# PARTIE 2.1

# ETUDE DE DANGERS

## SOMMAIRE


**1 METHODOLOGIE DE L'ANALYSE – LES DIFFERENTES ETAPES ..... 1**
1.1 Méthodologie analyse des risques ..... 1
1.2 Méthodologie APR (Analyse Préliminaire des Risques) ..... 3
**1.2.1 Principe ..... 3**
**1.2.2 Groupe de travail ..... 3**
**1.2.3 Tableaux d'analyse de risques ..... 3**
**1.2.4 Étude approfondie des scenarios ..... 4**
1.3 Évaluation des scenarios retenus ..... 4
**1.3.1 Évaluation de l'intensité ..... 4**
**1.3.2 Évaluation de la probabilité ..... 6**
**1.3.3 Évaluation de la gravite ..... 7**
**1.3.4 Prise en compte de la cinétique ..... 8**
**1.3.5 Appréciation de l'acceptabilité du risque ..... 9**
**2 ACCIDENTOLOGIE ..... 10**
2.1 Retour d'expériences au niveau national ..... 10
**2.1.1 Accidentologie générale aux explosions ..... 10**
**2.1.2 Accidentologie générale silo ..... 12**
2.2 Retour d'expérience interne de la société LEPLATRE ..... 14
**3 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS : ..... 15**
3.1 Dangers externes : ..... 15
**3.1.1 Dangers liés à l'environnement naturel : ..... 15**
**3.1.2 Dangers liés aux voies de communication : ..... 17**
**3.1.3 Dangers liés à l'environnement humain : ..... 18**
3.2 Dangers liés aux produits ..... 19
**3.2.1 Grains ..... 19**
**3.2.2 Poussières : ..... 24**
3.3 Dangers liés aux procèdes utilisés ..... 27
**3.3.1 Dangers liés au stockage de grains ..... 27**
3.4 Intérêts à protéger ..... 49
**3.4.1 Habitats, lieux publics ou privés les plus proches ..... 49**
**3.4.2 Points d'eau, captages ..... 49**
**3.4.3 Zones naturelles protégées ..... 49**
**3.4.4 Voies de communication ..... 50**
**3.4.5 Conclusions sur les intérêts à protéger ..... 50**
3.5 Tableau de synthèse et conclusions de l'analyse des dangers ..... 50
**3.5.1 Dangers liés à l'environnement naturel et humain ..... 50**
**3.5.2 Dangers liés aux activités ..... 50**
**3.5.3 Événements redoutés ..... 50**
**3.5.4 Cinétiques des évènements redoutés ..... 51**
3.6 Réduction des potentiels des dangers et risques ..... 51
**4 ANALYSE DES RISQUES ..... 52**
4.1 Tableaux d'analyse des risques des cellules métalliques existantes et projetées : ..... 52
4.2 Exploitation des tableaux d'analyse des risques ..... 53
**4.2.1 Analyse des risques liés aux installations : ..... 53**
**4.2.2 Explosion primaire de poussières dans un équipement classé ATEX ..... 54**
**5 CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX : ..... 56**
5.1 SC1 : Explosion primaire dans un équipement classé ATEX : ..... 56
**5.1.1 Description de l'événement redouté : ..... 56**
**5.1.2 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection : ..... 56**
**5.1.3 Hypothèses : ..... 57**
**5.1.4 Conséquences : détermination des distances d'effets : ..... 59**
**5.1.5 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 1 : ..... 60**
5.2 SC2 : Effondrement des cellules : ..... 61
**5.2.1 Description de l'événement redouté : ..... 61**
**5.2.2 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection : ..... 61**
**5.2.3 Hypothèses : ..... 64**
**5.2.4 Conséquences : détermination des distances d'effets : ..... 64**
**5.2.5 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 2 : ..... 64**

**6 CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX : ..... 65**
6.1 Évaluation des scénarios résiduels ..... 65
**7 MAITRISE DES RISQUES – MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION ..... 66**
7.1 Détermination des barrières IPS pour les activités du site ..... 66
**7.1.1 Scénarios étudiés ..... 67**
**7.1.2 Identification des fonctions IPS ..... 67**
**7.1.3 Identification des barrières IPS ..... 67**
**7.1.4 Examen des performances des mesures de sécurité ..... 67**
**7.1.5 Maintien des performances des barrières IPS ..... 69**
**7.1.6 Groupe de travail ..... 69**
**7.1.7 Fonctions et barrières IPS sélectionnées par le groupe de travail : ..... 70**
**8 ORGANISATION GENERALE DE LA PREVENTION ET DES SECOURS ..... 74**
8.1 Moyens mobilisables propres à l'établissement ..... 74
**8.1.1 Moyens extérieurs mobilisables ..... 75**
**8.1.2 Organisation de l'alerte et de l'intervention ..... 77**
8.2 Organisation du retour d'expérience ..... 78
**8.2.1 Généralités ..... 78**
**8.2.2 Outils mis en place par l'établissement ..... 78**
8.3 Conformité à l'arrêté silo ..... 79

# 1 METHODOLOGIE DE L'ANALYSE – LES DIFFERENTES ETAPES

En application de l'**article R 512-6 du code de l'environnement**, l'étude de dangers doit justifier que *« le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1 du code de l'environnement »*.

Il est fondé notamment sur :

- L'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- 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 ;
- La circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 ;
- Différents textes réglementaires et Guides spécifiques applicables à l'activité concernée (Stockage 2160, Guide Silo)

## 1.1 Méthodologie analyse des risques

L'analyse des risques est la première étape du processus de maîtrise des risques ; elle constitue une démarche d'identification et de réduction des risques. Elle permet :

- D'identifier les scénarios susceptibles de conduire à des phénomènes dangereux et accidents potentiels,
- D'apprécier le niveau de maîtrise des risques, en tenant compte des mesures de sécurité mises en place par l'exploitant.

Elle porte sur l'ensemble des modes de fonctionnement envisageables pour les installations, y compris les phases transitoires, les interventions ou modifications prévisibles susceptibles d'affecter la sécurité et les marches dégradées prévisibles.

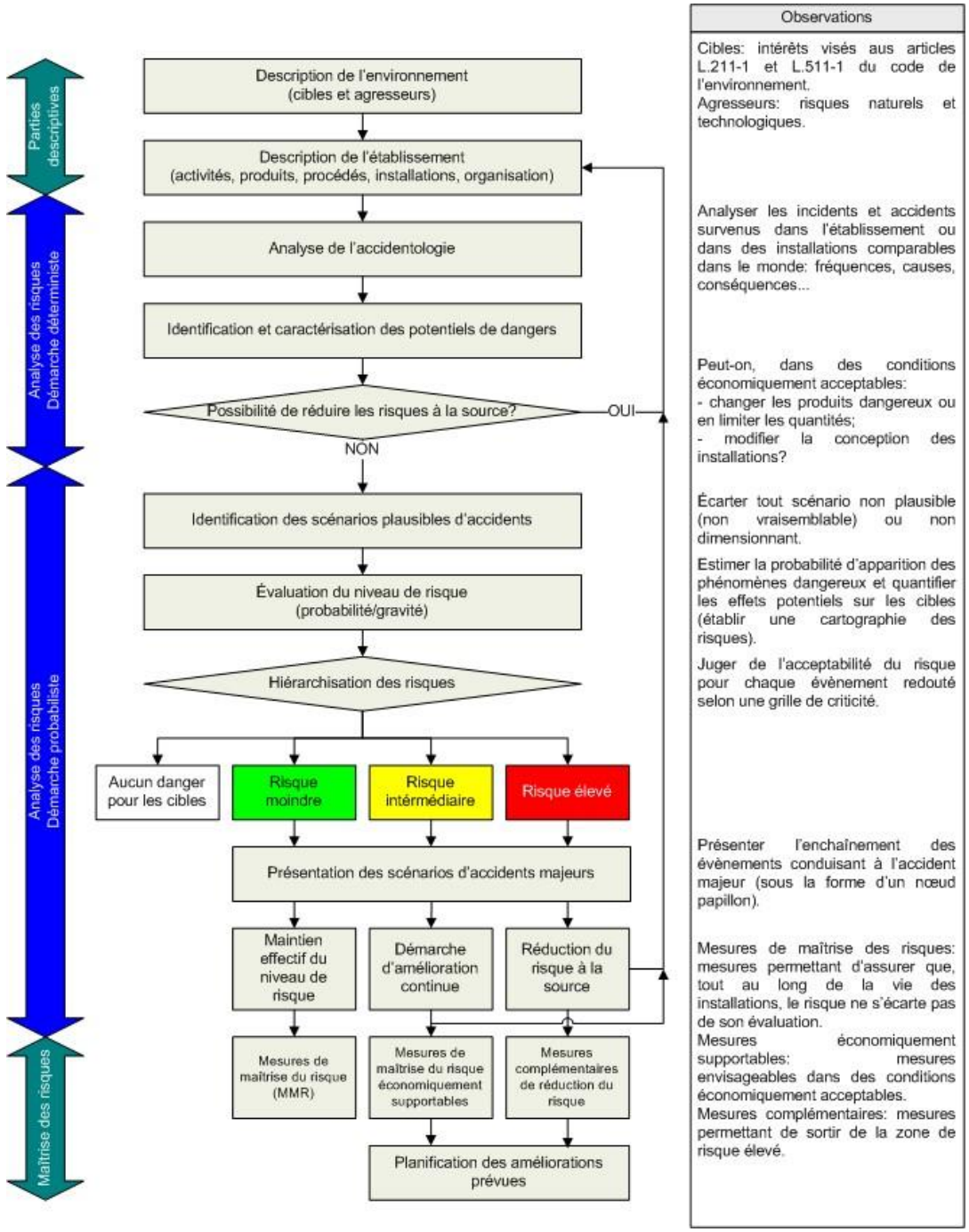
Elle permet de tenir compte du contexte particulier de l'installation étudiée en considérant notamment les conditions particulières d'exploitation, l'environnement immédiat de l'installation considérée (possibilité de synergies d'accidents ou d'effets dominos…) et l'environnement général du site (éléments vulnérables et éléments agresseurs).

L'analyse des risques se déroule selon les étapes suivantes :

1 Analyse de l'accidentologie ;
2 Identification et caractérisation des potentiels de danger ;
3 Réduction des potentiels de danger ;
4 Identification des scénarios plausibles ;
5 Évaluation du niveau de risque ;
6 Hiérarchisation des évènements.

L'analyse des risques est mise en œuvre de manière structurée, à l'aide des outils suivants :

- La méthode d'analyse des risques ;
- La cotation probabilité/gravité ;
- La grille de criticité.



## 1.2 Méthodologie APR (Analyse Préliminaire des Risques)

### 1.2.1 Principe

L'analyse préliminaire des risques (annotée APR) est une méthode qui permet d'identifier les événements redoutés pouvant conduire à un phénomène dangereux sur une installation. Elle consiste à effectuer un découpage des installations, à identifier les évènements redoutés pouvant survenir puis à en identifier les causes et les conséquences. Les mesures de prévention (s'opposant aux causes) et de protection (limitant les conséquences) existantes ou nécessaires sont également identifiées.
Cette analyse permet de hiérarchiser les scénarios d'accident pour sélectionner les scénarios majeurs à étudier en détail.

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 » ;
- Identifier les modes de défaillance de chaque équipement (variation de vitesse, de débit…) ;
- 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 évènements critiques, qu'il convient de maîtriser en priorité.

### 1.2.2 Groupe de travail

L'analyse des risques est réalisée par 2LCA, en accord avec la société LEPLATRE. Les intervenants sont les suivants :

- M. Hervé LEPLATRE, Directeur Technique ;
- M. Laurent LETAILLEUR, Garant de la méthode, Président et consultant 2LCA ;

De nombreux documents existants ont été utilisés sur les risques spécifiques aux silos :

- Guide INERIS et Coop de France sur incendie et explosion
- …

### 1.2.3 Tableaux d'analyse de risques

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

- Une colonne « Elément étudié » recense les équipements de l'installation ;
- Une colonne « Evènement redouté » ;
- Une colonne « causes » recense les sources possibles pouvant mener à l'événement redouté pour l'élément considéré ;
- Une colonne « conséquences » présente les conséquences maximales estimées pour l'élément considéré ;
- Une colonne « mesures de prévention existantes » liste l'ensemble des mesures de prévention (mesures s'opposant aux causes) ;
- Une colonne « mesures de protection existantes » liste l'ensemble des mesures de protection et de réaction (mesures s'opposant aux conséquences) ;
- Une colonne « probabilité » notée Pi, donne la « note » de l'occurrence initiale à cet événement pour l'équipement considéré ;
- Une colonne « intensité » notée Ii, donne la « note » de la gravité initiale des conséquences à cet événement pour l'équipement considéré.

Le tableau d'analyse des risques est renseigné par le groupe de travail, lors d'une séance d'analyse des risques. Le choix des cotations « probabilité » et « intensité » est attribué aux vues du retour d'expérience et de la connaissance des experts sur leurs installations.

### 1.2.4 Étude approfondie des scenarios

Au cours de l'analyse des risques, de nombreux scénarios peuvent être identifiés sans qu'ils concernent tous la problématique des accidents majeurs.

En fonction de la cotation du couple intensité/probabilité attribué par le groupe de travail, les scénarios pourront faire l'objet d'une étude approfondie (cf. 1.3. Évaluation des scénarios), qui permettra de définir s'il s'agit ou non d'un accident majeur.

Ainsi, les phénomènes dangereux dont l'intensité (définie au paragraphe IV.3.1) des effets est estimée à 1 (effets internes au site et relevant par conséquent du domaine du Code du travail) ne seront pas retenus pour la suite du processus de détermination des accidents majeurs.
Les phénomènes dangereux, dont les intensités des effets seront estimées supérieures à 1, feront l'objet d'une modélisation.

Dans le cas d'une intensité égale à 2, les effets ne sortent à priori pas du site. Le scénario sera tout de même modélisé, d'une part afin de s'assurer que l'estimation n'a pas été sous-évaluée et que les effets n'atteignent pas des cibles à l'extérieur du site ; d'autre part, si les effets restent limités au site, afin de mieux prendre en compte les effets dominos.

## 1.3 Évaluation des scenarios retenus

L'étude de dangers doit permettre d'apprécier le niveau d'acceptabilité des risques qu'engendre l'installation étudiée. Aux vues de l'analyse préliminaire des risques, certains scénarios seront étudiés plus en détails, et notamment suivant les modalités définies par l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005, dit arrêté « PIGC », qui impose la prise en compte et l'évaluation de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des accidents potentiels.

L'appréciation de l'acceptabilité d'un risque peut ensuite être effectuée en positionnant les phénomènes potentiellement dangereux sur une grille de criticité, à partir de des estimations mentionnées précédemment.

### 1.3.1 Évaluation de l'intensité

L'intensité d'un accident potentiel peut être évaluée selon une échelle de 1 à 4, permettant de déterminer si les effets sont susceptibles d'atteindre des cibles à l'extérieur des limites de propriété du site.

Cette échelle, élaborée par le groupe de travail, est présentée ci-après.

| | | Intensité |
|---|---|---|
| HORS SITE | 4 | Forte intensité (ex:seuil d'effet létal) du phénomène à l'extérieur du site |
| | 3 | Phénomène pouvant sortir du site avec intensité limitée à l'extérieur |
| SUR SITE | 2 | Effets dominos possibles, ou atteinte des équipements de sécurité à l'intérieur du site |
| | 1 | Pas d'atteinte des équipements de sécurité à l'intérieur du site |

L'évaluation de l'intensité par le groupe de travail lui permet d'identifier des phénomènes dont les effets sont susceptibles ***d'atteindre des cibles extérieures au site***.

Lorsque l'intensité d'un accident potentiel permet au scénario d'être retenu, celui-ci fait l'objet d'une étude approfondie dans laquelle l'intensité des effets sera définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, et d'effets thermiques.

### 1.3.2 Évaluation de la probabilité

#### *1.3.2.1 Méthodologie*

L'évaluation de la probabilité doit tenir compte de la spécificité de l'installation considérée.
Pour cela, elle peut s'appuyer sur deux grands types de démarches : l'analyse statistique ou l'expertise.

