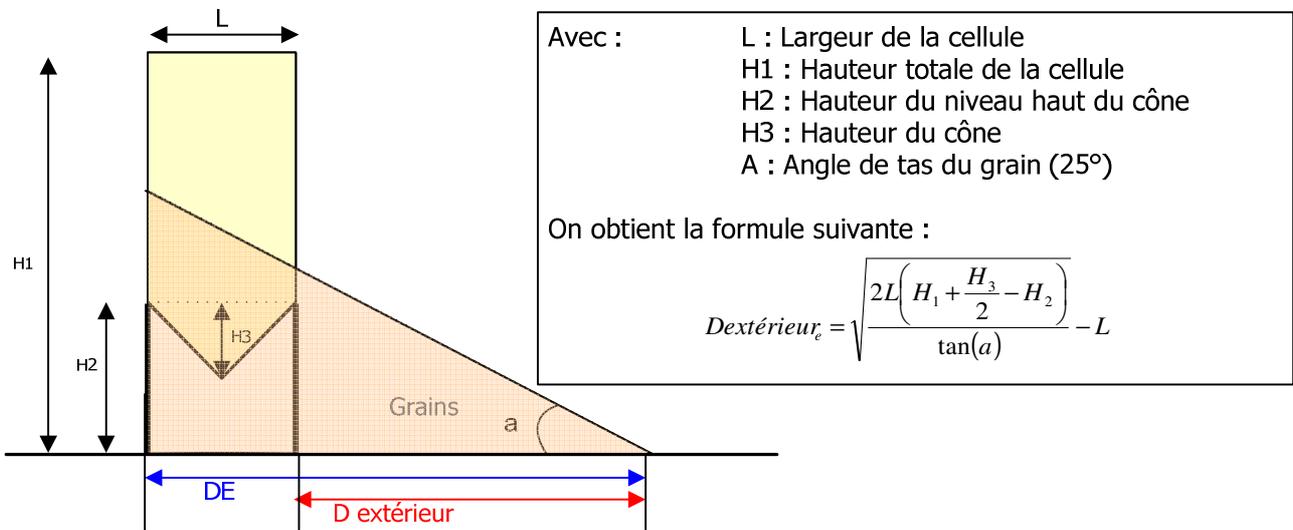
Dans la mesure où les silos peuvent stocker différents types de grains (céréales, oléagineux...), un angle de 25° peut être retenu.

Produit	Angle de talutage en °
Blé	22 – 26
Maïs	21 -24
Orge	27
Farine	20
Sucre	30 - 33

*Angle de talutage pour différents produits.
 (Sources : INTBTP, 1975 ; Lumbroso, 1970 ; Reimbert, 1959)*

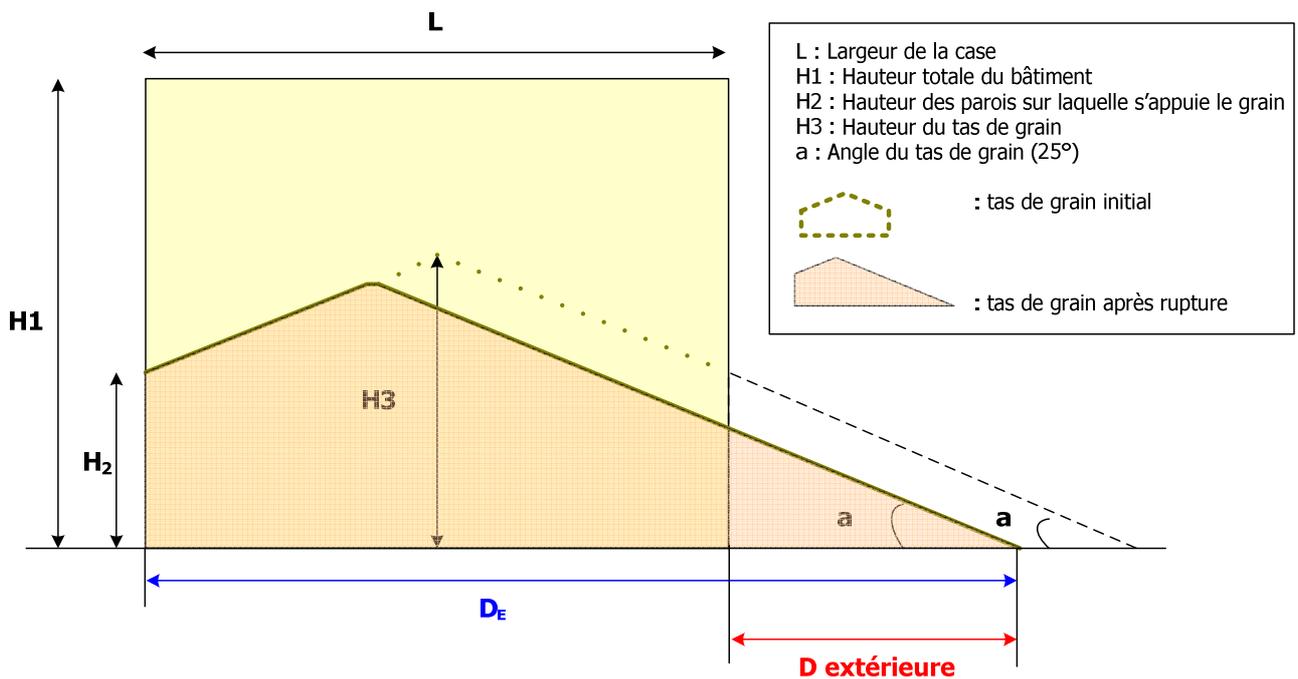
5.2.1.2 Cas particulier des cellules surélevées :

Le schéma d'une cellule surélevée et la formule de calcul à appliquer pour le calcul de la distance d'ensevelissement sont présentés à la figure suivante



5.2.1.3 Cas particulier des cellules de stockage à plat

Le schéma d'un stockage à plat est présenté à la figure suivante :



En appliquant la même méthode que celle de l'INERIS, on obtient la formule suivante pour le calcul de la distance d'ensevelissement :

$$D_{\text{Extérieur}} = \frac{\sqrt{2H_2^2 + L^2 \tan^2(a) + 4HL_2 \tan(a)} - H_2 - L \tan(a)}{\tan(a)}$$

5.2.2 Hypothèses :

Les scénarios à étudier ont été déterminés lors d'une analyse des risques effectuée par l'exploitant dans le cadre de l'étude de dangers.

Le scénario de rupture de paroi d'une capacité de stockage est retenu comme probable (B) pour toutes les capacités de stockage de grain de l'établissement.

5.2.3 Conséquences : détermination des distances d'effets :

Les résultats de calculs figurent au tableau suivant :

Installations	Enceintes	Hauteur totale H1 (m)	Hauteur niveau haut cône H2 (m)	Hauteur cône H3 (m)	Diamètre ou largeur (m)	angle de talutage (degré)	D extérieure (m)
Cellules de 420 m3	Cellules	15,5	-	-	5,2	25	13,39
Cellules 2 600 m3	Cellules	16,6	-	-	12,5	25	17,33

Comme le montre l'Annexe 8, les distances d'ensevelissement restent dans les limites de propriété du site ou dans des zones non sensibles. Le chemin de halage qui longe le site n'est pas aménagé sur ce côté de rive.

Annexe 8 : Cartographie des conséquences des scénarios majorants

6 CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX :

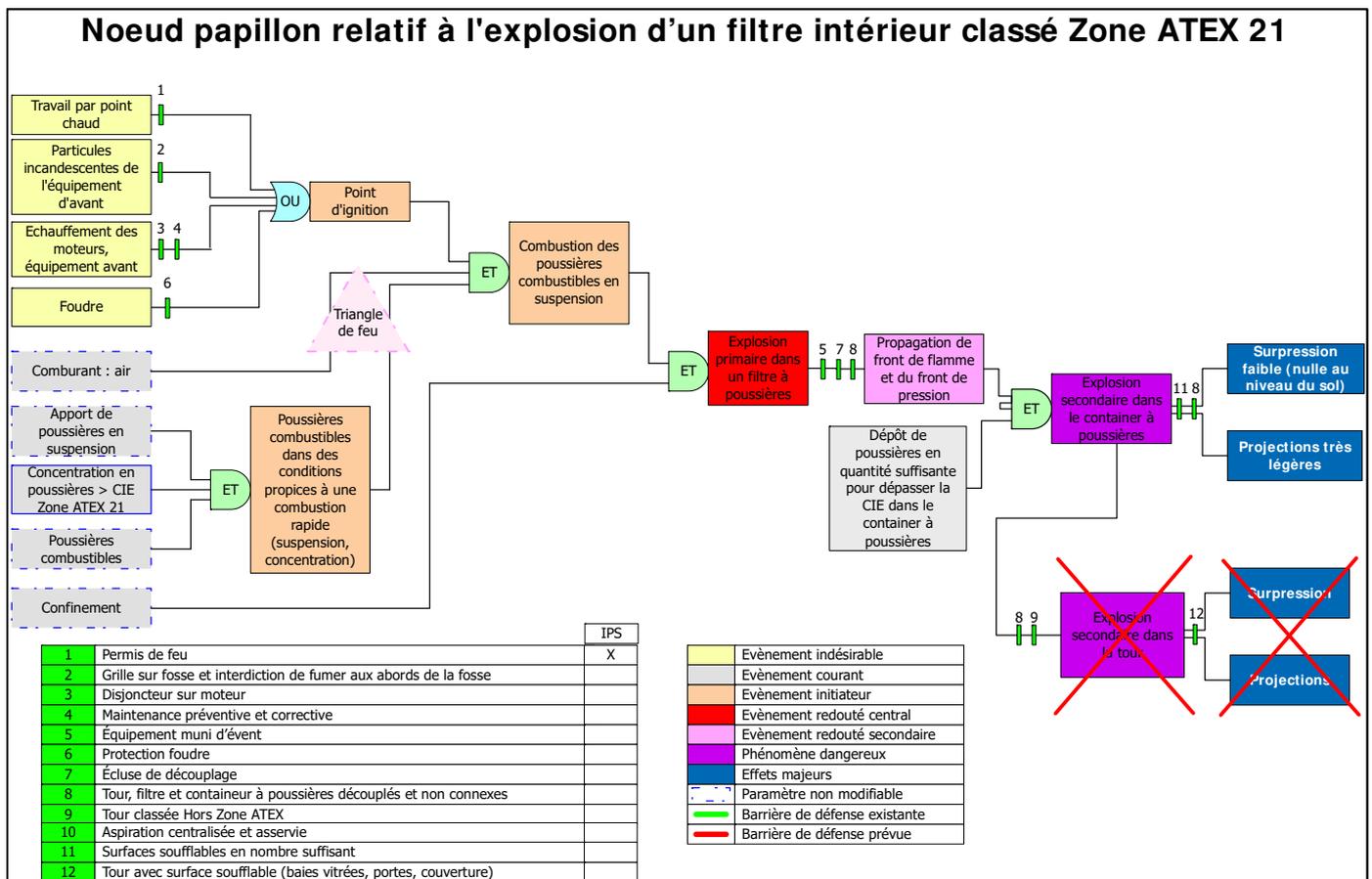
6.1 Étude du scénario 1 :

