



**DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION
ENVIRONNEMENTALE**

Tome III : Etude de dangers

VERSION PUBLIQUE

Date : 7 mai 2020
Référence : BUTED180359/NT/19-00375

Sommaire

1. RISQUES LIES AUX PRODUITS	6
1.1. Classement des produits	6
1.2. Identification des risques liés aux produits	11
1.2.1. Produits pyrotechniques	11
1.2.2. Produits inflammables	11
1.2.3. Produits comburants.....	12
1.2.4. Produits corrosifs	12
1.2.5. Produits irritants	13
1.2.6. Produits CMR	13
1.2.7. Produits dangereux pour l'environnement	13
1.3. Evolution des quantités de produits pouvant être stockés	14
1.4. Fluides frigorigènes utilisés dans des unités frigorifiques	14
1.5. Incompatibilités et instabilités	15
1.5.1. Incompatibilités de stockage pour les produits inflammables.....	15
1.5.2. Incompatibilités de stockage pour les autres produits	15
1.5.3. Instabilités	15
2. ACCIDENTOLOGIE	16
2.1. Analyse des antécédents extérieurs	16
2.2. Retour d'expérience interne	18
2.3. Application au site d'ASB	18
3. POTENTIELS DE DANGERS	19
3.1. Méthodologie	19
3.2. Identification des potentiels de dangers	19
3.3. Réduction des potentiels de dangers	19
4. MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION	20
4.1. Organisation de la Sécurité	20
4.2. Incendie	20
4.2.1. Détection incendie	20
4.2.2. Moyens d'extinction	21
4.2.3. Moyens humains.....	21
4.2.4. Plan Opération Interne	21
4.2.5. Services d'incendie et de secours.....	21
4.2.6. Dimensionnement des besoins en eau d'extinction pour la défense incendie.....	22
4.3. Pollution accidentelle.....	24

4.3.1.	Procédures et consignes générales	24
4.3.2.	Déversement accidentel	25
4.3.3.	Pollution par les eaux d'extinction incendie.....	25
5.	ANALYSE DES RISQUES EXTERNES	26
5.1.	Risques liés à l'environnement naturel	26
5.1.1.	Sismicité.....	26
5.1.2.	Événement climatique exceptionnel	26
5.1.3.	Crues.....	27
5.2.	Risques liés à l'environnement humain	28
5.2.1.	Transport de matières dangereuses	28
5.2.2.	Chute d'aéronef	28
5.3.	Installations susceptibles de présenter un risque	29
6.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	30
6.1.	Principe	30
6.2.	Le groupe de travail	30
6.3.	Découpage	30
7.	ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES LIES AUX INSTALLATIONS.....	32
7.1.	Constitution d'un groupe de travail.....	32
7.2.	Grille de criticité.....	32
7.3.	Les nœuds papillons	34
7.3.1.	Généralités sur la cotation en probabilité	34
7.3.2.	Estimation de la gravité des phénomènes dangereux	34
7.4.	Estimation de la probabilité des phénomènes dangereux	34
8.	METHODES ET OUTILS DE LA MODELISATION.....	35
8.1.	Modélisation des effets toxiques d'un incendie	35
8.1.1.	Généralités	35
8.1.2.	Nature des polluants gazeux émis.....	36
8.1.3.	Caractérisation des aspects thermiques et cinétiques du panache.....	37
8.1.4.	Synthèse sur la modélisation des effets toxiques d'un incendie.....	39
8.1.5.	Justification des quantités de produits prises en compte dans la modélisation	39
8.2.	Modélisation des effets thermiques d'un incendie.....	40
8.2.1.	Caractéristiques des produits pris en compte	40
8.2.2.	Estimation de l'effet thermique suite à un incendie.....	40
8.3.	Modélisation de la dispersion atmosphérique	44
8.3.1.	Généralités	44

8.3.2.	Seuils des effets toxiques recherches	44
8.3.3.	Valeurs relatives aux seuils des effets toxiques.....	45
8.3.4.	Cas des mélanges	46
8.3.5.	Condition atmosphériques.....	47
8.4.	Evaluation des flux thermiques pour les produits pyrotechniques	48
9.	ETUDE DES EFFETS DES PHENOMENES DANGEREUX.....	49
9.1.	PHD S1 - Incendie dans la salle 1	49
9.1.1.	Protection prise en compte.....	49
9.1.2.	Tracé des rayons	49
9.2.	PHD S2 - Incendie dans la salle 2	49
9.3.	PHD S3 - Incendie dans la salle 3	50
9.4.	PHD S4 - Incendie dans la salle 4	51
9.5.	PHD S5 - Incendie dans la salle 5	51
9.6.	PHD S6 – Incendie dans la salle 6.....	52
9.7.	PHD S7 - Incendie dans la salle 7	52
9.8.	PHD S8, S9 et S10 – Incendie dans les salles 8 à 10	53
9.8.1.	PHD S8 - Incendie dans salle 8.....	53
9.8.2.	PHD S9 - Incendie dans la salle 9	53
9.8.3.	PHD S10 - Incendie dans salle 10	54
9.9.	PHD S12 – Incendie de la salle 12	54
9.10.	PHD S13 à S15 – Incendie dans les salles 13 à 15	55
9.10.1.	PHD S13 - Incendie dans salle 13	55
9.10.2.	PHD S14 - Incendie dans salle 14.....	56
9.10.3.	PHD S15 - Incendie dans salle 15	56
9.11.	PHD MAG1 – Incendie de la salle MAG1	57
9.12.	PHD MAG2 – Incendie de la salle MAG2	57
9.13.	PHD MAG3 - Incendie de la salle MAG3.....	58
9.14.	PHD S16 - Incendie des boîtes à gant.....	59
9.15.	PHD GZ – Explosion de la salle GZ.....	59
9.15.1.	Suppression de l'explosion	59
9.15.2.	Évolution des suppressions.....	60
9.16.	PHD WAS - Incendie de la salle WAS	60
9.17.	Cinétique et effets dominos des phénomènes dangereux	61
10.	SYNTHESE DE L'ETUDE DE DANGERS.....	64
10.1.	Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines	64

10.2. Estimation du nombre de personnes dans les zones susceptibles d'être touchées.....	64
10.3. Détermination des classes de gravité	65
10.4. Récapitulation des phénomènes dangereux.....	66
10.4.1. Phénomènes sans effets sortants.....	66
10.4.2. Phénomènes avec effets sortants	67
10.5. Cotation des phénomènes dangereux sur la grille de criticité	68

1. RISQUES LIES AUX PRODUITS

1.1. Classement des produits

Un système de classification et d'étiquetage élaboré au niveau international est entré en vigueur en décembre 2010 (pour les substances) : le règlement CLP pour "Classification, Labelling and Packaging" (classification, étiquetage et emballage).

Le règlement CLP utilise une nouvelle terminologie.

Le terme de "substance" est conservé mais celui de "préparation" est remplacé par "mélange".

Le terme de "catégorie de danger" est remplacé par celui de "classe de danger".

Le règlement CLP définit 28 classes de danger.

Il reprend les 27 classes de danger définies par le SGH (Système Général Harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques dans sa deuxième édition révisée) :

- 16 classes de danger physique
- 10 classes de danger pour la santé
- 1 classe de danger pour l'environnement couvrant les dangers pour le milieu aquatique

Classes de danger physique

- Explosibles
- Gaz inflammables
- Aérosols inflammables
- Gaz comburants
- Gaz sous pression
- Liquides inflammables
- Matières solides inflammables
- Substances et mélanges autoréactifs
- Liquides pyrophoriques
- Matières solides pyrophoriques
- Substances et mélanges auto-échauffants
- Substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables
- Liquides comburants
- Matières solides comburantes
- Peroxydes organiques
- Substances ou mélanges corrosifs pour les métaux










Classes de danger pour la santé

- Toxicité aiguë
- Corrosion cutanée / irritation cutanée
- Lésions oculaires graves/irritation oculaire
- Sensibilisation respiratoire ou cutanée
- Mutagénicité sur les cellules germinales
- Cancérogénicité
- Toxicité pour la reproduction
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition unique
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition répétée
- Danger par aspiration

Classes de danger pour l'environnement








- Dangers pour le milieu aquatique
- Dangereux pour la couche d'ozone











Ces classes de dangers sont associées aux 9 pictogrammes suivants :


	SGH01 danger d'explosion		SGH02 produits inflammables		SGH03 produits comburants
	SGH04 gaz sous pression		SGH05 danger de corrosion		SGH06 toxicité aiguë
	SGH07 dangers pour la santé (nocif à forte dose, irritants, allergènes,...)		SGH08 dangers pour la santé (CMR, toxicité spécifique,...)		SGH09 dangers pour l'environnement aquatique

L'application aux substances et mélanges est effective depuis le 1^{er} Juin 2015.

Les caractéristiques des principaux produits stockés et pris en compte dans les modélisations sont données dans le tableau suivant :

Produit	Classification CE		Point d'éclair (°C)	Temp. auto-inflam. (°C)	LIE % dans l'air	LES % dans l'air	Densité relative (eau = 1)	Solubilité dans l'eau	Temp. ébul. (°C)	Pression de vapeur	Caractéristiques	Décomposition
	Symboles de dangers	Phrases H ou R										
Produit 1	-	-	-	550	LIE > 40 g/m ³ de particules < 45 µm		0,9 – 1,1	Insoluble	2519	-	Sphères argentées de forme dendritique	Formation d'hydrogène au contact de l'eau, d'acides et alcalins. En cas de feu et combustion incomplète, dégagement de fumée blanche d'oxyde d'aluminium. Matières à éviter : eau, acides, alcalins, les hydrocarbures halogénés et les oxydants
Produit 2	 SGH07	H302 H315 H319	-	-	-		2,1	-	1382	-	Poudre cristalline inodore et incolore	Se décompose en présence d'acides forts. Des produits dangereux peuvent se former par réaction ou décomposition (acide chlorhydrique et sulfure d'hydrogène) Matières à éviter : acides forts, acides sulfurique et nitrique
Produit 3	 SGH07	H302 H319	-	-	-		2,6	2,9 g/L à 20°C	1681	-	Poudre cristalline blanche	Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique (Fluorure d'hydrogène) Matière à éviter : acides et verre
Produit 4	 SGH07	H302 H315 H317 H319	-	-	-		3,46	1,49 g/L à 20°C	1265	1 hPa à 748 °C	Poudre cristalline incolore	Des produits dangereux peuvent être formés par réaction ou décomposition (Brome) Matière à éviter : acides forts et oxydants forts
Produit 5	 SGH02  SGH07	H228 H319 H335	-	-	-		-	-	-	-	Poudre grise inodore	Possibilité d'auto-ignition à basse température Matière à éviter : oxydants, halogènes et acides.
Produit 6	 SGH03  SGH07	H271 H302	-	Se décompose à partir de 400 °C	-		1,15	17 g/L	610	soluble	Poudre cristalline blanche inodore	Oxydant puissant, se décompose à partir de 400°C. Produits de décomposition dangereux : acides forts, réagit violemment en présence d'agents réducteurs en produisant des gaz toxiques et explosifs Matière à éviter : Agents réducteurs, matériaux organique, forme un mélange explosif en présence d'alcool

Produit	Classification CE		Point d'éclair (°C)	Temp. auto-inflam. (°C)	LIE % dans l'air	LES % dans l'air	Densité relative (eau = 1)	Solubilité dans l'eau	Temp. ébul. (°C)	Pression de vapeur	Caractéristiques	Décomposition
	Symboles de dangers	Phrases H ou R										
Produit 7	 SGH07  SGH09	H317 H400 H410	-	-	-	4,23	-	> 400	-	Poudre	Oxydant fort	
Produit 8	-	-	-	-	-	-	Insoluble	-	-	Poudre blanche inodore	Matière à éviter : agent oxydant, air, eau et humidité	
Produit 9	 SGH07  SGH08  SGH09	H317 H341 H350i H372 H410	-	-	-	-	-	-	-	Poudre noire inodore	Matière à éviter : acides forts, oxydants forts	
Produit 10	 SGH02  SGH05	H260 H314	-	-	-	2 à 3 selon composition	Partiellement soluble	-	-	Métal gris malléable	Réagit violemment avec l'eau en produisant de l'hydrogène. Eviter le contact avec les acides, l'eau et le CO ₂ . Matière à éviter : acides forts, oxydants forts, eau, CO ₂ , HCl, hydrocarbures halogénés, bases.	
Produit 11	 SGH02  SGH05	H260 H314	180	180	-	-	-	1340	-	Métal argenté inodore	Sensible à l'air et à l'humidité. Réagit violemment au contact de l'eau en dégageant des gaz très inflammables. Matière à éviter : acides, halogènes, oxygène, nitriles, métaux, CO ₂	
Produit 12	-	-	-	-	-	4,84	-	-	-	Solide	Matière à éviter : acides, peroxydes d'hydrogène, oxydants forts	
Produit 13	 SGH02	H228	-	-	LIE > 100 g/m ³	2,33	Insoluble	2357	-	Solide gris foncé inodore	Matières à éviter : matières oxydantes, les acides et les alcalins. Réactif avec Acide hydrofluorhydrique (HF) et acide nitrique (HNO ₃).	

Produit	Classification CE		Point d'éclair (°C)	Temp. auto-inflam. (°C)	LIE % dans l'air	LES % dans l'air	Densité relative (eau = 1)	Solubilité dans l'eau	Temp. ébul. (°C)	Pression de vapeur	Caractéristiques	Décomposition
	Symboles de dangers	Phrases H ou R										
Composition chauffante	 SGH01	H204	-	-	-	-	Insoluble	-	-	Poudres ou pastilles noires		

1.2. Identification des risques liés aux produits

Les modifications envisagées par le projet n'introduisent ni nouveau produit ni nouveau type de danger. Seules les quantités des stocks sont revues à la hausse.

Les caractéristiques principales des produits présents sur site sont rappelées dans les paragraphes suivants.

1.2.1. Produits pyrotechniques

Famille concernée :	Les compositions chauffantes Inflammateurs Papiers chauffants secs
---------------------	--

Compositions chauffantes

Une composition chauffante se présente sous forme de poudre ou de pastilles. Il s'agit d'une matière pyrotechnique classée 1.3b en conditionnement atelier (suivant l'Etude de Sécurité Pyrotechnique du site validée par l'IPE) et 1.4G en conditionnement transport (suivant le certificat INERIS).

La préparation se fait sous hotte aspirante avec nettoyage régulier du poste.

Elle est classée :

H204	Risque d'incendie ou de projection.
------	-------------------------------------

Inflammateurs

Les inflammateurs sont dégroupés et stockés au niveau du bâtiment de stockage BAT45 dans 2 locaux exclusivement dédiés. Ils ne contiennent qu'une très petite quantité de produit pyrotechnique par unité et sont classés 1.4 S dans leur emballage.

Papier chauffant

Le papier chauffant sec est facilement inflammable même avec une source d'ignition faible (électricité statique).

Il s'agit d'une matière pyrotechnique classée 1.3b en conditionnement atelier (suivant l'Etude de Sécurité Pyrotechnique du site validée par l'IPE).

Il est donc conservé humide avec un taux d'humidité de 35% minimum.

