

**ANNEXE 4**

**Modélisation des risques thermiques**



**KALIÈS**  
Étude & conseil  
en environnement,  
énergie & risques industriels

# **MODELISATIONS DES SCENARIIS DE DANGERS**

## **METHA GAROTERIE CHALANDRY-ELAIRE (08)**

Version n°1,  
Fait à Villers-lès-Nancy, le 13 octobre 2017

KALIES – KAN 16.064

Z:\Affaires\Archive\KAN\_16\KAN\_16\_064\_Metha Garoterie\Texte\Modélisations Métha Garoterie V7.docx

16 allée de Longchamp - 54600 VILLERS-LES-NANCY - Tél : 03.83.17.61.71 - Fax : 03.83.17.61.75

SAS au capital de 119 900 euros - APE 7022Z - SIRET 420 116 253 000 63 - RCS Lille 420 116 253 - TVA FR 29420116253

## PRÉAMBULE

Dans le cadre d'un projet de création d'une unité de méthanisation soumis à Enregistrement selon la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sur le territoire de la commune de CHALANDRY-ELAIRE, la DREAL souhaite que les effets domino de l'installation projetée sur les installations voisines, notamment l'unité de traitement des sols (BIOGENIE) et la plateforme de compostage (ARCAVI), soient étudiés.

L'objet du présent rapport est de répondre à cette demande en réalisant les modélisations d'accidents sur l'unité de méthanisation projetée dans le but de déterminer les distances réglementaires définies dans l'arrêté du 29 septembre 2005.

Le plan général du site est présenté en page suivante.

Les résultats des modélisations sont présentés dans les paragraphes suivants. Ils concernent les scénarios relatifs à :

- L'explosion :
  - Du gazomètre implanté sur le post-digesteur,
  - Du ciel gazeux du digesteur,
  - Du ciel gazeux des cuves de digestats liquides,
  - Du conteneur chaudière,
  - Du conteneur épuration,
- L'explosion d'un nuage de biogaz (UVCE) suite à une fuite 10% du DN sur la canalisation :
  - En sortie de surpresseur,
  - En sortie des filtres à charbon actif,
  - Allant vers les compresseurs,
  - De retour des compresseurs et en sortie des membranes,
  - En sortie du compresseur aval,
- Le feu torche suite à une fuite 10% du DN sur les 5 canalisations citées ci-dessus.

**Compte tenu des très faibles pressions rencontrées dans les canalisations en amont du surpresseur (3 à 5 mbar), aucune modélisation n'a été réalisée sur ces équipements.**

**Compte tenu du faible taux de matières sèches des intrants (environ 35 % en moyenne), de la présence de parois béton sur 3 faces des silos de stockage et du positionnement des stockages au sein du site (éloignement par rapport aux limites de propriété), les flux thermiques ne sont pas susceptibles de sortir des limites de propriété du site. Ce scénario n'a donc pas été modélisé.**

**La chaudière biomasse sera alimentée en pellets à partir d'un stockage enterré de 5 m<sup>3</sup>. Compte tenu du faible volume de stockage et du fait que ce stockage sera enterré, les flux thermiques ne sont pas susceptibles de sortir des limites de propriété du site. Ce scénario n'a donc pas été modélisé.**



# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>METHODES UTILISEES .....</b>	<b>5</b>
1.1	EFFETS DE SURPRESSION LIES A UNE EXPLOSION DE GAZ INFLAMMABLE.....	5
1.2	EFFETS THERMIQUES LIES A UNE EXPLOSION DE GAZ INFLAMMABLE .....	9
1.3	EFFETS DE SURPRESSION LIES A UNE EXPLOSION DE GAZ INFLAMMABLE EN MILIEU CONFINE .....	10
1.4	EFFETS THERMIQUES LIES A UN FEU TORCHE.....	10
<b>2</b>	<b>EVALUATION QUANTITATIVE.....</b>	<b>12</b>
2.1	EXPLOSION DU GAZOMETRE IMPLANTE SUR LE POST-DIGESTEUR.....	12
2.2	EXPLOSION DU CIEL GAZEUX DU DIGESTEUR .....	15
2.3	EXPLOSION DU CIEL GAZEUX DE LA CUVE DE DIGESTATS LIQUIDES 7A.....	18
2.4	EXPLOSION DU CIEL GAZEUX DE LA CUVE DE DIGESTATS LIQUIDES 7B.....	21
2.5	EXPLOSION DU CONTENEUR CHAUDIERE .....	24
2.6	EXPLOSION DU CONTENEUR EPURATION .....	27
2.7	EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU SURPRESSEUR . .....	30
2.8	EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DES FILTRES A CHARBON ACTIF .....	31
2.9	EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION ALLANT VERS LES COMPRESSEURS	32
2.10	EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LES CANALISATIONS DE RETOUR DES COMPRESSEURS ET EN SORTIE DES MEMBRANES .....	33
2.11	EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU COMPRESSEUR AVAL .....	34
2.12	FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU SURPRESSEUR .....	35
2.13	FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DES FILTRES A CHARBON ACTIF .....	38
2.14	FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION ALLANT VERS LES COMPRESSEURS .....	41
2.15	FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LES CANALISATIONS DE RETOUR DES COMPRESSEURS ET EN SORTIE DES MEMBRANES .....	44
2.16	FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU COMPRESSEUR AVAL .....	47
<b>3</b>	<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>49</b>

## 1 METHODES UTILISEES

### 1.1 EFFETS DE SURPRESSION LIES A UNE EXPLOSION DE GAZ INFLAMMABLE

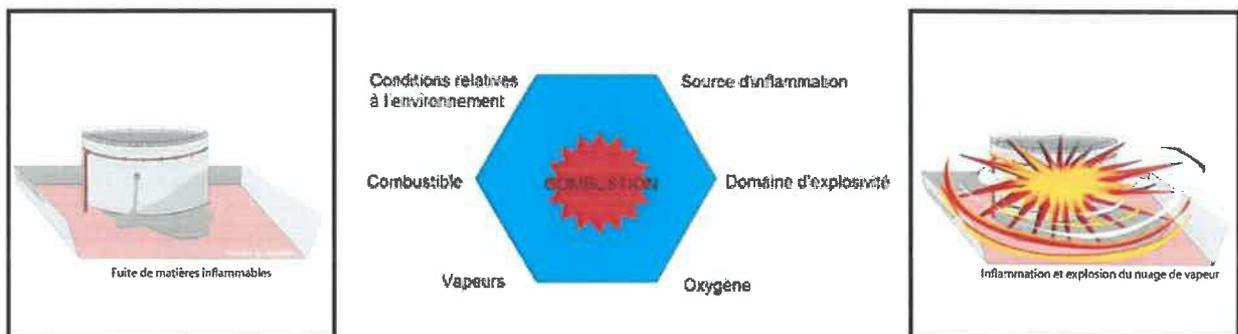
#### 1.1.1 GENERALITES SUR L'UVCE

UVCE : Unconfined Vapour Cloud Explosion.

Il s'agit d'une explosion de gaz à l'air libre produisant des effets thermiques et de surpression.

La circulaire du 10 mai 2010 décrit le déroulement d'un UVCE de la façon suivante :

- ☞ Rejet dans l'atmosphère d'un gaz de pétrole liquéfié, le produit étant en phase gaz ou en phase liquide,
- ☞ Mélange avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable,
- ☞ De manière concomitante, dilution et transport du nuage de gaz dont une partie du volume reste inflammable,
- ☞ Inflammation de ce nuage,
- ☞ Propagation d'un front de flamme des parties inflammables du nuage ; ce front de flamme, associé à l'expansion des gaz brûlés, agit à la manière d'un piston sur les gaz frais environnants et peut être à l'origine de la formation d'une onde de pression aérienne, appelée déflagration, si sa vitesse de propagation est suffisante,
- ☞ Enfin, le cas échéant, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage qui étaient initialement trop riches en combustible pour être inflammables,
- ☞ S'il n'y a pas d'effet de pression, le terme flash fire est employé à la place d'UVCE.