Il s'agit de l'explosion dans un filtre intérieur classé en Zone ATEX 21.

La mise en place de nouvelles mesures de sécurité, l'amélioration continue des mesures existantes et l'évaluation des conséquences permettent de définir des probabilités et gravités finales du scénario résiduel (voir paragraphes suivants).

6.1.1 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection :

Le nœud de papillon est représenté ci-dessous avec les MMR.



Les mesures existantes sont représentées en vert, les mesures prévues en rouge.

6.1.1.1 Conclusion

Le respect scrupuleux des mesures de sécurité existantes limite les probabilités et gravités du scénario et le rend acceptable.

6.1.1.2 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 1 :

Les scénarios de risque résiduel sont estimés en probabilité et gravité et la maîtrise des risques est évaluée suivant la grille dite « MMR » de l'arrêté du 29/09/2005.

Si une explosion se produisait dans un équipement classé ATEX avec la configuration actuelle, les effets seront assez importants (montée en pression, effet à l'extérieur non négligeable) mais il n'y aura pas de propagation.

L'évaluation des conséquences serait la suivante :

- Pas de propagation de l'explosion aux étages (découplage) et aux cellules ;
- Pas d'effet à 140 mbar
- Pas d'effet à 50 mbar au niveau du sol à l'extérieur des bâtiments.

La probabilité et la gravité des scénarios résiduels sont évalués, conformément à l'arrêté du 29/09/2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence de la cinétique et l'intensité des effets et la gravité des conséquences des accidents potentiels.

Annexe 8 : Cartographie des conséquences des scénarios majorants

Cotation en gravité :

Aucun effet extérieur

Soit aucune personne concernée, le niveau de gravité est donc Modéré.

Cotation en probabilité :

Le scénario d'explosion primaire dans un équipement classé ATEX est un évènement improbable (C) :

		Niveau de probabilité				
		E	D	C	B	A
Niveau de Gravité	Désastreux	NON/MMR	NON	NON	NON	NON
	Catastrophique	MMR	MMR	NON	NON	NON
	Important	MMR	MMR	MMR	NON	NON
	Sérieux			MMR	MMR	NON
	Modéré			X		MMR

NON	Risque majeur non maîtrisé
MMR	Risque majeur maîtrisé
	Risque non majeur

Aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle « MMR ».

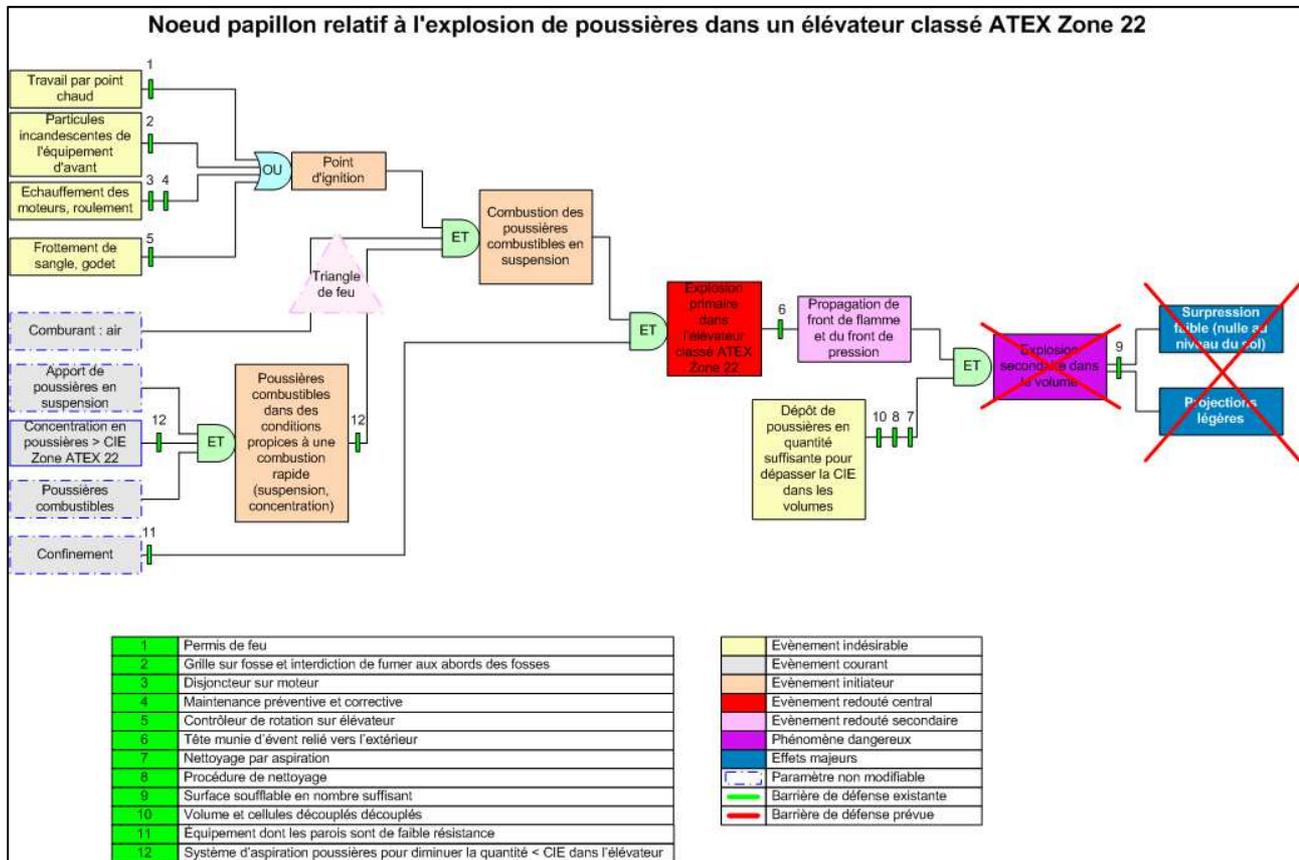
Compte tenu des mesures de maîtrise des risques existants et préconisées le scénario résiduel d'explosion de la cellule dans sa configuration actuelle est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

6.1.2 Étude du scénario 2 :

Il s'agit de l'explosion dans un élévateur classé en Zone ATEX 22 dans la tour.

6.1.2.1 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection :

Le nœud de papillon est représenté ci-dessous avec les MMR.



Les mesures existantes sont représentées en vert, les mesures prévues en rouge.

6.1.2.1 Conclusion

Le respect scrupuleux des mesures de sécurité existantes limite les probabilités et gravités du scénario et le rend acceptable.

6.1.2.2 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 2 :

Les scénarios de risque résiduel sont estimés en probabilité et gravité et la maîtrise des risques est évaluée suivant la grille dite « MMR » de l'arrêté du 29/09/2005.

Si une explosion se produisait dans un équipement classé ATEX avec la configuration actuelle, les effets seront assez importants (montée en pression, effet à l'extérieur non négligeable) mais il n'y aura pas de propagation.

L'évaluation des conséquences serait la suivante :

- Pas de propagation de l'explosion aux étages (découplage) et aux cellules ;
- Pas d'effet à 140 mbar
- Pas d'effet à 50 mbar au niveau du sol à l'extérieur des bâtiments.

La probabilité et la gravité des scénarios résiduels sont évalués, conformément à l'arrêté du 29/09/2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence de la cinétique et l'intensité des effets et la gravité des conséquences des accidents potentiels.

Annexe 8 : Cartographie des conséquences des scénarios majorants

Cotation en gravité :

Aucun effet extérieur

Soit aucune personne concernée, le niveau de gravité est donc Modéré.

Cotation en probabilité :

Le scénario d'explosion primaire dans un équipement classé ATEX est un évènement improbable (C) :

		Niveau de probabilité				
		E	D	C	B	A
Niveau de Gravité	Désastreux	NON/MMR	NON	NON	NON	NON
	Catastrophique	MMR	MMR	NON	NON	NON
	Important	MMR	MMR	MMR	NON	NON
	Sérieux			MMR	MMR	NON
	Modéré			X		MMR

NON	Risque majeur non maîtrisé
MMR	Risque majeur maîtrisé
	Risque non majeur

Aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle « MMR ».

