

7.4 SÉLECTION DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

Le tableau suivant précise la liste des phénomènes dangereux retenus comme susceptibles, en l'absence de maîtrise, d'atteindre les enjeux extérieurs de l'établissement directement ou par effets dominos, c'est-à-dire de conduire à un accident majeur caractérisé par des effets létaux ou des effets irréversibles à l'extérieur du site.

Type	N° phd	Phénomène dangereux
Incendie	A	Incendie du stockage chai RC
Incendie	B1	Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec tenue des murs
Incendie	B2	Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 sans tenue des murs ouest sud et est
Incendie	C1	Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 avec tenue des murs
Incendie	C2	Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 sans tenue des murs ouest nord et est
Incendie	D	Incendie du chai nouveau n° 5
Incendie	E	Incendie du chai nouveau n° 6
Incendie	F	Incendie du chai nouveau n° 7
Explosion	G	Explosion du plus grand compartiment d'un camion-citerne
Explosion	H	Explosion de bac atmosphérique
Explosion	I	Pressurisation de bac pris dans un incendie
Explosion	J	Explosion ATEX dans un stockage d'alcool hors zone 0
Incendie	K	Incendie de l'atelier

Tableau 44 : Phénomènes dangereux retenus

Les phénomènes dangereux J d'explosion de vapeurs de type ATEX hors zone 0 et K d'incendie de l'atelier sont non susceptibles d'engendrer de tels effets à l'extérieur du site et sont écartés.

A noter que la présence d'événements convenablement dimensionnés sur les cuves de stockage d'alcools rendra physiquement impossible le phénomène I de pressurisation de bac pris dans un incendie.

8. ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

8.1 PRÉSENTATION DES SEUILS RÉGLEMENTAIRES

Les valeurs de référence pour les installations classées sont données par l'Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation. Elles sont reprises ci-dessous.

8.1.1 VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES EFFETS THERMIQUES

Pour les effets sur les structures :

- 5 kW/m², seuil des destructions de vitres significatives,
- 8 kW/m², seuil des effets domino (1) et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures ;
- 16 kW/m², seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton ;
- 20 kW/m², seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton ;
- 200 kW/m², seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

Pour les effets sur l'homme :

- 3 kW/m² ou 600 [(kW/m²)^{4/3}]. s, seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ;
- 5 kW/m² ou 1 000 [(kW/m²)^{4/3}]. s, seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- 8 kW/m² ou 1 800 [(kW/m²)^{4/3}]. s, seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».

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

8.1.2 VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES EFFETS DE SURPRESSION

Pour les effets sur les structures :

- 20 hPa ou mbar, seuil des destructions significatives de vitres (1) ;
- 50 hPa ou mbar, seuil des dégâts légers sur les structures ;
- 140 hPa ou mbar, seuil des dégâts graves sur les structures ;
- 200 hPa ou mbar, seuil des effets domino (2) ;
- 300 hPa ou mbar, seuil des dégâts très graves sur les structures.

Pour les effets sur l'homme :

- 20 mbar, seuils des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme (1) ;
- 50 mbar, seuils des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ;
- 140 mbar, seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- 200 ou mbar, seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».

(1) Compte tenu des dispersions de modélisation pour les faibles surpressions, il peut être adopté pour la surpression de 20 mbar une distance d'effets égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

(2) Seuil à partir duquel les effets domino doivent être examinés. Une modulation est possible en fonction des matériaux et structures concernés.

8.2 PRÉSENTATION DES MODÈLES UTILISÉS

8.2.1 POUR LES FEUX DE RÉTENTION DES CUVES D'ALCOOLS ET DES CHAIS

Les flux thermiques des phénomènes impliquant de l'alcool sont obtenus selon les hypothèses de la feuille de calcul du Groupe de Travail sur les Dépôts de Liquides Inflammables et du document « Modélisation des effets thermiques dus à un feu de nappe d'hydrocarbures liquides » annexés à la Circulaire DPPR/SEI2/AL — 06 — 357 du 31 janvier 2007 relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables. Le GTDLI est un groupe de travail piloté par la DRIRE Île-de-France et constitué :

- des pouvoirs publics : Ministère du Développement Durable (dont BARPI), DRIRE (s), STIIC, DDSC ;
- des représentants de la profession (UFIP, USI, UNGDA) et du GESIP ;
- d'experts (INERIS, TECHNIP).

Les formules de calculs utilisées sont présentées en annexes de la présente étude.

Ces éléments sont en partie repris dans le rapport d'étude OMÉGA 2 — Modélisations de feux industriels de l'INERIS du 14 mars 2014.

Ces formules sont reprises également dans le logiciel FLUMILOG, initialement conçu pour la modélisation des flux thermiques générés en cas d'incendie de matières combustibles. Ce logiciel a été élaboré en association de tous les acteurs de la logistique et des trois centres techniques — INERIS, CTICM et CNPP — auxquels sont venus ensuite s'associer l'IRSN et Efectis France.

L'outil a été construit sur la base d'une confrontation des différentes méthodes utilisées par ces centres techniques complétée par des essais à moyenne et d'un essai à grande échelle. Cette méthode prend en compte les paramètres prépondérants dans la construction des entrepôts afin de représenter au mieux la réalité. Il intègre un module spécifique pour les liquides inflammables, dont l'éthanol.

Pour les chais 1,2, 3 et 4, compte tenu de leur positionnement et de leur dépendance, des modélisations 3D ont été réalisées par la société GANTHA SAS pour déterminer les effets en cas d'incendie généralisé puis pour définir la hauteur d'acrotère nécessaire pour rendre indépendants les chais 2 à 4.

Pour une meilleure approche de la réalité de la flamme, les phénomènes physiques suivants sont pris en compte :

- la combustion de l'éthanol ;
- le rayonnement thermique de la flamme ;
- la turbulence.

Ainsi la flamme est calculée directement sans l'utilisation des formules empiriques de la flamme solide. Les modélisations vont prendre en compte la combustion de l'éthanol (70 %) avec l'air.

Le modèle de combustion employé a été validé sur les configurations :

- des essais laboratoires de diamètre 0,30 m,
- des essais à l'échelle réelle de tonneaux.

Ces essais ont été faits en collaboration avec le BNIC pour la caractérisation des feux d'alcool. Le rapport de la société GANTHA est joint en annexe.

8.3 QUANTIFICATION DES PHÉNOMÈNES D'INCENDIE

8.3.1 HYPOTHÈSES DE MODÉLISATION

8.3.1.1 FLUMILOG

Les hypothèses suivantes sont retenues pour les modélisations :

- prise en compte des murs coupe-feu lorsqu'ils existent ;
- la surface en feu retenue équivaut à la surface totale de la nappe susceptible de se former, soit la surface du local ;
- les autres mesures de protection de type dispositifs manuels d'extinction ne sont pas pris en compte ;
- la cible est située à 1,8 m pour les effets à sur l'homme et 7,5 m soit la hauteur de toiture pour les effets dominos pour les nouveaux chais ;
- les locaux ayant des formes simples ont pu être modélisés dans leur dimension réelle ;
- les ouvertures situées côte à côte ont été modélisées comme des ouvertures uniques de surface équivalente ;
- les chais n° 1 et 2 et n° 3 et 4 étant similaires, une seule modélisation a été réalisée pour ces structures.

8.3.1.2 GANTHA

Les hypothèses de calculs utilisées sont les suivantes :

- on suppose que tout le stockage de produit liquide est à terre et que le feu de nappe d'éthanol se produit sur la surface totale de la cellule considérée ;
- le calcul du débit de combustion est basé sur le degré d'alcool stocké (70°) ;
- la toiture de la partie de l'entrepôt en feu est supposée ruinée lors de l'incendie.

8.3.2 DONNÉES D'ENTRÉE DES MODÉLISATIONS

Les caractéristiques des structures retenues pour les modélisations sont les suivantes.

Structure	Longueur (m)	Largeur (m)	Surface de modélisation (m ²)	Hauteur Sous ferme (m)	
A – Incendie du chai RC	Cellule 1	5,5 m	2,8 m	15,3 m ²	4,9 m
	Cellule 2	9,5 m	8,5 m	82,1 m ²	4,9 m
B – Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2	22,9 m	25,8 m	591 m ²	6,3 m	
C — Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4	22,9 m	25,8 m	591 m ²	6,3 m	
D — Incendie du chai nouveau n° 5	25 m	11,96 m	299 m ²	7,5 m	
E — Incendie du chai nouveau n° 6	25 m	11,96 m	299 m ²	7,5 m	
F — Incendie du chai nouveau n° 7	25 m	11,96 m	299 m ²	7,5 m	

Tableau 45 : Données d'entrée des modélisations

Caractéristique de la combustion de la nappe d'alcool :

Dans le cadre des modélisations réalisées par GANTHA, les caractéristiques de combustion suivantes ont été retenues :

Cellule	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface réelle (m ²)	Débit massique de combustion (kg/s)	Débit massique de combustion par unité de surface (g/s/m ²)
Chais n° 1 et n° 2	25,8	22,9 m	591 m ²	17	28,7

Tableau 46 : Caractéristiques de combustion de la nappe

8.3.3 RÉSULTATS DES MODÉLISATIONS

8.3.3.1 EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME

Le tableau suivant synthétise les périmètres d'effets létaux significatifs (SELS), d'effets létaux (SEL) et d'effets irréversibles (SEI) obtenus pour une cible à hauteur d'homme avec et sans tenue des murs. Les résultats des modélisations pour les chais n° 1 à 4 sont présentés dans le cas de la présence d'un acrotère de 2 m. Le résultat avec acrotère de 1 m est présent dans le rapport présent en annexe.

Local	Zone d'effet	Incendie avec murs			Incendie sans mur		
		8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
A – Incendie du chai RC	Face 1 Est	0	0	0	6	8	10
	Face 2 Sud	0	4 Face à la porte	4 Face à la porte	5,5	7	11
	Face 3 Ouest	0	0	0	6	8	10
	Face 4 Nord	3,5 Face à la porte	5,5 Face à la porte	7,5 Face à la porte	6,5	10	12
B – Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2	Face 1 Est	/	/	/	16*	24*	34*
	Face 2 Sud	/	/	/	14*	20*	28*
	Face 3 Ouest	/	/	/	16*	24*	34*
	Face 4 Nord	/	/	/	14*	20*	28*
C – Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4	Face 1 Est	/	/	/	16*	24*	34*
	Face 2 Sud	/	/	/	14*	20*	28*
	Face 3 Ouest	/	/	/	16*	24*	34*
	Face 4 Nord	/	/	/	14*	20*	28*
D – Incendie du chai nouveau n° 5	Face 1 Est	3 Face à la porte	4,5 Face à la porte	7 Face à la porte	10,5	14,5	20,5
	Face 2 Sud	0	0	0	8,5	10	14
	Face 3 Ouest	0	0	3 Face à la porte	10,5	14,5	20,5
	Face 4 Nord	0	0	0	8,5	10	14
E – Incendie du chai nouveau n° 6	Face 1 Est	3 Face à la porte	4,5 Face à la porte	7 Face à la porte	10,5	14,5	20,5
	Face 2 Sud	0	0	0	8,5	10	14
	Face 3 Ouest	0	0	3 Face à la porte	10,5	14,5	20,5
	Face 4 Nord	0	0	0	8,5	10	14
F – Incendie du chai nouveau n° 7	Face 1 Est	3 Face à la porte	4,5 Face à la porte	7 Face à la porte	10,5	14,5	20,5
	Face 2 Sud	0	0	0	8,5	10	14
	Face 3 Ouest	0	0	3 Face à la porte	10,5	14,5	20,5
	Face 4 Nord	0	0	0	8,5	10	14

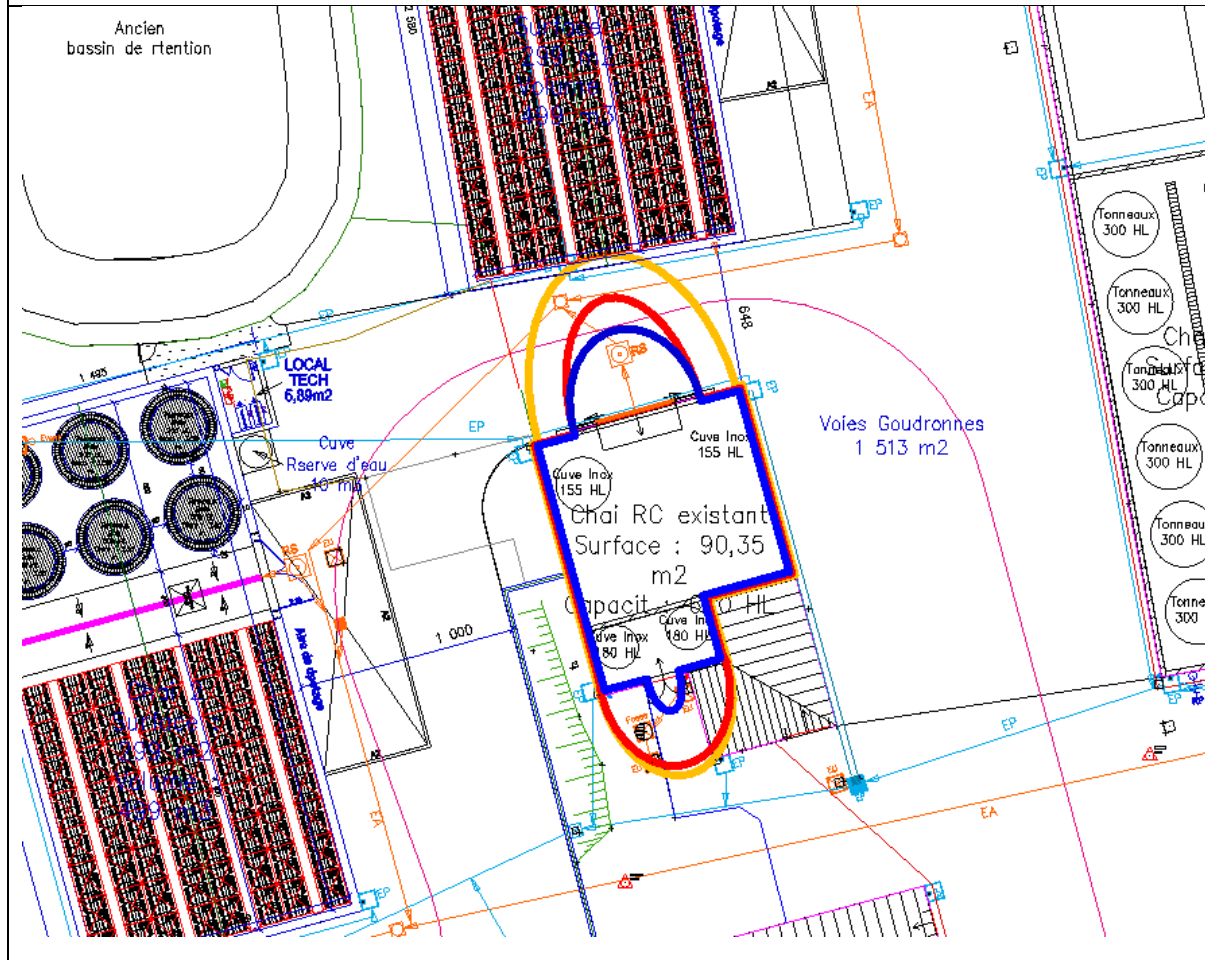
*Les phénomènes B1 et B3 avec effondrement des murs correspondent à l'incendie généralisé des chais n° 1 à n° 4




Tableau 47 : Distances d'effets thermiques sur l'homme

Les périmètres d'effets sur l'homme avec tenue des murs sont représentés pages suivantes.

Les périmètres d'effets avec effondrement des murs sont présentés en annexes, à l'exception des scénarios B et C pour lesquels ils sont repris ci-après compte tenu de la nature des murs périphériques.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME (1,8 m) Phénomène A — Incendie du chai RC

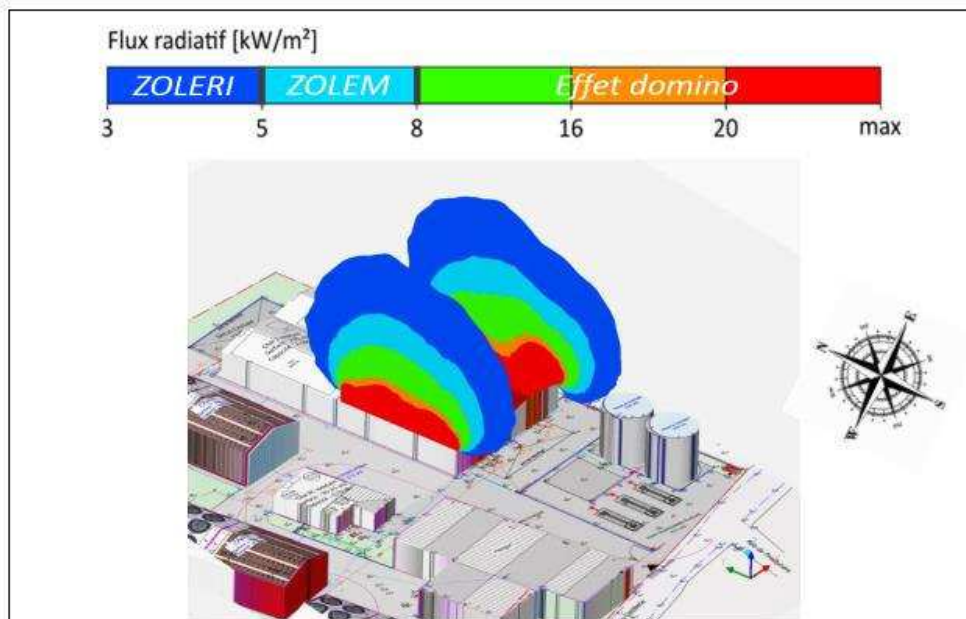
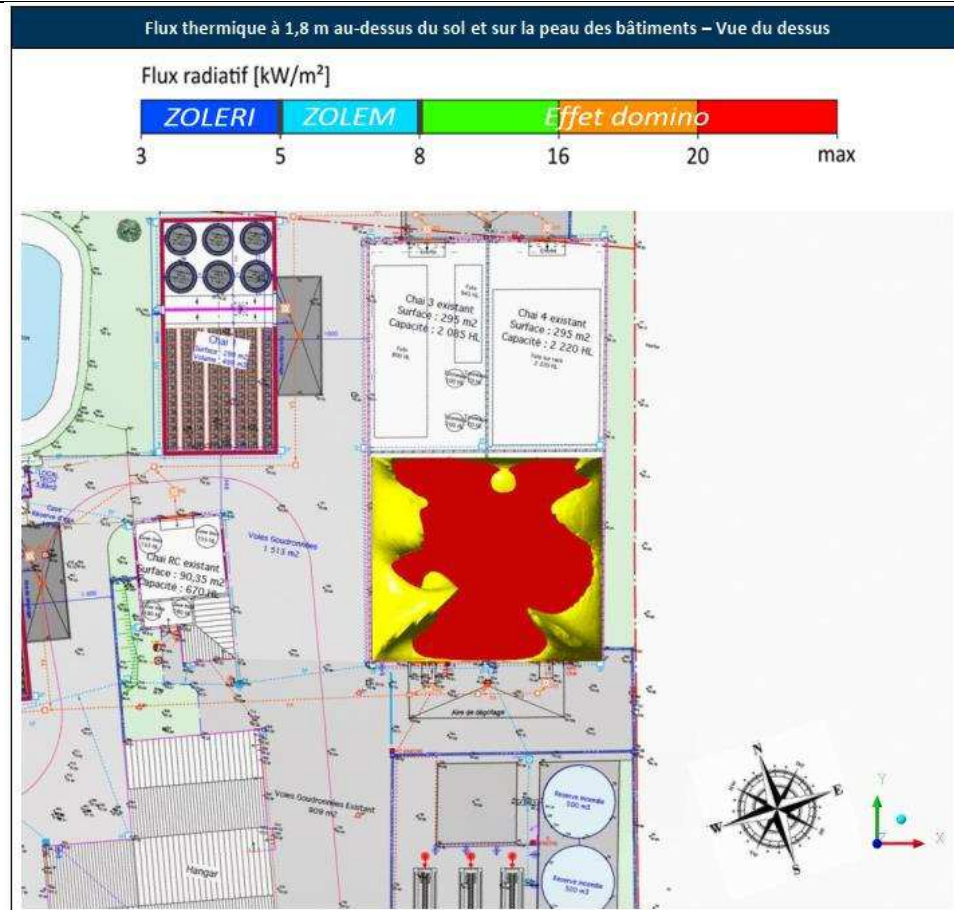


Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m ²)
	Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m ²)
	Seuil des effets irréversibles (3 kW/m ²)

Il n'y a pas d'effet thermique à hauteur d'homme en dehors du site. Des effets thermiques létaux significatifs seront présents face aux ouvertures. Les effets irréversibles atteindront le mur du chai n° 5.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME (1,8 m)

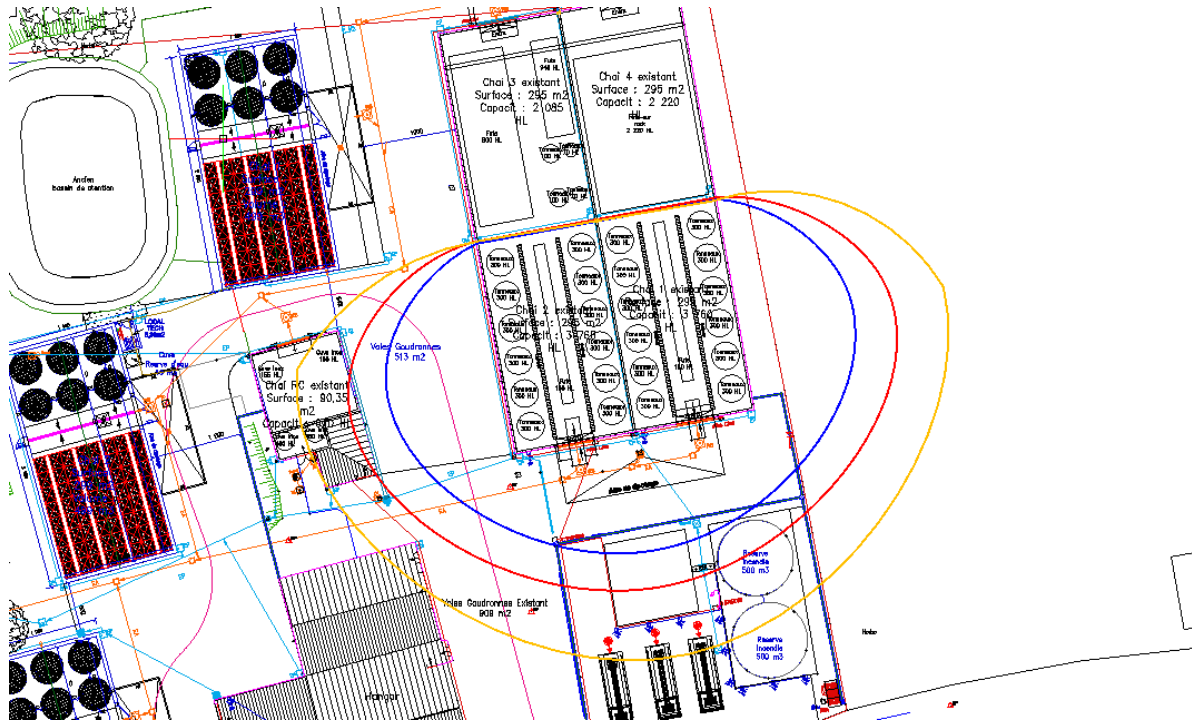
Phénomène B1 — Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec
tenue des murs