Le papier chauffant peut présenter différentes formulations en fonction des usages prévus.

Humide, il est classé :

H252	Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
------	--

1.2.2. Produits inflammables

1.2.2.1. Solides inflammables

Produits concernés	Lithium Alliages négatifs
--------------------	------------------------------

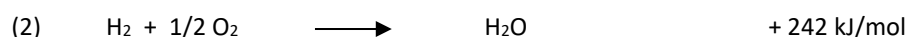
Lithium

La combustion des produits lithiens libérera des fumées d'oxyde de di-lithium (Li₂O), un produit incombustible et solide.

Au contact de l'eau, une réaction se produit avec le lithium, produisant de l'hydrogène. Cette réaction est exothermique (source NIST : <http://kinetics.nist.gov>).

L'hydrogène dégagé, au contact de l'oxygène de l'air est susceptible de s'enflammer.

Les réactions sont les suivantes :



Le lithium est classé :

H260	Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
------	--

Alliages « Négatifs »

Les alliages « Négatifs » se présentent sous forme de grains grossiers avant d'être réduits en poudre.

Il s'agit de solides inflammables et réagissant avec l'eau. Au contact de l'eau, ils dégagent des gaz inflammables (H₂).

Les alliages « négatifs » sont à base de lithium.

Ils sont classés :

H228	Matière solide inflammable
H260	Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément

1.2.2.2. Liquides inflammables

Les liquides inflammables utilisés dans différents secteurs de l'entreprise sont :

Alcool isopropylique :	Quantité max 12 bidons de 5L
Butanone (méthyl-éthyl-cétone) :	Quantité max 3 bidons de 25L

Ils sont stockés sur rétention en armoire de sécurité et sont systématiquement stockés en armoire coupe-feu.

1.2.3. Produits comburants

En cas d'incendie, ils sont susceptibles de se décomposer sous l'effet de la chaleur en émettant de l'oxygène ce qui entretiendrait le feu.

Il est classé :

H271	Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
------	--

1.2.4. Produits corrosifs

Produits contenant du lithium

Tout produit contenant du lithium manifeste un caractère corrosif (anodes LAN, lithium).

Ils sont classés :

H314	Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
------	--

1.2.5. Produits irritants

Sels, électrolytes et poudre métallique

La fabrication de piles combustibles nécessite différents composants tels que des sels et des électrolytes. Ils sont susceptibles d'entraîner des inflammations des muqueuses et de la peau et sont classés :

H315	Provoque une irritation cutanée
H319	Provoque une sévère irritation des yeux

1.2.6. Produits CMR

Un seul produit est concerné, Il est étiqueté cancérigène :

H341	Susceptible d'induire des anomalies génétiques
H350	Peut provoquer le cancer
H372	Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée

1.2.7. Produits dangereux pour l'environnement

Ces produits sont classés :

H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
------	--

1.3. Evolution des quantités de produits pouvant être stockés

Afin de prévenir tout acte de malveillance, les répartitions des matières pyrotechniques sont exclues de la version publique.

1.4. Fluides frigorigènes utilisés dans des unités frigorifiques

Les fluides frigorigènes utilisés par les groupes froids sont listés dans le tableau ci-après :

Références	N° Série	Lieu	Fluide	Qté (kg)
Boîte à gants fusion		Salle alliages	R22	1,22
AIRWELL 78P061776		Salle informatique bat admin	R410A	1,25
AIRWELL X1900AR			R22	1,76
MITSUBICHI PU25 VJA1		Salle four	R22	2,4
MITSUBICHI PU25 VJA2		Salle four	R22	2,4
Groupe CIAT LD400Z N°434360/0001		Extérieur vers chaufferie	R407C	21
Groupe CIAT LD400Z N°434360/0002		Extérieur vers chaufferie	R407C	21
TRANE CGAF100 Ckt1 - circuit 1		Extérieur	R407 C	27
TRANE CGAF100 Ckt2 - circuit 2		Extérieur	R407 C	27
TRANE QC59807 Ckt1 - circuit 1		Extérieur	R407 C	31
TRANE QC59807 Ckt2 - circuit 2		Extérieur	R407 C	31
TRANE CGAF100 - circuit 1	ELB 2979	Extérieur vers BATGAP	R410A	35
TRANE CGAF100 - circuit 2	ELB 2979	Extérieur vers BATGAP	R410A	35
TRANE CGAF100 - circuit 1	ELB 2980	Extérieur vers BATGAP	R410A	35
TRANE CGAF100 - circuit 2	ELB 2980	Extérieur vers BATGAP	R410A	35
TRANE C1 - circuit 1	ELB7029	Extérieur vers BATGAP	R410A	19
TRANE C2 - circuit 2	ELB7029	Extérieur vers BATGAP	R410A	19
A définir - circuit 1	A définir	Extérieur vers BATGAP	R410A	19
A définir - circuit 2	A définir	Extérieur vers BATGAP	R410A	19

Quantité de R22 ~ 8 kg
 Quantité de R407C 158 kg
 Quantité de R410A ~ 217 kg

Soit au total 383 kg de fluide frigorigène.

Le R22 et le R410A ne sont pas concernés par la rubrique ICPE 4802-2. Seul le R407C est classé sous cette rubrique.

1.5. Incompatibilités et instabilités

Le lithium, et ses alliages peuvent réagir avec l'eau et doivent être manipulés sous air sec.

Les locaux de production intègrent cette contrainte : pas d'eau dans ces locaux et ventilation sous atmosphère contrôlée et sèche.

Les comburants puissants ne doivent pas être stockés en présence d'une quantité significative de produits combustibles.

1.5.1. Incompatibilités de stockage pour les produits inflammables

Les quantités de liquides inflammables sont très limitées sur site (quelques bidons d'une dizaine de litres de solvant au magasin divers). Il n'y a aucun risque de mélange.

Les liquides inflammables sont systématiquement stockés en armoire coupe-feu.

1.5.2. Incompatibilités de stockage pour les autres produits

Tous les produits sont stockés dans leur emballage d'origine et selon les recommandations des fournisseurs.

Aucune incompatibilité n'a été identifiée.

Par ailleurs, il s'agit de produits solides (lingots, grenailles) dont le mélange est physiquement impossible.

1.5.3. Instabilités

Les produits présentant une instabilité sont essentiellement représentés par les produits lithiens qui réagissent en présence d'eau ou avec l'humidité de l'air.

Les produits pyrotechniques peuvent également s'avérer sensibles au choc ou à la friction.

Le procédé intègre ces contraintes :

- atmosphère sèche dans les salles ;
- manipulation par quantité de quelques centaines de grammes ;
- précautions adéquates pour la manipulation et le transport.

2. ACCIDENTOLOGIE

2.1. Analyse des antécédents extérieurs

Accidents répertoriés par le BARPI

Une recherche des accidents répertoriés par le BARPI a été effectuée avec les critères suivants :

- Période allant de 2009 à 2019
- Produits/activités pour lesquels la recherche a été effectuée :

Lithium
Pyrite
Piles thermiques / combustibles

Gaz naturel – Chaufferie gaz naturel

[Suivant la banque de données : "Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement DPPR/SEI/BARPI – février 2019]

L'inventaire de ces accidents est donné en annexe.

Pour l'activité d'ASB, aucune occurrence n'a été relevée :

Piles thermiques / combustibles

Un seul accident (peu grave) a été répertorié par ASB. Voir § 2.2 Ci-après.

2.1.1.2. Lithium

Période d'étude : 2009 – 2019
Nombre d'accidents : Très rares ~ 2
Mot-clé archive BARPI : Lithium [7439-93-2]

Type d'accident	Nombre	Dont	Causes
Débordement de lithium en fusion	~1	Départ d'incendie maîtrisé	Fermeture de vanne incomplète (erreur de geste)
Explosion de lithium	~1	Flammèches et petites explosions	Méthode de lavage + reliquat de lithium dans un conteneur

Le lithium est un métal spécifique qui exige la maîtrise des conditions nécessaires à sa manipulation et à sa transformation. Sa mise en œuvre requiert une expertise limitée à quelques acteurs du secteur ce qui restreint son emploi à grande échelle et limite de fait l'apparition de nouveaux d'accidents.

2.1.1.3. Pyrite

Période d'étude : 2009 – 2019
Nombre d'accidents : Aucun accident référencé
Mot-clé archive BARPI : Pyrite [1309-36-0]

La pyrite est un minéral naturel composé de fer et de soufre qui possède la faculté de libérer des étincelles lorsqu'elle est soumise à un choc.

2.1.1.4. Gaz naturel

Dans la base ARIA du BARPI, de nombreux cas de fuite de gaz naturel sur des conduites en milieu urbain sont répertoriés. Elles résultent dans la plupart des cas d'une agression mécanique de la conduite. Ce type de fuite n'est pas transposable aux installations concernées.

Quelques cas de fuite à l'intérieur de sites industriels sont répertoriés.

Ils sont similaires aux fuites de gaz survenant en milieu urbain : travaux de maintenance sur les canalisations ou à proximité immédiate (canalisation mal ou pas repérée).

Pour le cas étudié, le poste de détente se situe à côté de la chaufferie, la portion de tuyauterie extérieure et aérienne est très courte.

La tuyauterie est ensuite enterrée sur la plupart de son parcours extérieur. Cette tuyauterie n'est aérienne qu'à proximité immédiate des points de livraison (entrée des galeries technique - 2 points d'entrée) et à l'intérieur de ces galeries.

Dans les galeries, la tuyauterie chemine en partie haute, sous toiture.

Du fait de sa localisation, ces tuyauteries ne sont pas exposées à des agressions mécaniques.

Lorsque cette tuyauterie est au sol à un point de livraison ce point est localisé dans une zone sans aucune circulation d'engin (aucune cause d'agression mécanique).

2.1.1.5. Chaudières

Les incendies et accidents survenus dans des chaufferies sont relativement nombreux pour les 10 dernières années.

Il s'agit de chaufferies de faible puissance (quelques dizaines à centaines de kW) qui ne bénéficient pas des contrôles et de sécurités appliquées aux installations plus grosses, c'est pourquoi ces accidents n'ont pas été répertoriés.

Les accidents répertoriés ne permettent pas toujours de faire la différence entre une explosion de chaudière et une explosion dans le local de la chaufferie.

Pour les installations de plus forte puissance, le nombre de cas est beaucoup plus faible : ~ 8 cas de 2011 à 2019 (~8 ans) : un cas en agroalimentaire, un cas dans une cokerie, deux cas dans une usine sidérurgique (dont un lors d'un test lors du redémarrage), 1 cas dans un centre de recherche atomique, 1 cas dans une chaufferie urbaine, un cas dans une usine de fabrication de papier carton et un cas dans un élevage.

Les causes généralement sont une fuite de gaz sur des vannes à l'intérieur de la chaufferie pour une explosion de chaufferie et un mauvais déroulement de la séquence de démarrage pour une explosion de chaudière.

Dans le cas étudié, les tuyauteries ne sont pas soumises à des agressions de type corrosion, thermique ou encore mécanique.

Aucun engin de manutention ne peut être amené à évoluer à proximité des points d'utilisation du gaz, exception faite d'une intervention sur ces équipements de combustion (dans ce cas, le gaz serait préalablement coupé).

2.2. Retour d'expérience interne

Le site a connu un départ de feu sous-plafond le 28/07/2016, cet accident a été répertorié dans La base de données du BARPI :

Accident

Feu de sous-plafond dans une usine de piles thermiques

N°48365 - 28/07/2016 - FRANCE - 18 - BOURGES

C27.20 - Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques

Vers 7h30, dans une entreprise fabriquant des piles thermiques, un feu se déclare lors d'une opération de neutralisation de résidus d'alliage de lithium sur plaque graphite. Le départ de feu proviendrait d'une projection incandescente de résidus d'alliage lors de l'arrosage des plaques, dans les sous-plafonds du toit du bâtiment voisin. Le POI est déclenché. Les pompiers éteignent l'incendie à l'aide d'un extincteur à poudre. Ils retirent une dalle plafond et 1 m³ de laine de verre.

Les incidents survenus sur le site d'ASB durant l'année 2018 sont répertoriés dans le tableau ci-après.

Il s'agit à 100 % de départs de feu ne concernant qu'une très faible quantité de produit et n'ayant entraînés aucune conséquences humaines ou matérielles.

La liste des incidents survenus sur site entre 2015 et 2019 est disponible en annexe.

2.3. Application au site d'ASB

Le tableau suivant établit que les accidents répertoriés dans l'accidentologie du BARPI ne sont pas (ou peu) transposables à l'activité d'ASB.

Activités/Produits concernés	Type d'accident	Transposition au site d'ASB
Lithium	Fusion de lithium (fuite par soutirage)	La fusion du lithium se fait en quantité restreinte (quelques centaines de g au plus) dans un creuset chauffé par un four à résistance électrique. La coulée des lingots d'alliage utilise le bec verseur du creuset et non un soutirage.
	Ignition de restes de lithium lors d'un lavage de conteneur à l'eau	Les déchets susceptibles d'être souillés par du lithium sont traités spécifiquement soit par double emballage soit par immersion en fût rempli d'huile anhydre. Ils sont entreposés à la zone déchet en attendant leur ramassage pour retraitement.

3. POTENTIELS DE DANGERS

3.1. Méthodologie

Les potentiels de dangers correspondent aux accidents majeurs susceptibles de se produire sur un équipement particulier, sans qu'aucun système de prévention ou de protection ne vienne influencer son développement ou limiter ses conséquences.

Les potentiels de danger sont caractérisés par le couple :

- quantité de produit,
- dangerosité du produit.

3.2. Identification des potentiels de dangers

Afin de prévenir les actes de malveillances, l'identification et la localisation des potentiels de dangers sont exclus de la version publique.

3.3. Réduction des potentiels de dangers

Les matériaux à l'origine du fonctionnement des piles thermiques ne sont pas substituables.

Il n'est pas envisageable de réduire les quantités de ces mêmes produits sans impacter la productivité du site. Les quantités stockées sont faibles et sont réduites au strict minimum pour assurer la production.

Dans chaque salle, les quantités sont connues à tout moment et réduites au strict minimum pour garantir le fonctionnement correct du poste.

Aucune réduction des potentiels de dangers n'est possible.

4. MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION

4.1. Organisation de la Sécurité

Le POI regroupe toutes les informations utiles en cas d'accident :

- Alerte et information : recense tous les contacts, organigrammes et schémas d'alerte nécessaire à la mise en place des secours
- Situation géographique : regroupe tous les plans externes et internes (accès, bâtiments, risques, gaz/électricité, défense incendie ...)
- L'évaluation des risques : détaille les risques selon les locaux
- Recensement des moyens : Enumère les moyens de lutte incendie

Celui-ci est à la disposition des autorités sur demande.

4.2. Incendie

4.2.1. Détection incendie

Tous Les bâtiments seront pourvus à terme d'un système de détection incendie.

Actuellement seule la partie bureau étude n'est pas équipée.

Dans le nouveau bâtiment BATGAP et les nouvelles salles sèche, il est mis en place un système de détection incendie adressable de catégorie A avec équipement d'Alarme de type 1.