### 1.1.2 EFFETS DE SURPRESSION

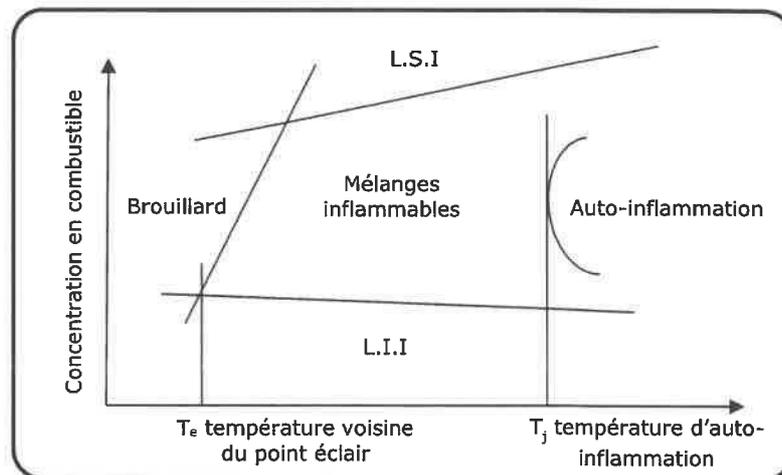
La modélisation consiste dans un premier temps à effectuer la dispersion du nuage de gaz inflammable, de définir la quantité de gaz susceptible d'exploser, de connaître les distances atteintes par le nuage explosible et, dans un deuxième temps, de calculer les distances correspondant aux surpressions engendrées par l'explosion du nuage.

La dispersion du nuage de gaz est effectuée au moyen du logiciel EFFECTS développé par le TNO Environment.

La quantité de gaz explosible est définie par rapport aux limites inférieures et supérieures d'explosivité.

Ce domaine dans lequel se situe cette masse (confère image ci-dessous) est délimité par :

- ↯ La Limite Inférieure d'Inflammabilité ou d'Explosivité (LII ou LIE) s'exprimant en % de gaz en volume dans l'air. En-dessous de cette limite, le mélange est trop pauvre en combustible (ou trop riche en oxygène) pour que la flamme puisse se propager dans le milieu gazeux,
- ↯ La Limite Supérieure d'Inflammabilité ou d'Explosivité (LSI ou LSE) s'exprimant en % de gaz en volume dans l'air. Au-dessus de cette limite, le mélange est trop riche en combustible (ou trop pauvre en oxygène) pour que la flamme puisse se propager dans le milieu gazeux,
- ↯ La courbe de condensation dans la partie gauche,
- ↯ La courbe d'auto-inflammation dans la partie droite, qui correspond à une inflammation « spontanée » du mélange.



Le calcul des surpressions est également effectué par le logiciel EFFECTS selon la méthode multi-énergie développée par le TNO (Yellow Book).

Cette méthode repose sur le fait que les conditions de combustion dans un nuage inflammable peuvent varier considérablement d'un point à un autre, du fait des différences de confinement partiel entre les différentes zones. Les zones à fort potentiel de confinement donnent des explosions violentes, tandis que les zones en champ libre ne font que brûler sans effet de pression significatif.

Dans la méthode multi-énergie, le confinement partiel d'une zone est représenté par un indice de violence (1 à 10) correspondant à différentes vitesses de flamme.

Un des paramètres importants pour ce type de scénario est le délai d'allumage du nuage explosible. Au regard des travaux de Lannoy (EDF – DER – 1984), il est généralement admis que l'inflammation accidentelle des nuages gazeux explosibles est observée dans la majorité des cas dans un délai inférieur à la minute (délai de 1 min pour 69 % des cas). De récentes analyses (Koshy et al, 1995) indiquent que le délai le plus probable avant inflammation serait plutôt de l'ordre de quelques minutes. Enfin, des exemples d'explosions accidentelles dont le délai avant inflammation avoisinait une dizaine de minutes sont assez nombreux. C'est pourquoi, dans le cas présent, le délai d'allumage est pris égal à 5 minutes.

#### ☞ Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques prises en compte dans les scénarios seront les conditions standards prises pour ce type d'étude :

- ✓ F3 : stabilité F (très stable), vent de 3 m/s. Cette condition se rencontre notamment la nuit en toute saison et génère une dispersion lente du nuage et une zone de forte concentration relativement longue.
- ✓ D5 : stabilité D (neutre), vent de 5 m/s. Cette condition reflète une situation courante en France et en toute saison.

#### ☞ Critères de surpression

Surpressions	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
20 mbar	Seuil des effets délimitant la <b>zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme</b>	Seuil des destructions significatives de vitres
50 mbar	Seuil des effets irréversibles délimitant la <b>zone des dangers significatifs pour la vie humaine</b>	Seuil des dégâts légers sur les structures
140 mbar	Seuil des effets létaux délimitant la <b>zone des dangers graves pour la vie humaine</b>	<b>Seuil des dégâts graves sur les structures</b>
200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la <b>zone des dangers très graves pour la vie humaine</b>	Seuil des effets dominos
300 mbar		<b>Seuil des dégâts très graves sur les structures</b>

*Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression, conformément à l'arrêté du 29 Septembre 2005.*

☞ Indices de violence

Les indices multi-énergie sont choisis selon la méthode définie par le Yellow Book (Methods for the calculation of physical effects – CPR 14E – 3<sup>ème</sup> édition 1997) édité par le TNO. L'indice est fonction des obstacles, du confinement du nuage de gaz et de l'énergie de la source d'ignition.

✓ Obstacles :

- Fort : les obstacles représentent plus de 30 % du volume considéré et sont espacés de moins de 3 m.
- Faible : les obstacles représentent moins de 30 % d'espace.
- Aucun : pas d'obstacles.

✓ Confinement :

- Oui : le nuage est confiné par des murs sur 2 ou 3 côtés.
- Non : le nuage n'est pas confiné sauf par le sol.

✓ Energie d'ignition :

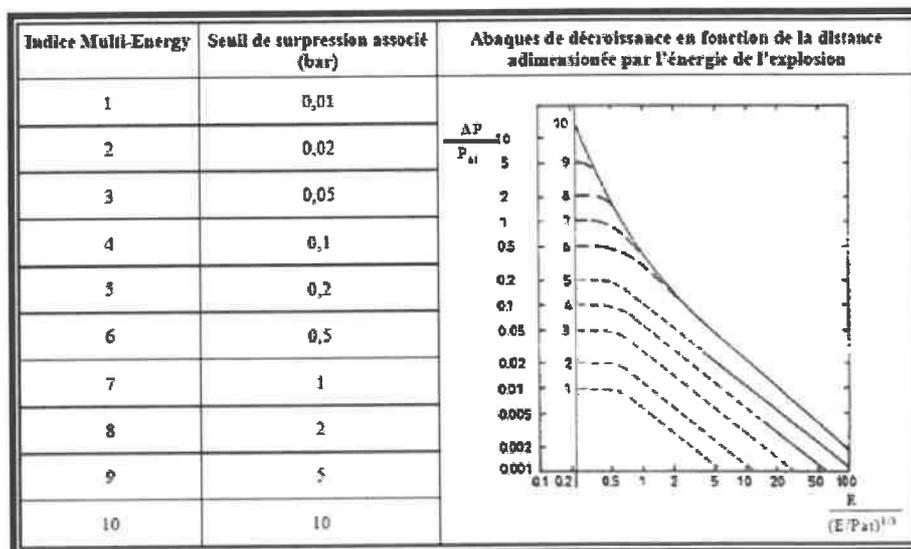
- Fort : la source d'ignition est, par exemple, une petite explosion (explosion d'une partie du nuage à l'intérieur d'un immeuble) qui ensuite engendre l'explosion du nuage principal.
- Faible : étincelle, flamme, point chaud.

Le tableau de correspondance est le suivant.

Energie d'ignition		Obstacles			Confinement		Indices multi-énergie
Fort	Faible	Fort	Faible	Aucun	Oui	Non	
X		X			X		7-10
X		X				X	7-10
	X	X			X		5-7
X			X		X		5-7
X			X			X	4-6
X				X	X		4-6
	X	X				X	4-5
X				X		X	4-5
	X		X		X		3-5
	X		X			X	2-3
	X			X	X		1-2
	X			X		X	1

Dans cette étude, l'énergie d'ignition est considérée comme faible.