L'analyse statistique utilise des éléments quantifiés : elle détermine la fréquence des dysfonctionnements ou accidents susceptibles d'avoir lieu en prenant en compte les niveaux de confiance des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre. Pour cela, il est fait usage de banques de données relatives aux installations ou équipements étudiés ou à des installations similaires mises en œuvre dans des conditions comparables : - l'accidentologie internationale ;

- Les registres de maintenance, les enregistrements d'incidents, les rapports de vérifications des équipements ;
- Des résultats d'essais de fiabilité des équipements (taux de défaillance de chaque composant) ;
- Des rapports d'audit ; - etc.

A défaut de données fiables, disponibles et statistiquement représentatives, la probabilité peut être estimée selon une démarche d'expertise, utilisant des éléments qualifiés. Cette démarche est fondée sur un retour d'expérience non quantifié et sur l'avis d'experts. Un groupe pluridisciplinaire d'experts peut être constitué afin d'assurer une bonne expertise des risques.

Ces deux démarches doivent généralement être utilisées en parallèle, selon une démarche intermédiaire dite « semi-quantitative ». La cotation « semi-quantitative » permet de tenir compte des mesures de sécurité mises en place et d'effectuer un recoupement des estimations qualitatives et quantitatives : si ces estimations conduisent à des cotations différentes, la cotation la plus pénalisante est retenue.

#### *1.3.2.2 Échelle de probabilités*

Une échelle de probabilités d'accident est définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir tableau suivant).

| Classe de probabilité | Appréciation Qualitative | Appréciation quantitative |
|---|---|---|
| E | Évènement possible mais extrêmement peu probable<br>*N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années installations.* | $< 10^{-5}$ |
| D | Évènement très improbable.<br>*S'est déjà produit dans ce secteur d'activités mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.* | $< 10^{-4}$ |
| C | Évènement improbable<br>*Un évènement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activités 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.* | $< 10^{-3}$ |
| B | Évènement probable<br>*S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.* | $< 10^{-2}$ |
| A | Évènement courant<br>*S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de la vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives.* | $\geq 10^{-2}$ |

#### *1.3.2.3 Évènements non dimensionnants et non plausibles*

Certains événements externes pouvant provoquer des accidents majeurs peuvent ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers et notamment, en l'absence de règles ou instructions spécifiques, les événements suivants :

- La chute de météorite ;
- Les séismes d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation, applicable aux installations classées considérées ;
- Les crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- Les événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- Les chutes d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome ;
- La rupture de barrage visé par la circulaire 70-15 du 14 août 1970 relative aux barrages intéressant la sécurité publique ;
- Les actes de malveillance.

Certains scénarios considérés comme « possibles » peuvent être écartés de par leur caractère peu vraisemblable. Ainsi, un évènement peut être qualifié de « non plausible » notamment lorsqu'il serait le résultat d'une combinaison d'un grand nombre de dysfonctionnements et que, au regard de la gestion de la sécurité de l'établissement, cette combinaison ne pourrait survenir que par des actions intentionnelles à différents niveaux hiérarchiques tels que des actes de sabotage. Il en serait de même lorsqu'un facteur déterminant pour l'occurrence de cet évènement ne peut être envisagé dans le contexte de l'établissement ; par exemple, si un produit susceptible d'exploser nécessite une énergie importante, qui n'a pas lieu d'être présente dans l'établissement.

### 1.3.3 Évaluation de la gravite

#### *1.3.3.1 Intérêts à protéger*

La gravité des conséquences prévisibles résulte de la combinaison de l'intensité du phénomène accidentel et de la vulnérabilité de l'environnement.

La vulnérabilité peut être définie sur la base de l'article L.511-1 du code de l'environnement qui définit les installations classées comme des installations pouvant présenter « des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique ». Cet article définit ainsi 3 types d'intérêts à protéger en termes de dangers : les personnes (blessures et décès), l'environnement (pollution des milieux naturels) et les biens (dommages matériels).

Lors de l'évaluation des accidents potentiels, seuls les effets sur l'homme sont étudiés afin de déterminer la gravité d'un scénario.

#### *1.3.3.2 Échelle des effets sur l'homme*

L'arrêté du 29 septembre 2005 définit l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident (voir tableau suivant).

| Gravité | 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 | > 10 personnes exposées | > 100 personnes exposées | > 1 000 personnes exposées |
| Catastrophique | > 1 personne exposée | > 10 personnes exposées | > 100 personnes exposées |
| Important | ≤ 1 personne exposée | > 1 personne exposée | > 10 personnes exposées |
| Sérieux | 0 personne exposée | ≤ 1 personne exposée | ≥ 1 personne exposée |
| Modéré | Pas de zone de létalité hors de l'établissement | | < 1 personne exposée |
| (1) Personne exposée : 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'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et la propagation de ses effets le permettent. | | | |

#### *1.3.3.3 Vulnérabilité de l'environnement*

Les seuils d'effets, définis lors de l'évaluation de l'intensité, permettent de définir des zones de dangers.

Les personnes exposées se limitent aux personnes potentiellement présentes dans les zones de dangers pendant une certaine durée.
Aussi, il convient de tenir compte, dans le calcul du nombre de personnes potentiellement exposées, de la possibilité de :

- Protéger les personnes contre certains effets (mur d'isolation face à un risque incendie…) ;
- Mettre à l'abri les personnes exposées.

Les modalités de calcul du nombre de personnes potentiellement exposées sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010 – *Fiche n°1 : Éléments pour la détermination de la gravité des accidents*.
Dans la mesure où les intérêts mentionnés à l'article L 511-1 du code de l'environnement ont un caractère public, sont exclues de l'estimation des effets les atteintes aux personnes situées dans le périmètre de l'établissement.

### 1.3.4 Prise en compte de la cinétique

Lors de l'évaluation des conséquences d'un accident, sont prises en compte :

- D'une part, la cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux correspondant ;
- D'autre part, celle de l'atteinte des intérêts mentionnés aux articles L 211-1 et L 511-1 du code de l'environnement puis de la durée de leur exposition au niveau d'intensité des effets correspondant. Cette durée d'exposition peut notamment prendre en compte la possibilité de fuite ou de protection.

### 1.3.5 Appréciation de l'acceptabilité du risque

Un risque est jugé acceptable ou non seulement si les accidents aux conséquences les plus graves ne doivent pouvoir se produire qu'à des fréquences « aussi faibles que possible ».

Les échelles de cotation et la grille de criticité choisie par l'exploitant dans le cadre de la présente étude ont été élaborées sur la base des règles minimales déterminées par 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.

Cette appréciation du niveau de risque est illustrée, en page suivante, par une grille de criticité dans laquelle chaque évènement peut être positionné à partir de l'évaluation du couple « probabilité/gravité».

La grille représente un outil d'aide à la décision : elle permet d'identifier les évènements potentiellement dangereux, qui nécessitent de mettre en place des améliorations ou d'assurer le maintien effectif de la maîtrise des risques. Ainsi, la grille présente 3 zones, correspondant à 3 niveaux de risques, pour lesquelles les évènements sont considérés comme « potentiellement dangereux » :

| | |
|---|---|
| En vert : | Une zone de risque modéré, qui n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident mais pour laquelle il convient d'identifier les mesures de maîtrise du risque qui permettent de s'assurer que le risque réel ne s'écarte pas, tout au long de la vie des installations, de l'évaluation figurant dans l'étude de dangers ; |
| En jaune : | Une zone de risque intermédiaire, pour laquelle il convient d'analyser toutes les mesures de maîtrise du risque envisageable et de mettre en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus en termes de sécurité pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement ; |
| En rouge : | Une zone de risque élevé, pour laquelle il convient de mettre en place des mesures de réduction du risque qui permettent de sortir de cette zone. |

| PROBABILITE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Courant (plusieurs fois dans la vie de l'installation) | A | | | | | |
| Probable (1 fois dans la vie de l'installation) | B | | | | Risque élevé | |
| Improbable (déjà rencontré dans le monde) | C | | | | | |
| Très improbable (déjà rencontré dans des installations plus précaires) | D | Risque modéré | | Risque intermédiaire | | |
| Possible mais extrêmement peu probable (théoriquement possible mais jamais rencontré) | E | | | | | |

| GRAVITE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cotation de gravité | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Niveau de gravité | | Modéré | Sérieux | Important | Catastrophique | Désastreux |
| Effets sur les personnes | Zone d'effets létaux significatifs | Pas de zone de létalité hors de l'établissement | 0 personne exposée | ≤ 1 personne | > 1 personne | > 10 personnes |
| | Zone d'effets létaux | | ≤ 1 personne | > 1 personne | > 10 personnes | > 100 personnes |
| | Zone d'effets irréversibles | < 1 personne | ≥ 1 personne | > 10 personnes | > 100 personnes | > 1 000 personnes |

# 2 ACCIDENTOLOGIE

## 2.1 Retour d'expériences au niveau national

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.

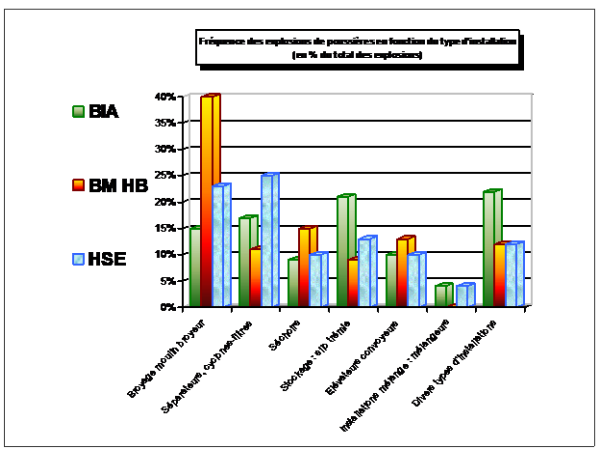
### 2.1.1 Accidentologie générale aux explosions

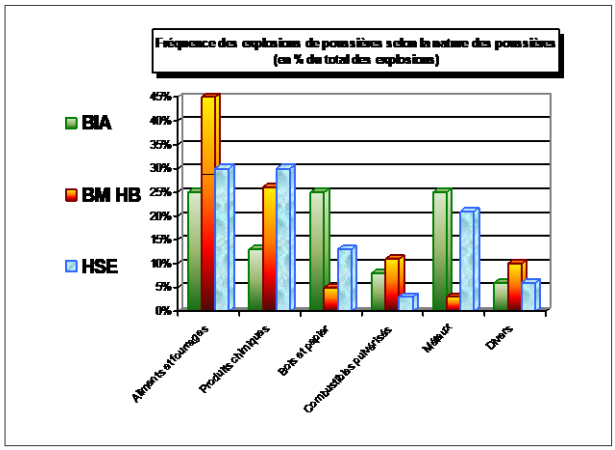
Nous nous intéressons à la qualification de tous les facteurs ayant une influence sur la probabilité d'occurrence. Mais pour fixer l'importance des risques, nous allons considérer diverses statistiques générales aux explosions.
Malgré la rareté des données statistiques sur les explosions de poussières,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

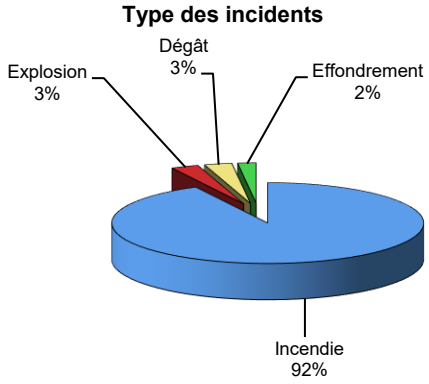
3 autres études sont intéressantes :
- M. BECK concernant 357 explosions de poussières en Allemagne entre 1965 et 1985, référence BIA.
- J. ABBOT concernant 84 explosions et incendies de poussières (dont 30 explosions) dans la période de 1979 à 1984 au Royaume-Uni, référence BHBH.
- 143 autres cas d'incendies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

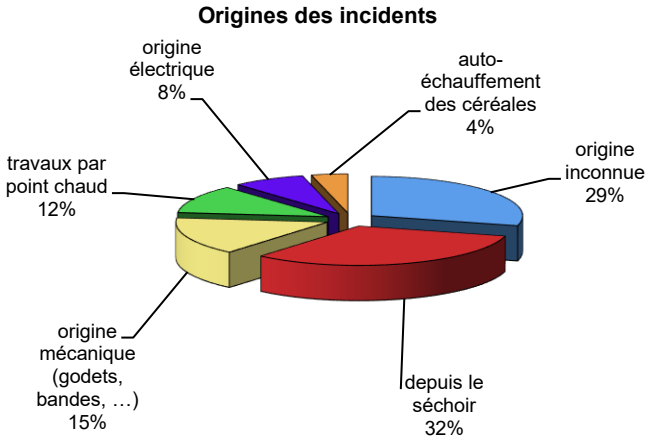


### 2.1.2 Accidentologie générale silo

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 évènements 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) | Explosion des cellules silo<br>Le dispositif général d'aspiration est en panne et le nettoyeur est utilisé, provoquant un empoussièrement de l'atmosphère du silo.<br>La tour est très sale et le nettoyage est réalisé au balai : les poussières sont précipitées d'étage en étage, formant un nuage.<br>Des travaux par points chauds sont effectués sur une trémie.<br>L'explosion survient dans la trémie et se propage par les sous-sols jusqu'à la tour de manutention. | 5 morts (employés)<br>2 blessés graves (brûlure)<br>2 blessés (projection de débris)<br>Projection de béton jusqu'à 15 m et de débris métalliques jusqu'à 100 m<br>Bris de verre jusqu'à 300 m | Equipements majoritairement capotés, à vitesse modérée et asservis à l'aspiration.<br>Fonctionnement des installations asservi à l'aspiration.<br>Procédure de nettoyage du sol + rondes.<br>Permis de feu. |
| | 20/08/97 | SEMABLA Blaye, 33 | Explosion des cellules silo<br>La source d'ignition aurait pour origine un mauvais fonctionnement du ventilateur du système de dépoussiérage.<br>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.<br>L'explosion initiée dans le système de dépoussiérage, s'est propagée dans la galerie sur-cellules puis dans les cellules elles-mêmes. | 11 morts<br>28 cellules sur 44 sont détruites<br>Projections de béton jusqu'à 50m et de débris métalliques jusqu'à 100m<br>Bris de verre jusqu'à 500m | Conception différente des systèmes d'aspiration.<br>Equipements à vitesse modérée (silo non portuaire)<br>Procédure de nettoyage du sol + rondes. |
| | Nov. 2001 | COINBRA Paranagua (Brésil) | Explosion des cellules silo<br>Lors du chargement d'un bateau en maïs, une explosion a lieu dans un élévateur à godets, suite à un déport de sangle.<br>L'explosion se transmet en galerie inférieure. L'ensemble du terminal s'effondre.<br>Un incendie de céréales se poursuit pendant 3 semaines. | Projections de béton de 500 t à 300 m.<br>Wagons de l'établissement retournés.<br>0 mort (personnel en pause déjeuner). | Capteur de déport de sangle sur les élévateurs.<br>Equipements à vitesse modérée (silo non portuaire) et asservis à l'aspiration.<br>Procédure de nettoyage du sol + rondes.<br>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 | Incendie silo<br>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 tonne<br>s) | Relais thermiques sur moteurs (avec disjonction).<br>Maintenance.<br>Vérifications réglementaires des installations électriques. |
| | 19/08/99 | FORCE 5 Songeons, 60 | Incendie séchoir<br>Panne du système de détection d'incendie.<br>Panne du système d'extraction de grain.<br>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.<br>Maintenance.<br>Dispositif de vidange rapide.<br>Vigilance du personnel. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 03/07/01 | SOUFFLET Luyères, 10 | Combustion de grain en cellule<br>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.<br>Intervention à la mousse et vidange, avec inertage à l'azote. | Maintenance des équipements. |
| | 30/10/01 | Ayron, 86 | Incendie séchoir<br>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. | Séchoirs et élévateur à grains sont détruits (300 000 €) | Systèmes de détection d'incendie sur le séchoir. Maintenance.<br>Dispositif de vidange rapide.<br>Vigilance du personnel. |
| | 21/08/02 | Pont-Sainte-Maxence, 60. | Combustion de grain en cellule<br>Un employé laisse par inadvertance une baladeuse électrique dans une cellule.<br>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.<br>Une forte augmentation de monoxyde de carbone (CO) apparaissant dans le tunnel d'évacuation du grain entraîne l'arrêt de cette vidange.<br>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. | 400 personnes sont évacuées sur un rayon de 400 m (crainte d'une explosion des gaz de combustion). | Contrôle de la température par sonde en cellules.<br>Vigilance du personnel. |

*Annexe 9 : Accidentologie*

### 2.2 Retour d'expérience interne de la société LEPLATRE

La société LEPLATRE SAS 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 Amand Longpré (explosion, incendie).

