



Porter à connaissance

Volet 3 - Etude de dangers du projet CIRCLE



Rapport n°115034/version A – Octobre 2022

SOMMAIRE

1. OBJET ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE	6
2. DESCRIPTION DES ACTIVITES ET INSTALLATIONS PROJETEES.....	8
2.1. Localisation du site	8
2.2. Présentation du procédé de fabrication de la bière.....	11
2.2.1. Réception des matières premières et auxiliaires	11
2.2.2. Le brassage.....	12
2.2.3. Fermentation et garde	13
2.2.4. Filtration de la bière	14
2.2.5. Conditionnement	15
2.3. Présentation des installations techniques.....	15
3. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS.....	16
3.1. Potentiels de dangers liés à l'environnement externe	16
3.1.1. Environnement naturel	16
3.1.2. Environnement humain et industriel	20
3.1.3. Synthèse des sources potentielles de dangers liées à l'environnement du site	24
3.2. Potentiels de dangers liés aux produits	25
3.3. Potentiels de dangers liés aux équipements et opérations	26
3.4. Potentiels de dangers liés à la perte d'utilités	28
3.5. Réduction à la source des potentiels de dangers identifiés.....	29
3.5.1. Suppression / substitution	29
3.5.2. Limitation des quantités	29
3.5.3. Technologie utilisée	29
3.5.4. Lieu d'implantation	29
3.6. Synthèse des potentiels de dangers	30
4. CHOIX DES PHENOMENES DANGEREUX RETENUS.....	31
4.1. Analyse préliminaire des risques	31
4.2. Phénomènes dangereux retenus	33
5. MODELISATIONS DES PHENOMENES DANGEREUX.....	34
5.1. Seuils d'effet utilisés (Effets thermiques et de surpression).....	34
5.2. Méthodes et outils de modélisation	35
5.3. Résultats des modélisations	36
5.4. Evaluation des effets dominos	39
5.5. Synthèse des phénomènes dangereux générant des effets à l'extérieur du site	40
6. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES.....	41
6.1. Cotation de la gravité des phénomènes dangereux.....	41
6.1.1. Méthodologie.....	41
6.1.2. Echelle de gravité	42
6.1.3. Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux	43
6.2. Cotation de la probabilité	44
6.2.1. Principe de la méthode d'analyse par arbre papillon	44

6.2.2.	Echelle de probabilité	45
6.2.3.	Evaluation de la probabilité des phénomènes dangereux.....	46
6.3.	Cotation de la cinétique	47
6.4.	Hierarchisation et gestion des risques	48
7.	CARACTERISATION DES MESURES DE MAITRISES DES RISQUES	50
8.	DESCRIPTION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION.....	52
8.1.	Moyens de prévention des risques	52
8.1.1.	Mesures organisationnelles de maitrise des risques	52
8.1.2.	Mesures générales contre le risque incendie	52
8.1.3.	Mesures générales contre le risque d'explosion	52
8.1.4.	Mesures générales contre le risque pollution	53
8.2.	Moyens de protection.....	53
8.2.1.	Organisation des moyens de secours en cas d'accident	53
8.2.2.	Moyens de lutte incendie	53
8.2.3.	Dispositions constructives.....	54
8.3.	Moyens d'alarme et d'alerte.	55

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site Heineken (fond IGN 50000 ; source : Géoportail)	8
Figure 2 : Vue aérienne site Heineken (source : Géoportail)	9
Figure 3 : Plan simplifié du site de Mons-en-Barœul - état actuel (source : Heineken Entreprise)	10
Figure 4 : Schéma des étapes de brassage et fermentation (source : Heineken).....	13
Figure 5 : Schéma de filtration (source : Heineken).....	14
Figure 6 : Schéma des étapes de conditionnement (source : Heineken).....	15
Figure 7 : Rose des vents pour la station Aéroport de Lille sur la période 2001-2021	17
Figure 8 : Carte d'aléa sismique	18
Figure 9 : Identification des habitations aux alentours du site	20
Figure 10 : Industries aux alentours de Heineken.....	21
Figure 11 : Canalisation de matières dangereuses.....	23
Figure 13 : Nœud papillon – PhD 2a ; PhD 15	46
Figure 14 : Localisation des poteaux incendie mobilisable pour la défense du site.	54

Table des tableaux

Tableau 1. Distances d'effets attendues pour un BLEVE de véhicule-citerne de butane ou de propane	22
Tableau 2 : Synthèse des potentiels de dangers d'origine externe	24
Tableau 3 : Dangers liés aux équipements/opérations	26
Tableau 4 : Etude des pertes d'utilités	28
Tableau 6 : Analyse préliminaires des risques	32
Tableau 7 : Liste des phénomènes dangereux retenus	33
Tableau 8 : Seuils d'effets des flux thermiques	34
Tableau 9 : Seuils d'effets de surpression	34
Tableau 10 : Résultats des modélisations	38
Tableau 11 : Effets dominos	39
Tableau 12 : Phénomènes dangereux générant des effets hors des limites du site	40
Tableau 13 : Zones impactées par les phénomènes dangereux	41
Tableau 14 : Echelle de gravité retenue pour l'analyse détaillée des risques	42
Tableau 15 : Synthèse des gravités des phénomènes dangereux	43
Tableau 16 : Echelle de probabilité retenue pour l'analyse détaillée des risques	45
Tableau 17 : Grille d'acceptabilité des phénomènes dangereux	48
Tableau 18 : Critères d'évaluation des MMR	50
Tableau 19 : MMR – Capteur de pression	51
Tableau 20 : Caractéristiques des poteaux incendie	54

Table des annexes

ANNEXE 1 : METHODES ET OUTILS DE MODELISATION

ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIE DES ZONES D'EFFETS

ANNEXE 3 : ACCIDENTOLOGIE EXTERNE

1. OBJET ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Ce document présente l'étude de dangers **des nouvelles activités et installations relatif au projet CIRCLE de la Brasserie Heineken de Mons-en-Barœul.**

« L'étude de dangers précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés au L.511-1 du Code de l'Environnement 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 de dangers donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. » (Article L.512-1 du code de l'environnement).

L'étude de dangers a donc pour objet de rendre compte de l'examen effectué par l'exploitant pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques d'une installation ou d'un groupe d'installations situé dans un environnement industriel, naturel et humain défini, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre dans l'installation, à la gestion de l'établissement ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation. (Extrait de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant *les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées* en application de la loi du 30 juillet 2003).

La présente étude de dangers a été réalisée conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation. Toutefois, selon l'application du principe de proportionnalité et en l'absence de guide d'élaboration des études de dangers propres aux installations classées soumises à simple autorisation, les exigences mentionnées dans le guide cité précédemment ont été adaptées.

L'étude de dangers doit permettre d'identifier les phénomènes dangereux ayant des conséquences à l'extérieur du site. Dans cette optique, elle comprend les étapes suivantes :

- Description du site et de son environnement ;
- Identification des potentiels de dangers (environnement, produits, procédés, accidentologie, ...) ;
- Analyse des principales dispositions de réduction des potentiels de dangers ;
- Analyse préliminaire des risques (APR) : cette étape permet d'identifier l'ensemble des scénarios d'évènements à caractère dangereux en lien avec l'exploitation étudiée et susceptibles de présenter un risque vis-à-vis de tiers ;
- Modélisation des effets des phénomènes dangereux retenus suite à l'APR (estimation des conséquences de la matérialisation des dangers). L'objectif de cette étape est de modéliser les effets des phénomènes dangereux maximums, représentatifs des potentiels de dangers et totalement découplés du niveau de maîtrise des risques par l'exploitant et notamment des barrières de sécurité actives existantes ;

- Évaluation des effets dominos ;
- Analyse détaillée des risques (ADR) des installations susceptibles de générer des phénomènes dangereux majeurs (effets à l'extérieur du site) ;
- Hiérarchisation des phénomènes dangereux, le cas échéant ;
- Description des mesures générales de prévention et de protection des risques.

2. DESCRIPTION DES ACTIVITES ET INSTALLATIONS PROJETEES

Une description succincte des activités et installations, nécessaire à la compréhension de l'étude de dangers, est abordée dans le chapitre 2.

Une description plus complète du site et du procédé est développée dans le [volet 1 – Dossier administratif et technique](#).

2.1. Localisation du site

Le site est localisé dans la zone industrielle de la Pilaterie, rue du Houblon, sur la commune de Mons-en-Barœul (59) à environ 5 km au Nord-Est de Lille. La Figure 1 et la Figure 2 permettent de localiser le site dans son environnement.

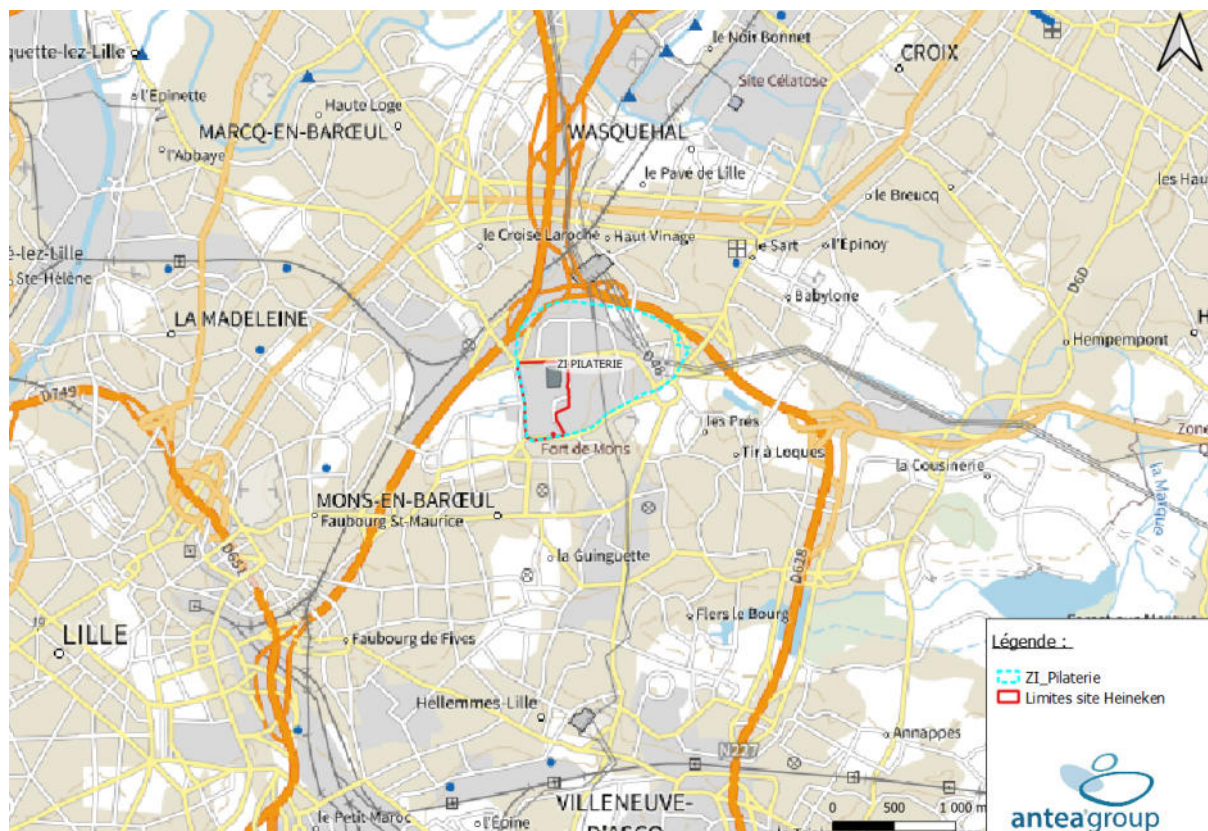


Figure 1 : Localisation du site Heineken (fond IGN 50000 ; source : Géoportail)

L'environnement proche du site est composé :

- au nord, d'un ensemble de bureaux d'entreprises, de commerces et de magasins ;
- au sud, d'un restaurant, d'une association, des habitations, d'un magasin spécialisé et du centre technique municipal de la commune de Mons-en-Barœul ;
- à l'ouest, d'un parc, d'habitations et de locaux d'entreprises ;
- à l'est, de commerces et de bureaux d'entreprises.

L'accès se fait via la rue du Houblon qui longe le sud du site.



Figure 2 : Vue aérienne site Heineken (source : Géoportail)

Les coordonnées LAMBERT 93 et d'altimétrie en mètres NGF (nivellement général de la France) de l'entrée du site sont les suivantes :

- X = 708132.96 m ;
- Y = 7061563.70 m ;
- Altitude = 37.1 m.

Le site est implanté sur les parcelles cadastrées appartenant aux communes de Marcq-en-Barœul et Mons-en-Barœul.

Le plan Figure 3 ci-dessous détaille des différentes installations du site.



Figure 3 : Plan simplifié du site de Mons-en-Barœul - état actuel (source : Heineken Entreprise)

2.2. Présentation du procédé de fabrication de la bière

Heineken réalise une activité de brasserie sur son site de Mons-en-Barœul et produit des boissons alcoolisées conditionnées en fûts inox et PET¹, boîtes en aluminium et bouteilles en verre. Les principales étapes de fabrication de la bière correspondent à :

- a) La réception, le stockage et le concassage des céréales (maïs et malts d'orge) en farine au niveau de la meunerie ;
- b) Le brassage (mélange de farine et d'eau chaude) ;
- c) La filtration, l'extraction du moût² séparé des drêches³ et l'ajout de houblon ;
- d) Les fermentations ;
- e) La décantation, la clarification et la filtration ;
- f) Le conditionnement.

Ces différentes étapes (a) à (f) sont reprises dans les paragraphes qui suivent :

2.2.1. Réception des matières premières et auxiliaires

Les principales matières premières utilisées pour la fabrication de la bière (flux entrants) sont :

- de l'eau : **L'eau** constitue la matière première de base. Elle doit présenter les qualités d'une eau potable et être exempte de tout goût et de toute saveur étrangère. L'eau servant à la fabrication de la bière, provient du réseau d'eau de la ville.
- des céréales (malt) : Le **malt** provient de différentes malteries, en l'absence d'activité de maltage sur le site. Le malt est approvisionné par camions puis stocké dans des silos. Le malt est pesé et moulu dans un broyeur/concasseur avant brassage. Les bières de marque Heineken sont 100% malt, alors que dans d'autres bières un certain pourcentage de sirop peut être ajouté.
- du houblon : Le **houblon** confère à la bière son amertume et son arôme ; il permet d'augmenter sa stabilité et participe à la tenue de la mousse. Il est utilisé sous forme d'extraits stockés en boîtes métalliques.
- du sirop de glucose ; Le **sirop de glucose** et saccharose est utilisé dans la fabrication de certaines bières afin d'enrichir le moût en sucres fermentescibles.
- des levures ; Les **levures** du genre *Saccharomyces*, organismes unicellulaires, transforment par fermentation alcoolique les sucres fermentescibles en alcool et gaz carbonique.
- du Kieselguhr. Le **Kieselguhr**, terre sédimentaire constituée de squelettes siliceux de diatomées, algues marines ou lacustres fossilisées de dimensions variant de 5 à 100 µm, est mise en suspension pour la filtrer.
- Du chlorure de calcium et de l'acide sulfurique

¹ Le polyéthylène téréphtalate (PET) est un plastique

² Moût : jus obtenu en salle de brassage (source : Larousse)

³ Drêche : résidu solide de l'orge qui a servi à faire la bière (source : Larousse)

2.2.2. Le brassage

Le but du brassage est de transformer l'amidon contenu dans le malt, en sucre fermentescible par les levures.

L'opération de brassage est réalisée dans la salle à brasser. La mouture du malt permet une solubilisation maximale des matières hydrosolubles tout en laissant les écorces entières.

Le brassage comprend principalement les opérations suivantes :

- l'empâtage et la saccharification ;
- la filtration du moût ;
- la cuisson et l'houblonnage du moût ;
- le refroidissement du moût.

Le malt moulu est mélangé à de l'eau chaude dans une cuve matière (empâtage). La température est élevée selon différents paliers de manière à solubiliser les sucres et à activer les enzymes qui vont hydrolyser les sucres complexes en sucres simples. Lorsque l'amidon est transformé en sucre (opération qui dure de 2 h à 2 h 30), le mélange est pompé dans une cuve filtre pour séparer le jus sucré (moût) des écorces de malt (drêche).

La filtration comporte deux étapes :

- la première consiste en un égouttage des drêches pour recueillir le jus sucré ;
- la seconde consiste en une extraction par rinçage des sucres à l'eau chaude qui imbibent encore la drêche.

La cuisson et le houblonnage s'opèrent ensuite dans une chaudière dite à ébullition.

Le moût est porté à ébullition en même temps qu'est ajouté du houblon sous forme d'extraits. Les objectifs de l'ébullition, qui dure entre 1 h et 1 h 30, sont de stériliser le moût, de l'amériser avec le houblon, de coaguler les protéines albumineuses et de détruire les enzymes du moût.