Le tableau ci-dessous indique la correspondance entre les indices multi-énergie et les surpressions maximales selon la circulaire du 10 mai 2010.



## 1.2 EFFETS THERMIQUES LIES A UNE EXPLOSION DE GAZ INFLAMMABLE

Selon la circulaire du 10 mai 2010, l'expérience montre qu'en pratique, les effets thermiques de l'UVCE ne sont pas dus au rayonnement thermique (très court) du nuage enflammé, mais uniquement au passage du front de flamme. Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours de la flamme est susceptible de subir l'effet léthal, mais celui-ci n'excède pas la limite extrême atteinte par le front de flamme. Ainsi, l'effet thermique de l'UVCE sur l'homme est dimensionné par la distance à la LII (limite inférieure d'inflammabilité).

Dans le cas d'une explosion d'un nuage de gaz en espace non confiné (flash fire), les seuils considérés sont :

- ↳ Distance au seuil des effets létaux significatifs = distance au seuil des effets létaux = distance à la LII,
- ↳ Distance au seuil des effets irréversibles = 1,1 x distance à la LII.

### **1.3 EFFETS DE SURPRESSION LIES A UNE EXPLOSION DE GAZ INFLAMMABLE EN MILIEU CONFINE**

La modélisation consiste dans un premier temps à définir la masse de gaz atteinte dans le local où le gaz est susceptible de s'accumuler en considérant une atteinte de la limite inférieure d'explosivité.

Le calcul des surpressions est ensuite effectué par le logiciel EFFECTS 10 selon la méthode multi-énergie développée par le TNO (Yellow Book).

Cette méthode repose sur le fait que les conditions de combustion dans un nuage inflammable peuvent varier considérablement d'un point à un autre, du fait des différences de confinement partiel entre les différentes zones. Les zones à fort potentiel de confinement donnent des explosions violentes, tandis que les zones en champ libre ne font que brûler sans effet de pression significatif. Dans la méthode multi-énergie, le confinement partiel d'une zone est représenté par un indice de violence (1 à 10) correspondant à différentes vitesses de flamme.

Les critères de surpression et indice de violences utilisés dans cette méthode sont les mêmes que ceux décrits au paragraphe 1.1.2 ci-dessus.

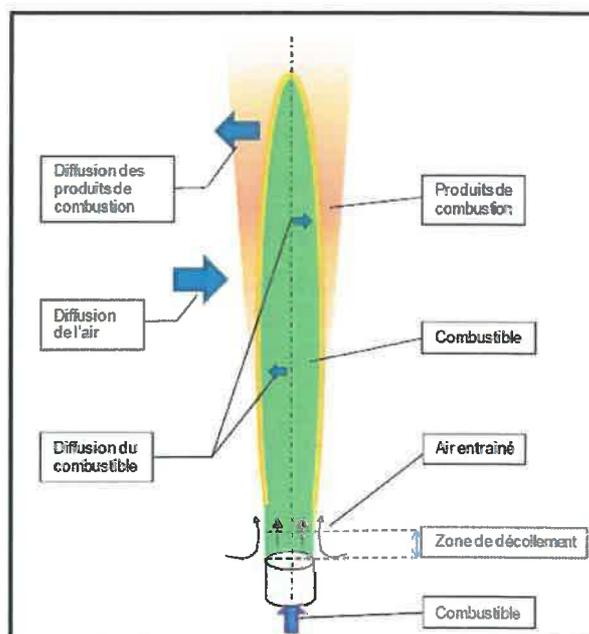
### **1.4 EFFETS THERMIQUES LIES A UN FEU TORCHE**

La description du phénomène est reprise des données disponibles auprès de l'INERIS et son document Ω8 de Juin 2003.

Lorsqu'un jet liquide ou gazeux issu d'une fuite s'enflamme par l'intermédiaire d'une source d'inflammation quelconque (par exemple, une surface chaude), le feu torche prend naissance sous forme d'une flamme de diffusion. Le jet combustible émerge d'une canalisation ou d'un orifice et entre dans l'air ambiant qui est en général au repos. La principale caractéristique de la flamme de diffusion est que le combustible et l'air sont initialement séparés et que la combustion se produit dans la zone où le mélange comburant-combustible se fait. Ceci revient à décrire la flamme d'un simple bec Bunsen dont la virole d'amenée d'air serait entièrement close (Drysdale, 1999). Le jet combustible se mélange ainsi à l'air par entraînement et diffusion et avec l'aide d'une source d'inflammation, se met à brûler seulement lorsque les concentrations de combustible et d'air sont comprises dans une plage définie entre les limites d'inflammabilité (domaine d'inflammabilité, Cf. image en page suivante).

Après inflammation du jet, le feu torche s'établit et il en résulte une flamme de diffusion dont l'apparence dépend de la nature du combustible mais aussi de la vitesse du jet combustible par rapport à l'air ambiant.

Les flux thermiques liés à un feu torche sont estimés par le logiciel EFFECTS du TNO. Pour les gaz : le modèle utilisé est le feu torche d'un écoulement gazeux (modèle Chamberlain – 1987).



#### ↳ Critère des effets thermiques

L'évaluation des conséquences d'un feu torche considère les zones suivantes :

Flux thermiques	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
3 kW/m <sup>2</sup> ou 600 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	Seuil des effets irréversibles délimitant la <b>zone des dangers significatifs pour la vie humaine (SEI)</b>	
5 kW/m <sup>2</sup> ou 1000 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	Seuil des effets létaux délimitant la <b>zone de dangers graves pour la vie humaine (SEL)</b>	Seuil de destructions de vitres significatives
8 kW/m <sup>2</sup> ou 1800 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la <b>zone de dangers très graves pour la vie humaine (SELS)</b>	Seuil des effets dominos et correspondant au <b>seuil des dégâts graves sur les structures</b>
16 kW/m <sup>2</sup>		Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au <b>seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton</b>
20 kW/m <sup>2</sup>		Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au <b>seuil des dégâts très graves sur les structures béton</b>
200 kW/m <sup>2</sup>		Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques, conformément à l'arrêté du 29 Septembre 2005

#### ↳ Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques prises en compte dans les scénarios seront les conditions standards prises pour ce type d'étude :

- F3 : stabilité F (très stable), vent de 3 m/s. Cette condition se rencontre notamment la nuit en toute saison et génère une dispersion lente du nuage et une zone de forte concentration relativement longue.
- D5 : stabilité D (neutre), vent de 5 m/s. Cette condition reflète une situation courante en France et en toute saison.

## 2 EVALUATION QUANTITATIVE

### 2.1 EXPLOSION DU GAZOMETRE IMPLANTE SUR LE POST-DIGESTEUR

#### 2.1.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Une défaillance conduit à la formation d'une atmosphère explosible. En présence d'une source d'inflammation, le ciel gazeux contenu dans le gazomètre du post-digesteur s'enflamme et provoque son éclatement brutal.
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- La quantité de méthane susceptible d'exploser (atteinte de la LIE soit 5,1 % du volume libre) est donc de 142,8 m<sup>3</sup> soit à pression et température normales 95,7 kg.
- Pression relative dans le ciel gazeux : 5 mbar.
- Membranes du post-digesteur résistant à une pression de 30 mbar.

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Volume du gazomètre du post-digesteur	2 800 m <sup>3</sup>
Pression absolue dans le gazomètre	1,013 + 0,005 = 1,018 bar
Volume de méthane dans le gazomètre	2 800 m <sup>3</sup>
Volume de méthane à la LIE	142,8 m <sup>3</sup>
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Quantité de méthane (gaz explosif) à la LIE	95,7 kg
Pression de résistance des membranes	30 mbar
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice Multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Oui

Indice 3-5. Indice 3 retenu puisqu'il correspond à une surpression maximale de 50 mbar alors que la pression de résistance des membranes est de 30 mbar.

