



BREVAL (78)

*_*_*

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER

6 - ETUDE DE DANGERS

Version E du 18/09/2019

SOMMAIRE

I - CONTEXTE DE L'ETUDE	3
II - DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	
2-1 Proximités dangereuses	4
2-2 Intérêts à protéger	5
III - IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGER	7
3-1 Potentiels de dangers naturels	7
3-2 Potentiels de dangers externes au site	
3-3 Potentiels de dangers liés aux produits	
_3-4 Les potentiels de dangers internes	18
IV - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER – GENERALITES (EXEMPLES DE	
MESURES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION QUE L'ON RETROUVE DANS LA	
PROFESSION)	
IV-1 - ANALYSE PRELIMINAIRE - EVALUATION DES RISQUES	
4-1-1 Accidentologie	
4-1-2 Définitions et méthodologie de l'analyse des risques pour le stockage céréales	33
4-1-3 Tableau de l'APR	
4-1-4 Nœuds Papillon	
VI - EVALUATION DES CONSEQUENCES	
6-1 Incendie	
6-2 Explosion	
6-3 L'effondrement	
6-4 Les risques de propagation de l'explosion	
6-6 Les risques de projections	
VII - EVALUATION DE LA CRITICITE	
7-1 Scénarios 1 et 2 : incendie cellules ou boisseaux	
7-2 Scénarios 3 et 4 : explosion cellules ou boisseaux	
7-3 Scénarios 5 et 6 : explosion tour de travail et galeries supérieures	
7-4 Scénarios 7 : ensevelissement des cellules	
VIII - MESURES ET MOYENS DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION CONTRE L'INCEI	
ET L'EXPLOSION	
8-1 Mesures générales de prévention	
8-2 Mesures générales de protection	



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

I - CONTEXTE DE L'ETUDE

• Objectif du dossier

Sont soumises à autorisation préfectorale les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts visés à l'article L. 511-1.

L'autorisation ne peut être accordée que si ces dangers ou inconvénients peuvent être prévenus par des mesures que spécifie l'arrêté préfectoral.

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, 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.

La délivrance de l'autorisation, pour ces installations, peut être subordonnée notamment à leur éloignement des habitations, immeubles habituellement occupés par des tiers, établissements recevant du public, cours d'eau, voies de communication, captages d'eau, ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Elle prend en compte les capacités techniques et financières dont dispose le demandeur, à même de lui permettre de conduire son projet dans le respect des intérêts visés à l'article L. 511-1 et d'être en mesure de satisfaire aux obligations de l'article L. 512-17 lors de la cessation d'activité.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

II - DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

2-1 Proximités dangereuses

• Voies de communication :

L'accès au site se fera essentiellement par la RD 11 quelquefois par l'avenue Noel Duchesne. Les voies de circulation à proximité de la zone d'étude sont constituées par :

- La route départementale n°11 située à 170 m au Nord des installations projetées (trafic estimé entre 2500 et 4999 véhicules/jour, source site internet du : Conseil Départemental des Yvelines);
- L'avenue Noel Duchesne, sans estimation de trafic, qui a pour principale fonction la desserte du site de SEVÉPI.

La voie SNCF Mantes-la-Jolie Evreux est située au Nord du site, à plus de 75 m du silo projeté. Le trafic de cette voie est supérieure à 30 trains par jour.

Le trafic routier concernant l'exploitation des installations projetées se diluera très bien dans l'année. En effet, le complexe céréalier servira au stockage et à l'expédition de la collecte de Sevépi. L'intérêt principal de ce projet est le fait de pouvoir expédier les céréales sur un même endroit et ainsi gérer au mieux la logistique de la coopérative permettant de limiter le nombre de camions sur les routes.

La zone d'étude n'est pas concernée par des voies navigables.

• Actes de malveillance :

⇒ Risque d'intrusion :

Un risque d'intrusion, très improbable, doit être envisagé. Le site est entièrement clôturé.

En dehors des heures d'exploitation, les bâtiments sont maintenus fermés à clef.

⇒ Personnel extérieur :

Uniquement pour les entreprises intervenantes, Consignes à disposition :

- Plan de prévention
- Mesures de prévention : permis de feu / interdiction de fumer / consignes...

Tous les travaux d'entretien courants, les gros travaux et interventions spécifiques seront réalisés par des entreprises extérieures conjointement avec le personnel de maintenance interne.



ETUDE DES DANGERS

2-2 Intérêts à protéger

• Voies de communication :

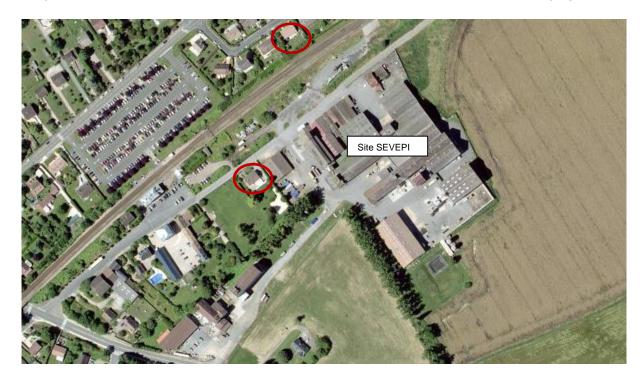
L'accès au site se fera essentiellement par la RD 11 quelquefois par l'avenue Noel Duchesne. Les voies de circulation à proximité de la zone d'étude sont constituées par :

- La route départementale n°11 située à 170 m au Nord des installations projetées (trafic estimé entre 2500 et 4999 véhicules/jour, source site internet du : Conseil Départemental des Yvelines) ;
- L'avenue Noel Duchesne, sans estimation de trafic, qui a pour principale fonction la desserte du site de SEVEPI. Elle est fréquentée par des voitures jusqu'à la hauteur de la gare, à 50 m de l'entrée du site. Au-delà de la gare et jusqu'au site de SEVEPI la rue est utilisée pour accéder au site. De ce fait nous retiendrons une moyenne de 10 véhicule/jour, hors ceux qui viennent sur le site de la coopérative.

La voie SNCF Mantes-la-Jolie Evreux est située au Nord du site, à plus de 75 m du silo projeté. Le trafic de cette voie est supérieure à 30 trains par jour.

• Habitations:

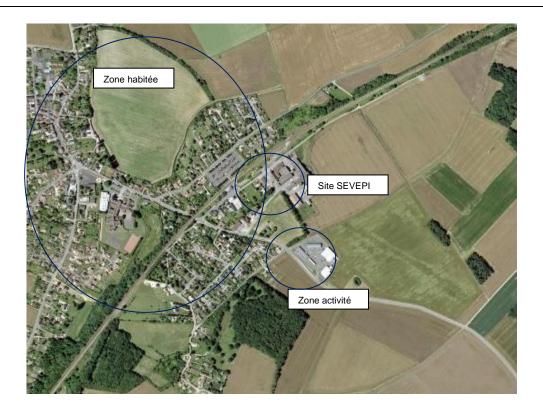
Les premières habitations sont situées à 92 m au Nord-Ouest et à 96 m à l'Ouest, du silo projeté.



On retrouve le reste des zones habitées sur le côté Ouest du site.



ETUDE DES DANGERS



La commune de BREVAL dispose d'un PLU qui a été approuvé le 07 février 2017 par le conseil municipal de BREVAL. Les parcelles se situent en zone Uy à vocation dédiée à la coopérative SEVÉPI. Les constructions et installations directement liées à l'activité qui s'y développe peuvent être autorisées.

• Industries ou autres activités économiques :

La zone d'activité artisanale et commerciale se trouve au Sud du site, à plus de 170 m.

• Périmètres administratifs :

Il n'y a pas de tiers ni de zones destinées à l'habitation dans les périmètres administratifs forfaitaires du silo projeté (distance forfaitaire de 1.5 fois la hauteur avec un minimum de 50 m). Il n'y a pas non plus voies de communication dont le débit est supérieur à 2 000 véhicules par jour, de voies ferrées sur lesquelles circulent plus de 30 trains de voyageurs par jour.

Il n'y a pas de 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 dans les périmètres administratifs forfaitaires du silo projeté (distance forfaitaire de 25 m).

Annexe 14 – Périmètres forfaitaires



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

III - IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGER

3-1 Potentiels de dangers naturels

Foudre

La foudre et sa manifestation sous forme d'éclairs, constitue un danger intrinsèquement.

En effet, l'énergie développée durant ces phénomènes peut constituer une source de dommages importants lors de l'impact de l'éclair avec détérioration des équipements et départ d'incendie possible. L'accidentologie relate quelques cas imputables à la foudre.

Impacts et conséquences

La foudre et les éclairs sont une source d'énergie importante. Lorsqu'un éclair tombe sur une installation, le courant de foudre suit le chemin privilégié, celui-ci offrant la plus faible résistance électrique.

Dans le cas d'un impact sur des structures métalliques (toiture) couvertes de fibrociment ou bardage, le courant s'écoule assez facilement dans les structures, pour rejoindre un fond de fouille existant ou suivre un cheminement forcé par une installation de protection avec des descentes et prises de terre dédiées à ces phénomènes.

Les conséquences de la foudre sur les bâtiments silos et autres, se traduisent souvent par la détérioration des installations électriques, voire dans certains cas, l'initiation d'un départ de feu. Cependant, il n'est pas précisé dans les accidents passés relatant la foudre à l'origine, si les installations étaient équipées d'un paratonnerre.

On peut supposer, lorsque la foudre tombe sur un bâtiment :

- soit un écoulement du courant de foudre en terre via les structures métalliques même de l'installation, ou par des descentes dédiées à travers un équipement de protection,
- soit le courant se trouve bloqué ou se décharge dans des équipements électriques proches, (informatique, armoire électrique, etc ...). Ce serait alors des départs de feu possibles, amplifiés par la présence de combustibles à proximité (poussières de céréales)

La foudre peut donc se traduire par :

- des effets thermiques susceptibles d'engendrer des points chauds, ou des départs de feu
- des effets de surintensité provoquant la détérioration des équipements électriques, électroniques



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

L'étude foudre permet d'effectuer une analyse du risque lié à la foudre, par une approche probabiliste d'un impact sur le stockage (données *météo-orage*), et de proposer une installation de protection qui assure l'écoulement des éventuels courants de foudre vers la terre, et donc, de minimiser ou supprimer les conséquences.

La destruction des matériels électriques (ordinateurs, armoires), électroniques (automates), est souvent constatée.

Indépendamment de la probabilité d'un impact de la foudre sur les installations, la réglementation liée aux installations autorisées impose qu'elles soient efficacement protégées contre les risques liés aux effets de l'électricité statique, des courants vagabonds et de la foudre.

La protection contre les effets de l'électricité statique est assurée par la mise à la terre et l'interconnexion par liaison équipotentielle de tous les équipements, appareils, masses métalliques et parties conductrices.

La réglementation

- Arrêté du 4 octobre 2010

Il reprend les obligations concernant la protection contre la foudre de certaines installations classées (dont les silos font partie).

Il précise la nécessité de réaliser une ARF, une Etude Technique et de se mettre en conformité vis-à-vis des résultats des études selon les normes en vigueur.

Conformément à l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19/07/2011 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées, une analyse du risque foudre et une étude technique seront réalisées avant le début de l'exploitation des installations, conformément à l'article 20 de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010.

- Arrêté du 29 mars 2004

L'article 9 de l'arrêté du 29 mars 2004, prescrit que le silo doit être efficacement protégé contre les risques liés aux effets de l'électricité statique, des courants vagabonds et de la foudre.

Une ARF complémentaire aux installations existantes sera réalisée suite à la construction des installations projetées. Les éventuels dispositifs contre la foudre seront mis en place avant le début de l'exploitation, conformément à l'article 20 de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010.

Protection foudre

La protection contre les effets de l'électricité statique est assurée par la mise à la terre et l'interconnexion par liaison équipotentielle de tous les équipements, appareils, masses métalliques et parties conductrices.

La foudre sera néanmoins considérée dans la suite de l'étude non pas comme un danger en soit, mais comme un des éléments initiateurs possibles du danger incendie des installations à risques.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Inondation

Les inondations peuvent provoquer des dégradations, tant sur les équipements que sur les produits. Deux aspects sont inhérents aux inondations :

- la flottation ou le déséquilibre provoqué d'équipements, associé à des pertes de confinement ou rupture (avec perte de produits)
- l'entraînement de produits stockés lors de la décrue,

Ce sont en effet des situations accidentelles, mais avec un impact notable possible sur l'environnement. Il est peu probable, pour autant, qu'un tel phénomène crée une situation d'accident majeur impactant par projection, dégagement d'éléments ou surpression, les tiers qui seraient présents dans l'environnement proche du site.

Ainsi, concernant les stockages réalisés sur le site, une inondation (phénomène non soudain) ne provoquerait pas de situation dangereuse si ce n'est la submersion progressive des produits dans les bâtiments et des problèmes de fermentation et pourrissement pour les céréales.

La zone d'étude n'est pas située à proximité d'un cours d'eau et n'est pas en zone inondable.

Ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu pour la suite de l'étude.

• Séismes

Les séismes d'origine tellurique selon leur intensité peuvent conduire à la ruine intégrale d'édifices. La propagation d'ondes engendrée par les mouvements du sol, provoque la mise en mouvement des structures. Selon l'intensité du séisme, le mouvement d'oscillation est tel que peuvent se rompre les éléments porteurs conduisant à l'effondrement de l'édifice.

La commune de BREVAL est située en zone d'aléa très faible selon la méthodologie de zonage sismique de la France (2011) établi par le Plan séisme du ministère de l'Environnement. Ainsi, selon la réglementation parasismique applicable aux bâtiments, les installations seront construites selon les règles de l'art.

Annexe 9 : Zones de sismicité France.

L'endommagement ou la ruine même des installations présentes et futures sur le site constituera seulement une perte financière importante pour la société et ne génèrera aucun risque particulier pour la sécurité des tiers dans l'environnement immédiat du site. De plus, nous préconisons que les installations soient construites selon les règles de l'Art.

Ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu pour la suite de l'étude.

Conditions climatiques

Les vents et la neige pourraient être la cause de dégâts sur les couvertures des bâtiments. Les bâtiments sont construits de façon à pouvoir résister à ces différents phénomènes.

Ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu pour la suite de l'étude.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

3-2 Potentiels de dangers externes au site

Voisinage immédiat du site

Dans certaines situations, des établissements riverains industriels, de par la nature de leur activité, peuvent constituer des potentiels de danger pour les sites faisant l'objet d'étude de risques. Par effet domino, les conséquences de la concrétisation de ces dangers extérieurs, peuvent impacter l'installation, par projection d'éléments, propagation d'incendie, ou rayonnement thermique important.

On ne recense pas d'usine ou d'industrie à proximité du site, le site est implanté en limite de commune dans une zone principalement agricole.

Ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu pour la suite de l'étude.

Actes de malveillance

La malveillance telle qu'elle est entendue de nos jours, peut se traduire pour le site par :

- l'effraction et la détérioration de matériels (portail, clôture, portes, vitres)
- vol de matériels,
- dans une moindre mesure, du vandalisme gratuit : tags et graffitis
- et départ d'incendie criminel,

Les conséquences pour la société pourraient être importantes. Elles sont d'ordre financier d'une part, mais aussi peuvent endommager voire détruire l'outil de travail. La maîtrise de ce point doit être assurée dans la mesure du raisonnable et économiquement acceptable, comme pour toute activité économique, et tout bien privé.

Cependant, ce secteur d'activité de l'agro-fourniture et collecte de céréales, n'est pas un secteur de concurrence accrue et les installations ne suscitent pas, vue de l'extérieur, un attrait ou intérêt particulier pour le commun des citoyens. Mais il ne peut être préjugé des intentions qui peuvent animer une personne ayant décidé de porter atteinte à l'établissement.

Le site est déjà clôturé et l'ensemble des bâtiments, portes, accès sont déjà fermés à clé. Toutes les précautions seront prises pour ne pas susciter la convoitise, à l'origine d'actes, souvent sans grandes conséquences (bris de glace, portes forcées). Le site est éloigné de grands centres urbains, réduisant le facteur (phénomène de bandes, attrait des zones à potentiel.).

L'installation présentera un niveau de sécurité suffisant vis à vis de l'intrusion, proportionné à l'activité du site.

Le vandalisme ne constitue donc pas un potentiel de danger important pour le site. Il sera néanmoins pris en compte dans la maîtrise du risque incendie en tant qu'élément initiateur.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Voies de circulation

- Réseau routier

Le passage de véhicules sur le réseau routier à proximité du site peut être source de potentiels de dangers suivants :

- Collision de véhicules entre eux avec projection de débris et incendie / explosion des véhicules
- Sortie de route d'un véhicule et collision contre un bâtiment situé en bordure de route.
- Déversement ou fuite de produit transporté par un camion avec incendie ou explosion si cela concerne des produits inflammables.

Le réseau routier aux alentours du site est composé des voies suivantes :

Voie / Tronçon	Distance	Débit moyen journalier Tous véhicules
RD 11	170 m au Nord	Entre 2 500 et 4 999 véhicules/ jour.

(source 2016 : Région Ile de France)

Les installations projetées seront implantées sur un site déjà exploité, ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu.

- Réseau ferré

La voie SNCF Mantes-la-Jolie Evreux est située au Nord du site, à plus de 75 m du silo projeté. Le trafic de cette voie est supérieure à 30 trains par jour (41 trains en moyennes, source site SNCF).

Ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu pour la suite de l'étude.

- Réseau aérien

On recense l'aéroport "Evreux Fauville ", situé à plus de 20 km à l'Ouest du site de Sévepi, et l'aérodrome des « Moissons » à plus de 18 km au Nord-Est.

Compte-tenu de la faible probabilité d'une chute d'aéronef sur la zone d'étude, ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

- Canal, voie navigable

Il n'y a pas de voie navigable à proximité du site.

Ce potentiel de danger ne sera donc pas retenu.

3-3 Potentiels de dangers liés aux produits

3-3-1 Propriétés des céréales

Les céréales constituent un exemple de poussières agroalimentaires. Ces poussières sont composées d'amidon, de fibres (cellulose), de lipides, de protéines, d'humidité et de cendres.

N.B. : les variations du taux d'humidité et du taux de cendres peuvent être importantes du fait de la qualité variable des céréales selon la culture.

Cependant, si la composition chimique des poussières montre que ces produits sont combustibles du fait de la présence de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, cette caractéristique n'est pas la seule pouvant expliquer les dangers inhérents à ce type de produits. En effet, il faut également citer les éléments suivants :

- la manutention des céréales
- les produits à forte teneur en lipides
- le grain ensilé continue de "vivre"

La manutention des céréales occasionne la dispersion de quantités importantes de poussières. Ces poussières proviennent généralement du tégument des grains, composé de plusieurs couches très minces et friables qui se détachent et se brisent finement lors des manutentions. La mise en suspension des poussières dans l'air est liée à leur granulométrie qui conditionne leur propension à l'envol (les poussières les plus légères étant les plus faciles à soulever) et le maintien du nuage (la sédimentation des poussières lourdes donnant une courte vie au nuage qui retombe à proximité du point de formation). Ces poussières, inflammables, forment, lorsqu'elles sont mélangées à l'air, une atmosphère explosive sous certaines conditions.

Les produits à forte teneur en lipides, tels que les oléagineux, peuvent être le siège d'auto-oxydation exothermique pouvant conduire à l'auto-échauffement.