Lorsque le brassin est bouilli, la quantité d'eau évaporée est récupérée dans un système d'échangeur thermique.

Après ébullition, le moût stérilisé est pompé dans un Whirlpool ou bac tourbillonnaire (cuve à alimentation tangentielle) qui par effet de centrifugation va séparer les protéines coagulées. Ce sous-produit est appelé « trouble du moût » ou « trub » (produit inutilisable par les levures).

Le moût est ensuite refroidi dans un échangeur à plaques (eau froide – moût) avant de passer en fermentation. De cette façon, de l'eau chaude à 85°C est produite, stockée et utilisée pour les brassins suivants.

Le moût refroidi clair est aéré etensemencé avec des levures, puis entonné dans des cuves de fermentation.

2.2.3. Fermentation et garde

Les opérations de fermentation s'effectuent selon un procédé en 2 étapes :

- la fermentation principale est initiée dans les tanks horizontaux (HORAP) ;
- la fermentation et la garde (fermentation secondaire) se font dans des Tanks Out Doors (TOD) ou tanks appelés « Apollos », tous installés en position verticale.

La réfrigération constante des TOD est réalisée par des enveloppes externes véhiculant de l'eau alcoolisée (fluide frigo-porteur). Les cuves horizontales HORAP sont également réfrigérées de la même manière. La fermentation se déroule à température constante (10,5°C ou 15°C selon le type de bière). La fermentation principale dure une dizaine de jours. Au cours de cette période les sucres présents dans le moût sont transformés, par l'action des levures, en alcool et en gaz carbonique (réaction exothermique).

Lorsque la fermentation principale est achevée, les levures sont séparées par décantation, la bière jeune est refroidie. Une fermentation secondaire, aussi appelée garde, a lieu. La bière s'affine et se sature en gaz carbonique.

La levure utilisée est une levure liquide du type basse température qui se dépose en fin de fermentation en fond de cuve. La levure est désactivée en la refroidissant brutalement à 0°C et est récupérée puis stockée en levurier, avant d'être utilisée pour ensemençer un nouveau brassin. Après plusieurs multiplications, les levures perdent de leurs qualités et sont régulièrement éliminées et remplacées. Une installation de propagation permet de générer régulièrement de la levure de qualité.

Le CO₂ issu de la fermentation principale est récupéré, lavé, comprimé et stocké puis utilisé dans le process, notamment pour la contre pression dans les cuves, le conditionnement et la production d'eau de dilution carbonatée.

Les étapes de la fabrication de la bière, depuis la réception des matières premières, brassage et sont reprises et détaillées dans le schéma Figure 4 :

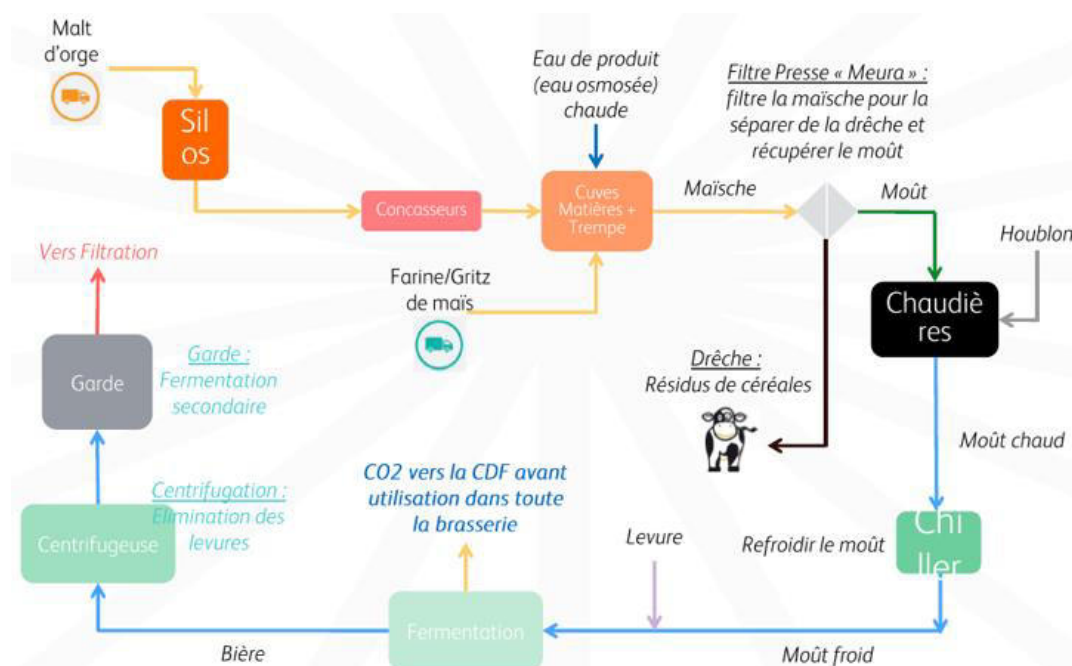


Figure 4 : Schéma des étapes de brassage et fermentation (source : Heineken)

2.2.4. Filtration de la bière

Avant soutirage de la bière, il est nécessaire de la filtrer pour la débarrasser des dernières cellules de levures encore en suspension, des protéines restantes, des polyphénols, et pour la rendre limpide et brillante.

La filtration s'effectue sur un filtre avec rajout de Kieselguhr. L'accumulation des particules de Kieselguhr mises en suspension dans la bière forme un filtre poreux.

En fin de filtration, la bière est poussée à l'eau désaérée, pour récupérer un maximum d'extrait. Le filtre est ouvert pour débâter « le gâteau » formé, puis lavé à l'eau.

Le gâteau, formé par l'accumulation de particules de Kieselguhr et de levures est ensuite récupéré, stocké en bennes étanches puis éliminé via une filière de déchets spécifique (compost).

La bière filtrée est ensuite conservée dans les tanks de bière filtrée (TBF) avant d'être soutirée (durée moyenne du stockage : 24 heures).

L'étape de filtration est présentée dans le schéma Figure 5 :

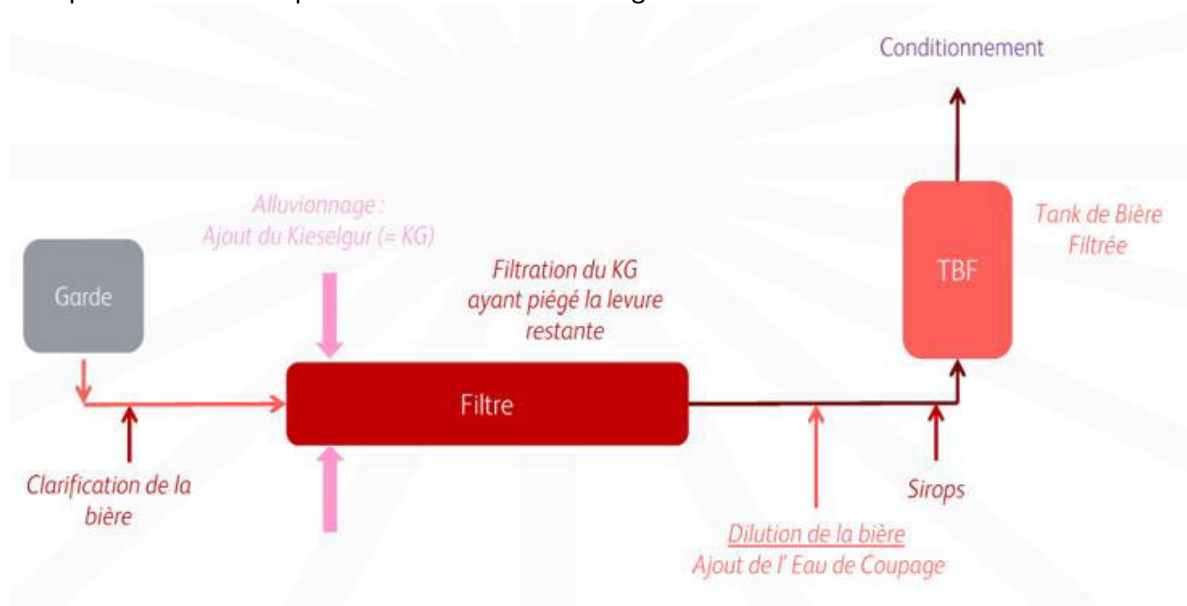


Figure 5 : Schéma de filtration (source : Heineken)

2.2.5. Conditionnement

Actuellement, le conditionnement de produits finis sur la Brasserie se fait selon plusieurs lignes :

- Une ligne de conditionnement en « Fûts », correspondant au conditionnement en fûts de 20 et 30 litres destinés aux professionnels, bars, restaurants..., qui sont consignés ;
- 3 lignes de conditionnement bouteilles 25 cl et 33 cl.
- Une ligne de boîte/canette de 33 et 50 cl.
- Une ligne de conditionnement blade de 7L.

L'étape de conditionnement intégrant les étapes intermédiaire (dépalettisation, étiquetage) est présentée dans le schéma en Figure 6.

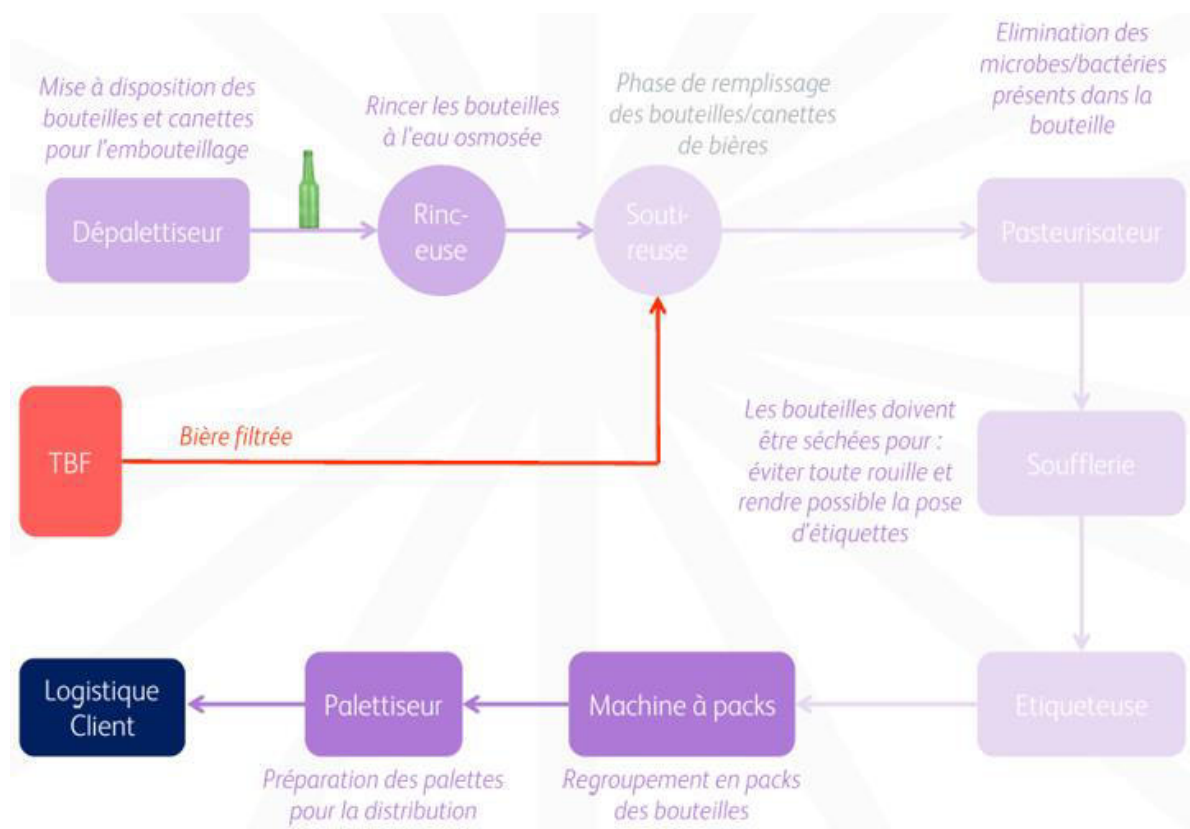


Figure 6 : Schéma des étapes de conditionnement (source : Heineken)

2.3. Présentation des installations techniques

La présentation technique des équipements sur site et envisagés dans le cadre du projet est développée dans le **partie 1 – Volet administratif et technique**.

3. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS

L'identification des potentiels a pour objectif de présenter les dangers liés aux installations du site et à l'environnement alentour. L'identification des potentiels de dangers est une étape essentielle dans l'optique de préparer les analyses de risques. Elle détermine les événements redoutés qui seront analysés.

3.1. Potentiels de dangers liés à l'environnement externe

3.1.1. Environnement naturel

3.1.1.1. Conditions météorologiques extrêmes

Le climat du Nord, est un climat océanique chaud sans saison sèche. Ainsi la commune de Mons-en-Barœul a un climat chaud et tempéré, avec d'importantes précipitations.

Les données climatiques utilisées dans le cadre de la présente étude sont issues de la station de Lille-Lesquin, située à environ 8 km au sud du site, elle est considérée comme étant représentative des conditions climatiques au niveau de la zone d'étude.

Les données obtenues, via le site Infoclimat, mettent en évidence les éléments suivants :

Les données concernant les températures extrêmes de 1973 à aujourd'hui sont les suivantes :

- Température la plus élevée : 41,5 °C en juillet 2019 ;
- Température la plus basse : -19,5°C en janvier 1982.

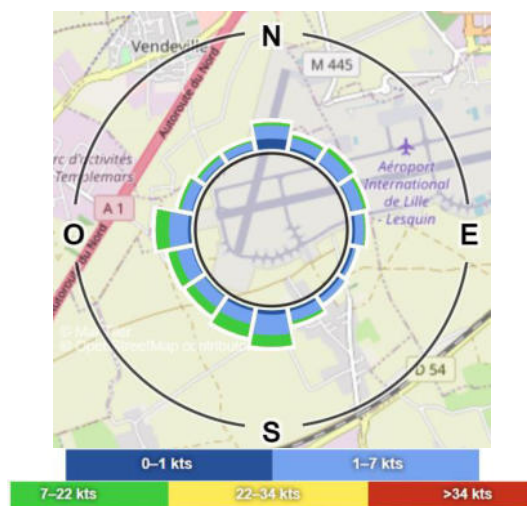
Les données concernant les températures pour la période 1981-2010 sont les suivantes :

- Moyenne des températures maximales : 14,5 °C ;
- Moyenne des températures moyennes : 10,8 °C ;
- Moyenne des températures minimales : 7,1°C.

La moyenne annuelle des précipitations cumulées, sur la période 1981-2010, est de 742,5 mm/an.

La hauteur maximale des précipitations en 24h, dans la période 1990-2019, a été enregistrée en août 2005 avec une hauteur de 90,6 mm.

La rose des vents, obtenue via le site WindFinder, est présentée ci-dessous. La station de mesure se situe au niveau de l'aéroport de Lille, à environ 8 km au sud du site. Cette rose des vents met en évidence que les vents sont de faible vitesse (1 à 7 kts soit 1,8 à 13 km/h) et sans direction particulière.



Source : WindFinder

Figure 7 : Rose des vents pour la station Aéroport de Lille sur la période 2001-2021

Les conditions climatiques ne sont pas retenues comme source potentielle de dangers pour le site.

3.1.1.2. Mouvement de terrain

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les mouvements peuvent être lents et continus (tassements, affaissements, retrait-gonflement des argiles, etc.) ou rapides et brutaux (effondrements de cavités souterraines par exemple).

Des mouvements de terrain pourrait entraîner des fissures sur les parois ou les dallages des bâtiments, notamment la chaufferie.

La commune de Mons-en-Barœul ne dispose pas de Plan de Prévention du Risque de mouvement de terrain. De plus, le risque de retrait-gonflement d'argiles sur le site est moyen, d'après la cartographie du BRGM.

La géologie au droit du site est caractérisée par une lithologie stable, ne présentant pas de facteur de risque particulier de mouvement de terrain. Une étude géotechnique déterminant les paramètres de fondation/stabilité des installations à construire sera réalisée dans le cadre du projet.

Les mouvements de terrain ne sont pas retenus comme une source potentielle de danger pour le projet.

3.1.1.3. Risque sismique

Le territoire national est divisé au niveau communal en cinq zones de sismicité :

- Zone de sismicité 1 (très faible),
- Zone de sismicité 2 (faible),
- Zone de sismicité 3 (modérée),
- Zone de sismicité 4 (moyenne),
- Zone de sismicité 5 (forte).