#### 2.1.2 RESULTATS

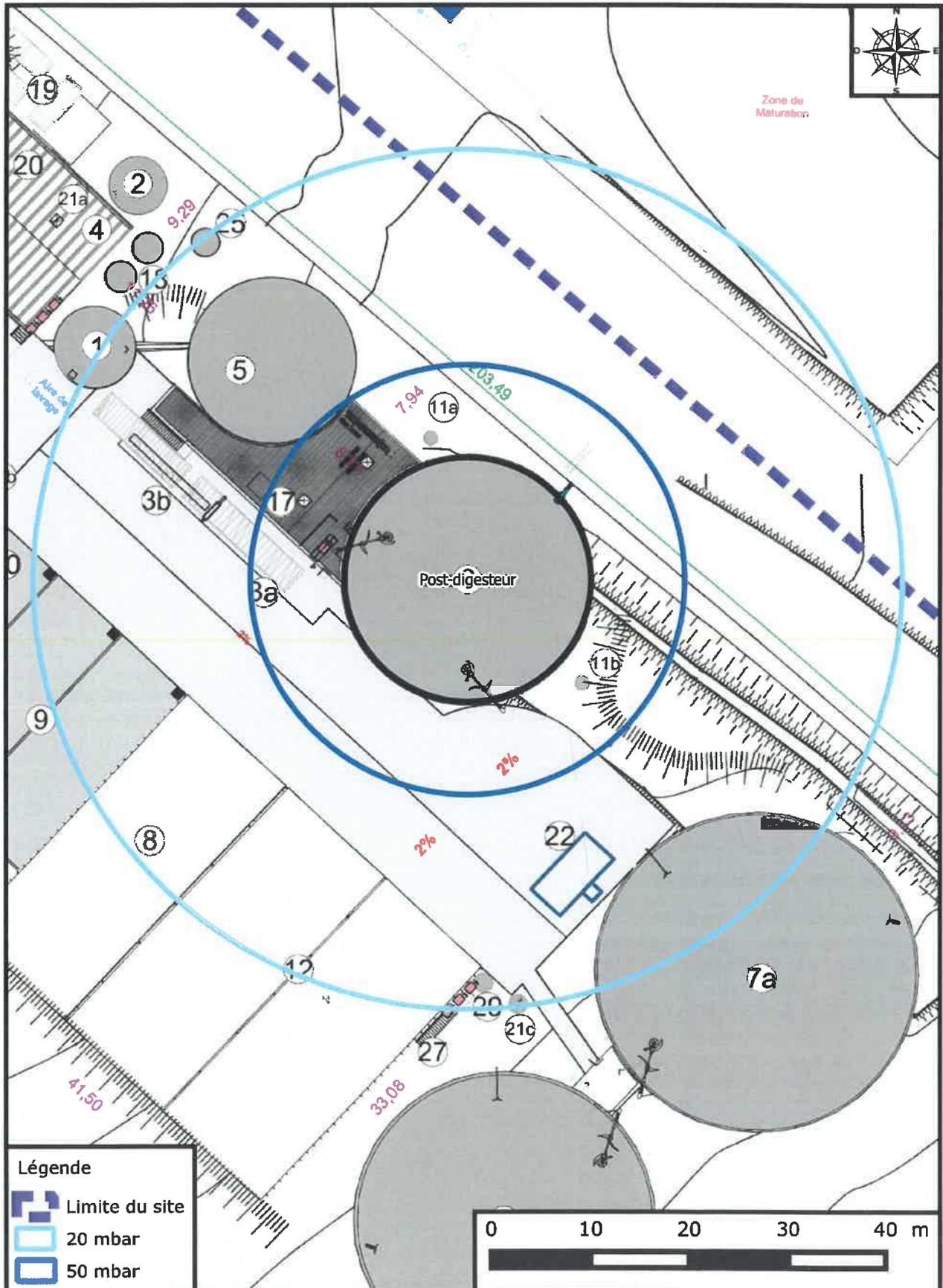
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	Distance atteinte (Indice multi-énergie 3)
Explosion du post-digesteur	Surpressions	200 mbar (SELS)	/
		140 mbar (SEL)	/
		50 mbar (SEI)	22 m
		20 mbar (bris de vitre)	44 m

Nota : Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la distance de surpression 20 mbar est considérée égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

La zone d'effets correspondante est représentée sur le plan ci-après.

## Explosion du gazomètre sur le post-digesteur



### 2.1.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets de surpression, les résultats obtenus sont les suivants :

Surpression	Installations impactées	Conséquences
SELS 200 mbar	/	Seuil des effets dominos
SEL 140 mbar	/	Dégâts graves sur les structures Pas d'effets dominos
SEI 50 mbar	3a : trémie 5 : digesteur 11a et 11b : fosses à condensat 17 : broyeur	Dégâts légers sur les structures Pas d'effets dominos
Bris de glace 20 mbar	Installations impactées par les 50 mbar et : 1 : pré-fosse à lisier 3b : Trémie 7a : stockage digestat liquide 8 : silo fumier 9 : silo couloir 12 : stockage de digestat solide 21c : Regard de collecte d'eau grise 22 : chargement digestat liquide 25 : réservoir eaux pluviales 29 : Déshuileur - débourbeur	/

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet irréversible ne sort des limites de propriété.

Seule la zone de surpression de 20 mbar (bris de vitre) atteint une petite partie du terrain de la plateforme de compostage (zone de maturation). Cependant, ce seuil d'effet ne touche aucun bâtiment du site de compostage.

### 2.1.4 CONCLUSION

La cartographie des effets de surpression susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines. En effet, le seuil des 200 mbar n'est pas atteint,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.2 EXPLOSION DU CIEL GAZEUX DU DIGESTEUR

### 2.2.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Une défaillance conduit à la formation d'une atmosphère explosible. En présence d'une source d'inflammation, le ciel gazeux contenu dans le digesteur s'enflamme et provoque son éclatement brutal.
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- La quantité de méthane susceptible d'exploser (atteinte de la LIE soit 5,1 % du volume libre) est donc de 5,9 m<sup>3</sup> soit à pression et température normales 4 kg.
- Pression relative dans le ciel gazeux : 5 mbar.
- Au vu des dispositions constructives du digesteur (parois en acier, résistance de 100 mbar (source : Guide technique relatif aux valeurs de références des seuils d'effets des phénomènes accidentels, octobre 2004 – Green book TNO)), l'indice multi-énergie retenu est 4.

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Volume du ciel gazeux du digesteur	115 m <sup>3</sup>
Pression absolue dans le ciel gazeux	1,013 + 0,005 = 1,018 bar
Volume de méthane dans le ciel gazeux	115 m <sup>3</sup>
Volume de méthane à la LIE	5,9 m <sup>3</sup>
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Quantité de méthane (gaz explosif) à la LIE	4 kg
Pression de résistance des parois	50 mbar
Indice multi-énergie	4*

\* Choix de l'indice Multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Oui

Indice 3-5. Indice 4 retenu puisqu'il correspond à une surpression maximale de 100 mbar (rupture des parois métalliques).