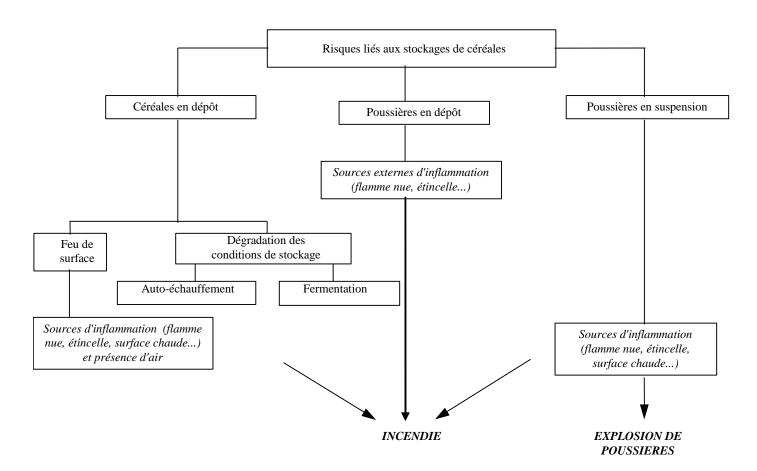


Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Le grain ensilé continue de "vivre". En effet lorsqu'il est humide, la fermentation peut conduire à une augmentation notable de la température pouvant aller jusqu'à l'auto-échauffement.

De ces caractéristiques découlent les risques inhérents à la manutention et au stockage des céréales. Ces risques sont illustrés dans la figure ci-dessous :



3-3-2 Le risque explosion de poussières

"L'hexagone de l'explosion de poussières"

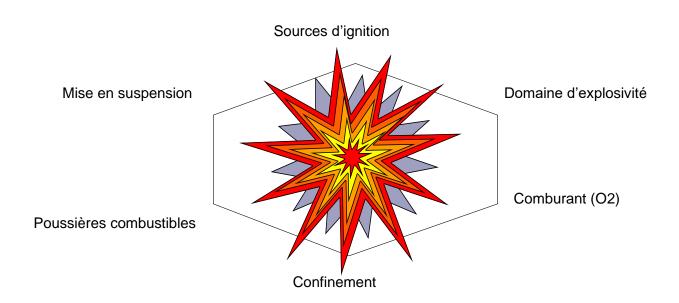
L'explosion est la combustion rapide d'un mélange inflammable avec l'air, dans un espace confiné ou partiellement confiné. Dans les industries agroalimentaires, les explosions de poussières sont possibles du fait des poussières soulevées lors des opérations de manutention et de transports des produits.

Tout comme l'incendie, l'explosion de poussières n'est envisageable que par la présence de plusieurs éléments qui sont définis dans «l'hexagone de l'explosion de poussières».



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS



Poussière combustible

Pour qu'une explosion de poussières soit possible, il faut que le produit pulvérulent combustible soit à l'état suffisamment divisé. La granulométrie des céréales est ainsi un facteur important vis-à-vis de l'occurrence d'une explosion de poussières.

Enfin, il est utile de citer un paramètre permettant de qualifier et de quantifier l'aptitude d'une céréale à la déflagration. Ce paramètre est l'indice de déflagration pour un nuage de poussière

L'indice de déflagration K caractérise l'explosivité des poussières (violence d'explosion). Le K_{ST} s'exprime en bar.m.s⁻¹. La vitesse maximale de montée en pression dans un appareil cubique est reliée au volume de l'appareil où se déroule l'explosion par une relation de la forme :

$$K = \left(\frac{dP}{dt} \max\right) \cdot V^{\frac{1}{3}}$$

K est une constante qui dépend principalement de la chambre d'essai du produit, et pour un même produit de la nature de la poussière et de son état (humidité, granulométrie). Pour des turbulences dites modérées, la constante appelée dans ce cas K_{ST} est déterminée selon EN 26184/1 par des essais en chambre de 1m³.

Mise en suspension

Un nuage de poussières peut être généré par le transport et la manutention des céréales. La dispersion des poussières est difficile à caractériser. On peut supposer qu'elle est d'autant plus grande que la densité de poussières est faible. Elle dépend aussi de sa cohésion, celle-ci étant fonction de l'humidité et de la forme des particules.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Confinement

Il vient augmenter encore plus les effets de l'explosion (bruit, fragmentation, projection de débris,...). Ainsi, le confinement peut accroître la sévérité d'une explosion.

Domaine d'explosivité

Chaque poussière présente une Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) et une Limite Supérieure d'Explosivité (LSE), qui définissent par conséquent un domaine d'explosivité. Ainsi, si l'on ne se situe pas entre ces limites, l'occurrence d'une explosion est quasi nulle.

Sources d'inflammation

C'est elle qui est l'élément déclencheur de l'explosion. Elle doit être au contact du nuage en suspension afin d'initier la réaction qui se propagera de particules à particules.

Voici les sources fréquemment rencontrées :

• Surfaces chaudes

Les surfaces chaudes peuvent provenir des installations électriques (moteurs, coffres d'alimentation...), de conduites de chauffage, de frottements...

Un frottement d'une pièce sur l'autre peut très bien survenir au niveau des transporteurs et générer alors une surface chaude. Si de la poussière est présente en quantité suffisante, le danger est menaçant.

• Flammes et gaz chauds

Il faut citer ici les opérations qui nécessitent un permis de feu. En effet, des opérations de soudage occasionnent des perles de soudure qui s'apparentent à des étincelles de très large surface. Une élévation soudaine de température est alors engendrée.

• Etincelles d'origine mécanique

Dans le cas de processus de friction, de choc et d'abrasion tels que le broyage, des étincelles peuvent survenir, résultant de la séparation de matériaux solides qui, s'ils sont oxydables, peuvent s'oxyder et atteindre des températures élevées.

Matériel électrique

On retrouve dans cette sous-partie les étincelles électriques et les surfaces chaudes. En effet, ces phénomènes peuvent se produire si des circuits électriques sont ouverts ou fermés, par suite de courants induits (courants s'écoulant entre deux systèmes électriquement conducteurs résultant de la foudre, ou encore d'un court-circuit si l'installation présente des défauts) ou encore du fait de connexions desserrées. Par ailleurs, un appareil inadapté à l'atmosphère explosive ou non, engendrera des risques.

• Electricité statique

Ce phénomène s'explique par des différences de potentiel électrique entre deux éléments qui sont mis en contact. Des charges électriques naissent entre les deux surfaces en contact, et une séparation ou accumulation de charges est occasionnée : une décharge d'électricité statique est alors générée.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Foudre

Cet élément naturel peut agir directement sur l'installation, si elle éclate dans une atmosphère explosive, ou indirectement par le biais de courants vagabonds qui peuvent occasionner des surtensions.

• Fermentation

Cette source peut être rencontrée dans un dépôt de céréales qui, de par des conditions de stockage anormales se dégrade et monte à une température de 70°C avec un premier palier à 30°C.

• Auto-échauffement

Cette source peut être rencontrée dans un dépôt de céréales qui, dans des conditions de stockage anormales, fermente. Après une fermentation, cet échauffement s'auto entretient et passe d'une température de 70°C à 400°C avec un premier palier à 30°C.

Le guide de l'état de l'art sur les silos précise :

- que les diamètres critiques sont pour une température à 70°C de 40 m pour les céréales à paille et 6 m pour les oléagineux,
- que les diamètres critiques sont pour une température à 30°C de 200 m pour les céréales à paille et 30 m pour les oléagineux.

Présence d'O₂

Il est nécessaire d'être en présence d'un comburant pour "alimenter" l'explosion. On peut noter qu'en deçà d'une concentration de 8-10% en O_2 , l'explosion ne peut pas avoir lieu.

Les effets d'une explosion de poussières

Les explosions de poussières sont assimilées à des combustions rapides et des déflagrations. Ce n'est que dans le cas de conditions très pénalisantes occasionnant entre-autre une forte turbulence qu'une transition en détonation est possible. La vitesse de déflagration est subsonique.

Les effets possibles d'une déflagration de poussières sont :

Effet thermique

Ejection de flammes de combustion à l'extérieur.

Projection de missiles

L'explosion vient solliciter les matériaux de construction par le biais d'une onde de pression. Si la résistance du confinement n'est pas suffisante, l'enceinte est fragilisée et des projections de missiles sont susceptibles de se produire.

Effet de souffle

La pression d'explosion, une fois l'enceinte fragilisée, est évacuée vers l'extérieur, et devient une onde de surpression qui s'atténue en fonction du temps et de la distance.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Déversement de grains

Sous l'influence de la sollicitation dynamique, et selon la nature du matériau, les parois peuvent céder et permettre le déversement des grains aux alentours immédiats du point de rupture envisagé.

3-3-3 Le Risque Incendie

"Le triangle de feu"

L'incendie n'est envisageable que par la présence de plusieurs éléments qui sont définis dans "le triangle du feu".



Poussière combustible

La manipulation des céréales génère de la poussière. L'aspiration à la source et le nettoyage sont des moyens efficaces pour diminuer la présence de cette poussière.

Céréale combustible

La céréale peut représenter une matière combustible.

Sources d'inflammation

C'est elle qui est l'élément déclencheur de l'incendie. Elle doit être au contact du produit afin d'initier la réaction qui se propagera de particules à particules.

Les sources fréquemment rencontrées sont décrites dans le paragraphe explosion.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Présence d'O2

Il est nécessaire d'être en présence d'un comburant pour "alimenter" l'incendie. On peut noter qu'en deçà d'une concentration de 8 -10% en O₂, l'incendie ne peut pas avoir lieu.

3-4 Les potentiels de dangers internes

Le phénomène de l'explosion dépend de la présence de 6 facteurs :

- 1 la présence de poussière
- 2 la poussière doit être en suspension
- 3 la poussière doit être en concentration explosive
- 4 la présence d'une source d'ignition
- 5 le confinement du volume
- 6 la présence d'oxygène (facteur permanent et non modifiable)

Le phénomène d'incendie dépend de la présence de 3 facteurs :

- 1 stockage de matière combustible
- 2 la présence d'une source d'ignition
- 3 la présence d'oxygène (facteur permanent et non modifiable)

L'incendie limité au matériel électrique a des effets thermiques limités aux installations. Par contre, ils peuvent être à l'origine d'un incendie plus important affectant les matières combustibles entreposées. Le risque incendie lié à une origine électrique sera traité sous la forme d'une source possible d'ignition en soit.

De même l'incendie lié à l'auto-échauffement des céréales sera traité en fonction de la taille critique des capacités de stockage.

Pour identifier les potentiels de dangers, nous allons étudier les possibilités de présence de ces facteurs. L'analyse détaillée démontrera la pertinence ou non de ces possibilités.

Nous nous baserons sur le potentiel d'explosion primaire, les explosions secondaires seront étudiées à la suite de l'évaluation des risques si nécessaire.

Les différents matériels et entités du process de fabrication sont donc les suivants :

Les trémies sont des fosses sur lesquelles les bennes agricoles viennent vider les céréales. Elles sont situées à proximité mais en dehors du silo, abritées de la pluie car sous un auvent et sont donc ainsi capotées.

Les TAC, transporteurs horizontaux à chaîne, sont constitués d'un caisson métallique capoté, et éventuellement sur aspiration, où les céréales sont convoyées par des « chaînes ». Le mouvement des céréales se fait sur un lit continu, il n'y a pas de brassage ni de mise en suspension à l'intérieur du transporteur, la vitesse de circulation est inférieure à 1 m/s. A l'arrivée dans le transporteur et à la sortie de celui-ci les céréales peuvent générer de la poussière, certains sont équipés d'aspiration asservie à la manutention.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Les TAV transporteurs à vis, sont constitués d'un caisson métallique capoté, où les céréales ou les coproduits sont convoyés par une vis d'Archimède. Le mouvement de la matière se fait sur un lit continu, il n'y a qu'un faible brassage (vitesse faible < à 1 m/s), pas de mise en suspension à l'intérieur du transporteur. A l'arrivée dans le transporteur et à la sortie de celui-ci les céréales peuvent générer de la poussière.

Les élévateurs sont des transporteurs verticaux des céréales. Ils sont constitués de godets accrochés sur une sangle, qui piochent les grains au pied de l'élévateur pour les monter en tête et les faire sortir. La vitesse de circulation est inférieure à 3 m/s. De par leur fonctionnement ils génèrent de la poussière en suspension. Les élévateurs sont capotés, et sur aspiration asservie au fonctionnement à la manutention.

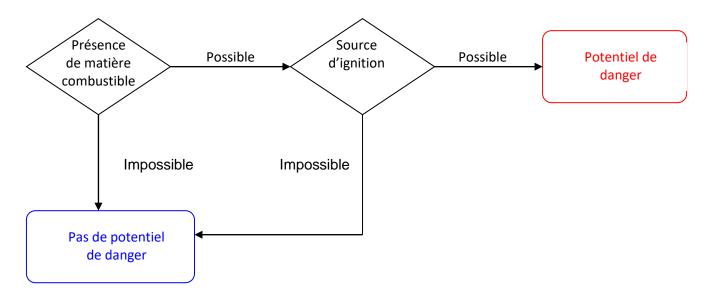
Les nettoyeurs-séparateurs / épurateurs et autres appareils de travail du grain, sont des appareils de travail des céréales. De par leurs fonctionnements ils brassent les céréales et génèrent donc de la poussière en suspension. Ils sont sur aspiration asservie.

L'aspiration (filtre à manches) a pour vocation de mettre en dépression les appareils sur lesquels elle est branchée, de manière à récupérer les poussières en suspension et à les envoyer dans la chambre à «issues céréales». L'aspiration est un caisson étanche, disposant de manches filtrantes permettant la récupération de la poussière. Les poussières sont envoyées dans le local à «issues céréales» par transporteurs de liaisons.

Les cellules et boisseaux, sont des volumes de stockage des céréales, à plus ou moins long terme. Leur remplissage se fait par ensilage au point le plus haut. L'ensilage génère de la poussière en suspension. La vidange, lorsqu'elle est gravitaire, ne génère pas de poussières en suspension. Lorsqu'elle se termine à l'aide de la ventilation, elle génère de la poussière en suspension.

Le boisseau « issues céréales » est un local qui récupère les poussières du système d'aspiration et les «issues céréales» issues du nettoyage des céréales.

Logigramme d'analyse des potentiels de danger lié à l'incendie.

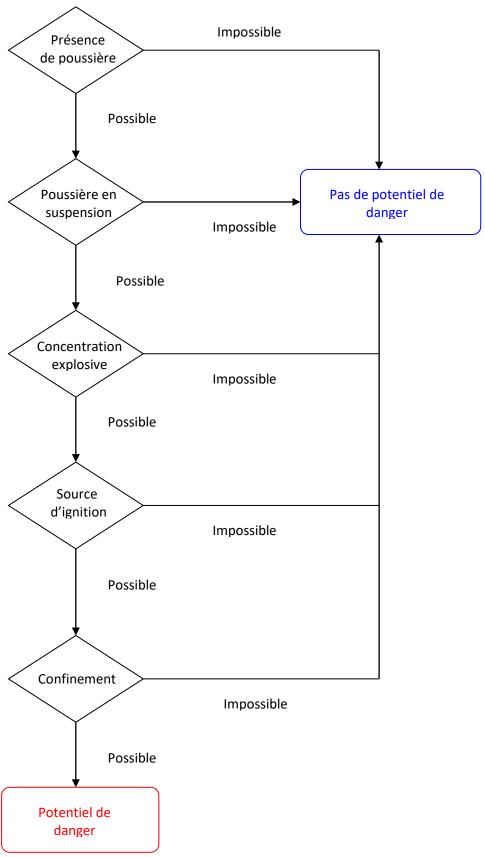




Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Logigramme d'analyse des potentiels de danger lié à l'explosion.





ETUDE DES DANGERS

Qualification des potentiels de danger lié à l'incendie.

ENTITE	PRESENCE PERMANENTE DE MATIERE COMBUSTIBLE	SOURCE D'IGNITION
Trémie	l (car circulation matières, pas de zone de stockage)	Р
TAC	l (car circulation matières, pas de zone de stockage)	Р
Elévateurs	Р	Р
Appareils travail du grains	l (car circulation matières, pas de zone de stockage)	Р
Filtre à manches	Р	Р
Boisseau à issues de céréales	Р	Р
Cellules/Boisseaux P		Р
Etages et galeries I (pas de stockage en sac des déchets		Р

^{*}P = possible, I = impossible

Potentiels de danger incendie :

- Elévateurs
- Cellules/boisseaux
- Boisseau issues de céréales
- Filtre à manches

Qualification des potentiels de danger lié à l'explosion.

ENTITE	POUSSIERES	POUSSIERES EN SUSPENSION CONCENTRATION EXPLOSIVE	SOURCE D'IGNITION	CONFINEMENT
Trémie	Р	Р	Р	1
TAC	Р	I (mouvement trop lent pour mise en suspension)	Р	Р
Elévateurs	Р	Р	Р	Р
Appareils travail du grains	Р	Р	Р	Р
Filtre à manches	Р	Р	Р	Р
Boisseau à issues de céréales	Р	Р	Р	Р
Cellules/Boisseaux	Р	Р	Р	Р
Etages et galerie supérieure	Р	l	Р	Р
Galeries de reprise	Р		Р	Р

^{*}P = possible, I = impossible

Potentiels de danger explosion :

- Elévateurs
- Nettoyeur-séparateur / épurateur et autres
- Boisseau issues de céréales
- Cellules/boisseaux
- Filtre à manches



ETUDE DES DANGERS

IV - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER – GENERALITES (EXEMPLES DE MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION QUE L'ON RETROUVE DANS LA PROFESSION)

Réduction liée aux produits : on ne peut changer le produit, ni ses propriétés et caractéristiques.

Réduction liée au process, bonnes pratiques du secteur céréalier :

L'implantation des bâtiments : éloignement des cibles.

La conception des bâtiments : séparation des volumes, choix des matériaux, structures ouvertes ou soufflables.

Et pour les facteurs de l'hexagone de l'explosion :

- Présence poussière :
 - o aspiration sur circuit du grain des silos,
 - o capotage des appareils,
 - o nettoyage céréales,
 - o nettoyage des locaux et matériels.
- Poussières en suspension :
 - o aspiration sur circuit du grain des silos,
 - o capotage des appareils.
- Concentration explosive :
 - o aspiration sur circuit du grain des silos,
 - o capotage des appareils,
 - o nettoyage céréales,
 - grand volume libre,
 - o nettoyage des locaux et matériels.
- Source d'ignition :
 - o limitation au strict minimum des matériels électriques,
 - o conformité des appareils électriques,
 - o mise à la terre,
 - o protection foudre,
 - o entretien maintenance,
 - o contrôleurs de défaut asservis au fonctionnement du silo.
 - Permis de feu
- Confinement:
 - o mise à l'air libre des volumes,
 - o grand volume pour limiter la concentration,
 - o création de surfaces fragiles ou d'évents.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

IV-1 - ANALYSE PRELIMINAIRE – EVALUATION DES RISQUES

4-1-1 Accidentologie

Recensement des incidents survenus sur le site

A ce jour aucun accident ou incident n'a été recensé sur le site.

• Enquête Coop de France (source Guide Silo)

La fédération professionnelle des organismes de collecte et de transformation des céréales, a mené une enquête sur les accidents entre les années 1982 – 1997 (15 ans).

100 coopératives représentant 1200 installations y ont répondu. 70 accidents ont été répertoriés.

Sur la période 1982-1997, les 70 accidents répertoriés se répartissent selon :

Origine	Explosion	Incendie
Défaut maintenance/entretien	2	24
Travail par point chaud	6	17
Causes diverses (fermentation,	-	10
élec.)		
Causes inconnues	5	6
Total 1982-1997	13	57

Ces données permettent de constater les points suivants :

- Sur les 13 explosions, 3 sont majeures et visent un silo portuaire (Blaye-33, le 20/08/1997) une malterie (Metz-57, le 18/10/1982) et un silo de collecte (Bourges-18, le 15/06/1989).
- Ces 3 accidents ont provoqué les 24 décès recensés sur cette période, avec 11 décès imputables au silo béton de Blaye et 12 au silo béton de Metz.
- Concernant les causes de ces sinistres majeurs, nous notons la réalisation de travaux par point chaud, sans permis de feu et sans condamnation de la manutention, celle-ci fonctionnant durant l'intervention. Il en est de même pour l'accident en Belgique (FLORIFFOUX, 1993).