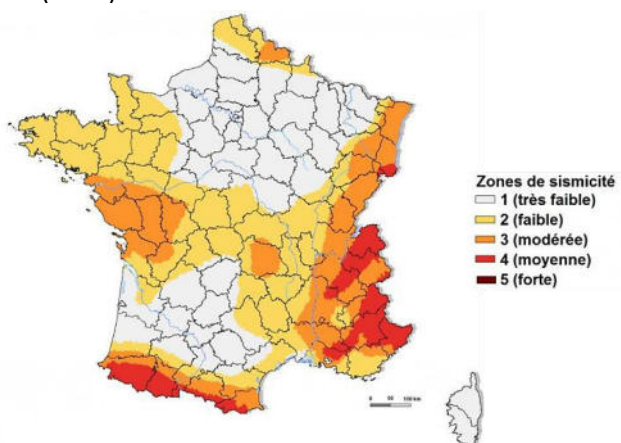


Figure 8 : Carte d'aléa sismique

La commune de Mons-en-Barœul est en zone de sismicité faible (niveau 2 sur 5). Les communes sur lesquelles sont implantées le site Heineken ne sont pas concernées par de PPRN Séismes.

Les séismes ne sont donc pas retenus comme sources de dangers pour le projet

Etant donné que le site n'est pas soumis à la réglementation SEVESO, il n'est pas concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation et à sa section II sur les dispositions relatives aux règles parasismiques applicables à certaines installations.

Le site est concerné par l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », car des travaux seront réalisés. Mais en zone de sismicité 2 et pour des infrastructures d'importance II (accueillant moins de 300 personnes), aucune prescription n'est applicable.

Le projet n'est donc concerné par aucune obligation sismique.

3.1.1.4. Risque inondation

La commune de Mons-en-Barœul n'est pas soumise à un Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI). D'après les cartes de zones inondables actuellement disponibles, la société HENEIKEN n'est pas implantée dans une zone inondable ;

L'inondation n'est pas retenue comme une source potentielle de danger pour le projet.

3.1.1.5. Feu de forêt

La forêt la plus proche du site se situe à environ 7 km à l'ouest. Aucun plan de prévention des risques de feu de forêt n'est en vigueur sur la commune de Mons-en-Barœul.

Le risque de feu de forêt n'est pas retenu dans l'étude.

3.1.1.6. Foudre

Le risque orageux peut être apprécié de manière plus fine grâce à la densité d'arc (Da) qui est « le nombre de coups de foudre au sol par km² et par an ». D'après les données 2012-2021 fournies par le service METEORAGE de Météo-France la densité d'arc (le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an) est égale à 0.6937 NSG/km² du Nord. Ce département est classé 67/96 à l'échelle nationale. A titre de comparaison, la moyenne en France est de la densité de foudroiement est de 1,59.

Le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme faible qu'au niveau national.

Une étude foudre sera réalisée dans le cadre du projet afin de prendre d'évaluation les nouvelles installations au regard du risque foudre. Les préconisations issues de l'étude techniques seront mise en œuvre pour la protection des installations.

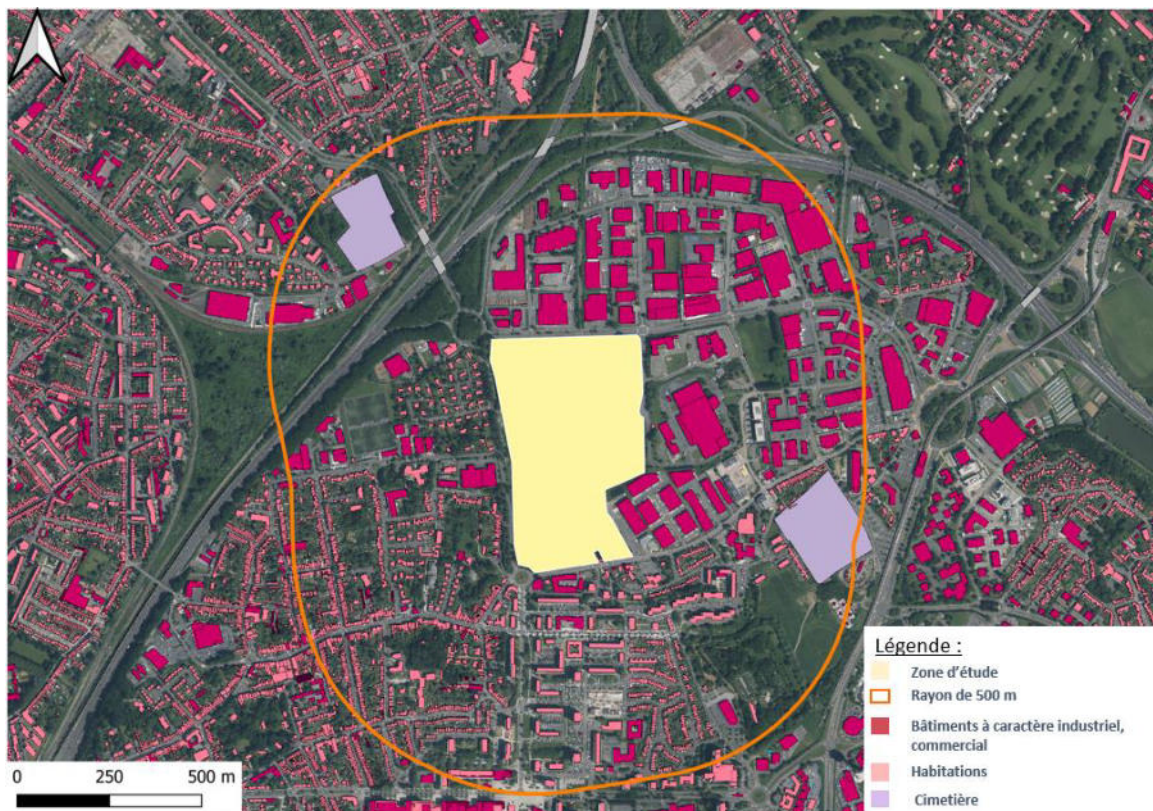
La foudre n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le site (conformément au paragraphe 1.2.1 de la circulaire du 10 mai 2010).

3.1.2. Environnement humain et industriel

3.1.2.1. Habitations à proximité du site

Le site est en bordure d'une importante zone d'habitations.

Les habitations localisées à moins de 500 m du site sont présentées sur la figure suivante :



Source : Géoportail

Figure 9 : Identification des habitations aux alentours du site

Les ERP localisés à moins de 500 m du site de HEINEKEN sont :

- Une maison de retraite nommé « les bruyères » à environ 260 m au sud-ouest du site ;
- Une micro-crèche nommé « graines d'artistes » à environ 104 m au nord-ouest du site ;

Dans la commune de Marcq-en-Barœul, aucun ERP sensible n'est situé à moins de 500m du site.

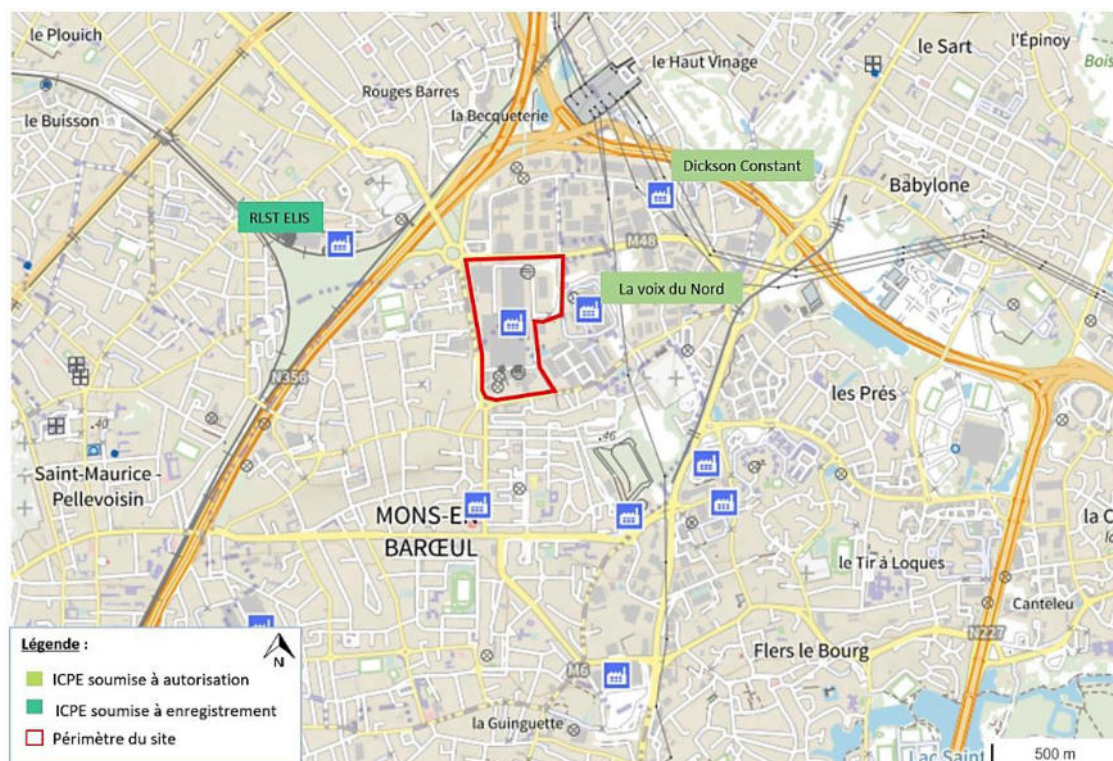
3.1.2.2. Activités industrielles

Heineken est situé dans la zone industrielle « Pilaterie », cette dernière regroupe aujourd'hui 150 entreprises soit plus de 3 000 emplois. Le site s'inscrit donc dans un secteur à dominante industriel.

Le site industriel présent à proximité de Heineken est situé à moins de 200 m, il s'agit de « la Voix du Nord » à l'Est du site.

Aucun de ces sites ne dispose d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques.

La position des différentes industries à proximité du site est illustrée par la figure suivante :



Source : Géorisques

Figure 10 : Industries aux alentours de Heineken

Les installations industrielles ne sont donc pas retenues comme des événements initiateurs.

3.1.2.3. Voies de communication

➤ Réseau aérien :

L'aérodrome le plus proche est à 3,85 km au nord-ouest, situé sur les territoires des communes de Bondues, de Marquette-lez-Lille et de Wambrechies. Il s'agit de de l'aérodrome de Lille/Marcq-en-Barœul, destiné à la circulation publique (CAP) et permet aussi la pratique de la voltige aérienne, du parachutisme et de l'aéromodélisme.

Le principal aéroport de la région est celui de Lille-Lesquin, à 9,2 km au sud.

Le risque de chute d'aéronefs est à considérer conformément au §1.2.1 de la circulaire du 10 mai 2010 si le site se trouve à moins de 2 000 m d'un aéroport ou d'un aérodrome.

La chute d'aéronef n'est donc pas retenue comme potentiel de danger.

➤ Réseau fluvial ou maritime :

Aucune voie de communication maritime n'est présente à proximité.

➤ Réseau routier et ferroviaire :

Les routes les plus proches ayant un trafic important et accueillant potentiellement un transport de matières dangereuses sont la route et la route A22 situées respectivement à 357m à l'ouest et à 747 m au nord-est.

- La départementale D48, longe la bordure nord du site, et fait le tour complet de Lille ;
- La départementale D48 A, longe la bordure ouest du site, reliant Marcq-en-Barœul D48 à Villeneuve-d'Ascq ;
- La nationale N356, à 357m à l'ouest, permettant de relier le sud de Lille à Roubaix ;

La voie ferrée SNCF électrifiée la plus proche du site est située à environ 398 m à l'ouest.

L'accident majeur susceptible de se produire sur une route ou sur une voie ferrée est le BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) qui est une vaporisation violente à caractère explosif d'une citerne.

D'après la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, les distances d'effets attendues pour un BLEVE de véhicule-citerne de butane ou de propane sont les suivantes :

Tableau 1. Distances d'effets attendues pour un BLEVE de véhicule-citerne de butane ou de propane

Quantité de gaz (taille de la citerne) <i>Route</i>	Doses thermiques (1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s) Distance d'effet	Effets de surpression (200 mbar) Distance d'effet	Quantité de gaz (taille de la citerne) <i>Voie ferrée</i>	Doses thermiques (1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s) Distance d'effet	Effets de surpression (200 mbar) Distance d'effet
20 t	120 m	45 m	119 m ³	190 m	60 m
9 t	80 m	35 m			
6 t	70 m	30 m	90 m ³	160 m	55 m

Les seuils d'effets présentés correspondent au seuil des effets dominos

Ces distances d'effets sont inférieures aux distances séparant le site de la voie de transport de matière dangereuse.

Notons également que pour les effets thermiques transitoires (boule ou nuage de feu), l'expérience montre qu'en pratique, les effets ne sont pas dus au rayonnement thermique du nuage enflammé (très court, de l'ordre de la seconde), mais uniquement au passage du front de flamme.

Ainsi, en cohérence avec l'approche usuellement retenue dans le cadre des effets dominos des installations classées pour la protection de l'environnement, les phénomènes dangereux de type effets thermique de BLEVE ne sont pas considérés comme susceptibles d'engendrer des effets dominos. Ainsi, seul les effets dominos de surpressions sont considérés.

Compte-tenu de l'ensemble des éléments ci-avant, seules les voies de circulation routières longeant le site ne sont pas retenues comme source potentielle de danger pour le projet.

3.1.2.3.1. Canalisation de matières dangereuses

Une canalisation de transport de gaz, hydrocarbures et produits chimiques longe la partie Ouest du site.

Cette canalisation est illustrée dans la figure suivante :

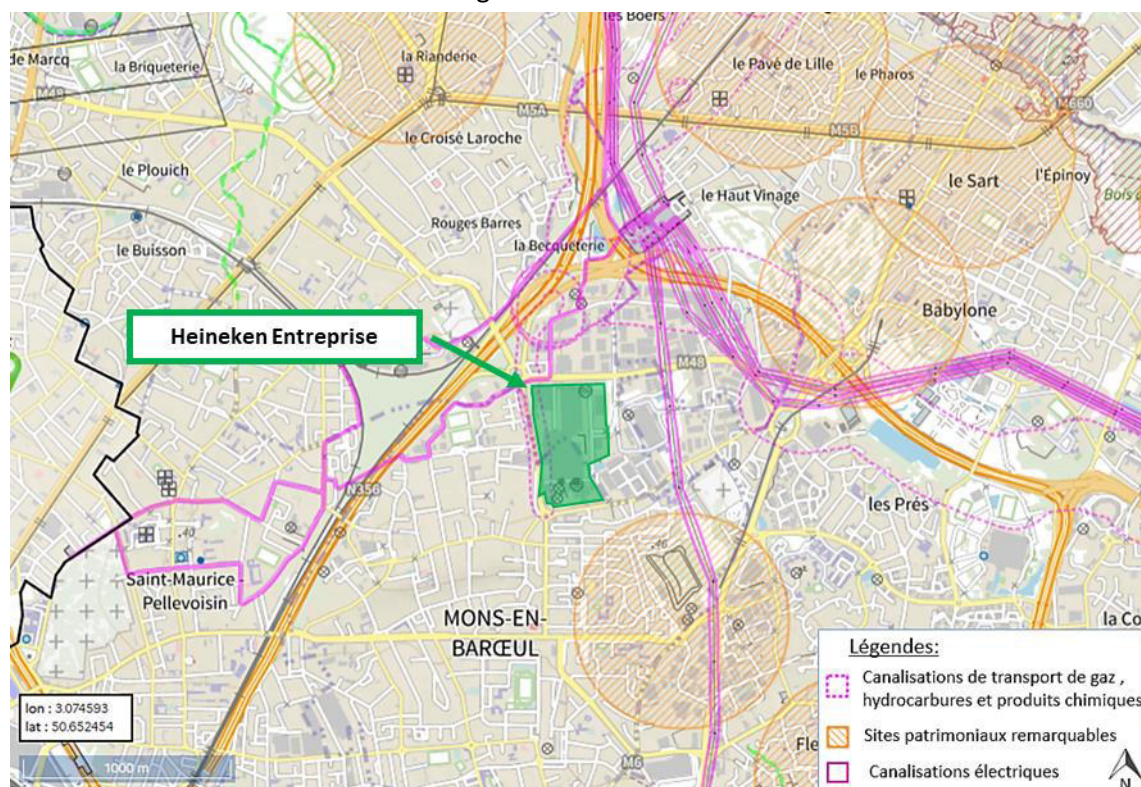


Figure 11 : Canalisation de matières dangereuses

3.1.2.3.2. Malveillance

Le site est clôturé, il possède un portail d'accès surveillé par un poste de garde qui en délivre l'accès après vérification.

La malveillance peut se caractériser par :

- Des vols de matériels liés à la sécurité ou nécessaires au bon fonctionnement des installations ainsi que des vols de matériel entreposé,
- Des incendies volontaires,
- Des destructions de matériel pouvant entraîner des pollutions accidentelles.