# 3 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS :

## 3.1 Dangers externes :

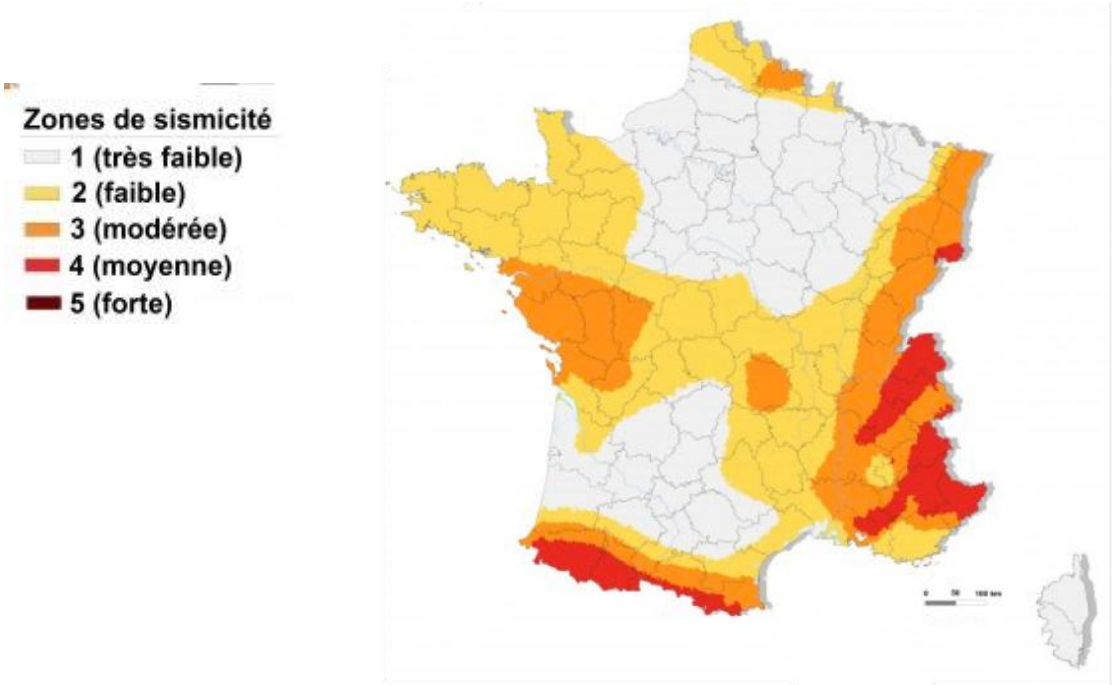
### 3.1.1 Dangers liés à l'environnement naturel :

#### *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 Amand Longpré 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 $km^2$ et par an.
La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,57 arcs / km2 / an

La densité de flashs (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 Amand Longpré
Département : Loir et Cher

Le nombre d'impacts au sol sur la commune de Saint Amand Longpré est de 1 impact / km² / an.

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

**Des vérifications périodiques sont toutefois réalisées très régulièrement.**

*Annexe 12 : Devis signé ARF DEKRA*

**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 2020, la moyenne annuelle des précipitations est de 677,8 mm pour le secteur de Tours (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 |

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.

Il n'y a pas d'aéroport ou d'aérodrome à proximité de Saint-Amand-Longpré.

**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*

Les émissions des transports routiers sont liées au flux du personnel et au flux des camions de livraison/expédition.

Le trafic moyen journalier à l'endroit du site, est de 1 846 véhicules par jour avec environ 6% de poids lourds.

**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*

Les accidents peuvent être dus à plusieurs facteurs, comme les incidents de fonctionnement, les manœuvres de wagons en gare, les percussions entre deux trains, …

Il y a une gare ferroviaire en centre-ville de la commune mais elle n'est pas à proximité immédiate 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.**

### 3.1.3 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 Amand Longpré 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 :*

Il n'y a pas d'autres entreprises présentes à proximité du site étudié.

**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.**

## 3.2 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 :

$C_6 H_{12} O_6$ + 6 $O_2$ → $6H_2O$ + 6 $CO_2$ + chaleur
amidon + oxygène → eau + dioxyde de carbone + chaleur

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.

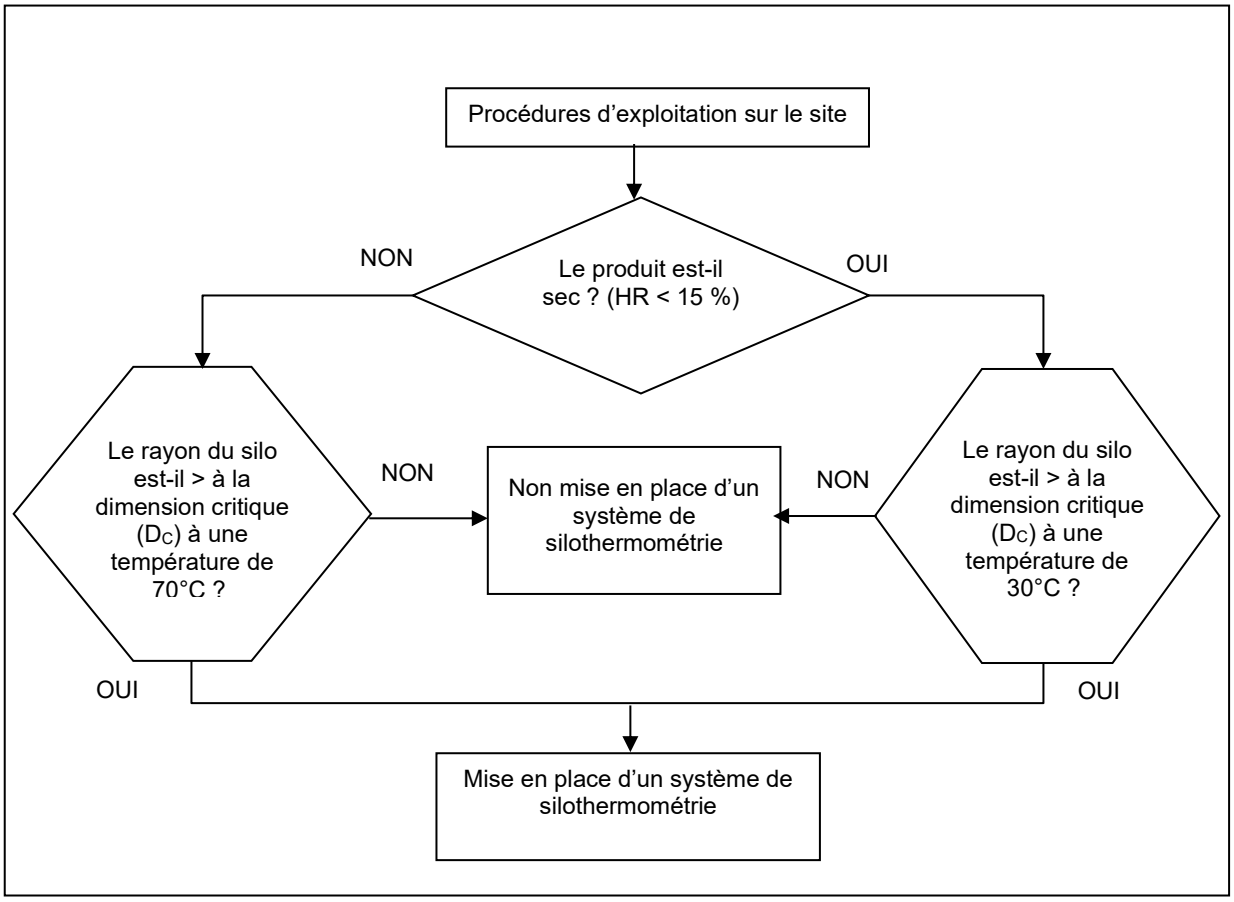
L'auto-échauffement est également fonction de la taille de stockage. La température n'augmente que si la chaleur produite est supérieure à la chaleur que l'on peut dégager. Or, alors que la chaleur générée est proportionnelle au volume de stockage, la chaleur dissipée est proportionnelle à la surface. 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.

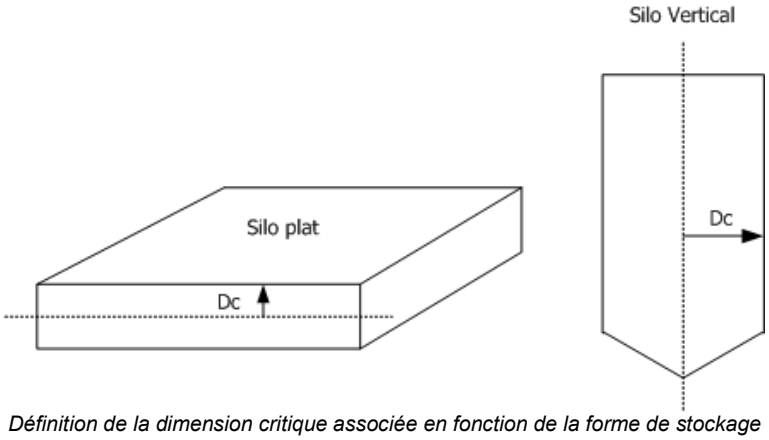
Pour chaque silo, la démarche décrite ci-après a été appliquée afin de déterminer la dimension critique Dc et donc le risque d'auto-échauffement.

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.



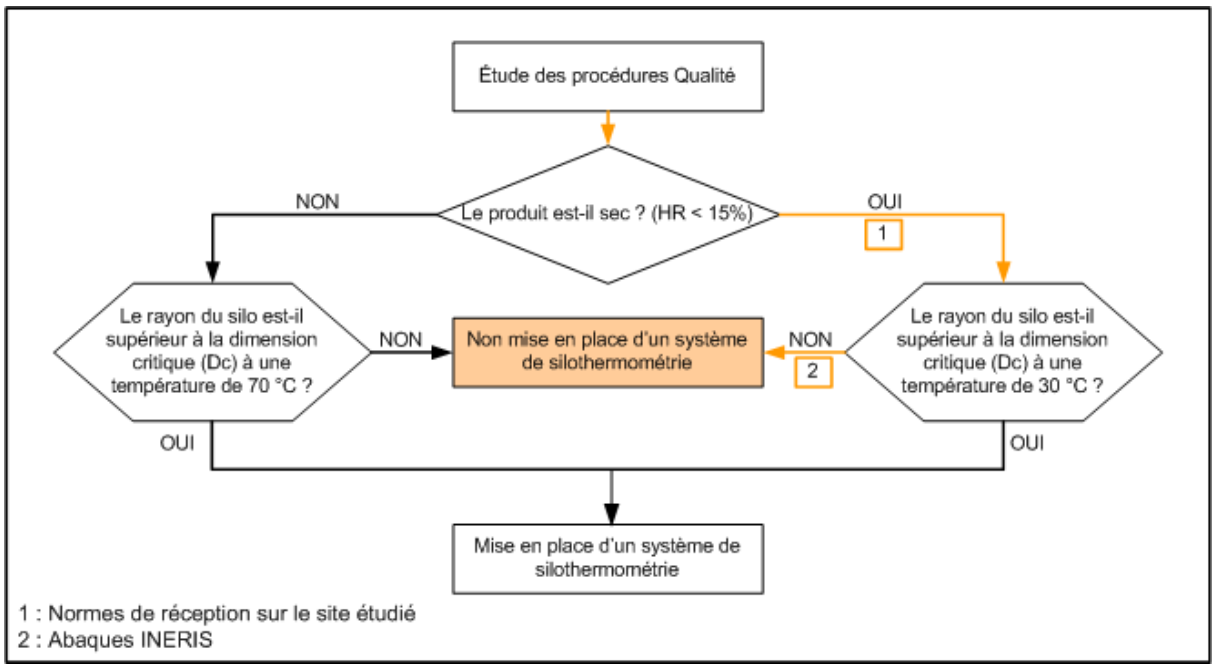

*Définition de la dimension critique associée en fonction de la forme de stockage*

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 Amand Longpré**




*Méthodologie INERIS appliquée au site de Saint Amand Longpré (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.

**Les dimensions des différentes cellules (très inférieures aux dimensions critiques et très faible temps de stockage des produits à savoir moins d'une semaine) entrainent l'abscence du risque d'auto-échauffement n'est pas atteinte sur le site de Saint Amand Longpré 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 de Saint Amand Longpré.**

### 3.2.2 Poussières :

**Caractéristiques de la poussière**

ARVALIS et l'ANMF 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/m$^3$ 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 de Saint Amand Longpré 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 grains 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.

**<u>Inflammabilité et explosibilité des poussières en nuage</u>**

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 :

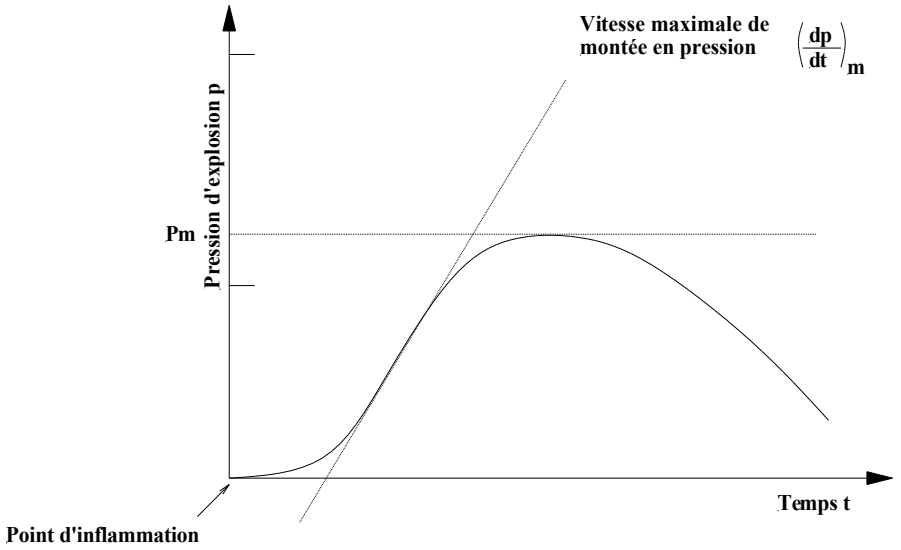
- Concentration
- Energie minimale.

**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/m$^3$; 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/m$^3$. 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/m$^3$.




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 (Pm)
- La vitesse maximale de montée en pression : VMP = (dp/dt)m

L'indice d'explosion (Kst) 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 :

$$Kst = \left(\frac{dp}{dt}\right)m \quad V\ 1/3$$

| 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/m3) | Pression maximale d'explosion (bar) | Vitesse maximale de montée en pression (bar/s) | Kst (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.

Les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité des produits sont détaillés dans le tableau en page suivante (source : guide de l'état de l'art des installations classées et ED 944 - INRS).