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Inventaire BARPI

Le BARPI (base ARIA, ministère de l'Environnement, http://aria.environnement.gouv.fr) assure la centralisation des accidents sur l'ensemble des sites industriels, toutes activités confondues. A ce jour, cette base constitue la seule source d'information complète et suffisamment étoffée afin d'en extraire des tendances.

« L'accidentologie relative aux silos depuis l'accident de Blaye » est le support utilisé pour l'analyse des accidents passés.

Cette liste contient l'ensemble des accidents liés aux stockages de matières végétales, en silos de coopératives et d'usine de transformation (aliments, malterie, etc ...) sur la période de 1997 à 2017.

Sur la période 1997-2017 (données BARPI), ont été répertoriés 366 accidents liés à la manutention et au stockage de matières organiques (hors bois). Du fait de l'accidentologie passée, la surveillance des faits divers liés aux silos a été accentuée. Aussi, les données sont plus nombreuses.

Que montre l'accidentologie, en termes de concrétisation de danger ?

- 366 accidents recensés, toute gravité confondue, dont 22 accidents ont été écartés de l'analyse pour insuffisance de renseignements, dont on suppose qu'ils ne présentent pas de caractère grave (pas d'explosion, environnement, létalité) à la lecture des données disponibles et n'affecteront pas l'appréciation des accidents restants,
- Les types d'installations concernées, sur les 344 sinistres retenus sont :
 - Usines de fabrication : aliments, minoterie, meunerie,
 - Silos de type portuaire ou fluvial,
 - Stockages céréaliers de coopératives ou en exploitation agricole (à la ferme).

Les deux premières catégories sont caractérisées soit par des débits de manutention importants (de 500 à 1000 t/h pour les silos portuaires et fluviaux par exemple), ou des temps de fonctionnement très important à l'année, se traduisant par des taux de rotation des installations supérieurs à 5 (jusqu'à plus de 20 parfois) ; la majeure partie des céréales produites en France, passent par des silos portuaires ou fluviaux pour expédition.

Quant aux silos de collecte, ils sont rarement remplis deux fois de suite sur une campagne, soit un taux de rotation inférieur à 2. En effet, ces silos doivent être généralement vides pour la moisson suivante.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

A - Explosion (16 accidents sur 366 accidents)

- 11 avec des poussières et/ou céréales
- 1 avec de la farine
- 1 avec de l'inuline
- 3 gaz ou électrique

Les causes identifiées, 10 explosions poussières céréales:

Ce sont les accidents répertoriés au BARPI 12901, 21399, 12107, 15363, 20340, 21241, 24388, 42815, 44686 et 47633.

3 explosions faisant suite à une intervention de travaux par point chaud;

- Travail par soudure en présence de manutention fonctionnant (24388)
- Soudure à l'arc en présence de manutention fonctionnant à proximité (21241)
- Soudure et meulage sur un redler, en présence de manutention fonctionnant à proximité (20340)

6 explosions dues à des défaillances du matériel ou des dysfonctionnements :

- Etincelle suite détérioration d'un roulement d'un élévateur (12901)
- Court-circuit sur gaine électrique de poire de niveau dans boisseau en remplissage (12107)
- Rupture d'un roulement, sangle ou mécanique sur élévateur (21399, 47633 et 44686)
- Corps étranger (silex) avec étincelles, présent dans le boisseau, (15363)

1 explosion sans causes identifiés :

Cellule de malt (42815)

Les conséquences :

Hormis le cas 20340, le silo d'Albert (1 mort quelques mois après) et les cas 24388 et 44686 (2 blessés), les déflagrations ont eu des conséquences relativement limitées :

- bardage déformé, boisseau déformé, sans blessé, (12107)
- bascule de pesée et élévateur associé hors d'usage, sans blessé, (15363)
- grille d'évent abîmée, une paroi de la trémie et élévateur abîmés, sans blessé, (12901)
- élévateur hors d'usage, et quelques plaques fibro envolées, (21399)
- divers matériels et toiture du local (24388)
- élévateur et dépoussiéreur associé abîmés (47633 et 44686), à noter qu'il s'agit du même site.
- quelques vitres brisées, pas plus d'infos (47052)
- morceaux de la toiture cellule projetés, évents galerie soulevés (42815)

Dans ces cas de figure, aucun tiers n'a été impacté, ni l'environnement. Dans le cas contraire, l'accidentologie aurait mentionné de telles conséquences. Pour l'explosion du silo d'Albert (structure métallique, bardée), des éléments ont été retrouvés dans un périmètre de 20 m.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Premières conclusions sur les explosions

11 explosions céréales activité « silo » sur 366 accidents répertoriés depuis 1997 ; seules 2 présentent un caractère grave, (blessé ou décès), et une intensité importante du phénomène, sans pour autant sortir des limites du site ou impacter des tiers.

Ces deux explosions restent néanmoins sans commune mesure avec les sinistres de Blaye (1997) et Metz (1983) en France, avec la ruine totale de l'édifice. Les autres cas, peuvent être assimilés à de simples déflagrations, cantonnées aux volumes concernés (boisseau, trémie...).

Le faible empoussièrement global des installations a permis de limiter les conséquences. Ce qui ne semblait pas être vrai, à la lecture du compte rendu d'accident (dépôts et accumulation importante de poussières) pour le silo d'Albert (60).

De plus, les blessés recensés le sont lors des seules explosions dues à des interventions par point chaud (proximité de la source d'explosion) ; la lecture des accidents laisse également à penser que les procédures n'étaient pas respectées ou non existantes.

Il est à noter que depuis Blaye, l'impact psychologique de l'accident, doublé d'une pression réglementaire justifiée, ont permis de limiter considérablement la survenue de sinistres majeurs.

En ce qui concerne les dysfonctionnements mécaniques, nous ne disposons pas suffisamment d'éléments pour dire si les équipements comme les élévateurs, étaient équipés de dispositifs de détection d'anomalie (contrôleur de rotation, déports de sangle).

Sur les 7 défaillances techniques sources d'explosion, l'élévateur est en cause pour 5 d'entre eux. Cependant, l'élévateur est également en cause pour 2 accidents en point chaud. Soit 7 explosions sur 11 impliquent l'élévateur directement (problème roulement) ou indirectement (atteinte par point chaud extérieur).

Enfin, sur les 11 explosions répertoriées, 6 concernent des installations à taux de rotation important et pour les portuaires/fluviaux, des débits importants.

N° BARPI	Décès	Blessé	Conditions	Origine	Eléments en cause	Type d'installation	Produit concerné
12107	0	0	Manutention tournante	Défaill.tk	Poire de Niveau	Silo portuaire	Sucre
12901	0	0	Manutention tournante	Défaill.tk	Roulement élévateur	Silo collecte	Sorgho
15363	0	0	Manutention tournante	Défaill.tk	Corps étranger	Silo portuaire	Non précisé
20340	1	1	Manutention tournante	Point chaud	Soudure /élévateur	Usine transformation	Tourteaux colza
21241	0	1	Manutention tournante	Point chaud	Soudure/barillet	Usine transformation	aliments



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

N° BARPI	Décès	Blessé	Conditions	Origine	Eléments en cause	Type d'installation	Produit concerné
21399	0	0	Manutention tournante	Défaill.tk	Roulement élévateur	Silo collecte	maïs
24388	0	1	Manutention tournante	Point chaud	Elévateur	Usine transformation	farine
42815	0	0	Vidange	Inconnu	Inconnu	Malterie	Malt
44686	0	1	Manutention tournante	Défaill.tk	Frottement en pied d'élévateur	Silo portuaire	Maïs
47052	0	0	Manutention tournante	Défaill.tk	Bourrage et frottement en pied d'élévateur	Semoulerie	Résidus de blé
47633	0	0	Manutention tournante	Défaill.tk	Frottement en pied d'élévateur	Silo portuaire	Non précisé

L'accidentologie liée aux explosions, même limitée à ce jour, permet de conclure assez justement que la manutention (tout particulièrement les élévateurs) et l'encadrement des interventions doivent faire l'objet d'une vigilance toute particulière. Nous pouvons dire aussi que dans le cas d'une manutention à l'arrêt (condamnation temporaire de l'installation par consigne pendant les interventions), aucune explosion ne serait vraisemblablement arrivée et aucun blessé ni décès n'aurait été à déplorer.

B - Incendie & Combustion

Mettant de côté les accidents du travail (chute, ensevelissement), le reste de l'accidentologie des stockages céréaliers concerne des incendies ou combustions et des défaillances structurelles.

Une lecture des accidents répertoriés appuyée de l'œil expert de personnes compétentes dans le domaine des céréales, permet de distinguer :

- les incendies « traditionnels », et les échauffements d'éléments mécaniques ou de céréales, engendrant plutôt un dégagement de fumées plus ou moins important.
- Les auto-échauffements liés à la conservation de céréales.

Le deuxième cas présente une gravité nettement moindre, dans le sens où la cinétique est nettement moins rapide que pour un incendie traditionnel, et qu'il présente des possibilités d'attaque du sinistre dans des conditions moins difficiles.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Les incendies « traditionnels »

312 incendies recensés ou identifiés comme tel, sur les 366 accidents retenus.

- 109 d'entre eux concernent des séchoirs avec soit ruine de l'édifice ou endommagement limité,
- 64 en cellules ou boisseaux,
- 17 sur des broyeurs ou refroidisseurs en usine de transformation (aliments, luzerne),
- 25 sur autres installations, n'ayant aucun rapport avec le silo (local transformateur ou électrique par exemple),
- 28 sur les dépoussiéreurs ou local déchets,
- 49 au niveau de la manutention.

• Les auto-échauffements et combustions

20 cas d'auto-échauffement suspecté ou combustion de céréales et poussières,

- 1 dans un boisseau (usine de transformation luzerne),
- 19 cas dans des cellules.

Les raisons de ces incendies et échauffement/combustion

- Les principaux sinistres sont majoritairement les séchoirs,
- Défaillances techniques ou dysfonctionnements (échauffement roulement, rupture pièce métallique, court-circuit, etc ...),
- Erreur humaine, ou suite intervention humaine (travail par point chaud),
- Origine indéterminée, mais dont on peut supposer pour certains des défaillances techniques ou échauffement de produits,
- Origine naturelle (foudre) ; mais on ne sait si l'installation était protégée.

Les conséquences de ces sinistres (toujours sur la base de l'accidentologie donnée)

- Perte matérielle ou de produit : tout ou partie de la marchandise est généralement perdue dans ce type de sinistre. Les équipements sont souvent endommagés ou détruits, notamment les séchoirs qui sont souvent le siège des incendies les plus importants. Le reste du temps, les incendies au niveau de la manutention (échauffement moteur, incendie courroie) sont assez vite maîtrisés et donc limités. Les conséquences sont donc limitées.
- Seuls deux blessés légers sont à déplorer.
- Aucun tiers impacté recensé, ni dommage pour l'environnement,



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

C - Défaillance de structures, rupture de cellules

Dans les accidents pris en référence, de 1997 à 2017, nous en avons identifié 25 liés à une défaillance de structure :

- accident BARPI n° 346 (17/05/1988), effondrement d'une paroi de cellule dans un silo de 40 000 t de maïs entraîne le déversement de 450 t de grains sur un quai.
- accident BARPI n° 25674 (01/01/1990), un effondrement se produit dans un silo.
- accident BARPI n° 26862 (26/05/1995), une fissure, sous la pression des grains, s'est propagée jusqu'au bas de la cellule qui éclate libérant 500 t de grains.
- accident BARPI n° 11764 (18/10/1997); effondrement d'un boisseau suite à la rupture des boulons de fixation.
- accident BARPI n° 17229 (11/12/1999); rupture de la bâche d'un silo gonflable lors de vents violents.
- accident BARPI n° 23182 (20/09/2002); rupture d'une cellule béton d'un silo tour et chute de grains; sans conséquence; mise en cause des structures vieillissantes.
- accident BARPI n°23368 (01/10/2002); rupture cellule verticale béton; aucune conséquence;
 l'installation de goulottes de vidange directe sur cellule sur des cellules non conçues à cet effet en serait la cause.
- accident BARPI n° 25044 (05/07/2003), au cours de la vidange, une des 4 cellules d'un des silos s'éventre sur sa demi-périphérie et sur 10 m de haut.
- accident BARPI n° 25819 (29/10/2003), dans un silo, un épandage de blé (910 t) a lieu en début d'après-midi à la suite de la rupture mécanique de la structure d'une des 4 cellules métalliques.
- accident BARPI n° 28394 (20/08/2004), lors de sa vidange, l'une des 20 cellules en béton d'un silo de céréales se fissure à 10 m de haut, 1 043 t de pois stockées se répandent sur le sol.
- accident BARPI n° 30809 (07/10/2005), un silo de blé dans un élevage de volailles s'effondre dans la cour.
- accident BARPI n° 32410 (09/10/2006), une cellule métallique de 1 000 t de blé d'un silo de 4 500 t se rompt sur toute sa hauteur provoquant le déversement des grains sur la route communale jouxtant le site de la coopérative.
- accident BARPI n° 35053 (08/08/2008), Le voile en béton de l'une des 3 cases de stockage de céréales d'un silo de 13 920 m³ se rompt, puis percute et projette une cuve de fioul alimentant autrefois un séchoir, à l'extérieur de sa cuvette de rétention.
- accident BARPI n° 35027 (19/08/2008), un épandage de 2 100 t de blé et 1 000 t de maïs se produit à la suite de la rupture des parois d'un silo palplanche de 14 900 m³.
- accident BARPI n° 36034 (24/01/2009), effondrement de la cellule métallique contenant 2 600 t de blé
- accident BARPI n° 37484 (10/11/2009), dans un élevage de porcs, un silo métallique de 35 m de haut contenant 1 200 t de maïs s'incline après la rupture de tôles situées à sa base.
- accident BARPI n° 39144 (15/09/2010), une cellule métallique de 300 t construite en 1964 se rompt sur le site d'un silo de céréales d'une coopérative agricole.
- accident BARPI n° 41682 (30/01/2012), effondrement cellule béton, non-respect données constructive. Pas de victimes.
- accident BARPI n° 43749 (27/12/2012), effondrement cellule métallique, rupture virolles. Pas de victimes.
- accident BARPI n° 43458 (16/01/2013), effondrement cellule métallique palplanche, défaut conception. Pas de victimes.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

- accident BARPI n° 44488 (18/10/2013), effondrement cellule métallique, pas de cause détaillée. Pas de victimes.
- accident BARPI n° 46100 (31/10/2014), rupture paroi métallique, surcharge. Pas de victimes.
- accident BARPI n° 46539 (21/01/2015), effondrement toit cellule béton, défaut d'ancrage. Pas de victimes.
- accident BARPI n° 47275 (18/10/2015), effondrement cellule, pas de victimes, pas de cause détaillée.
- accident BARPI n° 47538 (31/12/2015), effondrement cellule blé, par faiblesse au niveau des viroles. Le toit et la manutention sont entrainés dans la chute. Pas de victimes.
- accident BARPI n° 47779 (11/03/2016), Affaissement farine de blé, pas de cause détaillé. Pas de victimes.

Les défaillances de structures sont assez rares. Elles peuvent intervenir lors de sous dimensionnement d'équipements, mais cela intervient très rapidement après la mise en fonctionnement des installations.

En général c'est donc le vieillissement naturel des structures qui est à mettre en cause dans ces incidents. Comme indiqué, il y a presque toujours des signes avant-coureurs, notamment avec les silos béton, par la présence d'éboulis.

Les quelques ensevelissements constatés ne le sont que dans le cadre de chute de personnes dans des cellules en cours de vidange ou des erreurs humaines lors des interventions des secours.

D - Conclusion

Sur les accidents concernant les silos, nous pouvons tirer les enseignements suivants.

- La première période a vu les accidents majeurs les plus importants, explosion et destruction de l'édifice avec nombreux décès (2 évènements avec 23 décès); étaient concernés des silos béton fermés de grande hauteur (silo cathédrale), de rotation importante (un portuaire et une malterie).
- La seconde période correspond à une prise de conscience prononcée sur le risque d'explosion, de la nécessité d'une prévention. En parallèle, la réglementation et la surveillance se sont renforcées. Depuis Blaye en 1997, aucun sinistre majeur n'a été constaté en France.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Depuis l'application de la réglementation de juillet 1998 et du renforcement des contrôles, nous pouvons considérer que le contexte actuel (formation, équipement de sécurité...) se distingue de plus en plus des pratiques d'avant 1997. Aussi, les écarts et incidents relevés sur cette dernière période reflètent un peu plus précisément les sources possibles d'accidents.

Les types d'accidents couvrent :

- les incendies / échauffements de grains sans conséquence majeure
- les défaillances ou rupture de cellules ou parois, sans conséquence majeure si ce n'est la perte de produits et des dommages matériels importants car onéreux à recouvrir
- les explosions de poussières

Les victimes recensées sont réparties de la manière suivante :

- 6 décès au sein du personnel interne, aucun tiers impacté, ni l'environnement, et parmi ces décès :
 - 5 par chute (accident du travail) ou ensevelissement lors du travail du grain
 - 1 lors d'explosion de poussières (décès suite aux blessures)
- 8 blessés constatés : 3 lors d'explosion, 2 lors d'un accident du travail et 3 lors d'incendie.

Globalement, nous retiendrons comme causes ou facteurs aggravants :

pour les incendies – combustions :

- la fermentation, ou contact de grains/poussières avec points chauds,
- les incidents sur manutention : échauffement par frottement mécanique ou par surintensité (moteurs),
- l'empoussièrement de certains équipements,
- des équipements particuliers comme les séchoirs alliant source de feu (brûleur), céréales humides et empoussièrement de l'installation,
- travaux par point chaud.

• pour les explosions :

- les interventions par points chauds (meulage, soudure à l'arc) mal ou non encadrées,
- la manutention fonctionnant durant ces phases de travaux,
- la défaillance de matériel (roulement) et absence ou non fonctionnement de dispositif de sécurité tel que contrôleur de rotation/déport de sangle (frottement),
- l'empoussièrement encore important,



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

pour les défaillances de structures :

- la rupture des capacités de stockage, boisseau ou cellule,
- la fragilisation provoquée des structures armées par modification de celles-ci,
- le vieillissement des structures,

Compte tenu de ces éléments, il apparaît pertinent de mentionner les éléments suivants, dans l'ordre d'importance, comme pouvant jouer un rôle important dans la réduction des incidents, voire leur non-survenue :

- le permis de feu et procédures de consignation de la manutention,
- les procédures de nettoyage des installations (incendie et explosion),
- le contrôle de la température des céréales pendant le stockage,
- l'installation, l'entretien ou la surveillance des équipements de sécurité (contrôleur de rotation, etc ..),
- la maintenance préventive,
- le contrôle du vieillissement des structures.



ETUDE DES DANGERS

4-1-2 Définitions et méthodologie de l'analyse des risques pour le stockage céréales

Préliminaires

La méthode que nous utilisons est une combinaison de méthodes référencées dans la littérature scientifique (AMDE, arbres de défaillances...).

Les analyses se feront suivant 3 étapes :

- analyse des risques,
- identification des scénarii d'accident,
- évaluation des conséquences des scénarii d'accidents identifiés.

Méthode

Groupes d'experts

Ces groupes d'experts sont constitués de plusieurs personnes :

- Garant de la méthode qui veille à l'application stricte de la méthode.
- Personnel technique des coopératives.
- Responsables Q.S.E. et Maintenance
- Chargés d'étude de la COOP DE FRANCE HAUTS DE FRANCE

Plusieurs groupes d'experts depuis 1999 ont permis de déterminer une analyse des risques de ce type d'installation. Cette analyse s'applique ensuite à l'installation concernée dans son mode de fonctionnement précis.