D'une manière générale, les actes de malveillance (attentats, sabotages, ...) sont envisageables comme sources possibles d'accidents sur les installations. Cependant leur caractère est aléatoire et ne peut faire l'objet d'étude ou de prise en compte quantitative.

La probabilité d'occurrence de ces actes est cependant limitée par les différentes mesures interdisant l'accès de l'usine aux personnes étrangères et notamment :

- L'ensemble de l'usine est clôturé par un grillage de 2 m de hauteur,
- L'accès est contrôlé par badge pour l'ensemble des personnes entrantes (personnel et visiteurs) avec un contrôle à la réception pour les visiteurs ;
- Tous les jours y compris le week-end et les jours fériés, l'usine est surveillée par un service de gardiennage .

Conformément à la circulaire du 10/05/2010, le risque de malveillance n'est pas à retenir dans l'étude.

3.1.3. Synthèse des sources potentielles de dangers liées à l'environnement du site

Tableau 2 : Synthèse des potentiels de dangers d'origine externe

Nature du risque	Nature du risque	Retenu (oui / non)	Elément du site
Risques naturels	Météo	Non	/
	Mouvements de terrain	Non	/
	Risques sismique	Non	/
	Risque inondation	Non	/
	Feu de forêt	Non	/
	Foudre	Non	/
Risques anthropiques	Habitations	Non	/
	Activités industrielles	Non	/
	Voies de communications	Non	/
	Canalisation de matières dangereuses	Non	/
	Malveillance	Non	/

Aucun potentiel de dangers d'origine externe n'est retenu dans la suite de l'étude.

3.2. Potentiels de dangers liés aux produits

L'identification des potentiels de dangers liés aux produits a pour objectif de recenser les dangers associés aux produits. Il s'agit de qualifier les dangers (inflammabilité, toxicité, ...) présentés par les produits présents sur le site en quantité significative.

Pour rappel, le périmètre de cette étude ne traite que du projet Circle. En conséquence, seuls les potentiels de dangers liés au projet seront ici traités.

Tableau 6 : Potentiels de dangers liés aux produits

Produit	Utilisation sur site	Propriétés physiques et caractéristiques	Dangers associé	Retenu ?	Justification / commentaire
Drêches	Résidu des céréales après soutirage de la préparation de la bière Stocké en cuve en attente de valorisation	Matières organique fermentescible	Explosion Incendie	Oui	Possible formation de gaz dans la cuve (formation de méthane par réaction biologique). Possible développement de feux couvant (auto-combustion)
Fibres / protéines	Fibres et protéines issues de la séparation et de la déshydratation des drêches	Poussières fines potentiellement explosives Produits combustibles	Explosion de poussières Incendie (feux couvant)	Oui	/
Ammoniaque 24 %	Epuration des fumées de la chaudière biomasse	Pression de la vapeur : 47 à 48,3 kPa (20°C) Domaine d'explosivité : 16 à 25 % v/v	Explosion	Oui	/
Gaz naturel	Utilisation en combustible pour la production de chaleur dans la chaufferie	Gaz inflammable Gaz explosif	Incendie Explosion	Oui	/

Remarque :

Les risques pour les opérateurs (ensevelissement, brûlure, ...) ne sont pas traités dans le cadre des études de dangers.

3.3. Potentiels de dangers liés aux équipements et opérations

Dans cette partie, les différents procédés mis en œuvre sur le site sont identifiés afin de déterminer quels sont les potentiels de dangers liés aux différents équipements et opérations. Les potentiels de dangers des opérations et des équipements sont déterminés à partir des deux paramètres suivants :

- Dangers des produits mis en œuvre,
- Conditions opératoires et dérives éventuelles.

Tableau 3 : Dangers liés aux équipements/opérations

Opération / Zone	Equipement / Produits mis en œuvre	Evènement redouté	Dangers associé	Retenu ?	Justification / commentaire
Stockage des fibres / protéines	Silos de stockage	Possibilité d'auto-échauffement et de développement d'un feu couvant	Incendie	Oui	/
Manutention des fibres / protéines	Silos de stockage	Formation d'un nuage de poussières lors des opérations de chargement/déchargement de céréales	Explosion	Oui	/
	Trémies de chargement et filtres	Formation d'un nuage de poussières	Explosion	Non	Eléments de petites tailles par rapport aux silos de stockage Effets de surpression limités à la chaufferie biomasse et bâtiment de séparation
Séparation des fibres / protéines	Centrifugeuse, bluteuse	Poussières fines potentiellement explosives Produits combustibles	Explosion de poussières Incendie (feux couvant)	Non	Présence d'humidité mais fermentation non considérée (temps de séjour court)
Séchage protéines	Equipements de séchage et filtres	Poussières fines potentiellement explosives Produits combustibles	Explosion de poussières Incendie (feux couvant)	Non	Equipement de faible volume ne pouvant pas générer d'effet important
	Local sécheur (gaz naturel)	Formation d'un nuage de poussière dans le local	Explosion	Oui	/
	Chambre de combustion (gaz naturel)	Dysfonctionnement lors de la phase d'allumage Mauvaise évacuation des fumées	Explosion	Non	Les effets d'une explosion de la chambre de combustion d'un sécheur seront faibles et limités au site. De plus, la présence de murs coupe-feu au niveau du local permet de limiter les effets de l'explosion (absorption de l'énergie d'explosion par les murs). Les effets résiduels seront encore plus faibles). Enfin, la mise en place de barrières (balayage à l'air avant redémarrage, monitoring complet de l'installation, ...) permet de rendre ce scénario très peu probable.
Stockage de l'ammoniac 24 %	Cuve de 30 m ³ dans sa rétention	Fuite de produit évaporation et explosion des vapeurs	Explosion	Non	Au vu de la concentration de la solution, le domaine d'explosivité sera uniquement localisé au niveau de la rétention (distance < 5 m)

Opération / Zone	Equipement / Produits mis en œuvre	Evènement redouté	Dangers associé	Retenu ?	Justification / commentaire
					Ainsi, une explosion d'un nuage d'ammoniac n'engendrerait pas de dégâts majeur
Réseau de tuyauterie gaz naturel	Tuyauterie enterrée	Fuite au niveau d'une tuyauterie	Explosion Incendie (jet enflammé)	Non	Situation enterrée
	Tuyauterie aérienne en intérieur	Fuite au niveau d'une tuyauterie	Explosion d'un bâtiment Incendie (jet enflammé)	Oui	Cas du jet enflammé non considéré du fait de la présence d'un local limitant la portée du jet
Chaufferie Biomasse	Local chaufferie	Formation d'un nuage de poussière dans la chaufferie	Explosion	Oui	/
	Local chaufferie	Fuite de gaz au niveau de la chaufferie	Explosion d'un bâtiment Incendie (jet enflammé)	Oui	Cas du jet enflammé non considéré du fait de la présence d'un local limitant la portée du jet
	Chambre de combustion	Dysfonctionnement lors de la phase d'allumage Mauvaise évacuation des fumées	Explosion	Oui	/
	Corps de chauffe et calandre	Montée en pression dans le corps de chauffe	Explosion	Non	Présence de soupapes

3.4. Potentiels de dangers liés à la perte d'utilités

La perte de l'une des utilités du site perturbe son exploitation normale et peut potentiellement être une cause de défaillance ou une source de dangers.

Le tableau ci-dessous regroupe les utilités, les principaux dysfonctionnements susceptibles de se produire et leurs conséquences.

Les mesures de prévention et de protection associées sont également rappelées.

Utilité	Dysfonctionnement	Cause	Conséquence	Mesures de prévention/protection
Electricité	Arrêt des équipements électriques	Coupure réseau public	Arrêt de nombreux équipements Arrêt de production et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	/
Vapeur	Perte de la vapeur de l'usine	Fuite	Arrêt de la production et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	/
Gaz naturel	Perte de l'alimentation des chaudières	Problème d'approvisionnement	Arrêt de fonctionnement des chaudières <i>Pas de dangers notable</i>	Arrêt du procédé de fabrication
Biomasse	Perte de l'alimentation des chaudières	Problème d'approvisionnement	Arrêt de fonctionnement des chaudières <i>Pas de dangers notable</i>	Procédé de fabrication en mode dégradation voir arrêt de la brasserie
Eau	Perte d'alimentation réseau publique	Coupure réseau public	Arrêt des activités du site (matières premières) <i>Pas de dangers notable</i>	Présence du forage pour alimenter le site et réseau communal en secours
			Plus d'eau pour les besoins domestiques et le nettoyage <i>Pas de dangers notable</i>	
Air comprimé	Perte d'alimentation en air comprimée	Coupure ou avarie quelconque	Arrêt de nombreux équipements Arrêt de production et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	/

Tableau 4 : Etude des pertes d'utilités

3.5. Réduction à la source des potentiels de dangers identifiés

3.5.1. Suppression / substitution

L'activité projetée est la séparation et la combustion de la biomasse. La suppression ou la substitution des installations du projet sont au cœur du procédé.

3.5.2. Limitation des quantités

Les quantités de produits présents sur site sont limitées au strict nécessaire et adapté en fonction de la production. Les stocks sont gérés au maximums en flux tendus.

3.5.3. Technologie utilisée

Les technologies utilisées sur le site sont standardisées selon les normes du groupe HEINEKEN.

L'utilisation d'une salle des machines fonctionnant à l'ammoniac permet des performances environnementale par rapport à d'autres fluides frigorigènes.

3.5.4. Lieu d'implantation

L'emprise du site est bien définie et n'est pas amenée à être modifiée.

3.6.

3.6. Synthèse des potentiels de dangers

Les potentiels de dangers mis en évidence dans l'analyse des risques lié au projet CIRCLE sont les suivants :

- Explosion de poussières dans les silos de stockage de fibres et de protéines ;
- Explosion dans les locaux « sécheur » du projet CIRCLE ;
- Explosion des locaux chaufferie (projet CIRCLE) ;
- Explosion des chambres de combustion des chaudières (projet CIRCLE) ;
- Explosion des chaudières (projet CIRCLE) ;
- UVCE / Flash fire suite à une fuite de tuyauteries de gaz naturel;

4. CHOIX DES PHENOMENES DANGEREUX RETENUS

4.1. Analyse préliminaire des risques

L'objectif est d'identifier l'ensemble des scénarii d'évènements à caractère dangereux en lien avec l'exploitation étudiée et susceptibles de présenter un risque vis-à-vis de tiers.

Ces évènements à risques sont établis sur la base des dangers potentiels identifiés lors de l'étape précédente. Les évènements étudiés sont ceux pour lesquels un risque peut potentiellement avoir des répercussions hors du périmètre d'exploitation.

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu	Justification
3.1	Stockage et manutention de fibres/protéines dans un silo du projet	Auto-échauffement des céréales ou source d'ignition	Incendie d'un silo de fibres/protéines du projet	<ul style="list-style-type: none"> - Temps de séjour court dans le silo - Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) - Zonage ATEX 	<ul style="list-style-type: none"> - Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...) - Murs REI 120 	Non	Effets de l'incendie limités au vu de la taille du silo et du type d'incendie (feux couvant)
3.2		Formation d'une atmosphère explosive + Source d'ignition	Explosion d'un silo de fibres/protéines du projet	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) - Zonage ATEX 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'évents/de trappes pour évacuer la surpression - Murs REI 120 	Oui	/
3.3	Séchage des protéines, des fibres	Défaillance du séchage entraînant l'inflammation des matières à sécher	Incendie de la ligne de séchage	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre) - Zonage ATEX - Détection incendie - Sonde de température - Contrôle d'accès à l'installation 	<ul style="list-style-type: none"> - Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...) - Murs coupe-feu - Murs REI 120 	Non	Faible charge calorifique (peu de fibres/protéines séché) Murs REI 120 Incendie limité au local

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu	Justification
3.4		Fuite de gaz au niveau du local de séchage + Source d'ignition	Fuite de gaz naturel sur le sécheur Explosion du local	- Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, ...) - Zonage ATEX - Détection gaz - Contrôle d'accès à l'installation	- Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...) - Murs coupe-feu	Oui	/
11.1	Chaufferie biomasse	Fuite de gaz lors de la phase de ré allumage + Source d'ignition (flamme de démarrage) ou Retard d'allumage de la flamme et défaillance détecteur flamme et accumulation de gaz	Explosion de la chambre de combustion	- Balayage à l'air de toute la ligne avant redémarrage avec asservissement de la flamme des brûleurs - Maintenance périodique des brûleurs - Zonage ATEX - Détection incendie - Détection gaz - Contrôle d'accès à la chaufferie	- Élément soufflable sur le bâtiment - Détection fuite par capteur de pression	Oui	/
11.2		Fuite de gaz au sein de la chaufferie biomasse + Source d'ignition	Explosion de la chaufferie	- Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, ...) - Zonage ATEX - Détection incendie - Détection gaz - Contrôle d'accès à la chaufferie	- Élément soufflable sur le bâtiment - Détection fuite par capteur de pression	Oui	/
11.3		Défaut de régulation de pression (vanne de sortie vapeur fermée, excès de combustible, ...)	Montée en pression et explosion du corps de chauffe de la chaudière	- Détection incendie - Arrêt chaudières sur détection de pression haute - Présence de pressostat - Maintenance régulière - Contrôles périodiques - Zonage ATEX - Détection incendie - Détection gaz - Contrôle d'accès à la chaufferie	- Élément soufflable sur le bâtiment - Soupapes de surpression - Détection fuite par capteur de pression	Oui	/

Tableau 5 : Analyse préliminaires des risques

4.2. Phénomènes dangereux retenus

Suite à l'analyse préliminaire des risques, les phénomènes dangereux identifiés retenus sont présentés ci-dessous :

Les numéros des phénomènes dangereux (PhD) associés au projet Circle sont portés par PhD_Circle_

Référence APR	Phénomène dangereux	Numéro
3.2	Explosion d'un silo de protéine de 65 m ³ dans le bâtiment séchage	PhD_Circle_1c
3.2	Explosion d'un silo de fibres de 410 m ³	PhD_Circle_1d
3.2	Explosion du silo buffer de 74 m ³	PhD_Circle_1e
3.4	Explosion du local « sécheur protéines »	PhD_Circle_2a
9.1	Jet enflammé suite à une fuite d'une tuyauterie aérienne de gaz naturel	PhD_Circle_10a
9.2	UVCE/Flash-Fire suite à une fuite d'une tuyauterie aérienne de gaz naturel	PhD_Circle_10b
11.1	Explosion de la chambre de combustion de la chaudière biomasse	PhD_Circle_14
11.2	Explosion de la chaufferie biomasse	PhD_Circle_15

Tableau 6 : Liste des phénomènes dangereux retenus

5. MODELISATIONS DES PHENOMENES DANGEREUX

5.1. Seuils d'effet utilisés (Effets thermiques et de surpression)

Les seuils retenus dans le cadre de la modélisation des phénomènes dangereux sont définis par l'arrêté du 29 Septembre 2005 relatif « à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études des dangers des installations classées soumises à autorisation » :

Tableau 7 : Seuils d'effets des flux thermiques

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l'homme	Flux thermiques
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	/	20 kW/m ²
Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	/	16 kW/m ²
Seuil des effets dominos et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à la zone de dangers très graves pour la vie humaine	8 kW/m ² 1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s
Seuil des destructions de vitres significatives	Seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine	5 kW/m ² 1 000 (kW/m ²) ^{4/3} .s
/	Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	3 kW/m ² 600 (kW/m ²) ^{4/3} .s

Tableau 8 : Seuils d'effets de surpression

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l'homme	Surpression
Seuil des dégâts très graves sur les structures	/	300 mbar
Seuil des effets dominos	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SELS)	200 mbar
Seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine	140 mbar
Seuil des dégâts légers sur les structures	Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	50 mbar
Seuil des destructions significatives de vitres	Seuil des effets correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme	20 mbar

5.2. Méthodes et outils de modélisation

Les outils de modélisations utilisés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- Explosion de poussières en silos (type guide silos)
- Multi énergie du TNO : Explosion semi-confiné dans un local
- FLUMilog : incendie de solide
- Multi énergie du TNO : Explosion confiné

Le détail de ces outils est présenté en Annexe 1.

5.3. Résultats des modélisations

Le tableau ci-après présente la synthèse des distances d'effets obtenues et les principaux calculs intermédiaires. Les distances sont données à partir de la zone en feu, du centre de l'explosion ou de la source de rejet. Les graphiques PHAST des dispersions toxiques et FLUMillog sont présentés après ce tableau.