Source : GANTHA

Les résultats des modélisations pour les chais n° 1 à 4 sont présentés dans le cas de la présence d'un acrotère de 2 m. Le résultat avec acrotère de 1 m est présent dans le rapport présent en annexe. Aucun flux n'est détecté à 1,8 m au-dessus du sol. On peut s'attendre à ce que des effets thermiques létaux significatifs soient présents face aux ouvertures.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME Phénomène B2 — Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec effondrement des murs ouest sud et est



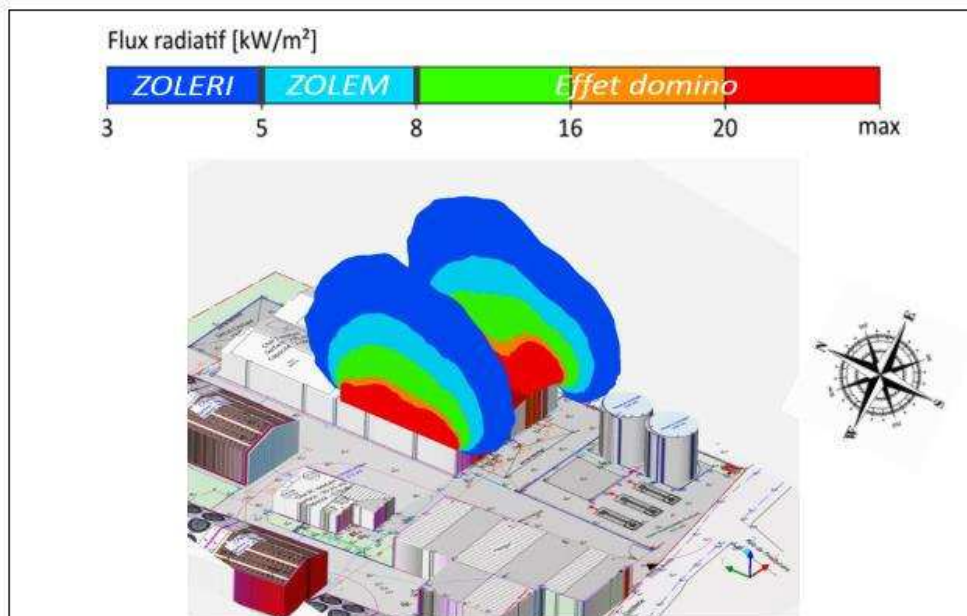
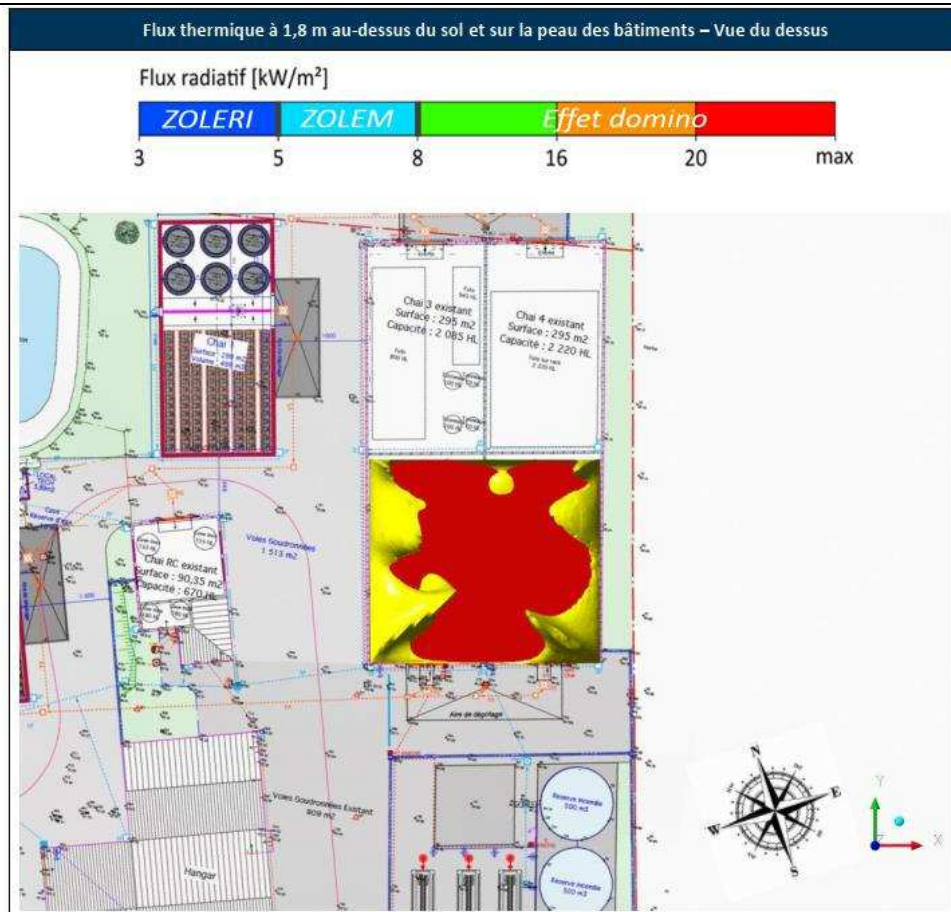
Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m ²)
	Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m ²)
	Seuil des effets irréversibles (3 kW/m ²)

Les résultats des modélisations pour les chais n° 1 à 4 sont présentés dans le cas de la présence d'un acrotère de 2 m. Le résultat avec acrotère de 1 m est présent dans le rapport présent en annexe.

Avec effondrement des murs ouest, sud et est, tous les seuils d'effets sont dépassés à l'extérieur du site. Afin de protéger les points de pompage des effets au seuil de 3 kW/m², il sera réalisé, en concertation avec le SDIS :

- soit un mur le long des points de pompage
- soit le déplacement des points de pompage vers le sud.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME Phénomène C1 — Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 avec tenue des murs



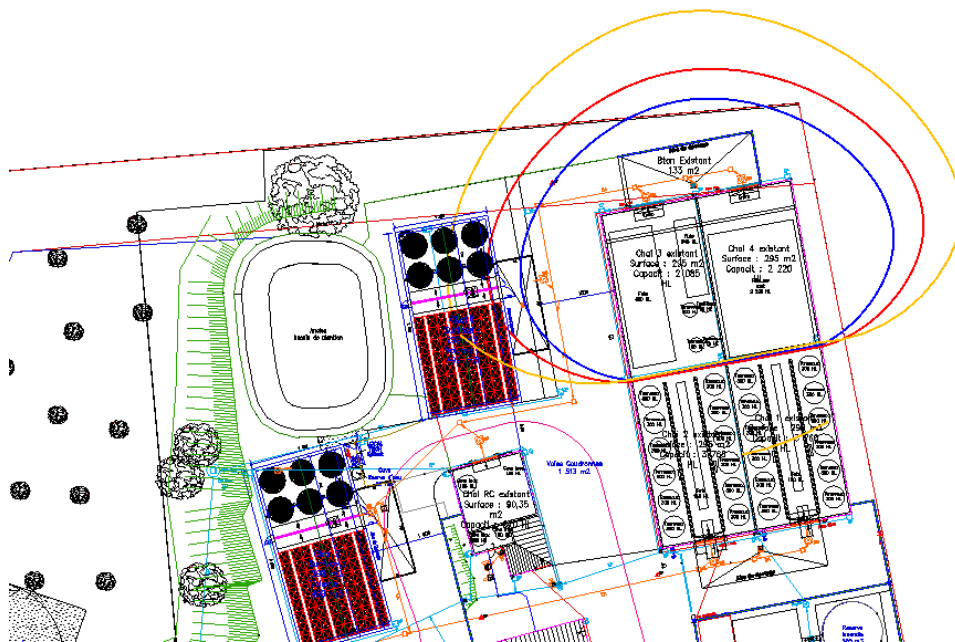
Source : GANTHA

Pour rappel : les chais n° 3 et 4 étant identiques aux chais n° 1 et 2 une seule modélisation a été réalisée pour ces deux ensembles de chais.

Les résultats des modélisations pour les chais n° 1 à 4 sont présentés dans le cas de la présence d'un acrotère de 2 m. Le résultat avec acrotère de 1 m est présent dans le rapport présent en annexe.

Aucun flux n'est détecté à 1,8 m au-dessus du sol. On peut s'attendre à ce que des effets thermiques létaux significatifs soient présents face aux ouvertures.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME Phénomène C2 — Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 avec effondrement des murs ouest nord et est

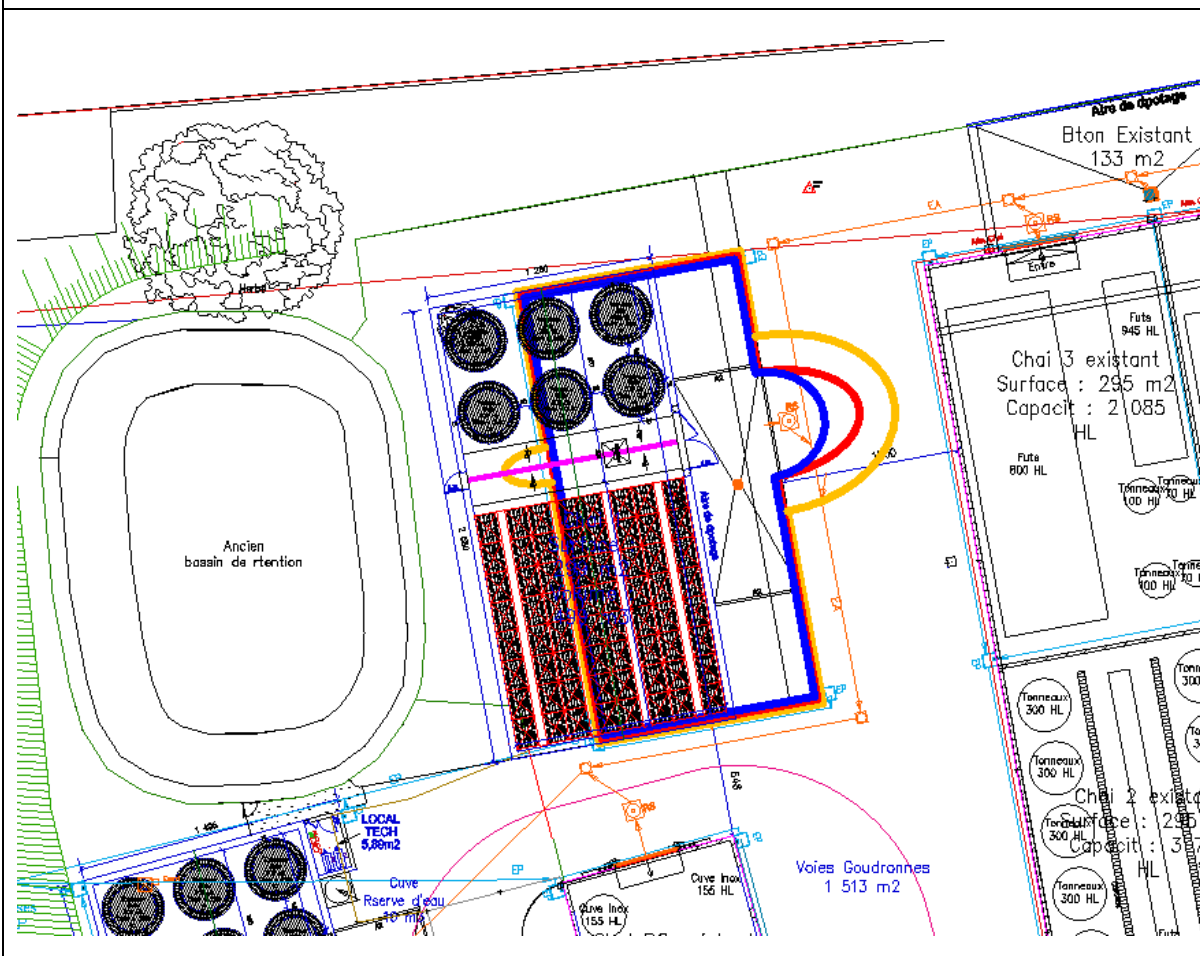


Avec tenue des murs	Seuil
—	Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m ²)
—	Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m ²)
—	Seuil des effets irréversibles (3 kW/m ²)

Les résultats des modélisations pour les chais n° 1 à 4 sont présentés dans le cas de la présence d'un acrotère de 2 m. Le résultat avec acrotère de 1 m est présent dans le rapport présent en annexe.

Avec effondrement des murs ouest, sud et est, tous les seuils d'effets sont dépassés à l'extérieur du site.

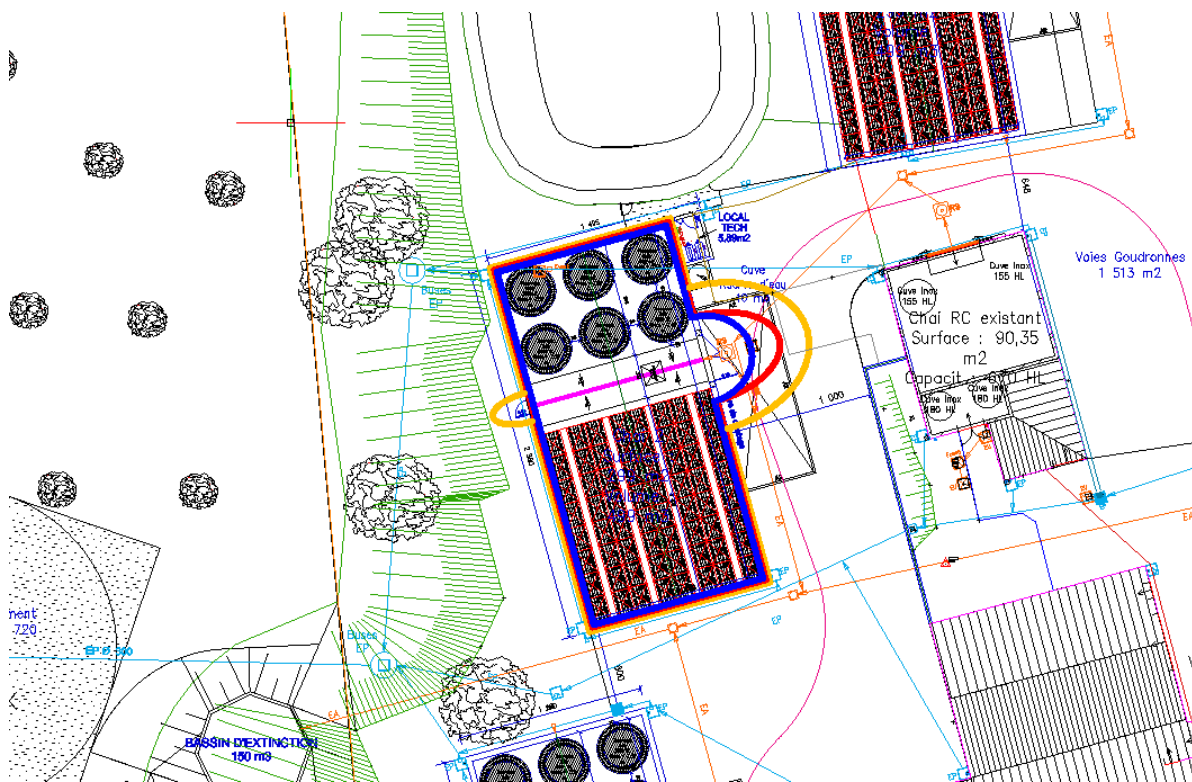
COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME (1,8 m) Phénomène D — Incendie du chai nouveau n° 5 avec tenue des murs






Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m ²)
	Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m ²)
	Seuil des effets irréversibles (3 kW/m ²)

Il n'y a pas d'effet thermique à hauteur d'homme en dehors du site. Des effets thermiques létaux significatifs seront présents face aux ouvertures. Les effets irréversibles n'atteignent pas les autres structures.

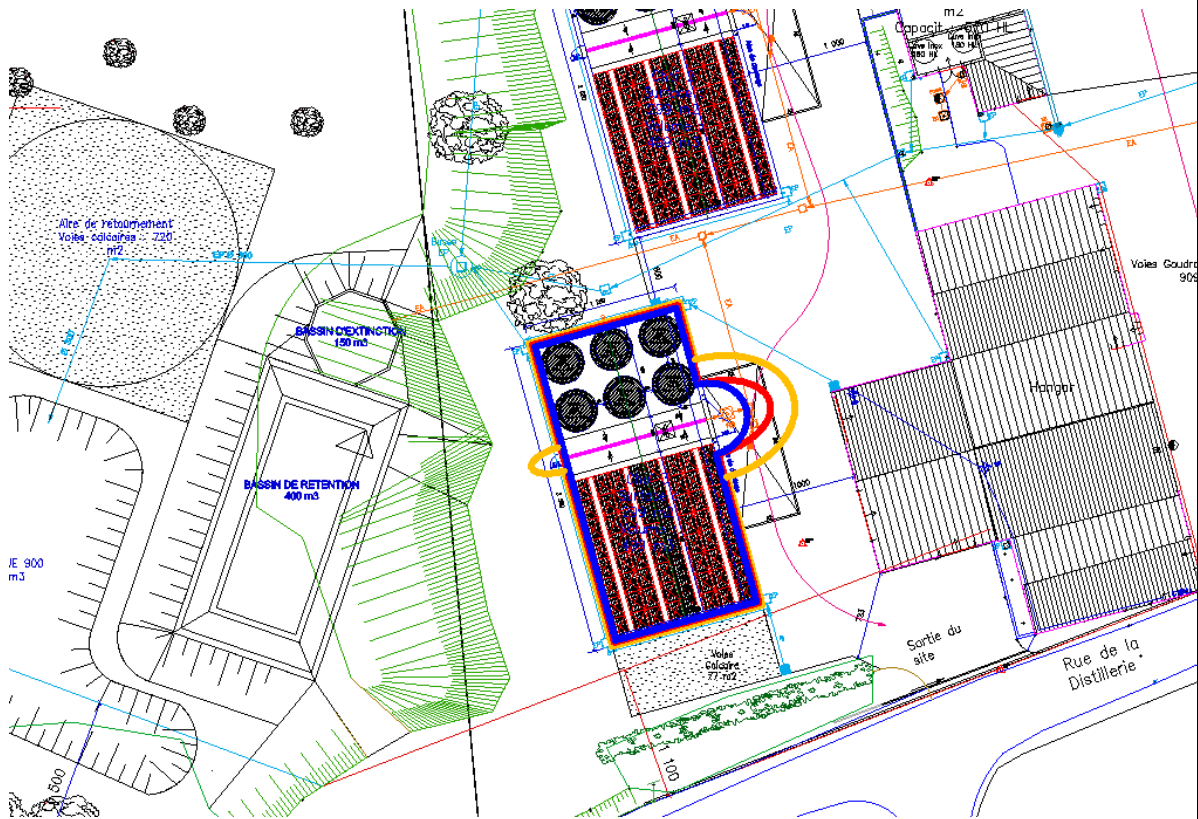
COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME (1,8 m) Phénomène E — Incendie du chai nouveau n° 6 avec tenue des murs






Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m ²)
	Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m ²)
	Seuil des effets irréversibles (3 kW/m ²)

Il n'y a pas d'effet thermique à hauteur d'homme en dehors du site. Des effets thermiques létaux significatifs seront présents face aux ouvertures. Les effets irréversibles n'atteignent pas les autres structures.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES À HAUTEUR D'HOMME (1,8 m) Phénomène F — Incendie du chai nouveau n° 7 avec tenue des murs



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m ²)
	Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m ²)
	Seuil des effets irréversibles (3 kW/m ²)

Il n'y a pas d'effet thermique à hauteur d'homme en dehors du site. Des effets thermiques létaux significatifs seront présents face aux ouvertures. Les effets irréversibles n'atteignent pas les autres structures.

8.3.3.2 EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES

Le tableau suivant synthétise les périmètres d'effets dominos au seuil de 8 kW/m² sur les structures voisines, ou à défaut à mi-hauteur de flamme dépassant du mur, là où le flux thermique est maximal. En l'absence de mur, la position de la cible la plus défavorable est à mi-hauteur de flamme.