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR)

L'Analyse Préliminaire des Risques permet de constituer une liste exhaustive qui fait correspondre une entité dangereuse (composants du silo et de son environnement) à une situation dangereuse.

Les situations dangereuses sont déterminées à partir de la probabilité d'occurrence des évènements dangereux dans les différentes entités de l'installation.

Les évènements dangereux sont les évènements initiateurs de l'explosion :

- la présence de poussières
- les poussières en suspension
- la concentration explosive
- la source d'ignition (étincelle électrique, étincelle mécanique, étincelle statique, point chaud)
- le confinement

La présence d'oxygène n'est pas étudiée en raison de sa présence dans tout le système.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Les différentes entités de l'installation sont :

- les transporteurs à chaîne,
- les élévateurs,
- les cellules métalliques
- les boisseaux fermés,
- les étages ou galeries (supérieures ou de reprises),
- les appareils de nettoyage et de tri du grain,
- les installations de captage de poussières (filtre à manches),
- les fosses.

Pour dresser la liste des entités dangereuses, on combine une analyse fonctionnelle du système avec une analyse des flux de produits transitant par le système.

Pour dresser la liste des situations dangereuses, on étudie chaque entité et on en dégage les situations dangereuses pour chacune. Nous avons également eu recours à la base de données ARIA (BARPI), GROUPAMA.

L'expérience des personnels techniques est également une source importante d'informations.

Tableaux d'analyses des risques

A partir des situations dangereuses déterminées précédemment, il s'agit de rechercher les causes et les conséquences de ces situations pour chaque entité dangereuse, présente dans le système étudié.

ENTITE	EVENEMENT INITIATEUR	NATURE DU RISQUE	BARRIERE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
		Présence de poussières	
		Poussières en suspension	
		Concentration explosive	
	Sources d'ignition		
		- étincelle électrique	
	- étincelle mécanique		
		- étincelle statique	
	- point chaud		
		Confinement	

Les tableaux traitent le risque explosion dans chaque entité en prenant en compte les causes potentielles de chaque événement initiateur.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Méthode "Nœud Papillon"

Arbres de défaillance

On élabore un arbre de défaillances à l'aide des tableaux d'analyse des risques, c'est-à-dire les combinaisons des événements conduisant de proche en proche à l'événement redouté.

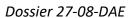
On arrête les arbres en définissant les Evénements de Base (EB). Ce sont les causes que l'on considère comme initiales. On ne cherche pas ou on ne peut pas expliquer ces causes plus en détail. Ce sont des événements dont on peut calculer les probabilités d'occurrence par une approche semi-quantitative. Cette quantification grossière se fait sur la base des sources suivantes :

- données constructeurs
- données d'autres types d'installations qui utilisent des équipements similaires dans des conditions d'exploitation et de maintenance semblables
- la littérature scientifique
- les données issues des assurances
- l'expérience de la maintenance

L'arbre est la représentation graphique de l'accident qui exprime le scénario de l'accident déterminé à la suite de l'APR, avec la mise en place des barrières de prévention et de protection qui réduisent la probabilité et la gravité de l'accident.

Evaluation des conséquences et de la gravité des accidents

On évalue les conséquences des scénarios et modélisation des effets.







ETUDE DES DANGERS

Evaluation de la cotation des accidents (circulaire du 10 mai 2010 intégrant l'arrêté du 29 septembre 2005):

Les niveaux d'occurrence et de gravité d'un accident peuvent être notés selon 5 échelons (du plus faible au plus important).

Les **niveaux d'occurrence** sont déterminés selon les critères qualitatifs suivants :

Classe de Probabilité	Niveau d'occurrence	Critères qualitatifs	Critère quantitatif
E	Evénement possible mais extrêmement peu probable	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	Evénement très improbable	s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	[10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵]
С	Evénement improbable	un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	[10 ⁻³ -10 ⁻⁴]
В	Evénement probable	s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.	[10-2-10-3]
А	Evénement courant	s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives.	> 10-2

La détermination des probabilités sera principalement basée sur des critères qualitatifs appréciés grâce au retour d'expérience et à l'accidentologie. On peut toutefois fixer une échelle quantitative permettant d'ajuster les critères qualitatifs.

Les effets permettant d'apprécier les conséquences sont déterminés selon les critères suivants :

	NIVEAU DE GRAVITÉ des conséquences	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine
1	Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement	Pas de zone de létalité hors de l'établissement	Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne ».
2	Sérieux Aucune personne exposée		Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
3	Au plus 1 personne exposée.		Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
4	Catastrophique Moins de 10 personnes exposées.		Entre 10 et 100 personnes exposées.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
5	Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (1).	Plus de 100 personnes exposées.	Plus de 1 000 personnes exposées.



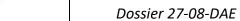
Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Grille de criticité du scénario redouté

Gravité 5 Désastreux	Non acceptable	Non acceptable (1)*	Non acceptable (2)	Non acceptable (3)	Non acceptable (4)
Gravité 4 Catastrophique	Critique	Critique	Non acceptable (1)	Non acceptable (2)	Non acceptable (3)
Gravité 3 Important	Critique	Critique	Critique	Non acceptable (1)	Non acceptable (2)
Gravité 2 <i>Sérieux</i>	Acceptable	Acceptable	Critique	Critique	Non acceptable (1)
Gravité 1 Modéré	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Critique
	Probabilité E <10⁻⁵	Probabilité D [10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵]	Probabilité C [10 ⁻³ -10 ⁻⁴]	Probabilité B [10 ⁻² -10- ³]	Probabilité A > 10 ⁻²

^(*) Gradation du risque





4-1-3 Tableau de l'APR

L'ensemble des mesures organisationnelles (formations, consignes d'exploitation...) et des organes techniques (contrôleurs de défauts) sont considérés comme des mesures de prévention qui visent à réduire la probabilité d'occurrence d'un éventuel accident. Les mesures de protection (physiques ou constructives), telles qu'un évent, un découplage ou encore une paroi résistante à l'explosion, visent à réduire la gravité des effets d'un éventuel accident.

ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	BARRIERE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Transport du grain	Présence de poussières	 poussières intimement mélangées aux grains. appareils capotés ligne d'ensilage sur aspiration ligne de reprise sur aspiration
	Jetée grains	Poussières en suspension en début de remplissage qui ne dure qu'une seconde	 de par sa conception, pas de brassage de céréales et vitesse 1 m/s, poussières intimement mêlées aux céréales.
Transporteurs à chaîne	Jetée grains	Concentration explosive en début de manutention qui ne dure que quelques secondes	- impossible de par sa conception, pas de brassage de céréales et vitesse < 1 m/s, poussières intimement mêlées aux céréales.
	Bourrage Défaut tension Déport de chaîne Rupture de chaîne Frottement Echauffement tôles Echauffement paliers Corps étranger	Sources d'ignition - étincelle électrique - étincelle mécanique - étincelle statique - point chaud - court-circuit - usure	 détecteurs de bourrage asservis au fonctionnement du silo. Contrôleur de rotation asservis au fonctionnement du silo. paliers externes . détecteur de surintensité moteur. mise à la terre et équipotentialité. grille sur fosse évitant la présence de corps étrangers. permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité. Maintenance préventive
	Appareil capoté	Confinement	



ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Transport du grain	Présence poussières	appareil capoté.sur aspiration asservie au fonctionnement du silo
	Prise et jetée du grain	Poussières en suspension Concentration explosive	- sur aspiration asservie au fonctionnement du silo
	Présence de poussières en concentration suffisante		- sur aspiration asservie au fonctionnement du silo
Elévateurs	Bourrage Défaut tension Déport de sangle Rupture de sangle Frottement Echauffement sangle Echauffement paliers	Sources d'ignition - étincelle électrique - étincelle mécanique - étincelle statique - point chaud - (travaux ou mécanique) - court-circuit - usure	 contrôleurs de rotation et déport de sangle asservis au fonctionnement du silo. paliers externes. détecteur de surintensité moteur. mise à la terre et équipotentialité. sangle anti-statique et autoextinguible matériel électrique conforme adapté. permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité. Maintenance préventive
	Appareil capoté	Confinement	- Présence d'évent sur les parois des étages

ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION	
	Travail du grain	Présence poussières	- fonctionnement asservi à l'aspiration.	
	Brassage du grain	Poussières en suspension	- fonctionnement asservi à	
	Présence de poussières en concentration suffisante	Concentration explosive	- fonctionnement asservi à l'aspiration silo.	
Appareil de travail du grain	Bourrage Rupture élément Frottement Echauffement paliers Corps étrangers	Sources d'ignition - étincelle mécanique - étincelle statique - point chaud - court-circuit - usure	 mise à la terre et équipotentialité. détecteur de surintensité moteur détecteur de mouvement matériel électrique conforme et adapté, permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité. Maintenance préventive 	
	Appareil semi-capoté	Confinement	- grilles sur fosses Présence d'évent sur les parois des étages	



Version E 18/09/2019

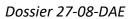
ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Transport de poussières	Présence poussières	 c'est son fonctionnement normal. fonctionnement du silo asservi à l'aspiration.
	Prise et jetée	Poussières en suspension	 c'est son fonctionnement normal. fonctionnement du silo asservi à l'aspiration.
	Présence de poussières en concentration suffisante	Concentration explosive	- fonction du débit.
Filtre à manche	Sources d'ignition	- étincelle statique - point chaud	 asservissement écluse. mise à la terre et équipotentialité. permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité. Maintenance préventive Contacteur de niveau arrêtant le filtre
	Appareil capoté	Confinement	 écluse de séparation de circuit système de découplage évent d'explosion pressostat différentiel

ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Présence de poussières	Présence poussières	- fonctionnement normal
	Ensilage de poussières	Poussières en suspension	- uniquement lors du fonctionnement du circuit d'aspiration.
Boisseau «issues céréales»	Présence de poussières en concentration suffisante	Concentration explosive	- fonction du débit du silo. - fonctionnement normal.
	Sources d'ignition	- étincelle statique - point chaud	 mise à la terre et équipotentialité. permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité.
		Confinement	- surface éventable



Version E 18/09/2019

ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Présence du grain	Présence poussières	- poussières intimement mélangées aux grains.
	Ensilage du grain	Poussières en suspension	- fonctionnement normal.
Cellules ou	Présence de poussières en concentration suffisante	Concentration explosive	 fonction du débit et de la hauteur de chute. aspiration sur circuit amont. Volume important.
Boisseaux fermés	Court-circuit Rupture élément Dégradation qualité céréales	Sources d'ignition - étincelle électrique - étincelle statique - point chaud - auto- échauffement Confinement	 silothermométrie fixe avec alarme pour les cellules. mise à la terre et équipotentialité. matériel électrique conforme adapté, sonde de niveau très basse tension permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité. surface éventable







ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Présence du grain	Présence poussières	 cantonnement. appareil capoté. aspiration centralisée procédure de nettoyage. procédure maintenance.
Etages ou	Fuite	Poussières en suspension	 cantonnement. aspiration centralisée appareil capoté. procédure de nettoyage. procédure de maintenance.
(supérieures ou de reprises)	I en concentration I	Concentration explosive	appareil capotéprocédure de nettoyage.procédure de maintenance.
	Sources d'ignition	Sources d'ignition - étincelle électrique - étincelle mécanique - étincelle statique - point chaud	 En fonction des appareils présents dans la galerie : mise à la terre et équipotentialité. matériel électrique conforme adapté. permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité.
		Confinement	- surfaces et parois soufflables

ENTITE	EVENEMENT	NATURE DU RISQUE	MESURE DE PREVENTION ET/OU DE PROTECTION
	Présence du grain	Présence poussières	- procédure de nettoyage
	Vidange du grain	Poussières en suspension	- uniquement en ensilage.
	Présence de poussières en concentration suffisante	Concentration explosive	fonction du débit et de la hauteur de chute.ouverte sur l'extérieur
Fosse	Sources d'ignition	Sources d'ignition - étincelle électrique - étincelle mécanique - étincelle statique - point chaud	 grille sur trémie. matériel électrique conforme adapté. permis de feu / plan de prévention. consignes d'exploitation et de sécurité.
		Confinement	- fosse ouverte sur l'extérieur



4-1-4 Nœuds Papillon

L'ensemble des scénarii portera sur le projet d'implantation d'un silo de stockage de céréales soumis à AUTORISATION.

Les scénarios d'incendie sont :

- scénarios 1 : incendie cellules

1.1 : cellule 2 590 tonnes1.2 : cellule 1 036 tonnes1.3 : cellule 518 tonnes1.4 : cellule 650 tonnes1.5 : cellule 320 tonnes

- scénarios 2 : incendie boisseaux

2.1: boisseaux expédition

2.2 : boisseau issues céréales

2.3 : boisseaux tampon

2.4 : boisseaux mélanges

2.5: demi boisseaux

Les scénarios d'explosion sont :

- scénarios 3 : explosion cellules

3.1 : cellule 2 590 tonnes3.2 : cellule 1 036 tonnes3.3 : cellule 518 tonnes3.4 : cellule 650 tonnes3.5 : cellule 320 tonnes

- scénarios 4 : explosion boisseaux

4.1: boisseaux expédition

4.2 : boisseau issues céréales

4.3 : boisseaux tampon

4.4 : boisseaux mélanges

4.5 : demi boisseaux

4.6 : Hall réception

4.7: Hall expédition

- scénarios 5 : explosion tour de travail

- scénarios 6 : explosion galerie supérieure

6.1 : galerie supérieure stockage « conventionnel »

6.2 : galerie supérieure stockage « bio »



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

A ce stade de l'étude nous ne pouvons pas exclure des explosions secondaires.

Dans la suite de l'étude et dans le cadre de l'évaluation des conséquences d'une explosion primaire dans différents volumes du silo, le risque de propagation d'un volume à l'autre sera étudié si les calculs de dimensionnement des surfaces soufflables et des découplages se révèlent insuffisants.

Le scénario d'ensevelissement est :

- scénarios 7 : effondrement des cellules

7.1 : cellule 2 590 tonnes 7.2 : cellule 1 036 tonnes 7.3 : cellule 518 tonnes 7.4 : cellule 650 tonnes 7.5 : cellule 320 tonnes

Annexe 10: Nœuds papillons

Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

VI - EVALUATION DES CONSEQUENCES

6-1 Incendie

Les produits stockés sont essentiellement des céréales, colza et maïs, les risques d'incendie et d'autoéchauffement peuvent être envisagés mais restent peu fréquents. Les rayonnements thermiques peuvent avoir des conséquences plus ou moins importantes en fonction de la durée d'exposition.

Etapes	Conséquences	Modes de contrôle
Fermentation	Elévation de la	Détection par silothermométrie avec alarme
Si conditions de stockage	température	visuelle dans le bureau, en plus de la
dégradées : taux humidité élevé,	jusqu'à 70 °C	surveillance du personnel.
inondation par exemple		Procédure de ventilation pour refroidir,
		opération de transilage et de nettoyage des
		céréales si nécessaire.
		Si la température ne peut être abaissée, le
		déstockage sur une plate-forme extérieure
		sera réalisé pour éviter l'auto-inflammation.
Auto-échauffement	La température	Le guide de l'état de l'art sur les silos précise :
	passe de 70°C à	- que les diamètres critiques sont pour
	environ 400 °C	une température à 70°C de 40 m pour les
		céréales à paille et 6 m pour les
		oléagineux,
		- que les diamètres critiques sont pour
		une température à 30°C de 200 m pour
		les céréales à paille et 30 m pour les
		oléagineux.
Travaux au-dessus des stockages	Feu de surface	Restriction d'usage des travaux par point
(point chauds)		chaud.
Rq : les cellules projetées sont		Permis de feu.
fermées		Plan de prévention.
		Surveillance pendant et après la fin des
		travaux.
		Extincteurs à proximité.
Point chaud au cœur du tas :		Détection par silothermométrie.
- fermentation	cf. ci-dessus	Déstockage sur la plate-forme extérieure pour
- baladeuse	échauffement au	une extinction du cœur des produits brûlés.
	cœur	Procédures intervention pompier
		Interdiction de baladeuses dans le silo.

La procédure de suivi des températures des céréales est très précise, et ceci sur l'ensemble des capacités de stockage : 5 sondes pour les cellules de 2590 T, 3 sondes pour les cellules de 1036 et 518 T du conventionnel et 2 sondes pour les cellules BIO.

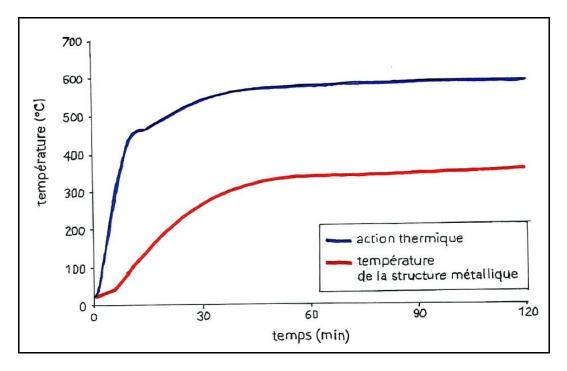
Le métier de la coopérative est de conserver les céréales dans le temps en les maintenant dans un état qualitatif optimum. Pour cela des critères de sélection sont appliqués à la réception des céréales.

La température du grain doit être abaissée à moins de 10 °C pour éviter tout développement d'insectes et processus de germination et de développement de mycotoxines. C'est l'intérêt même de la coopérative que de suivre la température de ces produits.



Effet d'un incendie:

Le flux thermique généré par la paroi est donné par la formule de Mickaelis. Les parois métalliques des silos ont une réponse thermique estimée à 300 °C.



Pour une cellule métallique, les températures maximales se situent en dessous de 300°C, température à partir de laquelle l'acier voit réduire sa limite d'élasticité.

Le flux thermique est fonction de la distance du foyer x.

D'où

 $\Phi t = k \sigma T^4$

 $\Phi x = \Phi t \cdot S \cdot W / \pi X^2$

 $\Phi t = flux de la paroi en KW/m^2$

 $\Phi x = flux à la distance x en KW/m^2$

 $S = surface \ émettrice \ m^2$

K et W = facteurs d'atténuation de l'air (respectivement 0.9 et 0.96)

X = distance au foyer en m

 σ = constante de BOLTZMAN (5.67.10-11 KW/m² K⁻⁴)



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

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

Pour les effets sur les structures :

- → 5 kW/m², seuil des destructions de vitres significatives ;
- → 8 kW/m², seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures ;
- → 16 kW/m², seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton ;
- → 20 kW/m², seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton ;
- → 200 kW/m², seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

Pour les effets sur l'homme :

- → 3 kW/m² ou 600 ([kW/m²]4/³).s, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- → 5 kW/m² ou 1 000 ([kW/m²]4/³).s, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- → 8 kW/m² ou 1 800 ([kW/m²]4/³).s, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

Fumée d'incendie :

Nous rappelons que les céréales ne sont pas des produits classés comme toxiques ni même nocifs, ce sont de simples produits carbonés.

Les fumées d'un incendie n'ont pas de toxicité particulière, pas plus qu'un feu de bois.





• Scénario 1.1 : Incendie cellules 2 590 tonnes

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	21.3
Largeur en m	12.7
Surface émettrice en m²	271

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	12,4	m
Flux de 5 kW/m²	9,6	m
Flux de 8 kW/m²	7,6	m
Flux de 16 kW/m²	5,4	m
Flux de 20 kW/m²	4,8	m
Flux de 200 kW/m²	1,5	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les cellules voisines, il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.



• Scénario 1.2 : Incendie cellules 1 036 tonnes

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	21.3
Largeur en m	5.08
Surface émettrice en m ²	108

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	7,8	m
Flux de 5 kW/m²	6	m
Flux de 8 kW/m²	4,8	m
Flux de 16 kW/m²	3,4	m
Flux de 20 kW/m²	3	m
Flux de 200 kW/m²	1	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les cellules voisines, il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.