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

## 3.3 Dangers liés aux procèdes utilisés

### 3.3.1 Dangers liés au stockage de grains

Le procédé utilisé sur le site de Saint Amand Longpré est le stockage de grain.
Les installations de stockage et traitement de céréales, de conception classique peuvent présenter 2 formes de dangers :

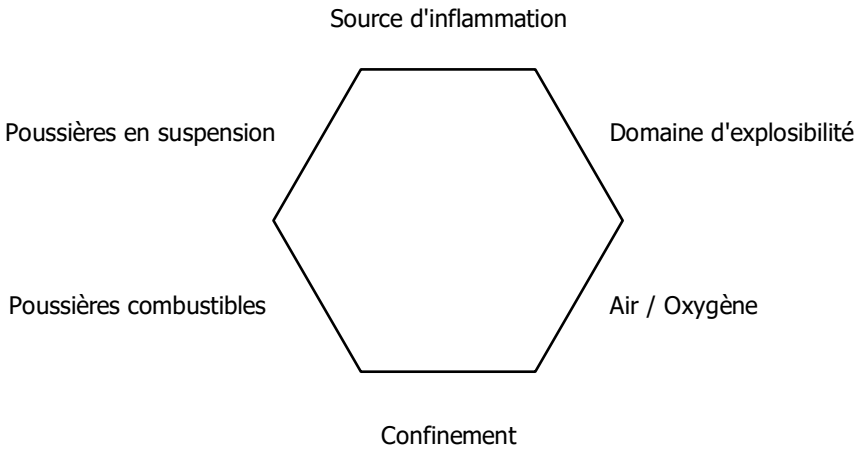
- L'incendie
- L'explosion.

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 ;
- Vieillissement 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 Amand Longpré sont inférieures aux dimensions critiques pour la totalité des produits.**

**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 du site de Saint Amand Longpré.**

#### *3.3.1.3 Incendie*

**<u>Origine des incendies</u>**

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 Amand Longpré était exclue.

*<u>Origines mécaniques :</u>*

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.

*<u>Origines électriques :</u>*

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, essentiellement 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 :

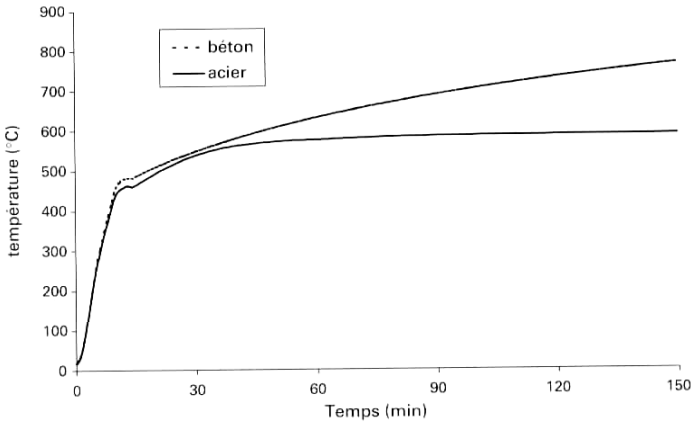
- Escarbilles enflammées,
- Gaz non brûlés très chauds,
- Sur séchage de récolte.

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.




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

À partir des évolutions de la résistance en compression du béton en fonction de la température, les températures en face non exposée créent une perte de résistance en section de la paroi béton d'environ 10% à 60 minutes, 20% à 100 minutes et 35% au bout de 6 heures. **Pour des ouvrages convenablement dimensionnés, comme ceux de Saint Amand Longpré, une telle réduction n'est pas de nature à créer un risque particulier pour la stabilité de l'ensemble.**

**L'incendie 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.

**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.

| Equipement | Origines des incendies | Facteurs à retenir |
|---|---|---|
| Transporteur horizontal | Blocage des rouleaux ;<br>Patinage de la bande ;<br>Travaux par point chaud ;<br>Déport de bande. | Effet « four »<br>Effet « tunnel » |
| Elévateur | Frottement de la sangle sur la carcasse ;<br>Casse mécanique ;<br>Bourrage avec échauffement ;<br>Travaux par point chaud. | Risque d'explosion |
| Nettoyeur / calibreur / tamiseur/ refroidisseur/ broyeur,.. | Travaux par point chaud ;<br>Décharge électrique (électricité statique) ;<br>Problème mécanique avec échauffement. | Risque d'explosion |
| Système de dépoussiérage | Travaux par point chaud ;<br>Transmission de particules chaudes du reste de la manutention ;<br>Décharge électrique (électricité statique). | Risque d'explosion |

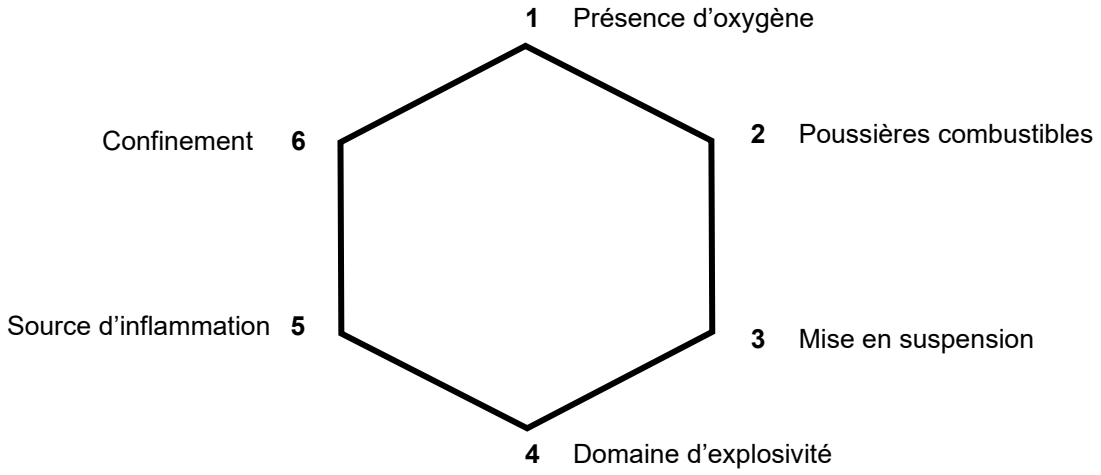
**Associé à un échauffement maitrisé et limité des produits stockés, le risque d'incendie est faible avec des conséquences très faibles à l'extérieur des cellules et nulles en dehors de l'enceinte de l'établissement.**

#### *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.




*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.

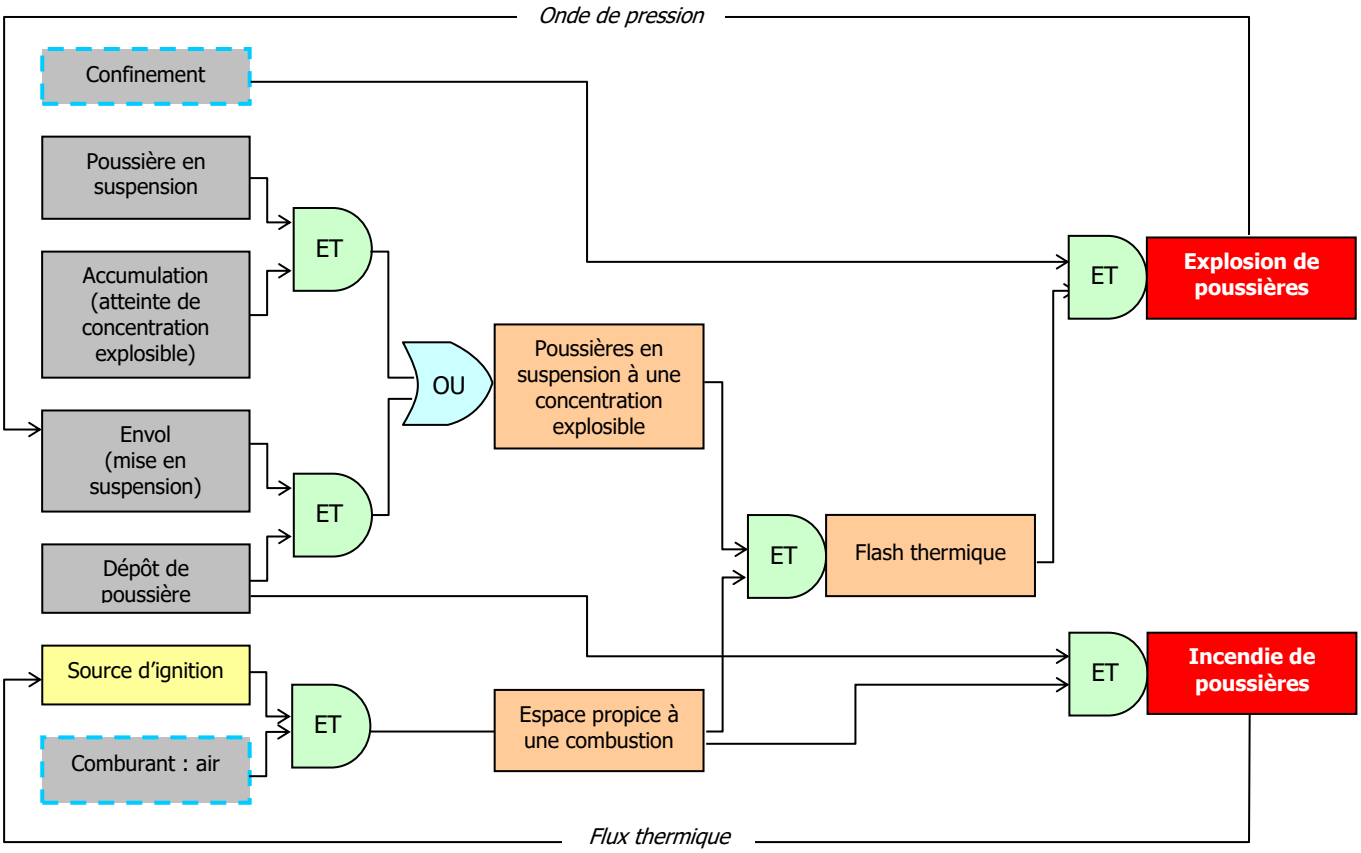
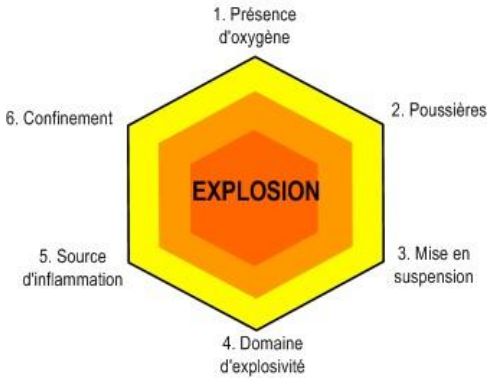



*Diagramme des incidents et accidents liés aux poussières*

- **Conditions nécessaires**

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

L'hexagone de l'explosion, présenté ci-après, recense les 6 conditions devant être réunies pour que les poussières de grains puissent donner lieu à des explosions.




1. La présence d'oxygène : La quantité d'oxygène présente dans l'atmosphère où se déroule la combustion doit être suffisante pour permettre cette combustion.

2. Les poussières : Les caractéristiques des explosions de poussières combustibles dépendent de la nature des produits à l'origine des poussières. Dans le cas des silos de grains, les poussières formées résultent de l'abrasion des grains lors des transports ou des chutes.

3. La 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.
4. Le 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. La 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).

L'E.M.I. des poussières de céréales est de l'ordre de 60 MJ, c'est donc un produit peu sensible. L'inflammation du mélange ne peut être qu'accidentelle ; et étant donné le peu d'équipements présents dans les silos et boisseaux, la source potentielle de l'inflammation est très limitée, bien que possible (foudre, travaux, …).

6. Le 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.

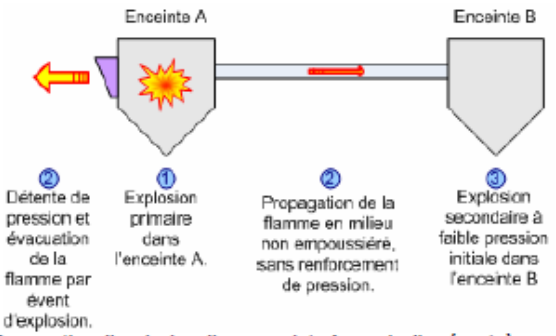



**Figure 1 . Propagation d'explosion d'une enceinte A, munie d'un évent, à une enceinte B.**

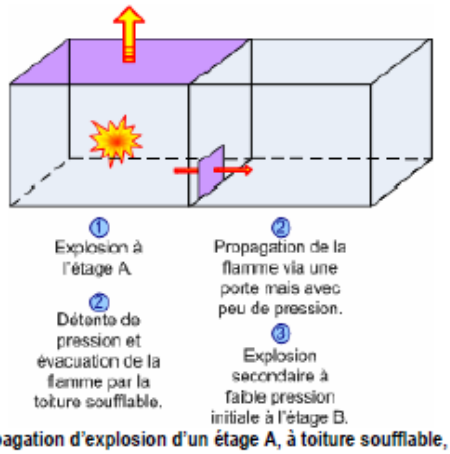



**Figure 2 . Propagation d'explosion d'un étage A, à toiture soufflable, à un étage B.**

- **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
- 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. En revanche, 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 Saint Amand Longpré.

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'efficience 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'efficience du système d'aspiration en se focalisant sur l'aéraulique (vitesse, débit, géométrie de l'aspiration, équilibrage du réseau).

Les cellules :

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 inférieures à la Concentration Inférieures d'Explosivité (CIE), dans le cas d'une approche déterministe, nous considérons tout de même ce scénario.

Chaque cellule et/ou boisseau sont munies de surface soufflable.

**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.

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**<br><br>Accidentellement<br>Espaces sous toitures<br>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.

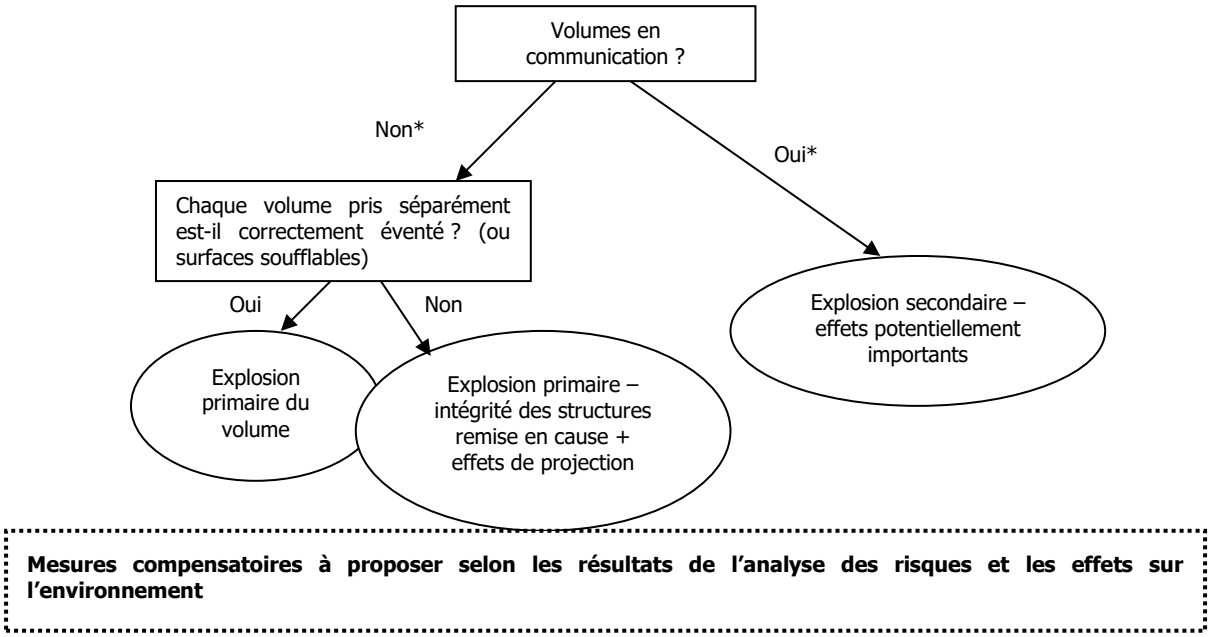
La protection d'un volume par des évents ou des surfaces soufflables consiste en l'aménagement, sur les parois de ce volume, de surfaces plus fragiles que la structure du volume ; en cas d'explosion, ces surfaces se rompent prioritairement sous l'effet de la surpression, permettant à celle-ci de s'évacuer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

On distingue :

- **Les évents** : surfaces normalisées, de pression de rupture en cas d'explosion connue (le matériau et la surface de l'évent 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'évent 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'évents), et de différencier l'explosion primaire de l'explosion secondaire :




** 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 évent) 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 * (Pex – Patmosphérique)

Avec :
- V : volume de l'enceinte considérée en $m^3$
- Pex – Patmosphérique = Pression relative de l'explosion en Pa,
- Pex : pression absolue de l'explosion.