Dans les salles sèches, mise en place d'une double détection automatique de fumée adressable de type "multicritères" (optiques et thermovélocimétriques)

Dans les locaux techniques, mise en place d'une double détection automatique de fumée adressable de type "multicritères" (optiques et thermovélocimétriques)

Dans les circulations horizontales et dans certains locaux, à chaque issue de secours, mise en place de déclencheurs manuels incendie adressables à membrane déformable.

Sur le Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie (CMSi), sur détection de feu et par zone de détection automatique de fumée, asservissement de :

- fermeture de clapets coupe-feu télécommandés
- fermeture de portes de recoupement DAS NFS 61-937
- arrêt centrale de traitement d'air
- coupure énergie du bâtiment concerné
- report téléphonique sur dérangement et alarme feu

Dans les circulations horizontales et dans certains locaux, mise en place de sirènes incendie 90 dB avec flashes lumineux.

Dans les locaux où une personne à mobilité réduite peut se retrouver seule, mise en place de flashes lumineux.

4.2.2. Moyens d'extinction

Les extincteurs sont en nombre suffisant, visibles et répondent aux besoins.

Ils sont situés dans les différents lieux où les risques sont potentiellement présents sous forme d'extincteurs à poudre, CO₂, eau pulvérisée et spécifique feux de métaux. Leur maintenance est réalisée chaque année par un organisme spécialisé.

L'implantation du matériel a été répartie et est conforme aux règles du code du travail.

Les moyens de lutte incendie sont les suivants :

Bâtiment	Système de détection incendie	Extincteurs	Poteaux incendie	Réserve d'eau
Administratif	X	Eau Pulvérisée et CO ₂	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 40 m
Bureaux d'études et locaux sociaux	X	Extincteur poudres et CO ₂	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 40 m
Atelier boîte à gants Magasin Contrôle final	X	Ext. CO ₂ et poudres (Salles boîte à gants, câblage et contrôle final) Ext. Poudre 50 L (Zone déchet)	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 40 m
Atelier traversées hermétiques	X	Ext. CO ₂ poudre (ABC) et poudre (feux de métaux)	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 40 m
Bâtiment 24 Salles sèches	X	Ext. CO ₂ poudre (ABC) et poudre (feux de métaux)	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 40 m
Bâtiment BATGAP Laboratoire	X	Ext. CO ₂ et poudre et poudre (feux de métaux)	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 10 m
Bâtiment 45 Stockage	X	Extincteurs	Ø 100 à 100 m	60 m ³ à 10 m

4.2.3. Moyens humains

Une équipe composée d'Equipiers de Première Intervention et d'Equipiers de Seconde Intervention est en place et intervient à chaque fois que nécessaire.

En complément, une équipe d'évacuateurs (guide-files, serre-files) prend en charge l'évacuation du personnel, le cas échéant.

Ces équipes sont renforcées par l'intervention des pompiers de la ville de Bourges en cas de sinistre non maîtrisable par l'équipe interne suivant POI.

4.2.4. Plan Opération Interne

Le POI du site a été mis à jour en septembre 2019 et est à disposition des autorités sur demande.

4.2.5. Services d'incendie et de secours

Il existe plusieurs casernes à proximité du site. La caserne de Bourges Danjons serait amenée à intervenir prioritairement sur le site.

Le SDIS est en possession du dernier POI. Des exercices sont réalisés une fois tous les 3 ans maximum avec les services de secours externes.

4.2.6. Dimensionnement des besoins en eau d'extinction pour la défense incendie

Les calculs des débits d'eau théoriques requis par les pompiers ont été réalisés à partir du document D9 – Défense extérieure contre l'incendie – Guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau – Edition 09.2001.0 (INESC – CNPP – FFSA).

- Surface de référence : plus grande surface non recoupée en coupe-feu 2 heures.
- Classe de risque à retenir : d'après l'annexe I du guide, classe de risque 2.

Estimation du débit d'extinction pour le cas majorant

Cas majorant identifié magasin de combustible
 Surface 168 m²

Ce qui donne :

Dimensionnement des besoins en eau (document D9)		
DONNEES		
Hauteur du stockage (1)	Jusqu'à 3 m	
Surface	168	m ²
Risque sprinklé	NON	
Type de construction (ossature)	stable au feu < 30min	
Type d'intervention interne	DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 avec des consignes d'appel	
Catégorie risque*	2	
COEFFICIENTS		
Hauteur de stockage	0	
Type de construction	0,1	
Type d'intervention	-0,1	
Total	0	
1 + Total	1	
CALCULS		
Débit intermédiaire Qi	10	m ³ /h
Débit avec catégorie risque	15	m ³ /h
Débit requis	15	m³/h

Besoin en eau

Scénario	Classe de risque	Sprinklage (extinction mousse)	Surface non recoupée (m ²)	Volume nécessaire sur 2 heures (m ³)
Incendie magasin divers	2	non	168	30

Les moyens de lutte contre l'incendie détaillée au § 4.2.2 permettent de faire face à ce besoin.

Même en intégrant une majoration de la valeur minimale calculée ci-dessus, les ressources en eau disponibles sur le site apparaissent suffisantes.

En effet, les poteaux incendie sont dimensionnés pour répondre à ce besoin.

Calcul du volume de rétention selon le guide D9 A

Vis-à-vis du volume de rétention, c'est le magasin de produits divers qui est majorant.

Dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction (document D9A)						
Besoin pour la lutte extérieure		Besoin (calcul débit requis)	15	m3/h	30 m3	
		Temps (2h min)	2	h		
+						
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleur	volume réserve intégrale de la source principale	60	m3	60 m3	
		OU				
		besoin		m3/h		
		durée théorique de maxi de fonctionnement		h		
	+					
	Rideau d'eau	besoin		m3/h	0 m3	
		temps	1,5	h		
	+					
	RIA	A négliger	0	m3	0 m3	
	+					
	Mousse haut et moyen foisonnement	débit de solution moussante		m3/h	0 m3	
		temps de noyage		h		
+						
Brouillard d'eau et autre système	débit		m3/h	0 m3		
	temps de fonctionnement requis		h			
+						
Volumes d'eau liés aux intempéries		Surface de drainage	200	m2	2 m3	
+						
Présence stock de liquides		Volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	0	m3	0 m3	
=						
VOLUME TOTAL DE LIQUIDE A METTRE EN RETENTION					92 m3	

Le calcul réalisé donne un volume de rétention nécessaire d'environ 92 m³.

Le confinement des eaux d'extinction se fait par captation des eaux d'écoulements qui seront dirigées par pompage vers des rétentions gonflables d'un volume maximal de 330 m³ (une bâche gonflable de 200 m³ et une de 130 m³).

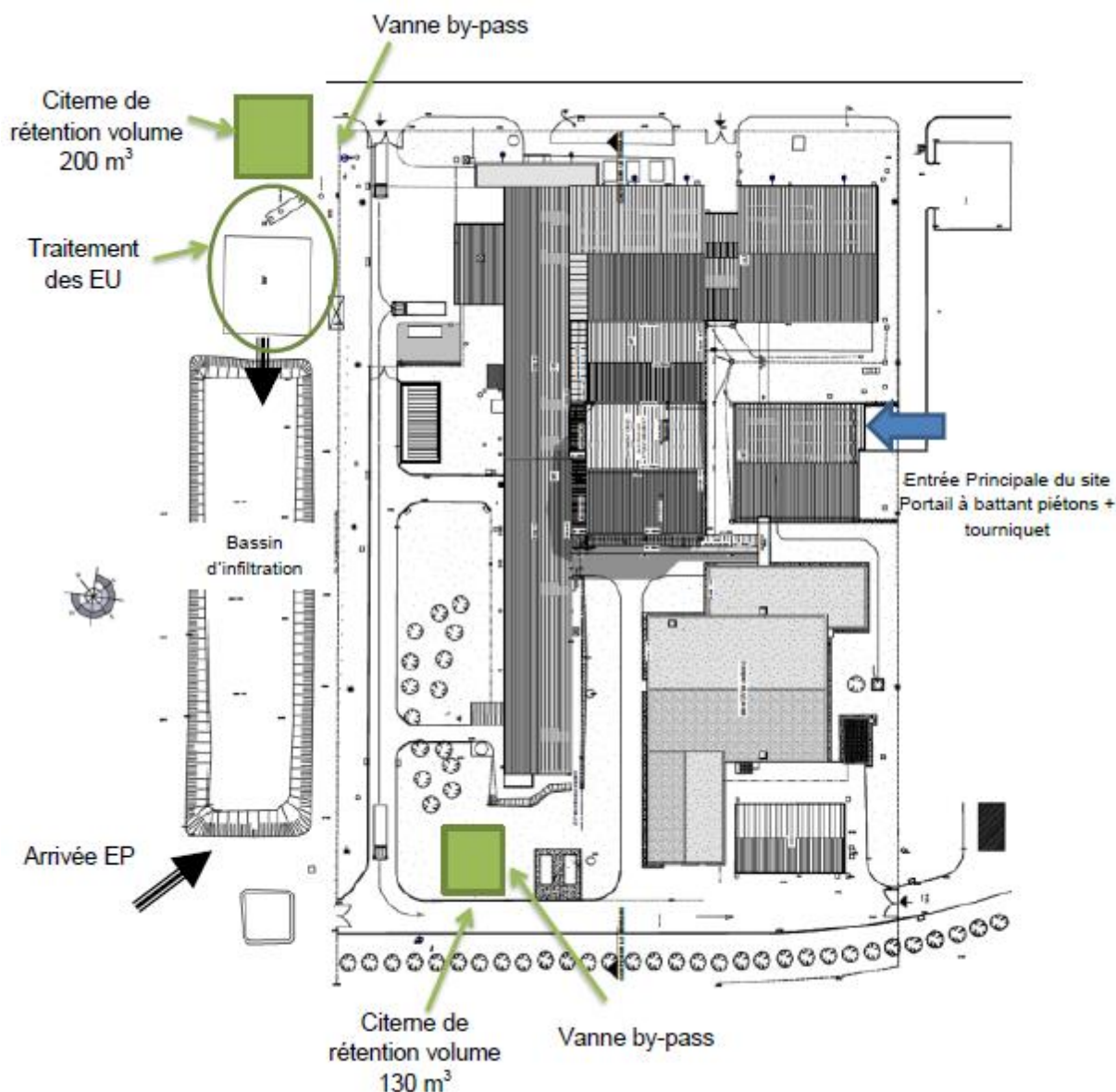
La capacité de rétention disponible est largement dimensionnée au regard des besoins calculés.

4.3. Pollution accidentelle

4.3.1. Procédures et consignes générales

4.3.1.1. Protocoles de sécurité

Le POI (disponible en annexe) prévoit la prise en compte du risque de pollution. Deux rétentions d'eaux incendie (bâches gonflables dites « citerne » sur le plan, de 200 et 130 m³) sont présentes sur site et localisées sur le plan suivant :



Pour rappel, les produits mis en œuvre par ASB sont pour l'essentiel des solides inorganiques.

4.3.1.2. Conseiller à la sécurité pour le transport de matières dangereuses (CSTMD)

La fonction de CSTMD est externalisée.

4.3.2. Déversement accidentel

Les zones de stockages ne font pas l'objet de rétentions en revanche une captation des eaux d'extinction polluées vers des baches de rétentions est assurée.

La majorité des produits stockés sont des poudres ou solides.

Les produits liquides dangereux sont stockés sur rétention.

4.3.3. Pollution par les eaux d'extinction incendie

Deux baches gonflables permettent de recueillir les eaux d'extinction ou polluées. La première de 130 m³ située à l'Ouest du site et la seconde située au nord de 200 m³.

En cas de risque de pollution des eaux, la fermeture d'une vanne automatique interrompt tout rejet d'eau du site. Les eaux du réseau potentiellement polluées sont aspirées par des pompes de relevage accompagnant les deux vannes by-pass des baches gonflables.

5. ANALYSE DES RISQUES EXTERNES

5.1. Risques liés à l'environnement naturel

5.1.1. Sismicité

Le zonage sismique de la France (entré en vigueur le 1er mai 2011), d'après l'annexe des articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les Décret n° 2010-1254 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010, place la commune de Bourges en zone de sismicité faible (zone 2).

Le zonage sismique de la France définit 5 zones d'exposition aux risques sismiques :

- | | |
|----------------------------------|---|
| - zone 1 : sismicité très faible | Accélération < 0,7 m/s ² |
| - zone 2 : sismicité faible | 0,7 m ² /s ≤ Accélération < 1,1 m/s ² |
| - zone 3 : sismicité modéré | 1,1 m ² /s ≤ Accélération < 1,6 m/s ² |
| - zone 4 : sismicité moyenne | 1,6 m ² /s ≤ Accélération < 3 m/s ² |
| - zone 5 : sismicité forte | Accélération ≥ 3 m/s ² |

Les articles 12 à 15 de l'arrêté du 24 janvier 2011 fixant les règles parasismiques applicables à certaines installations classées ne s'appliquent qu'à certaines installations.

Suivant l'arrêté du 5 mars 2018 les installations d'ASB sont concernées en tant qu'installation à risque normal. Cette contrainte a été prise en considération et intégrée dans les règles de construction des nouveaux bâtiments.

Les installations d'ASB ne sont pas sensibles vis-à-vis du risque sismique. Les stocks ne sont pas susceptibles de provoquer un incendie en cas de séisme.

5.1.2. Événement climatique exceptionnel

5.1.2.1. Foudre

Une étude foudre a été réalisée en 2008 par APAVE. Le rapport est disponible sur demande. Le dernier contrôle des installations foudre a été réalisé en 2019 par DEKRA

Les installations ont été modernisées selon la réglementation en vigueur :

- Mise en place équipotentialité entre les canalisations entrantes dans le bâtiment 45 et le bâtiment, dès leurs pénétrations.
- Mise en place de parafoudres sur les réseaux courants forts et courants faibles. Raccord à la terre des drains des câbles écrantés.
- Mise en place parafoudres de façon à protéger les «EIPS». Raccord à la terre des drains des câbles écrantés raccordés aux «EIPS».
- Compléments au niveau des liaisons équipotentielle au niveau des canalisations hydrogène, azote liquide et argon. Mise en place d'une consigne d'exploitation interdisant tout dépotage hydrogène, azote liquide et argon en cas d'orage.
- Mise en place d'un dispositif d'enregistrement des impacts foudre sur le site via un abonnement auprès de météorologie.

5.1.2.2. Neige et vent

Les bâtiments et installations sont peu sensibles aux aléas climatiques extérieurs.

L'activité étant exclusivement située en intérieur les conditions de stabilité et de sûreté (particulièrement l'hygrométrie) sont assurées.

Les bâtiments existant ont été construits selon la réglementation applicable.

Le site d'ASB est localisé en :

- Région NV65 Neige : A1
- Région NV65 Vent : 2
- A une altitude de 150 m

Les résultats des calculs sont présentés dans les tableaux suivants :

	Calcul charges de neige
Charge normale	35,7 kg/m ²
Charge extrême	61,2 kg/m ²

	Calcul pressions dynamiques de base (vent)
Pression normale	112,7 km/h
Pression extrême	149,1 km/h

Ces calculs sont détaillés dans l'Eurocode 1 : Actions sur les structures (Neige : EN 1991-1-3 et Vent : EN 1991-1-4)

Les bâtiments sont conçus pour résister à ces spécifications.