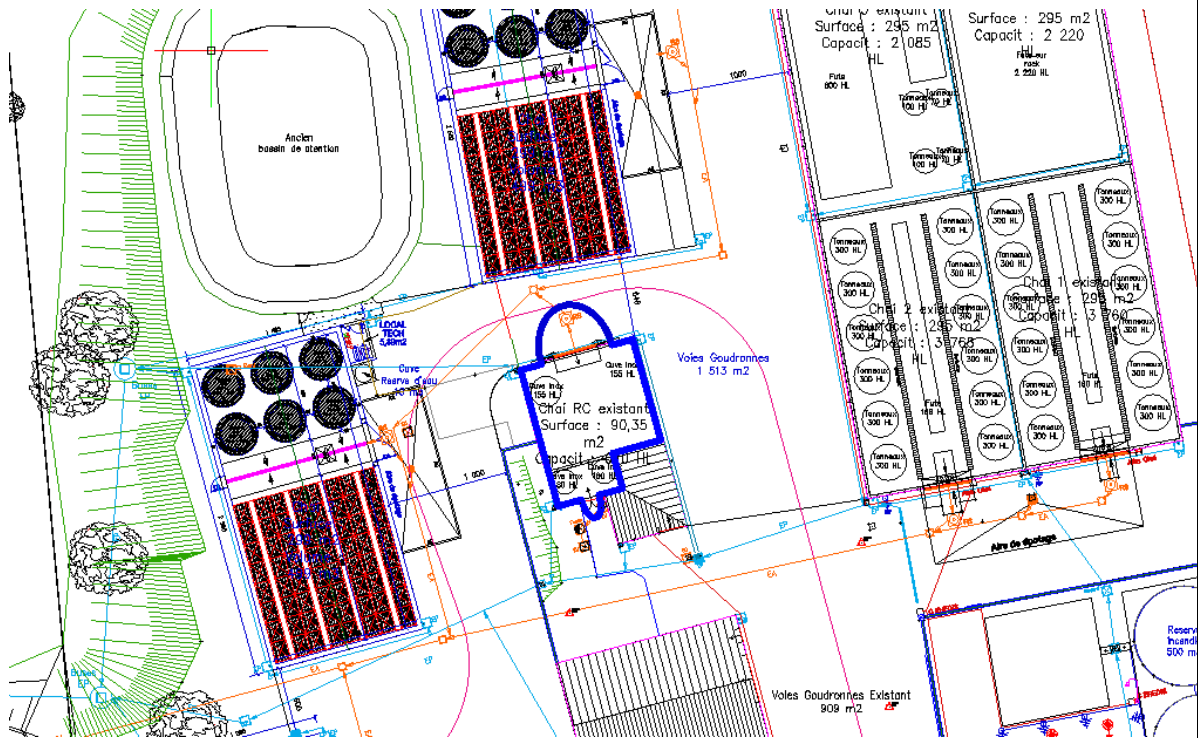
Local	Zone d'effet	Distance des effets dominos avec tenue des murs (m)	Distance des effets dominos avec effondrement des murs (m)
		8 kW/m ²	8 kW/m ²
A – Incendie du chai RC	Face 1 Est	0	6
	Face 2 Sud	0	5,5
	Face 3 Ouest	0	6
	Face 4 Nord	0	6,5
B – Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2	Face 1 Est	0	18*
	Face 2 Sud	0	16*
	Face 3 Ouest	0	18*
	Face 4 Nord	0	16*
C – Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4	Face 1 Est	0	18*
	Face 2 Sud	0	16*
	Face 3 Ouest	0	18*
	Face 4 Nord	0	16*
D – Incendie du chai nouveau n° 5	Face 1 Est	0	11
	Face 2 Sud	0	8
	Face 3 Ouest	0	11
	Face 4 Nord	0	8
E – Incendie du chai nouveau n° 6	Face 1 Est	0	11
	Face 2 Sud	0	8
	Face 3 Ouest	0	11
	Face 4 Nord	0	8
F – Incendie du chai nouveau n° 7	Face 1 Est	0	11
	Face 2 Sud	0	8
	Face 3 Ouest	0	11
	Face 4 Nord	0	8


*Les phénomènes B1 et B3 avec effondrement des murs correspondent à l'incendie généralisé des chais n° 1 à n° 4

Tableau 48 : Distances d'effets dominos

Les tracés pages suivantes retranscrivent ces résultats. Les résultats avec effondrement des murs sont présentés en annexe.

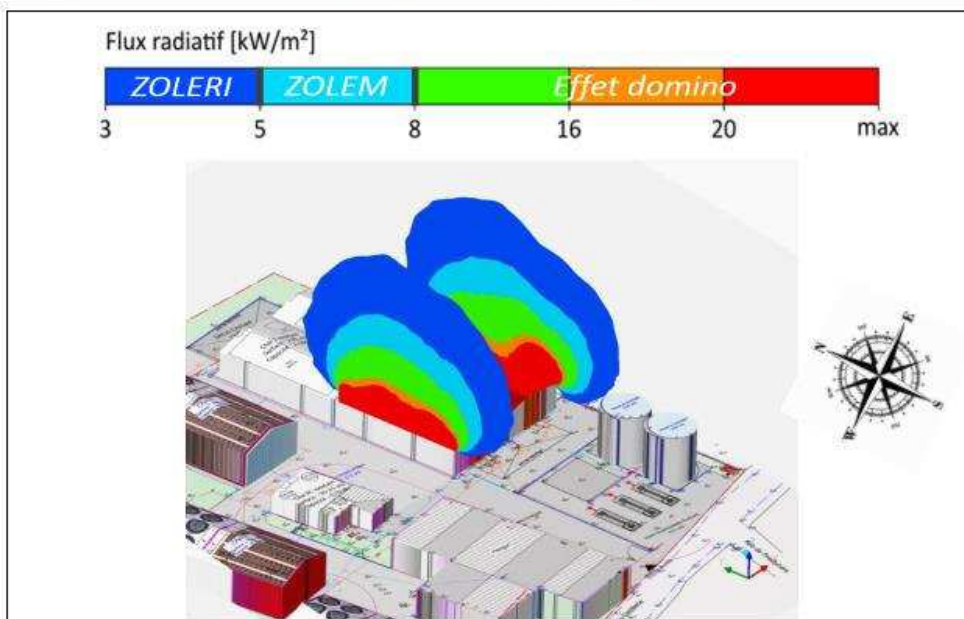
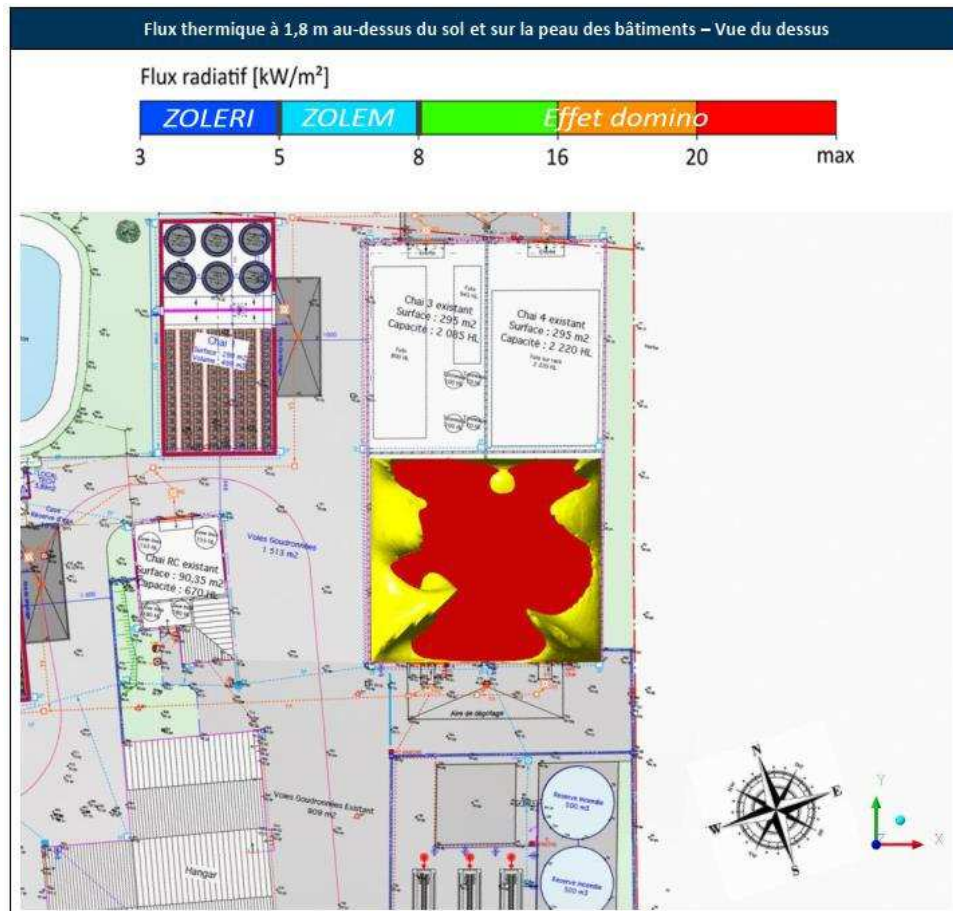
COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES Phénomène A d'incendie du chai RC



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets dominos (8 kW/m ²)

En cas d'incendie du chai RC, il n'y a pas d'effet domino entre les structures.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES Phénomène B1 — Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 (avec surhausse de l'acrotère existant d'1m)

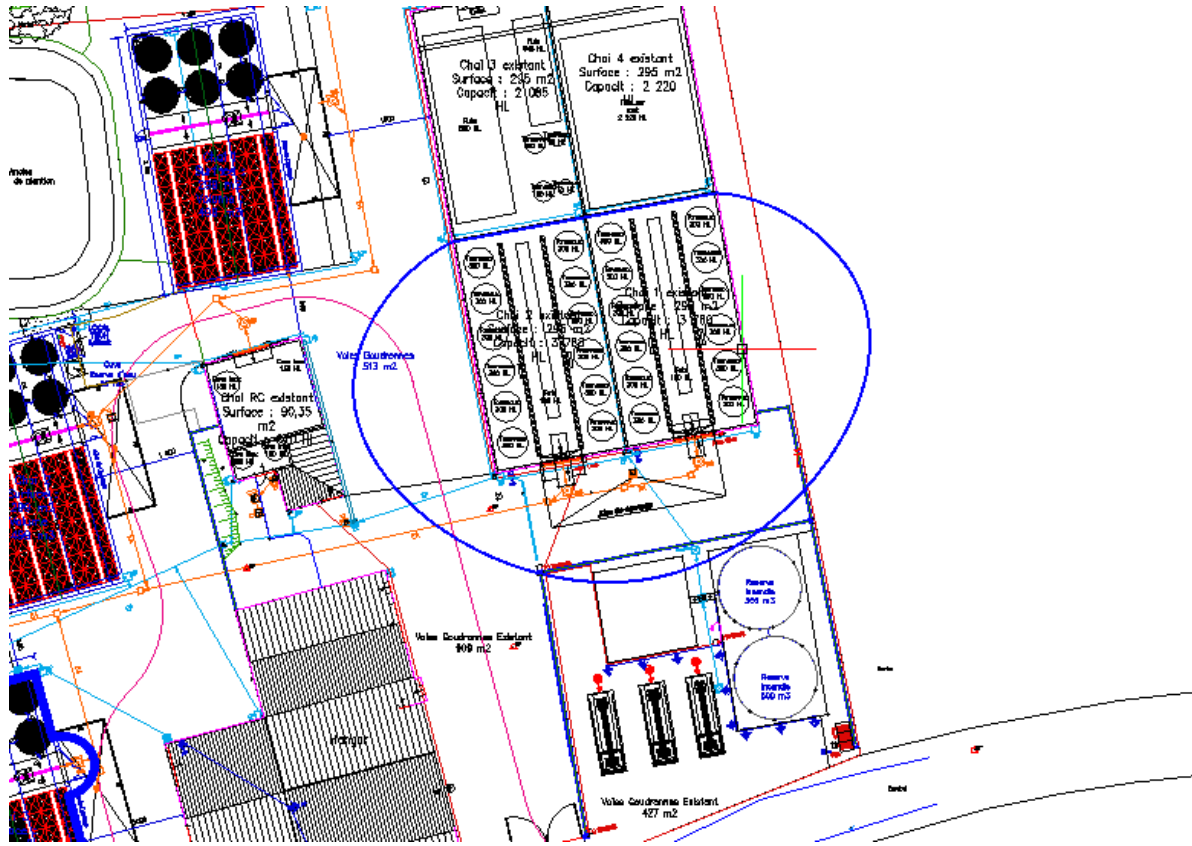


Source : GANTHA

En cas d'incendie des chais n° 1 et 2, des effets dominos sont présents avec les chais n° 3 et 4. Avec une surélévation de 1 m de l'acrotère existant, il n'y a pas d'effet domino sur d'autres structures. L'acrotère prévient de la propagation aux chais n° 3 et 4.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES Phénomène B2 — Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2

(avec surhausse de l'acrotère existant de 1 m et effondrement des murs ouest sud et est)



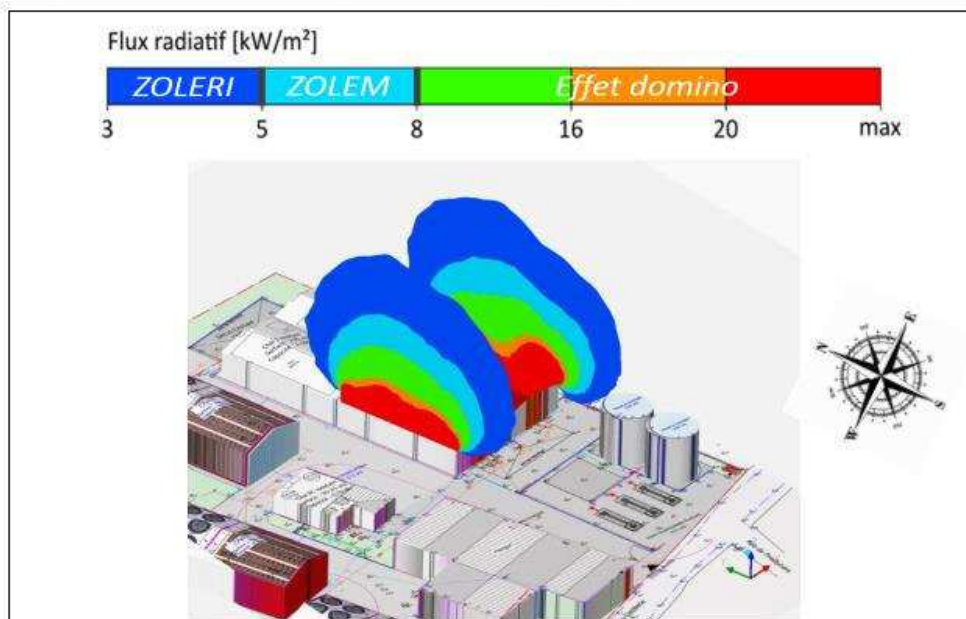
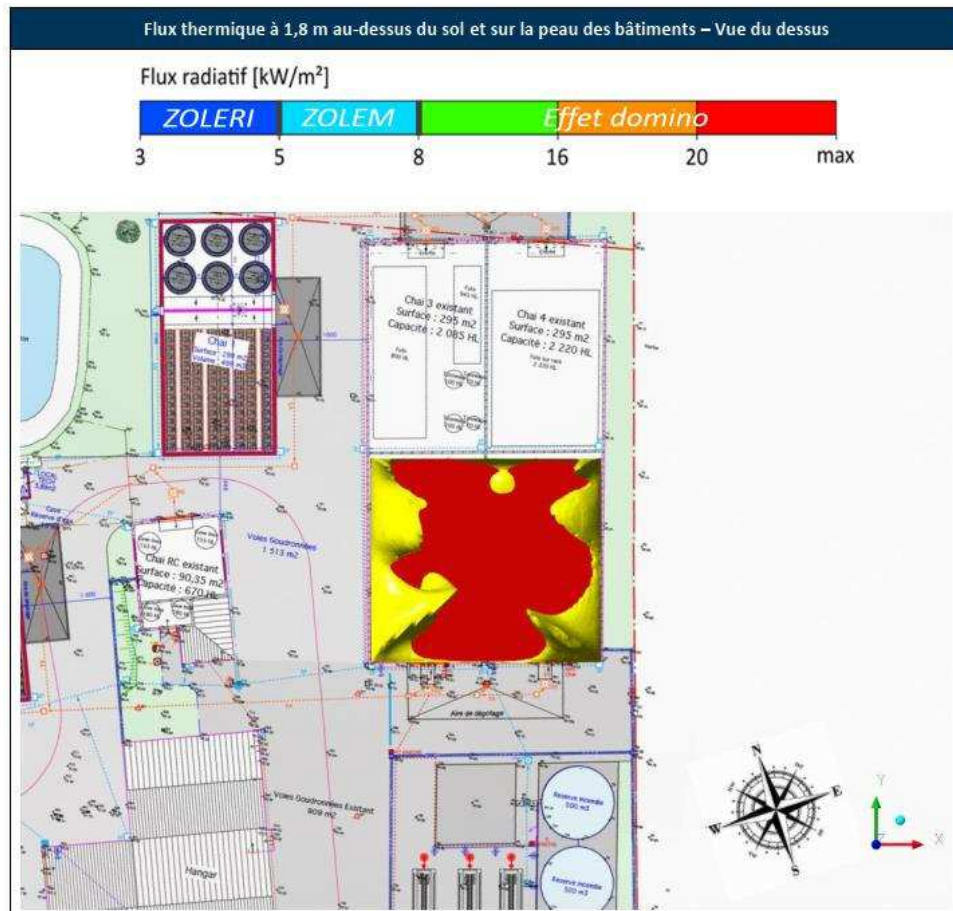
Avec tenue des murs

Seuil

Seuil des effets dominos (8 kW/m²)

Avec effondrement des murs ouest, sud et est, **et rehaussé de l'acrotère d'1m**, il n'y a pas d'effets dominos sur une autre structure.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES Phénomène C — Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 (avec surhausse de l'acrotère existant d'1m)



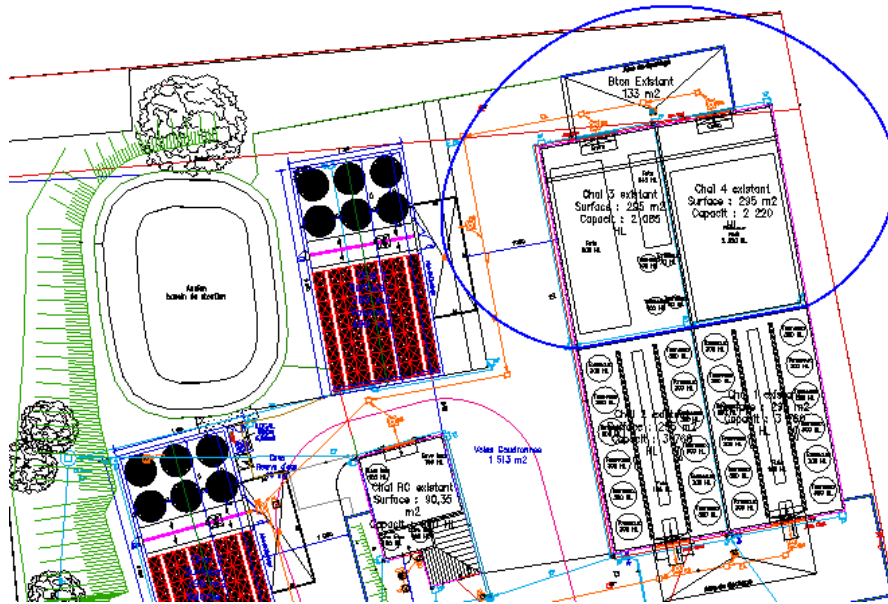
Source : GANTHA

Pour rappel : les chais n° 3 et 4 étant identiques aux chais n° 1 et 2 une seule modélisation a été réalisée pour ces deux ensembles de chais.

En cas d'incendie des chais n° 3 et 4, des effets dominos sont présents avec les chais n° 1 et 2. Avec une surélévation de 1 m de l'acrotère existant, il n'y a pas d'effet domino sur d'autres structures. L'acrotère prévient de la propagation aux chais n° 1 et 2.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES Phénomène C2 — Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4

(avec surhausse de l'acrotère existant de 1 m et effondrement des murs ouest sud et est)



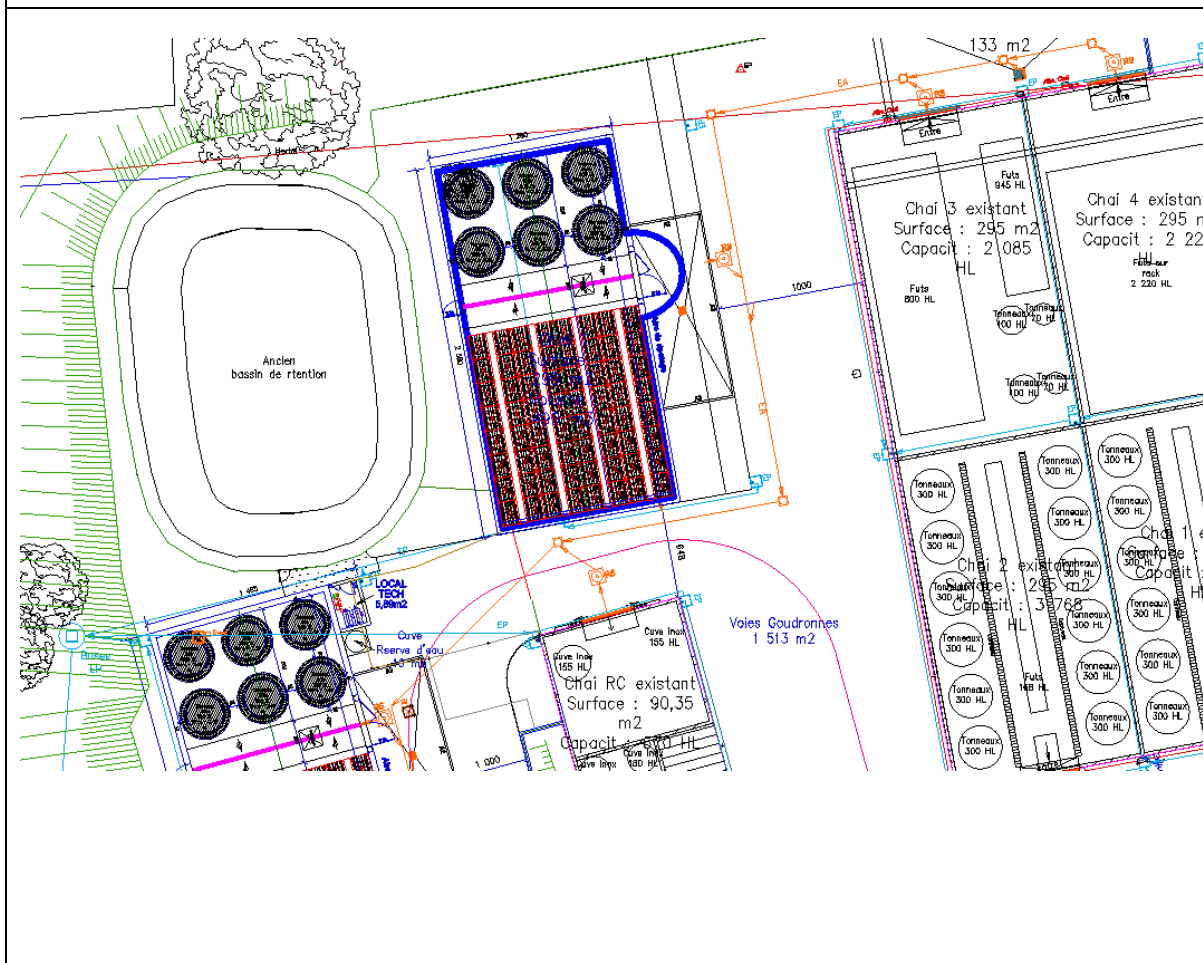
Avec tenue des murs


Seuil

Seuil des effets dominos (8 kW/m²)