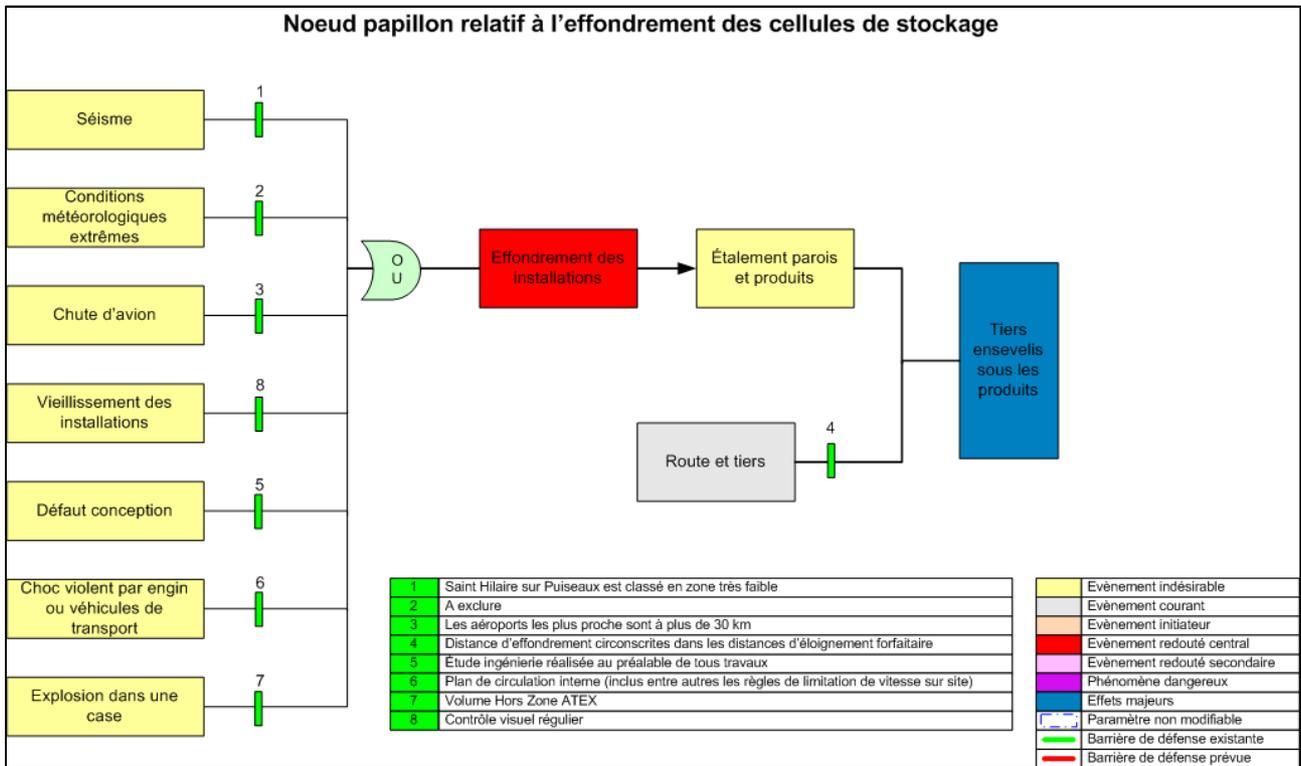
Compte tenu des mesures de maîtrise des risques existants et préconisées le scénario résiduel d'explosion de la cellule dans sa configuration actuelle est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

6.1.3 Étude du scénario 3 :

Il s'agit de l'effondrement des cellules.

6.1.3.1 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection :

Le nœud de papillon est représenté ci-dessous avec les MMR.



Les mesures existantes sont représentées en vert, les mesures prévues en rouge.

6.1.3.2 Conclusion

Le respect scrupuleux des mesures de sécurité existantes limite les probabilités et gravités du scénario et le rend acceptable.

6.1.4 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 3 :

Les scénarios de risque résiduel sont estimés en probabilité et gravité et la maîtrise des risques est évaluée suivant la grille dite « MMR » de l'arrêté du 29/09/2005.

Si un effondrement se produisait dans les cellules de stockage avec la configuration actuelle, les effets seront assez importants.

L'évaluation des conséquences serait la suivante :

- Aucun effet à l'extérieur du site

La probabilité et la gravité des scénarios résiduels sont évalués, conformément à l'arrêté du 29/09/2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité d'occurrence de la cinétique et l'intensité des effets et la gravité des conséquences des accidents potentiels.

Annexe 8 : Cartographie des conséquences des scénarios majorants

Cotation en gravité :

Aucun effet extérieur

Soit aucune personne concernée, le niveau de gravité est donc Modéré.

Cotation en probabilité :

Le scénario d'effondrement des cellules est un évènement probable (B) :

		Niveau de probabilité				
		E	D	C	B	A
Niveau de Gravité	Désastreux	NON/MMR	NON	NON	NON	NON
	Catastrophique	MMR	MMR	NON	NON	NON
	Important	MMR	MMR	MMR	NON	NON
	Sérieux			MMR	MMR	NON
	Modéré				X	MMR

NON	Risque majeur non maîtrisé
MMR	Risque majeur maîtrisé
	Risque non majeur

Aucun accident n'est situé dans une case comportant le mot « NON » ou le sigle « MMR ».

Compte tenu des mesures de maîtrise des risques existants et préconisées le scénario résiduel d'explosion de la cellule dans sa configuration actuelle est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

7 CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX :

7.1 Évaluation des scénarios résiduels

Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, l'intensité des effets des phénomènes dangereux a été définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles d'un accident sur les personnes physiques, parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux, et de la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées à ces effets, en tenant compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et de la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'accident si la cinétique de l'accident le permet.

Pour les effets toxiques, les personnes exposées se limitent aux personnes potentiellement présentes dans le panache de dispersion du toxique considéré.

L'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident, à l'extérieur des installations a également été définie.

Il n'y a pas d'accident avec effets irréversibles au sol et pas de gravité car les personnes externes au site sont non concernées pour les effets au sol.

L'évaluation des scénarios résiduels de l'analyse des risques de C.A .PRO.GA La Meunière pour son site d'Amilly est définie ci-après :

Scénario	Scénario résiduel	P	G
SC1	Explosion de poussière dans un filtre	C	Négligeable (I)
SC2	Explosion dans un élévateur	C	Négligeable (I)
SC3	Effondrement des cellules	B	Sérieux (II)

		Niveau de probabilité				
		E	D	C	B	A
Niveau de Gravité	V	NON/MMR	NON	NON	NON	NON
	IV	MMR	MMR	NON	NON	NON
	III	MMR	MMR	MMR	NON	NON
	II			MMR	MMR	NON
	I			SC1- SC2	SC3	MMR

Exemple de matrice d'acceptabilité

NON	Risque majeur non maîtrisé
MMR	Risque majeur maîtrisé
	Risque non majeur

L'ensemble des scénarios des risques résiduels sont à un niveau acceptable, car ils ont tous des probabilités très faibles et des conséquences limitées aux limites de propriétés ou dans des zones non sensibles.

Suivant la grille de criticité de l'annexe 2 de la circulaire du 29/05/2005 (dit démarche MMR), l'évaluation des scénarios est située dans une case ne comportant pas le mot « NON » ou le signe « MMR ».

8 MAITRISE DES RISQUES – MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION

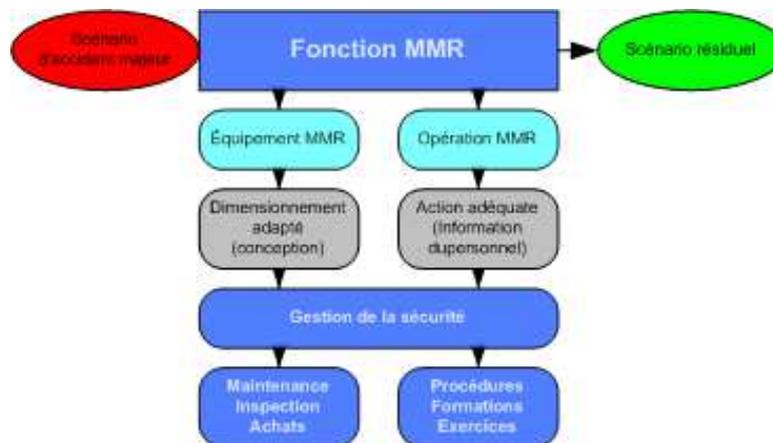
8.1 Détermination des barrières « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR) pour les activités du site

Dans le cadre de ce document, la notion « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR) ne correspond pas aux définitions et/ou leurs utilisations dans les exigences légales relatives aux accidents majeurs (SEVESO) nécessitant une maîtrise importante en fonction de nombreux critères tels que, la capacité de réalisation, temps de réponse, intégrité de sécurité, performance, ...

La notion de barrière « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR) employée ici, correspond à un élément (équipement, procédure, ...) choisi parmi les barrières de sécurité destinées à prévenir un évènement redouté pouvant conduire à un accident majeur.

Il s'agit de mesures de prévention importantes et primordiales.

L'identification des barrières « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR) a pour but de faire émerger les priorités en matière de gestion de la sécurité des installations.