Le nouveau bâtiment sera construit selon les normes en vigueur (Eurocode 2 : calcul des structures en béton).

5.1.3. Crues

Selon le portail de la prévention des risques majeurs, le site d'ASB à Bourges n'est pas situé en zone inondable.

5.2. Risques liés à l'environnement humain

5.2.1. Transport de matières dangereuses

La route la plus proche est la D73 située à 700 m du site.

Le site n'est pas menacé en cas d'accident survenant sur les voies routières.

5.2.2. Chute d'aéronef

La piste de l'aéroport de Bourges se situe à environ 600 m au Nord du site d'ASB.

Le site d'ASB se situe dans la zone de proximité sans être ni dans l'axe de décollage ni d'atterrissage de la piste comme le montre la vue aérienne suivante :



5.3. Installations susceptibles de présenter un risque

Il n'y a aucune installation extérieure au site d'ASB susceptible de présenter un risque.

Un projet de centrale photovoltaïque est en cours d'élaboration au Nord-Est du site. Ce projet n'apporte aucun risque pour le site d'ASB.

6. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

6.1. Principe

L'Analyse Préliminaire des Risques permet de constituer une liste exhaustive qui fait correspondre une entité dangereuse du site (zone de bâtiment formant un ensemble homogène) à une situation dangereuse. Pour dresser la liste des situations dangereuses, on étudie chaque entité et on en dégage les situations dangereuses pour chacune.

6.2. Le groupe de travail

Un groupe de travail a été formé afin de permettre une cotation des probabilités de survenue de situations dangereuses au sein des entités. Il a permis un échange d'expériences et d'avis concrets sur les cas d'accidents possibles au sein du site.

Il était constitué :

- De deux ingénieurs du bureau d'études APSYS dont le rôle est d'animer les réunions du groupe et de synthétiser les résultats obtenus,
- de représentants du site ayant une bonne connaissance du site, des modes de fonctionnement et des matériels employés.

6.3. Découpage

De façon général, le risque principal identifié est le risque incendie en raison de la présence de matières fortement réactives.

Le tableau ci-après résume le découpage en ensemble et les modes de défaillance associés à chacun des ensembles :

N° Élément	Intitulé	Zone /équipement concerné	Evénement redouté
1 - Composition chauffante			
1.1.1	Local Turbulas	Turbula	Réaction pyro lors du mélange
1.1.2	Local Turbulas	Turbula	Réaction pyro lors du transfert
1.2.1	Stockage poudre	BATGAP et SS8, 9 et 10	Départ incendie
1.2.2	Stockage poudre	SS3 et 5	Départ incendie
1.2.3	Stockage poudre	Local tampon	Départ incendie
1.2.4	Stockage poudre	Local tampon poudre négatifs	Départ incendie
1.3.1	Pastillage	SS3, 5, 8, 9 et 10	Combustion rapide
1.3.2	Pastillage	SS3, 5, 7, 8, 9 et 10	Combustion rapide
1.3.3	Pastillage	SS3, 5, 7, 8, 9 et 10	Combustion rapide
1.4.1	Stockage des pastilles	SS8 et 9, 10	Départ incendie
1.4.2	Stockage des pastilles	SS3, 5 et 4-6	Départ incendie
1.5.1	Assemblage	SS4-6	Départ incendie
2 - Papier chauffant			
2.1.1	Stock MP	Salle de fabrication (BATGAP)	Incendie du stock MP
2.1.2	Fabrication de la pâte	Salle de fabrication (BATGAP)	Incendie de la pâte
2.1.3	Etuvage après fabrication	Salle de fabrication (BATGAP) (étuve)	Incendie de l'étuve
2.2.1	Stock avant/après découpe	Salle de découpe papier chauffant	Incendie d'une armoire

N° Élément	Intitulé	Zone /équipement concerné	Evénement redouté
2.2.2	Découpe	Salle de découpe papier chauffant	Incendie lors de la découpe
2.3.1	Etuvage après découpe	Salle de découpe papier chauffant	Incendie de l'étuve
2.3.2	Stock papier chauffant produit fini	Salle stockage papier chauffant	Incendie d'une armoire
3 - Poudres négatifs			
3.1.1	Stock MP	Bât 45	Incendie du stock
3.2.1	Fabrication des alliages	Boîte à gant (BATGAP)	Oxydation en présence d'oxygène
3.2.2	Fabrication des alliages	Boîte à gant (BATGAP)	Départ de feu sur poussières fines accumulées
3.3.1	Broyage / tamisage	Concasseur	Incendie en présence d'oxygène
3.3.2	Broyage / tamisage	Broyeur	Incendie en présence d'oxygène
3.3.3	Broyage / tamisage	Tamiseur	Incendie en présence d'oxygène
3.4	Stockage poudres	Local tampon	Départ incendie
3.5	Pastillage	Sur pastilleuse	Départ de feu en présence d'humidité
4 - Anode LAN			
4.1.1	Fabrication des alliages	Boîte à gant (SS1)	Oxydation en présence d'oxygène
4.1.2	Fabrication des alliages	Boîte à gant (SS1)	Départ de feu sur poussières fines accumulées
5 - Traversées hermétiques			
5			Aucun risque retenu
6 - Câblage			
6			Aucun risque retenu
7 - Magasin			
7	Stock marche courante	Magasin	Incendie du magasin
8 - Barnum			
8	Stock conditionnement logistique	Barnum (tente en extérieur)	Incendie du barnum
9 - Bâtiment 45			
9	Stock produits dangereux et combustibles	Bâtiment 45	Incendie du bâtiment 45
10 - Zone déchet			
10	Alvéoles de stockage des déchets	Zone déchet	Incendie d'une ou plusieurs alvéoles
11 - Chaufferie			
11		Chaufferie	Explosion de gaz dans le local
12 - Centrales de Traitement de l'Air			
12		Coursives entourant les salles sèches + Zones techniques BATGAP	Aucun risque retenu
13 - Groupes frigorifiques			
13		Groupes frigorifiques présents en extérieur	Aucun risque retenu
14 - Zone de destruction des déchets			
14			Aucun risque retenu
15 - Stockage de gaz			
15	Stockage bouteilles d'azote hydrogéné (95/5)	Zone de stockage des bouteilles	Aucun risque retenu
	Stockage Argon	Cuve d'argon de 300 m ³	Aucun risque retenu
16 - Ateliers mécanique et maintenance			
16	Locaux techniques	Atelier mécanique	Aucun risque retenu

7. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES LIES AUX INSTALLATIONS

7.1. Constitution d'un groupe de travail

Ce groupe est formé afin de permettre une cotation des probabilités de survenue de situations dangereuses. Il permet également un échange d'expériences et d'avis concrets sur les cas d'accidents possibles au sein des installations étudiées. Il est constitué :

- de cadres techniques de la société ASB ayant une bonne connaissance des activités du site,
- d'un intervenant de la société APSYS.

L'analyse des risques (APR) a permis de constituer une liste exhaustive de situations dangereuses.

7.2. Grille de criticité

Il s'agit d'un système de quantification du risque en fonction de la gravité et de la probabilité d'occurrence des événements étudiés. La grille de criticité définit des catégories de risques dans lesquelles seront classés les événements étudiés. Les événements identifiés seront positionnés dans la grille suivante indiquée dans la circulaire du 29 septembre 2005.

Conséquence		Probabilité				
		1	2	3	4	5
Niveau de gravité	Personnes	« événement possible mais extrêmement peu probable » jamais entendu dans l'industrie chimique	« événement très improbable » entendu dans l'industrie chimique mais ayant fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	« événement improbable » entendu dans l'industrie chimique ayant fait l'objet de mesures correctives ne garantissant pas une réduction significative de sa probabilité	« événement probable » s'est déjà produit et/ou peut se produire	« événement courant » s'est déjà produit et/ou peut se produire à plusieurs reprises malgré d'éventuelles mesures correctives
			10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
5 Déastreux	SELS > 10p SEL > 100p SEI > 1 000p	MMR rang 2	Non rang 1	Non rang 2	Non rang 3	Non rang 4
4 Catastrophique	SELS ≤ 10p 10p ≤ SEL ≤ 100p 100p ≤ SEI ≤ 1 000p	MMR rang 1	MMR rang 2	Non rang 1	Non rang 2	Non rang 3
3 Important	SELS ≤ 1p 1p ≤ SEL ≤ 10p 10p ≤ SEI ≤ 100p	MMR rang 1	MMR rang 1	MMR rang 2	Non rang 1	Non rang 2
2 Sérieux	SEL < 1p SEI < 10p			MMR rang 1	MMR rang 2	Non rang 1
1 Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement SEI < 1p					MMR rang 1

Pour les événements figurant dans une case portant la mention MMR la circulaire du 29 septembre 2005 indique : "il convient de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en terme de sécurité globale de l'installation, soit en terme de sécurité pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement."

En outre, si le nombre total d'accidents situés dans des cases MMR rang 2 (cases figurant en jaune) est supérieur à 5, il faut considérer le risque global comme équivalent à un accident situé dans une case NON rang 1 (risque inacceptable).

Les événements figurant dans les cases vertes ne portant pas de mention MMR correspondent à des événements acceptables.

La gravité des évènements représente une estimation de leur conséquence sur les tiers situés à l'extérieur du site (seuil des effets létaux significatifs, seuil des effets létaux, seuil des effets irréversibles). Le choix de l'échelle de gravité affectée à un événement dépendra du risque que l'on est à même d'appréhender ou d'étudier : on détermine ainsi la gravité majorante appliquée à l'événement.

7.3. Les nœuds papillons

Pour les situations dangereuses, des nœuds papillons donnant une représentation schématique des combinaisons des événements conduisant à l'évènement grave redouté sont effectués.

Les événements initiateurs et les barrières font l'objet de commentaires détaillés dans des tableaux avec évaluation et justification des taux de fréquence et des taux de défaillance retenus.

7.3.1. Généralités sur la cotation en probabilité

Selon la note du 08/11/2004 relative à la probabilité d'occurrence de scénarios d'accidents majeurs, 2 types d'éléments sont à coter :

- les événements initiateurs,
- les défaillances des barrières de sécurité.

Les probabilités d'occurrence des événements initiateurs et les taux de défaillance des barrières retenues sont estimés à partir de plusieurs sources :

- Des données de probabilité tirées de l'expérience de plusieurs groupes présentant des niveaux de sécurité similaires (en particulier programme ARAMIS et données proposées par l'INERIS) ; les données sont détaillées et argumentées pour la majorité des défaillances envisageables dans les études de dangers,
- Les données du TNO "Purple Book" : Guidelines for quantitative risk assessment,
- Les données pouvant être déduites du retour d'expérience des groupes de travail, en fonction de l'analyse des antécédents au niveau d'autres installations de stockage (base du BARPI) et de l'analyse des incidents répertoriés dans le groupe ASB.

7.3.2. Estimation de la gravité des phénomènes dangereux

Il s'agit de la quantification des phénomènes dangereux retenus, avec définition de leur gravité (comptage des tiers touchés par les rayons de dangers conformément à la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

7.4. Estimation de la probabilité des phénomènes dangereux

Ces informations ont été retirées, elles figurent dans la version confidentielle remise à l'administration.

8. METHODES ET OUTILS DE LA MODELISATION

8.1. Modélisation des effets toxiques d'un incendie

8.1.1. Généralités

Un incendie est en réalité une réaction chimique d'oxydation. Dans le cas des hydrocarbures, une combustion complète (dans les conditions stœchiométriques) ne produit que de l'eau et du dioxyde de carbone. Cette condition idéale n'est que très rarement réalisée dans le cas d'incendies réels pour lesquels on observe toujours l'émission de monoxyde de carbone et de suies, produits caractéristiques d'une combustion incomplète.

La combustion peut être incomplète :

- ❖ soit parce que l'apport d'oxygène via l'air ambiant à l'incendie est limité (cas des incendies dans les bâtiments) ;
- ❖ soit parce que localement, l'oxygène fait défaut. Plus le foyer est grand, plus ce phénomène est important en particulier au cœur des flammes. En effet, l'air ambiant entraîné au sein des flammes ne se propage pas uniformément mais obéit à un comportement fortement turbulent (fluctuation d'une grandeur : concentration, vitesse, ... autour d'une valeur moyenne). Des zones enrichies en oxygène ou au contraire appauvries en oxygène coexistent alors au sein des flammes.

Lorsque le combustible n'est plus un hydrocarbure mais plus généralement un produit chimique, la réaction de combustion devient souvent bien plus complexe et les mécanismes réactionnels (succession de réactions élémentaires et d'équilibres) sont la plupart du temps inconnus. Lorsque la combustion implique des solides, s'ajoute aux mécanismes réactionnels, des phénomènes de dégradation thermique tels que la pyrolyse, ... qui permettent à la réaction d'oxydation (qui se déroule en phase gazeuse) d'avoir lieu.

On constate expérimentalement qu'un nombre important de produits peuvent être formés par les réactions de combustion. La nature des produits formés dépend d'un nombre important de paramètres. On peut notamment citer :

- ❖ le mécanisme de décomposition (mécanisme réactionnel) ;
- ❖ de la température du milieu réactionnel (température des flammes) ;
- ❖ des éléments constitutifs du ou des combustibles¹ ;
- ❖ etc.

Certains des produits de combustion incomplète sont toxiques. Classiquement, on trouve le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, des acides (HCl, HF, HCN, ...), etc.

A ces produits de combustion proprement dits, s'ajoutent des produits dits passifs qui n'ont pas participé directement à la réaction de combustion, à savoir principalement : l'azote de l'air de combustion et surtout l'air en excès par rapport à la combustion stœchiométrique.

Il est important de garder à l'esprit que la toxicité des produits de combustion est indépendante de la toxicité initiale du combustible. En effet, un produit non toxique peut dégager lors d'un incendie des produits toxiques, alors qu'inversement, un produit toxique peut (en supposant une combustion complète) n'avoir que des produits de combustion non toxiques.

En fait, le phénomène de rejet en quantité importante de produits de combustion toxiques est d'autant plus important et doit donc être étudié plus particulièrement lorsque les quantités d'azote élémentaire, de chlore élémentaire, de soufre élémentaire, ... représentent une fraction importante de la masse participant à l'incendie.

¹ Dans le cas des incendies d'entrepôts ou d'aires de stockage, il est rare que l'incendie ne concerne qu'une seule référence. En général, l'incendie englobe un ensemble plus ou moins importants de combustibles.

Aujourd'hui, les méthodes employées pour évaluer les conséquences des incendies de stockages de produits agropharmaceutiques sont fondés sur des hypothèses jugées raisonnables. En effet, pour caractériser les divers processus gouvernant le déroulement d'un accident, des hypothèses et des choix sont faits. En particulier, pour un entrepôt, il faut évaluer la nature et la quantité des effluents gazeux susceptibles d'être émis lors d'un incendie, leur mode de dispersion dans l'environnement, ainsi que les effets induits sur la population. Cette démarche, simple en apparence, comporte plusieurs étapes intermédiaires qui appellent des questions qui ne peuvent trouver de réponses que grâce au « jugement de l'ingénieur », faute de disposer actuellement de méthode d'évaluation de référence.