Avec effondrement des murs ouest, nord et est, **et rehaussé de l'acrotère d'1m**, il n'y a pas d'effets dominos sur une autre structure.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES
Phénomène D — Incendie du chai nouveau n° 5 avec tenue des murs

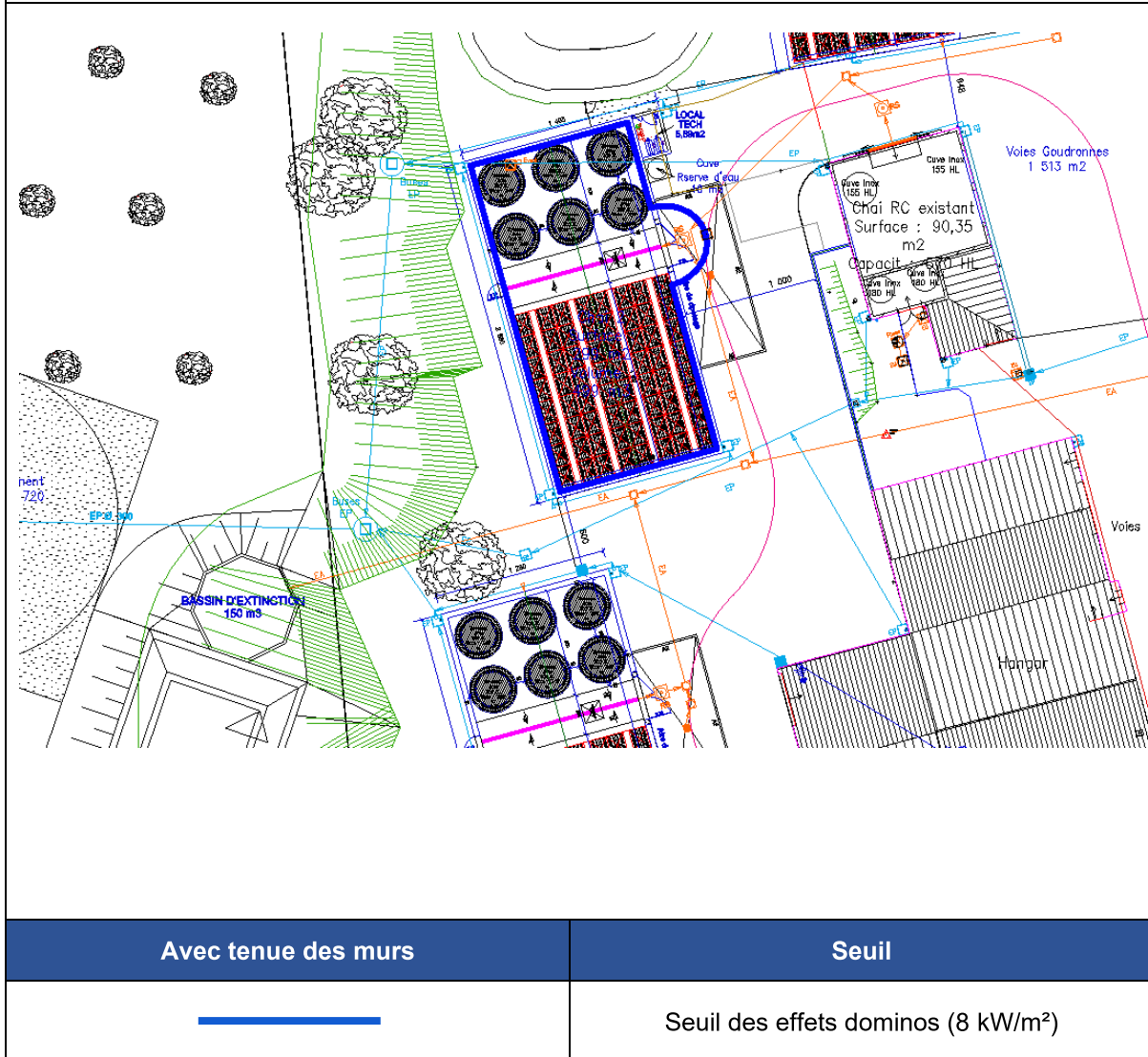


Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets dominos (8 kW/m ²)

Avec tenue des murs, il n'y a pas d'effets dominos sur une autre structure.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES

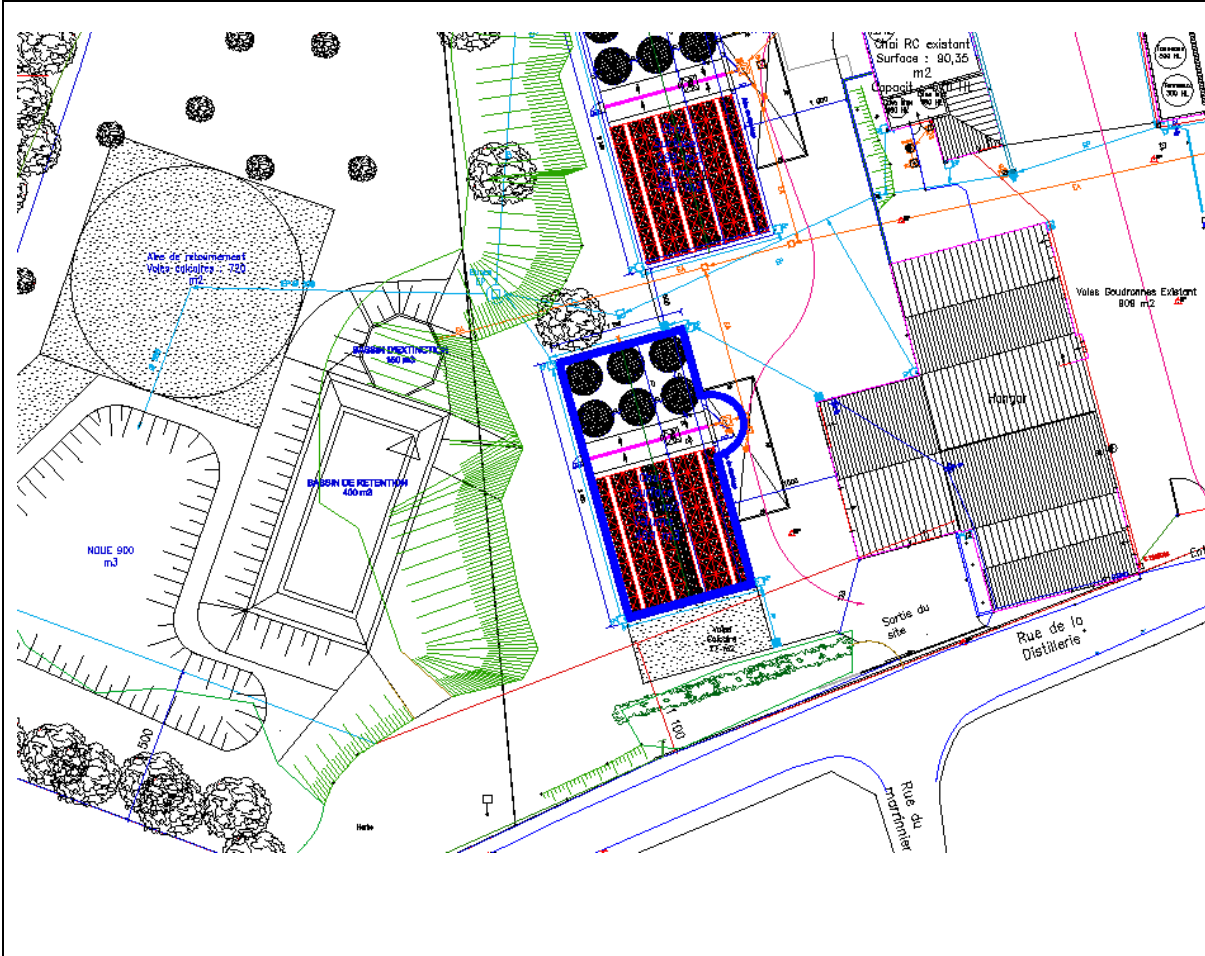
Phénomène E — Incendie du chai nouveau n° 6 avec tenue des murs




Avec tenue des murs, il n'y a pas d'effets dominos sur une autre structure.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES DOMINOS SUR LES STRUCTURES

Phénomène F — Incendie du chai nouveau n° 7 avec tenue des murs



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets dominos (8 kW/m ²)

Avec tenue des murs, il n'y a pas d'effets dominos sur une autre structure.

8.4 QUANTIFICATION DES PHÉNOMÈNES D'EXPLOSION

8.4.1 PHÉNOMÉNOLOGIE

Le phénomène modélisé en cas d'explosion de bac est le suivant :

- à pression atmosphérique, la totalité du volume du bac est remplie d'un mélange inflammable d'air et de vapeurs d'hydrocarbures à la stœchiométrie (configuration majorante), ce nuage s'enflamme en présence d'une source d'ignition.

La combustion rapide du mélange gazeux comburant/carburant et l'expansion des produits de combustion qui en résulte sont à l'origine d'une montée en pression dans le réservoir.

Au-delà d'une certaine limite de pression (appelée pression de rupture PRUP), l'élément de résistance le plus faible du bac va céder et le bac va commencer à s'ouvrir, entraînant une ouverture, principalement à la liaison robe/toit et/ou à la liaison robe/fond.

L'énergie interne accumulée va ensuite se libérer sous 2 formes :

- énergie perdue dans la détente adiabatique du gaz, qui génère les ondes de pression à l'extérieur ;
- énergie dispersée pour les projections de missiles.

8.4.2 CINÉTIQUE DES EXPLOSIONS DE BACS

Il n'y pas de cinétique associée à l'évolution de la concentration de vapeurs dans la cuve, car on considère de façon majorante que le mélange air vapeur est à la stœchiométrie.

En cas d'amorçage par une source d'énergie suffisante, l'explosion survient. Les cibles sont instantanément exposées aux effets de surpression et aux effets thermiques associés. Les effets de projection ne sont pas considérés dans les études de dangers, mais leur cinétique d'atteinte des cibles est également considérée comme immédiate.

8.4.3 HYPOTHÈSES DE MODÉLISATION

La Pression de RUpture (PRUP) est relativement bien connue ; elle détermine la pression à partir de laquelle la liaison robe-toit ou robe-fond cède ; cependant, cette ouverture peut ne pas être suffisante pour évacuer les gaz et induire ainsi une augmentation de pression jusqu'à la Pression dite d'Éclatement (PECL).

Or, c'est la Pression d'éclatement qui est utilisée dans les modèles.

La corrélation entre la pression de rupture et la pression d'éclatement est encore mal connue. La pression de rupture d'un bac atmosphérique non frangible varie dans une plage de 0,1 bar à 0,5 bar selon les experts.

8.4.3.1 RAPPORT R ($R = HEQU / DEQU$)

Sur la base de toutes ces considérations, le GTDLI propose :

- pour les bacs dont le rapport $r = \text{Hauteur/Diamètre}$ est supérieur à 1, la Pression d'éclatement sera prise égale à 101 325 Pa relatif (1 bar relatif) ;
- pour les bacs dont le rapport r est inférieur à 1, la Pression d'éclatement sera prise égale à 50 663 Pa relatif (0,5 bar relatif).

Les formules simplifiées proposées par le GTDLI sont les suivantes et dépendent du rapport H/D :

Surpression (mbar)	Distance réduite (Abaque TM5-1300) (m)	Pour les bacs dont le rapport H/D < 1		
50	22	d_{50}	=	0,104
140	10,1	d_{140}	=	0,048
170	8,9	d_{170}	=	0,042
200	7,6	d_{200}	=	0,036

$[(\text{PATM} \cdot \text{DEQU}^2 \cdot \text{HEQU})^{(1/3)}]$

Tableau 49 : Calcul de surpression pour des bacs de rapport H/D < 1

Surpression (mbar)	Distance réduite (Abaque TM5-1300) (m)	Pour les bacs dont le rapport H/D >1			
		d ₅₀	=		
50	22	d ₅₀	=	0,131	[[PATM. DEQU ² . HEQU] ^(1/3)
140	10,1	d ₁₄₀	=	0,060	
170	8,9	d ₁₇₀	=	0,053	
200	7,6	d ₂₀₀	=	0,045	

Tableau 50 : Calcul de surpression pour des bacs de rapport H/D>1

avec :

- Patm = pression atmosphérique = 101 325 Pa
- DEQU = diamètre du bac en m
- HEQU = hauteur du bac en mètre plafonnée à 9 m.

8.4.4 RÉSULTATS DES MODÉLISATIONS

Des cuves d'alcools en inox sont prévues dans l'ancienne distillerie dénommée « stockage des cuves inox » et divisée en 2 cellules. Afin de conserver la possibilité de faire évoluer l'organisation du site, une cuve de 300 hl a été modélisée dans les différents chais.

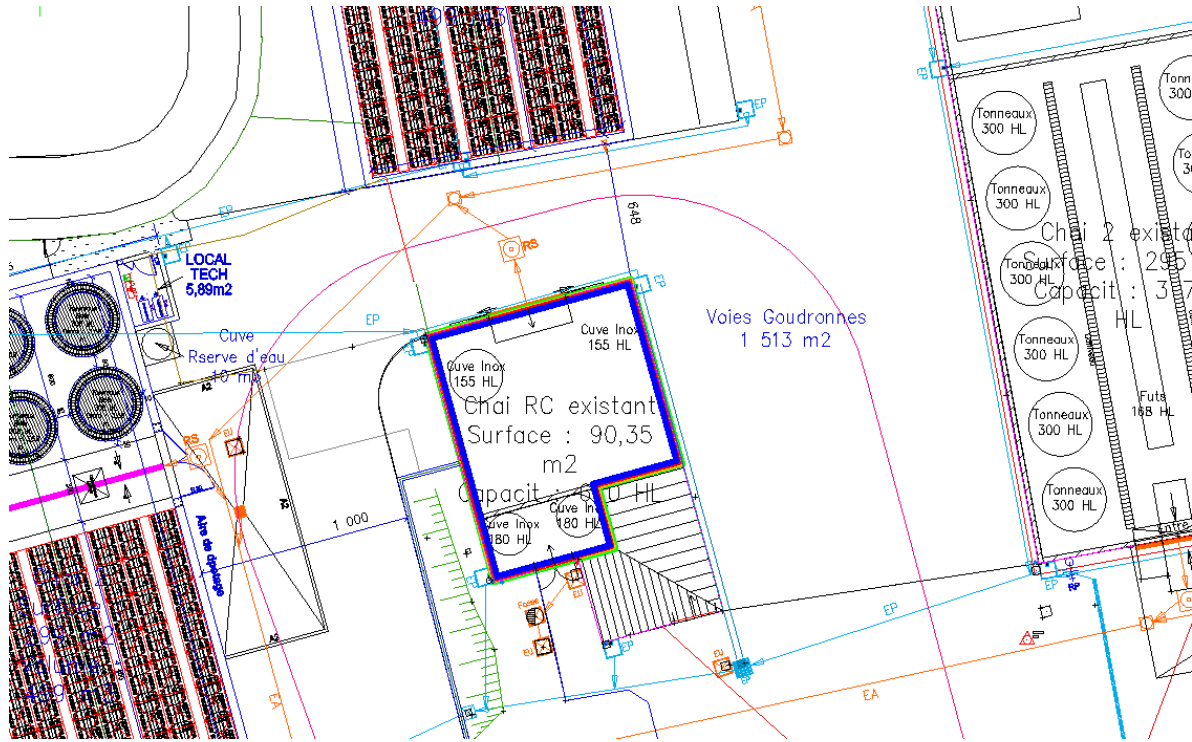
Pour obtenir les courbes d'enveloppes des phénomènes dangereux, on considérera que ces cuves peuvent être placées à n'importe quel endroit des chais.

L'application des formules précédentes conduit aux résultats suivants :

PhD		Caractéristiques des cuves			Distances (m) aux seuils d'effets (augmentées à la demi-dizaine supérieure)			
		V (en hl)	H (en m)	Diam (en m)	20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
H – Explosion de bac atmosphérique	1 – Stockage des cuves inox	180	4	2,4	40	20	10	10
	2 – Stockage des cuves inox	150	3,3	2,47	40	20	10	10
	Chais existants et nouveaux — cuve inox type de 300 hl	300	4,5	2,9	50	25	10	10
G — Explosion d'un camion-citerne 300 hl					45	25	10	10

Tableau 51 : Caractéristiques des cuves et distances aux seuils d'effets de surpression

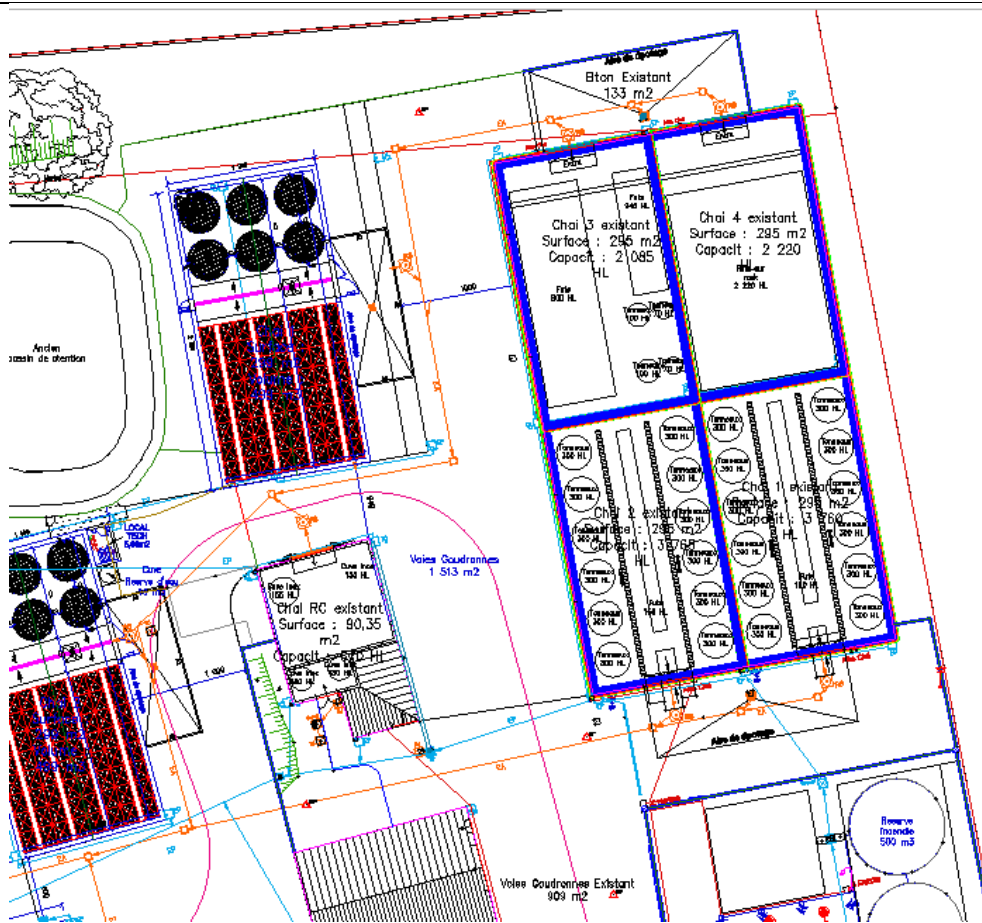
COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène H d'explosion de bacs atmosphériques – Chai RC



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

En considérant la présence des murs et l'évacuation de la surpression par la toiture du chai, il n'y a pas d'effet à attendre à l'extérieur du chai.

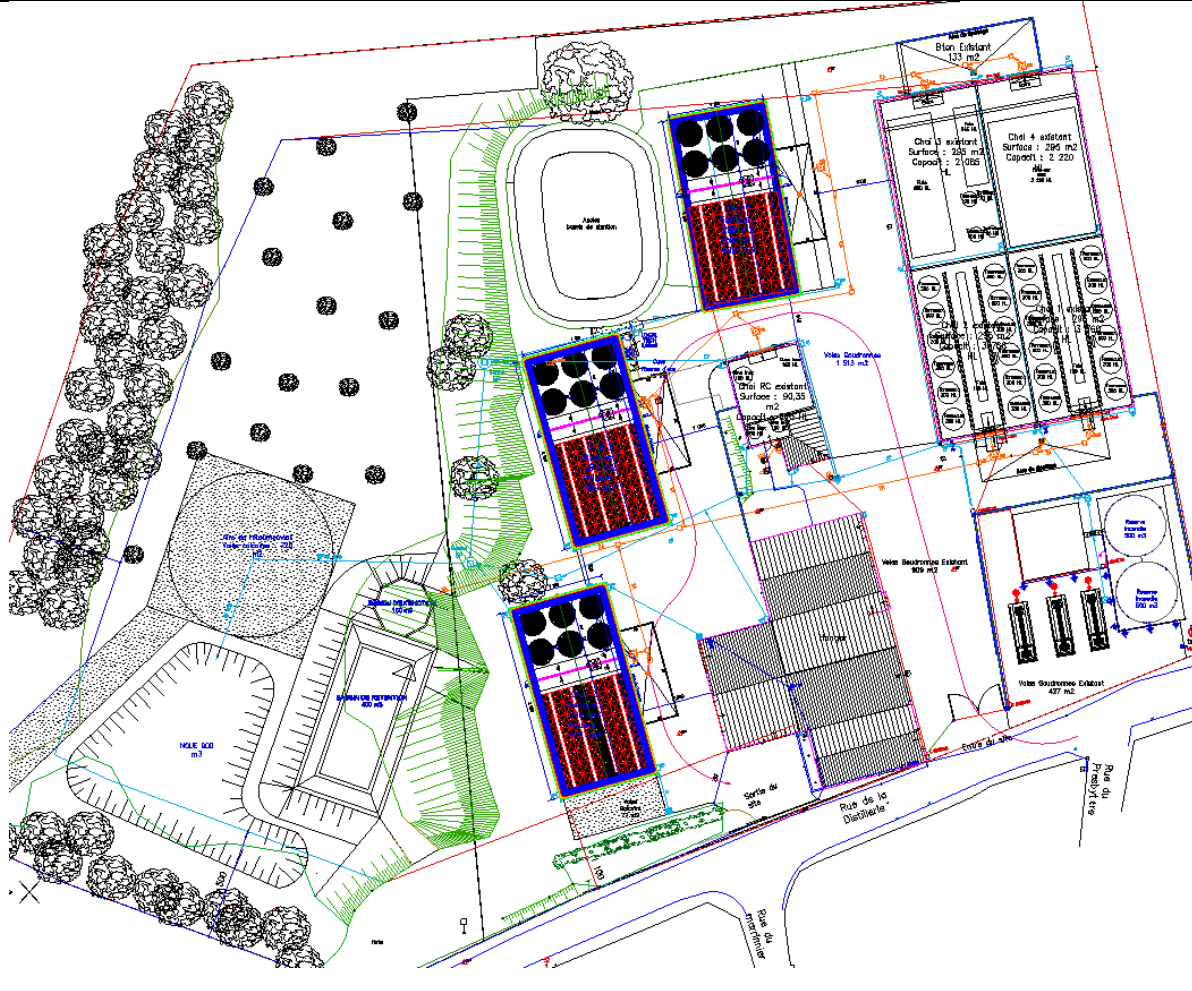
COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène H d'explosion de bacs atmosphériques – Chais 1, 2, 3, 4 existants avec une cuve standard de 300 hl



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

En considérant la présence des murs et l'évacuation de la surpression par la toiture des chais, il n'y a pas d'effet à attendre à l'extérieur des chais (hormis en façade des ouvertures).