• Scénario 1.3 : Incendie cellules 518 tonnes

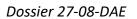
La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	21.3
Largeur en m	2.54
Surface émettrice en m ²	54

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	5,5	m
Flux de 5 kW/m²	4,3	m
Flux de 8 kW/m²	3,4	m
Flux de 16 kW/m²	2,4	m
Flux de 20 kW/m²	2,2	m
Flux de 200 kW/m²	0,7	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les cellules voisines, il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.





• Scénario 1.4 : Incendie cellules 650 tonnes

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	24.5
Largeur en m	5.08
Surface émettrice en m ²	124

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	8,4	m
Flux de 5 kW/m²	6,5	m
Flux de 8 kW/m²	5,1	m
Flux de 16 kW/m²	3,6	m
Flux de 20 kW/m²	3,3	m
Flux de 200 kW/m²	1	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les cellules voisines, il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.



• Scénario 1.5 : Incendie cellules 320 tonnes

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	24.5
Largeur en m	2.54
Surface émettrice en m ²	62

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	5,9	m
Flux de 5 kW/m²	4,6	m
Flux de 8 kW/m²	3,6	m
Flux de 16 kW/m²	2,6	m
Flux de 20 kW/m²	2,3	m
Flux de 200 kW/m²	0,8	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les cellules voisines, il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.



• Scénario 2.1 : Incendie boisseaux expédition 110 t

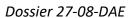
La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	8,43
Largeur en m	5.35
Surface émettrice en m ²	45

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	5.1	m
Flux de 5 kW/m²	3.9	m
Flux de 8 kW/m²	3.1	m
Flux de 16 kW/m²	2.2	m
Flux de 20 kW/m²	2	m
Flux de 200 kW/m²	0.7	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les boisseaux voisins, il y a un risque de communication au boisseau voisin, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque boisseau dans ce chapitre.





• Scénario 2.2 : Incendie boisseau issues céréales

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	7.61
Largeur en m	5.37
Surface émettrice en m ²	41

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	4.8	m
Flux de 5 kW/m²	3.7	m
Flux de 8 kW/m²	3	m
Flux de 16 kW/m²	2.1	m
Flux de 20 kW/m²	1.9	m
Flux de 200 kW/m²	0.6	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les boisseaux voisins, il y a un risque de communication au boisseau voisin, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque boisseau dans ce chapitre.



• Scénario 2.3 : Incendie boisseaux tampon 30 tonnes

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	7.85
Largeur en m	2.69
Surface émettrice en m ²	21

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	3.5	m
Flux de 5 kW/m²	2.7	m
Flux de 8 kW/m²	2.1	m
Flux de 16 kW/m²	1.5	m
Flux de 20 kW/m²	1.4	m
Flux de 200 kW/m²	0.5	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les boisseaux voisins, il y a un risque de communication au boisseau voisin, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque boisseau dans ce chapitre.



• Scénario 2.4 : Incendie boisseaux mélanges

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	5.78
Largeur en m	2.6
Surface émettrice en m ²	15

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	2.9	m
Flux de 5 kW/m²	2.3	m
Flux de 8 kW/m²	1.8	m
Flux de 16 kW/m²	1.3	m
Flux de 20 kW/m²	1.2	m
Flux de 200 kW/m²	0.4	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les boisseaux voisins, il y a un risque de communication au boisseau voisin, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque boisseau dans ce chapitre.

Il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.



• Scénario 2.5 : Incendie demi-boisseaux

La surface émettrice sera la paroi qui donne sur l'extérieure du silo.

Données	
Hauteur en m	10.67
Largeur en m	5.35
Surface émettrice en m ²	57

Distance d'effets thermiques déterminés

Flux de 3 kW/m²	5.7	m
Flux de 5 kW/m²	4.4	m
Flux de 8 kW/m²	3.5	m
Flux de 16 kW/m²	2.5	m
Flux de 20 kW/m²	2.2	m
Flux de 200 kW/m²	0.7	m

Les effets 8 kW/m², dit « domino » touchent les boisseaux voisins, il y a un risque de communication au boisseau voisin, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque boisseau dans ce chapitre.

Il y a un risque de communication aux cellules voisines, mais le phénomène est relativement lent. Les conséquences en termes de rayonnement sont étudiées pour chaque cellule dans ce chapitre.

Les effets 3 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Annexes 11a et 11b: Cartographies des effets thermiques



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

6-2 Explosion

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 dans certaines proportions (domaine d'explosivité) avec de l'air qui sera le comburant de la réaction. Ce mélange forme une atmosphère explosive.

La limite inférieure d'explosivité est de 50 g/m³.

Dans notre cas, nous considérons que le mélange air - poussières est homogène.

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.

La présence d'un évent convenablement calculé permet de concevoir et de mettre en œuvre des enceintes 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
- d'éviter une pression trop élevée à l'intérieur du volume concerné

Cette décharge se produit après l'ouverture des dispositifs d'obturation des évents. Cependant, la décharge n'empêche pas l'explosion proprement dite, mais limite ses conséquences dangereuses.



Version E 18/09/2019

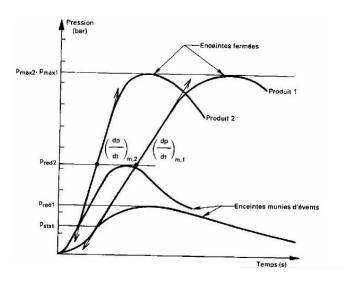
ETUDE DES DANGERS

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

- P_{max} la pression maximale d'explosion (valeur maximale de la surpression) en bar
- P_{red} la pression d'explosion réduite (pression maximale à prévoir en cas d'explosion dans une installation équipée de dispositifs de décharge de pression) en bar
- P_{stat} la pression d'ouverture (pression qui s'exerce effectivement sur le dispositif obturant l'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)
- K_{ST} l"indice d'explosion (constante qui définit la vitesse de montée en pression d'une explosion dans un volume donné) en bar.m.s⁻¹

$$(dP/dt)_{max}$$
 . $V^{1/3} = const = K_{ST}$

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





Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Détermination de la surface d'évent nécessaire

La surface d'évent est donnée par les normes EN 14491, NFPA 68 et suivant les hypothèses du guide INERIS version avril 2008 ;

La norme EN NF 14491 est une norme française, parue en mai 2006, et consacrée aux exigences fondamentales se rapportant à la conception et au choix d'un système de protection par évent contre les explosions de poussières. Elle traite des aspects de dimensionnement des évents pour la protection contre les effets de la pression interne d'une explosion, des effets des flammes, de la pression à l'extérieur de l'enceinte, des forces de recul et de l'influence des canalisations de décharge.

 $A = B (1 + C log (L/D_E))$ avec $B = [3,264.10^{-5}. P_{max}. K_{ST}. P_{red, max} -0,569 + 0,27 (P_{stat} - 0, 1) - P_{red, max} -0,5] V^{0,753}$ $C = (-4,305 log P_{red, max} + 0,758)$

Cette norme est utilisée en général

Le guide N.F.P.A. 68 constitue la référence américaine pour le dimensionnement des évents. L'édition de 2002 a été actualisée en 2007 pour intégrer l'étude de la protection des enceintes résistantes, des volumes partiels et de l'inertie de la surface soufflable. Les formules de calculs sont empiriques.

$$Av_0 = 1.10^{-4} \times (1+1,54xP_{stat}^{4/3}) \times Kst \times V^{3/4} \times P_{max} - \frac{1}{P_{red}}$$

Et en fonction du rapport L/D, il y aura une majoration due au facteur de forme de la cellule (paragraphe 8.2.2.3 de la norme NFPA 68; 2007)

Nous suggérons d'utiliser la norme EN NF 14491 lorsque les domaines d'application sont respectés et pour dimensionner les surfaces minimales d'évent nécessaires, pour une P_{stat} de 100 mbar.

Et nous proposons l'utilisation du guide N.F.P.A. 68 dans le cas d'évents/surfaces fragiles dont la pression d'ouverture est inférieure à 100 mbar et dans le cas de l'intégration de l'inertie de l'évent/surface fragile.

Détermination des conséquences de l'explosion de poussière

Les effets de la surpression varient suivant la violence de l'explosion (source INRS "les mélanges explosifs") sont calculés selon la formule de BRODE : E = 3 * volume * (Pex-Pa).

Les hypothèses de base étant :

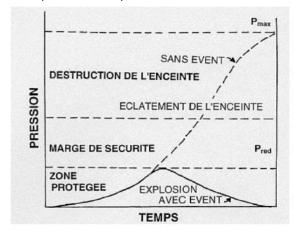
 $Kst = 112 \text{ bar.s}^{-1}.m$ Pmax = 9.3 bar



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Il convient de rappeler la courbe pression-temps dans une enceinte en fonction de la protection par évent :



Pression développée dans une enceinte en fonction de sa protection par évent

La phénoménologie d'une explosion de poussières se développant dans une enceinte suffisamment protégée est la montée en pression jusqu'à l'atteinte de la pression de rupture P_{STAT} de l'évent. Une surface de fuite est alors créée et permet la fuite de pression. En fonction de la surface disponible (proche de la valeur minimale S_{EVENT} ou bien supérieure), la montée en pression dans l'enceinte se poursuit plus ou moins jusqu'à atteindre l'équilibre entre les gaz de combustion et le débit de fuite par les évents.

Tout d'abord, nous rappelons que le dimensionnement des surfaces d'évent est conduit en considérant une Pred égale à la tenue mécanique des parois de l'enceinte. De ce fait, la surface Sevent déterminée est telle que :

- si la surface disponible Sdispo dans l'enceinte est égale à Sevent, alors la pression développée dans l'enceinte Pexplosion est égale à Pred, elle est d'autant plus forte que la surface de fuite est faible et que la pression d'ouverture de cette surface est importante.
- si la surface disponible Sdispo dans l'enceinte est inférieure à Sevent, alors la pression développée dans l'enceinte Pexplosion dépasse Pred (tenue mécanique des parois) : l'enceinte n'est pas protégée et éclate,
- si la surface disponible SDISPO dans l'enceinte est supérieure à SEVENT, alors la pression développée dans l'enceinte Pexplosion est inférieure à Pred, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.

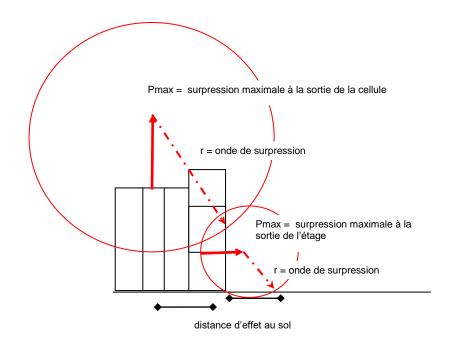
Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Loi de propagation de cette surpression

La surpression extérieure due à l'explosion de poussière va varier en fonction de l'altitude et de l'axe de l'explosion.

Les effets de surpression sont canalisés vers le haut pour les cellules, et dans l'axe de l'évent pour les étages. Les surpressions extérieures peuvent être déterminées par analogie avec les calculs de surpressions externes pour des charges de TNT dans des configurations similaires (chemin développé)



Calculs des effets dans l'environnement

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

Pour les effets sur les structures :

20 hPa ou mbar, seuil des destructions significatives de vitre (1);

50 hPa ou mbar, seuil des dégâts légers sur les structures ;

140 hPa ou mbar, seuil des dégâts graves sur les structures ;

200 hPa ou mbar, seuil des effets domino (2);

300 hPa ou mbar, seuil des dégâts très graves sur les structures.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Pour les effets sur l'homme :

20 hPa ou mbar, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme (1);

50 hPa ou mbar, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;

140 hPa ou mbar, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;

200 hPa ou mbar, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

(1) Compte tenu des dispersions de modélisation pour les faibles surpressions, il peut être adopté pour la surpression de 20 mbar une distance d'effets égale à 2 fois la distance d'effets obtenue pour une surpression de 50 mbar. Une modulation est possible en fonction des matériaux et structures concernés. Une question/réponse sur « l'utilisation » de cette zone par l'inspection a été validée par le Service de l'Environnement Industriel du ministère chargé de l'environnement le 18/04/05 ; elle précise en particulier que « pour la zone des effets de surpression de 20 hPa, correspondant à des effets indirects sur l'homme par bris de vitre, et indépendamment des mesures qui relèveront des plans de préventions des risques technologiques, il faut signaler qu'elle ne doit pas faire l'objet de prescriptions d'urbanisme particulières.

(2) Seuil à partir duquel les effets domino doivent être examinés.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 3.1 : Explosion cellule 2 590 tonnes

Les cellules sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 450 mbar.

La toiture de la cellule est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

FAITITE	Volume	Surface soufflable		Pred
ENTITE	géométrique (m³)	Surface existante	Surface nécessaire	obtenue
Cellule métallique 2 590 tonnes	3 785	138 m² de toiture métallique dont la Pstat est de 90 mbar	28 m²*	90 mbar

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 138 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 28 m² nécessaire.

Comme la toiture de la cellule sera dimensionnée pour que la pression d'ouverture des évents n'excède pas 90 mbar et qu'il y a 5 fois plus de surfaces soufflables que nécessaire, la Pred résultant de la libération de l'énergie n'excédera pas 90 mbar.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	51 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	108 m

Comme la Pred est de 90 mbar nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol. Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible SDISPO dans l'enceinte est supérieure à SEVENT, alors la pression développée dans l'enceinte PEXPLOSION est inférieure à PRED, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.

Dans notre cas de figure la surface existante est près de 5 fois plus importante que nécessaire et la pression statique théorique d'ouverture de cette surface est faible.

De ce fait la montée en pression est peu importante, et l'énergie de l'explosion libérée rapidement dans l'environnement. Nous avons donc peu d'effets de surpression à l'extérieur.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 3.2 : Explosion cellule 1 036 tonnes

Les cellules sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 450 mbar.

La toiture de la cellule est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

FAITITE	Volume	Surface soufflable		Pred
ENTITE	géométrique (m³)	Surface existante	Surface nécessaire	obtenue
Cellule métallique 1 036 tonnes	1 514	55 m² de toiture métallique dont la Pstat est de 90 mbar	22 m²*	90 mbar

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 55 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 22 m² nécessaire.

Comme la toiture de la cellule sera dimensionnée pour que la pression d'ouverture des évents n'excède pas 90 mbar et qu'il y a 2,5 fois plus de surfaces soufflables que nécessaire, la Pred résultant de la libération de l'énergie n'excédera pas 90 mbar.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	35 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	79 m

Comme la Pred est de 90 mbar nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol. Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible SDISPO dans l'enceinte est supérieure à SEVENT, alors la pression développée dans l'enceinte PEXPLOSION est inférieure à PRED, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.

Dans notre cas de figure la surface existante est près de 5 fois plus importante que nécessaire et la pression statique théorique d'ouverture de cette surface est faible.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 3.3 : Explosion cellule 518 tonnes

Les cellules sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 550 mbar.

La toiture de la cellule est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

FAITITE	Volume	Surface soufflable		Pred
ENTITE	géométrique (m³)	Surface existante	Surface nécessaire	obtenue
Cellule métallique 518 tonnes	757	27 m² de toiture métallique dont la Pstat est de 90 mbar	16 m²*	260 mbar

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 27 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 16 m² nécessaire.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	38 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	83 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible S_{DISPO} dans l'enceinte est supérieure à S_{EVENT}, alors la pression développée dans l'enceinte P_{EXPLOSION} est inférieure à P_{RED}, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 3.4 : Explosion cellule 650 tonnes

Les cellules sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 450 mbar.

La toiture de la cellule est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

ENTITE	Volume géométrique	Surface soufflable		Pred
LINITE	(m³)	Surface existante	Surface nécessaire	obtenue
Cellule métallique 650 tonnes	960	26 m² de toiture métallique dont la Pstat	18 m ² *	244 mbar
650 tonnes		est de 90 mbar		

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 26 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 18 m² nécessaire.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	39 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	88 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible S_{DISPO} dans l'enceinte est supérieure à S_{EVENT}, alors la pression développée dans l'enceinte P_{EXPLOSION} est inférieure à P_{RED}, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 3.5 : Explosion cellule 320 tonnes

Les cellules sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 550 mbar.

La toiture de la cellule est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

FAITITE	Volume	Surface soufflable		Pred
ENTITE	géométrique (m³)	Surface	Surface	obtenue
	(/	existante	nécessaire	
Cellule métallique 320 tonnes	480	13 m² de toiture métallique dont la Pstat est de 90 mbar	12,2 m ² *	503 mbar

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 13 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 12,2 m² nécessaire.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	39 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	89 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible S_{DISPO} dans l'enceinte est supérieure à S_{EVENT}, alors la pression développée dans l'enceinte P_{EXPLOSION} est inférieure à P_{RED}, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 4.1 : Explosion boisseaux expédition 110 tonnes

Les boisseaux sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 350 mbar.

Une surface soufflable sera dimensionnée pour préserver l'intégrité des boisseaux.

Les effets associés dans l'environnement seront calculés.

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Boisseau expédition 110 tonnes	173	3.1 m²	350 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	26 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	58 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Les boisseaux sont abrités sous un appentis en tôles bac acier afin de les protéger contre les intempéries. Les parois et le toit de cet appentis est donc entièrement soufflable.

Nous allons étudier l'incidence de la propagation de l'explosion dans cet appentis.

L'irruption d'un jet de flamme à grande vitesse directement dans la galerie supérieure peut être considérée comme une explosion avec une turbulence élevée.

La norme NFU 54-540 est le seul outil de dimensionnement d'évent qui introduit explicitement le paramètre de turbulence.

Le guide de l'état de l'art sur les silos indique d'ailleurs que « dans le cas d'explosions de turbulence élevée (propagation d'explosion sur plusieurs volumes), il faut s'appuyer sur des outils de modélisation ou sur la norme NFU 54-540 turbulence forte quand on est dans son domaine d'application ou la méthode multi-énergie ».



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Le domaine d'application est conditionné par la considération d'enceintes de forme ramassée, d'un volume inférieur à 1 000 m³ et d'un indice d'explosion inférieur à 600 bar.m/s. La norme permet de choisir une méthode de calcul en fonction des conditions de turbulence. Une méthode est ainsi spécifique aux turbulences « élevées » dans des enceintes de forme ramassée L/D < 5.

Une telle situation peut être rencontrée lorsque l'explosion démarre dans un nuage de turbulence élevée comme l'irruption d'un jet de flamme à grande vitesse directement dans une enceinte).

Les abaques proposées dans la norme mettent en relation les paramètres P_{RED} , $K_{MAX,T}$, P_{STAT} , V et F, définis tels que :

- P_{RED}: pression d'explosion réduite; pression maximale à prévoir en cas d'explosion dans un appareil ou une installation équipée de dispositifs de décharge de pression.
- K_{MAX,T}: valeur maximale de l'indice d'explosion K déterminée au moyen d'essais sur une large gamme de concentration de poussière en suspension.
- P_{STAT}: pression d'ouverture ; c'est la pression, qui en cas d'explosion, s'exerce effectivement sur le dispositif obturant l'évent au moment de son ouverture ou de sa rupture.
- V : volume de l'enceinte.
- F : surface de décharge ou d'évent

Pour l'appliquer au volume de la tour sur boisseau, il est envisagé d'utiliser la « loi cubique ». En considérant des enceintes de volumes V1 et V2, et de surfaces d'évent S1 et S2, conduisant à des surpressions maximales résiduelles identiques :

$$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

L'indice $K_{MAX,T}$ le plus élevé donné par la NFU 54-540 (600 bar.m/s) sera retenu dans une approche déterministe. Les abaques de la norme renvoient à la nécessité de disposer de 0,7 m² de surface soufflable pour un volume de référence de 1 m³.