8.1.2. Nature des polluants gazeux émis

Il existe aujourd'hui deux moyens de caractériser la nature et la quantité des effluents émis :

- ❖ l'approche s'appuyant sur des données expérimentales reconnues (issues d'essais en laboratoire ou de la littérature) ;
- ❖ l'approche qui consiste à chercher une solution enveloppe de la nature et de la quantité des effluents émis. Cette approche repose sur des hypothèses faites à l'appui de valeurs expérimentales obtenues pour des combustibles courants.

La première approche est bien entendu préférable à la deuxième mais ne peut être mise en œuvre que si des données expérimentales fiables existent.

Si la solution consistant à chercher une solution enveloppe est mise en œuvre, les hypothèses suivantes sont classiquement retenues :

- ❖ Il serait peu prudent de considérer que le feu ne peut se propager latéralement que par des phénomènes thermiques. En conséquence, l'influence des écoulements gazeux transversaux et des variations de la concentration en oxygène au sein d'un bâtiment, tend à privilégier le choix d'évaluations largement conservatives à défaut de pouvoir prévoir, en l'état actuel des connaissances, les zones d'un stockage affectées par la propagation du feu. Ces évaluations conservatives consistent notamment à considérer que tous les produits stockés sont brûlés.
- ❖ Dans le cas d'un stockage comportant plusieurs références, une formule chimique équivalente² peut être estimée à partir des formules chimiques de chacune des substances :

$$n_i = \frac{\sum_j n_{i,j} \frac{m_j}{M_j}}{\sum_j \frac{m_j}{M_j}}$$

avec : m_j est la masse de combustible j (kg) ;
 M_j est la masse molaire du combustible j (kg/kmol) ;
 $n_{i,j}$ est le nombre d'atomes i dans le combustible j.

Les principaux polluants et les taux de conversion τ suivants sont classiquement adoptés :

- ❖ la combustion complète du carbone, conduit à la formation de monoxyde de carbone et de dioxyde de carbone dans un rapport molaire de 0,1 soit 0,21 g de CO par gramme de C et 3,33 g de CO₂ par gramme de C ;
- ❖ pour l'azote, une part significative (60%) se recombine en azote moléculaire N₂, le reste (40%) est converti à part égale en acide cyanhydrique (HCN) et en oxyde d'azote (NO₂) ;
- ❖ la totalité du chlore se transforme en acide chlorhydrique (HCl) ;
- ❖ la totalité du brome se transforme en bromure d'hydrogène (HBr) ;
- ❖ la totalité du soufre se transforme en dioxyde de soufre (SO₂) ;
- ❖ la totalité du fluor se transforme en acide fluorhydrique (HF).

² On calcule en fait pour chacun des éléments une moyenne pondérée par la fraction massique de chacun des combustibles.

Ces hypothèses de base relatives à la composition des fumées de l'incendie en polluants toxiques, sont similaires à celles proposées par l'INERIS et par la littérature.

Note : Des hypothèses de conversion légèrement différentes ont été prises dans les modélisations. Celles-ci sont justifiées au paragraphe 10.1.2 du chapitre étude des effets des phénomènes dangereux.

En utilisant la formule chimique et la masse molaire équivalente du stockage ainsi que les taux de conversion présentés ci-dessus, il est possible de calculer les fractions massiques d'émission de polluants gazeux avant dilution dans les fumées.

$$Y_i = n_i \tau_i \frac{M_i}{M_{eq \text{ stockage}}}$$

avec : M_i est la masse molaire du produit toxique de décomposition thermique (kg/kmol) ;
 M_{eq} est la masse molaire équivalente du stockage (kg/kmol) ;
 τ_i est le taux de conversion du combustible i ;
 n_i est le nombre d'atomes du combustible i .

Si on connaît de plus le débit massique surfacique de combustion et la surface de l'incendie, on calcule aisément le débit d'émission de chacun des polluants.

Remarque : en ce qui concerne l'évaluation du terme source, c'est-à-dire des produits de décomposition thermique, il n'existe pas de modèle « universel » applicable dans toutes les situations. Il est important de noter que les modélisations s'appuient sur des hypothèses simplificatrices à divers niveaux qui entraînent implicitement une certaine marge d'erreur. De plus, par nature, l'activité de stockage entraîne des fluctuations de stocks qu'il n'est guère possible d'anticiper.

8.1.3. Caractérisation des aspects thermiques et cinétiques du panache

La nature et les différents débits des polluants ayant été déterminés, il convient de déterminer les autres paramètres qui permettent de caractériser un panache toxique, c'est-à-dire :

- ❖ la hauteur d'émission du panache. Les fumées des incendies sont émises en partie supérieure du volume formé par les flammes. Ainsi, la hauteur d'émission des fumées est en générale prise égale à la hauteur de flamme ;
- ❖ la vitesse d'émission des gaz ;
- ❖ le débit d'air entraîné par le panache. C'est un paramètre qui doit être intégré aux évaluations. Toutefois, il convient, pour l'évaluation des conséquences toxiques de l'incendie de ne pas surestimer, notamment dans le cas des incendies dans des entrepôts ou bâtiments, la dilution résultant de l'entraînement d'air dans le panache par une utilisation abusive des corrélations empiriques ou semi-empiriques fondées sur des essais de feux de combustibles, essentiellement liquides. De plus, ces corrélations ont pour la plupart été obtenues pour des feux librement ventilés³.

Un incendie d'entrepôt constitue une source particulière d'émission de gaz toxiques, du fait :

- ❖ de la diversité (quantité et nature) des gaz émis ;
- ❖ de leur température ;
- ❖ et du mouvement ascensionnel général qui résulte de la poussée d'Archimède (effet de cheminée thermique).

A proximité du foyer, la dispersion des polluants est peu dépendante des conditions atmosphériques. Elle est essentiellement contrôlée par la convection naturelle des gaz chauds. Il est donc essentiel de prendre en compte la température et la vitesse ascendante d'émission (liée aux phénomènes internes à la flamme : écoulements des gaz, réaction chimiques ...) des gaz émis.

³ Feux en dehors de bâtiments.

Par ailleurs, ces fumées sont composées d'une part des produits de combustion proprement dits (i.e. les produits issus de la réaction de combustion plus l'oxygène de l'air), et d'autre part, de produits dits passifs, qui n'ont pas participé directement à la réaction de combustion, à savoir principalement :

- ❖ l'azote de l'air de combustion,
- ❖ et surtout de l'air en excès par rapport à la quantité stœchiométrique nécessaire à la combustion, entraîné dans la flamme par des phénomènes de turbulences. Il est mentionné dans la littérature que pour un incendie librement ventilé, cet excès peut être de 5 à 12 fois la quantité d'air stœchiométrique.

Ce phénomène induit une dilution importante, à la source, des polluants émis par l'incendie.

Concernant les paramètres ci-dessus, de nombreuses corrélations sont disponibles dans la littérature, néanmoins, il semble que les travaux publiés par Heskestad⁴, soient aujourd'hui les plus adaptés. A défaut d'une méthodologie reconnue par tous et mieux adaptée, les résultats issus des travaux d'Heskestad ont été mis en œuvre dans cette étude.

Dans le calcul de la puissance totale générée par la combustion, le rendement de la combustion, η_{comb} , tient compte du fait qu'une partie du produit ne participe pas à la combustion, et une valeur moyenne de 0,7 est classiquement admise pour ce paramètre. Toutefois, dans la situation d'un incendie totalement développé, le rendement de combustion peut être pris égal à 100%.

L'énergie convectée représente de 60 à 70% de l'énergie totale libérée par la combustion¹. Le flux convectif est transporté par le panache de fumées de l'incendie, alors que le reste de l'énergie totale libérée est rayonné dans toutes les directions (la conduction étant négligeable).

Ainsi, en considérant une fraction convective de l'incendie de 70% (valeur usuelle, classiquement admise), la vitesse initiale d'émission du panache chaud peut être estimée par la relation suivante :

$$u_0 = 1,87 \times Q_{conv}^{1/5}$$

avec : u_0 : vitesse initiale d'émission du panache (m/s) ;
 Q_{conv} : puissance convectée par le panache, 70% de la puissance totale (kW).

Le débit d'air entraîné à la hauteur d'émission du panache (généralement la hauteur de flamme), est donné par la relation suivante :

$$Q_{air_{ent}} = 0,0054 \times Q_{conv}$$

Les données disponibles dans la littérature et basées sur les travaux d'Heskestad, conduisent à retenir une valeur de l'ordre de 300°C pour la température des fumées à la hauteur d'émission du panache (généralement la hauteur de flamme).

Remarque : pour des incendies d'entrepôts, la littérature⁵ indique que la hauteur des flammes observée lors d'un incendie généralisé à l'ensemble de la surface de stockage, peut être prise égale à 3 fois la hauteur d'entreposage, ce qui revient à retenir cette valeur pour la hauteur d'émission du panache de fumées.

4 G. Heskestad (1984). Engineering relations for fire plumes. *Fire Safety Journal*, 7, 25-32.

5 Flux rayonnés, la difficulté de l'expertise. CNPP – Face au risque n°394, 11-12, juin – juillet 2003.

8.1.4. Synthèse sur la modélisation des effets toxiques d'un incendie

La méthode exposée ci-avant permet au final de définir le terme source pour la dispersion atmosphérique du panache.

Au niveau de la modélisation de la dispersion certaines hypothèses sont là encore réalisées. Elles sont explicitées ci-après.

Tout d'abord, le panache est assimilé au niveau de son comportement thermodynamique (masse volumique, tension de vapeur ...) à son composant majoritaire en masse, à savoir de l'air.

Une autre donnée importante dans le cas des panaches est la hauteur d'une éventuelle couche d'inversion de température. Au niveau du modèle de dispersion, celle-ci apparaît comme une barrière infranchissable pour le panache de fumées. La dispersion n'a donc plus lieu dans un espace semi-infini limité uniquement par le sol, mais dans un espace limité à la fois par le sol et un plan horizontal situé à une altitude correspondant à la couche d'inversion.

Or, étant donnée l'énergie thermocinétique initiale du panache, dans le champ proche de l'incendie (typiquement les 100 premiers mètres), il est clair que malgré une inversion de température, le panache de fumées s'élèverait de toute façon.

8.1.5. Justification des quantités de produits prises en compte dans la modélisation

Le choix des produits représentatifs des produits stockés a été fait sur base d'un état des stocks récent fourni par ASB. Le caractère récent de l'état du stockage est en soi représentatif et permet en particulier d'éviter la prise en compte de produits qui ne sont plus fabriqués ni stockés.

8.2. Modélisation des effets thermiques d'un incendie

8.2.1. Caractéristiques des produits pris en compte

8.2.1.1. Type de produit

Il est également tenu compte des emballages (papiers, cartons, palettes, plastiques PET PP) et des produits combustibles pouvant être stockés.

Ces proportions sont extrapolées ensuite à l'ensemble de la cellule concernée.

8.2.1.2. Combustion des produits

Le débit d'émission de chacun des composants toxiques identifiés (CO₂, CO, NO₂, HCN, HCl, SO₂, HF, ...) est déduit en fonction de la composition chimique des matières actives et des vitesses de combustion.

Ces vitesses de combustion sont différentes suivant les produits stockés (inflammables, combustibles, emballages, ...).

Les vitesses de combustion sont calculées, estimées (d'après les données bibliographiques – Tableau de Babrauskas) et extrapolées selon le mode de stockage (hauteur, nombre de niveaux, ...).

Dans tous les cas, la vitesse de combustion globale est appelée d'après les données figurant dans la littérature : le document INERIS (Oméga 16) fait état de 2 vitesses de combustion forfaitaire. Dans le cas du calcul du rayonnement, le cas le plus majorant correspond à une vitesse de combustion globale de 30g/m²/s.

8.2.2. Estimation de l'effet thermique suite à un incendie

8.2.2.1. Hauteur de flamme

C'est un des paramètres primordiaux pour l'estimation de la propagation du rayonnement. La hauteur des flammes dépend elle-même de la vitesse de combustion.

La formule de THOMAS est utilisée pour estimer la hauteur des flammes (corrélation développée à partir de feu de bûchers) :

$$H = 42 \times D \cdot \left(\frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}} \right)^{0.61}$$

avec m'' : débit massique surfacique de combustion (kg/m².s)
 ρ_a : masse volumique de l'air à la température ambiante (kg/m³)
 g : accélération gravitationnelle (= 9,81 m/s²)

(Corrélation limitée à un diamètre de D = 20 m; ce qui correspond à un feu de surface de l'ordre de 320 m²). Cette remarque signifie que son utilisation pour des surfaces supérieures est majorante.

Le document INERIS Oméga 16 recommande également l'utilisation de la corrélation d'Heskestad pour l'estimation de la hauteur des flammes :

$$H = 0,166 \times (10^{-3} \times \alpha \times Qt)^{0,4}$$

avec	α :	fraction de la puissance thermique totale transférée par convection (> 60%)
	Qt :	Puissance thermique de l'incendie : $Qt = m'' \times S \times PCI$
	m'' :	débit massique surfacique de combustion ($kg/m^2.s$)
	S :	surface de combustible en feu (m^2)
	PCI :	chaleur de combustion (kJ/kg)

8.2.2.2. Rayonnement thermique à la surface des flammes

C'est un paramètre prépondérant pour le calcul de la propagation du rayonnement.

Les corrélations servant de base à l'estimation de l'émissivité des flammes proviennent notamment des données INERIS suivantes :

- Feux de nappe (octobre 2002),
- Développement d'une méthodologie d'évaluation des effets thermiques et toxiques des incendies d'entrepôts : spécificités des entrepôts au regard des incendies (2000),
- Développement d'une méthodologie d'évaluation des effets thermiques et toxiques des incendies d'entrepôts : comportement de structures soumises à un incendie – Premières réflexions (2001),
- Développement d'une méthodologie d'évaluation des effets thermiques et toxiques des incendies d'entrepôts : modélisation de l'incendie en milieu confiné (2001).

L'estimation sera effectuée selon la corrélation suivante :

$$\Phi_0 = \frac{\eta_r \cdot \phi_{comb}}{S_f} = \frac{\eta_r \cdot m'' \cdot A \cdot \Delta H_c}{S_f}$$

avec	Φ_0 :	pouvoir émissif de la flamme (kW/m^2)
	ϕ_{comb} :	puissance thermique libérée par la combustion (kW)
	S_f :	surface de la flamme (m^2)
	m'' :	débit de combustion (kg/s)
	η_r :	fraction radiative
	A :	surface enflammée (m^2)
	ΔH_c :	chaleur massique de combustion (kJ/kg)

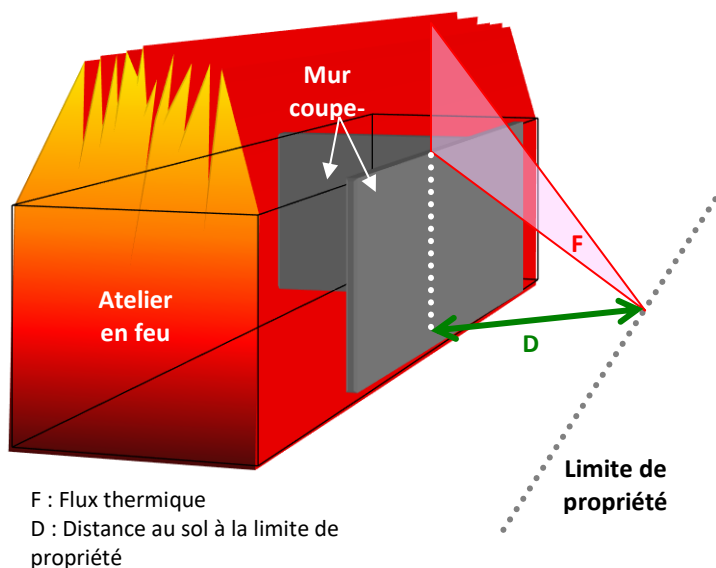
8.2.2.3. Transmission du rayonnement

Le rayonnement thermique émis est estimé d'après le modèle préconisé par le TNO "Heat radiation" (Ref: Chap 6 - Heat flux from fire).