Dans une approche dimensionnante, on retiendra comme pression relative Pex – Patm de l'explosion :

Dans le cas d'une explosion primaire :

Si le volume est correctement évenété : Pex - Patm = Predmax (la pression d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent).
Si le volume est non évenété : Pex - Patm = 2 * Prupture (où Prupture est la pression statique de rupture de l'enceinte).

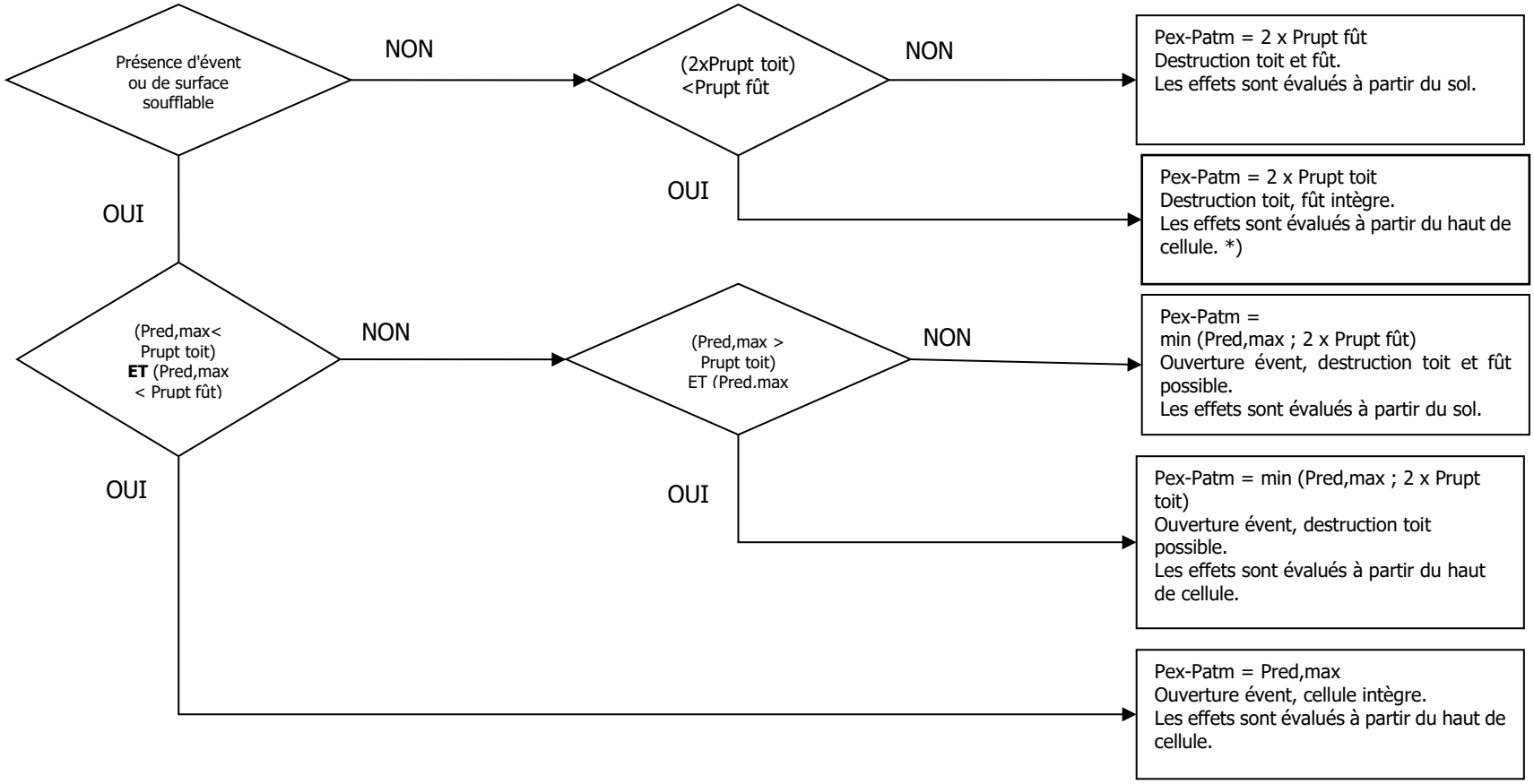
5 bars dans le cas d'une explosion secondaire. Cette valeur est prise sur la base du retour d'expérience.

Afin de déterminer Pex, 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<br>Cellules en béton : toits | 150 à 1000 mbar<br>100 à 400 mbar |
| Cellule métalliques : parois<br>Cellules métalliques : toits | 300 à 1000 mbar<br>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 « Etude 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 :


Présence d'évent ou de surface soufflable
NON
(2xPrupt toit) <Prupt fût
NON
Pex-Patm = 2 x Prupt fût
Destruction toit et fût.
Les effets sont évalués à partir du sol.
OUI
OUI
Pex-Patm = 2 x Prupt toit
Destruction toit, fût intègre.
Les effets sont évalués à partir du haut de cellule. *)
(Pred,max< Prupt toit) ET (Pred,max < Prupt fût)
NON
(Pred,max > Prupt toit) ET (Pred.max
NON
Pex-Patm = min (Pred,max ; 2 x Prupt fût)
Ouverture évent, destruction toit et fût possible.
Les effets sont évalués à partir du sol.
OUI
OUI
Pex-Patm = min (Pred,max ; 2 x Prupt toit)
Ouverture évent, destruction toit possible.
Les effets sont évalués à partir du haut de cellule.
Pex-Patm = Pred,max
Ouverture évent, cellule intègre.
Les effets sont évalués à partir du haut de cellule.

**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 (m²) | 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 m²) | 30 | 0 | 2 |
| | | Pré dalle béton léger | Non | 180 | 30 | 3 |
| | | | oui (6,25 m2) | 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 m² (ouverture vitrée) | 1 | 0 | 8 |
| | | Pré dalle béton léger | 35 m² (ouverture vitrée) | 1 | 0 | 9 |
| | Bardage métallique et PVC | Bardage métallique | Non | 620 | 40 | 10 |

**Application au site de Saint Amand Longpré :**

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 | | Dimensions en m | | Volume en $m^3$ | Pex-Pa | Surpression en m | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hauteur | L x l ou diamètre | | | 50 mbar | 140 mbar |
| **Cellules existantes** | La plus grande | 23,5 | 15,1 | 4 330 | 0.1 | 53,7 | Non atteint |
| **Cellules projetées** | La plus grande | 23,5 | 15,1 | 4 330 | 0.1 | 53,7 | Non atteint |

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 Amand Longpré donne les résultats synthétisés dans le tableau ci-après :

| Caractéristiques du site étudié | Numéro du cas INERIS | Distance de projection (m) |
|---|---|---|
| Cellules avec couvercle soufflable | 4 | 0 |

**L'ensemble des évaluations des conséquences du danger d'une explosion sur le site de Saint Amand Longpré est circonscrit dans l'enceinte du site ou dans une zone non sensible.**

*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.

#### *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 stockés sur le site et qui résultent du process (manutention, nettoyage, mouture). 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 bois et ouverts et/ou fermés sans possibilité d'avoir la quantité minimum de poussière nécessaire (LIE).
Les cellules béton présentes sont fermées en partie supérieure 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 chaines, 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.

***Suppression ou réduction des effets des potentiels de dangers.***

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

| Localisation | Surface nécessaire suffisante[1] | Nature des surfaces des évents ou surface soufflable | Pstat | Surface suffisante ? |
|---|---|---|---|---|
| Silos verticaux | Surface des cellules | Cellules fermées avec une toiture soufflable | < 0.1 bar | Oui |
| Différents boisseaux | Surface des boisseaux | Boisseaux métalliques fermées par un simple couvercle soufflable | < 0.1 bar | Oui |
| Filtre de dépoussiérage | Calculé par le fabricant | Les filtres sont munis d'évents conformes dirigés vers l'extérieur dans des zones non sensibles | < 0.1 bar | Oui |

Pour mémoire, nous rappelons que ces différents volumes sont classés Hors Zone ATEX avec absence d'explosion primaire et secondaire non retenue. De plus, les filtres à dépoussiérage sont munis d'évent normalisé.

La surface soufflable est considérée suffisante sans calculs spécifiques car les surfaces présentes utiles sont très importantes.

[1] **La détermination des surfaces d'évents ou soufflables a été réalisée suivant la NFU 54-540.**
Cette norme précise à son paragraphe 7.2 que : « s'il n'est pas possible d'avoir une structure « squelette » ou une structure avec ossature acier résistante et bardage léger soufflable, il est au moins nécessaire pour une tour en béton qu'un quart de la surface des parois puisse faire office de surfaces de décharges réparties sur toute la hauteur ».
Le paragraphe 7.1 précise pour les silos et cellules de stockage que lorsque le rapport L/D est > 5 (L = longueur ou hauteur), toute la surface du toit doit servir d'évent.

Filtre :

Le filtre est normalisé et conforme aux directives européennes.

**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 évents 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 ».*

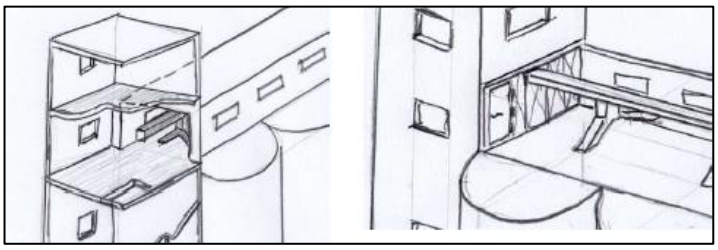
*Cependant, les types d'explosion considérés dans les méthodes de dimensionnement de surface d'évent des cellules (NFU 54-540, VDI 36 73, NFPA 68, Pr EN 14491) excluent les scénarios de transmission/renforcement de l'explosion en provenance d'un autre volume (« jet de flamme à très grande vitesse »).*

*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 manutentions. 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 manutention et une galerie sur cellules.*



*Mise en place d'un découplage entre une tour de manutention 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 Amand Longpré

De par l'analyse des risques, nous rappelons que les volumes des cellules 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) |
|---|---|---|
| Fosse de réception blé | Élévateur | Entièrement découplée |
| Cellules | Cellules | Complètement découplé<br>Cellules distinctes |

A noter qu'il n'y a pas réellement de galerie inférieure et galeries supérieures dans les installations de stockage. Les principaux points sont donc :

- L'ensemble des bâtiments est cloisonné (murs et portes) ;
- Les cellules métalliques sont fermées avec couvercle soufflable ;
- Le filtre est muni d'évents dirigés vers l'extérieur vers un volume Hors Zone ATEX
- Les cellules blés métalliques sont construites en parallèle mais non connexes au aux autres cellules ;
- La fosse de réception blé est séparée des silos

Les cellules sont fermées complètement et découplées entre elles. Les cellules sont fermées par des trappes et un couvercle moins résistant que les parois (donc soufflable).

Le mode d'exploitation de ces silos (faible débit et ensilage par transporteur à chaine capoté) induit une très faible présence de poussière sur le sol, 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.

## 3.4 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 route départementale 108 puis des terrains agricoles
- À l'Est, par des terrains agricoles, puis une habitation à environ 330 m
- Au Sud, par des terrains agricoles
- À l'Ouest, par des terrains agricoles et une habitation et ferme à plus de 500 m




Le site dispose d'accès routiers véhicules légers par la route départementale 108 allant de Montoire sur le Loir à Herbault.

Le site est intégré dans le tissu agricole et à l'écart de la commune.

### 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 Amand Longpré.

Il n'y a pas d'eau de process.

### 3.4.3 Zones naturelles protégées

La commune de Saint Amand Longpré est concernée par aucune ZNIEFF de type I et II (Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique) ni d'une zone Natura 2000.

### 3.4.4 Voies de communication

Les émissions des transports routiers sont liées au flux du personnel et au flux des camions de livraison/expédition.

Le trafic moyen journalier à l'endroit du site, est de 1 846 véhicules par jour avec environ 6% de poids lourds.

Il n'y a pas de gare ferroviaire à proximité immédiate du site.

Il n'y a pas d'aérodrome à proximité immédiate du site.

### 3.4.5 Conclusions sur les intérêts à protéger

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

- La ferme à l'arrière du site,
- La route départementale 108 qui borde la site

## 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** | **Scénarios étudiés** |
|---|---|---|---|---|---|
| Silo/stockage De produits | Grains | Échauffement produit | Point chaud | Nul | Non étudié |
| | | Effondrement cellules | Épandage produit | Destruction équipement Ensevelissement | Étudié |
| | Poussières | Explosion | Onde de pression Projection d'éléments Incendie résiduel | Blessure mortelle sur l'homme Ensevelissement Destruction des structures et équipements | Étudié |

### 3.5.3 Événements redoutés

L'analyse des dangers a mis en évidence que les évènements redoutés majeurs pour le site étudié étaient, au regard des activités et des quantités stockées des différentes activités :

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

Ces 2 évènements seront donc étudiés dans l'analyse des risques.

### 3.5.4 Cinétiques des évènements 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 :
    - Le délai d'occurrence
    - Le délai nécessaire à la montée en puissance du phénomène jusqu'à son état stationnaire
    - Le délai nécessaire à l'atteinte d'un effet physique sur la cible
    - La durée d'exposition des cibles

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

#### *3.5.4.2 Cinétique des évènements majeurs retenus par le groupe de travail*

| Phénomènes dangereux | Dynamique pré-accidentelle | Dynamique post-accidentelle | Capacité d'intervention | Terminologie du scénario |
|---|---|---|---|---|
| Explosion de poussières dans équipement (filtre, élévateur) | Milliseconde (très rapide) | Très rapide | < 30 minutes | Très rapide |
| Effondrement cellules | Seconde | 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<br>Déport de sangles<br>Contrôleur de rotation<br>Fonctionnement asservi à l'aspiration |
| **Sécurité sur les autres transporteurs** | Bandes antistatiques et difficilement propagatrices de flammes<br>Contrôleurs de rotation |
| **Sécurité sur le filtre** | Mise à la terre des parties métalliques des filtres à l'aide de tresses<br>Ventilateur d'extracteur d'air placé dans le flux d'air propre<br>Event correctement dimensionné ou surface soufflable sur existant<br>Ecluses faisant office de découplage |
| **Sécurité Générale** | Disjoncteur sur les moteurs<br>Coups de poing d'arrêt d'urgence sur les équipements<br>Plan d'évacuation affiché.<br>Extincteurs répartis aux différents paliers<br>Classement ATEX Hors Zone (pas de poussière et maximum de volume)<br>Découplage maximum des volumes<br>Nettoyer les installations<br>Paratonnerres répartis sur l'ensemble du site |