### 2.2.2 RESULTATS

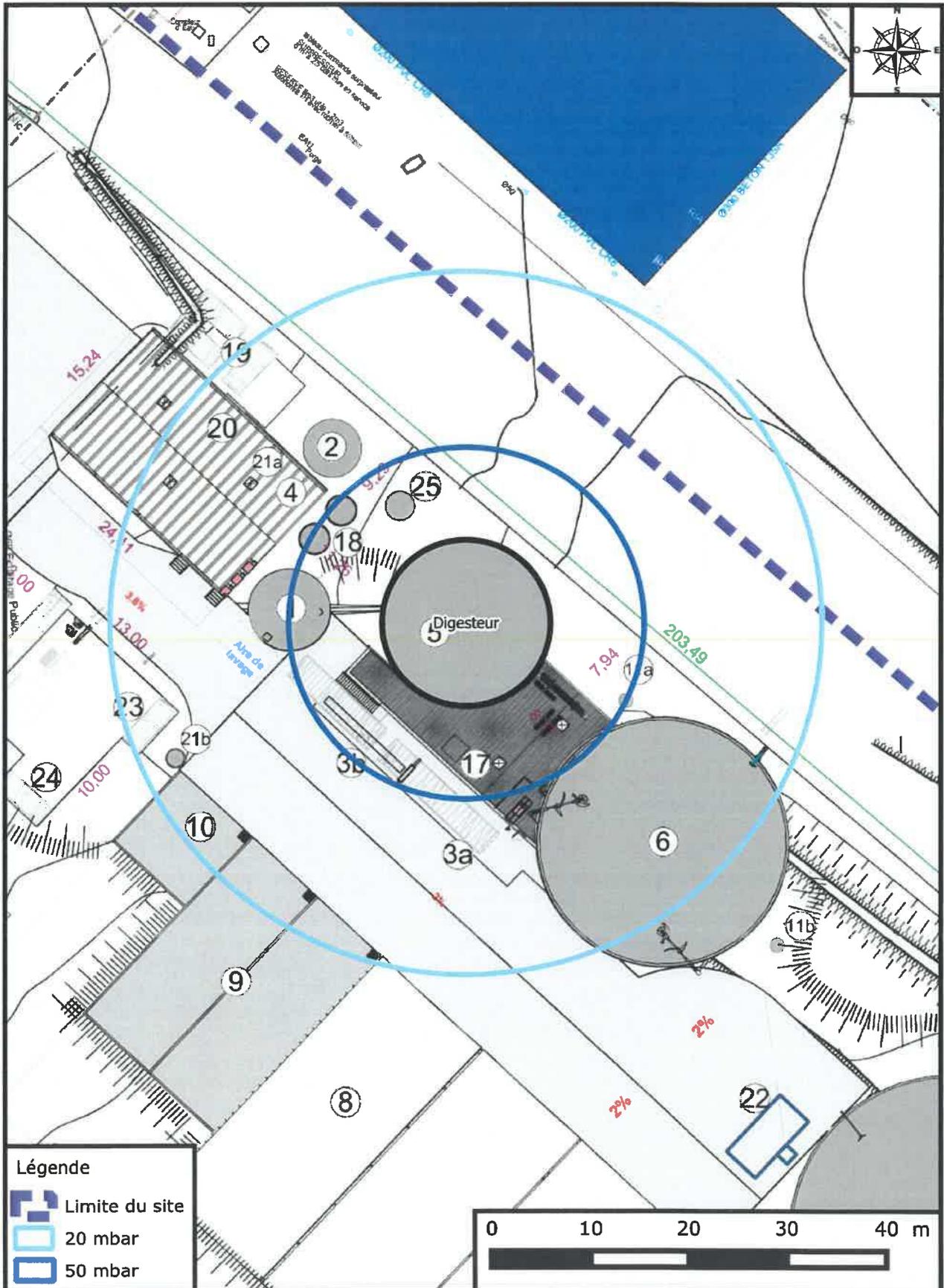
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	Distance atteinte (Indice multi-énergie 4)
Explosion du digesteur	Surpressions	200 mbar (SELS)	/
		140 mbar (SEL)	/
		50 mbar (SEI)	18 m
		20 mbar (bris de vitre)	36 m

Nota : Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la distance de surpression 20 mbar est considérée égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

La zone d'effets correspondante est représentée sur le plan ci-après.

### Explosion du ciel gazeux du digesteur



### 2.2.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets de surpression, les résultats obtenus sont les suivants :

Surpression	Installations impactées	Conséquences
SELS 200 mbar	/	Seuil des effets dominos
SEL 140 mbar	/	Dégâts graves sur les structures Pas d'effets dominos
SEI 50 mbar	1 : pré-fosse à lisier 3a et 3b : trémies 6 : post-digesteur 11a : Fosse à condensat 17 : broyeur 18 : cuve tampon 25 : réservoir eaux pluviales	Dégâts légers sur les structures Pas d'effets dominos
Bris de glace 20 mbar	Installations impactées par les 50 mbar et : 2 : cuve tampon 4 : hygiénisation 8 : silo fumier 9 : silo couloir 10 : silo déchets verts 19 : biofiltre 20 : trémie réception C3 21a et 21b : regards de collecte eaux grises 23 : chaudière biogaz	/

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet irréversible ne sort des limites de propriété.

Seule la zone de surpression de 20 mbar (bris de vitre) atteint une petite partie du terrain de la plateforme de compostage. Cependant, ce seuil d'effet ne touche aucun bâtiment du site de compostage.

### 2.2.4 CONCLUSION

La cartographie des effets de surpression susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines. En effet, le seuil des 200 mbar n'est pas atteint,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.3 EXPLOSION DU CIEL GAZEUX DE LA CUVE DE DIGESTATS LIQUIDES 7A

### 2.3.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Une défaillance conduit à la formation d'une atmosphère explosible. En présence d'une source d'inflammation, le ciel gazeux contenu dans la cuve de digestats liquides s'enflamme et provoque son éclatement brutal.
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- La quantité de méthane susceptible d'exploser (atteinte de la LIE soit 5,1 % du volume libre) est donc de 74 m<sup>3</sup> soit à pression et température normales 49,6 kg.
- Pression relative dans le ciel gazeux : 5 mbar.
- Membrane de la cuve de digestats liquides résistant à une pression de 30 mbar.

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Volume du ciel gazeux d'une cuve de digestats liquides	1 450 m <sup>3</sup>
Pression absolue dans le ciel gazeux	1,013 + 0,005 = 1,018 bar
Volume de méthane dans le ciel gazeux	1 450 m <sup>3</sup>
Volume de méthane à la LIE	74 m <sup>3</sup>
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Quantité de méthane (gaz explosif) à la LIE	49,6 kg
Pression de résistance de la membrane	30 mbar
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice Multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Oui

Indice 3-5. Indice 3 retenu puisqu'il correspond à une surpression maximale de 50 mbar alors que la pression de résistance des membranes est de 30 mbar.

### 2.3.2 RESULTATS

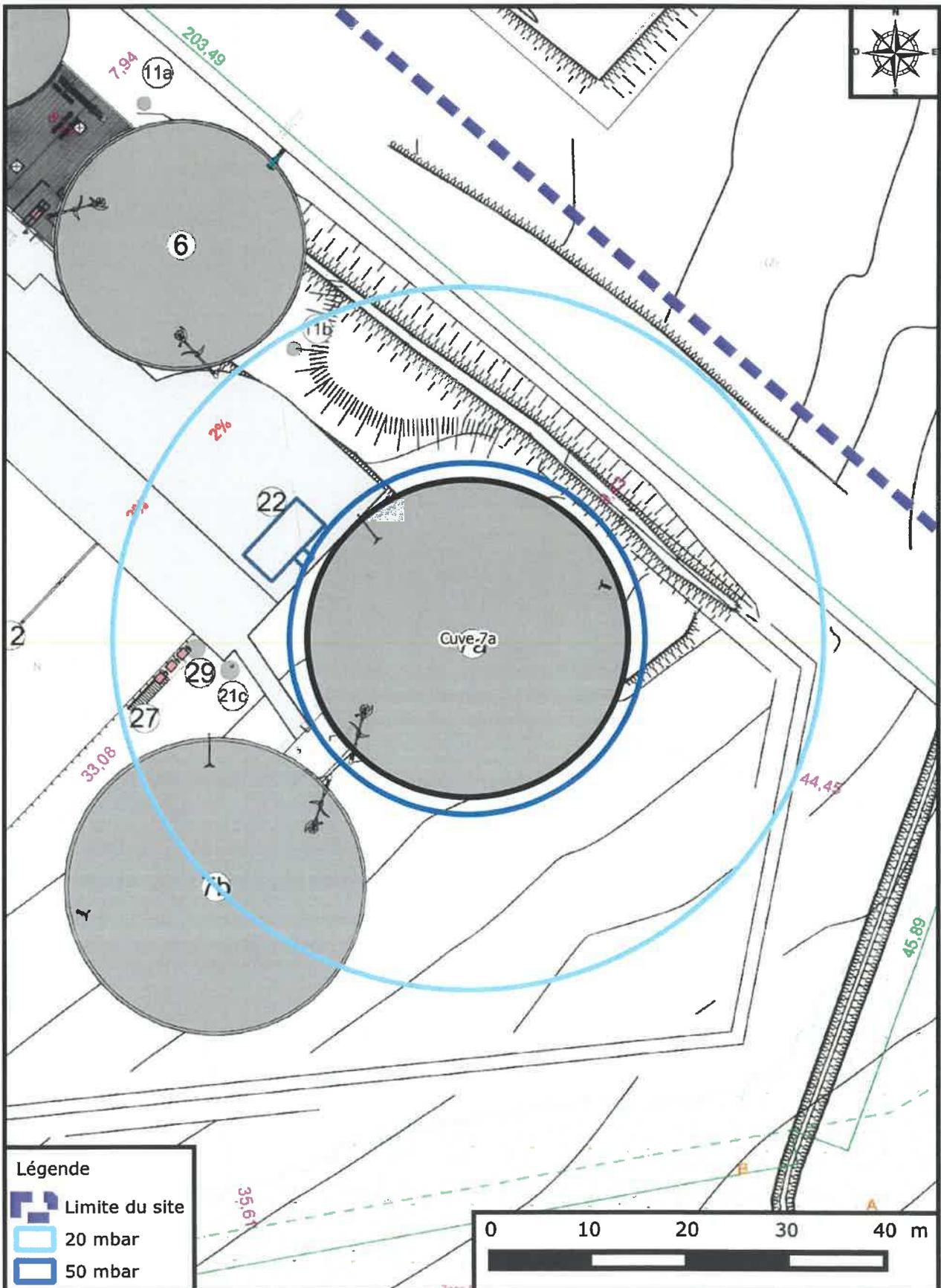
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	Distance atteinte (Indice multi-énergie 3)
Explosion de la cuve 7A	Surpressions	200 mbar (SELS)	/
		140 mbar (SEL)	/
		50 mbar (SEI)	18 m
		20 mbar (bris de vitre)	36 m