1. Définition des scénarios d'accidents majeurs sur la base de l'analyse des risques ;
2. Définition de fonctions MMR pour chaque scénario d'accident majeur ;
3. Examen des performances des mesures de sécurité pouvant remplir les fonctions identifiées ;
4. Choix des barrières MMR par l'exploitant ;
5. Définition des actions à mener pour maintenir le niveau de performances des barrières MMR.

8.1.1 Scénarios étudiés

Des fonctions MMR sont désignées pour chaque scénario d'accident identifié au cours de l'analyse des risques.

8.1.2 Identification des fonctions MMR

Fonction MMR : action à conduire afin de prévenir l'occurrence ou limiter les conséquences d'un scénario d'accident majeur.

A titre d'exemple, une fonction MMR peut consister à « prévenir le dysfonctionnement d'un équipement», «limiter le temps de détection de l'incident», etc.

Une fonction MMR s'oppose donc à l'apparition d'un événement ou à l'enchaînement d'évènements indésirables.

Ainsi, pour un scénario donné, plusieurs fonctions MMR peuvent être définies successivement (en prévention ou en protection).

8.1.3 Identification des barrières MMR

Barrières MMR : Mesures de sécurité jugées importantes pour la sécurité et devant donc faire l'objet d'un suivi renforcé pour maintenir ses performances dans le temps. Une barrière MMR répond à une fonction MMR.

Des barrières MMR doivent être identifiées pour chaque fonction MMR.

Les barrières MMR sont choisies parmi les mesures de sécurité. Ces barrières peuvent être des équipements (mesures techniques) ou des opérations (mesures organisationnelles).

8.1.4 Examen des performances des mesures de sécurité

Pour pouvoir choisir un MMR, les performances des mesures de sécurité doivent être vérifiées au préalable. Les performances sont définies en terme de :

- Efficacité : capacité de la mesure à réaliser correctement la fonction pour laquelle elle a été choisie, lorsque les conditions de fonctionnement sont nominales ;
- Disponibilité : aptitude à être en état d'accomplir la fonction requise à un instant donné.

L'examen de l'efficacité consiste à vérifier que les mesures sont correctement dimensionnées et proportionnées aux risques encourus.

L'examen de la disponibilité consiste à vérifier que les performances des mesures pourront être maintenues dans le temps et qu'elles seront actionnées, comme prévu, lors d'un éventuel accident.

Les critères mentionnés au tableau suivant peuvent servir de base de réflexion au groupe de travail pour l'évaluation des mesures de sécurité et pour le choix des barrières MMR.

Le non-respect de l'un de ces critères n'est pas éliminatoire. Il convient de s'assurer que l'ensemble des caractéristiques de la barrière MMR permet d'accomplir la fonction MMR pour laquelle elle est choisie.

Critère	Equipement	Opération
Efficacité Seuils de dérive	Quel est le paramètre à contrôler? Quelles sont les valeurs limites hautes et basses?	Quel est le paramètre à contrôler? Quelles sont les valeurs limites hautes et basses?
Transmission d'information	La chaîne de mesure et d'information est-elle compatible avec le paramètre mesuré (sensibilité de la mesure, transmission, traitement, alarme)? Quel est le temps de réponse?	Comment s'effectue la prise d'information (demande du personnel, appareil de mesure...)? Quelle est la fréquence de la prise d'information (immédiate, rondes...)? A qui l'information est-elle fournie?
Action déclenchée	Quels sont les organes d'action ou de régulation?	Quelles sont les actions déclenchées en cas de dérive?
Dimensionnement	Les organes d'action sont-ils proportionnés à leur fonction?	Le personnel est-il apte à assurer la fonction (nombre d'employés qualifiés)?
Disponibilité Défaillances	Quelles peuvent être les causes de perturbation ou de défaillance de l'équipement?	Quelles peuvent être les causes de perturbation ou de défaillance de l'opération?
Asservissement	De quoi le fonctionnement de l'équipement dépend t-il (électricité...)? Cet asservissement est-il assuré en cas d'accident ?	De quoi le personnel a-t-il besoin pour réaliser l'opération ? Ces besoins sont-ils assurés ?
Indépendance	Existent-ils des modes communs de défaillance entre l'équipement et l'installation qu'il protège (perte d'énergie, perte de transmission...)?	La dérive à gérer peut-elle empêcher l'action du personnel?
Résistance	L'équipement est-il apte à travailler dans des conditions particulières (ambiances agressives, résistance au feu, à une explosion...)?	Le personnel doit-il être équipé de matériel de protection pour pouvoir intervenir?
Maintenance / Formation	La durée de vie de l'équipement est-elle adaptée au risque encouru ? Quel est le plan de maintenance préventive?	Le niveau de formation du personnel peut-il être maintenu (sur la base d'un plan de formation) ?
Inspection	Les équipements sont-ils vérifiés périodiquement? Selon quelle fréquence?	L'efficacité des opérations est-elle vérifiée périodiquement? Selon quelle fréquence?
Indisponibilité	Comment la fonction de sécurité est-elle assurée lorsque le système est indisponible (pour cause de maintenance)?	Comment la fonction de sécurité est-elle assurée lorsque l'opération ne peut pas être réalisée (personnel absent, matériel indisponible)?

8.1.5 Maintien des performances des barrières MMR

La démonstration finale de la bonne maîtrise des risques passe par la description des tâches visant à assurer que les performances des barrières MMR restent optimales tout au long de la vie de l'installation. Des exemples de tâches organisationnelles sont présentés au tableau suivant.

Tâches organisationnelles	Barrières MMR	
	Equipement	Opération
Maintenance / Formation	Mettre en place un plan de maintenance.	Mettre en place un plan de formation du personnel.
Inspection	Mettre en place un planning de vérification.	Vérifier l'aptitude du personnel ou les résultats attendus (audits, rondes, exercices...).
Indisponibilité	Prévoir des dispositions particulières en cas d'indisponibilité de l'équipement pour cause de maintenance.	Prévoir des dispositions particulières en cas d'absence du personnel compétent.
Verrouillage	Eviter la modification intempestive ou volontaire des performances des équipements.	Eviter la modification intempestive ou volontaire des opérations mises en œuvre par le personnel (par l'élaboration de modes opératoires...).
Retour d'expérience	Consigner les anomalies détectées.	Consigner les anomalies détectées.

8.1.6 Groupe de travail

Les fonctions et barrières MMR sont proposées par le groupe de travail participant à l'analyse des risques. En effet, les choix en matière d'éléments MMR peuvent être différents pour une même installation en fonction du contexte d'exploitation et de la vulnérabilité de l'environnement notamment.

L'ensemble des dispositions de prévention et protection identifiées intègre la réalisation des différentes actions planifiées (Cf. Plan d'Actions).

8.1.7 Fonctions et barrières MMR sélectionnées par le groupe de travail :

L'ensemble des barrières MMR choisies par le groupe de travail et les tâches organisationnelles qui y sont associées sont décrites dans les tableaux ci-après.

Fiche MMR	PERMIS DE FEU
------------------	----------------------

Fonction de sécurité assurée
<p>Limitier toute source d'ignition, d'incendie et/ou d'explosion lors des travaux et interventions (en évitant la création incontrôlée de points chauds : particule incandescente, grain et poussière en combustion)</p>

Type de barrière :	Organisationnel		
Prévention	<input checked="" type="checkbox"/>	Protection	<input type="checkbox"/>

Nature	Mode de fonctionnement
Passive <input type="checkbox"/>	SO <input type="checkbox"/>
Active <input checked="" type="checkbox"/>	Manuel <input checked="" type="checkbox"/>
	Automatique <input type="checkbox"/>
	Semi-automatique / Manuel temporisé <input type="checkbox"/>

Critères		Caractéristiques de l'MMR	Responsable suivi	Documents associés
Efficacité	<i>Action</i>	Le permis de feu est rempli par le représentant désigné du chef de l'établissement. L'intervenant a l'obligation d'appliquer les consignes décrites dans le permis de feu	Le représentant délégué du chef d'établissement	Permis de feu
	<i>Seuils</i>	Le « Permis de feu » est indispensable pour toutes demandes d'intervention nécessitant un travail par point chaud.	Responsable du site et Intervenant	Permis de feu
	<i>Formation</i>	Les opérateurs des silos sont formés et sensibilisés sur les risques d'incendie et d'explosion susceptibles de se produire L'intervenant doit avoir l'habilitation nécessaire dans son domaine d'activité	Service formation Intervenant	Cahier / planning des formations; Titre d'habilitation
Suivi	<i>Indisponibilité</i>	Aucun travail par point chaud ne doit être effectué sans qu'un « Permis de Feu » ne soit délivré	Responsable du site	
	<i>Enregistrement</i>	Un feuillet du permis de feu est archivé sur le site	Responsable du site / Intervenant	Permis de feu Cahier d'intervention
	<i>Maintien des performances / Contrôle</i>	Des contrôles ponctuels du respect des consignes sont effectués pendant l'intervention Une vérification périodique sur l'utilisation des « Permis de feu » a lieu (retour d'expérience, utilisation des documents, archivage, anomalie détectée).	Responsable du site	

Fiche MMR	CONSIGNES DE NETTOYAGE
------------------	-------------------------------

Fonction de sécurité assurée
Eviter les dépôts de poussières pouvant se mettre en suspension et favoriser une explosion secondaire.