L'introduction d'un jet de flamme suite à l'explosion primaire dans l'appentis est obtenue en utilisant la loi cubique.

Avec
$$S_1 = 0.7 \text{ m}^2$$
, $V_1 = 1 \text{ m}^3$ et $V_{2\text{-appentis}} = 896 \text{ m}^3$ nous obtenons $S_{2\text{-appentis}} = 52 \text{ m}^2$

Une surface de 52 m² pour l'appentis est requise selon la NFU 54-540 en régime de turbulences « élevées ». L'appentis disposera de 274 m² de tôles bac-acier, donc 5 fois plus que nécessaire.

L'introduction d'un jet enflammé dans l'appentis n'aurait pas de conséquence dommageable supérieure à celle d'une explosion primaire dans cet appentis.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable nécessaire	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Hall expédition (scénario 4.7)	634	52 m²	274 m²	90 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	24 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	55 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 4.2 : Explosion boisseau issues céréales

Le boisseau est entièrement métallique (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 350 mbar.

Une surface soufflable sera dimensionnée pour préserver l'intégrité des boisseaux.

Les effets associés dans l'environnement seront calculés.

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Boisseau issues céréales	201	3.3 m²	350 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	27 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	59 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Nous avons donc pas d'effets significatifs à l'extérieur du site, les effets 50 mbar restent inscrits dans les limites de propriété.

Les boisseaux sont abrités sous un appentis en tôles bac acier afin de les protéger contre les intempéries. Les parois et le toit de cet appentis est donc entièrement soufflable.

Nous allons étudier l'incidence de la propagation de l'explosion dans cet appentis.

L'irruption d'un jet de flamme à grande vitesse directement dans la galerie supérieure peut être considérée comme une explosion avec une turbulence élevée.

La norme NFU 54-540 est le seul outil de dimensionnement d'évent qui introduit explicitement le paramètre de turbulence.

Le guide de l'état de l'art sur les silos indique d'ailleurs que « dans le cas d'explosions de turbulence élevée (propagation d'explosion sur plusieurs volumes), il faut s'appuyer sur des outils de modélisation ou sur la norme NFU 54-540 turbulence forte quand on est dans son domaine d'application ou la méthode multi-énergie ».



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Le domaine d'application est conditionné par la considération d'enceintes de forme ramassée, d'un volume inférieur à 1 000 m³ et d'un indice d'explosion inférieur à 600 bar.m/s. La norme permet de choisir une méthode de calcul en fonction des conditions de turbulence. Une méthode est ainsi spécifique aux turbulences « élevées » dans des enceintes de forme ramassée L/D < 5.

Une telle situation peut être rencontrée lorsque l'explosion démarre dans un nuage de turbulence élevée comme l'irruption d'un jet de flamme à grande vitesse directement dans une enceinte).

Les abaques proposées dans la norme mettent en relation les paramètres P_{RED} , $K_{MAX,T}$, P_{STAT} , V et F, définis tels que :

- P_{RED}: pression d'explosion réduite; pression maximale à prévoir en cas d'explosion dans un appareil ou une installation équipée de dispositifs de décharge de pression.
- K_{MAX,T}: valeur maximale de l'indice d'explosion K déterminée au moyen d'essais sur une large gamme de concentration de poussière en suspension.
- P_{STAT}: pression d'ouverture ; c'est la pression, qui en cas d'explosion, s'exerce effectivement sur le dispositif obturant l'évent au moment de son ouverture ou de sa rupture.
- V : volume de l'enceinte.
- F : surface de décharge ou d'évent

Pour l'appliquer au volume de la tour sur boisseau, il est envisagé d'utiliser la « loi cubique ». En considérant des enceintes de volumes V1 et V2, et de surfaces d'évent S1 et S2, conduisant à des surpressions maximales résiduelles identiques :

$$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

L'indice $K_{MAX,T}$ le plus élevé donné par la NFU 54-540 (600 bar.m/s) sera retenu dans une approche déterministe. Les abaques de la norme renvoient à la nécessité de disposer de 0,7 m² de surface soufflable pour un volume de référence de 1 m³.

L'introduction d'un jet de flamme suite à l'explosion primaire dans l'appentis est obtenue en utilisant la loi cubique.

Avec
$$S_1 = 0.7 \text{ m}^2$$
, $V_1 = 1 \text{ m}^3 \text{ et } V_{2\text{-appentis}} = 896 \text{ m}^3 \text{ nous obtenons } S_{2\text{-appentis}} = 65 \text{ m}^2$

Une surface de 65 m² pour l'appentis est requise selon la NFU 54-540 en régime de turbulences « élevées ». L'appentis disposera de 512 m² de tôles bac-acier, donc 3 fois plus que nécessaire.

L'introduction d'un jet enflammé dans l'appentis n'aurait pas de conséquence dommageable supérieure à celle d'une explosion primaire dans cet appentis.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable nécessaire	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Hall réception (scénario 4.6)	896	65 m²	512 m²	90 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	28 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	62 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Nous avons donc pas d'effets significatifs à l'extérieur du site, les effets 50 mbar restent inscrits dans les limites de propriété.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 4.3 : Explosion boisseau tampon

Les boisseaux sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 350 mbar.

Une surface soufflable sera dimensionnée pour préserver l'intégrité des boisseaux.

Les effets associés dans l'environnement seront calculés.

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Boisseaux tampon	46	1.7 m²	350 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 20 mbar	27 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 50, 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

La surface soufflable située sur le haut du boisseau donne dans le 3^{ème}, nous allons donc étudier l'incidence de la propagation de l'explosion dans ce 3^{ème} étage.

L'irruption d'un jet de flamme à grande vitesse directement dans la galerie supérieure peut être considérée comme une explosion avec une turbulence élevée.

La norme NFU 54-540 est le seul outil de dimensionnement d'évent qui introduit explicitement le paramètre de turbulence.

Le guide de l'état de l'art sur les silos indique d'ailleurs que « dans le cas d'explosions de turbulence élevée (propagation d'explosion sur plusieurs volumes), il faut s'appuyer sur des outils de modélisation ou sur la norme NFU 54-540 turbulence forte quand on est dans son domaine d'application ou la méthode multiénergie ».

Le domaine d'application est conditionné par la considération d'enceintes de forme ramassée, d'un volume inférieur à 1 000 m³ et d'un indice d'explosion inférieur à 600 bar.m/s. La norme permet de choisir une méthode de calcul en fonction des conditions de turbulence. Une méthode est ainsi spécifique aux turbulences « élevées » dans des enceintes de forme ramassée L/D < 5.

Une telle situation peut être rencontrée lorsque l'explosion démarre dans un nuage de turbulence élevée comme l'irruption d'un jet de flamme à grande vitesse directement dans une enceinte).



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Les abaques proposées dans la norme mettent en relation les paramètres P_{RED} , $K_{MAX,T}$, P_{STAT} , V et F, définis tels que :

- P_{RED}: pression d'explosion réduite; pression maximale à prévoir en cas d'explosion dans un appareil ou une installation équipé de dispositifs de décharge de pression.
- K_{MAX,T} : valeur maximale de l'indice d'explosion K déterminée au moyen d'essais sur une large gamme de concentration de poussière en suspension.
- P_{STAT}: pression d'ouverture ; c'est la pression, qui en cas d'explosion, s'exerce effectivement sur le dispositif obturant l'évent au moment de son ouverture ou de sa rupture.
- V : volume de l'enceinte.
- F : surface de décharge ou d'évent

Pour l'appliquer au volume de la tour sur boisseau, il est envisagé d'utiliser la « loi cubique ». En considérant des enceintes de volumes V1 et V2, et de surfaces d'évent S1 et S2, conduisant à des surpressions maximales résiduelles identiques :

$$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

L'indice $K_{MAX,T}$ le plus élevé donné par la NFU 54-540 (600 bar.m/s) sera retenu dans une approche déterministe. Les abaques de la norme renvoient à la nécessité de disposer de 0,7 m² de surface soufflable pour un volume de référence de 1 m³.

L'introduction d'un jet de flamme suite à l'explosion primaire dans le 3^{ème} étage est obtenue en utilisant la loi cubique.

Avec
$$S_1 = 0.7 \text{ m}^2$$
, $V_1 = 1 \text{ m}^3$ et $V_{2-3\text{ème}} = 3 308 \text{ m}^3$ nous obtenons $S_{2-3\text{ème}} = 156 \text{ m}^2$

Une surface de 156 m² pour le 3ème étage est requise selon la NFU 54-540 en régime de turbulences « élevées ».

L'introduction d'un jet enflammé dans la galerie supérieure et dans le 3^{ème} n'aurait pas de conséquence dommageable supérieure à celle d'une explosion primaire dans le 3^{ème}.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 4.4 : Explosion boisseaux mélanges

Les boisseaux sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 350 mbar.

Une surface soufflable sera dimensionnée pour préserver l'intégrité des boisseaux.

Les effets associés dans l'environnement seront calculés.

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Boisseaux mélanges	31	1 m²	350 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	6 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	29 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Nous avons donc pas d'effets significatifs à l'extérieur du site, les effets 50 mbar restent inscrits dans les limites de propriété.

Les boisseaux sont abrités sous un appentis en tôles bac acier afin de les protéger contre les intempéries. Les parois et le toit de cet appentis est donc entièrement soufflable.

Nous avons étudié l'incidence de la propagation de l'explosion dans cet appentis (voir scénario 4.2).



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 4.5 : Explosion demi-boisseaux

Les demi-boisseaux sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Le fût est conçu pour résister à une pression minimale de 350 mbar.

Une surface soufflable sera dimensionnée pour préserver l'intégrité des boisseaux.

Les effets associés dans l'environnement seront calculés.

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Demi-boisseaux mélanges	116	3.6 m²	350 mbar

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	21 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	49 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Nous avons donc pas d'effets significatifs à l'extérieur du site, les effets 50 mbar restent inscrits dans les limites de propriété.

Les boisseaux sont abrités sous un appentis en tôles bac acier afin de les protéger contre les intempéries. Les parois et le toit de cet appentis est donc entièrement soufflable.

Nous avons étudié l'incidence de la propagation de l'explosion dans cet appentis (voir scénario 4.2).



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 5 : Explosion tour de travail

La tour est entièrement métallique (panneaux « palplanche »), avec une résistance minimale à 350 mbar. Des surfaces soufflables seront dimensionnées à chaque étage pour préserver l'intégrité de la tour (tôles translucides polycarbonates avec une Pstat de 50 mbar) et pour préserve le découplage interne de 150 mbar au niveau de la cage d'escalier.

Les effets associés dans l'environnement seront calculés.

ENTITE	Volume géométrique (m³)	Surface soufflable existante	Pred obtenue
Rdc	3 024	52 m² de tôles polycarbonates dont la Pstat est de 50 mbar	130 mbar
1 ^{er}	2 489	57 m² de tôles polycarbonates dont la Pstat est de 50 mbar	130 mbar
2 ^{ème}	2 835	55 m² de tôles polycarbonates dont la Pstat est de 50 mbar	130 mbar
3 ^{ème}	3 308	156 m²* de tôles polycarbonates dont la Pstat est de 50 mbar	50 mbar
4 ème	1 733	47 m² de tôles polycarbonates dont la Pstat est de 50 mbar	130 mbar
5 ^{ème}	2 048	49 m² de tôles polycarbonates dont la Pstat est de 50 mbar	130 mbar

^{*}en tenant compte de la simulation de l'explosion des boisseaux tampon

Le positionnement des surfaces soufflables à chaque étage sera réalisé par le constructeur, en fonction des contraintes techniques.

Il devra impérativement respecter leur dimensionnement. Leur position sur les façades de chaque étage n'est pas un facteur limitant.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

	Rdc	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet
DISTANCE EFFET 300 mbar	au sol	au sol	au sol	au sol	au sol	au sol
	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet
DISTANCE EFFET 200 mbar	au sol	au sol	au sol	au sol	au sol	au sol
	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet	pas d'effet
DISTANCE EFFET 140 mbar	au sol	au sol	au sol	au sol	au sol	au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	54 m	50 m	50 m	37 m	26 m	21 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	108 m	101 m	105 m	87 m	82 m	85 m

Compte tenu du dimensionnement de la surface soufflable nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol.

Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Seuls les effets 50 mbar sortent des limites de propriété, nous retiendrons les effets au Rdc comme effets maximum dans l'environnement.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 6.1 : Explosion galerie supérieure silo « conventionnel »

Les parois de cette galerie sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Elles seront conçues pour résister à une pression minimale de 250 mbar.

La toiture de la galerie est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

Volume		Surface souffla	Pred	
ENTITE	géométrique (m³)	Surface	Surface	obtenue
	(111*)	existante	nécessaire	
Galerie supérieure silo « conventionnel »	1 291	315 m² de toiture métallique dont la Pstat est de 90 mbar	59 m²*	90 mbar

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 315 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 46 m² nécessaire.

Comme la toiture de la cellule sera dimensionnée pour que la pression d'ouverture des évents n'excède pas 90 mbar et qu'il y a près de 7 fois plus de surfaces soufflables que nécessaire, la Pred résultant de la libération de l'énergie n'excédera pas 90 mbar.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	24 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	71 m

Comme la Pred est de 90 mbar nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol. Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible SDISPO dans l'enceinte est supérieure à SEVENT, alors la pression développée dans l'enceinte Pexplosion est inférieure à Pred, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.

Dans notre cas de figure la surface existante est près de 7 fois plus importante que nécessaire et la pression statique théorique d'ouverture de cette surface est faible.

De ce fait la montée en pression est peu importante, et l'énergie de l'explosion libérée rapidement dans l'environnement. Nous avons donc pas d'effets significatifs à l'extérieur du site, les effets 50 mbar restent inscrits dans les limites de propriété.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

• Scénario 6.2 : Explosion galerie supérieure silo « Bio »

Les parois de cette galerie sont entièrement métalliques (panneaux « palplanche »). Elles seront conçues pour résister à une pression minimale de 250 mbar.

La toiture de la galerie est constitué de panneaux « bac-acier » qui sera conçue pour se soulever à une pression maximale de 90 mbar.

Nous allons déjà vérifier si la surface soufflable est suffisante, et rechercher quels seraient les effets dans l'environnement.

ENTITE	Volume	Surface soufflable		Pred
ENTILE	géométrique (m³)	Surface	Surface	obtenue
		existante	nécessaire	
Galerie supérieure silo « Bio »	646	157 m² de toiture métallique dont la Pstat est de 90 mbar	22 m²*	90 mbar

^{*}cette surface a été calculée pour une Pstat de 90 mbar

La cellule dispose de 157 m² de surfaces soufflables à pression d'ouverture faible (avec une Pstat de 90 mbar) pour 22 m² nécessaire.

Comme la toiture de la cellule sera dimensionnée pour que la pression d'ouverture des évents n'excède pas 90 mbar et qu'il y a près de 7 fois plus de surfaces soufflables que nécessaire, la Pred résultant de la libération de l'énergie n'excédera pas 90 mbar.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 200 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 140 mbar	pas d'effet au sol
DISTANCE EFFET 50 mbar	6 m
DISTANCE EFFET 20 mbar	54 m

Comme la Pred est de 90 mbar nous n'avons pas d'effets 140 ou 200 mbar au niveau du sol. Comme nous n'avons pas d'effet 200 mbar, il n'y a pas d'effets dominos.

Comme la surface disponible S_{DISPO} dans l'enceinte est supérieure à S_{EVENT}, alors la pression développée dans l'enceinte P_{EXPLOSION} est inférieure à P_{RED}, elle est d'autant plus faible que la surface de fuite est importante et que la pression d'ouverture de cette surface est faible.

Dans notre cas de figure la surface existante est près de 7 fois plus importante que nécessaire et la pression statique théorique d'ouverture de cette surface est faible.

De ce fait la montée en pression est peu importante, et l'énergie de l'explosion libérée rapidement dans l'environnement. Nous avons donc pas d'effets significatifs à l'extérieur du site, les effets 50 mbar restent inscrits dans les limites de propriété.

ETUDE DES DANGERS

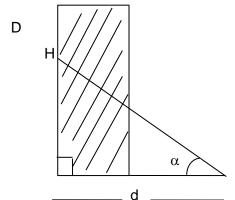
• Explosion primaire dans les filtres

Les filtres disposeront d'évents dimensionnés en usine afin de s'ouvrir en cas d'explosion.

Annexes 12a 12b 12c 12d : Cartographies des effets de surpression

6-3 L'effondrement

Le risque lié au vieillissement des structures est l'ensevelissement, ne seront étudiés que les capacités de stockages.



Désignant par :

D: Le diamètre de la cellule cylindrique(m) ou l'arête de sa section droite pour une cellule carrée.

H: hauteur du grain (m).

 α : l'angle de talutage

il vient : $dE = \sqrt{\frac{2HD}{tg\alpha}}$

Méthode calcul ensevelissement cellule

• Scénario 7 : effondrement des cellules du silo projeté

	Scénario 7.1 Cellule 2 590 tonnes	Scénario 7.2 Cellule 1 036 tonnes	Scénario 7.3 Cellule 518 tonnes	Scénario 7.4 Cellule 650 tonnes	Scénario 7.5 Cellule 320 tonnes
Hauteur cellule	21.2 m	21.2 m	21.2 m	24.05 m	24.05 m
Diamètre cellule	12.7 m	12.7 m	12.7 m	7.62 m	7.62 m
Distance d'ensevelissement	21.3 m	21.3 m	21.3 m	20.5 m	20.5 m

Ces effets ne sortent pas des limites de propriété, et ne touchent aucuns autres bâtiments.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Ces effets ne sortent pas des limites de propriété. Certains touchent les capacités voisines, mais celles-ci sont conçues pour résister à la pression du grain.

Annexe 13 : Cartographie des distances liées à un ensevelissement

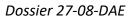
Impact des effets de l'ensemble des scénarios :

Les effets thermiques ne sortent pas des limites de propriété.

Seuls les effets 50 mbar de la tour et des cellules « conventionnelles » sortent des limites de propriété.

Les distances d'ensevelissement des cellules projetées ne sortent pas des limites de propriété.

Concernant les effets 20 mbar qui sortent des limites de propriété. Pour rappel, une question/réponse sur « l'utilisation » de cette zone par l'inspection a été validée par le Service de l'Environnement Industriel du ministère chargé de l'environnement le 18/04/05 ; elle précise en particulier que « pour la zone des effets de surpression de 20 mbar, correspondant à des effets indirects sur l'homme par bris de vitre, et indépendamment des mesures qui relèveront des plans de préventions des risques technologiques , il faut signaler qu'elle ne doit pas faire l'objet de prescriptions d'urbanisme particulières ».







ETUDE DES DANGERS

6-4 Les risques de propagation de l'explosion.

Conformément à l'article 10 de l'arrêté du 29 mars 2004, le silo Sévepi n'a ni tiers, ni voies ferrées, ni routes à plus de 2000 véhicules/jour dans ses périmètres administratifs.

Néanmoins, dans le respect de cet article et au travers de l'étude des dangers, des mesures de prévention et de protection liées à la maîtrise de la propagation d'une éventuelle explosion seront en place.