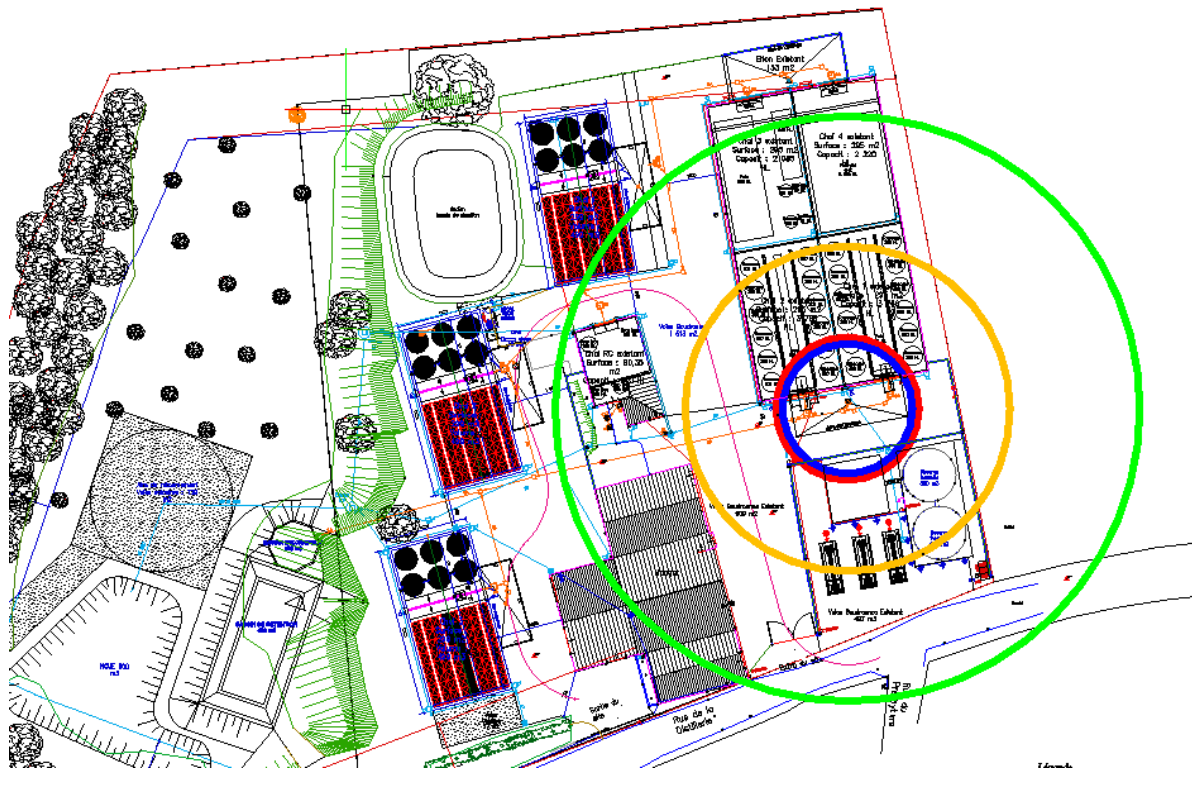
COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène H d'explosion de bacs atmosphériques – Chais 5, 6 et 7 nouveaux avec une cuve standard de 300 hl



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

En considérant la présence des murs et l'évacuation de la surpression par la toiture du chai, il n'y a pas d'effet à attendre à l'extérieur des chais (hormis en façade des ouvertures).

COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène G d'explosion de citerne routière au poste de dépotage des chais n° 1 et 2

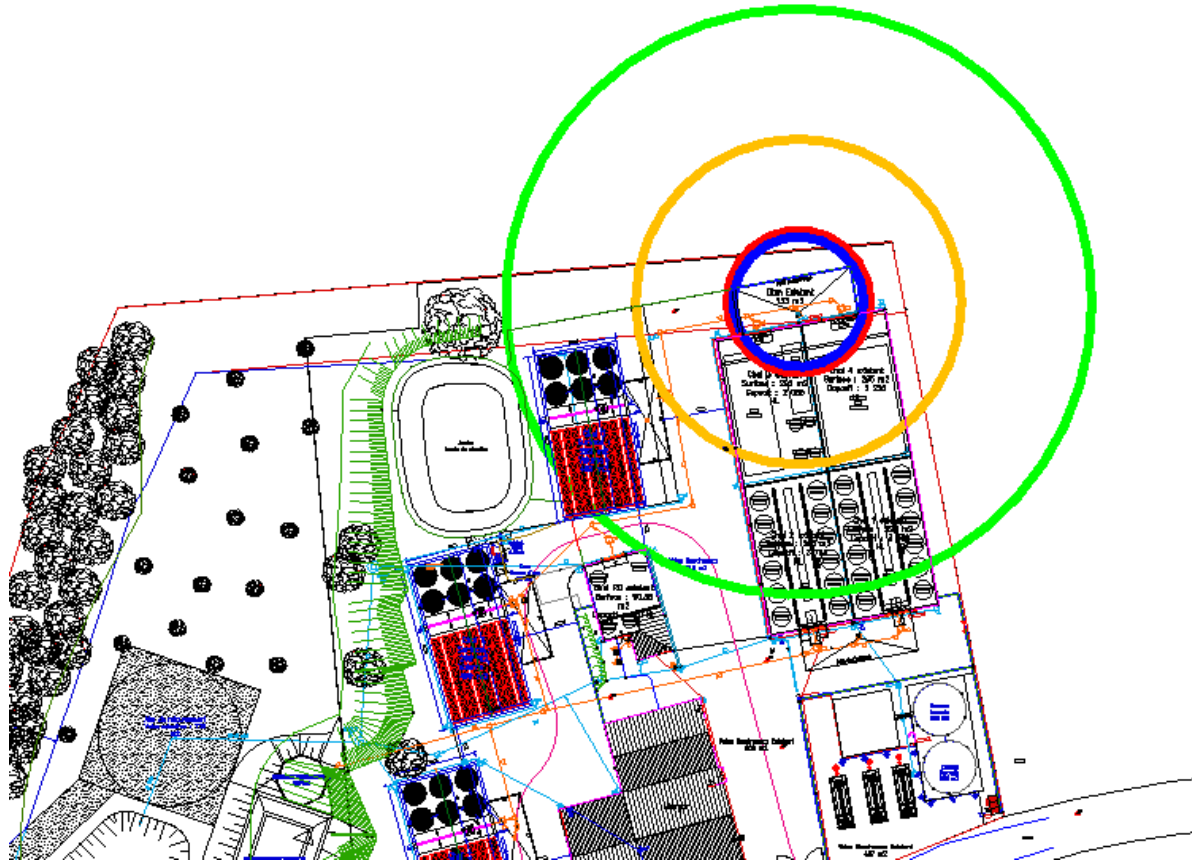


Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

Remarque : ces tracés ne tiennent pas compte de la présence de murs ou d'écrans. Ils représentent la courbe enveloppe des phénomènes d'explosion des cuves.

Les périmètres des effets irréversibles sortent à l'est du site dans une parcelle agricole. Les effets létaux sont contenus dans le site. Les effets réversibles (bris de verre) sortent au sud et à l'est du site. Ces effets atteignent la rue de la distillerie et les parcelles de l'autre côté de la route.

COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène G d'explosion de citerne routière au poste de dépotage des chais n° 3 et 4



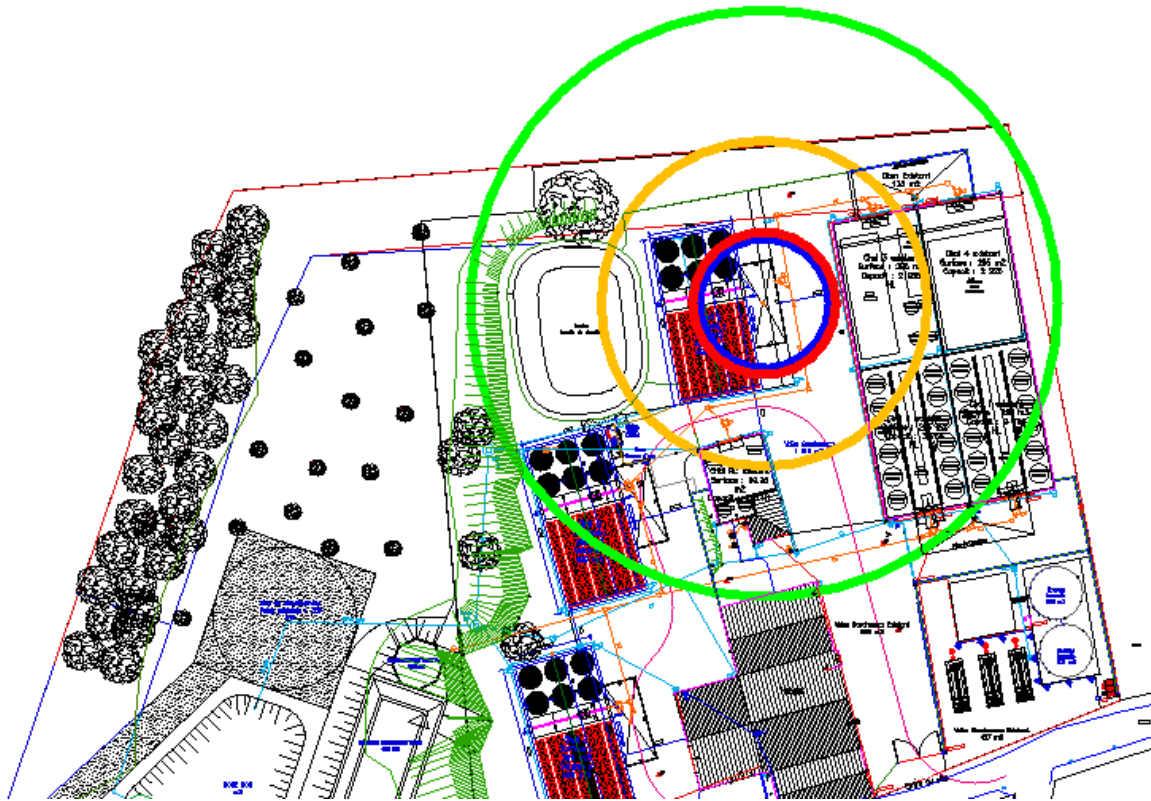
Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)





Remarque : ces tracés ne tiennent pas compte de la présence de murs ou d'écrans. Ils représentent la courbe enveloppe des phénomènes d'explosion des cuves.

Les effets létaux significatifs sortent du site au nord dans la parcelle agricole où la présence de personnes est limitée.

Les installations sont existantes. Il n'est pas prévu de mesures de maîtrise des risques complémentaires.

COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène G d'explosion de citerne routière au poste de dépotage du chai n° 5

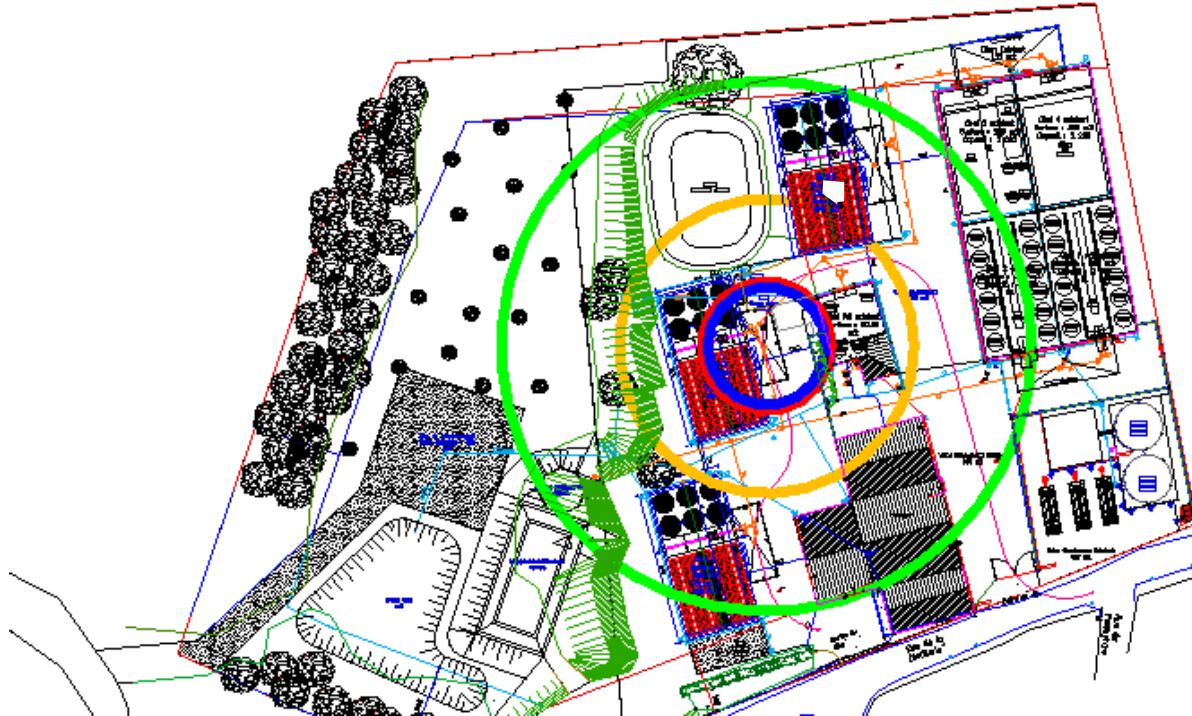


Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

Remarque : ces tracés ne tiennent pas compte de la présence de murs ou d'écrans. Ils représentent la courbe enveloppe des phénomènes d'explosion des cuves.

Les périmètres des effets irréversibles sortent légèrement au nord du site dans une parcelle agricole. Les effets létaux sont contenus dans le site. Les effets réversibles (bris de verre) sortent au nord et à l'est du site dans une parcelle agricole.

COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène G d'explosion de citerne routière au poste de dépotage du chai n° 6

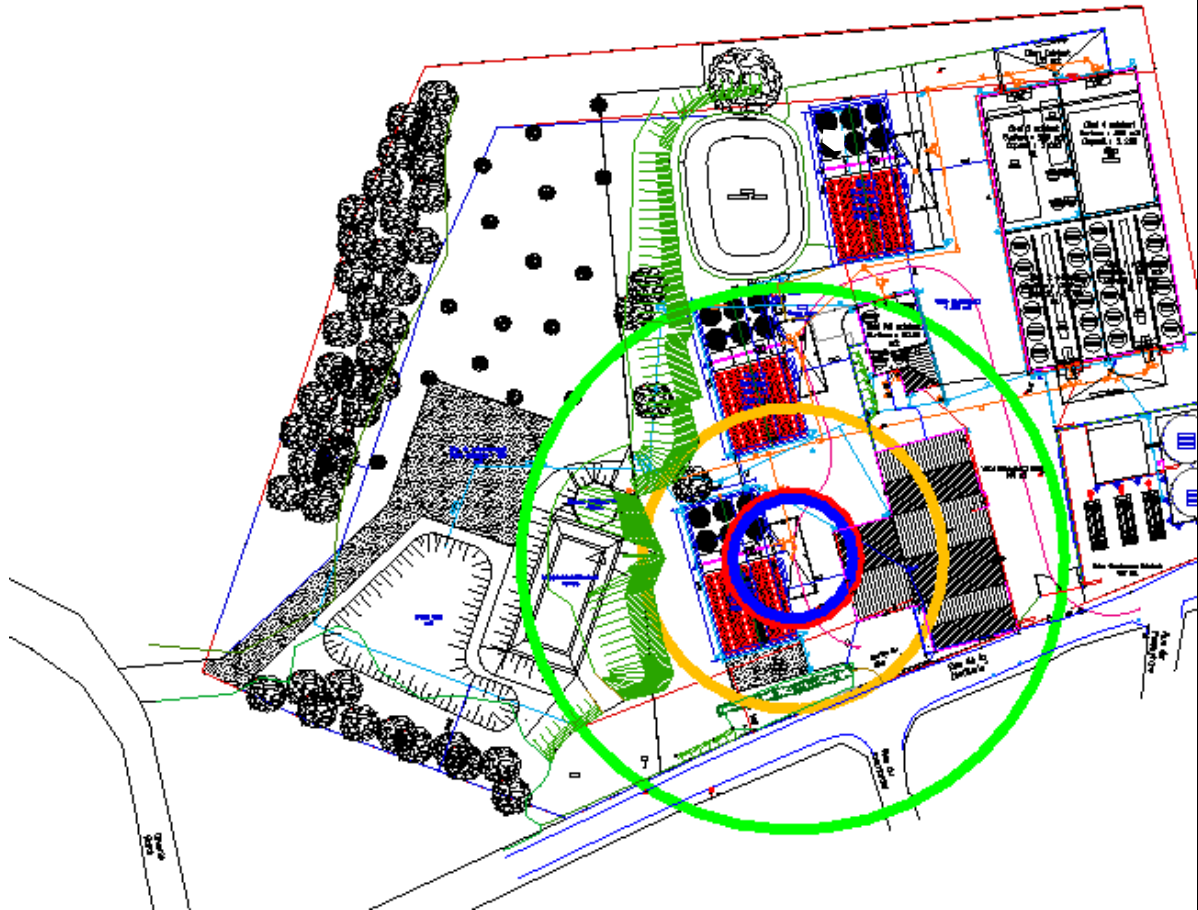


Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

Remarque : ces tracés ne tiennent pas compte de la présence de murs ou d'écrans. Ils représentent la courbe enveloppe des phénomènes d'explosion des cuves.

Les périmètres des effets réversibles sont contenus dans le site.

COURBES ENVELOPPES DES EFFETS DE SURPRESSION Phénomène G d'explosion de citerne routière au poste de dépotage du chai n° 7



Avec tenue des murs	Seuil
	Seuil des effets létaux significatifs (200 mbar)
	Seuil des premiers effets létaux (140 mbar)
	Seuil des effets irréversibles (50 mbar)
	Seuil des effets réversibles (20 mbar)

Remarque : ces tracés ne tiennent pas compte de la présence de murs ou d'écrans. Ils représentent la courbe enveloppe des phénomènes d'explosion des cuves.

Les effets létaux sont contenus dans le site. Les périmètres des effets irréversibles sortent très légèrement au sud du site en limite de la rue de la distillerie. Les effets réversibles (bris de verre) sortent au sud du site. Ces effets atteignent la rue de la distillerie et les parcelles de l'autre côté de la route.

8.5 QUANTIFICATION DES PHÉNOMÈNES DE PRESSURISATION

8.5.1 PHÉNOMÉNOLOGIE

La pressurisation de bac atmosphérique à toit fixe de liquides inflammables pris dans un incendie est à étudier dans les études de dangers, conformément à la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

La circulaire reprend et fait référence à la note de diffusion du ministère en charge de l'écologie BRTICP/2008-638/OA du 23 décembre 08 relative à la modélisation des effets liés au phénomène de pressurisation de bac atmosphérique à toit fixe de liquides inflammables. Elle précise les formules à utiliser pour modéliser le phénomène.

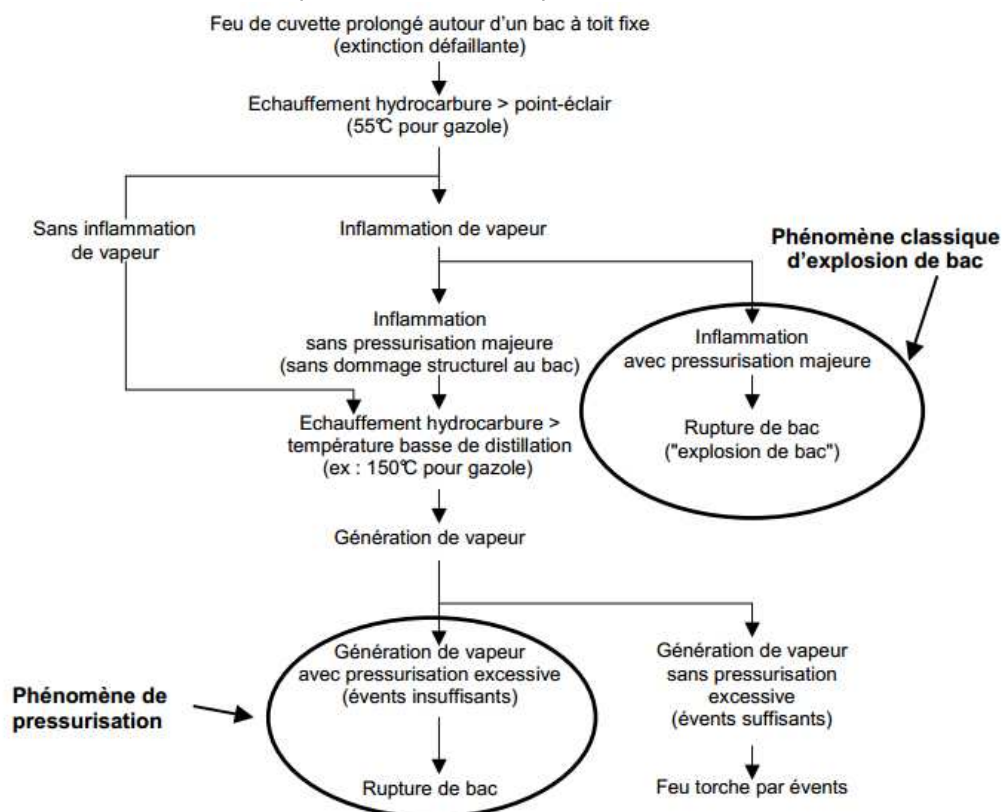
Cette circulaire et la note de diffusion s'inscrivent dans la lignée des documents émis par le GT Liquides Inflammables et ses membres parus en 2007 notamment :

- les boil over et autres phénomènes générant des boules de feu concernant les bacs des dépôts de liquides inflammables et à son annexe technique datés de 2007 ;
- note UFIP de novembre 2008 « Évaluation des effets thermiques liés au phénomène de pressurisation de bac atmosphérique à toit fixe de liquides inflammables pris dans un incendie extérieur modèle d'évaluation des effets thermiques d'un incendie de rétention ».