# 4 ANALYSE DES RISQUES

## 4.1 Tableaux d'analyse des risques des cellules métalliques existantes et projetées :

| Localisation | Causes | Conséquences | Mesures de prévention existantes | Mesures de protection existantes | PI | GI | Mesures de prévention envisagées | Mesures de protection envisagées | PF | GF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fosse | - Corps étranger métallique<br>- Particules incandescentes (cigarettes, points chauds)<br>- Malveillance<br>- Erreur humaine<br>- Emission de poussières<br>- Défaut mécanique des véhicules<br>- Travaux à proximité | - Transmission du corps étranger métallique et du point incandescent à l'équipement(s) d'après<br>- Etincelle<br>- Incendie résiduel de poussières | - **Classement ATEX Hors zone**<br>- Protocole de sécurité pour le chargement / déchargement<br>- Grille à barreaux (écart moyen < 5 cm) à 100% de la surface<br>- Interdiction de fumer par affichage<br>- Permis de feu<br>- Nettoyage de la fosse régulier<br>- Consignation des installations en cas de travaux<br>- Plan de prévention entreprise extérieure<br>- Procédures de travail<br>- Formation du personnel<br>- Site clôturé | - Zone non confinée<br>- Extincteurs à proximité | 5 | 1 | | | | |
| Elévateur | - Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant<br>- Etincelle mécanique (godet décroché)<br>- Echauffement des flancs par frottement de la sangle<br>- Echauffement de la sangle sur le tambour par patinage (tension)<br>- Travaux par point chaud<br>- Rupture sangle<br>- Electricité statique<br>- Usure du matériel<br>- Particules incandescentes depuis équipement(s) avant<br>- Combustion sangle<br>- Rupture de roulement<br>- Echauffement mécanique | - Transmission du corps étranger au l'équipement(s) d'après<br>- Transmission particules incandescentes au l'équipement(s) d'après<br>- Incendie poussières<br>- Etincelle<br>- Bourrage | - **Classement ATEX Hors zone ou zone 22**<br>- Permis de feu<br>- Sangles et courroies anti-statiques et difficilement propagatrices de la flamme<br>- Liaisons équipotentielles<br>- Maintenance préventive<br>- Equipements capotés<br>- Fonctionnement asservi à l'aspiration<br>- Anti retour en tête<br>- Procédures de travail<br>- Formation du personnel | - Extincteurs à proximité | 2 | 3 | | | | |
| TC | - Etincelle mécanique<br>- Défaut d'entretien<br>- Usure du matériel<br>- Particules incandescentes depuis équipement(s) avant<br>- Corps étrangers métalliques depuis équipement(s) avant<br>- Rupture chaînes<br>- Frottement chaînes / bâtis<br>- Travaux par points chauds | - Transmission du corps étranger à l'équipement(s) d'après<br>- Casse matériel<br>- Transmission particules incandescentes depuis équipement(s) après<br>- Incendie résiduel de poussières<br>- Etincelle | - **Classement ATEX Hors zone**<br>- Vitesse limitée<br>- Maintenance préventive<br>- Permis de feu<br>- Liaison équipotentielle<br>- Equipement capoté<br>- Procédures de travail<br>- Formation du personnel<br>- Relais thermiques sur moteur | - Capot soufflable<br>- Extincteur à proximité | 4 | 1 | | | | |
| Cellules 1 à 3<br><br>Cellules 4 à 6 | - Mauvaise condition de stockage<br>- Mauvaise qualité du grain stocké (T°C, H2O)<br>- Particules incandescentes depuis équipement(s) avant<br>- Détérioration et usure des parois (fragilisation)<br>- Travaux par points chauds<br>- Incendie, explosion gaz | - Combustion du grain<br>- Echauffement du grain<br>- Propagation particules incandescentes depuis l'équipement(s) d'après<br>- Incendie résiduel de poussières<br><br>- Effondrement<br>- Rupture cellule | - **Classement ATEX Hors zone**<br>- Sonde température manuelle<br>- Sonde de trop plein<br>- Procédure de stockage (maîtrise qualité)<br>- Ventilation<br>- Transilage<br>- Surveillance<br>- Procédure de travail<br>- Formation du personnel | - Cellules fermées | 4<br><br>1 | 1<br><br>4 | | | | |

## 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 et poussières.

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 terme 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 (3ème cas) ou à l'explosion de poussières qui nous ramène au second cas.

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

- SC1 : Explosion de poussière dans un équipement ATEX
- SC2 : Effondrement des cellules

Ces 2 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 terme d'effets (pression).

Il apparaît d'emblée que l'événement classique est un enchainement 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 équipement en zone ATEX engendrera une surpression 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 entrainer une explosion secondaire s'il y avait suffisamment de poussière.

Sinon, sans aucune conséquence car la surpression se détendrai 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 entraine des explosions secondaires aux effets dévastateurs (Blaye).

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

L'effondrement d'une cellule est envisageable notamment à cause du vieillissement des équipements principaux et/ou une pression non négligeable dans une cellule du aux remplissage et/ou aux vidanges successives.

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

*Description*

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

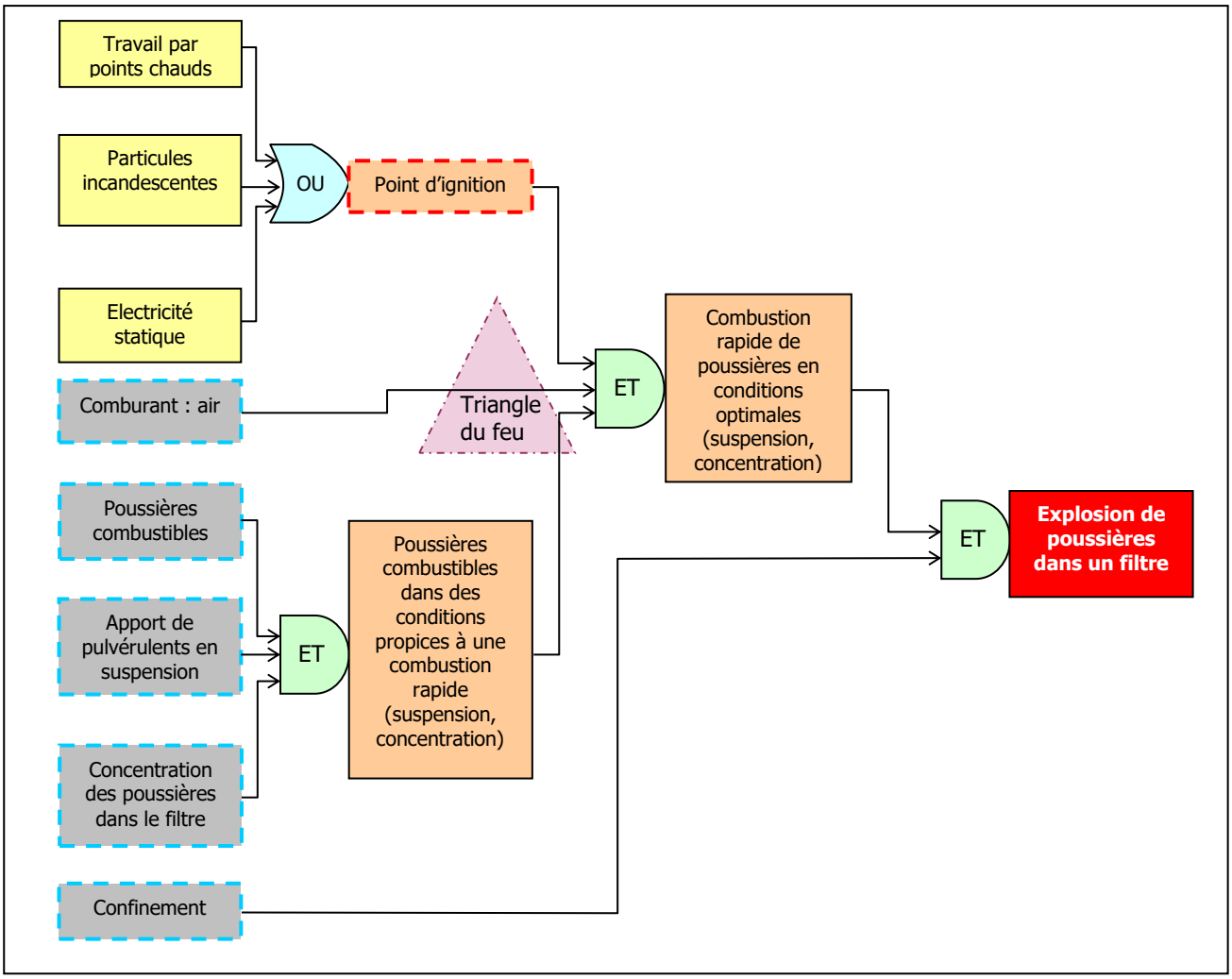
- Espace confiné,
- Présence de comburant (oxygène)
- Poussières combustibles,
- Poussières en suspension.

De plus, 1 des 2 autres conditions nécessaires peut être présente :
- Poussières en concentration propice à l'explosion (ni trop [> plusieurs kg/m³] ni trop peu [< 50 g/m³]) du au fonctionnement même du filtre lors de la phase de décolmatage des médias filtrant

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 événement*



*Occurrence – 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

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.

# 5 CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX :

## 5.1 SC1 : Explosion primaire dans un équipement classé ATEX :

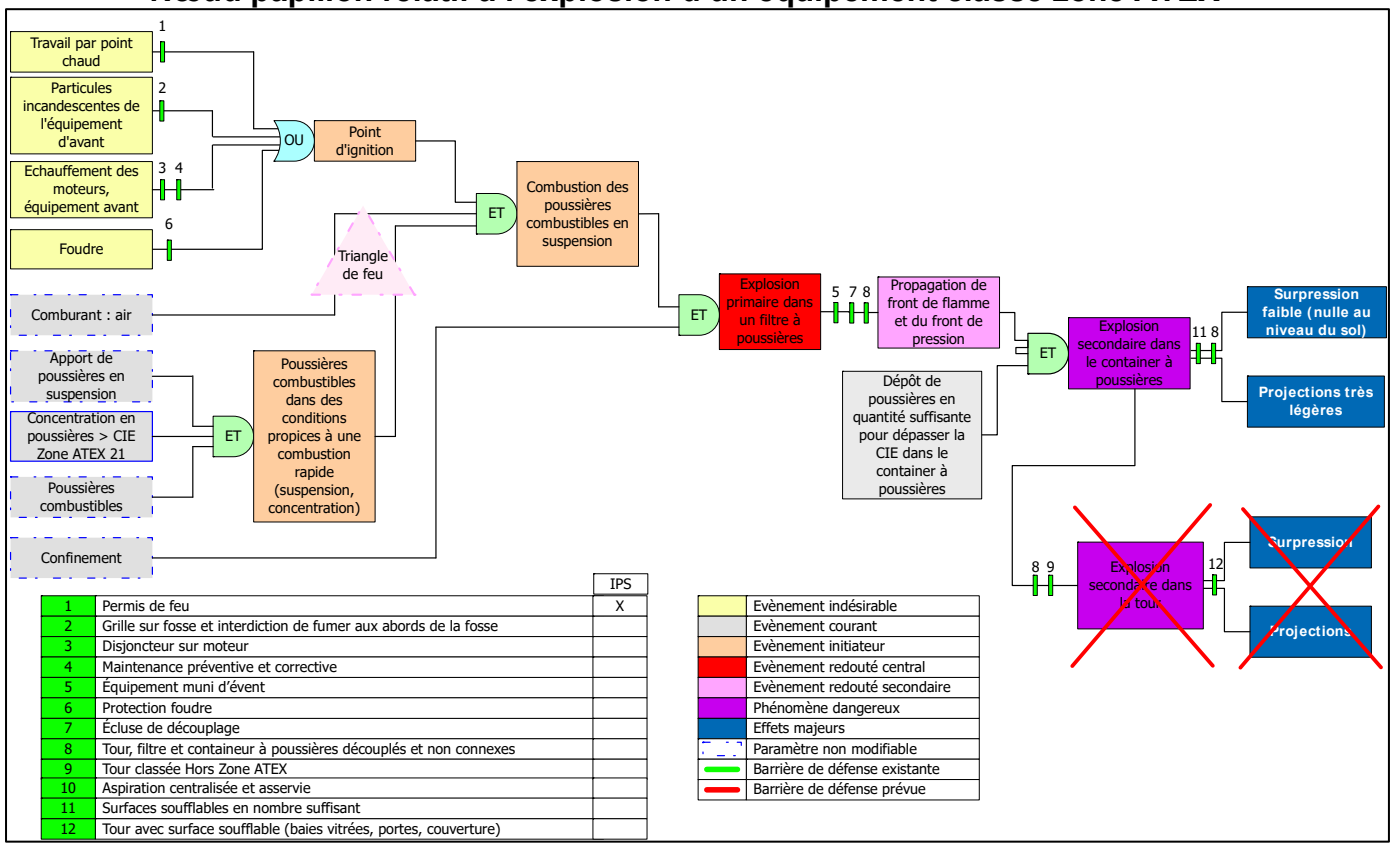
### 5.1.1 Description de l'événement redouté :

Le principal risque lié à l'activité est le risque d'explosion d'un équipement classé ATEX.

### 5.1.2 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection :

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

**Nœud papillon relatif à l'explosion d'un équipement classé zone ATEX**




| | | IPS |
|---|---|---|
| 1 | Permis de feu | X |
| 2 | Grille sur fosse et interdiction de fumer aux abords de la fosse | |
| 3 | Disjoncteur sur moteur | |
| 4 | Maintenance préventive et corrective | |
| 5 | Équipement muni d'évent | |
| 6 | Protection foudre | |
| 7 | Écluse de découplage | |
| 8 | Tour, filtre et containeur à poussières découplés et non connexes | |
| 9 | Tour classée Hors Zone ATEX | |
| 10 | Aspiration centralisée et asservie | |
| 11 | Surfaces soufflables en nombre suffisant | |
| 12 | Tour avec surface soufflable (baies vitrées, portes, couverture) | |

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

**Conclusion**

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

5.1.3 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 ≥ 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

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

La présence d'un évent 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 évent 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 évents. 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 :

- Pmax la pression maximale d'explosion (valeur maximale de la surpression) en bar
- Pred la pression d'explosion réduite (pression maximale à prévoir en cas d'explosion dans une installation équipé de dispositifs de décharge de pression) en bar
- Pstat la pression d'ouverture (pression qui s'exerce effectivement sur le dispositif obturant l'évent 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)
- KST 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
  $(dP/dt)_{max} . V^{1/3} = const = K_{ST}$

La surpression maximale Pmax et le KST 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 |
| Pmax (bar) | 7,3 | 7,6 | 7,1 |
| VMP ($bar.s^{-1}$) | 300 | 350 | 280 |
| Kst ($bar.m.s^{-1}$) | 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 (Pmax) 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 | Pmax (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 | Pmax (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 | Pmax (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 |

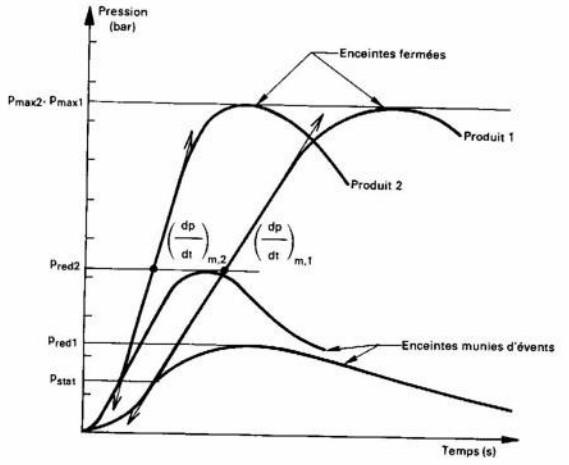
*Violence de l'explosion en chambre fermée de 20 litres*

C'est pour la concentration du nuage de poussières en $g/m^3$ 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 $m^3$. Pour cela, on admet la validité de la loi cubique :

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

En se basant sur ces résultats, la présente étude suppose que la poussière de céréales est caractérisée par un **Kst de 112 bars.m.s$^{-1}$** et une **Pmax de 9.3 bars**.

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




5.1.4 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 les équipements ATEX.

Les équipements ATEX sont dans des locaux où il n'y a pas de dépôt de poussières en quantité suffisante pouvant atteindre la LIE (si mise en suspension). Ils sont donc Hors Zone.

**L'explosion primaire d'un équipement classé ATEX s'étoufferait car il est extérieur**

**Il n'y aura donc pas de propagation aux différents équipements.**

*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.

### 5.1.5 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 1 :

Les scénarios de risque résiduel sont estimés en probabilité et gravité et la maitrise 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 limités et circonscrit dans un local il n'y aura pas de propagation.

L'évaluation des conséquences serait la suivante :

- Pas de propagation de l'explosion aux cellules (découplage)
- 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.