Le calcul est effectué en phase stationnaire, avec une surface enflammée constante.

Une structure type mur coupe-feu permet de "masquer" les flammes et ainsi de limiter ce rayonnement.

Le schéma suivant illustre les effets d'un mur coupe-feu ou de tout autre système de "masquage" de la flamme :



Les flux thermiques reçus dépendent en grande partie de ce que l'on appelle le "facteur de forme" et également de la distance à la flamme. Ainsi, en étant "caché" derrière un mur coupe-feu par exemple, le flux reçu est alors beaucoup moindre, à distance égale de la flamme. Cet effet de "masquage" est également valable pour des structures type merlon, qui permettent de cacher la flamme.

8.2.2.4. Critères de rayonnement retenus

Effets sur l'homme	
Rayonnement thermique (kW/m ²)	Effets
8 (I = 1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s)	Limites du supportable pour personnes avec tenues ignifuges Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone de dangers très graves pour la vie humaine Limite du seuil SELs
5 (I = 1 000 (kW/m ²) ^{4/3} .s)	Limites du supportable pour personnes protégées en intervention rapide Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone de dangers graves pour la vie humaine Limite du seuil SEL
3 (I = 600 (kW/m ²) ^{4/3} .s)	Brûlures significatives Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone de dangers significatifs pour la vie humaine Limite du seuil SEI
1,5	Limites du supportable pour personnes non protégées

Les seuils 5 et 3 kW/m² sont ceux retenus pour définir les rayons de dangers.

Effets sur les structures

Rayonnement thermique (kW/m²)	Effets
200	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes
20	Nécessité d'un arrosage des réservoirs de stockage non isolés Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures bétons
16	Seuil d'exposition prolongé des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors bétons
12	Propagation improbable de l'incendie, si le refroidissement est suffisant (c'est-à-dire compense l'énergie reçue)
8	Seuil des effets domino et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures
5	Seuil de destruction des vitres significatives

8.3. Modélisation de la dispersion atmosphérique

8.3.1. Généralités

La dispersion atmosphérique d'un polluant est réalisée à l'aide du logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools) version 6.6 de DNV Risk Management Software.

Ce logiciel est aujourd'hui le logiciel commercial le plus fréquemment utilisé dans les modélisations des études des dangers. Les résultats de différentes simulations de scénarios accidentels réalisées par l'INERIS, montrent que les modèles implémentés dans le logiciel PHAST sont adaptés à la modélisation de la dispersion atmosphérique de gaz dans l'environnement.

Le terme source⁶ de la dispersion peut être soit calculé par un module spécifique du logiciel à partir des conditions de stockage et de la définition d'un scénario de fuite (à travers un orifice, une conduite ...), soit fourni directement par l'utilisateur au logiciel : user defined source.

Les calculs de dispersion atmosphérique enchaînent plusieurs modèles différents, en fonction des caractéristiques thermocinétiques du terme source et de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques du mélange air/produit :

- ❖ Tout d'abord le logiciel utilise un modèle intégral de type « jet libre turbulent » (horizontal, vertical ou incliné). Ce modèle permet de décrire la dispersion atmosphérique dans la zone proche du rejet lorsque son énergie cinétique et sa densité sont encore importantes. Le gradient de vitesse entre l'air ambiant et le jet induit une turbulence importante (formation de vortex) localisée principalement en bordure de nuage. Ceci provoque l'entraînement d'air atmosphérique à l'intérieur du jet. Ce phénomène a pour conséquence d'une part un ralentissement du jet par échange de quantité de mouvement, et d'autre part la diminution de la densité du panache. Lorsque la densité du jet tend vers la densité de l'air ambiant et la vitesse du jet vers la vitesse du vent, le gaz peut être considéré comme un gaz passif ;
- ❖ Le logiciel utilise ensuite soit :
 - un modèle de type « gaz lourd », qui permet de gérer la dispersion de gaz de type gaz lourd, notamment en prenant en compte l'interaction panache sol ;
 - un modèle de panache gaussien de type « gaz passif ».

8.3.2. Seuils des effets toxiques recherchés

Nous présentons ci-après les différents effets recherchés, ainsi que les seuils qui leur sont associés. D'une manière générale, en accord avec 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 et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations soumises à autorisation, il sera recherché les zones d'effets suivantes :

- ❖ la zone des effets irréversibles pour les individus exposés qui délimite la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ;
- ❖ la zone des premiers effets létaux, correspondant au décès potentiel de 1% des individus exposés qui délimite la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- ❖ la zone des effets létaux significatifs, correspondant au décès potentiel de 5% des individus exposés qui délimite la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».

⁶ (Débit à la brèche, fraction flashée, fraction rejetée sous forme d'aérosol ou liquide s'écoulant sur le sol et susceptible de se revaporiser,...).

8.3.3. Valeurs relatives aux seuils des effets toxiques

Dans le cas d'établissements stockant, employant ou produisant des substances toxiques et à partir des scénarios d'accidents retenus dans les études de dangers, l'exploitant définit des zones d'effets toxiques potentiels correspondant aux effets létaux significatifs (significativité fixée à 5%), aux effets létaux i.e., premiers décès (CL 1%) et aux premières atteintes irréversibles sur l'homme.

Les seuils des effets létaux significatifs (SELS), des premiers effets létaux (SEL) et des effets irréversibles (SEI) développés dans le cadre de la méthodologie française⁷, sont les valeurs de référence pour le calcul des zones d'effets d'une émission accidentelle de substance dangereuse dans les études de dangers des installations classées. Ces valeurs expriment la toxicité aiguë pour une période d'exposition de 1, 3, 10, 20, 30, et 60 minutes. Pour des durées d'exposition inférieures à la minute, les seuils définis pour 1 minute d'exposition sont utilisés par défaut.

Les seuils des effets réversibles (SER) et les seuils de perception (SP) ne sont pas des valeurs utilisées pour la détermination des zones d'effets d'une émission accidentelle de substance dangereuse. Ces deux types de valeurs peuvent être pris en compte, dans le cadre de situation d'urgence, pour déclencher des actions d'alerte ou de secours par les industriels et les pouvoirs publics.

L'arrêté du 29 septembre 2005 précise les notions de seuil des premiers effets létaux (SEL) et seuil des effets létaux significatifs (SELS).

Ainsi, la délimitation des zones d'effets significatifs sur la vie humaine, les seuils de référence sont :

- ❖ le seuil des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une CL 5% pour la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » ;
- ❖ le seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à une CL 1% pour la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- ❖ le seuil des effets irréversibles (SEI) pour la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ».

Les valeurs de seuils SEL et SEI de toxicité aiguë à considérer sont celles définies par l'INERIS et le MEDD (ancien MEDAD)⁸. Dans le cadre de la mise en place de la loi du 30 juillet 2003 relative au développement de PPRT (Plans de Prévention des Risques Technologiques) pour les installations classées, ces valeurs ont été complétées pour certaines substances dangereuses par celles du SELS correspondant à une CL 5%⁹.

Il faut noter qu'à ce jour les valeurs des seuils SELS ne sont pas disponibles pour le CO et le CO₂.

⁷ Seuils de toxicité aiguë – Méthodologie de détermination des seuils des effets létaux, des effets irréversibles, des effets réversibles et de perception. MEDD – novembre 2003.

⁸ Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère – Seuils de toxicité aiguë INERIS – septembre 2003

⁹ Détermination des Seuils d'Effets Létaux 5% (SEL₀₅) dans le cadre de la mise en place des PPRT. Rapport n°05DR040. INERIS – avril 2005.

8.3.4. Cas des mélanges

Les seuils d'effets développés au niveau français le sont pour des substances pures. Dans certaines conditions accidentelles, des mélanges de substances toxiques peuvent être émis dans l'atmosphère.

On peut distinguer quatre types d'interactions entre des substances en mélange :

- ❖ aucune interaction ;
- ❖ antagonisme ;
- ❖ synergie ;
- ❖ additivité.

Compte tenu de l'insuffisance des connaissances scientifiques sur la toxicité des mélanges, une règle d'additivité suivante doit être appliquée, par défaut, pour évaluer la toxicité de ces derniers lorsque les composés en mélange présentent les mêmes types d'effets toxiques (par exemple effets irritants sur les voies aériennes supérieures). L'application de cette méthode est donc spécifique et son utilisation doit être fondée et justifiée.

La méthode proposée est issue du document ISO/DIS 13344 intitulé « *Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents* » de 1996.

Dans le cas de produits dilués ou comportant plusieurs substances toxiques (fumées d'incendie par exemple), le seuil à retenir pour caractériser la toxicité du mélange n'est donc plus propre à un gaz pur mais à un mélange de gaz. Dans ce cas, si le mélange est composé de n gaz polluants ayant respectivement une concentration X_i et un seuil $Seuil_i$, un seuil « équivalent » $Seuil_{eq}$ peut être estimé au moyen de la relation suivante :

$$\frac{100}{Seuil_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{Seuil_i}$$

Cette expression permet de manière simplifiée, d'une part de prendre en compte la toxicité spécifique à chaque gaz polluant, et d'autre part de « sommer » leurs toxicités respectives (principe d'additivité des effets retenu dans les normes de toxicité les plus récentes).

Le seuil « équivalent » ainsi déterminé n'est valable que pour une durée d'exposition donnée. Ce calcul est à effectuer pour plusieurs durées d'exposition pour définir une nouvelle loi de type $C^n \cdot t = E$ (avec C = concentration et E = Exposition), en calculant notamment un nouvel exposant n pour le mélange si la courbe LogC-Logt est une droite.

Dans le cas contraire, il est nécessaire de calculer le seuil équivalent pour les durées d'exposition considérées (distances d'effets déterminées par rapport à un seuil équivalent de toxicité et non par rapport à une dose toxique).

Il est clair qu'une telle approche d'additivité des toxicités retenue faute de mieux, ne permet pas de prendre en compte tout effet de synergie ou d'antagonisme éventuel induit par la présence simultanée des différents polluants.

Nous considérons qu'un panache de fumées d'incendie se dispersant dans l'atmosphère est uniquement susceptible d'engendrer une zone d'effets irréversibles et pas de zone létale. Ceci n'est évidemment pas valide lorsque l'on s'intéresse aux effets d'un incendie à l'intérieur d'un bâtiment. En effet, dans cette situation, il est avéré que la grande majorité des décès sont dus aux effets toxiques des fumées.

8.3.5. Condition atmosphériques

Les calculs sont effectués généralement pour deux conditions météorologiques :

- *diffusion normale* (D, 5, 20) : atmosphère thermiquement neutre (classe D de Pasquill) et vent moyen (5 m/s). Cette situation est la plus fréquente, de jour comme de nuit. Elle représente des conditions moyennes du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures (ambiante et au sol) sont prises égales à 20°C ;
- *diffusion faible* (F, 3, 15) : atmosphère très stable (classe F de Pasquill) et vent faible (3 m/s). Cette situation peu fréquente n'est rencontrée que de nuit ou au petit matin. Elle est très pénalisante du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures (ambiante et au sol) sont prises égales à 15°C.

Les conditions atmosphériques F3 et D5, préconisées notamment par le MEDD (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable), permettent de couvrir les conditions respectivement défavorables et moyennes vis-à-vis de la dispersion atmosphérique.

L'humidité relative est prise égale à 70% ce qui est représentatif de la plupart des régions en France métropolitaine.

Pour mémoire, l'approche de Pasquill hiérarchise les conditions de stabilité de l'atmosphère en six classes :

- Classe A : très instable ;
- Classe B : instable ;
- Classe C : légèrement instable ;
- Classe D : neutre ;
- Classe E : stable ;
- Classe F : très stable.

Le tableau ci-dessous issu de la documentation du logiciel PHAST, permet de lier les conditions de stabilité atmosphérique à des paramètres météorologiques macroscopiques.

Vitesse du vent à une hauteur de 10 m	De jour avec un ensoleillement			De nuit avec une couverture nuageuse		Jour ou nuit
	Fort	Modéré	Léger	Faible < 40%	Modérée	
< 2	A	A-B	B	F	F	D
2 - 3	A-B	B	C	E	F	D
3 - 5	B	B-C	C	D	E	D
5 - 6	C	C-D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D

8.4. Evaluation des flux thermiques pour les produits pyrotechniques

Zones d'effets

Les correspondances des zones d'effets pyrotechniques et des seuils d'effets sont données dans le tableau suivant :

CORRESPONDANCE DES ZONES D'EFFET des arrêtés du 05 avril 2007 et du 29 septembre 2005					
Règle <u>Etablissement</u> <u>Pyrotechnique</u> Zone d'effet suivant arrêté du 05 avril 2007	Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
	Conséquences sur l'homme	Extrêmement graves (blessures mortelles dans plus de 50% des cas)	Très graves	Graves	Significatifs
	Dégâts prévisibles aux biens	Extrêmement graves	Importants et possibilité d'effets dominos	Graves	Légers
Règle ICPE Zone d'effet suivant arrêté du 29 septembre 2005	Désignation de la zone	$\geq 16\text{kW/m}^2$	SELS (8kW/m ²)	SEL (5kW/m ²)	SEI (3kW/m ²)
	Effets sur l'homme	Effets letaux significatifs		Effets letaux	Effets irréversibles
	Effets sur les structures	Dégâts très graves	Dégâts graves Effets dominos	Destructions de vitres	/

Les distances réglementaires pyrotechniques sont définies dans l'arrêté du 5 avril 2007 et la circulaire du 20 avril 2007 et reprises dans la circulaire du 10 mai 2010.

Les formules de calculs des zones d'effets pyrotechniques sont les suivantes :

Etendue des zones d'effets en terrain nu pour une matière 1.3b (suivant arrêté du 05 avril 2007)				
Désignation de la zone	Z1	Z2 (SELS)	Z3 (SEL)	Z4 (SEI)
Distance R à la charge de masse Q	$0 < R_1 \leq 1,5 Q^{1/3}$	$< R_2 \leq 2 Q^{1/3}$	$< R_3 \leq 2,5 Q^{1/3}$	$< R_4 \leq 3.25 Q^{1/3}$

Déclassement des zones

Le Guide de Bonnes pratique en Pyrotechnie du SFEPA (mai 2015) permet de définir les modes de calcul qui peuvent être appliqués.