La circulaire de 2007 a été depuis intégrée à l'arrêté du 3 octobre 2010 sans modification du contenu.

Le phénomène correspond à celui d'un feu de cuvette chauffant un liquide inflammable pour le porter au-delà de la température basse de sa plage de distillation. Dans ce cas en effet, la pression absolue dépasse la pression atmosphérique et un bac à toit fixe se pressurise.

Les figures ci-dessous illustrent le phénomène et la séquence des évènements.



Source : Technip

Figure 45 : Séquence des évènements du phénomène de pressurisation de bac à toit fixe

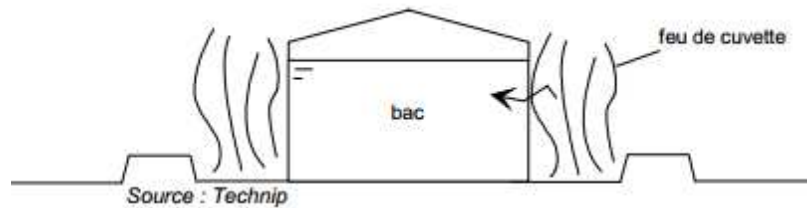


Figure 46 : Phénomène de pressurisation de bac à toit fixe

8.5.2 RÉSULTATS

L'application des formules des documents UFIP de 2008 et de la note du MEEDDAT de 2008 cités précédemment permet de calculer les effets thermiques de la boule de feu résultant de la pressurisation d'un bac atmosphérique à toit fixe.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau suivant, avec pour chaque cuve :

- le rayon de la boule de feu ;
- la hauteur de son centre ;
- la durée de la boule de feu ;
- les seuils d'effets thermiques létaux et irréversibles associés ;
- les distances aux seuils d'effets.

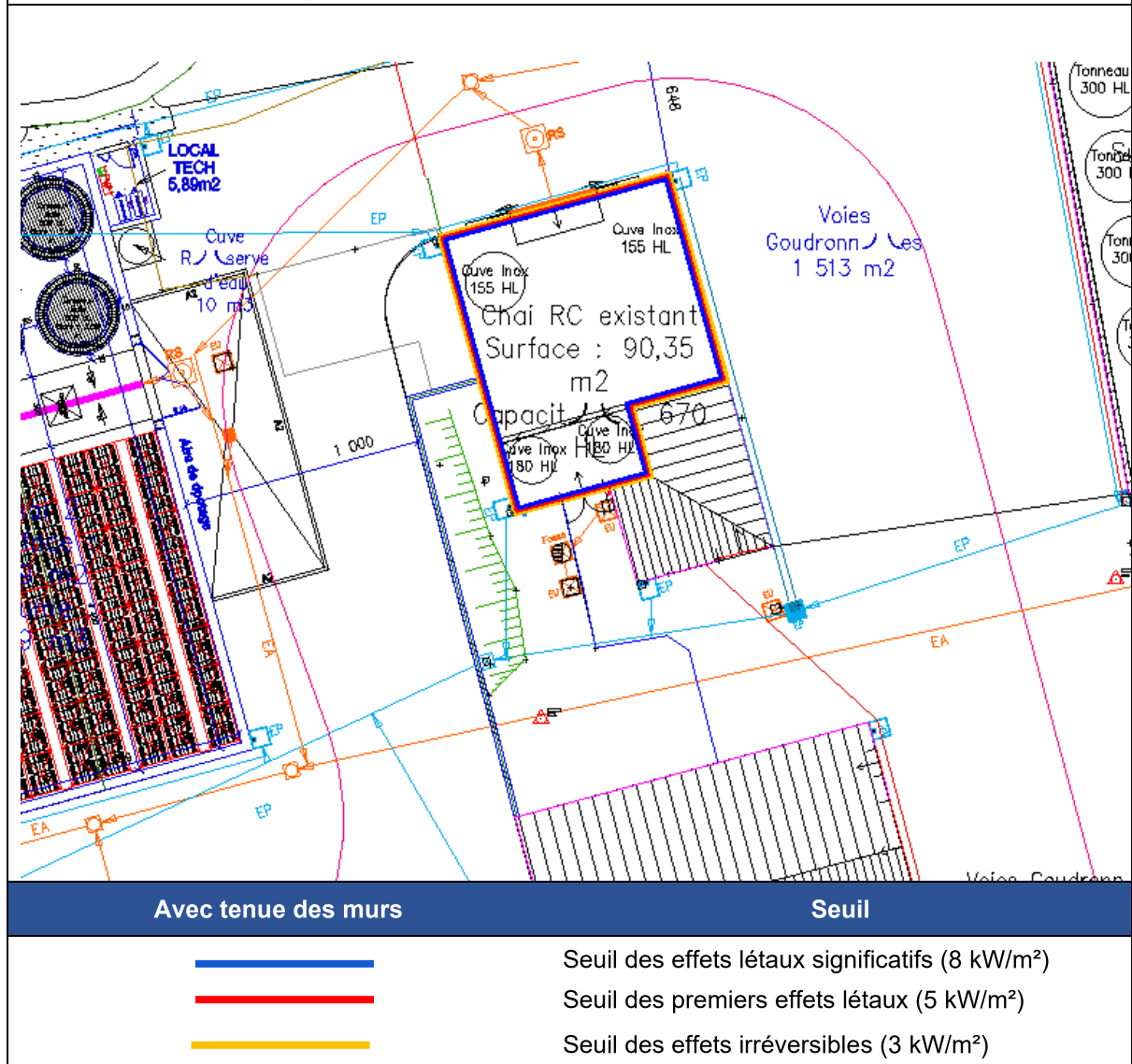
N° de la cuve	CMS (hl)	Caractéristiques de la boule de feu				Seuils d'effets			Distance au seuil d'effet (m)		
		Rayon (m)	H/centre (m)	Durée (s)	Émittance (kW/m ²)	SEI (kW/m ²)	SEL (kW/m ²)	SELS (kW/m ²)	SEI	SEL	SELS
Cellule 1 — Chai RC	180	1,2	4	2,6	150	59,1	86,6	134,6	10	9	9
Cellule 2 — Chai RC	150	1,235	3,3	2,47	150	56,9	83,5	129,7	10	10	10
Chais existants et nouveaux — cuve inox type de 300 hl	300	1,45	4,5	3,5	150	47,2	69,2	107,5	15	12	12

Tableau 52 : Caractéristiques de la boule de feu et distances aux seuils d'effets des phénomènes de pressurisation

Le scénario de pressurisation peut être rendu physiquement impossible en dotant chaque cuve d'une surface d'évent suffisante.

COURBES D'EFFETS THERMIQUES

Phénomène I de pressurisation de cuves prises dans l'incendie du chai RC

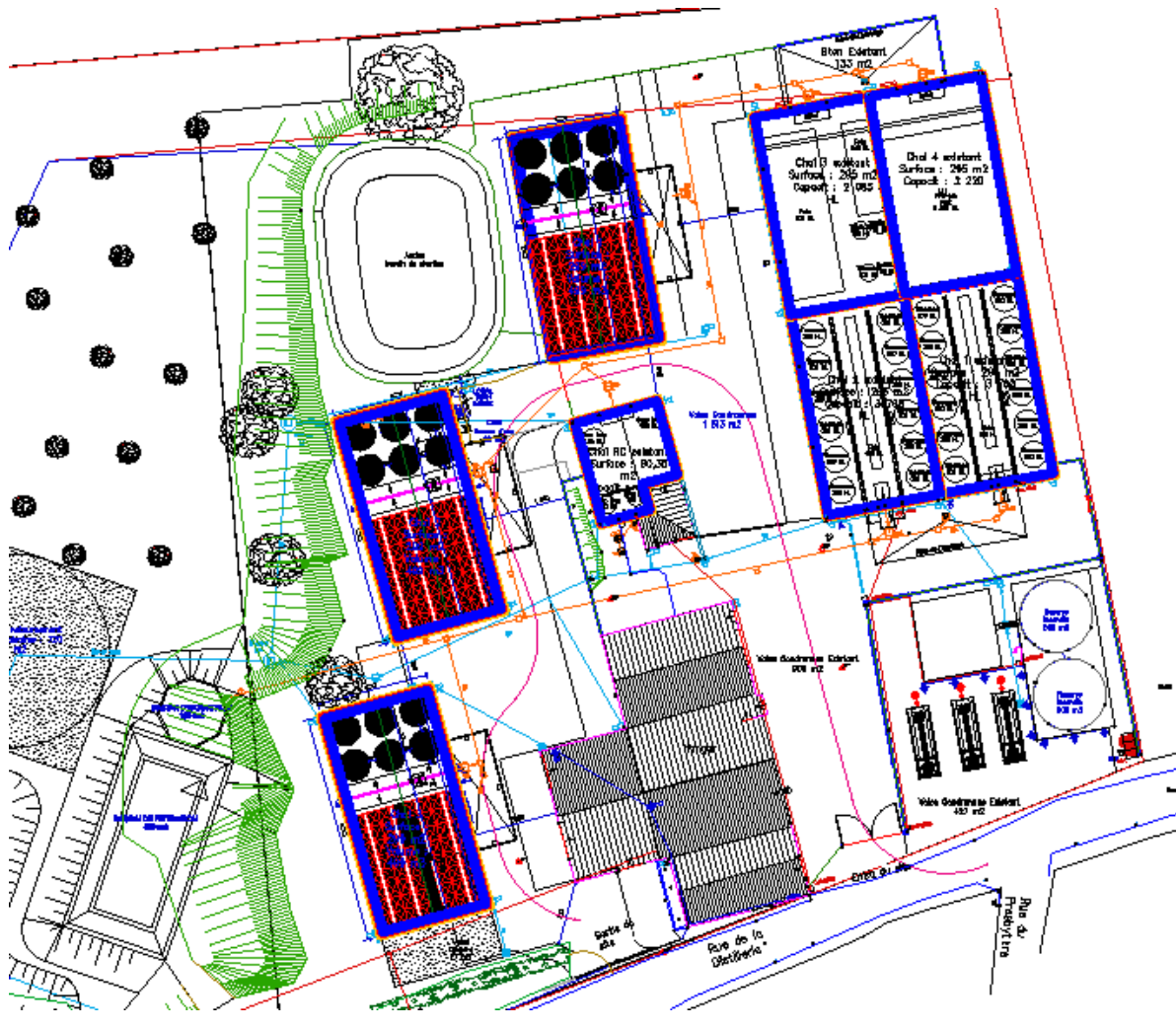


Remarque : en présence d'événements convenablement dimensionnés, le phénomène est physiquement impossible.

En présence des murs, aucun effet thermique associé à la pressurisation d'une cuve dans le chai n'est attendu à l'extérieur du chai

COURBES D'EFFETS THERMIQUES

Phénomène I de pressurisation de cuves prises dans l'incendie des chais n° 1 à 7



Avec tenue des murs

Seuil



Seuil des effets létaux significatifs (8 kW/m²)



Seuil des premiers effets létaux (5 kW/m²)



Seuil des effets irréversibles (3 kW/m²)

Toute nouvelle cuve comportera un évent convenablement dimensionné pour rendre le phénomène de pressurisation physiquement impossible.

Avec tenue des murs, il n'y a pas d'effet à attendre à l'extérieur des chais.

8.5.3 DIMENSIONNEMENT DES ÉVÉNEMENTS DE PRESSURISATION

8.5.3.1 FORMULES RETENUES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES ÉVÉNEMENTS

Les codes de construction des réservoirs fixent des pressions de design, qui sont utilisées pour le calcul de l'épaisseur de la robe, de sa stabilité, de l'épaisseur du toit, de l'aire de compression robe/toit, ainsi que pour la sélection et le dimensionnement des événements, l'ancrage du réservoir, le choix du type de toit et sa conception détaillée. C'est la pression de design qui permet d'évaluer la pression de rupture d'un réservoir atmosphérique.

Le choix du code de construction et donc de la pression de design associée à la conception du réservoir conditionne sa pression de rupture.

Pression de design (mbar)	CODRES 91 (France)	EN 14 015 (CEE)	API (US)
0	Réservoirs sans pression	Réservoirs à toit flottant	API 650 (jusqu'à 180 mbar)
5		Réservoirs sans pression	
10	Réservoirs à basse pression	Réservoirs à basse pression	
25		Réservoirs à basse pression	
56	Réservoirs à moyenne pression	Réservoirs à haute pression	
60	Sans objet	Réservoirs à très haute pression	API 620 (jusqu'à 1 bar)
180			
500			
1000			

Tableau 53 : Correspondance entre les différents codes de construction et les pressions de design associées

L'ensemble des experts consultés (Références : CETIM, API937A, JN Simier, TECHNIP, Lannoy [rapport Macart]) s'accordent pour dire que :

- pression de rupture varie dans le même sens que la pression de design,
- la pression de rupture d'un bac est inversement proportionnelle à son diamètre,
- un bac à basse pression ($P_{design} \leq 25$ mbar), vide ou en produit, présente une pression de rupture inférieure à 250 mbar.

En l'absence de donnée sur la pression de design des cuves, celle-ci sera retenue forfaitairement égale à 1000 mbar pour le dimensionnement des événements de pressurisation.

Le débit de vaporisation est donné par la norme EN14015 qui reprend la formule établie par l'API (API 2000 avril 1998) en évaluant le débit en équivalent « air ». Le GTDLI retient pour l'application de celle-l'hypothèse de l'API 2000 et de la EN14015, à savoir une hauteur plafonnée à 9 mètres pour la détermination de la surface mouillée. Il en résulte la formule suivante pour la détermination du débit de vaporisation.

$$P (W) = 43\,200 \times C \times A^{0,82}$$

Avec

- C = coefficient de 1,64 applicable à une cuvette de rétention mal drainée ;
- A : surface mouillée en m².

La formule devient :

$$U_{fb} = 70\,900 \times A_w^{0,82} \times R_i/H_v \times (T/M)^{0,5}$$

Avec

- UFB : débit de vaporisation en Nm³/h d'air ;
- AW : surface de robe au contact du liquide, en m² (avec hauteur plafonnée à 9 m) ;
- Hv : chaleur de vaporisation en kJ/kg ;
- M : masse molaire en kg/kmole ;
- Ri : coefficient de réduction pour prendre en compte l'isolation thermique ; ce facteur est pris égal à 1 correspondant à l'absence de toute isolation ;
- T : température d'ébullition, en K.

La section d'évent est donnée par la formule suivante :

$$S_e = \sqrt{\frac{1}{2} \rho_{air} \left(\frac{U_{FB}^2}{C_D^2 \times \Delta_p} \right)}$$

Avec

- ρ_{air} : masse volumique de l'air (1,3 kg/m³) ;
- Δp : différence de pression en Pa ;
- C_D : coefficient aérodynamique de l'évent (entre 0,6 et 1) ;
- S_e : section des événements en m² ;
- U_{FB} : débit de vaporisation en Nm³/s d'air.

8.5.3.2 APPLICATION NUMÉRIQUE

Le tableau suivant présente un exemple de sections d'événements calculées sur la base des formules du chapitre précédent, sur la base d'un débit d'évacuation dimensionné sur une pression de rupture de 10 mbar, position très majorante.

N° cuve	Caractéristiques des cuves			Events			
	V (en hl)	H (en m)	Diam (en m)	U _{fb} (Nm ³ /h)	A _w (m ³)	Section d'évent (m ²)	Diamètre d'évent (m)
Cellule 1 — Chai RC	180	4	2,4	3 740,93	30,16	0,044	0,237
Cellule 2 — Chai RC	150	3,3	2,47	3 271,22	25,61	0,039	0,222
Chais existants et nouveaux — cuve inox type de 300 hl	300	4,5	2,9	4 811,91	41,00	0,057	0,269

Tableau 54 : Dimensionnement des surfaces d'évent

A noter que les surfaces d'événements seront à déterminer par le constructeur.

8.6 POLLUTION

Les problématiques de pollution des eaux et des sols doivent être envisagées sur le site. En effet, des pollutions des eaux et des sols peuvent survenir :

- lors d'un déversement accidentel de produits, par exemple une fuite durant une opération de dépotage ;
- lors d'un incendie, les alcools pouvant sortir des structures gravitairement en l'absence de rétention ou par débordement de celles-ci ;
- lors d'un incendie par le déversement d'eaux chargées d'agents extincteurs et se mélangeant avec les produits.

Il importe donc de justifier les dimensionnements de rétention au regard des exigences réglementaires et des différentes structures concernées par un incendie potentiel.

8.6.1 MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LIMITER LES CONSÉQUENCES D'UN ÉCOULEMENT ACCIDENTEL

Les écoulements accidentels de faible envergure seront récupérés à l'aide d'agents absorbants ou de kits antipollution.

Pour les écoulements plus importants, le site sera pourvu d'un bassin de rétention étanche de 400 m³. Les écoulements seront dirigés vers ce bassin via des regards siphoniques et une fosse d'extinction de 150 m³.

Les chais existants étaient en rétention interne. Ils seront placés en rétention déportée dans le cadre du projet.

En cas débordement de la rétention, les écoulements seront canalisés gravitairement vers une noue de 900 m³ au sud-ouest du site et ne présenteront pas de dangers pour les tiers.

Les aires de dépotage disposeront du même système de rétention.

Structure	Chai 1	Chai 2	Chai 3	Chai 4	Chai RC	Chai n° 5	Chai n° 6	Chai n° 7
Surface	295 m ²	295 m ²	295 m ²	295 m ²	91 m ²	299 m ²	299 m ²	299 m ²
QSP	275 m ³	275 m ³	200 m ³	200 m ³	67 m ³	499 m ³	499 m ³	499 m ³
50 % QSP	137,5 m ³	137,5 m ³	100 m ³	100 m ³	33,5 m ³	249,5 m ³	249,5 m ³	249,5 m ³
Total Rétention	400 m ³ bassin de rétention							
Conformité réglementaire	Oui							

* Quantité maximale susceptible d'être présente

Tableau 55 : Justification de l'adéquation des capacités de rétention

Les canalisations et points de collecte du réseau de rétention déportée seront adaptés pour permettre l'évacuation du contenu des chais et des eaux d'extinction en une durée inférieure à la tenue au feu des murs.

Dans le cas des nouveaux chais, les volumes d'alcools sont de 500 m³ par chai, la tenue au feu des murs est de 4 h et la surface est de 299 m². En considérant un débit d'extinction de 10 l/m²/min, le débit d'effluents à évacuer du chai est de 5,1 m³/min.

Dans le cas des chais existants, la situation majorante correspond à celles des cellules n° 1 et n° 2 réunies. La quantité d'alcools présente est de 550 m³, la surface de 2x295 m² et la résistance au feu du mur entre les cellules de 2 h. En considérant un débit d'extinction de 10 l/m²/min, le débit d'effluents à évacuer des chais est de 10,5 m³/min.

8.6.2 DÉBORDEMENT DES RÉTENTIONS

La réglementation applicable aux chais impose la gestion des débordements de rétention vers des zones sans risque pour les tiers. C'est le cas du projet qui prévoit de diriger les écoulements vers une noue de 900 m³ au sud-ouest du site. Un écoulement dans cette zone ne présente pas de dangers pour les tiers.

8.7 CONCLUSION SUR LES MODÉLISATIONS

Avec tenue des murs, le seul phénomène dangereux à avoir des effets en dehors du site est le phénomène d'explosion d'un camion-citerne 300 hl.

Seul le périmètre d'effets réversibles (bris de vitres) sort du site au niveau de la route au sud du site. Des effets létaux sortent au niveau de la parcelle agricole au nord et des effets irréversibles sont présents au nord et à l'est.

Des effets dominos sont présents entre les chais n° 1 et 2 et n° 3 et 4. Le rehaussement de l'acrotère existant de 1 m permettra d'éviter les effets dominos.

9. ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES

9.1 MÉTHODOLOGIE

La finalité de l'étude détaillée est de porter un examen approfondi sur les phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur, c'est-à-dire dont les effets peuvent atteindre des enjeux à l'extérieur de l'établissement, et de vérifier la maîtrise des risques associés.

Cette étape est réalisée en groupe de travail notamment pour ce qui est relatif à l'évaluation des barrières de sécurité et aux itérations rendues nécessaires par la démarche de réduction des risques.

À l'issue de ce travail, l'objet est de disposer d'une vision globale des risques résiduels associés à ses installations se traduisant par une caractérisation de la probabilité d'occurrence et de la cinétique d'apparition des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur. Celle-ci s'obtient en agrégeant l'ensemble des scénarios autour d'un même phénomène dangereux, en prenant en compte les barrières de sécurité performantes. Pour ce faire, on utilise un nœud papillon.

La démarche générale consiste à déterminer pour chaque phénomène dangereux :

- la gravité des effets sur la base des modélisations d'intensité réalisées précédemment ;
- la probabilité d'occurrence des causes de défaillance ou des événements redoutés centraux ;
- construire des nœuds papillon (arbres de causes + arbres d'évènements) intégrant les mesures de prévention et de protection afin de statuer sur le risque résiduel ;
- positionner ce risque résiduel dans une grille de criticité afin d'en évaluer son acceptabilité ou la nécessité de mise en œuvre de mesures complémentaires.

Les chapitres suivants présentent :

- les échelles définissant les niveaux de gravité et de probabilité d'occurrence reprises de l'Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- la grille de justification des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité — gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant à des intérêts visés à l'article L511.1 du code de l'environnement, reprise de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT).

A noter que compte tenu des potentiels de dangers évoqués précédemment, de la non-complexité des installations, et des résultats de la modélisation de l'intensité des effets des phénomènes retenus, il n'a pas été mis en œuvre une méthodologie lourde d'analyse de risques et de quantification.