Avec :

- NA : Non atteint
- NP : Non pertinent

Phénomènes dangereux (PhD)			Distances d'effets de surpression				Distances d'effets thermiques			Distances d'effets toxiques			Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	Type d'effets	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	SELS	SEL	SEI	SELS	SEL	SEI	
PhD1c	Explosion d'un silo de protéine de 65 m ³ dans le bâtiment séchage	Surpression	NA au sol	NA au sol	7 m	25 m	/	/	/	/	/	/	<p>Volume silo : 65 m³ (5,4 m² x 12 m de hauteur)</p> <p>Silo en bardage métallique avec P rupture : 138 mbar ^[5]</p> <p>Produit : fibres/protéines</p> <p>K_{MAX} = 152 bar.m/s ; P_{MAX} = 8,4 bars ^[6]</p> <p>Silo bien éventé et découplé</p> <p>→ Intégrité des parois non maintenue en cas d'explosion</p> <p>Delta P_{EXP} retenu : 100 mbar (pression d'ouverture de l'évent)</p> <p>Altitude de l'évent : 12 m</p> <p>Energie d'explosion : 2 MJ</p>

⁵ Donnée du constructeur

⁶ Analyse DEKRA du 22/06/2022

Phénomènes dangereux (PhD)			Distances d'effets de surpression				Distances d'effets thermiques			Distances d'effets toxiques			Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	Type d'effets	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	SELS	SEL	SEI	SELS	SEL	SEI	
PhD1d	Explosion d'un silo de fibres de 410 m ³	Surpression	NA au sol	NA au sol	15 m	46 m	/	/	/	/	/	/	<p>Volume silo : 410 m³ (34,2 m² x 12 m de hauteur) Silo en bardage métallique avec P rupture : 200 mbar ^[7] Produit : fibres/protéines K_{MAX} = 152 bar.m/s ; P_{MAX} = 8,4 bars ^[8] Silo bien éventé et découplé → Intégrité des parois non maintenue en cas d'explosion Delta P_{EXP} retenu : 100 mbar (pression d'ouverture de l'évent) Altitude de l'évent : 21 m Energie d'explosion : 12 MJ</p>
PhD1e	Explosion du silo buffer de 74 m ³	Surpression	NA au sol	NA au sol	13 m	28 m	/	/	/	/	/	/	<p>Volume silo : 74 m³ (2,65 x 4,3 x 6,5 m de hauteur) Silo en bardage métallique avec P rupture : 200 mbar ^[9] Produit : fibres/protéines K_{MAX} = 152 bar.m/s ; P_{MAX} = 8,4 bars ^[10] Silo bien éventé et découplé → Intégrité des parois non maintenue en cas d'explosion Delta P_{EXP} retenu : 100 mbar (pression d'ouverture de l'évent) Altitude de l'évent : 6,5 m Energie d'explosion : 2,2 MJ</p>

⁷ Cas d'un silo métallique assimilé à une cellule métallique (100 à 200 mbar). Cas 200 mbar majorant retenu (Source : Guide Silos)

⁸ Analyse DEKRA du 22/06/2022

⁹ Cas d'un silo métallique assimilé à une cellule métallique (100 à 200 mbar). Cas 200 mbar majorant retenu (Source : Guide Silos)

¹⁰ Analyse DEKRA du 22/06/2022

Phénomènes dangereux (PhD)			Distances d'effets de surpression				Distances d'effets thermiques			Distances d'effets toxiques			Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	Type d'effets	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	SELS	SEL	SEI	SELS	SEL	SEI	
PhD2a	Explosion du local « sécheur protéines »	Surpression	6 m	9 m	25 m	50 m	/	/	/	/	/	/	Volume local : 1 913 m ³ (15 m x 8,5 x 15 m de hauteur) Toiture en bardage métallique (P rupture : 100 mbar ^[11]) Pression de rupture du local retenue : 200 mbars Rapport des chaleurs massique : 1,304 (gaz naturel) Indice Multi Energie 5 (surpression maxi de 200 mbar) Energie d'explosion : 125 MJ
PhD14	Explosion de la chambre de combustion de la chaudière biomasse	Surpression	6 m	8 m	17 m	34 m	/	/	/	/	/	/	Volume chambre de combustion : 27 m ³ Pression de rupture chambre : 200 mbar ^[13] Pression de rupture retenue : 400 mbar Chaleur spécifique du gaz : 1,304 (méthane) Energie d'explosion : 3,5 MJ Indice Multi énergie : 10
PhD15	Explosion de la chaufferie biomasse	Surpression	8 m	13 m	35 m	70 m	/	/	/	/	/	/	Volume chaufferie : 8 000 m ³ 30% du local occupé Toiture en bardage métallique (P rupture : 100 mbar ^[14]) Pression de rupture du local retenue : 200 mbars Rapport des chaleurs massique : 1,304 (gaz naturel) Indice Multi Energie 5 (surpression maxi de 200 mbar) Energie d'explosion : A8 MJ

Tableau 9 : Résultats des modélisations

Les cartographies des zones d'effets sont présentées en Annexe 2.

Les graphiques des dispersions atmosphériques et des cartographies FLUMilog sont présentés ci-après.

¹¹ Cas d'un toit métallique soufflable de type bac acier assimilé à du bardage métallique (15 à 100 mbar). Cas 100 mbar majorant retenu (Source : Guide Silos)

¹³ Cas d'une chambre métallique en acier assimilé à une cellule métallique (100 à 200 mbar). Cas 200 mbar majorant retenu (Source : Guide Silos)

¹⁴ Cas d'un toit métallique soufflable de type bac acier assimilé à du bardage métallique (15 à 100 mbar). Cas 100 mbar majorant retenu (Source : Guide Silos)

5.4. Evaluation des effets dominos

D'après la circulaire du 10 mai 2010 un effet domino est une « Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène ».

Les valeurs seuils d'effets retenues à partir desquelles un effet domino sur les installations voisines est à examiner au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 sont les suivantes :

- Pour les effets thermiques : 8 kW/m² ;
- Pour les effets de surpression : 200 mbar.

Ces valeurs constituent des limites inférieures à partir desquelles des effets dominos sont envisageables.

Concernant les effets thermiques transitoires (boule ou nuage de feu), l'expérience montre qu'en pratique, les effets ne sont pas dus au rayonnement thermique du nuage enflammé (très court, de l'ordre de la seconde), mais uniquement au passage du front de flamme.

Ainsi, en cohérence avec l'approche usuellement retenue dans le cadre des effets dominos des installations classées pour la protection de l'environnement, les phénomènes dangereux de type Flash-Fire, BLEVE thermique ou Boil Over ne sont pas considérés comme susceptibles d'engendrer des effets dominos.

Enfin, les effets toxiques ne génèrent pas d'effets dominos.

Phénomènes dangereux			Distance d'effets dominos	Installations atteintes	Conséquences
N°	Intitulé	Type d'effets			
PhD1d	Explosion d'un silo de fibres de 410 m ³	Surpression	NA au sol mais potentiel effet en hauteur	Autres silos	Aucune (Silos découplés)
PhD1e	Explosion du silo buffer de 74 m ³	Surpression	NA au sol mais potentiel effet en hauteur	Aucune	Aucune
PhD2a	Explosion du local « sécheur protéines »	Surpression	6 m	Local « sécheur » et « séparation »	Aucun (Dégâts matériel et absence de suraccident)
PhD14	Explosion de la chambre de combustion de la chaudière biomasse	Surpression	6 m	Équipements de la chaufferie contenant du gaz naturel	Aucune (PhD15 non possible ou faible effet résiduelle car chaufferie non confinée et/ou inflammation rapide du gaz naturel du fait de l'explosion)
PhD15	Explosion de la chaufferie biomasse	Surpression	8 m	Aucune	Aucune

Tableau 10 : Effets dominos

Ainsi, l'analyse des effets dominos ne met pas en évidence de nouveau scénario possible par effet domino.

Notons que le site ne génère pas d'effets dominos en dehors de ces limites ICPE.

5.5. Synthèse des phénomènes dangereux générant des effets à l'extérieur du site

L'intensité des phénomènes dangereux a été évaluée précédemment par les modélisations. L'étude des effets dominos a permis d'identifier les éventuels phénomènes dangereux supplémentaires générés par effets dominos.

Les phénomènes dangereux entraînant des effets létaux et/ou significatifs pour la vie humaine uniquement à l'intérieur des limites du site présentent un risque acceptable. Pour les autres phénomènes dangereux, une évaluation de la gravité, de la probabilité et de la cinétique est réalisée afin de caractériser le risque.

Le tableau ci-dessous liste ces scénarios.

Phénomène dangereux		Effets sortant des limites du site ?	Situation du risque
PhD1c	Explosion d'un silo de protéine de 65 m ³ dans le bâtiment séchage	Non	Acceptable
PhD1d	Explosion d'un silo de fibres de 410 m ³	Non	Acceptable
PhD1e	Explosion du silo buffer de 74 m ³	Non	Acceptable
PhD2a	Explosion du local « sécheur protéines »	Oui (SEI)	Etude de la probabilité et de la gravité
PhD3	Incendie des emballages du magasin général	Non	Acceptable
PhD4	Incendie des halls de stockage de produits finis	Non	Acceptable
PhD5	Incendie du stockage de palette	Non	Acceptable
PhD6	Feu de nappe d'eau alcoolisée dans la rétention	Non	Acceptable
PhD7	Explosion du réservoir d'eau alcoolisée	Non	Acceptable
PhD14	Explosion de la chambre de combustion de la chaudière biomasse	Non	Acceptable
PhD15	Explosion de la chaufferie biomasse	Oui (SEI)	Etude de la probabilité et de la gravité

Tableau 11 : Phénomènes dangereux générant des effets hors des limites du site

Remarque : Seuls les effets sur la vie humaine sont répertoriés. Les effets indirects par bris de vitres ne sont pas comptabilisés.

6. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

6.1. Cotation de la gravité des phénomènes dangereux

6.1.1. Méthodologie

La cotation de la gravité est effectuée par comptage des personnes présentes dans les zones d'effets des phénomènes dangereux. Les modalités d'estimation du nombre de personnes exposées sont définies à travers la fiche n°1 (Eléments pour la détermination de la gravité des accidents) de la partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010.

Les zones susceptibles d'être impactées par les effets à l'extérieur des limites du site ainsi que les données prises en compte pour la cotation de la gravité sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Désignation	Nombre de personnes considérées	Référence / Justification
Rue du Général de Gaulle	10 personnes / km	Compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour Ici il est considéré un trafic majorant de 2 500 véhicules/jour en l'absence de comptage officiel sur l'axe concerné. (la N356 présente un TMJA de 5662 v/j).
Habitations isolées	2,5 personnes par logement	Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.
Route d'accès (route du centre) au Parking ERP (Bricoman / Symbol I.T)	0,001 personne / m ²	Pour les terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport, ...) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare. Le nombre de personnes exposées devra en tout état de cause être au moins égal à 1, sauf démonstration de l'impossibilité d'accès ou de l'interdiction d'accès.

Tableau 12 : Zones impactées par les phénomènes dangereux

6.1.2. Echelle de gravité

Les niveaux de gravité sont ceux définis dans l'échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif « à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études des dangers des installations classées soumises à autorisation ».

Niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
Important	Au plus 1 personne exposée.	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
Sérieux	Aucune personne exposée.	Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne ».

Tableau 13 : Echelle de gravité retenue pour l'analyse détaillée des risques

6.1.3. Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux

Le tableau ci-après présente les zones impactées par les différents phénomènes dangereux et la gravité associée. La gravité est déterminée en utilisant les cartographies des zones d'effets Annexe 2.

Phénomène dangereux		Zones impactées par les zones d'effets à l'extérieur du site			Nombre de personnes exposées			Gravité
N°	Intitulé	Effets irréversibles	Premiers effets létaux	Effets létaux significatifs	Effets irréversibles	Premiers effets létaux	Effets létaux significatifs	
PhD2a	Explosion du local « sécheur protéines »	Route : 20m	/	/	$20 \times 10 \times 10^{-3}$ Soit 0,2 personnes	/	/	Modéré
PhD15	Explosion de la chaufferie biomasse	Parking : 410 m ² Route : 25m	/	/	$410 \times 10^{-3} + 25 \times 10 \times 10^{-3}$ Soit 0,66 personnes	/	/	Modéré

Tableau 14 : Synthèse des gravités des phénomènes dangereux

6.2. Cotation de la probabilité

6.2.1. Principe de la méthode d'analyse par arbre papillon

Cette méthode a pour objectif de présenter les différentes causes à l'origine de l'Événement Redouté Central (ERC) considéré et les barrières de prévention ou de protection. Une telle approche permet de déterminer pour chaque phénomène dangereux sa probabilité d'occurrence.

L'analyse des causes et des conséquences est présentée sous forme d'arbre « papillon », qui permet de détailler, en amont, les causes et sous-causes possibles conduisant à l'évènement et, en aval, les conséquences ultimes en termes de phénomènes accidentels (incendie, explosion, etc.).

Cet arbre des causes/conséquences a pour objectif de formaliser et d'identifier :

- L'enchaînement des causes et des circonstances pouvant provoquer la libération d'un potentiel de danger (évènement redouté), en remontant jusqu'aux évènements élémentaires initiateurs ;
- Le déroulement des phénomènes physiques pouvant conduire à un accident majeur ;
- Les mesures de maîtrise des risques (MMR) et les barrières de prévention ou de protection existantes ou prévues sur l'installation qui permettent de détecter et limiter les conséquences du phénomène dangereux.

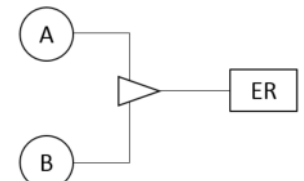
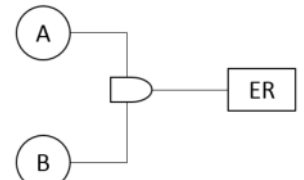
Les différentes causes sont représentées par des blocs et reliées entre elles par des portes logiques « ET » et « OU » en fonction de leurs interactions.

Les portes ET relient les évènements devant se produire simultanément pour provoquer l'évènement consécutif.

Les portes OU relient les évènements pouvant se produire indépendamment et ayant la même conséquence.

Le niveau de probabilité de l'évènement considéré dépend de la fréquence d'occurrence d'un ensemble particulier de circonstances, relatives à l'équipement identifié, aboutissant à des conséquences quantifiables.

Dans le cas de causes liées par des portes ET ou OU aboutissant à un évènement, les combinaisons de probabilité des conditions nécessaires à l'occurrence se font suivant les règles suivantes :

Porte	Schéma	Calcul de la probabilité
Porte « OU »		$P(ER) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ <p>Or, d'après le théorème de Poincaré, le dernier terme peut être négligé, on a donc</p> $P(ER) = P(A) + P(B)$
Porte « ET »		$P(ER) = P(A) \times P(B)$

Les barrières de maîtrise des risques permettent de réduire la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux. Les barrières sont qualifiées par leur niveau de confiance (NC) qui représente la probabilité de défaillance à la sollicitation.

On rappelle que certaines barrières situées sont déjà intégrées dans les données probabilistes relatives à la fréquence d'occurrence de l'ERC et ne sont donc pas cotées.

Dans le cadre de cette étude, les barrières supplémentaires seront quant à elles étudiées et prises en compte dans chaque cas. En fonction de leur taux de défaillance, une « décote » de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux pourra être réalisée.

Comme énoncé dans le paragraphe 3.1.3, un risque d'éboulement et plus particulièrement de chutes de blocs depuis la falaise située en limite ouest du site peut être source de dangers pour le site. Cette source de dangers est difficile à quantifier aussi bien en terme de gravité et de probabilité.

Ainsi, conformément à la circulaire du 10 mai 2000 relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, il est seulement retenu une approche qualitative de la vulnérabilité du site vis-à-vis du risque de chute de pierres.

6.2.2. Echelle de probabilité

Les niveaux de probabilité sont ceux définis dans l'échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif « à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études des dangers des installations classées soumises à autorisation ».