Nota : Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la distance de surpression 20 mbar est considérée égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

La zone d'effets correspondante est représentée sur le plan ci-après.

## Explosion du ciel gazeux de la cuve de digestats liquides 7A



### 2.3.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets de surpression, les résultats obtenus sont les suivants :

Surpression	Installations impactées	Conséquences
SELS 200 mbar	/	Seuil des effets dominos
SEL 140 mbar	/	Dégâts graves sur les structures Pas d'effets dominos
SEI 50 mbar	/	Dégâts légers sur les structures Pas d'effets dominos
Bris de glace 20 mbar	7b : stockage digestat liquide 11b : fosse à condensat 12 : stockage digestat solide 21c : regard de collecte eaux grises 22 : chargement digestat liquide 27 : presse à vis 29 : déshuileur - débourbeur	/

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet de surpression lié à l'explosion du ciel gazeux de la cuve de digestats liquides 7A ne sort de l'enceinte du site.

### 2.3.4 CONCLUSION

La cartographie des effets de surpression susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines. En effet, le seuil des 200 mbar n'est pas atteint,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.4 EXPLOSION DU CIEL GAZEUX DE LA CUVE DE DIGESTATS LIQUIDES 7B

### 2.4.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Une défaillance conduit à la formation d'une atmosphère explosible. En présence d'une source d'inflammation, le ciel gazeux contenu dans la cuve de digestats liquides s'enflamme et provoque son éclatement brutal.
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- La quantité de méthane susceptible d'exploser (atteinte de la LIE soit 5,1 % du volume libre) est donc de 58,7 m<sup>3</sup> soit à pression et température normales 39,3 kg.
- Pression relative dans le ciel gazeux : 5 mbar.
- Membrane de la cuve de digestats liquides résistant à une pression de 30 mbar.

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Volume du ciel gazeux d'une cuve de digestats liquides	1 150 m <sup>3</sup>
Pression absolue dans le ciel gazeux	1,013 + 0,005 = 1,018 bar
Volume de méthane dans le ciel gazeux	1 150 m <sup>3</sup>
Volume de méthane à la LIE	58,7 m <sup>3</sup>
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Quantité de méthane (gaz explosif) à la LIE	39,3 kg
Pression de résistance de la membrane	30 mbar
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice Multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Oui

Indice 3-5. Indice 3 retenu puisqu'il correspond à une surpression maximale de 50 mbar alors que la pression de résistance des membranes est de 30 mbar.

### 2.4.2 RESULTATS

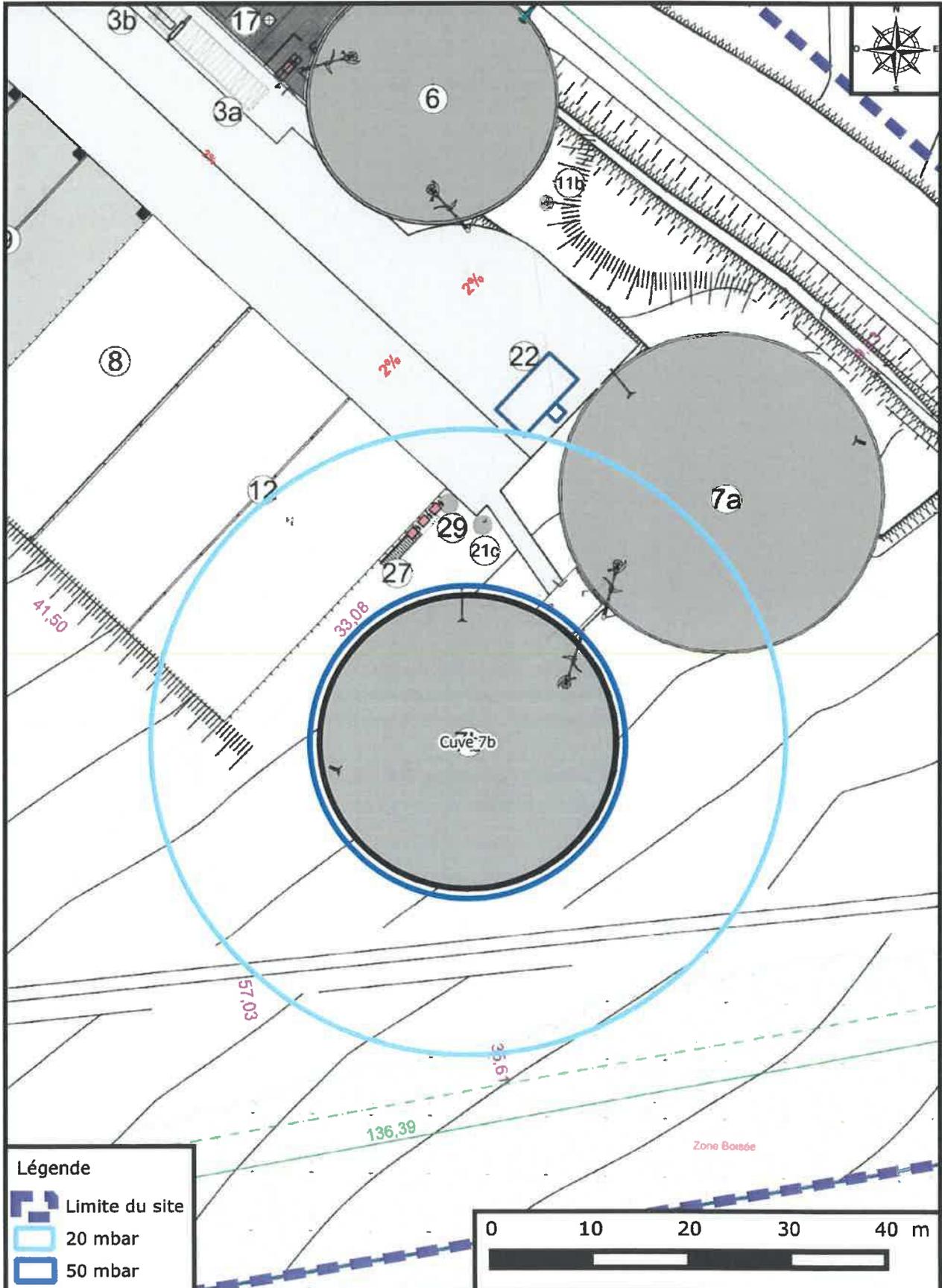
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	Distance atteinte (Indice multi-énergie 3)
Explosion de la cuve 7B	Surpressions	200 mbar (SELS)	/
		140 mbar (SEL)	/
		50 mbar (SEI)	16 m
		20 mbar (bris de vitre)	32 m

Nota : Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la distance de surpression 20 mbar est considérée égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

La zone d'effets correspondante est représentée sur le plan ci-après.