Type de barrière :	Organisationnel		
Prévention	<input checked="" type="checkbox"/>	Protection	<input type="checkbox"/>

Nature	Mode de fonctionnement
Passive <input type="checkbox"/>	SO <input type="checkbox"/>
Active <input checked="" type="checkbox"/>	Manuel <input checked="" type="checkbox"/>
	Automatique <input type="checkbox"/>
	Semi-automatique / Manuel temporisé <input type="checkbox"/>

Critères		Caractéristiques de l'MMR	Responsable suivi	Documents associés
Efficacité	<i>Action</i>	Nettoyage des dépôts de poussière selon une procédure établie et explicitée (seuils à surveiller, périodicité, méthodes et précautions)	Responsable du site	Procédure de nettoyage Fiche de suivi
	<i>Seuils</i>	Repère visuel au sol (témoin d'empoussièrement)	Responsable du site	Fiche de suivi Cahier de nettoyage
	<i>Formation</i>	Les opérateurs des silos sont formés et sensibilisés sur : les risques liés à une atmosphère explosible ; la bonne pratique du nettoyage	Service formation	Cahier / planning des formations;
Suivi	<i>Indisponibilité</i>	Arrêt de l'installation en cas de fort empoussièrement (cf. seuils) ou nettoyage en urgence (48h) par un prestataire de service extérieur	Responsable du site	
	<i>Enregistrement</i>	Les nettoyages effectués sont enregistrés et suivis	Responsable du site	Fiche de suivi Cahier de nettoyage
	<i>Maintien des performances / Contrôle</i>	Contrôles ponctuels ou une vérification périodique du respect de la consigne de nettoyage par le responsable QSE et/ou maintenance.	Service maintenance Service QSE	Cahier de nettoyage

Fiche MMR	MAINTENANCE PREVENTIVE ET CORRECTIVE
------------------	---

Fonction de sécurité assurée
Eviter et remédier aux dysfonctionnements sur les équipements du silo, notamment sur les transporteurs

Type de barrière : Organisationnel
Prévention <input checked="" type="checkbox"/> Protection <input type="checkbox"/>

Nature	Mode de fonctionnement
Passive <input type="checkbox"/>	SO <input type="checkbox"/>
Active <input checked="" type="checkbox"/>	Manuel <input checked="" type="checkbox"/>
	Automatique <input type="checkbox"/>
	Semi-automatique / Manuel temporisé <input type="checkbox"/>

Critères	Caractéristiques de l'MMR	Responsable	Documents associés
Efficacité	<i>Action</i>	Intervention préventive et corrective selon les procédures en vigueur	Service maintenance Fiche AP (Action préventive)
	<i>Seuils</i>	Fréquences spécifiques en fonction de la nature de l'intervention	Service maintenance Chef de silo Fiche AP (Action préventive) Planning de maintenance
	<i>Maintenance</i>	Rapport maintenance prédictive Management	Service maintenance Fiche AP (Action préventive) Planning de maintenance
Suivi	<i>Indisponibilité</i>	Intervention externe	Service maintenance Demande d'intervention
	<i>Enregistrement</i>	Les principales interventions de maintenance sont enregistrées selon les procédures.	Service maintenance Responsable du site Fiche AP (Action préventive) Contrôles préventifs annuels mécaniques et électriques Rapport maintenance prédictive
	<i>Maintien des performances</i>	Formation aux risques explosion Habilitation électrique Compétences internes	Service maintenance et formation Planning de formation Maintenance préventive

Fiche MMR	CONTROLE VISUEL DES CELLULES ET CASES
------------------	--

Fonction de sécurité assurée
Contrôler le bon état des cellules et des boisseaux pour éviter une dégradation qui pourrait entraîner un effondrement.

Type de barrière :	Organisationnel
Prévention	<input checked="" type="checkbox"/> Protection

Nature	Mode de fonctionnement
Passive <input type="checkbox"/>	SO <input type="checkbox"/>
Active <input checked="" type="checkbox"/>	Manuel <input checked="" type="checkbox"/>
	Automatique <input type="checkbox"/>
	Semi-automatique / Manuel temporisé <input type="checkbox"/>

Critères		Caractéristiques de l'MMR	Responsable suivi	Documents associés
Efficacité	<i>Action</i>	Le contrôle visuel du bon état des cellules et des ces es est réalisé régulièrement.		
	<i>Seuils</i>	Un jugement d'un début de dégradation entraîne la non utilisation de la cellule (arrêt ensilage ou vidange) et alerte le chef de silo.	Service maintenance Responsable du site / Expert	
	<i>Formation</i>	Les opérateurs des silos sont sensibilisés sur les risques d'effondrement susceptibles de se produire	Service maintenance	
Suivi	<i>Indisponibilité</i>	Aucune opération avec la cellule ne doit être effectuée si un début de dégradation est constaté.	Service maintenance Responsable du site	
	<i>Enregistrement</i>	Un feuillet « contrôle de l'état des cellules » est archivé au siège si besoin.	Service maintenance Responsable du site	-Rapport d'expertise (si besoin)
	<i>Maintien des performances / Contrôle</i>	Plan d'actions suite au rapport d'expertise (travaux, neutralisation, ...)	Service maintenance Responsable du site	- Rapport d'expertise (si besoin)

N°	Libellé	Fonction	A/E	Paramètres de fiabilité	Seuils d'acceptabilité	Mesure de la mise en œuvre du paramètre	Maintien des performances	Formation	Inspection
1	Permis de feu	Eviter le risque d'échauffement dû aux travaux par points chauds	A	- Permis de feu - Consignes de sécurité	Application	- Enregistrements : - Permis de feu - Cahier d'intervention	- Management (formation) - Des contrôles ponctuels du respect des consignes sont effectués pendant l'intervention	- Formation aux risques explosion du service maintenance et du personnel silo	Audits internes Contrôles hiérarchiques Visite du CHSCT
2	Nettoyage silo	Maintenir les installations propres afin de ne pas atteindre la CIE	A	- Procédure de nettoyage	- Dépôt de poussières > 50 g/m ² - Traces de pas	Enregistrements : - Cahier de nettoyage	- Mesures d'empoussièremment - Contrôles ponctuels par le QSE	- Formation aux risques explosion du personnel du silo	Audits internes Contrôles hiérarchiques Visite du CHSCT
3	Maintenance préventive et corrective	Eviter et remédier aux dysfonctionnements sur appareils de manutention	A	- Procédure de maintenance	- Fréquences spécifiques en fonction de la nature de l'intervention	Enregistrements : - Contrôles préventifs annuels mécaniques et électriques - Fiche AP (Action préventive) - Cahier d'intervention - Cahier de maintenance - Rapport de maintenance prédictive	- Formation aux risques explosion du service maintenance - Management	- Formation aux risques explosion du service maintenance - Habilitation électrique - Compétences internes	Audits internes Contrôles hiérarchiques Visite du CHSCT
4	Inspection périodique des structures des cases	Eviter le risque d'effondrement et d'ensevelissement dû au vieillissement et à l'usure des structures	A	- Réalisation de l'inspection	- Chute de fragments de parois - Apparition de l'armature - Apparition de grosses fissures	Enregistrements : - Fiche de suivi Cellules - Cahier de maintenance - Cahier d'intervention	- Veille technologique sur le vieillissement des cellules	- Formation aux risques explosion du personnel d'exploitation et de maintenance	Audits internes inopinés Visite du CHSCT

Tableau de synthèse des MMR

A = Activité **E** = Equipement **NA** = Non Applicable

Les autres mesures de prévention sont importantes et maîtrisées mais ne sont pas considérées comme MMR.

9 ORGANISATION GENERALE DE LA PREVENTION ET DES SECOURS

Les moyens internes en hommes et en équipements sont adaptés à la taille et aux activités de l'établissement. Le site dispose de moyens adaptés à chaque activité mais ne possède pas de « service » de secours interne.

Les consignes de sécurité internes indiquent la marche à suivre lors de sinistres :

- Le témoin d'un incident doit estimer l'ampleur de celui-ci,
- Alerter le responsable sécurité de l'établissement et les secours,
- Réagir avec les moyens adaptés dans la limite de ses compétences.

9.1 Moyens mobilisables propres à l'établissement

Eau incendie :

Il n'y a pas de borne incendie à proximité du site. En revanche, il y a une réserve souple de 120 m3 disponible.

Extincteurs et eau disponible :

Des extincteurs sont répartis à plusieurs endroits dans les différents étages de la tour. Leurs emplacements figurent sur des plans affichés dans la tour de manutention.

Ces extincteurs font l'objet de vérifications régulières par une société agréée.

Colonne sèche :

Une colonne sèche est présente dans la tour de manutention.

Moyens médicaux :

Une trousse de premiers secours est présente dans le bureau.

Moyens humains :

L'effectif présent sur le site est composé de 2 personnes permanentes attachées à des tâches d'exploitation du site.

A ce jour, les formations planifiées ou déjà réalisées sont les suivantes :

Formation	Personnes ayant suivi cette formation	Date de la dernière formation
Sensibilisation à la sécurité (risques incendie et explosion)	Saisonnier	Tous les ans
Rappel des risques (risques incendie et explosion)	Personnel d'exploitation	Tous les ans
Différentes formations obligatoires en sécurité (électricité, mécaniques,...)	Personnel d'exploitation	Suivant les cas

Liste des formations réalisées par le personnel

Le plan d'implantation des extincteurs a été réalisé avec le fournisseur selon la règle APSAD R4.

9.1.1 Moyens extérieurs mobilisables

Il n'y a pas d'établissements importants susceptibles de présenter une aide matérielle dans le voisinage du site (matériels...).

Il n'y a pas dans le voisinage proche de l'établissement de moyens extérieurs privés susceptibles de présenter une aide matérielle conséquente.