Cette échelle est présentée dans le tableau ci-dessous :

Echelle de probabilité	E	D	C	B	A
Appréciation qualitative	« événement 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 d'installations	« événement très improbable » : s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	« événement 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.	« événement probable » : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	« événement courant » : se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.
Appréciation quantitative (par unité et par an)		10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²

Tableau 15 : Echelle de probabilité retenue pour l'analyse détaillée des risques

6.2.3. Evaluation de la probabilité des phénomènes dangereux

Le nœud papillon des scénarios PhD 2a ; PhD 15 sont les suivants :

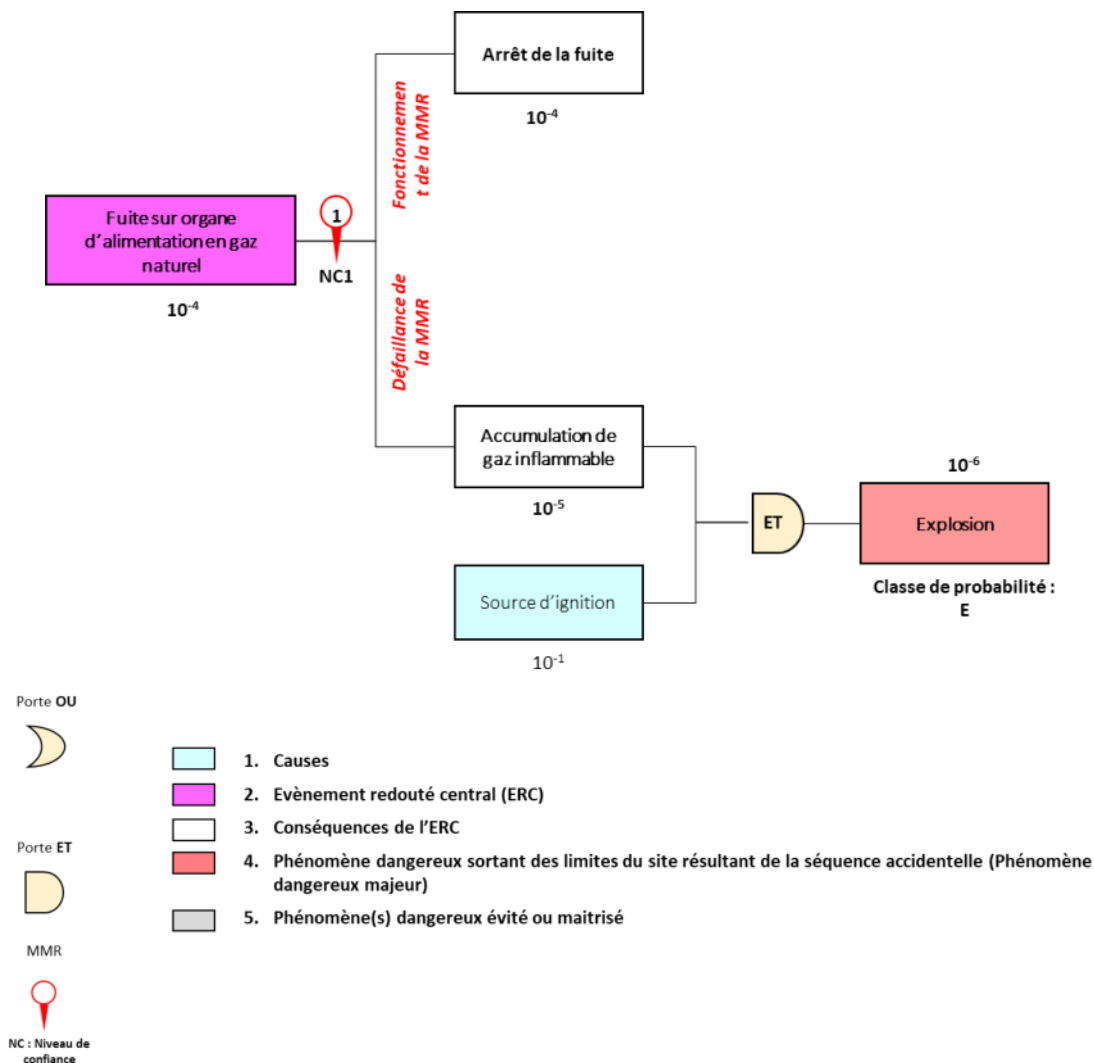


Figure 12 : Nœud papillon – PhD 2a ; PhD 15

Evénement initiateur	Probabilité unitaire d'occurrence	Probabilité d'occurrence	Justification/remarque	Source
Fuite sur un organe d'alimentation en gaz naturel	10^{-5}	$10 \times 10^{-5} = 10^{-4}$	Cas d'une fuite d'une tuyauterie d'un diamètre inférieur à 49mm (10^{-5} /an/m) de tuyauterie). Dans le cas présent il est considéré une longueur forfaitaire de 10m de tuyauterie	INERIS – Méthode de détermination semi-quantitative de la probabilité de défaillance d'une tuyauterie usine (26/06/2007)

N° de la barrière	Type	Dénomination	Niveau de confiance retenu	Justification/remarque
1	MMR	Capteur de pression	NC 1	Permet d'écourter la durée de fuite et de mettre en sécurité l'installation (alimentation / source)

6.3. Cotation de la cinétique

L'arrêté du 29 septembre 2005 *relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation* précise les exigences en termes d'évaluation et de prise en compte de la cinétique des phénomènes dangereux et des accidents.

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

Dans le cas contraire, la cinétique de déroulement d'un accident majeur est qualifiée de rapide.

En effet, la finalité de la prise en compte de la cinétique est notamment de permettre la planification et le choix des éventuelles mesures à prendre à l'extérieur du site pour la protection des populations et de l'environnement.

Pour les incendies et les phénomènes d'explosion, conformément aux préconisations du « guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables – version octobre 2008 », la cinétique est considérée comme rapide (phénomènes dangereux à développement instantané).

Pour les scénarios de dispersion toxique, les événements étant soudain la cinétique est considérée comme rapide.

6.4. Hiérarchisation et gestion des risques

La circulaire du 10 mai 2010 et l'arrêté du 26 mai 2014 établissent une grille dite d'acceptabilité ou de criticité qui a pour finalité de fournir une indication de la compatibilité de l'établissement avec son environnement.

Tous les phénomènes dangereux ayant des effets sur la vie humaine en dehors des limites du site doivent figurer dans cette matrice suivant leurs couples « probabilité / gravité ».

Notons que cette circulaire et la grille de criticité associée sont applicables aux établissements soumis aux dispositions de l'arrêté du 26 mai 2014 (établissement SEVESO). A titre indicatif la matrice peut également être utilisée pour l'ensemble des installations classées mais sans obligation réglementaires.

Ainsi, la matrice de criticité appliquée au site est présentée ci-dessous. Les phénomènes dangereux n'ayant pas d'effets hors site sont absents de cette matrice.

Gravité des conséquences sur les personnes	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré	PhD2a PhD15				

Tableau 16 : Grille d'acceptabilité des phénomènes dangereux

Les niveaux de criticité sont rappelés ci-dessous :

Couleur	Critères d'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source
NON	Pour une installation existante, dûment autorisée, il convient de demander à l'exploitant des propositions de mise en place, dans un délai défini par arrêté préfectoral, de mesures de réduction complémentaires du risque à la source qui permettent de sortir de la zone comportant le mot « NON »
MMR Rang 1	Il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus. Si le nombre total cumulé d'accidents situés dans l'ensemble des cases « MMR rang 2 » pour l'ensemble de l'établissement est supérieur à 5, il faut considérer le risque global comme équivalent à un accident situé dans une case « non rang 1 » (situation n°1) sauf si, pour les accidents excédant ce nombre de 5, le niveau de probabilité de chaque accident est conservé dans sa même classe de probabilité lorsque, pour chacun des scénarios menant à cet accident, la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s'opposant à ce scénario est portée à 1.
MMR Rang 2	Pour les ateliers et installations existant déjà le 29 septembre 2005 dans les établissements, on ne comptabilisera à ce titre que les accidents classés « MMR rang 2 » du fait du nombre de personnes exposées à des effets létaux, à l'exclusion des accidents classés « MMR rang 2 » en raison d'effets irréversibles.
Ni NON ni MMR	Le risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

Le site génère donc :

- 2 phénomènes dangereux en zone verte dite acceptable (PhD2a ; PhD15) ;

Pour les scénarios en zone MMR, il convient de vérifier que le site a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus.

Ainsi, même si le positionnement dans la matrice est donné à titre indicatif (site non SEVESO), les phénomènes dangereux liés au projet sont considérés comme étant acceptables au sens de la circulaire du 10 mai 2010 et de l'arrêté du 26 mai 2014.

7. CARACTERISATION DES MESURES DE MAITRISES DES RISQUES

L'ensemble des barrières valorisées sur les arbres papillons (barrières pour lesquelles ont été attribuées un niveau de confiance) sont qualifiées en tant que MMR (Mesures de Maîtrise des Risques).

Ces MMR sont présentées dans un tableau synthétique permettant de vérifier que, conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, elles sont bien :

- Efficaces,
- Testables,
- Maintenables,
- Adaptées en terme de cinétique vis-à-vis de la cinétique du phénomène dangereux,
- Indépendantes du phénomène dangereux.

Critères	Objectifs
Efficacité	L'aptitude de la barrière de sécurité à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement L'évaluation de l'efficacité repose sur les principes de dimensionnement adapté (conception basée sur des normes standards reconnus et dimensionnement basé les conditions de fonctionnement du site et prise en compte des événements redoutés à maîtriser) et de résistance aux contraintes spécifiques (environnement, produit(s) utilisé(s), exploitation, effet du phénomène).
Cinétique	Le temps de réponse correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière de sécurité est réalisée dans son intégralité. Le temps de réponse de la barrière doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser, c'est-à-dire qu'il doit être significativement inférieur à la cinétique. Ce temps de réponse dépendra de l'implantation des barrières et de la configuration de l'installation.
Testabilité	Tester la barrière afin de vérifier si la fonction de sécurité pour laquelle elle a été mise en place est bien réalisée. Tester la barrière et ses asservissements.
Maintenance	Garantir le maintien des performances de la barrière dans le temps (opérations d'entretien ou opérations lourdes amenant à l'indisponibilité de la barrière). Périodicité en fonction du constructeur, des REX, des agressions liées à l'environnement et au procédé...
Indépendance	La barrière de sécurité doit être indépendante de l'événement initiateur. Ses performances ne doivent pas être dégradées par l'occurrence de l'événement initiateur.

Tableau 17 : Critères d'évaluation des MMR

Une MMR ont été identifiées et valorisées dans l'étude. Les tableaux ci-après synthétisent leur évaluation.

Barrières n° 1 : Capteurs de pression

MMR : Capteur de pression avec fermeture instantanée de la vanne si fuite (pression basse) ou si pression haute		Scénarios 2a et 15
Critères de performance	Positionnement	Justification
Efficacité / dimensionnement adapté	Efficace	Coupure de l'arrivée de gaz et suppression du potentiel de danger
Cinétique / Temps de réponse	Adaptée (immédiat)	La fermeture de l'arrivée de gaz est immédiate
Testabilité	Testée	Test lors de la mise en service
Maintenabilité	Vérifiée	Maintenance et vérification régulière
Indépendance	Oui	Indépendante
Détermination du niveau de confiance	Positionnement	Justification
Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	0	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. Il n'y a pas de redondance. Pas de redondance.
Dispositif validé par l'usage	Oui	Dispositif de coupe de l'alimentation présent sur de nombreux site industriel, notamment au niveau des chaufferies.
Fréquence de sollicitation du dispositif	Forte sollicitation	La fréquence des sollicitations peut être supérieure à une par an.
Comportement sur défaut du dispositif	Capacité de diagnostic	En cas de dysfonctionnement, une alarme défaut est déclenchée avec report en salle de contrôle.
Nature du dispositif	Système simple	Système simple (sans microprocesseurs et logiciels).
Soit un niveau de confiance de	NC1	<i>Rapport INERIS (mai 2018) - N° DRA-17-164432-10199b</i> <i>Évaluation de la performance des Barrières techniques de sécurité - Omega 10 (chapitre 4)</i>

Tableau 18 : MMR – Capteur de pression

8. DESCRIPTION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION

8.1. Moyens de prévention des risques

8.1.1. Mesures organisationnelles de maîtrise des risques

Les mesures de prévention sur le site seront conservées. Elles se déclinent selon les consignes et procédures suivantes :

- Plan d'Opération interne (POI)
- La maîtrise du risque lié aux phases de maintenance et de travaux (permis feu, intervention extérieure, démarche ATEX, ...),
- Système de remontée et de gestion des situations dangereuses et des incidents.
- Equipe de première intervention
- Consignes de sécurité
- Formation au poste de travail
- Prévention contre les défaillances techniques : contrôle périodique
- Contrôle des équipements électriques
- Contrôle des équipements de sécurité
- Prévention du risque électrique
- Prévention du risque foudre
- Contrôle d'accès
- Les certification ISO et les normes du site (ISO 9 001, 14 001, 45 001),

8.1.2. Mesures générales contre le risque incendie

Les dispositions mises en œuvre vis-à-vis du risque incendie sont détaillées dans les lignes suivantes :

- Consignes de sécurité. Les zones à risques particuliers sont clairement identifiées par des pictogrammes explicites,
- Interdiction de fumer dans les locaux,
- Procédure d'arrêt d'urgence et mise en sécurité de l'installation (électricité, réseaux, fluides),
- Etablissement d'un plan de prévention intégrant un permis de feu pour les travaux par point chaud (Point « Life saving rules » de Heineken),
- Affichage de plan d'évacuation aux différentes issues des bâtiments, éclairage de secours,
- Installations électriques conçues et maintenues conformément à la réglementation en vigueur : rapport de contrôles périodiques annuels tenus à disposition sur site,
- Mise à la terre des équipements et protection foudre adaptée,
- Dispositions constructives avec présence de murs coupe-feu,
- Détection incendie,
- Formation du personnel : Une formation à la sécurité est dispensée à tous les salariés évoluant sur le site.

8.1.3. Mesures générales contre le risque d'explosion

Les dispositions mises en œuvre vis-à-vis du risque d'explosion sont les suivantes :

- Mesures de prévention du risque incendie (cf. liste précédente),

- Zonage des Atmosphères Explosives (ATEX) au niveau des zones à risques (salle ammoniac, zone de manipulation de céréales, ...),
- Permis spécifique pour intervenir en zone ATEX,
- Contrôle périodique des équipements.

8.1.4. Mesures générales contre le risque pollution

Les produits dangereux recensés sont localisés au niveau des emplacements suivants :

- Au niveau des armoires de stockages extérieures pour le stockage des produits de nettoyage de gros volume de type GRV. Ces armoires disposent de leur propre rétention ;
- Dans les bâtiments de procédé pour le stockage des produits de nettoyage de petits volumes. Ces produits sont stockés dans des petites armoires de stockage sur rétention. Il s'agit principalement d'acides et de sodes nécessaires au nettoyage des cuves de mélange et des bouteilles. Ces opérations de nettoyage se déroulent à l'intérieur des bâtiments. A noter également que les bâtiments ont été conçus sur des dalles béton de l'enrobé de manière à constituer une barrière physique aux déversements accidentels.
- La zone de stockage de lubrifiants et d'huiles. Ces stockages sont sous rétention.

Le site est entièrement imperméabilisé et dispose de deux vannes de sectionnement afin de confiner sur site une éventuelle pollution majeure.

8.2. Moyens de protection

8.2.1. Organisation des moyens de secours en cas d'accident

L'équipe de secours du site formée de 5 personnes, est régulièrement formée aux règles d'intervention et à la mise en œuvre du matériel de protection incendie

Le personnel du site est formé sur la sécurité incendie et la manipulation des extincteurs.

La Brasserie dispose d'un plan d'opération interne (POI) dans le but d'aider l'organisation des secours en cas d'accident majeur (incendie, explosion, fuite importante de produit dangereux). Il est mis à jour régulièrement ou lors de changements importants au niveau du site.

8.2.2. Moyens de lutte incendie

Les moyens de lutte incendie sont les suivants :

- des extincteurs répartis sur le site suivant les risques (eau, CO₂, poudre),
- 30 robinets d'incendie armés (RIA) répartis dans les différents locaux,
- 14 poteaux incendie.
- Un réseau de sprinklage.

8.2.2.1. Poteaux incendie

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 22/10/18, un poteau incendie est présent à moins de 100m pour la défense incendie du projet circle. La localisation de ces poteaux est présentée en Figure 13 et leurs caractéristiques dans le Tableau 19.

Une vérification annuelle des moyens de protection contre l'incendie est réalisée par un organisme agréé.

Localisation du site

Carte au 1/4000e sur fond IGN



Figure 13 : Localisation des poteaux incendie mobilisable pour la défense du site.

Les caractéristiques du poteau incendie mobilisable pour la défense incendie du projet Circle sont les suivantes :

Tableau 19 : Caractéristiques des poteaux incendie.

id	Débit	Etat	Propriété	n° MEL
14	79	Existant	MEL	n° 03837

8.2.3. Dispositions constructives

Le bâtiment concerné par le projet. Les caractéristiques des bâtiments respecteront :

- Pour la chaufferie biomasse, les prescriptions de l'arrêté du 03/08/2018 relative Arrêté du 03/08/18 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910.
- Pour l'extraction des protéines et fibres contenues dans les drêches, les prescriptions de l'arrêté du 22/10/2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2260.

8.3. Moyens d'alarme et d'alerte.

► Détection incendie

La détection incendie est assurée soit par le dispositif d'extinction automatique (sprinklage) sur les parties protégées ou par des détecteurs sur les locaux dépourvus de sprinklage. La vérification et la maintenance des dispositifs est assurée par Siemens.

► Alerte

Les moyens d'extinction à utiliser dans l'installation et les numéros de téléphone d'urgence (pompiers 18, SAMU 15, ...) seront affichés.

► Evacuation du personnel

L'alarme sonore est audible en tout point du site afin d'avertir toutes les personnes présentes d'une éventuelle situation critique. Elle a pour but :

- De rassembler l'équipe de lutte contre l'incendie.
- De déclencher l'évacuation du personnel sur un point déterminé.