# Explosion du ciel gazeux de la cuve de digestats liquides 7B



### 2.4.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets de surpression, les résultats obtenus sont les suivants :

Surpression	Installations impactées	Conséquences
SELS 200 mbar	/	Seuil des effets dominos
SEL 140 mbar	/	Dégâts graves sur les structures Pas d'effets dominos
SEI 50 mbar	/	Dégâts légers sur les structures Pas d'effets dominos
Bris de glace 20 mbar	7a : stockage digestat liquide 12 : stockage digestat solide 21c : regard de collecte eaux grises 27 : presse à vis 29 : déshuileur - débourbeur	/

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet de surpression lié à l'explosion du ciel gazeux de la cuve de digestats liquides 7B ne sort de l'enceinte du site.

### 2.4.4 CONCLUSION

La cartographie des effets de surpression susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines. En effet, le seuil des 200 mbar n'est pas atteint,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.5 EXPLOSION DU CONTENEUR CHAUDIERE

### 2.5.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Une défaillance conduit à la formation d'une atmosphère explosible. En présence d'une source d'inflammation, le nuage de biogaz au sein du conteneur chaudière s'enflamme et provoque son éclatement brutal.
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Le volume du conteneur chaudière est de 33 m<sup>3</sup>. Le taux d'encombrement du conteneur est pris égal à 30 % du volume du local, soit un volume libre pour le gaz de 23,1 m<sup>3</sup>.
- La quantité de méthane susceptible d'exploser (atteinte de la LIE soit 5,1 % du volume libre) est donc de 1,2 m<sup>3</sup> soit à pression et température normales 0,804 kg.
- Au vu des dispositions constructives du conteneur chaudière (parois en acier, résistance de 100 mbar (source : Guide technique relatif aux valeurs de références des seuils d'effets des phénomènes accidentels, octobre 2004 – Green book TNO)), l'indice multi-énergie retenu est 4.

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Volume du conteneur chaudière	33 m <sup>3</sup>
Pression absolue du conteneur chaudière	1,013 bar
Taux d'encombrement du conteneur chaudière	30 %
Volume de méthane dans le conteneur chaudière	23,1 m <sup>3</sup>
Volume de méthane à la LIE	1,2 m <sup>3</sup>
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Quantité de méthane (gaz explosif) à la LIE	0,804 kg
Pression de résistance du conteneur	100 mbar
Indice multi-énergie	4*

\* Choix de l'indice Multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Oui

Indice 3-5. Indice 4 retenu puisqu'il correspond à une surpression maximale de 100 mbar (rupture des parois métalliques).

### 2.5.2 RESULTATS

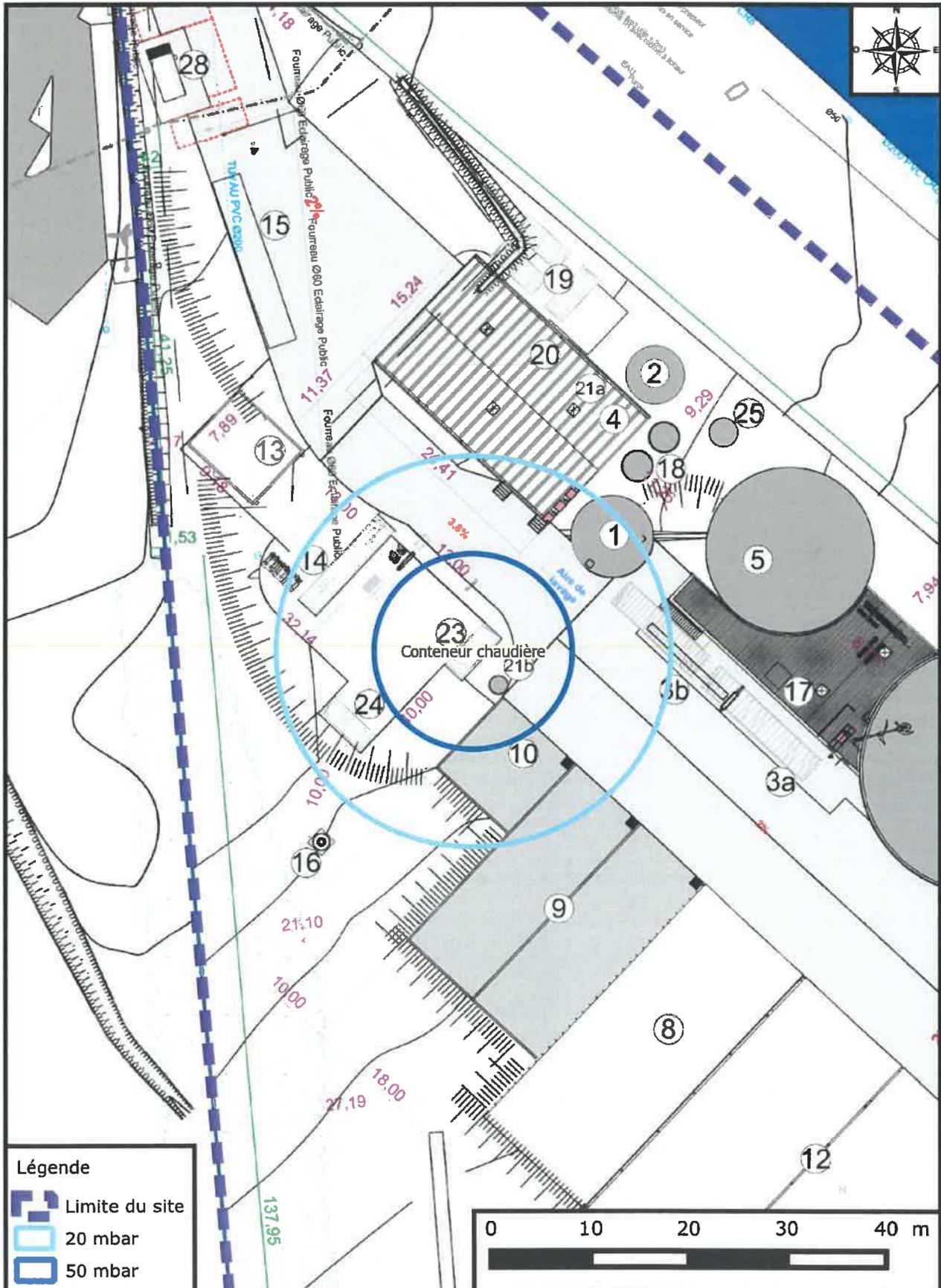
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	Distance atteinte (Indice multi-énergie 4)
Explosion du conteneur chaudière	Surpressions	200 mbar (SELS)	/
		140 mbar (SEL)	/
		50 mbar (SEI)	10 m
		20 mbar (bris de vitre)	20 m

Nota : Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la distance de surpression 20 mbar est considérée égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

La zone d'effets correspondante est représentée sur le plan ci-après.

# Explosion du conteneur chaudière



### 2.5.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets de surpression, les résultats obtenus sont les suivants :

Surpression	Installations impactées	Conséquences
SELS 200 mbar	/	Seuil des effets dominos
SEL 140 mbar	/	Dégâts graves sur les structures Pas d'effets dominos
SEI 50 mbar	10 : silo déchets verts 21b : regard de collecte eaux grises	Dégâts légers sur les structures Pas d'effets dominos
Bris de glace 20 mbar	Installations impactées par les 50 mbar et : 1 : pré-fosse à lisier 3b : trémie 9 : silo couloir 14 : unité de purification 24 : chaudière biomasse	/

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet de surpression lié à l'explosion du conteneur chaudière ne sort de l'enceinte du site.