A noter que la nature des risques ne justifie pas des moyens importants ou alors le délai d'intervention n'est pas essentiel (exemple : effondrement de cellule entraînant l'épandage de grains). Les Secours Publics disposent de véhicules spécifiques.

L'étude de danger et l'analyse des risques réalisés suivant les dispositions légales et les règles de l'Art (INERIS et profession) n'ont pas retenus de scénario lié à un incendie généralisé ou même à un incendie classique de type entrepôt de combustible. Les incendies retenus pour le site d'Amilly sont des incendies résiduels de poussières. Ces scénarios secondaires ne nécessitent pas de moyen particulier en eau.

Le centre de secours amené à être alerté en premier lieu est celui d'Amilly et de Montargis. La couverture des risques peut être assurée dans un délai moyen théorique de moins de 10 min.

Il y a sur le site 1 réserve souple de 120 m³ face au silo et située en dehors de la zone des effets irréversibles.

Ces moyens sont appropriés aux faibles risques.

Détermination des besoins en eau du site de Saint Hilaire sur Puiseaux :

Rappel des activités du site :

1. Stockage de céréales : +/- 30 000 m³
2. Activités annexes

Cette évaluation des besoins en eau est réalisée suivant le document technique de défense extérieure contre l'incendie D9 (guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau).

Risque

Le classement des principales activités du site suivant l'annexe 1 du fascicule 1-01, sont les suivantes :

Activité du site	Fascicule activité	Intitulé risque	Catégorie	
			Activité	Stockage
Stockage de grains	B (industrie agroalimentaire)	43 : stockage silo	SO	RS

Études spécifiques

Pour les grains :

Lors d'un sinistre incendie « classique », l'eau se révèle généralement être l'agent d'extinction le plus adéquat.

Or, au regard du risque spécifique que présente l'activité de stockage de grains (notamment en cellules), cette eau pourra, en cas d'utilisation excessive, représenter une problématique majeure voire irréversible (augmentation du poids en cellules et risque d'éclatement du silo, manutention difficile, effet collant du grain mouillé).



Grains secs



Augmentation du volume après contact de l'eau



Effet « collant » du grain après contact de l'eau

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

- Coller les poussières et éviter leur mise en suspension,
- Protéger les structures voisines,
- Protéger les équipements menacés (manutention)
- Protéger la structure porteuse,
- Maitriser l'incendie : dans ce cas, l'utilisation de l'eau ne devra être envisagée que dans le cadre de l'extinction d'un feu directement accessible sur le grain. Dans ce cas précis, l'eau ne devra être utilisée qu'en très faible quantité par jet diffusé sur le grain. En revanche, lors d'un feu au cœur, l'eau sera à proscrire pour l'extinction.

L'ensemble de ces risques est à traiter en risques spécifiques (RS).

La D9 ne permet donc pas déterminer les besoins en eaux par risques de Saint Hilaire sur Puiseaux.

Des études spécifiques sont donc nécessaires suivant les règles de l'Art

Le référentiel est essentiellement le Guide de l'art de l'INERIS.

L'échauffement du grain ne nécessite pas beaucoup d'eau.

Les besoins en eau en cas d'incendie varient en fonction du type de produit stocké. Néanmoins, à minima, il est recommandé de disposer d'une ressource globale de 60 m³/h pendant 2h soit 120 m³.

Cela inclus les eaux lies aux intempéries.

Autres produits divers :

Les autres activités d'engrais solides, produits phytosanitaires et engrais liquide sont très faible. De ce fait, elles ne sont pas développées. Le besoin en eau des activités principales sera majoré pour en tenir compte.

La majoration des points énoncés intègre la faible quantité des différents produits.

Les réserves en eaux sont donc adaptées, suffisantes et disponibles.

Rétention :

Les eaux d'extinction en cas d'incendie du stockage doivent être recueillies.

Dispositifs :

- Isoler le réseau d'eaux pluviales (vannes, obturateurs, bouches d'égouts)
- Déporter les eaux vers le bassin de rétention

Le volume de la rétention des eaux d'extinction doit correspondre au minimum aux besoins en eau présentés et aux volumes des liquides impactés par un sinistre.

Type de rétention en place :

- Caniveaux avec grilles et en périphérie interne du site, reliés par canalisation à des séparateurs hydrocarbures.
- Boudins gonflables permettant de condamner les réseaux de collecte d'eau pluviale du site.
- Équipements pouvant retenir l'eau

Le besoin en rétention est donc au maximum de 120 m³ et sont disponibles

La rétention est obtenue par un bassin de capacité 500 m³.

9.1.2 Organisation de l'alerte et de l'intervention

Il n'y a pas d'obstacle particulier pour rejoindre le bureau central depuis tout point du site.

L'appel des moyens de secours externes (pompiers) se fait par le témoin d'un incident ou d'un accident s'il le juge nécessaire.

L'alerte interne est définie par une procédure écrite et affichée.

Les manœuvres ne nécessitant pas l'intervention des secours externes sont organisées suivant des consignes internes.

Le personnel est et continue d'être sensibilisé à l'utilisation des moyens de secours présents sur le site (extincteurs).

9.2 Organisation du retour d'expérience

9.2.1 Généralités

Malgré les mesures de prévention prises, il peut arriver que des événements ou des enchaînements d'événements amènent des situations présentant un danger pour les employés, les appareils, les installations ou les tiers.

Lorsque ces situations se présentent, les dispositions sont prises :

- D'une part immédiatement pour assurer la sécurité des hommes et des matériels,
- D'autre part pour réaliser une étude spécifique sur la situation lorsque celle-ci n'a pas fait l'objet d'une étude préalable ou lorsque la situation résulte d'une situation déjà connue et donc imparfaitement traitée.

Les événements relevant d'une problématique sécurité sont analysés par le service sécurité de l'établissement d'une part, et par le CHSCT et les personnes, sociétés ou organismes concernés ou impliqués par l'événement (fournisseur, architecte, médecin...) d'autre part.

Dans le cas où certains paramètres nécessiteraient l'intervention d'organismes extérieurs (assurances, experts...), ceux-ci seraient contactés et invités à participer à l'analyse de la situation « anormale ».

L'analyse doit chercher à déterminer les causes de l'événement et à trouver des solutions afin que celui-ci ne se produise plus ou que son occurrence soit moindre et ses conséquences maîtrisables.

Les incidents ou accidents survenus du fait du fonctionnement de l'installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L 511-1 du Code de l'Environnement, seront déclarés à l'inspection des installations classées.

Lorsqu'une modification doit être opérée sur le matériel, les équipements, les comportements, les modes opératoires..., une surveillance renforcée est opérée sur cette modification durant une période déterminée en fonction des paramètres impliqués.

Lorsque l'événement n'est pas propre au site et qu'il est susceptible de se présenter sur des installations similaires, des mesures spécifiques sont prises afin de diffuser l'information (inter profession...) De même, lorsque des modifications sont validées comme étant plus sûres et capables de contrer l'événement indésirable, celles-ci suivent les mêmes chemins de diffusion d'information.

9.2.2 Outils mis en place par l'établissement

En matière de sécurité, les outils mis en place au sein de l'établissement s'articulent sur les équipements définis comme barrière « Mesures de Maîtrise des Risques » (MMR).

L'exploitant a mis en place une organisation visant à assurer la pérennité des éléments MMR. Cette organisation, se rapprochant d'une démarche qualité, met en œuvre des actions planifiées et systématiques fondées sur des procédures écrites et sur un système de documentation.

Le retour d'expérience et les dysfonctionnements sur le site de Saint Hilaire sur Puiseaux sont enregistrés et analysés.

Aucun incident majeur n'a pour l'instant été enregistré.

10 CONFORMITE A L'ARRETE MINISTERIEL DU 29 MARS 2004 MODIFIE :

Ce chapitre évalue la conformité du site par rapport à l'arrêté du 29 mars 2004 modifié.

Titre I : Domaine d'application**Article 1er**

Le présent arrêté est applicable aux silos de céréales, de grains, de produits alimentaires et de tous autres produits organiques dégageant des poussières inflammables soumis à autorisation de la rubrique 2160 de la nomenclature des installations classées.

Au sens du présent arrêté, le terme « silo » désigne l'ensemble :

- Des capacités de stockage type vrac quelle que soit leur conception ;
- Des tours de manutention ;
- Des fosses de réception, des galeries de manutention, des dispositifs de transport (élévateurs, transporteur à chaîne, transporteur à bande, transporteur pneumatique) et de distribution des produits (en galerie ou en fosse), des équipements auxiliaires (épierreurs, tarares, dépoussiéreurs, tamiseurs, séparateurs magnétiques ou tout autre dispositif permettant l'élimination de corps étrangers) ;
- Des trémies de vidange et de stockage des poussières.

On désigne par « silo plat », un silo dont les capacités de stockage ont une hauteur des parois latérales retenant les produits, inférieure ou égale à 10 mètres au-dessus du sol.

On désigne par « silo vertical », un silo dont les capacités de stockage ont une hauteur des parois latérales retenant les produits, supérieure à 10 mètres au-dessus du sol.

On désigne par boisseau de chargement ou boisseau de reprise la capacité de stockage située au-dessus d'un poste de chargement dont le volume est inférieur à 150 m³.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Le site est constitué de cellules ayant des hauteurs de parois supérieures à 10 m. Les boisseaux ont un volume < à 150 m ³ .	Silo vertical

Titre II : Dispositions générales**Article 2**

L'exploitant doit disposer d'une étude de dangers au sens des articles L 512-1 du code de l'environnement et 3 du décret du 21 septembre 1977 susvisé. Cette étude doit préciser les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

« Cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique, l'intensité des effets et la gravité des conséquences des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. »

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. En particulier, toutes les mesures prises pour l'application des dispositions prévues par les articles 6 à 15 inclus du présent arrêté, doivent être justifiées dans l'étude de dangers.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Le présent chapitre correspond à cette étude de dangers.	Conforme

Article 3

L'exploitation doit se faire sous la surveillance d'une personne nommément désignée par l'exploitant et spécialement formée aux caractéristiques du silo et aux questions de sécurité.