9.1.1 DÉTERMINATION DES NIVEAUX DE GRAVITÉ SUR LES ENJEUX HUMAINS

Pour chaque scénario d'accident majeur potentiel, une estimation de la gravité des conséquences est conduite selon l'échelle de cotation donnée par l'arrêté du 29 septembre 2005 précité et en application de la fiche n° 1 de la circulaire du 10 mai 2010 dénommée « Éléments pour la détermination de la gravité des accidents ». Il s'agit ici de décrire dans chaque enveloppe d'effets (SEI, SEL et SELS) le nombre de personnes susceptibles d'être impactées.

Niveau de gravité des conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs (SELS)	Zone délimitée par le seuil des effets létaux (SEL)	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine (SEI)
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées ⁽¹⁾	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes 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
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

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

Tableau 56 : Échelle de cotation de la gravité pour l'étude détaillée des risques

9.1.2 CARACTÉRISATION DE LA PROBABILITÉ D'OCCURRENCE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

Il s'agit de traduire l'atteinte potentielle des enjeux en termes de probabilité afin de répondre aux exigences réglementaires, notamment celles énoncées :

- par l'arrêté du 29 septembre 2005 précité qui demande explicitement l'examen des probabilités d'occurrence des accidents potentiels identifiés ainsi que la justification du positionnement de ces accidents dans l'échelle de probabilité à cinq classes définies en son annexe I selon des méthodes qualitatives, semi-quantitatives, ou quantitatives (voir tableau suivant) ;

- à l'annexe II de l'arrêté ministériel du 26 mai 2014 pour les établissements concernés, qui exige la description détaillée des accidents majeurs.

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

Tableau 57 : Classes de probabilité selon l'arrêté du 29 septembre 2005

La caractérisation en probabilité peut être réalisée en reportant sur des nœuds papillon les valeurs qualitatives, semi-quantitatives ou quantitatives de la fréquence d'occurrence de chaque évènement initiateur ou cause, ainsi que les taux de défaillance ou niveaux de confiance des barrières de sécurité. La probabilité de l'évènement critique est obtenue en appliquant soit les règles classiques de calcul dans les arbres de défaillance, soit leur traduction simplifiée pour une approche semi-quantitative qualifiée « d'approche barrière ».

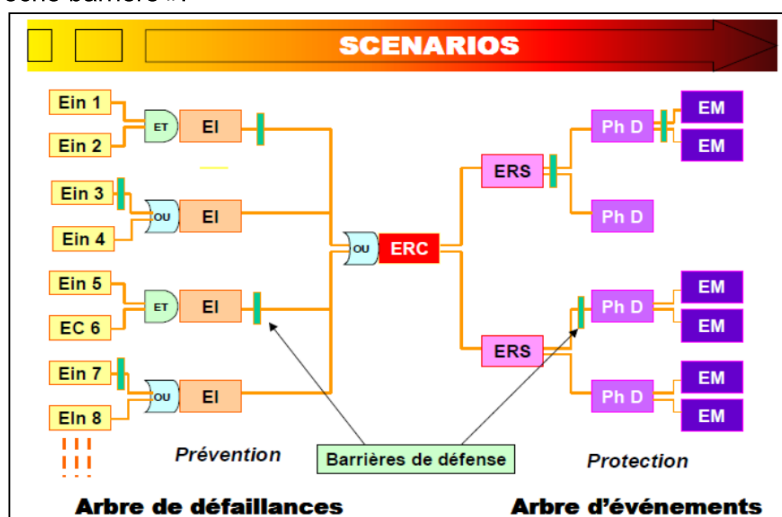


Figure 47 : Approche nœud papillon

Dans cette étude, nous retiendrons une approche semi-quantitative.

Les étapes de la démarche sont les suivantes :

- étape 1 : définition du scénario d'accident, de ses évènements initiateurs ;
- étape 2 : caractérisation des probabilités individuelles des évènements initiateurs Ein ou EI ;
- étape 3 : sélection des mesures de maîtrise des risques et définition des niveaux de confiance NC des mesures de maîtrise ;
- étape 4 : agrégation des mesures de maîtrise des risques d'un même scénario ;
- étape 5 : détermination de l'indice de probabilité d'occurrence de l'évènement majeur.

Pour l'étape 2

La cotation de la fréquence des évènements initiateurs est réalisée les classes suivantes :

Fréquence	Classe de fréquence	Correspondance
$10^{-1} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-2} \text{ an}^{-1}$	-2	10 à 100 fois par an
$1 \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-1} \text{ an}^{-1}$	-1	1 à 10 fois par an
$10^{-1} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 1 \text{ an}^{-1}$	0	1 fois tous les 1 à 10 ans
$10^{-2} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-1} \text{ an}^{-1}$	1	1 fois tous les 1 à 100 ans
$10^{-2} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-2} \text{ an}^{-1}$	2	1 fois tous les 100 à 1000 ans
$10^{-x+1} \text{ an}^{-1} \leq \text{Fréquence} < 10^{-x} \text{ an}^{-1}$	x	..

Tableau 58 : Échelle de classe de fréquence utilisée par l'INERIS pour les EI

A défaut, l'indice de fréquence d'occurrence de l'évènement initiateur est considéré comme égal à 1. La fréquence d'occurrence de l'évènement redouté est calculée par multiplication des bornes supérieures de classes de probabilité des évènements initiateurs.

Certains évènements initiateurs liés aux risques naturels (foudre, crue, séisme) pris en compte dans l'analyse des risques ne font pas l'objet d'une évaluation de leur probabilité d'occurrence conformément à l'annexe 2 de l'arrêté du 26 mai 2014.

L'évaluation des probabilités d'occurrence s'appuie sur plusieurs sources telles que :

- des données bibliographiques : documents INERIS, ARAMIS... ;
- des retours d'expérience ;
- la circulaire du 10 mai 2010 (cigarettes, travaux, foudre...).

Des tableaux extraits du rapport INERIS « Programme EAT – DRA34 — Opération J — Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques — partie 2 — Données quantitatives » justifiant quelques probabilités d'occurrence d'évènements initiateurs, sont donnés en annexe à titre d'exemple.

Pour l'étape 3 et 4

La sélection des mesures de maîtrise des risques s'effectue par évaluation de leur performance. Leur performance est évaluée selon les méthodologies des guides INERIS suivants :

- OMÉGA 10 – Évaluation des performances des barrières techniques (V2 — 2008) ;
- OMÉGA 20 — Démarche d'évaluation des Barrières humaines de Sécurité — DRA 77 — V2 (2009).

L'évaluation de la performance des MMR s'effectue sur la base des critères :

- d'indépendance : absence de mode commun de défaillance ;
- d'efficacité : adéquation de la MMR à remplir la tâche ou la fonction ;
- de temps réponse : adéquation du temps de mise en œuvre de la MMR à la cinétique de la dérive ;
- de niveau de confiance : aptitude de la MMR à remplir sa fonction sans erreur.

Pour l'étape 5

L'indice de probabilité global de l'évènement majeur est déterminé grâce aux arbres de causes et d'évènements par prise en compte des portes « ou » et « et ».

Il s'appuie sur a méthodologie développée dans le rapport INERIS suivant :

- Rapport d'étude n° DRA-14-141478-10997A : formalisation du savoir et de la connaissance dans le domaine du risque majeur (EAT DRA 76) — Agrégation semi-quantitative des probabilités dans les études de dangers des installations classées — Omega — Probabilités.

9.1.3 CARACTÉRISATION DE LA CINÉTIQUE

La cinétique d'un accident majeur se décompose selon 2 types :

- la cinétique préaccidentelle qui correspond à la durée nécessaire pour aboutir à l'évènement redouté central, soit le délai entre l'évènement initiateur et la libération du potentiel de danger ;
- la cinétique post-accidentelle qui est déterminée par la dynamique du phénomène dangereux et l'exposition des cibles.

La cinétique préaccidentelle est liée à chaque évènement initiateur et peut varier de quelques millisecondes à plusieurs heures (exemple la foudre : quelques millisecondes/départ de feu après travaux : plusieurs heures).

La cinétique post-accidentelle est caractérisée par plusieurs délais :

- le délai d'occurrence D₁ qui a lieu dès que les conditions nécessaires sont réunies ;
- le délai de montée en puissance D₂ jusqu'à un état stationnaire ;
- le délai d'atteinte des cibles D₃ ;
- le délai d'exposition des cibles D₄.

Délai	Incendie	Explosion	Pollution
d1 : délai d'occurrence	Immédiat (à l'inflammation du produit)	Immédiat	Immédiat
d2 : délai de montée en puissance	Plusieurs minutes à plusieurs heures	Quelques millisecondes (onde de choc instantanée)	Plusieurs minutes
d3 : temps d'atteinte	Immédiat (vitesse lumière)	Quelques millisecondes, car les ondes de choc se transmettent à la vitesse du son dans l'atmosphère	Plusieurs minutes à plusieurs jours selon les cibles, le terrain, les compartiments touchés.
d4 : durée d'exposition	Immédiat à plusieurs heures selon mise à l'abri	Quelques millisecondes	Plusieurs heures à plusieurs jours

Tableau 59 : Exemple de grille d'évaluation de la cinétique

De façon pragmatique, dans la mesure où il n'est pas possible de se prononcer sur la possibilité de mise à l'abri des cibles, la cinétique des phénomènes sera retenue comme « rapide », à l'exception de quelques phénomènes retardés de type pressurisation de cuve et pour des conditions d'urbanisation favorables.

9.1.4 CARACTÉRISATION DE L'ACCEPTABILITÉ

Les critères d'appréciation du niveau de maîtrise des risques sont exposés dans la circulaire ministérielle du 10 mai 2010 au chapitre « Appréciation de la démarche de réduction des risques à la source : Règles générales ».

La grille suivante permet la justification des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité-gravité des conséquences sur les personnes physiques.

Gravité	Probabilité				
	E Extrêmement peu probable	D Très improbable	C Improbable	B Probable	A Courant
Désastreux	NON partiel (site nouveau)	NON rang 1	NON rang2	NON rang3	NON rang4
	MMR Rang 2 (sites existants)				
Catastrophique	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON rang 1	NON rang2	NON rang3
Important	MMR Rang 1	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON rang 1	NON rang2
Sérieux			MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON rang 1
Modéré					MMR Rang 1

Tableau 60 : Grille d'appréciation du niveau de maîtrise des risques

Cette grille définit trois zones de risques :

- une zone de risque élevé inacceptable figurée par le mot « **NON** » ;

- une zone de risque intermédiaire figurée par le sigle **MMR** dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques, et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ;
- une zone **verte** correspondant à une zone de risque moindre qui ne comporte ni « non » ni « MMR ».

La gradation des cases « NON » ou « MMR » en « rang » correspond à un risque croissant depuis le rang 1 jusqu'au rang 2 pour les cases « MMR » et depuis le rang 1 jusqu'au rang 4 pour les cases « NON ». Cette gradation correspond à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (rangs les plus élevés).

9.2 APPLICATION AU SITE

9.2.1 CARACTÉRISATION DE LA PROBABILITÉ

Les nœuds papillon pages présentent les arbres de causes et d'évènements des différents phénomènes retenus et regroupent :

- les incendies de stockages d'alcools ;
- les explosions de bacs atmosphériques ;
- les phénomènes de pressurisation de bacs pris dans un incendie.

NœUD PAPILLON - INCENDIE D'UN STOCKAGE D'ALCOOLS

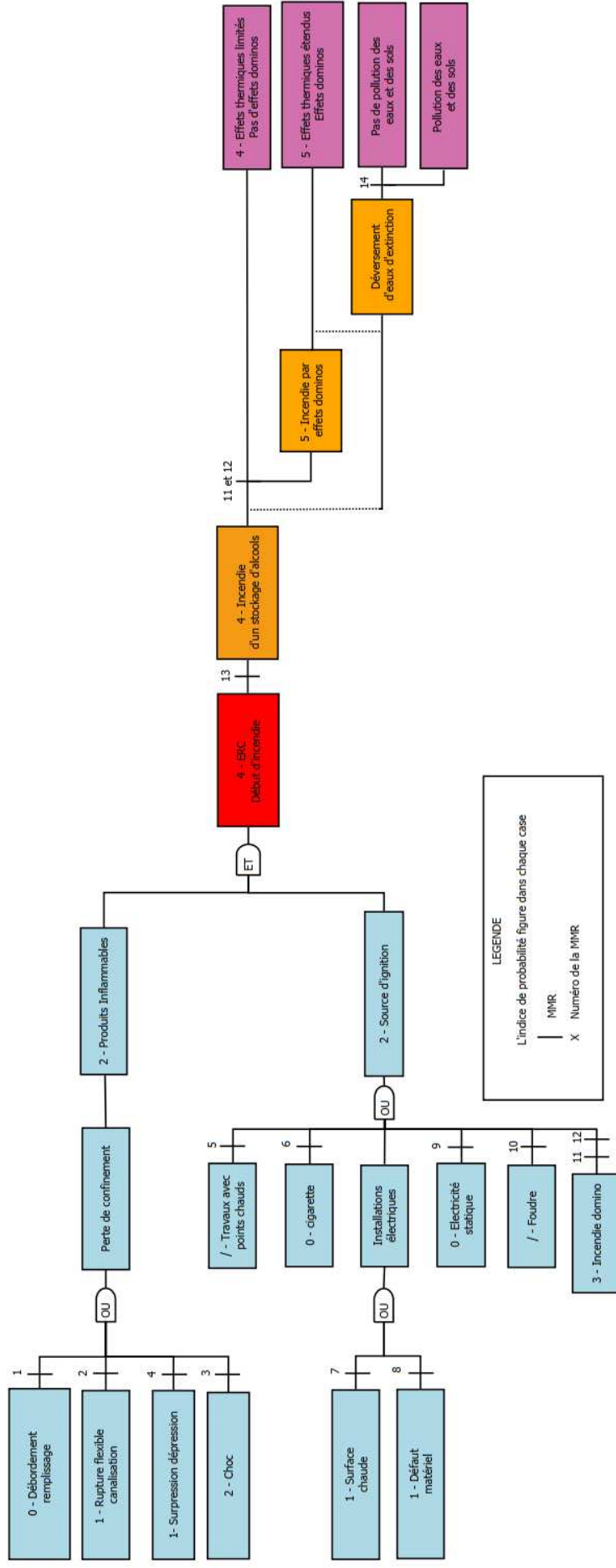


Figure 48 : Nœud papillon d'un incendie de stockage d'alcools

Arbre des causes — Incendie d'un stockage d'alcools							
Évènements initiateurs	Indice de fréquence d'occurrence	Mesures de prévention	N°	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	
Perte de confinement	0	Procédure de dépotage et travail binôme	1	oui	Adapté	oui	NC2
	1	Entretien des installations — maintenance	2	oui	Adapté	oui	NC1
	1	Consignes de circulation	3	oui	Adapté	oui	NC1
	1	Suppression dépression	4	oui	Adapté	oui	NC2
Travaux avec points chauds	/	Permis feu — permis de travail - plan de prévention	5	oui	Adapté	oui	/
	0	Affichage des interdictions et consignes	6	oui	Adapté	oui	NC2
	1	Conformité des équipements au zonage ATEX	7	oui	Adapté	oui	NC1
Installations électriques	1	Contrôle annuel par organisme agréé et maintenance	8	oui	Adapté	oui	NC2
		Électricité statique	9	oui	Adapté	oui	NC2
Effets dominos	/	Conformité des installations foudre et vérifications périodiques	10	oui	Adapté	oui	/
		Murs coupe-feu	11	oui	Adapté	oui	NC1
		Distance d'isolement	12	oui	Adapté	oui	NC1

Tableau 61 : EI et MMR d'un incendie de stockage d'alcools

Arbre d'évènements — Incendie d'un stockage d'alcools					
Phénomène dangereux	Mesures de protection	N°	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité
Incendie Effets thermiques	Murs coupe-feu	11	oui	Adapté	oui
	Détection incendie	13	oui	Adapté	oui
Écoulements enflammés	Mise en rétention déportée	14	oui	Adapté	oui

Tableau 62 : Mesures de protection d'un incendie de stockage d'alcools

NOEUD PAPILLON - EXPLOSION DE BAC ATMOSPHERIQUE OUI DE CAMION CITERNE

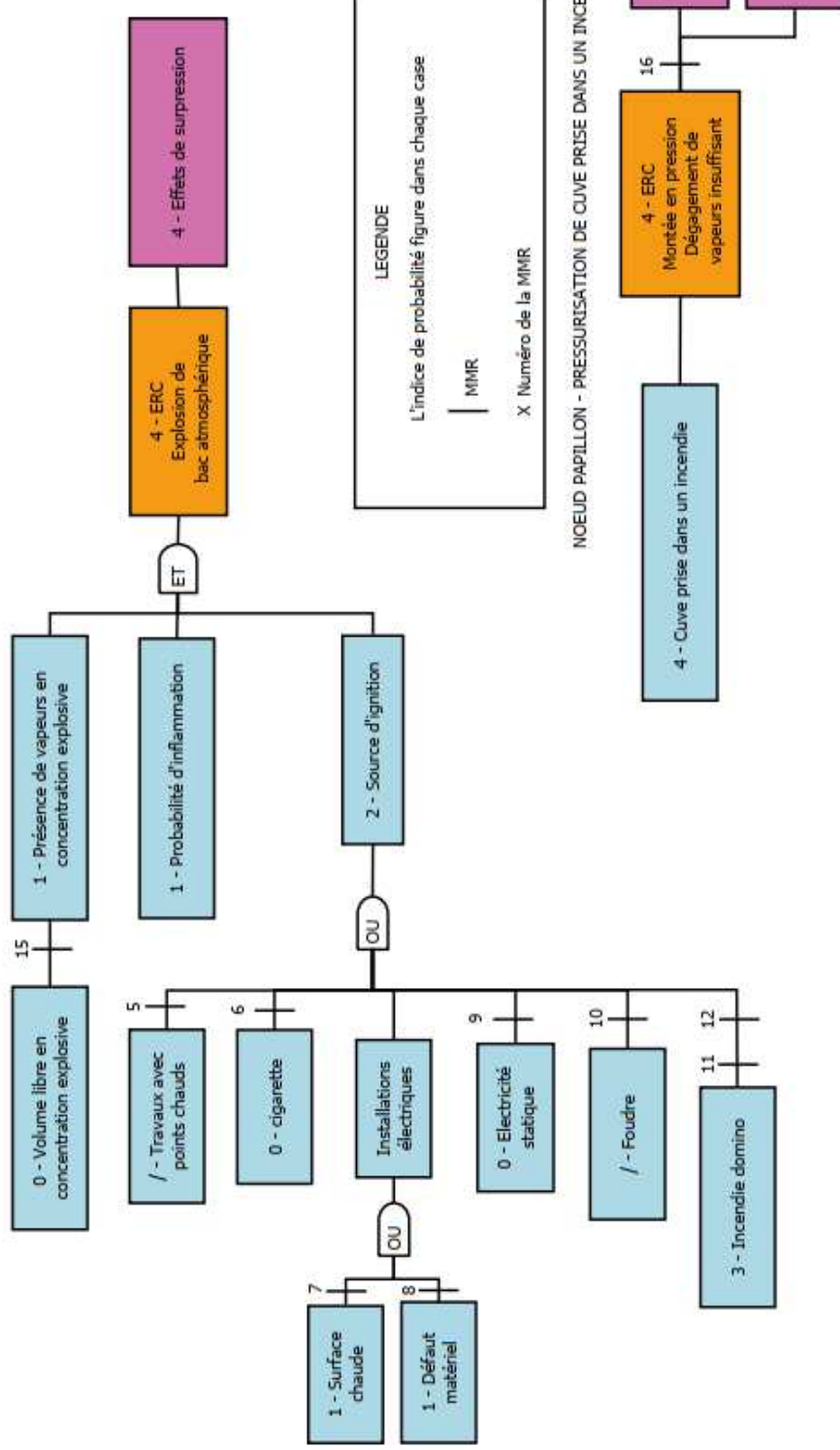


Figure 49 : Nœud papillon d'une explosion de bac atmosphérique et d'une pressurisation de cuve prise dans un incendie

Arbre des causes — Explosion de bac atmosphérique							
Évènements initiateurs	Indice de fréquence d'occurrence	Mesures de prévention	N°	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Niveau de confiance
Travaux avec points chauds	/	Permis feu — permis de travail - plan de prévention	5	oui	Adapté	oui	/
Cigarette	0	Affichage des interdictions et consignes	6	oui	Adapté	oui	NC2
Installations électriques	1	Surface chaude	7	oui	Adapté	oui	NC1
		Défaut matériel					
Électricité statique	0	Contrôle annuel par organisme agréé et maintenance	8	oui	Adapté	oui	NC2
		Equipotentialité des masses métalliques — mises à la terre					
Foudre	/	Conformité des installations foudre et vérifications périodiques	9	oui	Adapté	oui	NC2
Effets dominos	3	Murs coupe-feu	10	oui	Adapté	oui	/
		Distance d'isolement	11	oui	Adapté	oui	NC1
Vapeurs en concentrations explosives	0	Inertage	12	oui	Adapté	oui	NC1
			15	oui	Adapté	oui	1

Tableau 63 : EI et MMR d'une explosion de bac atmosphérique

Arbre des causes — Pressurisation de bac pris dans un incendie							
Évènements initiateurs	Indice de fréquence d'occurrence	Mesures de prévention	N°	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Niveau de confiance
Cuve prise dans un incendie — Montée en pression	4	Surface d'événements convenablement dimensionnée	16	oui	Adapté	oui	Rends physiquement impossible le phénomène

Tableau 64 : EI et MMR d'une pressurisation de bac pris dans un incendie

9.2.2 LISTE DES BARRIÈRES DE SÉCURITÉ AVEC LEURS CARACTÉRISTIQUES PRÉCISES

Le tableau présente la liste des barrières de sécurité et leurs caractéristiques.