Pour les compositions chauffantes, dont la masse active est inférieure à 1500 kg (ce qui est le cas dans pour chaque salle considérée), alors il est possible de déclasser la zone d'effet comme suit : "Zi devient Zi +2 derrière l'écran".

9. ETUDE DES EFFETS DES PHENOMENES DANGEREUX

9.1. PHD S1 - Incendie dans la salle 1

9.1.1. Protection prise en compte

La salle de stockage est entourée de murs, porte et plafond coupe feu. → Zi = Zi + 2

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	12,7 m	16,9 m	21,1 m	27,4 m
Zone de danger avec protection	/	/	12,7 m*	16,9 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

9.1.2. Tracé des rayons

Voir annexe : S1.

9.2. PHD S2 - Incendie dans la salle 2

Protection prise en compte pour les turbulas à deux pots

La salle 2 est entourée de murs, porte et plafond coupe feu 2 h. → Zi = Zi+2

L'armoire turbulas sera entièrement recouverte de panneau CF → Zi=Zi+2.

Avec ces 2 niveaux de protection, il n'y aurait aucun effet à prévoir à l'extérieur de la salle 2.

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	4,6 m	6,1 m	7,6 m	9,9 m
Zone de danger avec protection armoire turbulas	/	/	4,6 m*	6.1m*
Zone de danger avec les 2 niveaux de protection	/	/	/	/

Protection prise en compte pour la turbula avec un pot

La salle 2 est entourée de murs, porte et plafond coupe feu 2 h. → $Z_i = Z_{i+2}$

La turbula n'est pas enfermée dans une armoire recouverte de panneau CF.

Il n'y a pas de second niveau de protection.

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	2,9 m	3,8 m	4,8 m	6,2 m
Zone de danger avec protection armoire turbulas	/	/	2,9 m*	3,8 m*

Tracé des rayons

Voir annexe : S2.

9.2.1.2. Effets toxiques des fumées

Les produits dégagés par les fumées ne sont pas toxiques et ne disposent pas de valeurs seuil de toxicité aigüe par inhalation selon le MEDD.

9.3. PHD S3 - Incendie dans la salle 3

Protection prise en compte

La salle de stockage est entourée de murs, porte et plafond coupe feu. → $Z_i = Z_{i+2}$

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	12,7 m	16,9 m	21,1 m	27,4 m
Zone de danger avec protection	/	/	12,7 m*	16,9 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Les flux de rayonnement sortant n'excéderait pas 8 kW/m², il n'y a pas d'effet domino possible.

Tracé des rayons

Voir annexe : S3.

9.4. PHD S4 - Incendie dans la salle 4

Produit : Solides Combustibles
 H flamme : 2,6 m
 E flamme : 24,9 kW/m²

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	5,00	5,00
H protection (m)	5,00	5,00

Distance (m)		
Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA
16	NA	NA
12	NA	NA
8	NA	NA
5	NA	NA
3	NA	NA

Les murs coupe-feu 1h du local empêchent toute manifestation d'effet thermique en dehors du local. Aucun effet domino n'est possible. En cas d'incendie, le feu sera contenu dans le local.

9.5. PHD S5 - Incendie dans la salle 5

Produit : Solides Combustibles
 H flamme : 1,9 m
 E flamme : 28,5 kW/m²

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	2,10	2,80
H protection (m)	5,00	5,00

Distance (m)		
Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA
16	NA	NA
12	NA	NA
8	NA	NA
5	NA	NA
3	NA	NA

Les murs coupe-feu 2h du local empêchent toute manifestation d'effet thermique en dehors du local. Aucun effet domino n'est possible. En cas d'incendie, le feu sera contenu dans le local.

9.6. PHD S6 – Incendie dans la salle 6

Produit : Solides Combustibles
 H flamme : 6,0 m
 E flamme : 16,4 kW/m²

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	9,00	7,00

Distance (m)		
Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA
16	NA	NA
12	NA	NA
8	<5	<5
5	5	5
3	8	7

Tracé des rayons

Voir en annexe : S6.

9.7. PHD S7 - Incendie dans la salle 7

Protection prise en compte

La salle de stockage est entourée de murs, porte et plafond coupe feu. → Zi = Zi+2

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	5,5 m	7,4 m	9,2 m	12 m
Zone de danger avec protection	/	/	5,5 m*	7,4 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S7.

9.8. PHD S8, S9 et S10 – Incendie dans les salles 8 à 10

9.8.1. PHD S8 - Incendie dans salle 8

Protection prise en compte

La salle est entourée de cloisons en polyuréthane et laine de roche.

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	8,8 m	11,7 m	14,6 m	19 m
Zone de danger avec protection	/	/	8,8 m*	11,7 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S8.

9.8.2. PHD S9 - Incendie dans la salle 9

Protection prise en compte

La salle est entourée de cloisons en polyuréthane et laine de roche.

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	11,1 m	14,9 m	18,6 m	24,1 m
Zone de danger avec protection	/	/	11,1 m*	14,9 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S9.

9.8.3. PHD S10 - Incendie dans salle 10

Protection prise en compte

La salle est entourée de cloisons en polyuréthane et laine de roche.

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	8,8 m	11,7 m	14,6 m	19 m
Zone de danger avec protection	/	/	8,8 m*	11,7 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S10.

9.9. PHD S12 – Incendie de la salle 12

Produit : Mélange liquide
 H flamme : 10,9 m
 E flamme : 30,8 kW/m²

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	15,00	7,00

Distance (m)		
Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA
16	5	NA
12	6	5
8	9	6
5	14	9
3	19	13

Le tracé des rayons de dangers montre que le seuil de propagation des effets dominos (correspondant au tracé du SELS) ne touche pas de de salles qui ne soient déjà comprises dans le phénomène d'origine. Aucune propagation de l'incendie n'est possible par effet domino.

Tracé des rayons

Voir annexe : S12.

9.10. PHD S13 à S15 – Incendie dans les salles 13 à 15

Produit : Solides Combustibles
 H flamme : 3,0 m
 E flamme : 34,7 kW/m²

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	9,00	7,00
H protection (m)	5,00	5,00

Distance (m)		
Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA
16	NA	NA
12	NA	NA
8	NA	NA
5	NA	NA
3	NA	NA

9.10.1.PHD S13 - Incendie dans salle 13

Protection prise en compte

La salle est entourée de murs, porte et plafond coupe feu.
 → Zi = Zi+2

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	8,9 m	11,9 m	14,9 m	19,3 m
Zone de danger avec protection	/	/	8,9 m*	11,9 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S13.

9.10.2.PHD S14 - Incendie dans salle 14

Protection prise en compte

La salle est entourée de murs, porte et plafond coupe feu.

$$\rightarrow Z_i = Z_{i+2}$$

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	8,8 m	11,8 m	14,7 m	19,2 m
Zone de danger avec protection	/	/	8,8 m*	11,8 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S14.

9.10.3.PHD S15 - Incendie dans salle 15

Protection prise en compte

La salle est entourée de murs, porte et plafond coupe feu.

$$\rightarrow Z_i = Z_{i+2}$$

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4
Distance brute (terrain nu)	11,1 m	14,7 m	18,4 m	23,9 m
Zone de danger avec protection	/	/	11,1 m*	14,7 m*

* Zone Non Dangereuse dès le franchissement d'un mur coupe feu supplémentaire.

Tracé des rayons

Voir annexe : S15.

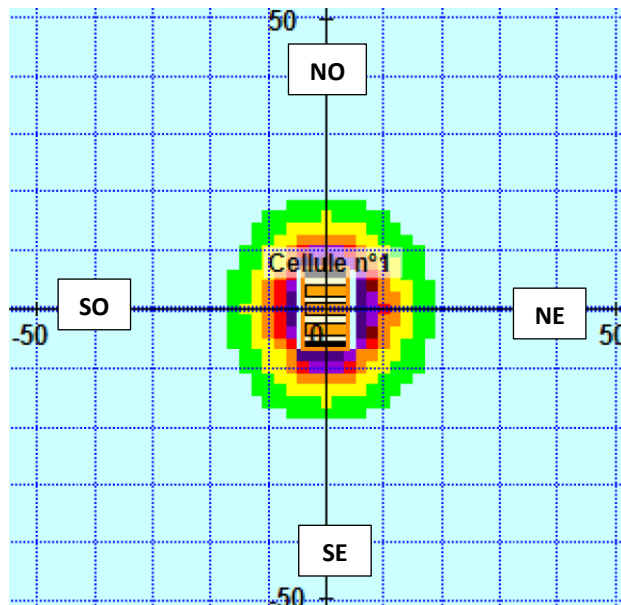
9.11. PHD MAG1 – Incendie de la salle MAG1

Les résultats de la modélisation sont donnés ci-dessous. Celle-ci se limite à la zone de stock à l'intérieur du bâtiment.

Produit : Matières premières

	Côté NE	Côté SO	Petit Côté
Longueur (m)	15	15	8

Distance (m)			
Rayonnement (kW/m ²)	Côté NE (milieu)	Côté SO (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA	NA
16	5	NA	NA
12	7	5	5
8	9	7	6
5	11	11	11
3	15	14	12



Tracé des rayons

Voir annexe : MAG1.

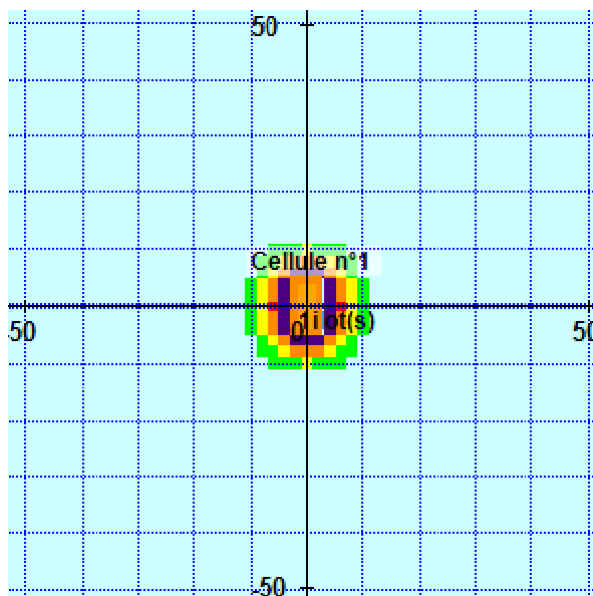
9.12. PHD MAG2 – Incendie de la salle MAG2

Les résultats de la modélisation sont donnés ci-dessous.

Produit : Matières premières

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	10	5

Distance (m)		
Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	<5	<5
16	<5	<5
12	<5	<5
8	5	5
5	6	6
3	8	6



Tracé des rayons

Voir annexe : MAG2.

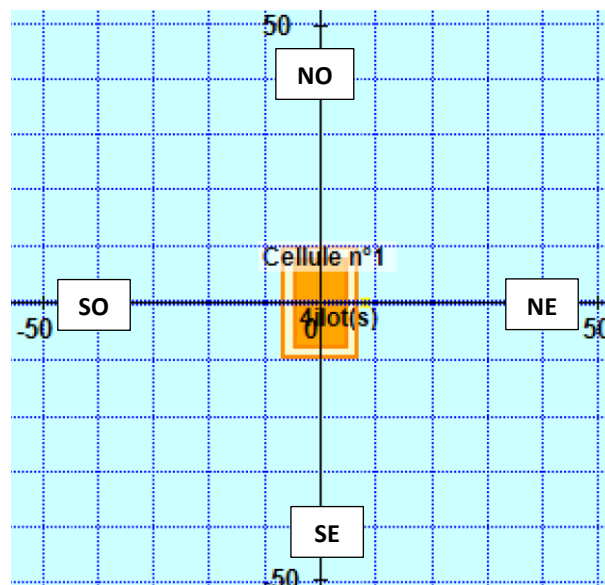
9.13. PHD MAG3 - Incendie de la salle MAG3

Les résultats de la modélisation sont donnés ci-dessous.

Produit : Matières premières

	Côté NE	Côté SO	Petit Côté
Longueur (m)	20	20	13

Distance (m)			
Rayonnement (kW/m ²)	Côté NE (milieu)	Côté SO (milieu)	Petit Côté (milieu)
20	NA	NA	NA
16	NA	NA	NA
12	NA	NA	NA
8	NA	NA	NA
5	5	NA	NA
3	5	NA	NA



Tracé des rayons

Voir annexe : MAG3.

Effets liés à la toxicité des fumées

Les produits

Ces produits constituent près de 92 % du tonnage des produits chimiques entreposés.

Comportement lors d'un incendie

Les produits présentent des points de fusion élevés.

Ces produits ne sont pas stockés en mélange avec de produits combustibles en grande quantité.

Ils sont relativement éloignés des archives stockées dans un local dédié, séparé du stockage des produits minéraux par un mur en maçonnerie.

Ces produits minéraux ne seraient de ce fait pas au cœur du foyer si le bâtiment (essentiellement la zone archives) venait à brûler.

Ces produits combustibles représentent une masse relativement importante.

L'ensemble présenterait une inertie thermique importante.

Ils ne seraient pas exposés à des températures élevées, très probablement restant inférieures à leurs points de fusion.

Une fusion partielle des produits présentant les températures de fusion les plus basses serait néanmoins possible, ce qui ne représente pas un risque en dehors du bâtiment. Le produit fondu resterait à l'intérieur de l'emballage lorsqu'il s'agit de fûts métalliques.

Même une fois fondus, les pressions de vapeur de ces composés restent absolument marginales.

Suivant les résultats d'analyses de sinistres ayant impliqué des produits minéraux incombustibles, l'INERIS a conclu que la quasi-totalité » de ces produits (métaux et oxydes métalliques) se retrouve à l'issue du sinistre, c'est à dire que ces produits ne participent pas à la combustion et ne sont pas entraînés dans les fumées

« Ainsi, pour la plupart des métaux concernés, il y a de grandes chances de retrouver ceux-ci piégés sous la forme d'oxydes ou de sels dans les résidus solides laissés par le feu. »

[INERIS – Omega16 - Toxicité et dispersion des fumées d'incendie. Phénoménologie et modélisation des effets – mars 2005].

Dans cette étude, il était noté que le cadmium et le mercure peuvent émettre des vapeurs ou aérosols en cas d'incendie. Ces métaux ne sont pas stockés par ASB.

Suivant ces constatations, seuls les produits bons combustibles présents dans le magasin seraient à l'origine des émissions de fumées.

Ces fumées seraient essentiellement constituées de CO₂, CO et vapeurs d'eau. Elles ne présenteraient aucun caractère toxique spécifique.

Par ailleurs, dans le cas où le sinistre ne serait pas rapidement maîtrisé, le panache des fumées contiendrait suffisamment d'énergie pour s'élever à grande hauteur au-dessus du bâtiment, sans possibilité de retombées du panache à proximité du bâtiment.

Ce comportement du panache assure une grande dilution de celui-ci avant qu'un retour vers le sol, en général à grande distance du sinistre ne puisse s'observer. A ce moment, le panache est très fortement dilué et ne peut présenter le moindre effet toxique.