Le personnel doit recevoir une formation spécifique aux risques particuliers liés à l'activité de l'établissement. Cette formation doit faire l'objet d'un plan formalisé. Elle doit être mise à jour et renouvelée régulièrement.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Le chef de silo (Mr Maurice LEROY) du site et les magasiniers sont des personnes expérimentées ayant reçus les formations adéquates.	Conforme

Article 4

Les consignes de sécurité et les procédures d'exploitation de l'ensemble des installations comportent explicitement la liste détaillée des contrôles à effectuer en marche normale, à la suite d'un arrêt pour travaux de modification ou d'entretien des installations et à la remise en service de celles-ci en cas d'incident grave ou d'accident. Les consignes de sécurité sont tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel. Les procédures d'exploitation sont tenues à jour et mises à la disposition de l'inspection des installations classées.

Dans les zones où il existe un risque d'incendie ou d'explosion, il est interdit de fumer. La réalisation de travaux susceptibles de créer des points chauds dans ces zones doit faire l'objet d'un permis de feu, délivré et dûment signé par l'exploitant ou par la personne qu'il aura nommément désignée et par le personnel devant exécuter les travaux.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
<p><u>Les consignes suivantes sont établies :</u></p> <p>Consignes d'exploitation stockage de grains Liste des contrôles à effectuer en marche normale, à la suite d'arrêt pour travaux ou entretien, pour la remise en service après arrêt en cas d'incident ou d'accident</p> <p>Consigne de nettoyage Fréquence et modalités du nettoyage des installations, mise en place et suivi des témoins d'empoussièrement</p> <p>Procédure de surveillance de la température du grain Modalités et fréquence de surveillance des températures avec renvoi à la procédure de sécurité en cas de dépassement de seuil de température</p> <p>Consignes générales de sécurité</p> <p>Mise en sécurité et redémarrage de l'installation</p> <p>Consigne d'intervention dans les cellules</p> <p>Permis de feu Obligation de permis de feu pour les travaux de soudure ou lors de présence de point chaud lors d'intervention interne ou externe</p> <p>Consigne « Intervention d'entreprises extérieures » et Plan de prévention</p> <p>Signalisation Tout panneau, affiche, ... réalisés selon les normes et/ou la réglementation en vigueur lorsqu'elles existent (interdiction de fumer, circulation sur le site, contrôle d'accès, zones de dangers,)</p> <p>Consignes d'évacuation en cas d'incendie ou d'accident</p> <p>Consignes incident, accident, défaillance Nécessité d'informer la DREAL lors d'accidents, procédure de fiche d'anomalies/progrès</p> <p>Plans d'évacuation</p> <p>Interdiction de fumer sur l'ensemble du site</p>	Conforme

Article 5 (pour mémoire)

L'exploitant d'un silo est tenu de déclarer dans les meilleurs délais à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents (incendies, explosions...) survenus du fait du fonctionnement de cette installation, qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.

Tout événement susceptible de constituer un précurseur d'explosion, d'incendie doit notamment être signalé dans un registre tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

« L'exploitant réalise annuellement une analyse des causes possibles de ces événements afin de prévenir l'apparition de tels accidents. Cette analyse est tenue à la disposition de l'inspection des installations classées. »

Titre III : Implantation et aménagement général**Article 6**

Pour les nouvelles installations, la délivrance de l'autorisation d'exploiter est subordonnée à l'éloignement des capacités de stockage (à l'exception des boisseaux visés à l'article 1er du présent arrêté) et des tours de manutention :

- Par rapport aux habitations, aux immeubles occupés par des tiers, aux immeubles de grande hauteur, aux établissements recevant du public, aux voies de communication dont le débit est supérieur à 2000 véhicules par jour, aux voies ferrées sur lesquelles circulent plus de 30 trains de voyageurs par jour, ainsi qu'aux zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Cette distance est alors au moins égale à 1,5 fois la hauteur des capacités de stockage et des tours de manutention sans être inférieure à une distance minimale. Cette distance minimale est de 25 m pour les silos plats et de 50 m pour les silos verticaux.
- Par rapport aux voies ferrées sur lesquelles circulent moins de 30 trains de voyageurs par jour et aux voies de communication dont le débit est inférieur à 2 000 véhicules par jour (sauf les voies de desserte de l'établissement). Cette distance est au moins égale à 10 m pour les silos plats et à 25 m pour silos verticaux.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
L'éloignement forfaitaire de 25 m (alinéa 2 car trafic inférieur à 2 000 véhicules/j) des capacités des silos par rapport à l'Article 6 est circonscrit dans les limites de propriété ou dans des zones non sensibles ne contenant pas de tiers. <i>Annexe 7 : Représentation graphique des éloignements forfaitaires</i>	Conforme

Article 7

Tout local administratif doit être éloigné des capacités de stockage et des tours de manutention. Cette distance est d'au moins 10 m pour les silos plats et 25 m pour silos verticaux.

On entend par local administratif, un local où travaille du personnel ne participant pas à la conduite directe de l'installation (secrétaire, commerciaux...).

Les locaux utilisés spécifiquement par le personnel de conduite de l'installation (vestiaires, sanitaires, salles des commandes, poste de conduite, d'agrèage et de pesage...) ne sont pas concernés par le respect des distances minimales fixées au 1er alinéa du présent article.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Une armoire de commande est située dans la tour du silo et n'est accessible que par le chef de silo et les magasiniers. Il est projeté un bâtiment destiné à un personnel participant directement à la conduite du silo. L'ensemble du personnel présent sur le site participe directement à la conduite du silo Ce bâtiment sera situé à plus de 10 m de toutes les installations (existantes et projetées). <i>Annexe 7 : Représentation graphique des éloignements forfaitaires</i>	Conforme

Article 8

Sans préjudice de réglementations spécifiques, toutes dispositions doivent être prises afin que les personnes non autorisées ou en dehors de toute surveillance ne puissent pas avoir accès aux installations (clôture, panneaux d'interdiction de pénétrer, etc.).

Les dispositifs doivent permettre l'intervention des services d'incendie et de secours et l'évacuation rapide du personnel.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
L'ensemble des accès site est protégé (clôtures, fossés, portail), les bâtiments sont fermés à clés et une signalétique ad hoc limite et maîtrise l'accès aux seules personnes autorisées. L'accès et la circulation sont facilités pour les services de secours (Pompiers)	Conforme

Titre IV : Prévention des risques d'explosion et d'incendie et mesures de protection**Article 9**

L'exploitant met en place les mesures de prévention adaptées aux silos et aux produits, permettant de limiter la probabilité d'occurrence d'une explosion ou d'un incendie, sans préjudice des dispositions du code du travail. Il assure le maintien dans le temps de leurs performances.

Dans les locaux de l'établissement susceptibles d'être à l'origine d'incendies, notamment lorsqu'ils ont été identifiés dans l'étude de dangers, les installations électriques, y compris les canalisations, doivent être conformes aux prescriptions de l'article 422 de la norme NF C 15-100 relative aux locaux à risque d'incendie.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
La définition des zones de dangers ATEX est étudiée et définie dans l'ED. De par les caractéristiques des appareils, la séparation des volumes, le faible taux de rotation, la majorité des volumes, enceintes et équipements sont Hors zone. Les élévateurs sont en zone 22 et les filtres en zone 21. Ces zones seront affichées et indiquées. L'ensemble des équipements électrique seront de type IP55 (étanche aux poussières) et T4 (inférieur à 85°C) et contrôlés annuellement. Tous ces points seront annexés au DRPCE	Conforme

Le silo est efficacement protégé contre les risques liés aux effets de l'électricité statique, des courants vagabonds et de la foudre.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Le silo est mis à la terre, il y a une liaison équipotentielle des appareils. Une étude foudre a été effectuée <i>Annexe 11 : Analyse Risque Foudre du site de St Hilaire</i>	Conforme

Les appareils et systèmes de protection susceptibles d'être à l'origine d'explosions, notamment lorsqu'ils ont été identifiés dans l'étude de dangers, doivent au minimum :

- appartenir aux catégories 1D, 2D ou 3D pour le groupe d'appareils II (la lettre "D" concernant les atmosphères explosives dues à la présence de poussières) telles que définies dans le décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996 relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible ;
- ou disposer d'une étanchéité correspondant à un indice de protection IP 5X minimum (enveloppes "protégées contre les poussières dans le cas de poussières isolantes, norme NF 60-529), et posséder une température de surface au plus égale au minimum des deux tiers de la température d'inflammation en nuage et de la température d'inflammation en couche de 5 mm diminuée de 75 °C.

L'exploitant doit tenir à la disposition de l'inspection des installations classées un rapport annuel. Ce rapport est constitué des pièces suivantes :

- l'avis d'un organisme compétent sur les mesures prises pour prévenir les risques liés aux effets de l'électricité statique et des courants vagabonds ;
- l'avis d'un organisme compétent sur la conformité des installations électriques et du matériel utilisé aux dispositions du présent arrêté.