Le personnel de l'établissement est formé :

- A la conduite à tenir en cas de sinistre ou de situation dangereuse.
- Aux consignes de mise en sécurité des installations avec la localisation du matériel de sécurité et des coupures de sources d'énergie principalement par les équipes de la maintenance.

Des dispositifs d'arrêt d'urgence sont disposés à proximité des appareils en respectant des implantations facilement accessibles. Il en sera de même dans l'extension projetée.

► Moyens de secours extérieurs

Les équipes du SDIS (59) pourront intervenir sur le site.

A leur arrivée sur le site, les pompiers pourront mettre en œuvre les Poteaux Incendie (PI) implantés à l'extérieur et à l'intérieur du site à moins de 200 mètres des bâtiments.



ANNEXES

ANNEXE 1 : METHODES ET OUTILS DE MODELISATION

ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIE DES ZONES D’EFFETS

Annexe 1 : Méthodes et outils de modélisation

11 PAGES

Annexe 1 : Méthodes et outils des modélisations

Sommaire

1	Explosion de poussières en silos (type guide silos)	2
2	Multi énergie du TNO : Explosion semi-confiné dans un local.....	5
3	Modélisation d'un jet enflammé	8
4	Multi énergie du TNO : UVCE/Flash-Fire	9
5	Multi énergie du TNO : Explosion confiné.....	Erreur ! Signet non défini.
6	Multi énergie du TNO : BLEVE de substances non inflammables	Erreur ! Signet non défini.
7	Accidents liés au gazomètre	Erreur ! Signet non défini.
8	Perte de confinement d'un réservoir de CO ₂	Erreur ! Signet non défini.

1 Explosion de poussières en silos (type guide silos)

Les calculs des explosions de poussières sont basés sur le « Guide de l'état de l'art sur les silos et les installations de stockage de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables » de 2008.

La méthodologie présentée ci-après permet :

- de déterminer la surface d'évent nécessaire et/ou la pression résiduelle d'explosion dans l'enceinte ;
- les effets de surpression liés à l'explosion de poussières.

➤ **Evaluation de la surface d'évent nécessaire et/ou de la pression résiduelle d'explosion dans l'enceinte :**

Cette partie va permettre de déterminer si le local est bien éventé et qu'elle est la pression résiduelle d'explosion.

Cette évaluation est réalisée au moyen du logiciel WINVENT 3.1 basé sur les formules de la VDI 3673 et de la norme NF EN 14491.

Les données utilisées sont :

- Volume du silo
- Pression de résistance du silo : 200 mbar
- Pression maximale d'explosion de la poussière : P_{MAX}
- Coefficient d'explosion de la poussière : K_{MAX}
- Pression d'ouverture des événements : 0,1 bar (pression minimum possible sur Winvent)
- Superficie des événements

Les résultats du logiciel WINVENT mettent en évidence :

- Si le local est suffisamment éventé,
- La pression résiduelle d'explosion,

➤ **Evaluation des effets de surpression liés à une explosion d'un silo :**

Les effets de surpression sont ensuite évalués par la méthode proposée dans le Guide de l'état de l'art sur les silos. L'équation de Brode simplifiée est utilisée pour déterminer l'énergie disponible d'explosion et la méthode Multi-Energie est utilisée pour évaluer l'atténuation des effets de surpression (indice de sévérité = 10).

S'agissant du choix de l'indice, bien qu'il puisse être majorant, seul l'indice 10 semble adapté puisqu'on a affaire à un phénomène d'éclatement et de propagation d'onde de choc.

Cette démarche a l'avantage de ne pas se baser sur les propriétés intrinsèques du produit (réactivité, concentration explosive, etc.) mais de définir l'énergie "disponible" par rapport aux spécificités du contenant, plus faciles à déterminer et donc plus fiables.

$$E = \Delta P_{EXP} \times V \times 3$$

- **E [J]** : énergie d'explosion
- **$\Delta P_{EXP} = P_{EX} - P_A$ [Pa]**
- **V [m³]** : volume de l'enceinte considérée

Détermination du différentiel de pression ΔP_{EXP}	<ul style="list-style-type: none"> • Si le volume est correctement éventé et découplé : $\Delta P_{EXP} = P_{RED MAX}$ (pression d'explosion réduite), • Si le volume est correctement découplé et non éventé : $\Delta P_{EXP} = \text{Min} (2 \times P_{\text{rupture de l'enceinte}} ; P_{RED MAX})$
Détermination du différentiel de pression ΔP_{EXP}	<u>Dans le cas d'une explosion secondaire</u> <ul style="list-style-type: none"> • Si le volume est non correctement découplé : $\Delta P_{EXP} = 5 \text{ bars}$ (retour d'expérience)

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue ensuite en appliquant la méthode multi-énergie indice 10.

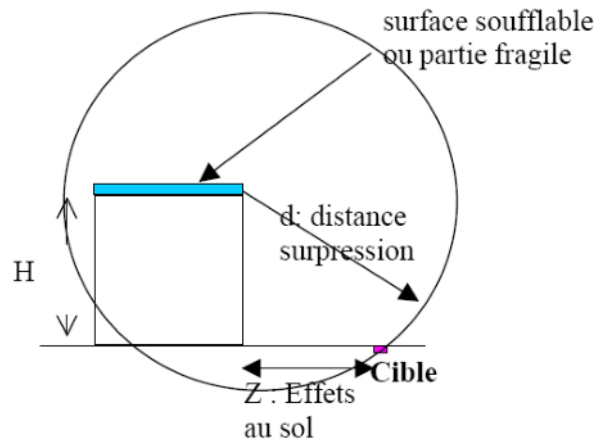
Elle permet d'obtenir les distances atteintes par les surpressions d'une onde de choc résultant d'un éclatement, en fonction de l'énergie d'explosion définie ci-avant.

Dans le cas où les surfaces soufflables se trouvent en hauteur, les effets de surpression peuvent être évalués en considérant l'altitude de ces dernières.

Certaines méthodes de modélisation (et notamment celle décrite précédemment) considèrent, lors d'une explosion de cellule, que l'onde de surpression est de forme sphérique centrée sur la source de la surpression. Les effets au sol sont alors évalués en retranchant la hauteur des cellules à la distance d'effets calculée en tête. Si la hauteur à laquelle se trouve la source est supérieure à la distance d'effet, la distance d'effet au sol sera nulle.

Ce raisonnement doit être adapté pour les cas d'installations implantés à proximité de tiers situés en hauteur (immeubles, etc.).

Le schéma et la formule suivante illustre ces réductions de distance d'effets :



D'après le théorème de Pythagore : si $d > H$ alors : $x^2 = H^2 + Z^2$

D'où $Z = \sqrt{d^2 - H^2}$

2 Multi énergie du TNO : Explosion semi-confiné dans un local

La méthode multi-énergie développée par TNO (chapitre 5.5 du Yellow Book de 1997) est utilisée pour déterminer les effets de surpression en cas d'explosion d'un nuage de gaz à l'air libre (UVCE) ou en milieu confiné et encombré (VCE), sauf dans le cas des enceintes fermées résistantes à la pression (explosion de réacteur, capacité prise dans un feu, ...).

Dans notre cas, les enceintes ne sont pas résistantes à la pression (surface soufflables) D'où le choix d'utiliser la méthode multi-énergie.

➤ Choix de l'indice Multi Energie

Les effets de surpression liés à une explosion semi-confinée ou non confinée (autrement appelée VCE ou UVCE) sont calculés selon la méthode Multi-Energie, développée par le TNO.

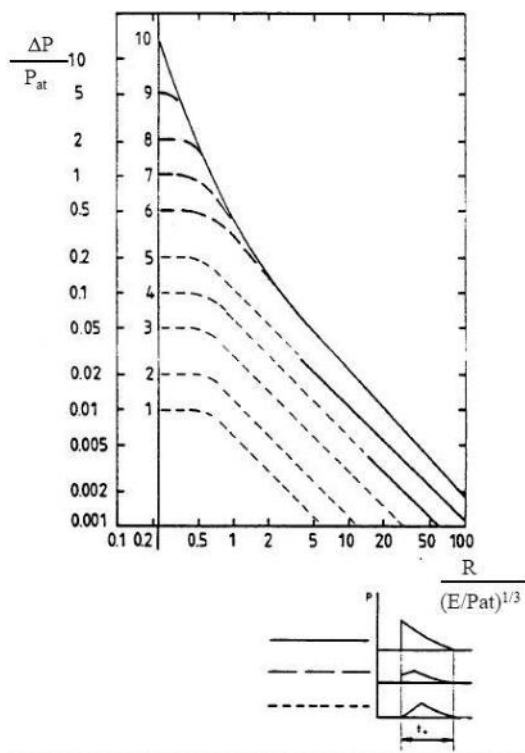
Une explosion de gaz n'est susceptible d'engendrer de fortes surpressions que si les flammes atteignent une vitesse de propagation importante (plusieurs dizaines de m/s), ou si les gaz sont confinés par des parois solides.

Or, une flamme se propageant dans un mélange gazeux réactif accélère si le volume occupé par les gaz est caractérisé par la présence répétée d'obstacles et d'espaces partiellement confinés. Sans présence d'obstacles et d'espaces confinés, l'inflammation accidentelle des mélanges gazeux conduit généralement à des surpressions de faibles amplitudes (quelques centaines de Pa ou mbar).

Ainsi, la méthode Multi-Energie considère de nombreux paramètres qui ont une influence sur la vitesse de propagation des flammes, parmi lesquels peuvent être cités la densité d'obstacles, le degré de confinement, la forme et les dimensions du nuage inflammable, la réactivité du combustible, l'énergie et la position de la source d'inflammation, et la turbulence du mélange réactif avant allumage.

Pour l'application de cette méthode, la « violence » de l'explosion peut ensuite être caractérisée par un indice compris entre 1 et 10. L'indice 10 correspond à une détonation, les indices intermédiaires correspondant à des déflagrations à vitesses de flammes d'autant plus rapides que l'indice est élevé.

Les niveaux maximaux et les courbes d'atténuation de la surpression en fonction de la distance sont donnés, pour chaque indice, sur l'abaque ci-dessous :



Pour estimer l'indice de sévérité d'une explosion, TNO propose le tableau suivant (selon Kinsella - 1993).

Energie d'inflammation		Degré d'encombrement			Degré de confinement		Classe de sévérité
Faible	Forte	Fort	Faible	Inexistant	Oui	Non	
	X	X			X		7-10
	X	X				X	7-10
X		X			X		5-7
	X		X		X		5-7
	X		X			X	4-6
	X			X	X		4-6
X		X				X	4-5
	X			X		X	4-5
X			X		X		3-5
X			X			X	2-3
X				X	X		1-2
X				X		X	1

Inflammation :

- **Forte** La source d'inflammation est une explosion confinée. L'inflammation du nuage de gaz intervient dans un bâtiment.
- **Faible** La source d'inflammation est une étincelle, flamme, point chaud.

Encombrement :

- *Fort : volume d'obstacles présents dans le nuage de gaz, volume occupé par les obstacles > 30% du volume total et moins de 3 m d'espacement entre les obstacles*
- *Faible : Volume d'obstacles < 30% du volume total du nuage de gaz et/ou espacement entre obstacles > 3m*
- *Inexistant : Pas d'obstacles dans nuage de gaz*

Confinement :

- *Oui : Le nuage de gaz est bloqué/confiné sur deux ou trois cotés*
- *Non : Le nuage de gaz n'est pas bloqué hormis par le sol.*

De plus, l'indice Multi Energie sera choisi en fonction de la tenue de l'enceinte. Pour chaque indice Multi Energie une surpression maximale est définie. Cette surpression maximale doit être en cohérence avec la pression rupture de l'enceinte.

Une surpression maximale trop faible vis-à-vis de la pression rupture de l'enceinte n'engendrera aucun effet à l'extérieur (surpression contenue dans le bâtiment).

La surpression maximale sera aussi limitée à cause de la pression rupture de l'enceinte. Après la perte d'intégrité de l'enceinte, le nuage de gaz se retrouve dans une situation non confinée, limitant ainsi la surpression maximale.

➤ **Effet de surpression**

L'énergie d'explosion peut être calculé à de la relation de Brode :

$$E_{\text{explosion}} = a \times \frac{(P_{\text{rup}} - P_0) \cdot V}{\gamma - 1} ,$$

Avec

$E_{\text{Explosion}}$: énergie libérée par l'explosion (J)

P_{rup} : la pression de rupture du bâtiment (Pa)

P_0 : la pression atmosphérique (Pa)

V : le volume du local (rempli de gaz) (m^3)

γ : le rapport des chaleurs spécifiques

a : rendement de l'explosion

La pression de rupture de l'enceinte pourra être désignée sur la base de l'exploitation de la bibliographie scientifique consacrée.

Ici, il s'agit principalement d'explosion interne de la phase gazeuse. Le rapport Q15 INERIS 2013 préconise de retenir une pression d'explosion égale à 2 x P rupture statique.

3 Modélisation d'un jet enflammé

Ce scénario correspond à une inflammation instantanée du fluide après la brèche. Les paramètres qui interviennent dans le calcul des effets thermiques sont la direction du jet de flamme, le débit à la brèche et la chaleur de combustion du gaz rejeté.

La méthode développée par la société SHELL a été choisie pour quantifier les effets d'un feu de type chalumeau suite à des rejets de gaz inflammables : c'est le seul modèle susmentionné à définir de façon complète la forme de la flamme (longueur, largeur et décollement). Les dimensions (longueur de flamme) sont liées aux conditions de rejet (débit de fuite et vitesse d'éjection).

Afin de calculer, par la méthode « de la flamme solide », le flux radiatif incident reçu à distance, la flamme est assimilée à un volume opaque de géométrie simple (cylindre, parallélépipède rectangle...) dont les surfaces rayonnent uniformément. Dans le cas du jet enflammé, le tronc de cône constituant la flamme est généralement approximé par un cylindre de pouvoir émissif uniforme. La démarche de calcul du flux radiatif est similaire à celle retenue pour les feux de nappe (Bernuchon & al., 2002). Le rejet est supposé horizontal ou vertical selon la configuration de la canalisation (enterrée, diamètre, ...). Il est rappelé qu'une cible reçoit une densité de flux radiatif maximale si elle se positionne perpendiculairement au faisceau de rayonnement allant de la source ponctuelle à la cible.

Lorsque le jet enflammé est horizontal, il se trouve que la distance maximale d'effets thermiques est calculée pour une cible située dans la direction et dans le sens du jet enflammé. Dans ces conditions, le flux radiatif reçu par la cible provient du disque vertical de plus grande section du cône tronqué constituant le jet enflammé.

D'après l'OMEGA 8 de l'INERIS, dans le cas d'un jet enflammée d'une durée inférieure à 120 s, le phénomène est dit instationnaire. Le calcul des effets thermique s'effectue par dose thermique $((\text{kW}/\text{m}^2)^{4/3} \cdot \text{s})$. Autrement dit, les effets thermiques dépendent du flux thermique (kW/m^2) et de la durée d'exposition à cette densité de flux (secondes). Des flux thermiques équivalents peuvent également être calculés.

En revanche, l'approche par flux thermique (kW/m^2) est appliquée pour un jet enflammée stationnaire d'une durée supérieure à 120 s.

De même, pour un rejet de courte durée, il est convenu que le flux est émis à condition que le feu torche ait le temps de s'établir, c'est-à-dire que le front de flamme ait le temps de se déplacer de l'origine de la fuite jusqu'à la pointe du jet de combustible. Si le temps est trop court ($< 3\text{s}$), la flamme n'a pas le temps de s'établir et la dose reçue est alors nulle.

La méthode ci-dessus décrite est mise en œuvre par un module spécifique du logiciel PHAST, développé par DNV Technica. Les paramètres qui interviennent dans le calcul des effets thermiques sont la direction du jet de flamme, le débit à la brèche et la chaleur de combustion du gaz rejeté. Le modèle PHAST permet de calculer les effets thermiques associés au feu torche en considérant la flamme de forme conique.

4 Multi énergie du TNO : UVCE/Flash-Fire

Dispersion du gaz/liquide pour former le nuage inflammable

La dispersion est réalisée à l'aide du logiciel PHAST si nécessaire.

Calculs des effets générés par un UVCE, effets de surpression et thermiques

➤ Effets thermiques

Comme explicité dans la fiche n°5 (explosion de gaz à l'air libre ; UVCE) annexée à la circulaire du 10 Mai 2010, l'expérience montre que l'effet du rayonnement thermique d'une explosion est assez limité, et que l'effet léthal est dimensionné par la distance à la Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII).

Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours des gaz brûlés est susceptible de subir l'effet léthal avec une probabilité élevée, et toute personne se trouvant en dehors du nuage inflammable ne peut pas subir d'effet thermique léthal.