La présence d'évents ou de surfaces soufflables :

ENTITE	SURFACE	NATURE	Pstat d'ouverture
Tour Silo Rdc	52 m²	Translucide polycarbonate	50 mbar
Tour 1 ^{er} étage	57 m²	Translucide polycarbonate	50 mbar
Tour 2 ^{ème}	55 m²	Translucide polycarbonate	50 mbar
Tour 3 ^{ème}	156 m²	Translucide polycarbonate	50 mbar
Tour 4 ^{ème}	47 m²	Translucide polycarbonate	50 mbar
Tour 5 ^{ème}	49 m²	Translucide polycarbonate	50 mbar
Cellule 2 590 tonnes	138 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Cellule 1 036 tonnes	55 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Cellule 518 tonnes	27 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Cellule 650 tonnes	26 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Cellule 320 tonnes	13 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Demi-boisseaux	3.6 m ²	Event	100 mbar
Boisseaux expédition 110 tonnes	3.1 m ²	Event	100 mbar
Boisseaux tampon	1.7 m²	Event	100 mbar
Boisseaux mélange	1 m²	Event	100 mbar
Boisseau issues céréales	3.3 m ²	Event	100 mbar
Galerie supérieure silo « conventionnel »	315 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Galerie supérieure silo « Bio »	157 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Hall réception	512 m²	Tôles bac-acier	90 mbar
Hall expédition	274 m²	Tôles bac-acier	90 mbar



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

La présence de découplage entre :

VOLUMES A PROTEGER		Туре	Pression de résistance
Tour 3 ^{ème} étage	Galerie supérieure	Portes	150 mbar mini
Tour - Fosse élévateur	Galerie inférieure	Portes	150 mbar mini
Tour - Fosse élévateur	Galerie liaison silo Roulin	Portes	150 mbar mini
Tour – étage 2	Hall réception	Portes	150 mbar mini
Tour – étage 2	Hall expédition	Portes	150 mbar mini

Les filtres seront équipés d'un évent.

La mise en place de surfaces soufflables de dimensions suffisantes permettent d'exclure les scénarios d'explosion secondaire.

6-5 Effets dominos

Il n'y a pas d'effets de surpression 200 mbar, il n'y a donc pas d'effet domino à craindre avec les autres activités.

Dans l'étude de danger initiale du site (installations existantes), il n'y avait pas non plus d'effet de suppression 200 mbar, il n'y a donc pas d'effet domino à craindre des activités existantes vis-à-vis du projet.

6-6 Les risques de projections

En ce qui concerne les projectiles, la prédiction de leur taille et de leur poids est difficile et nécessite des calculs sophistiqués.

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 danger des installations classées soumises à autorisation, mentionne sur ce point la disposition suivante : « Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Aussi, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas comme mentionné au premier alinéa ».



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Ainsi, une évaluation, au moins qualitative, basée sur des études bibliographiques notamment, ou sur le retour d'expérience fourni par l'accidentologie, pourra être nécessaire dans le cas d'installations situées dans un environnement vulnérable (présence de tiers fixes à proximité, notamment dans les périmètres forfaitaires réglementaires de l'arrêté ministériel du 29/03/04 ou de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter de l'établissement, ou dans les zones d'effets de surpression évaluées par l'étude de dangers). En tout état de cause, il revient à l'exploitant d'estimer la criticité des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à des effets de projections portant atteinte à des tiers, et à définir le cas échéant, puis à mettre en œuvre, l'ensemble des mesures nécessaires à la protection des intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement.

L'accidentologie, et en particulier le dernier accident sur un silo de type cellule avec couverture ETERNIT et bac acier (ALBERT en 2001) donne des projectiles sur 20 m.

N° 20340 - 14/05/2001 - 80 - ALBERT

15.7A - Fabrication d'aliments pour animaux de ferme

Dans une fabrique d'aliment pour le bétail, lors d'une opération d'ensilage de tourteaux de colza, une explosion se Produit dans la jambe de retour d'un élévateur à godets d'un silo horizontal alors que des travaux de maintenance (meulage et soudure sur un redler) sont en cours dans un local commun à plusieurs matériels de manutention. Des explosions secondaires se produisent dans l'élévateur et dans la zone de stockage attenante. Un incendie se déclare dans les poussières accumulées sur le sol et les structures. Les 2 employés effectuant les travaux sont gravement brûlés ; l'un décédera plusieurs mois plus tard. Les toitures et les parois en bardage sont soufflées sur 30 % des surfaces affectées, des éclats de plaque de fibrociment sont éjectés à 20 m. Le fonctionnement du site est suspendu par arrêté préfectoral. Des remises en service partielles sont autorisées au fur et à mesure de la remise par l'exploitant des études de dangers et des mises en sécurité des différentes parties des installations. Une opération de contrôle systématique d'une centaine de silos de la région en regard de l'arrêté ministériel du 29/07/1998 est engagée par le service régional de l'inspection des installations classées.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

VII - EVALUATION DE LA CRITICITE

Les niveaux d'occurrence et de gravité d'un accident peuvent être notés selon 5 échelons (du plus faible au plus important).

Les niveaux d'occurrence sont déterminés selon les critères qualitatifs suivants :

Classe de Probabilité	Niveau d'occurrence	Critères qualitatifs	Critère quantitatif
E	Evénement possible mais extrêmement peu probable	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	Evénement très improbable	s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	[10-4-10-5]
С	Evénement improbable	un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	[10 ⁻³ -10 ⁻⁴]
В	Evénement probable	s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.	[10-2-10-3]
А	s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives.		> 10-2

La détermination des probabilités sera principalement basée sur des critères qualitatifs appréciés grâce au retour d'expérience et à l'accidentologie. On peut toutefois fixer une échelle quantitative permettant d'ajuster les critères qualitatifs.

Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

7-1 Scénarios 1 et 2 : incendie cellules ou boisseaux

Evaluation de la probabilité des scénarios incendie

Nous développerons ces hypothèses d'un point de vue :

- Accidentologie de référence
- Barrières

Les causes identifiées dans l'accidentologie :

Mettant de côté les accidents du travail (chute, ensevelissement), le reste de l'accidentologie des stockages céréaliers concerne des incendies ou combustions et des défaillances structurelles.

Une lecture des accidents répertoriés appuyée de l'œil expert de personnes compétentes dans le domaine des céréales, permet de distinguer :

- les incendies « traditionnels », et les échauffements d'éléments mécaniques ou de céréales, engendrant plutôt un dégagement de fumées plus ou moins important.
- Les auto-échauffements liés à la conservation de céréales.

Le deuxième cas présente une gravité nettement moindre, dans le sens où la cinétique est nettement moins rapide que pour un incendie traditionnel, et qu'il présente des possibilités d'attaque du sinistre dans des conditions moins difficiles.

Les incendies « traditionnels »

312 incendies recensés ou identifiés comme tel, sur les 366 accidents retenus.

- 109 d'entre eux concernent des séchoirs avec soit ruine de l'édifice ou endommagement limité,
- 64 en cellules ou boisseaux,
- 17 sur des broyeurs ou refroidisseurs en usine de transformation (aliments, luzerne),
- 25 sur autres installations, n'ayant aucun rapport avec le silo (local transformateur ou électrique par exemple),
- 28 sur les dépoussiéreurs ou local déchets,
- 49 au niveau de la manutention.

Les auto-échauffements et combustions

20 cas d'auto-échauffement suspecté ou combustion de céréales et poussières,

- 1 dans un boisseau (usine de transformation luzerne),
- 19 cas dans des cellules.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

- Les raisons de ces incendies et échauffement/combustion
- Les principaux sinistres sont majoritairement les séchoirs,
- Défaillances techniques ou dysfonctionnements (échauffement roulement, rupture pièce métallique, court-circuit, etc ...),
- Erreur humaine, ou suite intervention humaine (travail par point chaud),
- Origine indéterminée, mais dont on peut supposer pour certains des défaillances techniques ou échauffement de produits,
- Origine naturelle (foudre); mais on ne sait si l'installation était protégée.

Les conséquences de ces sinistres (toujours sur la base de l'accidentologie donnée)

- Perte matérielle ou de produit : tout ou partie de la marchandise est généralement perdue dans ce type de sinistre. Les équipements sont souvent endommagés ou détruits, notamment les séchoirs qui sont souvent le siège des incendies les plus importants. Le reste du temps, les incendies au niveau de la manutention (échauffement moteur, incendie courroie) sont assez vite maîtrisés et donc limités. Les conséquences sont donc limitées.
- Seuls deux blessés légers sont à déplorer.
- Aucun tiers impacté recensé, ni dommage pour l'environnement,

Propagation et barrières

Le métier de l'entreprise est de conserver les céréales dans le temps en les maintenant dans un état qualitatif optimum. Pour cela, la température du grain doit être abaissée à moins de 10°C pour éviter tout développement d'insectes et tout processus de germination. C'est l'intérêt même de la coopérative que de suivre la température de ces produits.

Les céréales subissent avant leur stockage une vérification du taux d'humidité.

Pendant le stockage, un suivi des températures est réalisé. Ce suivi est associé à une procédure de conservation et de ventilation qui fait partie du registre sécurité présent sur le site.

Afin d'éviter ces défaillances, par ailleurs pointées dans l'accidentologie de référence ci-dessus rappelée, les barrières organisationnelles et techniques mises en place par la coopérative Sevépi sont susceptibles de limiter de façon importante les risques de développement de l'incendie, notamment :

- l'établissement de permis de feu et d'un plan de prévention
- Interdiction de fumer
- Procédures de nettoyage
- Maintenance préventive de l'ensemble des manutentions



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Compte tenu des barrières présentées, des efforts de suivi par la coopérative Sevépi et de leur correspondance avec les évènements recensés dans l'accidentologie (incendie cellule), on peut considérer que ces barrières sont des mesures correctives réduisant significativement la probabilité de la réalisation du scénario de référence.

Compte tenu des éléments présentés ci-dessus, les scénarios 1 et 2 peuvent être considérés comme des évènements très improbables (classe D).

« Evénement très improbable, s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. »

Cette probabilité est conditionnée à l'existence et au suivi dans le temps de ces barrières techniques et organisationnelles permettant de garantir une application réelle des procédures en place.

■ Evaluation de la gravité

Les effets des scénarios d'incendie 1 et 2 (cellules ou boisseaux) ne sortent pas des limites de propriété.

D'après la circulaire du 10 mai 2000, seuls les effets sortant des limites de propriété doivent être cotés. **Aucune criticité n'est donc à évaluer.**

Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

7-2 Scénarios 3 et 4 : explosion cellules ou boisseaux

Evaluation de la probabilité :

Nous développerons ces points d'un point de vue :

- Accidentologie de référence
- Barrières de prévention et de protection

Les causes identifiées dans l'accidentologie :

3 explosions faisant suite à une intervention de travaux par point chaud;

- Travail par soudure en présence de manutention fonctionnant (24388)
- Soudure à l'arc en présence de manutention fonctionnant à proximité (21241)
- Soudure et meulage sur un redler, en présence de manutention fonctionnant à proximité (20340)

6 explosions dues à des défaillances du matériel ou des dysfonctionnements :

- Etincelle suite détérioration d'un roulement d'un élévateur (12901)
- Court-circuit sur gaine électrique de poire de niveau dans boisseau en remplissage (12107)
- Rupture d'un roulement, sangle ou mécanique sur élévateur (21399, 47633 et 44686)
- Corps étranger (silex) avec étincelles, présent dans le boisseau, (15363)

1 explosion sans causes identifiés :

• Cellule de malt (42815)

Les conséquences :

Hormis le cas 20340, le silo d'Albert (1 mort quelques mois après) et le cas 24388 et 44686 (2 blessé), les déflagrations ont eu des conséquences relativement limitées :

- bardage déformé, boisseau déformé, sans blessé, (12107)
- bascule de pesée et élévateur associé hors d'usage, sans blessé, (15363)
- grille d'évent abîmée, une paroi de la trémie et élévateur abîmés, sans blessé, (12901)
- élévateur hors d'usage, et quelques plaques fibro envolées, (21399)
- divers matériels et toiture du local (24388)
- élévateur et dépoussiéreur associé abîmés (47633 et 44686), à noter qu'il s'agit du même site.
- élévateur et dépoussiéreur associé abîmés (47633 et 44686), à noter qu'il s'agit du même site.
- quelques vitres brisées, pas plus d'infos (47052)
- morceau de la toiture cellule projeté, évents galerie soulevés (42815)

Dans ces cas de figure, aucun tiers n'a été impacté, ni l'environnement. Dans le cas contraire, l'accidentologie aurait mentionné de telles conséquences. Pour l'explosion du silo d'Albert (structure métallique, bardée), des éléments ont été retrouvés dans un périmètre de 20 m.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Premières conclusions sur les explosions

11 explosions céréales activité « silo » sur 366 accidents répertoriés depuis 1997 ; seules 2 présentent un caractère grave, (blessé ou décès), et une intensité importante du phénomène, sans pour autant sortir des limites du site ou impacter des tiers.

Ces deux explosions restent néanmoins sans commune mesure avec les sinistres de Blaye (1997) et Metz (1983) en France, avec la ruine totale de l'édifice. Les autres cas, peuvent être assimilés à de simples déflagrations, cantonnées aux volumes concernés (boisseau, trémie...).

Le faible empoussièrement global des installations a permis de limiter les conséquences. Ce qui ne semblait pas être vrai, à la lecture du compte rendu d'accident (dépôts et accumulation importante de poussières) pour le silo d'Albert (60).

De plus, les blessés recensés le sont lors des seules explosions dues à des interventions par point chaud (proximité de la source d'explosion) ; la lecture des accidents laisse également à penser que les procédures n'étaient pas respectées ou non existantes.

Il est à noter que depuis Blaye, l'impact psychologique de l'accident, doublé d'une pression réglementaire justifiée, ont permis de limiter considérablement la survenue de sinistres majeurs.

En ce qui concerne les dysfonctionnements mécaniques, nous ne disposons pas suffisamment d'éléments pour dire si les équipements comme les élévateurs, étaient équipés de dispositifs de détection d'anomalie (contrôleur de rotation, déports de sangle).

Sur les 7 défaillances techniques sources d'explosion, l'élévateur est en cause pour 5 d'entre eux. Cependant, l'élévateur est également en cause pour 2 accidents en point chaud. Soit 7 explosions sur 11 impliquent l'élévateur directement (problème roulement) ou indirectement (atteinte par point chaud extérieur).

La propagation de l'explosion ne rentre pas en compte dans ce scénario et ne joue pas sur la probabilité de l'évènement de l'explosion primaire du nettoyeur. Néanmoins, il peut être signalé, que lors des quelques cas d'explosions recensés, la propreté des installations a été notée comme un facteur important dans la non-amplification de l'explosion initiale. Ce qui ne semblait pas être vrai, à la lecture du compte rendu d'accident (dépôts et accumulation importante de poussières) pour le silo d'Albert (60).

D'autre part, dans le cadre de ce scénario, les barrières visant à prévenir la survenue de points chauds par travaux, pendant le fonctionnement de la manutention, sont des éléments importants de sécurité pour limiter les sources d'explosion (le cas d'Albert, ou encore de l'usine SANDERS en 2006 avait pour origine des travaux par point chaud). La lecture des accidents laisse également penser que les procédures n'étaient pas respectées ou non existantes. Ce qui n'est pas le cas pour les installations de la coopérative Sevépi. Cela influe donc sur la probabilité de réalisation d'une explosion primaire d'un élévateur.

Sur ces 11 explosions, 2 d'entre elles concernaient des installations de collecte similaire au cas étudié (des silos béton portuaires ou usines pour les autres) mais avec des produits du type maïs et sorgho (1998 et 2001). Mais le sorgho – céréales particulière à risque – n'est pas stockée dans les silos de la coopérative et l'accident fait suite à la rupture d'un roulement de l'élévateur (incident sans conséquence). Concernant l'autre accident, il s'agit également d'une défaillance d'un élévateur suite à sa remise en route après travaux ; les conséquences ont été très réduites, du fait d'un empoussièrement des locaux très réduit.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Les autres accidents – tout comme le dernier accident dans une usine Aliment SANDERS, 2006 ont trouvé comme origine le mauvais encadrement des interventions de travaux.

Afin d'éviter les défaillances, par ailleurs pointées dans l'accidentologie de référence ci-dessus rappelée, les barrières organisationnelles et techniques mises en place par la coopérative Sevépi sont susceptibles de limiter de façon importante les risques de développement de l'explosion, notamment :

- l'aspiration de la manutention afin de limiter la présence de poussières dans le grain
- l'établissement de permis de feu et d'un plan de prévention
- Interdiction de fumer
- Procédures de nettoyage
- Maintenance préventive de l'ensemble des manutentions

Compte tenu des barrières présentées, des efforts de suivi par la coopérative Sevépi et de leur correspondance avec les évènements recensés dans l'accidentologie (pas d'accident lié au nettoyeur de recensé), on peut considérer que ces barrières sont des mesures correctives réduisant significativement la probabilité de la réalisation du scénario de référence.

Compte tenu des éléments présentés ci-dessus, les scénarios 3 et 4 peuvent être considérés comme un évènement très improbable (classe D)

« Evénement très improbable, s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. »

Cette probabilité est conditionnée à l'existence et au suivi dans le temps de ces barrières techniques et organisationnelles permettant de garantir une application réelle des procédures en place.

■ Evaluation de la gravité des scénarios 3 et 4 :

Les effets des scénarios 4 (boisseaux) ne sortent pas des limites de propriété.

D'après la circulaire du 10 mai 2010, seuls les effets sortant des limites de propriété doivent être cotés. **Aucune criticité n'est donc à évaluer.**



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Les effets du scénario 3.1 (cellules 2 590 tonnes) sortent des limites de propriété.

Effets théoriques de surpression au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	Pas d'effets	
DISTANCE EFFET 200 mbar	Pas d'effets	
DISTANCE EFFET 140 mbar	Pas d'effets	
DISTANCE EFFET 50 mbar	51	m
DISTANCE EFFET 20 mbar	108	m

D'après l'arrêté du 29 septembre 2005, seule la cotation des scénarios d'incendie ou d'explosion est à réaliser et seuls les effets sortant des limites de propriété doivent être cotés. De plus, on ne cote pas les effets 20 mbar.

✓ Les effets 50 mbar sortent des limites de propriété et impactent l'avenue Noel Duchesne sur 100 m et le terrain en friche de l'autre côté, sur environ 1 100 m² et de 1 000 m² sur des zones des champs à l'Est du projet.

L'avenue Noel Duchesne, sans estimation de trafic, qui a pour principale fonction la desserte du site de SEVEPI. Elle n'est fréquentée par des voitures que jusqu'à la hauteur de la gare, à 50 m de l'entrée du site. Les effets 50 mbar n'impactent pas cette zone.

Au-delà de la gare et jusqu'au site de SEVEPI la rue est utilisée pour accéder au site. Nous considérons une moyenne de 10 véhicules/jour, en dehors des véhicules qui viennent sur le site de la coopérative.

Selon la fiche technique du MEDD, EDD pour la détermination de la gravité des accidents du 10/05/2010, la gravité pour une voie de circulation est de 0,4 personne par kilomètre par tranche de 100 véhicules/jour :

0,4 personne * 0,1 * 10/100 = 0.004 personne

Selon la fiche technique du MEDD, EDD pour la détermination de la gravité des accidents du 10/05/2010, la gravité pour un terrain très peu fréquentés (champs, prairies, fôrets,......) est de 1 personne pour 100 ha, avec 1 personne au minimum :

1 personne (pour 100 ha) * 0.21 = 0.0021 personne

Il est à rappeler que les zones concernées sont des champs cultivés en permanences et non des prairies ou forêts, il n'y a donc pas de personne autre que l'agriculteur qui serait présent dans ces zones.

Nous retiendrons quand même 1 personne minimum.

Le niveau de gravité des effets du scénario 3.1 « explosion d'une cellule 2 590 tonnes » est donc considéré comme « SERIEUX ».

Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

7-3 Scénarios 5 et 6 : explosion tour de travail et galeries supérieures

Evaluation de la probabilité :

Nous développerons ces hypothèses d'un point de vue :

- Accidentologie de référence
- Barrières de prévention et de protection

Les causes identifiées dans l'accidentologie :

3 explosions faisant suite à une intervention de travaux par point chaud;

- Travail par soudure en présence de manutention fonctionnant (24388)
- Soudure à l'arc en présence de manutention fonctionnant à proximité (21241)
- Soudure et meulage sur un redler, en présence de manutention fonctionnant à proximité (20340)

6 explosions dues à des défaillances du matériel ou des dysfonctionnements :

- Etincelle suite détérioration d'un roulement d'un élévateur (12901)
- Court-circuit sur gaine électrique de poire de niveau dans boisseau en remplissage (12107)
- Rupture d'un roulement, sangle ou mécanique sur élévateur (21399, 47633 et 44686)
- Corps étranger (silex) avec étincelles, présent dans le boisseau, (15363)

1 explosion sans causes identifiés :

• Cellule de malt (42815)

Les conséquences :

Hormis le cas 20340, le silo d'Albert (1 mort quelques mois après) et le cas 24388 et 44686 (2 blessé), les déflagrations ont eu des conséquences relativement limitées :

- bardage déformé, boisseau déformé, sans blessé, (12107)
- bascule de pesée et élévateur associé hors d'usage, sans blessé, (15363)
- grille d'évent abîmée, une paroi de la trémie et élévateur abîmés, sans blessé, (12901)
- élévateur hors d'usage, et quelques plaques fibro envolées, (21399)
- divers matériels et toiture du local (24388)
- élévateur et dépoussiéreur associé abîmés (47633 et 44686), à noter qu'il s'agit du même site.
- élévateur et dépoussiéreur associé abîmés (47633 et 44686), à noter qu'il s'agit du même site.
- quelques vitres brisées, pas plus d'infos (47052)
- morceau de la toiture cellule projeté, évents galerie soulevés (42815)

Dans ces cas de figure, aucun tiers n'a été impacté, ni l'environnement. Dans le cas contraire, l'accidentologie aurait mentionné de telles conséquences. Pour l'explosion du silo d'Albert (structure métallique, bardée), des éléments ont été retrouvés dans un périmètre de 20 m.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Premières conclusions sur les explosions

11 explosions céréales activité « silo » sur 366 accidents répertoriés depuis 1997 ; seules 2 présentent un caractère grave, (blessé ou décès), et une intensité importante du phénomène, sans pour autant sortir des limites du site ou impacter des tiers.

Ces deux explosions restent néanmoins sans commune mesure avec les sinistres de Blaye (1997) et Metz (1983) en France, avec la ruine totale de l'édifice. Les autres cas, peuvent être assimilés à de simples déflagrations, cantonnées aux volumes concernés (boisseau, trémie...).

Le faible empoussièrement global des installations a permis de limiter les conséquences. Ce qui ne semblait pas être vrai, à la lecture du compte rendu d'accident (dépôts et accumulation importante de poussières) pour le silo d'Albert (60).

De plus, les blessés recensés le sont lors des seules explosions dues à des interventions par point chaud (proximité de la source d'explosion) ; la lecture des accidents laisse également à penser que les procédures n'étaient pas respectées ou non existantes.

Il est à noter que depuis Blaye, l'impact psychologique de l'accident, doublé d'une pression réglementaire justifiée, ont permis de limiter considérablement la survenue de sinistres majeurs.

En ce qui concerne les dysfonctionnements mécaniques, nous ne disposons pas suffisamment d'éléments pour dire si les équipements comme les élévateurs, étaient équipés de dispositifs de détection d'anomalie (contrôleur de rotation, déports de sangle).

Sur les 7 défaillances techniques sources d'explosion, l'élévateur est en cause pour 5 d'entre eux. Cependant, l'élévateur est également en cause pour 2 accidents en point chaud. Soit 7 explosions sur 11 impliquent l'élévateur directement (problème roulement) ou indirectement (atteinte par point chaud extérieur).

La propagation de l'explosion ne rentre pas en compte dans ce scénario et ne joue pas sur la probabilité de l'évènement de l'explosion primaire du nettoyeur. Néanmoins, il peut être signalé, que lors des quelques cas d'explosions recensées, la propreté des installations a été notée comme un facteur important dans la non-amplification de l'explosion initiale. Ce qui ne semblait pas être vrai, à la lecture du compte rendu d'accident (dépôts et accumulation importante de poussières) pour le silo d'Albert (60).

D'autre part, dans le cadre de ce scénario, les barrières visant à prévenir la survenue de points chauds par travaux, pendant le fonctionnement de la manutention, sont des éléments importants de sécurité pour limiter les sources d'explosion (le cas d'Albert, ou encore de l'usine SANDERS en 2006 avait pour origine des travaux par point chaud). La lecture des accidents laisse également penser que les procédures n'étaient pas respectées ou non existantes. Ce qui n'est pas le cas pour les installations de la coopérative Sevépi. Cela influe donc sur la probabilité de réalisation d'une explosion primaire d'un élévateur.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Afin d'éviter les défaillances, par ailleurs pointées dans l'accidentologie de référence ci-dessus rappelée, les barrières organisationnelles et techniques mises en place par la coopérative Sevépi sont susceptibles de limiter de façon importante les risques de développement de l'explosion, notamment :

- l'aspiration de la manutention afin de limiter la présence de poussières dans le grain
- l'établissement de permis de feu et d'un plan de prévention
- Interdiction de fumer
- Procédures de nettoyage
- Maintenance préventive de l'ensemble des manutentions

Compte tenu des barrières présentées (voir tableaux analyses des risques), des efforts de suivi par la coopérative Sevépi et de leur correspondance avec les évènements recensés dans l'accidentologie (pas d'accident lié au nettoyeur de recensé), on peut considérer que ces barrières sont des mesures correctives réduisant significativement la probabilité de la réalisation du scénario de référence.

Compte tenu des éléments présentés ci-dessus, les scénarios 5 et 6 peuvent être considérées comme un évènement très improbable (classe D)

« Evénement très improbable, s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. »

Cette probabilité est conditionnée à l'existence et au suivi dans le temps de ces barrières techniques et organisationnelles permettant de garantir une application réelle des procédures en place.

Evaluation de la gravité des scénarios 5 et 6

Les effets du scénario 6 (galeries supérieure) ne sortent pas des limites de propriété.

D'après la circulaire du 10 mai 2010, seuls les effets sortant des limites de propriété doivent être cotés. Aucune criticité n'est donc à évaluer.

Les effets du scénario 5 (tour de travail) sortent des limites de propriété.

Effets théoriques maximum de surpression (rdc) au niveau du sol :

DISTANCE EFFET 300 mbar	Pas d'effets	
DISTANCE EFFET 200 mbar	Pas d'effets	
DISTANCE EFFET 140 mbar	Pas d'effets	
DISTANCE EFFET 50 mbar	54	m
DISTANCE EFFET 20 mbar	108	m



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

D'après l'arrêté du 29 septembre 2005, seule la cotation des scénarios d'incendie ou d'explosion est à réaliser et seuls les effets sortant des limites de propriété doivent être cotés. De plus, on ne cote pas les effets 20 mbar.

✓ Les effets 50 mbar sortent des limites de propriété et impactent l'avenue Noel Duchesne sur 90 m et le terrain en friche de l'autre côté, sur environ 1 300 m².

L'avenue Noel Duchesne, sans estimation de trafic, qui a pour principale fonction la desserte du site de SEVEPI. Elle n'est fréquentée par des voitures que jusqu'à la hauteur de la gare, à 50 m de l'entrée du site. Les effets 50 mbar n'impactent pas cette zone.

Au-delà de la gare et jusqu'au site de SEVEPI la rue est utilisée pour accéder au site. Nous considérons une moyenne de 10 véhicules/jour, en dehors des véhicules qui viennent sur le site de la coopérative.

Selon la fiche technique du MEDD, EDD pour la détermination de la gravité des accidents du 10/05/2010, la gravité pour une voie de circulation est de 0,4 personne par kilomètre par tranche de 100 véhicules/jour :

0,4 personne * 0,09 * 10/100 = 0.0036 personne

Selon la fiche technique du MEDD, EDD pour la détermination de la gravité des accidents du 10/05/2010, la gravité pour un terrain très peu fréquentés (champs, prairies, fôrets,......) est de 1 personne pour 100 ha :

1 personne (pour 100 ha) * 0.13 = 0.0013 personne

Il est à rappeler que les zones concernées sont des champs cultivés en permanences et non des prairies ou forêts, il n'y a donc pas de personne autre que l'agriculteur qui serait présent dans ces zones.

Nous retiendrons quand même 1 personne minimum.

Le niveau de gravité des effets du scénario 5 « explosion tour de travail » est donc considéré comme « SERIEUX ».



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

7-4 Scénarios 7 : ensevelissement des cellules

Evaluation de la probabilité du scénario 7

Dans les accidents pris en référence, de 1997 à 2017, nous en avons identifiés 25 liés à une défaillance de structure.

Les défaillances de structures sont assez rares. Elles peuvent intervenir lors de sous dimensionnement d'équipements, mais cela intervient très rapidement après la mise en fonctionnement des installations.

En général c'est donc le vieillissement naturel des structures qui est à mettre en cause dans ces incidents. Comme indiqué, il y a presque toujours des signes avant-coureurs, notamment avec les silos béton, par la présence d'éboulis. En aucun cas il n'a été constaté, à notre connaissance, de rupture soudaine et violente, et toujours sans décès.

Les quelques ensevelissements constatés ne le sont que dans le cadre de chute de personnes dans des cellules en cours de vidange ou des erreurs humaines lors des interventions des secours.

<u>Prévention</u>

La partie déjà construite fait l'objet d'un suivi annuel du vieillissement des structures par l'exploitant par passage en revue de toutes les parois de stockage, suivi des constats par reportage photos dans un dossier spécifique et mesures correctives si nécessaire.

Pour la partie nouvellement construite, celle-ci l'est dans les règles de l'art, conformément aux règles de construction EUROCODE 8.

Pendant son exploitation, le vieillissement des structures fera l'objet du même suivi que pour les parties déjà construites et de mesures correctives si nécessaire.

Compte tenu des barrières présentées, des efforts de suivi par Sevépi et de leur correspondance avec les évènements recensés dans l'accidentologie (incendie cellule), on peut considérer que ces barrières sont des mesures correctives réduisant significativement la probabilité de la réalisation du scénario de référence.

Compte tenu des éléments présentés ci-dessus, le scénario 7 peut être considéré comme un évènement improbable (classe C)

« Evénement très improbable, s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. »

Cette probabilité est conditionnée à l'existence et au suivi dans le temps de ces barrières techniques et organisationnelles permettant de garantir une application réelle des procédures en place.

■ Evaluation de la gravité du scénario 7

Les effets du scénario 7 ne sortent pas des limites de propriété.

D'après La circulaire du 10 mai 2010, les effets de l'ensevelissement ne sont pas à prendre en compte. **Aucune criticité n'est donc à évaluer.**



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

Evaluation de la cotation des accidents (circulaire du 10 mai 2010 intégrant l'arrêté du 29 septembre 2005) :

Les effets permettant d'apprécier les conséquences sont déterminés selon les critères suivants :

	NIVEAU DE GRAVITÉ des conséquences	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine
1 Modéré		Pas de zone de létalité hors de l'établissement	Pas de zone de létalité hors de l'établissement	Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne ».
2	Sérieux	Aucune personne exposée.	Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
3	Important	Au plus 1 personne exposée.	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
4	Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
5 Désastreux		Plus de 10 personnes exposées (1).	Plus de 100 personnes exposées.	Plus de 1 000 personnes exposées.

Un risque est jugé acceptable ou non selon les principes suivants :

- □ les accidents les plus fréquents ne doivent avoir de conséquences que « négligeables » ;
- □ les accidents aux conséquences les plus graves ne doivent pouvoir se produire qu'à des fréquences « aussi faibles que possible ».

Cette appréciation du niveau de risque est illustrée par une grille de criticité dans laquelle chaque accident potentiel peut être positionné.

La criticité des évènements est alors définie à partir d'une cotation du couple probabilité-gravité et définit 3 zones :

- <u>en vert</u>: <u>une zone</u> pour laquelle les risques peuvent être qualifiés <u>de « moindre »</u> et donc acceptables, et l'évènement est jugé sans effet majeur et ne nécessite pas de mesures particulières;
- <u>en jaune</u>: une zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés doit être assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps);
- en rouge : une zone de risques élevés, qualifiés de non acceptables pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire le risque à un niveau acceptable ou intermédiaire, par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

La grille représente un outil d'aide à la décision pour identifier les évènements potentiellement dangereux, qui nécessitent de mettre en place des améliorations ou de vérifier les performances des mesures de sécurité existantes (notion de maîtrise de risques).



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

La cinétique des accidents pour nos scénarios est, dans le cas présenté :

- rapide voire instantanée pour l'explosion et l'ensevelissement.
- lent pour l'incendie.

Les effets calculés pour ces accidents sont les effets majorants :

- explosion de la totalité de chaque volume du silo.
- déversement intégral du grain en cas de rupture d'une paroi.

Seuls les effets 50 mbar de la tour et des cellules « conventionnelles » sortent des limites de propriété.

D'après la circulaire du 10 mai 2010, seuls les effets sortant des limites de propriété doivent être cotés.

Grille de criticité

Gravité 5 <i>D</i> ésastreux	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Gravité 4 Catastrophique	Critique	Critique	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Gravité 3 Important	Critique	Critique	Critique	Non acceptable	Non acceptable
Gravité 2 Sérieux	Acceptable	Acceptable Scénarios 3.1 et 5	Critique	Critique	Non acceptable
Gravité 1 <i>Modéré</i>	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Critique
	Probabilité E <10 ⁻⁵	Probabilité D [10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵]	Probabilité C [10 ⁻³ -10 ⁻⁴]	Probabilité B [10 ⁻² -10- ³]	Probabilité A > 10 ⁻²

Seuls les scénarios 3.1 et 5 sont cotés, les effets des autres scénarios ne sortent pas des limites de propriété ou ne sont pas à coter (ensevelissement).

La criticité résultant du couple Probabilté/Gravité est acceptable, en se référant à la grille de criticité de la circulaire du 29 septembre 2005 et à l'arrêté du 10 mai 2000, même si celle-ci ne s'applique qu'aux installations soumises à SEVESO, et en tenant compte des mesures de prévention et de protection.







ETUDE DES DANGERS

VIII - MESURES ET MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE ET L'EXPLOSION

Ce sont les mesures mises en place par la profession, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation, qui permettent d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

8-1 Mesures générales de prévention

Le détail de ces mesures est évoqué dans les tableaux d'analyse des risques.

Rappel:

BARRIERES DE PREVENTION

- o Fonctionnement asservi aux détecteurs de défaut (1) :
 - Contrôleurs de rotation (2) sur les élévateurs et sur les transporteurs à chaînes
 - Détecteurs de déport de sangles (3) sur les élévateurs
 - Détecteurs de surintensité moteur (4)
 - Trappes de bourrage (5) sur les transporteurs à chaîne
- o Fonctionnement du silo asservi à l'aspiration (à double asservissement)
- Silothermométrie fixe avec alarme
- Mesures organisationnelles :
 - Consignes d'exploitation et d'intervention en cas de sinistre
 - Consignes de nettoyage
 - Consignes de sécurité
 - Procédure de travaux (permis de feu / plan de prévention).
- Maintenance préventive et vérification :
 - Planning de maintenance préventive
 - Maintenance des installations électriques
 - Vérification électrique annuelle par un organisme agréé.
 - Conformité électrique aux zones et suivi des non-conformités



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

- (1) Les détecteurs de défaut fonctionnent selon un principe de sécurité positive qui permet d'arrêter l'installation en cas de défaut constaté ou de panne du contrôleur. Ils sont prévus pour résister aux contraintes spécifiques des silos notamment au niveau du fonctionnement en milieu empoussiéré.
- (2) Les contrôleurs de rotation permettent de garantir une bonne tension de la sangle et d'avertir d'un patinage de la sangle sur le tambour en tête d'élévateur en cas de bourrage en pied ou en tête, ou bien d'un problème de désaccouplement mécanique entre le moteur et la transmission (poulie, réducteur, arbre..). Les transporteurs à chaînes ne nécessitent pas nécessairement de ces équipements car en cas de rupture de chaîne il n'y aurait pas d'emballement. En cas de défaut, les contrôleurs mettent en arrêt l'installation et le signal d'alarme est reporté au niveau du poste de commande.
- (3) Les déports de sangles/bandes permettent de contrôler l'alignement de la sangle des élévateurs et des bandes des tapis. Ils permettent d'éviter que les godets ne viennent frotter contre les parois des élévateurs ou le châssis du tapis. En cas de défaut, les détecteurs mettent en arrêt l'installation et le signal d'alarme est reporté au niveau du poste de commande.
- (4) Détecteur de surintensité moteur, qui lorsque la tension électrique est trop forte saute et arrête le moteur (ex : quand l'élévateur peine (patinage, bourrage), la tension électrique moteur augmente).
- (5) Trappe de bourrage, lorsque l'engorgement de l'appareil débute, ce détecteur arrête l'appareil pour éviter les conséquences du bourrage : patinage, augmentation des tensions, frottement,...)

Remarques : les barrières de prévention et de protection citées sont les outils de la maîtrise de la sécurité.

Nous vous apportons aussi les informations suivantes :

- La protection foudre sera réalisée. Une analyse du risque foudre sera réalisée avant l'exploitation des installations.
- La vérification annuelle des installations électriques sera effectuée, au même titre que celle effectuée pour la partie existante, selon la réglementation en vigueur par un organisme agrée, qui produira un rapport de visite annoté par l'exploitant pour le suivi des mesures correctives.
- Le dossier d'identification des zones ATEX existant pour les parties déjà construites sera complété par les parties à construire

Les zones à risques seront définies, en particulier les zones où des atmosphères explosives peuvent se former conformément à la réglementation en vigueur. Cette définition des zones sera réalisée sous la responsabilité de l'exploitant.

Les critères ayant servi à la détermination des zones sont :

- les résultats de l'étude de dangers,
- les caractéristiques techniques des installations,
- le retour d'expérience : accidentologie et site,
- les normes européennes de classement de zones (EN 50281-3)
- des rapports scientifiques (INERIS, TECHNIQUES DE L'INGENIEUR...)
- la base de données de mesures de poussières FFCAT,

Ce classement sera spécifique aux installations et aux équipements du site de Sevépi en tenant compte de la nature des produits stockés, des flux, des confinements et des constats effectués par le personnel d'exploitation et les personnes chargées de la sécurité.



Version E 18/09/2019

ETUDE DES DANGERS

8-2 Mesures générales de protection

O Dispositions constructives :

- Parois métalliques résistantes à la surpression
- Tours éventées ou avec parois soufflables
- Toiture des cellules, boisseaux, cases éventées ou soufflables
- Filtre disposant d'évent
- Boisseau à « issues de céréales » à l'extérieur des tours de travail avec surfaces soufflables
- Eloignement des installations

Le silo disposera d'extincteurs portatifs, d'une colonne sèche installée dans la tour et des moyens en eau.

Il existe sur place 2 bornes incendie qui délivre toutes les deux 60 m³/Heure.

L'utilisation de l'eau sera toujours nécessaire, c'est la façon de « projeter » l'eau qui va différer pour des raisons d'accessibilité au foyer.

En effet on parle plus de combustion que d'incendie de céréales et les méthodologies d'intervention dépendent de l'analyse exacte du sinistre repéré.

Le mode d'utilisation de l'eau et les méthodologies d'intervention en général ont été abordés dans le guide « Connaître et faire face aux risques des organismes stockeurs de la filière agricole » (en 2 tomes) rédigé avec la Sécurité Civile.

Il est à rappeler que chaque sinistre est différent et que c'est l'analyse de la situation entre exploitant et les services de secours qui détermine précisément la méthode d'intervention.

Le site possède d'ores et déjà une réserve de confinement des eaux incendie (bassin avec membrane géotextile étanche), permettant de collecter les eaux d'extinction d'un incendie survenant pendant une pluie décennale.

Le matériel d'extinction est vérifié annuellement par un organisme agréé.