**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 maitrise 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.

## 5.2 SC2 : Effondrement des cellules :

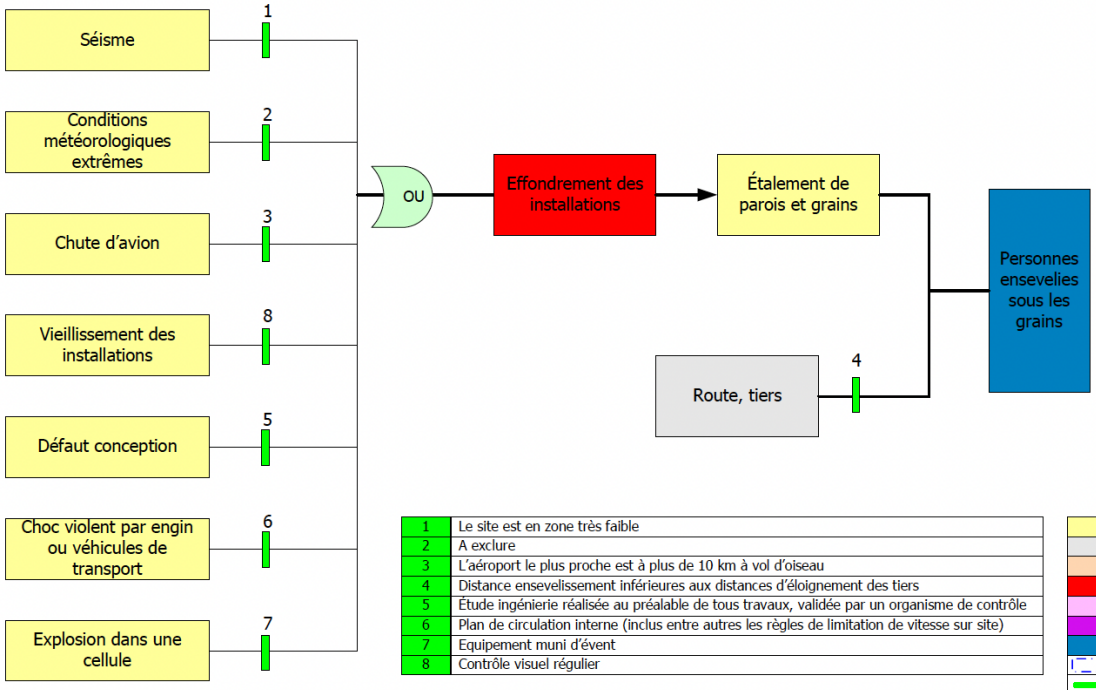
### 5.2.1 Description de l'événement redouté :

Il s'agit de l'effondrement d'une cellule situé à proximité des limites de propriété.

### 5.2.2 Nœud de papillon et mesures de prévention / protection :

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

**Nœud papillon relatif à l'effondrement d'une cellule**




| | |
|---|---|
| 1 | Le site est en zone très faible |
| 2 | A exclure |
| 3 | L'aéroport le plus proche est à plus de 10 km à vol d'oiseau |
| 4 | Distance ensevelissement inférieures aux distances d'éloignement des tiers |
| 5 | Étude ingénierie réalisée au préalable de tous travaux, validée par un organisme de contrôle |
| 6 | Plan de circulation interne (inclus entre autres les règles de limitation de vitesse sur site) |
| 7 | Equipement muni d'évent |
| 8 | Contrôle visuel régulier |

| |
|---|
| Evènement indésirable |
| Evènement courant |
| Evènement initiateur |
| Evènement redouté central |
| Evènement redouté secondaire |
| Phénomène dangereux |
| Effets majeurs |
| Paramètre non modifiable |
| Barrière de défense existante |
| Barrière de défense prévue |

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

**Conclusion**

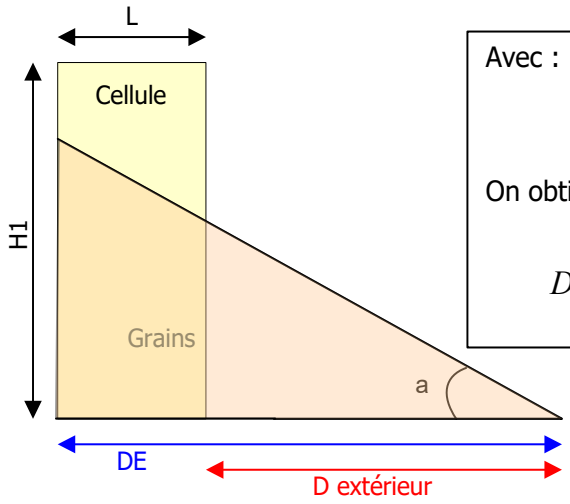
Le respect scrupuleux des mesures de sécurité existantes limite les probabilités et gravités du scénario et le rend acceptable.

*5.2.2.1 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.




Avec : L : Largeur de la cellule
H1 : Hauteur de la cellule
A : Angle de tas du grain (25°)

On obtient la formule suivante :

$$D_{Extérieur} = \sqrt{\frac{2H_1L}{\tan(a)}} - L$$

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

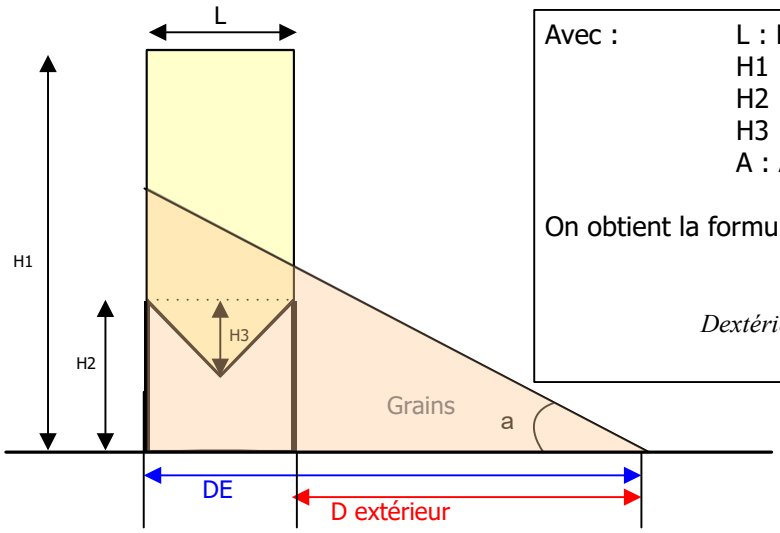
Dans la mesure où les silos peuvent stocker différents types de grains (céréales, oléagineux…), un angle de 25° peut être retenu.

| 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)*

*5.2.2.2 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



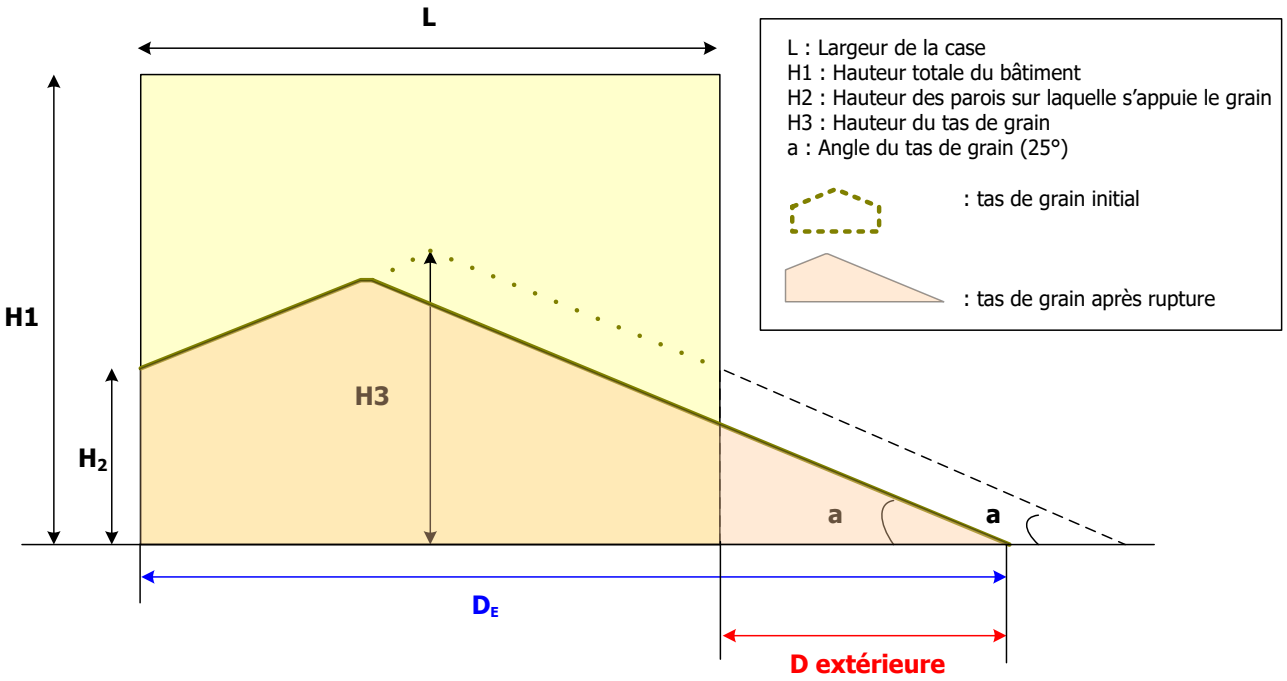

Avec :
L : Largeur de la cellule
H1 : Hauteur totale de la cellule
H2 : Hauteur du niveau haut du cône
H3 : Hauteur du cône
A : Angle de tas du grain (25°)

On obtient la formule suivante :

$$Dextérieur_e = \sqrt{\frac{2L\left(H_1 + \frac{H_3}{2} - H_2\right)}{\tan(a)}} - L$$

*5.2.2.3 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 :

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

5.2.3 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.

5.2.4 Conséquences : détermination des distances d'effets :

Les résultats de calculs figurent au tableau suivant pour les cellules les plus grandes :

| Enceinte | Volume | H1 (m) | Dimension L (m) | Angle de tas (°) | $D_{ext}$ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cellule silo vertical | 4 335m$^3$ | 23,05 | 15,1 | 25 | 25,45 |

La distance d'ensevelissement retenue est de 25,45 m pour les cellules métalliques existantes et projetées.

Cartographie

Les distances d'effet d'un effondrement d'une cellule de 4 335 m3 restent circonscrites dans le site.

5.2.5 Synthèse des évaluations du risque résiduel du scénario 2 :

Les scénarios de risque résiduel sont estimés en probabilité et gravité et la maitrise 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 et circonscrit dans le site

**Cotation en gravité :**

Aucun effet extérieur au site

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

**Cotation en probabilité :**

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.

| | | 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 maitrise 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 CARACTERISATION ET CLASSEMENT DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX :

## 6.1 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 la société LEPLATRE SAS pour son site de Saint Amand Longpré est définie ci-après :

| Scénario | Scénario résiduel | P | G |
|---|---|---|---|
| SC1 | Explosion de poussière dans un équipement ATEX | C | Modéré (I) |
| SC2 | 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*** | *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 ».**

# 7 MAITRISE DES RISQUES – MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION

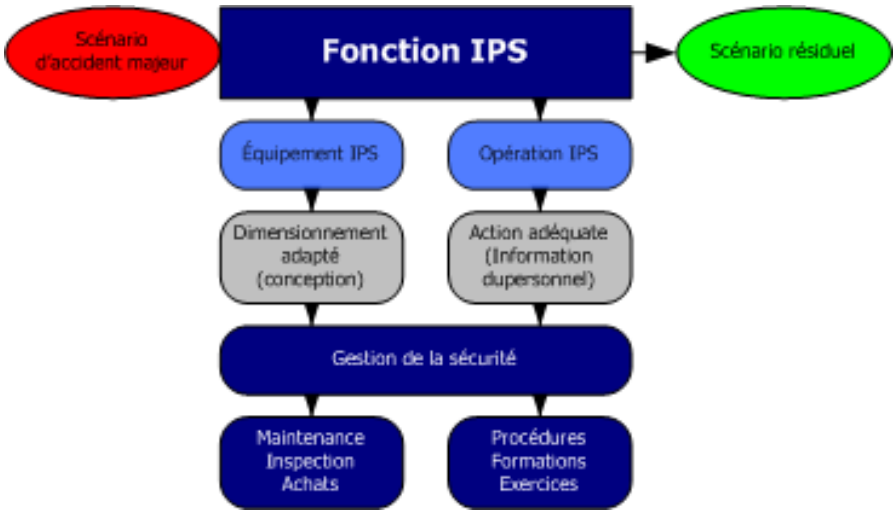
## 7.1 Détermination des barrières IPS pour les activités du site

Dans le cadre de ce document, la notion d'Equipement Important Pour la Sécurité (EIPS ou IPS) 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 d'EIPS 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 IPS 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 IPS pour chaque scénario d'accident majeur ;
3. Examen des performances des mesures de sécurité pouvant remplir les fonctions identifiées ;
4. Choix des barrières IPS par l'exploitant ;
5. Définition des actions à mener pour maintenir le niveau de performances des barrières IPS.

### 7.1.1 Scénarios étudiés

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

### 7.1.2 Identification des fonctions IPS

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

A titre d'exemple, une fonction IPS peut consister à « prévenir le dysfonctionnement d'un équipement », « limiter le temps de détection de l'incident », etc.
Une fonction IPS s'oppose donc à l'apparition d'un événement ou à l'enchaînement d'évènements indésirables.
Ainsi, pour un scénario donné, plusieurs fonctions IPS peuvent être définies successivement (en prévention ou en protection).

### 7.1.3 Identification des barrières IPS

Barrières IPS : 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 IPS répond à une fonction IPS.

Des barrières IPS doivent être identifiées pour chaque fonction IPS.
Les barrières IPS sont choisies parmi les mesures de sécurité. Ces barrières peuvent être des équipements (mesures techniques) ou des opérations (mesures organisationnelles).

### 7.1.4 Examen des performances des mesures de sécurité

Pour pouvoir choisir un IPS, 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 IPS.

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 IPS permet d'accomplir la fonction IPS pour laquelle elle est choisie.

| Critère | Equipement | Opération |
|---|---|---|
| Efficacité<br><br>Seuils de dérive | Quel est le paramètre à contrôler ?<br>Quelles sont les valeurs limites hautes et basses ? | Quel est le paramètre à contrôler ?<br>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)?<br>Quel est le temps de réponse? | Comment s'effectue la prise d'information (demande du personnel, appareil de mesure…) ?<br>Quelle est la fréquence de la prise d'information (immédiate, rondes…)?<br>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<br><br>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 -il (électricité…) ? Cet asservissement est-il assuré en cas d'accident ? | De quoi le personnel a-t-il besoin pour réaliser l'opération ?<br>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 ?<br>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?<br>Selon quelle fréquence? | L'efficacité des opérations est-elle vérifiée périodiquement?<br>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)? |

### 7.1.5 Maintien des performances des barrières IPS

La démonstration finale de la bonne maîtrise des risques passe par la description des tâches visant à assurer que les performances des barrières IPS restent optimales tout au long de la vie de l'installation.
Des exemples de tâches organisationnelles sont présentés au tableau suivant.

| **Tâches organisationnelles** | **Barrières IPS** | |
|---|---|---|
| | **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. |

### 7.1.6 Groupe de travail

Les fonctions et barrières IPS sont proposées par le groupe de travail participant à l'analyse des risques. En effet, les choix en matière d'éléments IPS peuvent être différents pour une même installation en fonction du contexte d'exploitation et de la vulnérabilité de l'environnement notamment.