9.14. PHD S16 - Incendie des boîtes à gant

Les résultats de la modélisation sont donnés ci-dessous.

Produit : Solides Combustibles
H flamme : 3,0 m
E flamme : 46,1 kW/m²

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	3,00	1,00

Distance (m)

Rayonnement (kW/m ²)	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
8	NA	NA
5	5	NA
3	6	5

Tracé des rayons

Voir annexe : S16.

9.15. PHD GZ – Explosion de la salle GZ

9.15.1. Surpression de l'explosion

Le logiciel Winvent est utilisé afin d'estimer la surpression maxi possible.

La surpression maximale due à l'explosion serait dans ce cas d'environ 400 mbar.

La surpression ne pourrait pas suffisamment s'échapper par les surfaces fragiles (surfaces trop faibles).

Les murs seraient endommagés.

9.15.2.Évolution des surpressions

L'évolution des surpressions à l'extérieur du local est calculée à l'aide de la méthode "Multi-Énergie".

Par analogie avec une explosion de gaz en milieu non confiné, l'indice de sévérité pour l'application de la méthode "Multi-Énergie" serait de 6 (surpression maximale de 500 mbar).

Ce qui donne l'évolution de la surpression à l'extérieur des locaux en fonction de la distance suivante :

Seuils de surpression	Distance atteinte (m)
300 mbar	12
200 mbar SELS	19
140 mbar SPEL	27
50 mbar SEI	70
20 mbar BV	140

Les distances sont comptées à partir des limites du local

Le local serait fortement endommagé.

Il n'y a toutefois aucun potentiel calorifique à l'intérieur du bâtiment principal, dans la zone mitoyenne (zone de passage).

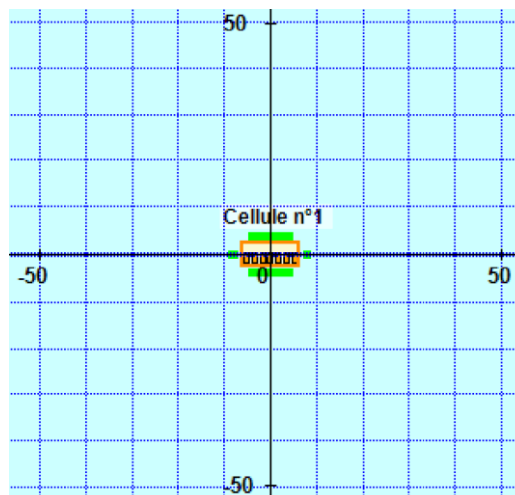
9.16. PHD WAS - Incendie de la salle WAS

Les résultats de la modélisation sont donnés ci-dessous.

Produit : Matières premières

	Grand Côté	Petit Côté
Longueur (m)	12,5	5

Rayonnement (kW/m ²)	Distance (m)	
	Grand Côté (milieu)	Petit Côté (milieu)
5	NA	NA
3	5	5



Tracé des rayons

Voir annexe : WAS.

9.17. Cinétique et effets dominos des phénomènes dangereux

Les phénomènes dangereux de type incendie sont à cinétique rapide en particulier l'incendie des produits pyrotechniques qui présentent une cinétique extrêmement rapide (de l'ordre de quelques minutes).

Dans le cas des incendies de magasins, le développement d'un incendie généralisé prendrait plusieurs minutes pour atteindre un régime permanent.

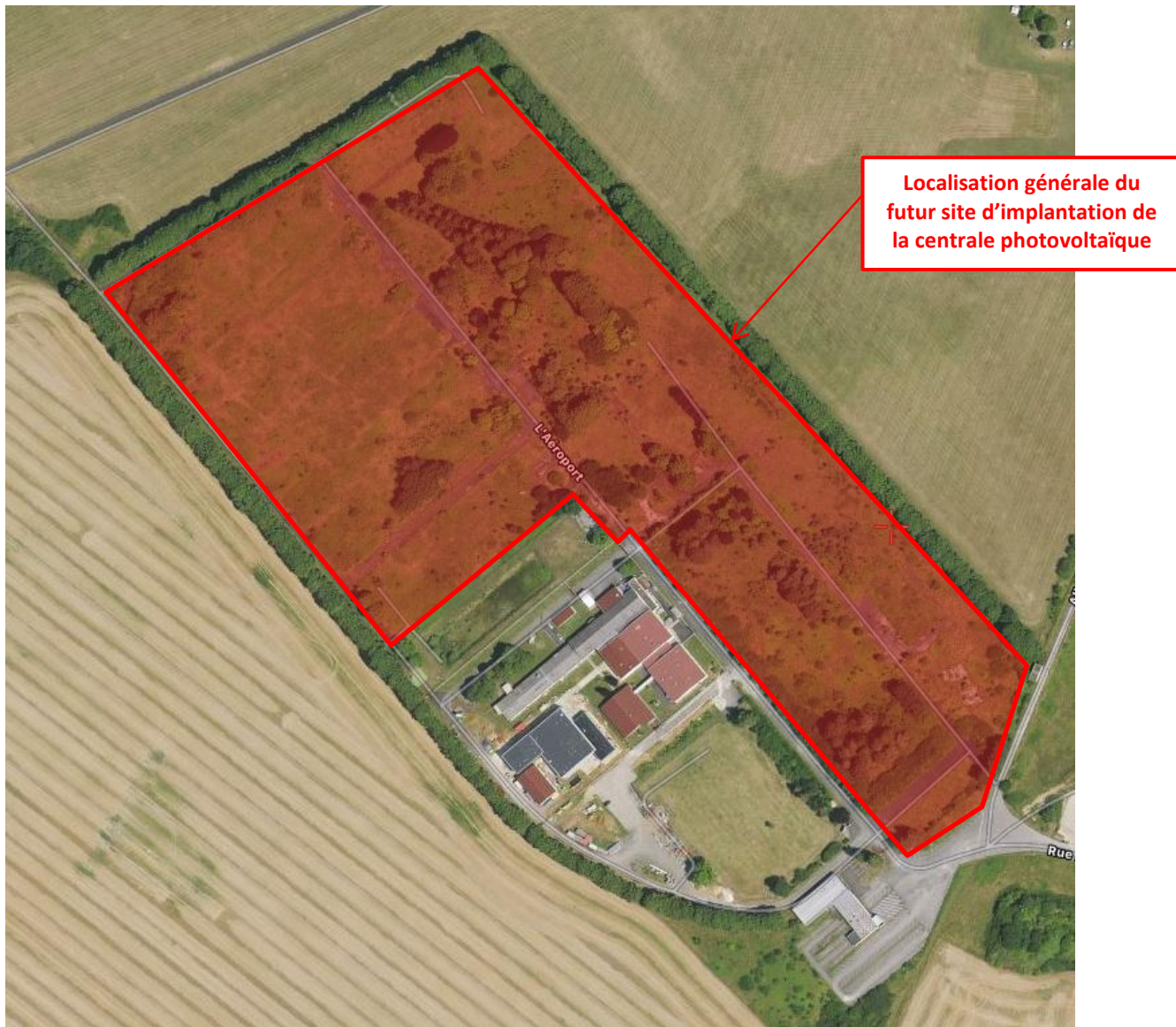
Le démarrage d'un incendie dans une des salles sèches est un phénomène qui laisserait le temps au personnel d'évacuer (sirène d'évacuation). Le POI présente les plans d'évacuation au chapitre 2, par ailleurs le nombre de personnes présentes en salle est strictement limité de façon à permettre une évacuation immédiate des salles sèches.

Dans le cas d'un incendie d'un faible stock dans une salle sèche, la consigne est de ne pas intervenir. L'incendie présente une cinétique telle qu'il ne permet pas de mettre en place une intervention immédiate.

L'intervention, consiste par la suite à réduire, dans le cas d'une éventuelle propagation, la progression de l'incendie.

Effets dominos sur l'extérieur du site

Le projet de construction d'une future centrale photovoltaïque, prévu pour la 4^{ème} trimestre 2019, peut être concerné par les rayons de dangers modélisés dans le PhD GZ.



Une portion d'environ 50 m² se situant de l'autre côté de la voirie peut être touchée par des effets de surpression supérieurs ou égal à 200 mbar.

L'image suivante est extraite de la modélisation du S20 pour visualiser la zone concernée. Il s'agit d'une bande longeant les potentielles limites de la future centrale photovoltaïque et s'enfonçant à l'intérieur sur environ 2 m.



Il convient toutefois de rappeler qu'une centrale photovoltaïque est un lieu présentant un taux d'occupation très faible, et que les panneaux solaires (constitués d'une plaque de protection transparente scellée sur un panneau en acier) ne sont pas sensibles à des effets de surpression.

De plus, ces panneaux ne présentent aucune possibilité de développement d'effet domino de type incendie.

10. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

10.1. Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines

L'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations est donnée par l'arrêté du 29 septembre 2005 :

Valeur de la gravité G/personne	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 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	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
Modérée	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.

10.2. Estimation du nombre de personnes dans les zones susceptibles d'être touchées

Les prescriptions de la circulaire du 28 décembre 2006 relative à la mise à disposition du guide d'élaboration et de lecture des études de dangers pour les établissements soumis à autorisation avec servitudes sont appliquées pour le comptage des tiers susceptibles d'être impactés.

Voir les tracés des rayons de dangers donnés en annexe.

Terrains agricoles

Selon la circulaire du 10 mai 2010, la règle de comptage pour les « terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) » est de compter une personne par tranche de 100 ha.

Routes

Le site d'ASB est situé sur une ancienne zone industrielle dont le périmètre est entièrement clôturé.

Les routes de cette zone exclusivement sont fréquentées par le personnel d'ASB.

Le comptage pour les voies de circulation autour du site d'ASB est de 0.

10.3. Détermination des classes de gravité

Deux PhD peuvent présenter des rayons de dangers sortant du site.

PhD S9

			Très graves	Graves	Significatifs
S9	Cibles atteintes	Thermiques	Compris à l'intérieur du site	Compris à l'intérieur du site	PhD très légèrement sortant (d'environ 1 m)
	Nombre de personnes dans la zone	Thermiques	0 p	0 p	≤ 1 p
	Classe de gravité		Modéré		

(1) Bande touchée de 1 m de large. Correspond au fossé de la voie bordant le site d'ASB

PhD GZ :

			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
GZ	Cibles atteintes	Surpression	Friche boisée	Friche boisée	Friche boisée
	Nombre de personnes dans la zone	Surpression	1 personne	- (1 personne déjà comptée dans les effets létaux significatifs)	- (1 personne déjà comptée dans les effets létaux significatifs)
	Classe de gravité		Important		

10.4. Récapitulation des phénomènes dangereux

Les modélisations relatives aux matériaux pyrotechniques apparaissent en bleu.

10.4.1. Phénomènes sans effets sortants

Indice PhD	Type d'effet	Z1	d SELs (m) = Z2	d SPEL (m) = Z3	d SEI (m) = Z4	Taux de fréquence	Gravité
S1	Rayonnement	12,7	16,9	21,1	27,4	<10 ⁻⁴	-
		Int*	Int*	12,7	16,9		
S2	Rayonnement	2,9	3,8	4,8	6,2	<10 ⁻⁴	-
		Int*	Int*	2,9	3,8		
S3	Rayonnement	12,7	16,9	21,1	27,4	<10 ⁻⁴	-
		Int*	Int*	12,7	16,9		
S4	Rayonnement	-	NA	NA	NA	<10 ⁻³	-
			NA	NA	NA		
S5	Rayonnement	-	NA	NA	NA	<10 ⁻⁴	-
			NA	NA	NA		
S6	Rayonnement	-	<5	5	8	<10 ⁻⁴	-
			<5	5	7		-
S7	Rayonnement	5,5	7,4	9,2	12	<10 ⁻⁴	-
		Int*	Int*	5,5	7,4		-
S8	Rayonnement	8,8	11,7	14,6	19	<10 ⁻²	-
		Int*	Int*	8,8	11,7		
S10	Rayonnement	8,8	11,7	14,6	19	<10 ⁻²	-
		Int*	Int*	8,8	11,7		
S12	Rayonnement	-	9	14	19	-	-
			6	9	13		-
S13	Rayonnement	8,9	11,9	14,9	19,3	<10 ⁻²	-
		Int*	Int*	8,9	11,9		
S14	Rayonnement	8,8	11,8	14,7	19,2	<10 ⁻²	-
		Int*	Int*	8,8	11,8		
S15	Rayonnement	11,1	14,7	18,4	23,9	<10 ⁻²	-
		Int*	Int*	11,1	14,7		

Indice PhD	Type d'effet	Z1	d SELs (m) = Z2	d SPEL (m) = Z3	d SEI (m) = Z4	Taux de fréquence	Gravité
MAG1	Rayonnement	-	NE 9	11	15	<10 ⁻²	-
			SO 7	11	14		-
			6	11	12		-
MAG2	Rayonnement	-	5	6	8	<10 ⁻³	-
			5	6	6		-
WAS	Rayonnement	-	NA	NA	5	<10 ⁻³	-
			NA	NA	5		-
MAG3	Rayonnement	-	NE NA	5	5	<10 ⁻²	-
			SO NA	NA	NA		-
			NA	NA	NA		-
S16	Rayonnement	-	NA	5	6	-	-
			NA	NA	5		-

Les distances seront arrondies au mètre supérieur pour les modélisations non-pyrotechniques.

Int* : Les effets sont contenus à l'intérieur du local considéré

10.4.2. Phénomènes avec effets sortants

Indice PhD	Type d'effet	d SELs (m)	d SPEL (m)	d SEI (m)	BV (m)	Taux de fréquence	Gravité
S9	Rayonnement	11,1	14,9	18,6	24,1	<10 ⁻²	Modéré
		Int*	Int*	11,1	14,9		
GZ	Suppression	19	27	70	140	<10 ⁻⁵	Important

10.5. Cotation des phénomènes dangereux sur la grille de criticité

			Probabilité				
			E	D	C	B	A
			Evénement possible mais extrêmement peu probable	Evénement très improbable	Evénement improbable	Evénement probable	Evénement courant
Gravité			$P < 10^{-5}$	$10^{-5} \leq P < 10^{-4}$	$10^{-4} \leq P < 10^{-3}$	$10^{-3} \leq P < 10^{-2}$	$10^{-2} < P$
5	Désastreux	10p < SELs 100p < SEL 1000p < SEI					
4	Catastrophique	1p < SELs ≤ 10p 10p < SPEL ≤ 100p 100p < SEI ≤ 1000p					
3	Important	SELs ≤ 1p 1p < SPEL ≤ 10p 10p < SEI ≤ 100p	GZ				
2	Sérieux	SELs sur site SPEL ≤ 1p 1p < SEI ≤ 10p					
1	Modéré	SELs sur site SPEL sur site SEI ≤ 1p				S9	

Deux PhD sont cotés sur la grille critique.

La proximité rend inévitable la sortie des rayons de danger Du PhD GZ. En application de la règle de comptage de la circulaire du 10 mai 2010, le PhD GZ ressort coté en (D, Important).

Ce résultat met en évidence une bonne maîtrise des risques obtenue en particulier par la ségrégation des produits et une stricte limitation des quantités maximales présentes dans les salles sèches et les magasins de stockage.