Un suivi formalisé de la prise en compte des conclusions du rapport doit être tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Le silo ne doit pas disposer de relais, d'antenne d'émission ou de réception collective sous ses toits, excepté si une étude technique justifie que les équipements mis en place ne sont pas source d'amorçage d'incendie ou de risque d'explosion de poussières. Les conclusions de cette étude doivent être prises en compte dans l'étude préalable relative à la protection contre la foudre. »

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Il n'y a aucune antenne sur les bâtiments du site.	Conforme

Article 10

L'exploitant met en place les mesures de protection adaptées aux silos et aux produits permettant de limiter les effets d'une explosion et d'en empêcher sa propagation, sans préjudice des dispositions du code du travail. Il assure le maintien dans le temps de leurs performances.

Dans le cas de présence de tiers tels que définis dans le premier alinéa de l'article 6 du présent arrêté, soit dans les distances d'éloignement forfaitairement définies à l'article 6 précité, soit dans les zones des effets létaux et irréversibles mises en évidence par l'étude de dangers, et dans le cas des silos portuaires, ces mesures de protection consistent :

- en des dispositifs de découplage qui doivent concerner la tour de manutention et les communications avec les espaces sur-cellules ou sous-cellules, ainsi que les communications entre ces espaces et les cellules de stockage ;
- et des moyens techniques permettant de limiter la pression liée à l'explosion dans les volumes découplés (dans la tour de manutention, les espaces sur-cellules et sous-cellules si la galerie est non enterrée) tels que des événements de décharge ou des parois soufflables, dimensionnés selon les normes en vigueur.

Si la configuration du site ne permet pas de mettre en oeuvre ce découplage, un dispositif technique de protection d'efficacité équivalente permettant d'éviter la propagation des explosions doit être mis en place.

Dans les silos existants, en cas d'impossibilité technique de mise en place des surfaces soufflables ou des événements dans des espaces sous-cellules et des tours de manutention en béton, les équipements présents dans les volumes non éventés (élévateurs, transporteurs, dépoussiéreurs, nettoyeurs, émotteurs, séparateurs, broyeurs, filtres, etc.) doivent au minimum :

- être rendus aussi étanches que possible et être équipés d'une aspiration (excepté pour les filtres), afin de limiter les émissions de poussières inflammables,
- et (excepté pour les transporteurs) :
- posséder des surfaces éventables ou être dimensionnés de façon à résister à l'explosion, ou être équipés d'un dispositif de suppression de l'explosion ;
- et/ou disposer d'un découplage permettant d'éviter que l'explosion ne se propage dans une canalisation ou par une alimentation ou disposer d'un dispositif d'isolation de l'explosion.

Pour les silos dont le dossier de demande d'autorisation est déposé après le 1er juillet 2007, ces mesures de protection consistent également en des dispositifs de découplage entre cellules.

Dans le cas de l'absence de tiers ou présence de voies de communication moins fréquentées (moins de 2 000 véhicules par jour ou 30 trains de voyageurs par jour), dans les zones définies ci-dessus, l'exploitant doit avoir fait la démonstration d'une maîtrise suffisante des risques d'explosion et doit mettre en place les mesures appropriées à ces risques.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
<p>L'étude de dangers a défini les barrières et les éléments de protection mises en place. Elle valide l'acceptabilité des risques. Les barrières présentes sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tour partiellement soufflable` - Cellules fermées en partie supérieure - Couvercle des cellules soufflable - Tour et cellules découplées <p><i>Annexe 6 : Protection contre les explosions (Mémoire d'étude Gérard HEURGUÉ)</i></p>	Conforme

Article 11

L'établissement doit être pourvu en moyens de lutte contre l'incendie adaptés aux risques encourus, en nombre suffisant et correctement répartis sur la superficie à protéger.

Les installations de protection contre l'incendie doivent être correctement entretenues et maintenues en bon état de marche. Elles doivent faire l'objet de vérifications périodiques.

Les cellules de stockage des silos béton fermées doivent être conçues et construites afin de permettre l'inertage par gaz en cas d'incendie. Cette disposition ne s'applique pas aux cellules de stockage contenant du sucre.

Des procédures d'intervention pour la gestion des situations d'urgence sont rédigées par l'exploitant et communiquées aux services de secours. Elles doivent notamment comporter :

- le plan des installations avec indication :
- des phénomènes dangereux (incendie, explosion, etc.) susceptibles d'apparaître ;
- les mesures de protection définies à l'article 10 ;
- les moyens de lutte contre l'incendie ;
- les dispositifs destinés à faciliter l'intervention des services d'incendie et de secours ;
- les stratégies d'intervention en cas de sinistre ;

et le cas échéant :

- la procédure d'inertage ;
- la procédure d'intervention en cas d'auto-échauffement.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Le site est muni d'extincteurs en nombre nécessaire. Les extincteurs sont contrôlés annuellement par un organisme extérieur compétent. Il n'y a pas de cellules en béton fermées sur le site de Saint Hilaire sur Puiseaux. Des procédures d'intervention existent et seront adaptées au site.	Conforme

Article 12

Les aires de chargement et de déchargement des produits sont situées en dehors des capacités de stockage.

Cette disposition ne s'applique pas aux aires de chargement et de déchargement situées à l'intérieur de silos plats ne disposant pas de dispositifs de transport et de distribution de produits.

Des grilles sont mises en place sur les fosses de réception. La maille est déterminée de manière à retenir au mieux les corps étrangers.

Les aires de chargement et de déchargement sont :

- soit suffisamment ventilées de manière à éviter une concentration de poussières de 50 g/m³ (cette solution ne peut être adoptée que si elle ne crée pas de gêne pour le voisinage ou de nuisance pour les milieux sensibles) ;
- soit munies de systèmes de captage de poussières, de dépoussiérage et de filtration.

Ces aires doivent être régulièrement nettoyées.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
Les fosses sont munies de grille pour retenir les corps étrangers, et, nettoyées régulièrement (Cf. Procédure de nettoyage). Chaque fosse est équipée d'un rideau métallique fermé lorsqu'il n'y a pas de livraison ou d'expédition.	Conforme

Article 13

Tous les silos ainsi que les bâtiments ou locaux occupés par du personnel sont débarrassés régulièrement des poussières recouvrant le sol, les parois, les chemins de câbles, les gaines, les canalisations, les appareils et les équipements et toutes les surfaces susceptibles d'en accumuler.

La fréquence des nettoyages est fixée sous la responsabilité de l'exploitant et précisée dans les procédures d'exploitation. Les dates de nettoyage doivent être indiquées sur un registre tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Le recours à d'autres dispositifs de nettoyage tels que l'utilisation de balais ou d'air comprimé doit être exceptionnel et doit faire l'objet de consignes particulières.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
A noter que les appareils de nettoyage et certains équipements de manutention sont munis d'une aspiration poussière. Comme précisé à l'article 4, une procédure de nettoyage est mise en place avec utilisation d'un aspirateur pour nettoyer. Un cahier de nettoyage est mis à jour régulièrement.	Conforme

Article 14

L'exploitant doit s'assurer périodiquement que les conditions d'ensilage des produits (durée de stockage, taux d'humidité, température, etc.) n'entraînent pas des dégagements de gaz inflammables et des risques d'auto échauffement.

La température des produits stockés susceptibles de fermenter est contrôlée par des systèmes de surveillance appropriés et adaptés aux silos. Les relevés de température donnent lieu à un enregistrement.

Des procédures d'intervention de l'exploitant en cas de phénomènes d'auto échauffement sont rédigées et communiquées aux services de secours.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
L'étude de dangers démontre que les produits stockés, les caractéristiques des cellules et le mode de stockage ne génèrent pas de risque d'auto échauffement. Cependant dans le cadre de l'amélioration du fonctionnement, de la maîtrise de la qualité, les cellules sont munies d'un système de ventilation des produits et pour l'essentiel de contrôle des températures par sondes fixes. Des procédures de maîtrise du processus sont définies. Une procédure d'intervention en cas d'auto échauffement est en place.	Conforme

Article 15

Les filtres à manche sont protégés par des événements (sauf impossibilité technique), qui, dans la mesure du possible, débouchent sur l'extérieur.

Les systèmes de dépoussiérage et de transport des produits sont conçus de manière à limiter les émissions de poussières. Ils sont équipés de dispositifs permettant la détection immédiate d'un incident de fonctionnement et l'arrêt de l'installation.

Les installations de manutention sont asservies au système d'aspiration avec un double asservissement : elles ne démarrent que si le système d'aspiration est en fonctionnement, et, en cas d'arrêt du système d'aspiration, le circuit doit immédiatement passer en phase de vidange et s'arrêter une fois la vidange terminée, ou s'arrêter en cas d'arrêt du système d'aspiration, après une éventuelle temporisation adaptée à l'exploitation.

Les transporteurs à bandes sont équipés de bandes non propagatrices de la flamme.

Evaluation de la situation du site de Saint Hilaire sur Puiseaux	
<p><u>Les différents équipements sont munis au minimum de :</u></p> <p>Elévateurs Contrôleur de rotation et d'intensité Déport de sangles Sangle anti feu antistatique</p> <p>Transporteurs à chaîne Étanche avec détecteur de bourrage asservie</p> <p>Système d'aspiration Cyclo filtre avec événement dirigé vers l'extérieur</p> <p>Nettoyeur séparateur Aspiration de poussières</p> <p>Toutes les installations électriques seront pilotées par un automate garantissant l'efficacité des dispositifs de sécurité conformes (asservissement).</p>	Conforme

Le site de C.A.PRO.GA La Meunière à Saint Hilaire sur Puiseaux est évalué conforme aux articles de l'arrêté du 29 mars 2004 modifié.