7.1.7 Fonctions et barrières IPS sélectionnées par le groupe de travail :

L'ensemble des barrières IPS choisies par le groupe de travail et les tâches organisationnelles qui y sont associées sont décrites dans les tableaux ci-après.

| **Fiche EIPS** | **PERMIS DE FEU** |
|---|---|

| **Fonction de sécurité assurée** |
|---|
| Limiter 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) |

| **Type de barrière :** | **Organisationnel** |
|---|---|
| Prévention ..... ☒ | Protection ..... ☐ |

| **Nature** | | **Mode de fonctionnement** | |
|---|---|---|---|
| Passive | ☐ | SO | ☐ |
| Active | ☒ | Manuel<br>Automatique<br>Semi-automatique / Manuel temporisé | ☒<br>☐<br>☐ |

| **Critères** | | **Caractéristiques de l'EIPS** | **Responsable suivi** | **Documents associés** |
|---|---|---|---|---|
| **Efficacité** | *Action* | Le permis de feu est rempli par le représentant désigné du chef de l'établissement.<br>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 |
| | *Seuils* | 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 |
| | *Formation* | Les opérateurs des silos sont formés et sensibilisés sur les risques d'incendie et d'explosion susceptibles de se produire<br>L'intervenant doit avoir l'habilitation nécessaire dans son domaine d'activité | Service formation<br><br>Intervenant | Cahier / planning des formations;<br>Titre d'habilitation |
| **Suivi** | *Indisponibilité* | Aucun travail par point chaud ne doit être effectué sans qu'un « Permis de Feu » ne soit délivré | Responsable du site | |
| | *Enregistrement* | Un feuillet du permis de feu est archivé sur le site | Responsable du site / Intervenant | Permis de feu<br>Cahier d'intervention |
| | *Maintien des performances / Contrôle* | Des contrôles ponctuels du respect des consignes sont effectués pendant l'intervention<br>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 EIPS | CONSIGNES DE NETTOYAGE |
|---|---|

| Fonction de sécurité assurée |
|---|
| Éviter les dépôts de poussières pouvant se mettre en suspension et favoriser une explosion secondaire. |

| Type de barrière : | Organisationnel |
|---|---|
| Prévention ..... ☒ | Protection ..... ☐ |

| Nature | | Mode de fonctionnement | |
|---|---|---|---|
| Passive | ☐ | SO | ☐ |
| Active | ☒ | Manuel | ☒ |
| | | Automatique | ☐ |
| | | Semi-automatique / Manuel temporisé | ☐ |

| Critères | | Caractéristiques de l'EIPS | Responsable suivi |
|---|---|---|---|
| **Efficacité** | *Action* | Nettoyage des dépôts de poussière selon une procédure établie et explicitée (seuils à surveiller, périodicité, méthodes et précautions) | Responsable désigné de la zone |
| | *Seuils* | Contrôles réguliers par les responsables et nomination d'un responsable nettoyage par zone | Responsable désigné de la zone |
| | *Formation* | Les opérateurs des silos sont formés et sensibilisés sur :<br>les risques liés à une atmosphère explosible ;<br>la bonne pratique du nettoyage | Service formation |
| **Suivi** | *Indisponibilité* | Arrêt de l'installation en cas de fort empoussièrement (cf. seuils) ou nettoyage en urgence (48h) par un prestataire de service extérieur | Responsable désigné de la zone |
| | *Vérification* | Le niveau de nettoyage est vérifié périodiquement dans chaque zone. | Responsable désigné de la zone |
| | *Maintien des performances / Contrôle* | Contrôles ponctuels ou une vérification périodique du respect de la consigne de nettoyage par le responsable QSE. | Service QSE |

| Fiche EIPS | MAINTENANCE PREVENTIVE ET CORRECTIVE |
|---|---|

| Fonction de sécurité assurée |
|---|
| Éviter et remédier aux dysfonctionnements sur les équipements du silo,, par l'utilisation d'une GMAO |

| Type de barrière : | Organisationnel |
|---|---|
| Prévention ..... ☒ | Protection ..... ☐ |

| Nature | | Mode de fonctionnement | |
|---|---|---|---|
| Passive | ☐ | SO | ☐ |
| Active | ☒ | Manuel | ☒ |
| | | Automatique | ☒ |
| | | Semi-automatique / Manuel temporisé | ☐ |

| Critères | | Caractéristiques de l'EIPS | Responsable | Documents associés |
|---|---|---|---|---|
| **Efficacité** | *Action* | Intervention préventive et corrective selon les procédures en vigueur | Service maintenance | Fiche AP (Action préventive) |
| | *Seuils* | Fréquences spécifiques en fonction de la nature de l'intervention | Service maintenance | Fiche AP (Action préventive)<br>Planning de maintenance |
| | *Maintenance* | Rapport maintenance prédictive<br>Management | Service maintenance | Fiche AP (Action préventive)<br>Planning de maintenance |
| **Suivi** | *Indisponibilité* | Intervention externe | Service maintenance | Demande d'intervention |
| | *Enregistrement* | Les principales interventions de maintenance sont enregistrées selon les procédures. | Service maintenance<br>Responsable désigné de la zone | Fiche AP (Action préventive)<br>Contrôles préventifs annuels mécaniques et électriques<br>Rapport maintenance prédictive |
| | *Maintien des performances* | Formation aux risques explosion<br>Habilitation électrique<br>Compétences internes | Service maintenance et formation | Planning de formation<br>Maintenance préventive |

| 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<br>- Consignes de sécurité | - Application | - Enregistrements :<br>- Permis de feu<br>- Cahier d'intervention | - Management (formation)<br>- 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<br><br>Contrôles hiérarchiques |
| **2** | **Nettoyage silo** | Maintenir les installations propres afin de ne pas atteindre la CIE | **A** | - Procédure de nettoyage | - Dépôt de poussières > 50 g/m²<br>- Traces de pas | Enregistrements :<br>- Cahier de nettoyage | - Contrôles ponctuels par le QSE | - Formation aux risques explosion du personnel du silo | Audits internes<br><br>Contrôles hiérarchiques |
| **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 :<br>- Contrôles préventifs annuels mécaniques et électriques<br>- Fiche AP (Action préventive)<br>- Cahier d'intervention<br>- cahier de maintenance<br>- rapport de maintenance prédictive | - Formation aux risques explosion du service maintenance<br>- Management | - Formation aux risques explosion du service maintenance<br>- Habilitation électrique<br>- Compétences internes | Audits internes<br><br>Contrôles hiérarchiques |

*Tableau de synthèse des EIPS*

***A** = Activité* ***E** = Equipement* ***NA** = Non Applicable*

Les autres mesures de prévention sont importantes et maitrisées mais ne sont pas considérées comme EIPS.

# 8 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.

## 8.1 Moyens mobilisables propres à l'établissement

***Bouche incendie :***

Une visite a eu lieu sur site avec le SDIS 41 et il a été décidé d'installer une vessie de 120 m3 sur le site. Son emplacement est au Sud du site ( voir plan dans le decriptif)

***Extincteurs :***

Des extincteurs sont judicieusement répartis à plusieurs endroits dans les différents endroits conformément à la règle R4.

Ces extincteurs font l'objet de vérifications régulières par une société agrée.

***Moyens médicaux :***

Une trousse de premiers secours ainsi qu'un défibrillateur est présente dans le bureau.

***Moyens humains :***

L'effectif présent sur le site est composé d'un personnel permanentes attaché 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.

### 8.1.1 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 de Saint Amand Longpré 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 de Saint Amand Longpré. La couverture des risques peut être assurée dans un délai moyen théorique de moins de 10 min.

Il n'y a pas à proximité du site 1 poteau incendie opérationnel. Une vessie de 120 m3 est installée au sud du site.

Ces moyens sont appropriés aux faibles risques.

**Détermination des besoins en eau du site de Saint Amand Longpré :**

Rappel des activités du site :

1. Stockage de céréales :

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**

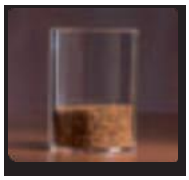
Le classement des principales activités du site suivant l'annexe 1 du fascicule 1-01, sont les suivantes :

| Activité du site | Fascicule activité | Intitulé risque | Catégorie | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Activité | Stockage |
| Stockage de matières premières | B (industrie agroalimentaire) | 43 : stockage silo | SO | RS |

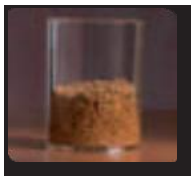
**Etudes spécifiques**

Pour les grains :

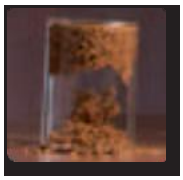
Lors d'un sinistre incendie « classique », l'eau se révèle généralement être l'agent d'extinction le plus adéquat.
Or, au regard du risque spécifique que présente l'activité de stockage de grains (notamment en cellules), cette eau pourra, en cas d'utilisation excessive, représenter une problématique 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 Amand Longpré.**
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 $m^3$/h pendant 2h soit 120 $m^3$.**

Une poche d'eau de 120 m3 est installée.

**Les réserves en eaux seront 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'égout)
- Déporter les eaux vers un bac de rétention ou cuvette imperméable (fosse de réception)

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.
- Vannes d'isolement permettant de condamner les réseaux de collecte d'eau pluviale du site.
- Équipements pouvant retenir l'eau (fosse de réception).

**Le besoin en rétention est donc au maximum de 120 m$^3$ et est disponibles**

Des procédures internes définissent les modalités de mise sur rétention du site.

### 8.1.2 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).

## 8.2 Organisation du retour d'expérience

### 8.2.1 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 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.

### 8.2.2 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 Importants Pour la Sécurité (IPS).

L'exploitant a mis en place une organisation visant à assurer la pérennité des éléments IPS. 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 Amand Longpré sont enregistrés et analysés.

**Aucun incident majeur n'a pour l'instant été enregistré.**

## 8.3 Conformité à l'arrêté silo

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.

| **Situation du site de Saint Amand Longpré** | |
|---|---|
| Les caractéristiques des silos sont développées en partie 1 (notice de renseignement).<br>Tous les silos sont constitués de cellules ayant des hauteurs de parois supérieures à 10 m. | **Silos verticaux** |

**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 et la gravité 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.

| **Situation du site de Saint Amand Longpré** | |
|---|---|
| Le présent dossier 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.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| Le responsable des silos (M. Leplatre) et les magasiniers sont des personnes expérimentées ayant reçu 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.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| <u>Les consignes suivantes sont établies et/ou en cours :</u><br>**Consignes d'exploitation stockage de grains**<br>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<br>**Consigne de nettoyage**<br>Fréquence et modalités du nettoyage des installations, mise en place et suivi des témoins d'empoussièrement<br>**Procédure de surveillance de la température du grain**<br>Modalités et fréquence de surveillance des températures avec renvoi à la procédure de sécurité en cas de dépassement de seuil de température<br>**Consignes générales de sécurité**<br>**Mise en sécurité et redémarrage de l'installation**<br>**Consigne d'intervention dans les cellules**<br>**Permis de feu**<br>Obligation de permis de feu pour les travaux de soudure ou lors de présence de point chaud lors d'intervention interne ou externe<br>**Consigne « Intervention d'entreprises extérieures » et Plan de prévention**<br>**Signalisation**<br>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, …)<br>**Consignes d'évacuation en cas d'incendie ou d'accident**<br>**Consignes incident, accident, défaillance**<br>Nécessité d'informer la DREAL lors d'accidents, procédure de fiche d'anomalies/progrès<br>**Plans d'évacuation**<br>**Interdiction de fumer sur l'ensemble du site** | **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.

**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.

| **Situation du site de Saint Amand Longpré** | |
|---|---|
| Le site avec ses installations respecte cette disposition.<br><br>La distance à respecter est de 50 mètres par rapport aux zones d'urbanismes opposables aux tiers et 25 mètres par rapport aux voies de circulation < à 2 000 véhicules/jour, dans la mesure ou la hauteur des cellules est > à 10 mètres<br><br>*Annexe 7 : Représentation des distances d'éloignement réglementaires* | **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'agréage et de pesage…) ne sont pas concernés par le respect des distances minimales fixées au 1er alinéa du présent article.

| **Situation du site de Saint Amand Longpré** | |
|---|---|
| Les bureaux administratifs du site sont situés à l'Est des nouvelles cellules à plus de 10 m des capacités de stockage (le plus proche). | **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.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| L'ensemble du site est clôturé, le bâtiment administratif est fermé à clés et une signalétique ad hoc limite et maîtrise l'accès aux seules personnes autorisées.<br>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**
Les mesures de prévention permettant de limiter la probabilité d'occurrence d'une explosion ou d'un incendie doivent être réalisées conformément aux réglementations en vigueur et adaptées aux silos et aux produits.

Les zones où des atmosphères explosives peuvent se former sont définies et signalées sous la responsabilité de l'exploitant selon les réglementations en vigueur. Les matériels présents dans les zones où peuvent se former des atmosphères explosives doivent être conformes aux réglementations en vigueur.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| La définition des zones de dangers ATEX est étudiée et définie dans l'ED selon le guide méthodologique interne de la société LEPLATRE. 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.<br><br>A partir des mesures de concentration de poussières réalisées par l'inter profession et les durées d'utilisation des appareils, l'intérieur des équipements est Hors Zone hormis certains équipements qui sont en zone 22 (élévateur extérieur).<br>Ces zones sont affichées. | **Conforme** |

Le silo est efficacement protégé contre les risques liés aux effets de l'électricité statique, des courants vagabonds et de la foudre.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| Les silos sont mis à la terre, il y a une liaison équipotentielle des appareils.<br>Les équipements et appareils sont conformes aux normes en vigueur et vérifiés annuellement par un organisme compétent (APAVE). | **Conforme** |

Le silo ne doit pas disposer de relais, d'antennes d'émission ou de réception collectives sur ses toits à moins qu'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. Cette étude est à intégrer dans le rapport précité et doit prendre en compte les conclusions de l'étude foudre.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| Aucune antenne sur les silos. | **Conforme** |

**Article 10**

Les mesures de protection permettant de limiter les effets d'une explosion doivent être réalisées conformément aux réglementations en vigueur et adaptées aux silos et aux produits.
Cela peut être l'une ou plusieurs des mesures telles que :

- Arrêt de la propagation de l'explosion par des dispositifs de découplage ;
- Réduction de la pression maximale d'explosion à l'aide d'évents de décharge, de systèmes de suppression de l'explosion ou de parois soufflables ;
- Résistance aux effets de l'explosion des appareils ou équipements dans lesquels peut se développer une explosion ;
- Résistance aux effets de l'explosion des locaux ou des bâtiments.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| L'étude de dangers a défini les barrières et les IPS de protection mises en place et valide l'acceptabilité des risques.<br>Les barrières présentes sont ou seront :<br>- Les capacités de stockage sont découplées<br>- La fosse est découplée des cellules | **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.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| Le site est muni d'extincteurs nécessaires et une poche de 120 m3 sont sur le site.<br>Les extincteurs sont contrôlés annuellement par un organisme extérieur compétent.<br>Il n'y a pas de cellules en béton fermées sur le site étudié. | **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 la création d'une atmosphère explosive (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 nettoyées.

| **Situation du site de Saint Amand Longpré** | |
|---|---|
| La fosse est située en dehors des cellules et complètement découplées de l'élévateur. Elle est munie de grille pour retenir les corps étrangers, et, nettoyée régulièrement.<br>*Annexe 8 : Consignes de nettoyage et d'incendie* | **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.

| **Situation du site de Saint Amand Longpré** | |
|---|---|
| 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.<br><br>A noter que l'essentiel des équipements de manutention (élévateur et transporteur à chaine), les jetées d'alimentation des transporteurs horizontaux, sont munies d'une aspiration poussières asservie.<br><br>Comme précisé à l'article 4, une procédure de nettoyage est mise en place avec utilisation d'un aspirateur pour nettoyer. Un registre 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 adaptés aux silos.

Des procédures d'intervention de l'exploitant en cas de phénomènes d'auto-échauffement sont rédigées et communiquées aux services de secours.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| 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.<br>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 manuelles par sonde.<br>Des procédures de maîtrise du processus sont définies ou en cours | **Conforme** |

**Article 15**

Les dépoussiéreurs et les dispositifs de transport des produits (élévateurs, transporteur à chaîne, transporteur à bande, transporteur pneumatique) doivent respecter les prescriptions des articles 9 et 10. Ils 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 transporteurs à bandes sont équipés de bandes non-propagatrices de la flamme.

| Situation du site de Saint Amand Longpré | |
|---|---|
| Les différents équipements sont munis au minimum de :<br>**Elévateur**<br>Contrôleur d'intensité<br>Déport de sangles<br>Aspiration poussières<br>**Transporteurs à chaîne**<br>Etanche avec trappe de bourrage asservie<br>**Système d'aspiration (cyclone)**<br>Capoté<br>Découplé par écluse<br>**Nettoyeur séparateur**<br>Capotage<br>Aspiration de poussières | **Conforme** |

**Le site de Saint Amand Longpré est évalué conforme à l'arrêté du 29 mars 2004 modifié.**