Dans le cas de l'explosion d'un nuage de gaz au repos en espace libre ou flash fire les seuils d'effets thermiques considérés sont :

- distance au seuil des effets létaux significatifs = distance à la LII (ou LIE),
- distance au seuil des premiers effets létaux = distance à la LII,
- distance au seuil des effets irréversibles = $1,1 \times$ distance à la LII (formule forfaitaire).

Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours de la flamme est susceptible de subir l'effet léthal, mais celui-ci n'excède pas la limite extrême atteinte par le front de flamme. L'effet thermique de l'U.V.C.E. ou du Flash Fire sur l'homme est dimensionné par la distance à la L.I.E.

De manière générale, l'effet thermique d'un UVCE sur les structures se limite à des dégâts superficiels (déformation des plastiques, décollement des peintures, ...), et, éventuellement, à une fragilisation possible de certaines structures métalliques légères.

L'évaluation de la dispersion du gaz inflammable et la modélisation des effets thermiques sont réalisées à partir du logiciel PHAST 7.21 DNV présenté ci-avant.

➤ Effets de surpression

Un UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) est une explosion de gaz à l'air libre.

Une explosion de gaz n'est susceptible d'engendrer de fortes surpressions que si les flammes atteignent une vitesse de propagation importante (plusieurs dizaines de m/s) ou si les gaz sont confinés par des parois solides. Or, une flamme se propageant dans un mélange gazeux réactif accélère si le volume occupé par les gaz est caractérisé par la présence répétée d'obstacles et d'espaces partiellement confinés.

Sans présence d'obstacles et d'espaces confinés, l'inflammation accidentelle des mélanges gazeux conduit généralement à des surpressions de faibles amplitudes (quelques centaines de Pa ou mbar).

Ainsi, la méthode Multi-Energie considère de nombreux paramètres qui ont une influence sur la vitesse de propagation des flammes, parmi lesquels peuvent être cités la densité d'obstacles, le degré de confinement, la forme et les dimensions du nuage inflammable, la réactivité du combustible, l'énergie et la position de la source d'inflammation, et la turbulence du mélange réactif avant allumage.

Pour l'application de cette méthode, la « violence » de l'explosion peut ensuite être caractérisée par un indice compris entre 1 et 10. L'indice 10 correspond à une détonation, les indices intermédiaires correspondant à des déflagrations à vitesses de flammes d'autant plus rapides que l'indice est élevé. Les niveaux maximums et les courbes d'atténuation de la surpression en fonction de la distance sont donnés, pour chaque indice, sur l'abaque ci-dessous :

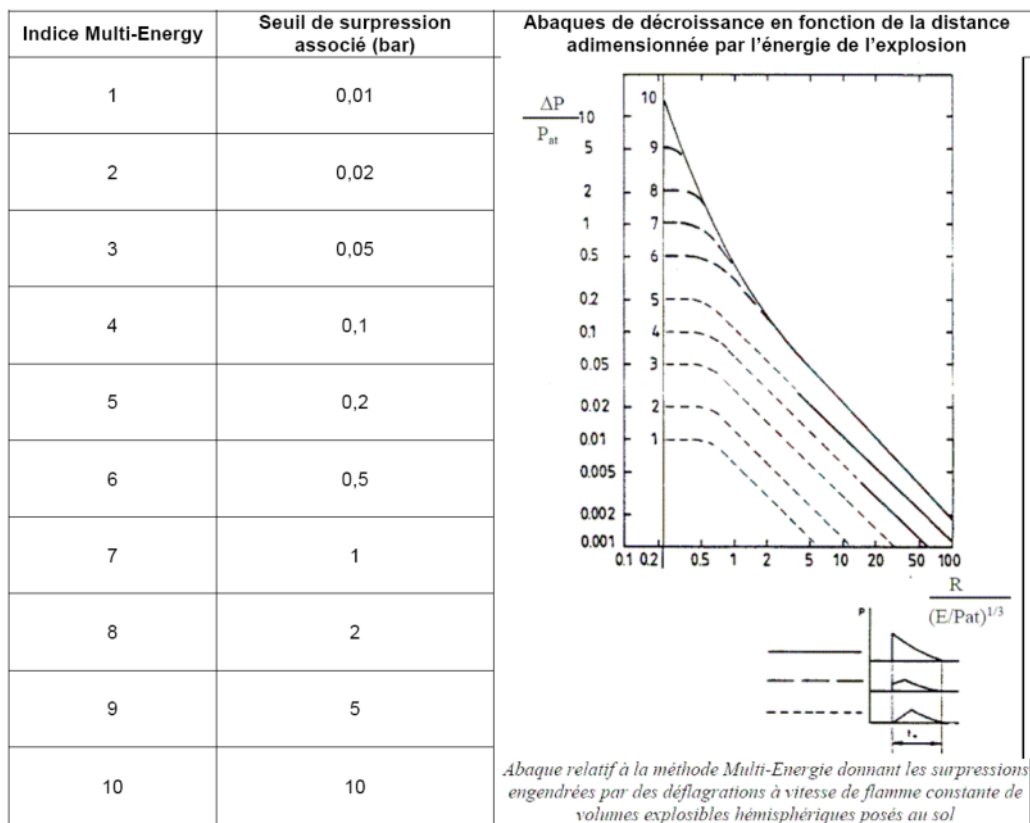


Figure 1 : Courbes d'atténuation de la surpression en fonction des distances (Abaque Multi Energies)

Le cahier de sécurité n°10 de l'UIC précise que les effets constatés dans les plus grands accidents conduisent aux indices suivants :

- 4 (100 mbar) comme indice maximal pour un nuage compact en absence d'obstacle,
- 5 (200 mbar) comme typique pour une installation du type vapocraqueur,
- 5,5 (300 mbar) comme valeur conseillée pour la majorité des installations,
- 6 (500 mbar) comme valeur correspondant à une installation très dense.

Le GTDLI retient les indices de sévérité représentatifs suivants pour l'inflammation à l'air libre d'un nuage combustible.

Zone indépendante siège d'explosion	Indice de sévérité et pic de pression correspondant
Zone dépourvue d'obstacle et d'installation avec un nuage homogène	Jusqu'à 3 (50 mbar)
Intérieur des cuvettes	4 (surpression = 100 mbar) à 5 (200 mbar) pour une cuvette encombrée
Pomperie	4 à 5 (200 mbar)
Poste de chargement / déchargement	4 à 6 (500 mbar) selon l'encombrement lié aux équipements en place (bras, tuyauteries,...) et nombre de citernes (wagons et camions-citernes) pouvant être présents côte à côte aux postes
Zone de stationnement des véhicules	4 à 6 (500 mbar) selon configuration (supérieur à 5 au-dessus de 5 camions-citernes côte à côte)
Intérieur bâtiment de conception légère (ex : bardage...)	4 à 6 (500 mbar) pour un bâtiment de conception légère Selon aménagement intérieur
Intérieur autre bâtiment	La méthode TNO Multi-Energy est inadaptée Un modèle spécifique peut être requis

Indice de sévérité du GTDLI

L'énergie d'explosion est calculée via l'enthalpie de combustion du produit et la quantité de gaz inflammable présente dans le local. Nous considérerons un mélange stœchiométrique d'air et de gaz inflammable. Ce mélange donne l'énergie d'explosion maximal.

$$E_{\text{explosion}} = Qt \times H$$

Avec

$E_{\text{Explosion}}$: énergie libérée par l'explosion (J)

Qt : quantité de gaz inflammable (kg ou m³)

H : enthalpie de combustion du gaz inflammable (J/kg ou J/m³)

Annexe 2 : Cartographie des zones d'effets

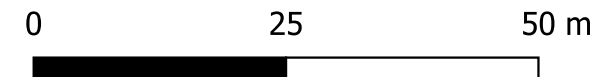
6 PAGES

Représentation des distances d'effets du phénomène dangereux : HK_Circle_PhD_1c



Légende :


-  Limites site
-  Origine
-  SEI
-  Bris de vitres

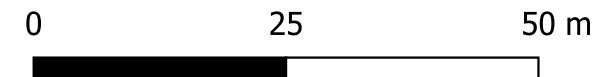


Représentation des distances d'effets du phénomène dangereux : HK_Circle_PhD_1d



Légende :





-  Limites site
-  Origine
-  SEI
-  Bris de vitres

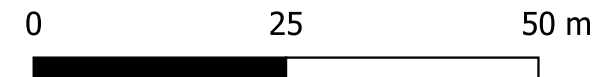


Représentation des distances d'effets du phénomène dangereux : HK_Circle_PhD_1e

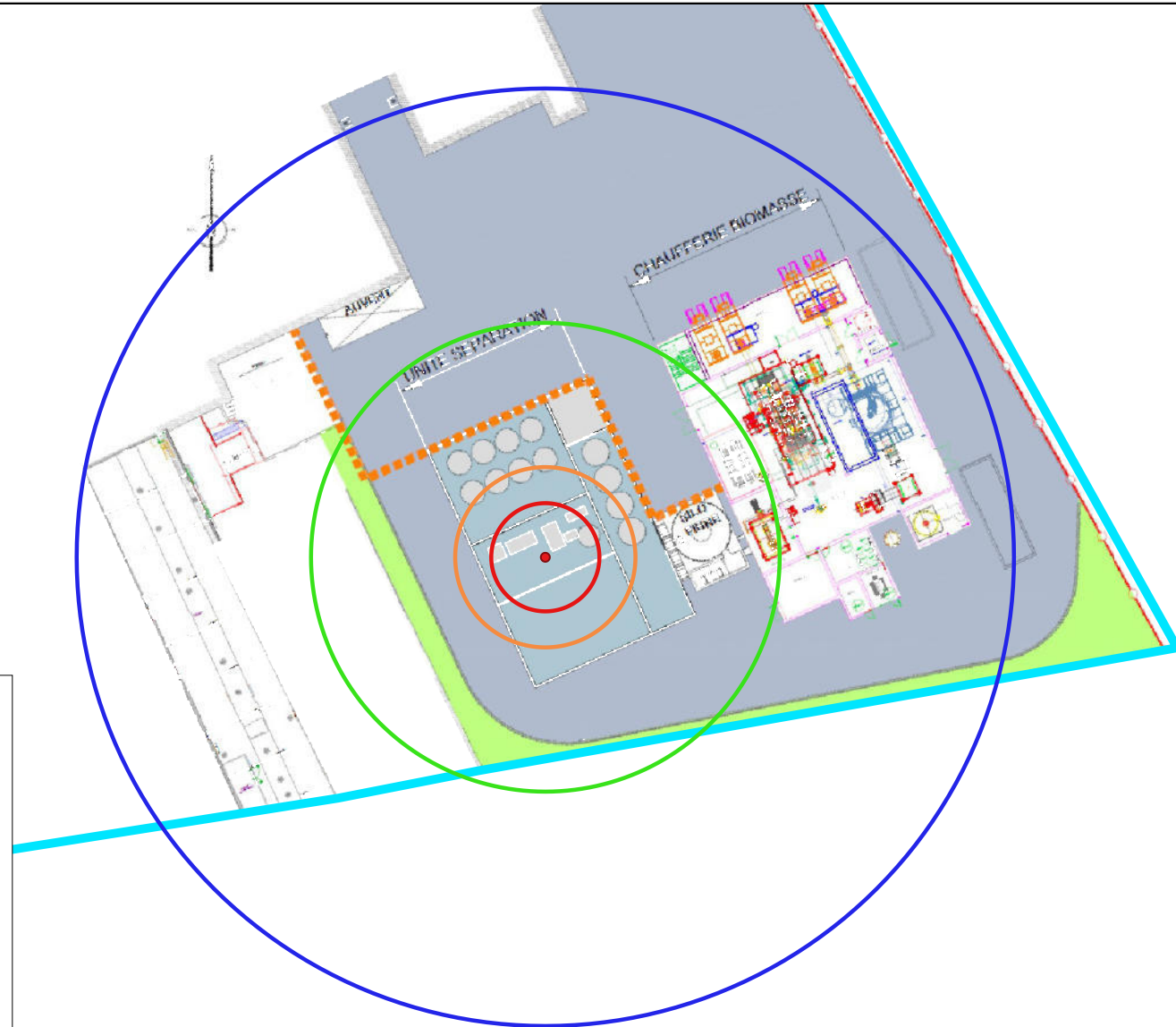


Légende :

-  Limites site
-  Origine
-  SEI
-  Bris de vitres



Représentation des distances d'effets du phénomène dangereux : HK_Circle_PhD_2a



Légende :

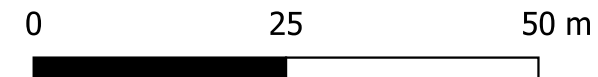
-  Limites site
-  Origine
-  SELS
-  SEL
-  SEI
-  Bris de vitres

Représentation des distances d'effets du phénomène dangereux : HK_Circle_PhD_14

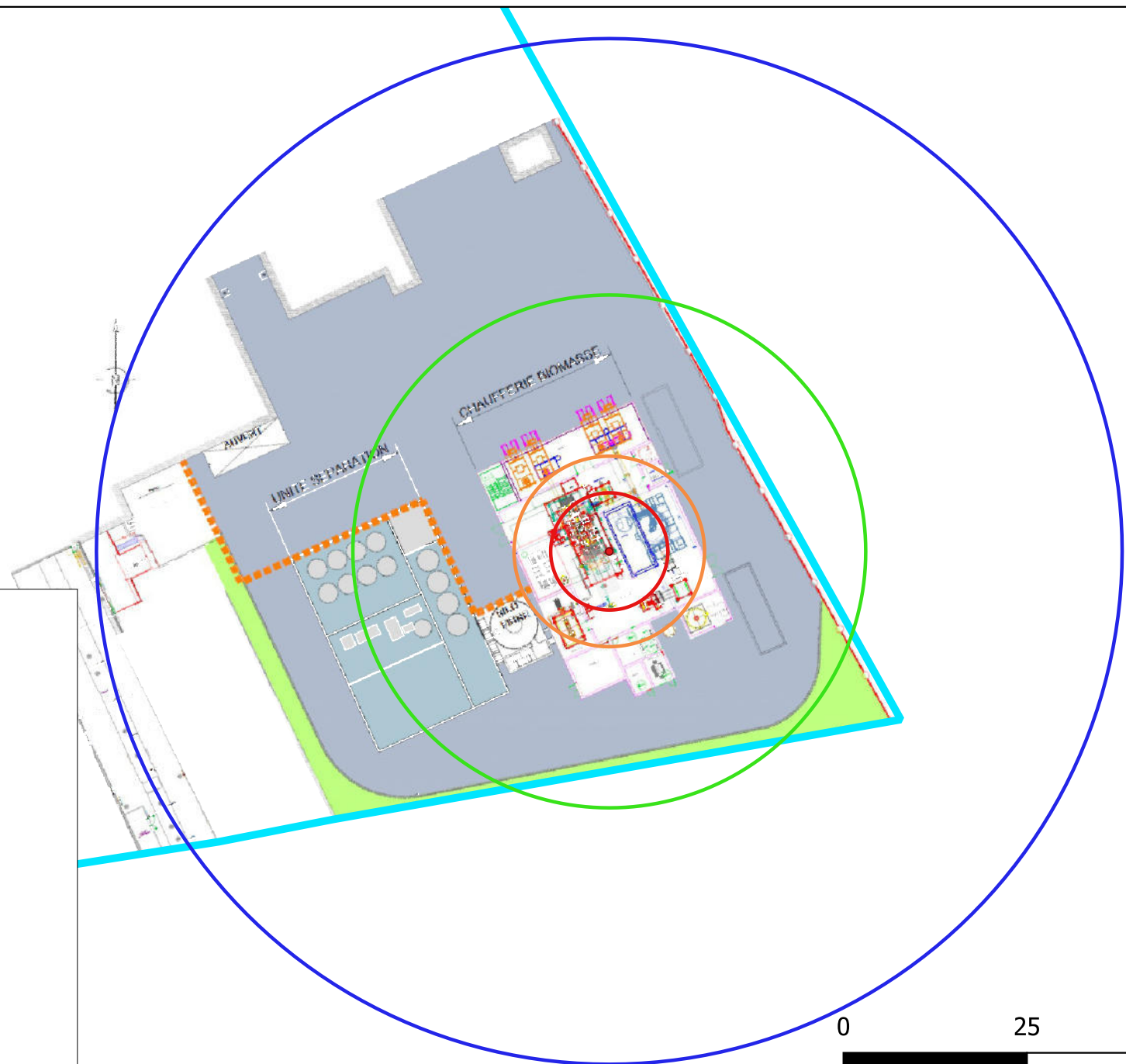


Légende :

-  Limites site
-  Origine
-  SELS
-  SEL
-  SEI
-  Bris de vitres



Représentation des distances d'effets du phénomène dangereux : HK_Circle_PhD_15



Légende :

-  Limites site
-  Origine
-  SELS
-  SEL
-  SEI
-  Bris de vitres



1:800

0 25 50 m