N° MMIR	Référence	Objectif	Scénarios d'intervention	Niveau de confiance	Cinétique de réponse	Indépendance
1	Procédure de dépotage et travail binôme	Prévenir les pertes de confinement par débordement	Incendie sur perte de confinement	NC2	Adaptée	Oui
2	Entretien des installations — maintenance	Prévenir les pertes de confinement par rupture de flexibles, effondrement de racks...	Incendie sur perte de confinement	NC1	Adaptée	Oui
3	Consignes de circulation	Prévenir les pertes de confinement dues à un choc	Incendie sur perte de confinement	NC1	Adaptée	Oui
4	Procédure de dépotage/événements	Prévenir les pertes de confinement par éclatement de contenants par pression/dépression	Incendie sur perte de confinement	NC2	Adaptée	Oui
5	Permis feu — permis de travail - plan de prévention	Prévenir l'occurrence de sources d'ignition	Incendie de chai Explosion de cuve	/	Adaptée	Oui
6	Affichage des interdictions et consignes	Prévenir l'occurrence de sources d'ignition	Incendie de chai Explosion de cuve	/	Adaptée	Oui
7	Conformité des équipements au zonage ATEX	Prévenir les risques d'incendie d'origine électrique	Incendie électrique Explosion de cuve	NC1	Adaptée	Oui
8	Contrôle annuel par organisme agréé et maintenance	Prévenir les risques d'incendie d'origine électrique	Incendie de chai Explosion de cuve	NC2	Adaptée	Oui
9	Equipotentialité des masses métalliques — mises à la terre	Prévenir les risques d'origine électrique	Incendie de chai Explosion de cuve	NC2	Adaptée	Oui
10	Conformité des installations foudre et vérifications périodiques	Protéger contre la foudre	Incendie dû à la foudre	/	Adaptée	Oui
11	Murs coupe-feu	Prévenir les effets dominos	Incendie de chai Explosion de cuve	NC1	Adaptée, car barrières passives	Les 2 mesures sont nécessaires simultanément pour remplir la fonction de sécurité
12	Distance d'isolement					
13	Détection incendie	Limitier la propagation d'un incendie	Incendie de chai	NC0	Adaptée	Oui — voir analyse
14	Rétention	Limitier les conséquences d'un incendie	Incendie de chai	NC2	Adaptée	Oui
15	Inertage lors des opérations de maintenance	Prévenir la présence d'Atex lors des opérations sur les contenants	Explosion de cuve	NC1	Adaptée	Oui — voir analyse
16	Événements sur cuves	Rendre physiquement impossible la pressurisation de cuves	Pressurisation de cuve	NC1	Adaptée	Oui — voir analyse

Tableau 65 : Liste des barrières de sécurité

L'évaluation de la performance des mesures de maîtrise des risques est annexée au présent document

Le tableau présente la synthèse des indices de probabilité associés à chaque phénomène dangereux retenu en tenant compte des barrières selon l'approche semi-quantitative. En l'absence de MMR, les phénomènes sont supposés avoir une occurrence courante.

Type	N° PhD	Phénomène dangereux	E	D	C	B
			Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable
Incendie	A	Incendie du stockage chai RC		X		
Incendie	B1	Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec tenue des murs		X		
Incendie	B2	Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec effondrement des murs ouest nord et est		X		
Incendie	C1	Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4		X		
Incendie	C2	Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 avec effondrement des murs ouest sud et est		X		
Incendie	D	Incendie du chai nouveau n° 5 de 500 m ³ — 299 m ²		X		
Incendie	E	Incendie du chai nouveau n° 6 de 500 m ³ — 299 m ²		X		
Incendie	F	Incendie du chai nouveau n° 7 de 500 m ³ — 299 m ²		X		
Explosion	G	Explosion du plus grand compartiment d'un camion-citerne		X		
Explosion	H	Stockage des cuves inox 180 hl		X		
		Stockage des cuves inox 150 hl		X		
		Chais existants et nouveaux — cuve inox type de 300 hl		X		
Effets thermiques	I	Pressurisation de bac pris dans un incendie de la cellule 1 — Chai RC	X			
		Pressurisation de bac pris dans un incendie de la cellule 2 — Chai RC	X			
		Pressurisation de bac pris dans un incendie pour les chais existants et nouveaux — cuve type de 300 hl	X			

Tableau 66 : Indice de probabilité des phénomènes dangereux retenus

9.2.3 CARACTÉRISATION DE LA GRAVITÉ

Les nombres d'équivalents-personne à l'extérieur du site présents dans les périmètres d'effets sont résumés dans le tableau suivant par phénomène dangereux.

Type	N° PhD	Phénomène dangereux	Nombre d'équivalents-personne			Niveau de gravité
			SELS	SEL	SEI	
Incendie	A	Incendie du stockage chai RC	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Incendie	B1	Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec tenue des murs	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Incendie	B2	Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2 avec effondrement des murs ouest nord et est	<1	<1	<1	Important
Incendie	C1	Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Incendie	C2	Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4 avec effondrement des murs ouest sud et est	<1	<1	<1	Important
Incendie	D	Incendie du chai nouveau n° 5 de 500 m ³ — 299 m ²	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Incendie	E	Incendie du chai nouveau n° 6 de 500 m ³ — 299 m ²	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Incendie	F	Incendie du chai nouveau n° 7 de 500 m ³ — 299 m ²	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Explosion	G	Explosion du plus grand compartiment d'un camion-citerne	<1	<1	<1	Important
Explosion	H	Stockage des cuves inox 180 hl	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
		Stockage des cuves inox 150 hl	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
		Chais existants et nouveaux — cuve inox type de 300 hl	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
Effets thermiques	I	Pressurisation de bac pris dans un incendie de la cellule 1 — Chai RC	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
		Pressurisation de bac pris dans un incendie de la cellule 2 — Chai RC	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur
		Pressurisation de bac pris dans un incendie pour les chais existants et nouveaux — cuve type de 300 hl	0	0	0	Non coté Pas d'effets à l'extérieur

Tableau 67 : Nombre d'équivalents par scénarios — Estimation de la gravité

Les phénomènes d'incendie après effondrement des murs coupe-feu des chais nouveaux ne seront pas conservés au regard du délai disponible pour l'intervention des secours. Les modélisations de ces phénomènes sont présentées en annexes.

Pour les chais 1 & 2 et 3 & 4, la modélisation de l'incendie généralisé aux 4 cellules avec effondrement du mur de refend et de son acrotère est également présentée en annexes.

9.2.4 CARACTÉRISATION DE LA CINÉTIQUE

Tous les phénomènes retenus sont considérés de cinétique rapide à l'exception du phénomène de pressurisation de bac pris dans un incendie dont la cinétique est lente et retardée.

9.2.5 ÉVALUATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT

Les phénomènes dangereux B2, C2 et G ayant des effets à l'extérieur du site sont positionnés dans la grille d'acceptabilité ci-dessous.

Gravité	Probabilité				
	E	D	C	B	A
	Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
Désastreux	NON partiel (site nouveau)	NON rang 1	NON rang2	NON rang3	NON rang4
	MMR Rang 2 (sites existants)				
Catastrophique	MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON rang 1	NON rang2	NON rang3
Important	MMR Rang 1	MMR Rang 1 B2, C2, G	MMR Rang 2	NON rang 1	NON rang2
Sérieux			MMR Rang 1	MMR Rang 2	NON rang 1
Modéré					MMR Rang 1

Tableau 68 : Grille d'appréciation du niveau de maîtrise des risques

Remarques :

- les phénomènes d'incendie après effondrement des murs coupe-feu ne sont pas conservés au regard du délai disponible pour l'intervention des secours. Ils n'apparaissent donc pas dans le tableau précédent ;
- tous les phénomènes de pollution des eaux et des sols à l'extérieur du site pouvant résulter d'incendies ne figurent pas dans le tableau ci-dessus du fait de la mise en œuvre par l'entreprise de capacités de rétention et de confinement adéquates sur site ;
- bien que les effets du phénomène d'explosion du plus grand compartiment d'un camion-citerne soient considérés comme importants à cause de l'aire de dépotage des chais n° 3 et n° 4, aucune mesure n'est prévue : ces installations sont existantes, le nombre annuel d'opérations de dépotage est très réduit et la présence de personne dans la zone est quasiment nulle (parcelle agricole) ;

Aucune mesure complémentaire n'est prévue pour réduire les conséquences des phénomènes B2 et C2 qui présentent des effets à l'extérieur du site sur des zones de présence quasi nulle. Ces chais sont existants et l'entreprise propose de rehausser le mur de refend existant coupe-feu pour limiter les risques de propagation d'incendie. Elle propose aussi d'augmenter la réserve d'eau pour répondre à l'incendie de 2 cellules de chai et de protéger ou de déplacer de quelques mètres vers le sud les points de pompage pour qu'ils soient hors des zones d'effets de 3 kW/m².

9.3 RECOMMANDATIONS POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES

9.3.1 MESURES DE MAÎTRISE DES RISQUES

Les mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le site ont été décrites aux chapitres 4.2.5 à 4.4.2. Elles regroupent :

- des mesures de prévention opérant en amont de l'évènement redouté ;
- des mesures de protection intervenant en aval de l'évènement redouté central et visant à réduire ou supprimer les effets des phénomènes dangereux sur les personnes, les biens ou l'environnement.

Elles peuvent être techniques et/ou organisationnelles. Ces mesures sont reprises par phénomène dangereux ci-après.

9.3.2 MESURES DE MAÎTRISE TECHNIQUES DES RISQUES D'INCENDIE

L'entreprise mettra en œuvre les mesures techniques suivantes vis-à-vis du risque incendie :

- une accessibilité des stockages et des réserves d'eau aux engins du SDIS ;
- des moyens en eau en adéquation avec le phénomène majeur d'incendie. Le dimensionnement des moyens en eau a été présenté au chapitre 4.4.1.1. Les besoins en eau ont été estimés à 1 320 m³, sur la base de l'incendie généralisé des chais existants n° 1 à n° 4. Ce besoin sera couvert par la réserve de 500 m³ existante et la nouvelle réserve de 1 000 m³ ;
- le déplacement des points de pompage vers le sud ou la réalisation d'un mur de protection pour les positionner hors des flux thermiques de 3 kW/m² ;
- une implantation des installations à une distance des limites de propriétés conforme aux prescriptions du cahier des charges des nouveaux stockages d'alcools soumis à autorisation ;
- des constructions conformes à ce même cahier des charges (murs REI240, couverture broof T3, exutoires 2 %...). Les caractéristiques des constructions ont été présentées dans la « PARTIE N° 3 — DESCRIPTION DES INSTALLATIONS EXISTANTES ET PROJETÉES » au chapitre 4.3 et dans cette étude de dangers au chapitre 4.2.5.1 ;
- la mise en place d'un réseau PIA conforme à la règle APSAD dans les nouveaux chais ;
- des extincteurs de puissance 144B en nombre suffisant par chai ;
- la protection foudre de toutes les structures à risques ;
- l'équipotentialité et la mise à la terre des masses métalliques ;
- la conformité des matériels électriques (normes ATEX, décret n° 88-1056...);
- une détection incendie sur tous les bâtiments ;
- la mise en rétention déportée des tous les chais et des aires de dépotage par des réseaux de collecte et rejoignant via des regards siphonides, la fosse d'extinction de 150 m³ et le bassin de rétention de 400 m³ ; le réseau, la fosse d'extinction et la rétention seront adaptés aux débits et aux volumes définis dans les moyens de lutte contre l'incendie (10 l/m²/mn) auquel s'ajouteront l'évacuation de l'alcool contenu dans les chais en une durée inférieure à la tenue au feu des murs ;
- les éventuels débordements du bassin de rétention seront dirigés vers la noue de 900 m³, dans une zone sans dangers pour les tiers ;
- la vidéosurveillance des installations ;
- l'acrotère actuel sera rehaussé de 1 m pour limiter les risques d'effets dominos entre les chais 1 & 2/3 & 4.

9.3.3 MESURES DE MAÎTRISE TECHNIQUES DES RISQUES D'EXPLOSION

Les mesures techniques prévues par l'entreprise vis-à-vis des risques d'explosion sont les suivantes :

- délimitation des zones ATEX et conformité du matériel électrique au zonage ATEX ;
- conformité de la protection foudre ;

- l'équipotentialité et la mise à la terre des masses métalliques ;
- des prises de terre à tous les postes de dépotage d'alcools ;
- l'inertage des cuves d'alcools lorsqu'elles sont non utilisées.

La délimitation des zones ATEX sera réalisée conformément aux directives 94/9/CE et 1999/92/CE ainsi qu'à l'arrêté du 8 juillet 2003. Le zonage ATEX est réalisé conformément aux zones suivantes :

- zone de type 0 : mélange explosif présent en permanence ;
- zone de type 1 : mélange explosif pouvant apparaître en fonctionnement normal ;
- zone de type 2 : mélange explosif pouvant apparaître dans des conditions anormales de fonctionnement et de courte durée.

Ces zones ATEX feront l'objet d'un affichage et de consignes spécifiques.

9.3.4 MESURES DE MAÎTRISE TECHNIQUES DU RISQUE DE PRESSURISATION DE CUVE

Face au risque de pressurisation de cuve prise dans un incendie, l'entreprise prévoit de doter chaque cuve inox d'une surface d'évent convenablement dimensionnée afin de rendre physiquement impossible ce phénomène.

9.3.5 MESURES DE MAÎTRISE TECHNIQUES DES RISQUES DE POLLUTION

L'entreprise disposera :

- d'un bassin de rétention étanche de 400 m³. Les éventuels débordements du bassin seront canalisés gravitairement vers une noue de 900 m³. Cette zone ne présentera pas de dangers pour les tiers ;
- de matériel d'intervention d'urgence comprenant de l'absorbant, des moyens de pompage pour faire face à tout déversement accidentel de faible ampleur.

9.3.6 MESURES ORGANISATIONNELLES DE MAÎTRISE DES RISQUES D'INCENDIE ET D'EXPLOSION, DE PRESSURISATION ET DE POLLUTION

Les mesures organisationnelles prévues par l'entreprise vis-à-vis des risques d'incendie et d'explosion sont les suivantes :

- l'application d'une procédure de dépotage intégrant également le risque foudre et la formation APTH des chauffeurs transportant des alcools ;
- l'application de procédures de manipulation des produits dans les locaux à risques ;
- la mise en œuvre de permis de feu et de permis de travail ;
- l'interdiction de travaux avec point chaud sur toute cuve non inertée à l'eau auparavant ;
- des consignes de sécurité et de sensibilisation du personnel ;
- l'affichage d'interdictions de type « interdiction de fumer », « interdiction de sources d'inflammation »... ;
- la vérification périodique par des organismes agréés :
 - des installations électriques, y compris par thermographie ;
 - des équipements de sécurité de type exutoires, extincteurs, fermetures des portes coupe-feu... ;
 - la vérification des installations de protection contre la foudre ;
 - la vérification des installations gaz par des organismes agréés ;
- la vérification tous les 15 jours du niveau d'eau dans les regards siphoniques ;
- le maintien en permanence des ressources en eau à destination des secours et de leur accessibilité permanente ;

-
- la vérification périodique de la disponibilité de l'efficacité du système de vidange du bassin de rétention ;
 - la formation du personnel à la première intervention ;
 - ...

L'entreprise tiendra à jour un registre de suivi de la maintenance et des vérifications périodiques réalisées sur ces mesures de maîtrise des risques. Ce registre sera à disposition de l'inspection des installations classées.

9.3.7 MOYENS DE LUTTE EXTERNE

Le centre en charge de l'intervention sera le SDIS 16 de COGNAC, situé à 5 km au sud-est.
L'ensemble des moyens externes est décrit au chapitre 4.4.2.

10. ÉCHÉANCIER ET COÛTS DES INVESTISSEMENTS DE SÉCURITÉ

Le tableau suivant synthétise les mesures projetées, leurs coûts et les échéances de réalisation proposées.

Description	Échéance
Étude — PC — Divers	Avril — Juillet 2021
Terrassement (Voirie, chais, noue d'infiltration)	Février à avril 2022
Construction des chais et du local PIA	avril à Octobre 2022
Protection foudre	Octobre — novembre 2022
Réseaux PIA	Novembre — décembre 2022
Raccordement des réseaux d'eaux pluviales	Janvier 2023 — mars 2023
Implantation des équipements (Fûts, tonneaux, cuves)	Mars 2023 — Juin 2023
Détection incendie/intrusion	Juin 2023
Clôture	Juin 2023

Tableau 69 : Planning des travaux

En charge	Description (pour 3 chais)	Coûts pour 3 chais	Coûts pour 1 chai
ÉTS RÉMY TOURNY	Terrassement	155 000 €	51 700 €
	Gros œuvre (bassins clôtures...)	603 000 €	201 000 €
	Ossature métallique	21 000 €	7 000 €
	Couverture	162 000 €	54 000 €
	Plâtrerie	132 300 €	44 100 €
	Plomberie	38 000 €	12 700 €
	Électricité	159 000 €	53 000 €
	Plate-forme (intérieur des chais)	330 000 €	110 000 €
	Futaille in fine	1 800 000 €	600 000 €
Total		3 391 300 €	1 130 433 €

Tableau 70 : Répartition des coûts

11. SYNTHÈSE ET ÉLÉMENTS RELATIFS À LA MAÎTRISE DE L'URBANISATION

11.1.1 SYNTHÈSE SUR LES EFFETS DOMINOS ENTRE INSTALLATIONS DE L'ÉTABLISSEMENT

Les distances d'effets dominos sont données aux chapitres 8.3.3.2, 8.4.4 et 8.5.2 de cette « partie 5 — Étude de dangers ».

L'analyse des effets dominos permet de conclure que :

- il n'y a pas d'effets dominos à attendre les chais nouveaux en cas d'incendie des bâtiments, tant qu'il n'y a pas d'effondrement des murs ;
- des effets dominos sont présents entre les chais n° 1 et 2 et n° 2 et 3. L'acrotère actuel sera rehaussé de 1 m pour limiter ces effets ;
- l'incendie majorant correspond aux phénomènes B2 et C2, pour l'incendie des chais existants. Les moyens en eau du site intègrent ces besoins de protection ;
- en cas d'explosion de cuve dans un chai, la surpression est supposée s'évacuer par la toiture.

11.1.2 SYNTHÈSE SUR LES EFFETS DOMINOS ENTRE L'ÉTABLISSEMENT ET DES ÉTABLISSEMENTS PROCHES

A notre connaissance, il n'y a pas d'établissement à proximité susceptible d'impacter le site du projet ou d'être impacté par celui-ci.

En cas d'accident sur le site, l'arrêt de la circulation sur la rue de Distillerie au droit du site est à envisager.

11.1.3 INFORMATION DES POPULATIONS

L'entreprise a conçu son projet afin d'éviter tout effet en dehors du site en cas d'accident. Elle ne prévoit donc pas de mesure d'alerte particulière de la population en cas d'accident.

11.1.4 ÉLÉMENTS RELATIFS À LA MAÎTRISE DE L'URBANISATION

Les tableaux suivants récapitulent les distances d'effets obtenus pour les phénomènes d'incendie, d'explosion et de pressurisation, ainsi que leurs probabilités, gravités et classement dans la grille MMR.

Local	Zone d'effet	Incendie avec murs			Cinétique	Prob. finale	Gravité finale	Classe MMR
		8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²				
A – Incendie du chai RC	Face 1 Est	0	0	0	Rapide	4	Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Face 2 Sud	0	4	4				
	Face 3 Ouest	0	Face à la porte	Face à la porte				
	Face 4 Nord	3,5	5,5	7,5				
		Face à la porte	Face à la porte	Face à la porte				
B1 – Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2	Face 1 Est	/	/	/	Rapide	4	Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Face 2 Sud	/	/	/				
	Face 3 Ouest	/	/	/				
	Face 4 Nord	/	/	/				
C1 – Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4	Face 1 Est	/	/	/	Rapide	4	Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Face 2 Sud	/	/	/				
	Face 3 Ouest	/	/	/				
	Face 4 Nord	/	/	/				
D – Incendie du chai nouveau n° 5	Face 1 Est	3	4,5	7	Rapide	4	Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Face 2 Sud	0	0	0				
	Face 3 Ouest	0	0	3				
	Face 4 Nord	0	0	0				
		Face à la porte	Face à la porte	Face à la porte				
E – Incendie du chai nouveau n° 6	Face 1 Est	3	4,5	7	Rapide	4	Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Face 2 Sud	0	0	0				
	Face 3 Ouest	0	0	3				
	Face 4 Nord	0	0	0				
		Face à la porte	Face à la porte	Face à la porte				
F – Incendie du chai nouveau n° 7	Face 1 Est	3	4,5	7	Rapide	4	Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Face 2 Sud	0	0	0				
	Face 3 Ouest	0	0	3				
	Face 4 Nord	0	0	0				
		Face à la porte	Face à la porte	Face à la porte				
I – Pressurisation de bac	Cellule 1 – stockage des cuves inox	10	9	9	Lente et retardée	5	* Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	Cellule 2 – stockage des cuves inox	10	10	10				
	Chais existants et nouveaux – cuve inox type de 300 hl	15	12	12				
Local	Zone d'effet	Incendie sans tenue des murs périphériques			Cinétique	Prob. finale	Gravité finale	Classe MMR
		8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²				
B2 – Incendie généralisé des chais n° 1 et n° 2	Face 1 Est	16*	24*	34*	Rapide	4	Important	MMR Rang 1
	Face 2 Sud	14*	20*	28*				
	Face 3 Ouest	16*	24*	34*				
	Face 4 Nord	/	/	/				
C2 – Incendie généralisé des chais n° 3 et n° 4	Face 1 Est	16*	24*	34*	Rapide	4	Important	MMR Rang 1
	Face 2 Sud	/	/	/				
	Face 3 Ouest	16*	24*	34*				
	Face 4 Nord	14*	20*	28*				

Na : non atteint — Np : Non pertinent

Tableau 71 : Synthèse des distances d'effets thermiques des phénomènes dangereux et classement MMR

* Le scénario de pressurisation peut être rendu physiquement impossible en dotant les cuves d'une surface d'évent suffisante. **Toutes les cuves des chais seront pourvues de surfaces d'évent suffisantes.**

PhD		Vol.	Type d'effets	Distances (m) aux seuils d'effets (augmentées à la demi-dizaine supérieure)				Cinétique	Prob. Finale	Gravité Finale	Classe MMR
				20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar				
H – Explosion de bac atmosphérique	1 – Stockage des cuves inox	180	Surpression	40	20	10	10	Rapide	4	*Pas d'effets à l'extérieur	Non Classé
	2 – Stockage des cuves inox	150		40	20	10	10				
	Chais existants et nouveaux — cuve inox type de 300 hl	300		50	25	10	10				
G — Explosion d'un camion-citerne 300 hl			Surpression	45	25	10	10	Rapide	4	Important	MMR Rang 1

Tableau 72 : Synthèse des distances d'effets de surpression des phénomènes dangereux et classement MMR

* Avec tenue des murs, la surpression est supposée s'évacuer par la toiture.

12. LISTE DES INTERVENANTS

La présente étude a été réalisée par :



ENVIRONNEMENT XO SARL
N° SIRET : 830 339 636 000 29
59 – 61 Avenue Beaupréau
17390 LA TREMLADE, FRANCE
Tél. : 09 51 19 84 24
Mail : exo@e-xo.fr

Intervenants :

Cédric MUSSET — Responsable technique
Alexandre RABILLON — Chargé d'étude