### 2.5.4 CONCLUSION

La cartographie des effets de surpression susceptibles d'être obtenus montre :

- **Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines. En effet, le seuil des 200 mbar n'est pas atteint,**
- **Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.**

## 2.6 EXPLOSION DU CONTENEUR EPURATION

### 2.6.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Une défaillance conduit à la formation d'une atmosphère explosible. En présence d'une source d'inflammation, le nuage de biogaz au sein du conteneur épuration s'enflamme et provoque son éclatement brutal.
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Le volume du conteneur épuration est de 67 m<sup>3</sup>. Le taux d'encombrement du conteneur est pris égal à 30 % du volume du local, soit un volume libre pour le gaz de 46,9 m<sup>3</sup>.
- La quantité de méthane susceptible d'exploser (atteinte de la LIE soit 5,1 % du volume libre) est donc de 2,4 m<sup>3</sup> soit à pression et température normales 1,6 kg.
- Au vu des dispositions constructives du conteneur épuration (parois en acier, résistance de 100 mbar (source : Guide technique relatif aux valeurs de références des seuils d'effets des phénomènes accidentels, octobre 2004 – Green book TNO)), l'indice multi-énergie retenu est 4.

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Volume du conteneur épuration	67 m <sup>3</sup>
Pression absolue du conteneur épuration	1,013 bar
Taux d'encombrement du conteneur épuration	30 %
Volume de méthane dans le conteneur épuration	46,9 m <sup>3</sup>
Volume de méthane à la LIE	2,4 m <sup>3</sup>
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Quantité de méthane (gaz explosif) à la LIE	1,6 kg
Pression de résistance du conteneur	100 mbar
Indice multi-énergie	4*

\* Choix de l'indice Multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Oui

Indice 3-5. Indice 4 retenu puisqu'il correspond à une surpression maximale de 100 mbar (rupture des parois métalliques).

### 2.6.2 RESULTATS

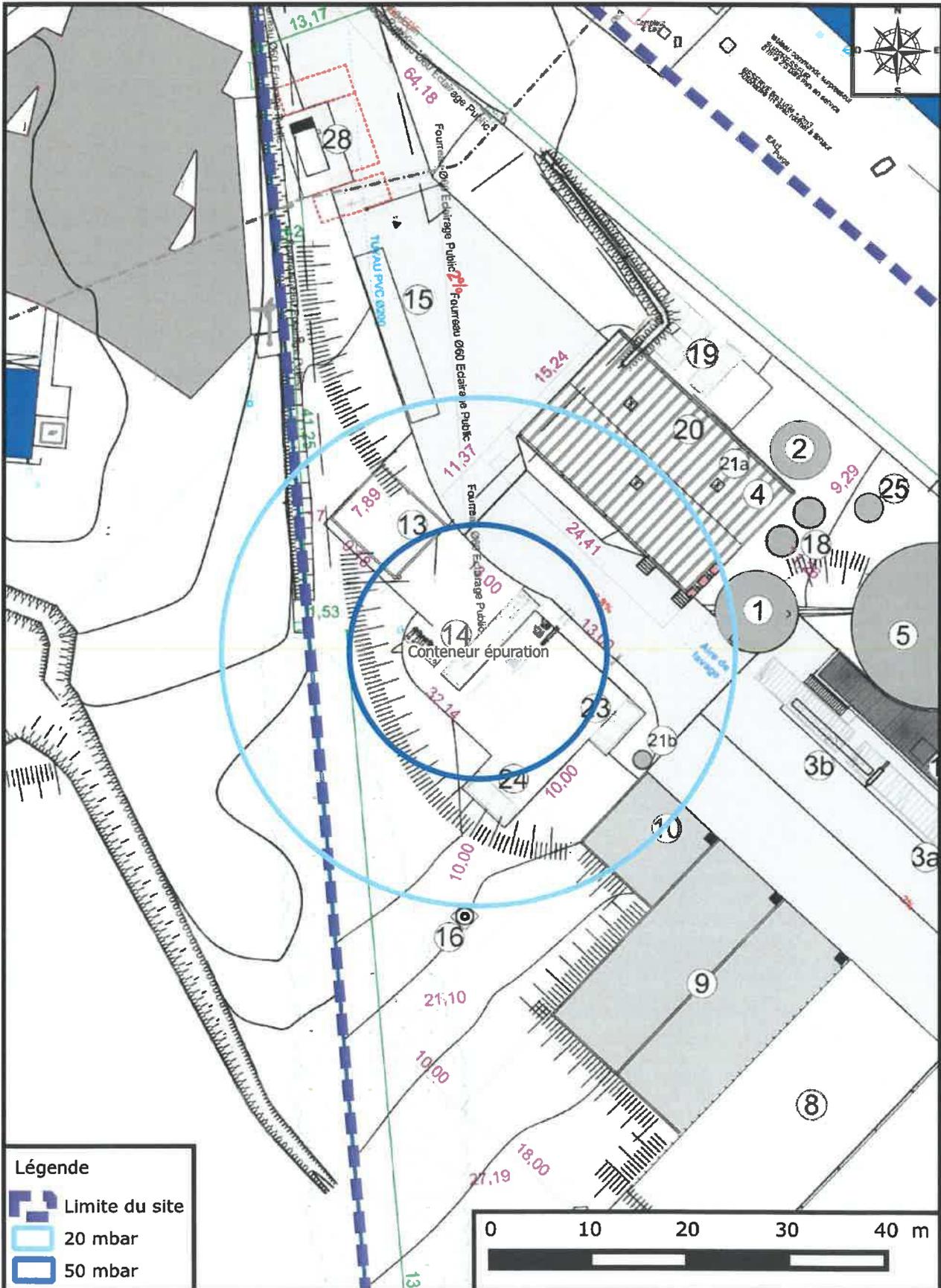
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	Distance atteinte (Indice multi-énergie 4)
Explosion du conteneur épuration	Surpressions	200 mbar (SELS)	/
		140 mbar (SEL)	/
		50 mbar (SEI)	13 m
		20 mbar (bris de vitre)	26 m

Nota : Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la distance de surpression 20 mbar est considérée égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar.

La zone d'effets correspondante est représentée sur le plan ci-après.

# Explosion du conteneur épuration



**Légende**

-  Limite du site
-  20 mbar
-  50 mbar



### 2.6.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets de surpression, les résultats obtenus sont les suivants :

Surpression	Installations impactées	Conséquences
SELS 200 mbar	/	Seuil des effets dominos
SEL 140 mbar	/	Dégâts graves sur les structures Pas d'effets dominos
SEI 50 mbar	13 : local supervision / bureau 24 : chaudière biomasse	Dégâts légers sur les structures Pas d'effets dominos
Bris de glace 20 mbar	Installations impactées par les 50 mbar et : 1 : pré-fosse à lisier 10 : silo déchets verts 16 : torchère 21b : regard de collecte eaux grises 23 : chaudière biogaz	/

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet irréversible ne sort des limites de propriété.

Seule la zone de surpression de 20 mbar (bris de vitre) atteint une petite partie du terrain où se trouvent les bureaux d'ARCAVI. Cependant, ce seuil d'effet ne touche pas le bâtiment de bureaux.

### 2.6.4 CONCLUSION

**La cartographie des effets de surpression susceptibles d'être obtenus montre :**

- **Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines. En effet, le seuil des 200 mbar n'est pas atteint,**
- **Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.**

## 2.7 EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU SURPRESSEUR

### 2.7.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biogaz DN 100 située entre le surpresseur et les filtres à charbon actif causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 250 mbar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	100 mm
Longueur de la canalisation	15 m
Diamètre de la fuite (10 %)	10 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	250 mbar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,009 kg/s
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Non Indice 2-3.

### 2.7.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Masse maximale explosible	0 kg	0 kg
Longueur du nuage inflammable (LII)	Non atteint	Non atteint
Distance entre le point de fuite et le centre nuage inflammable	Non atteint	Non atteint

Ainsi, physiquement, la fuite ne peut être à l'origine d'une explosion.

### 2.7.3 CONCLUSION

**Les résultats de modélisation montrent que ce phénomène est physiquement impossible.**

## 2.8 EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DES FILTRES A CHARBON ACTIF

### 2.8.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biogaz DN 100 située entre les filtres à charbon actif et le piquage vers les compresseurs causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz en cours d'épuration. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 150 mbar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	100 mm
Longueur de la canalisation	5 m
Diamètre de la fuite (10 %)	10 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	150 mbar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,007 kg/s
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Non Indice 2-3.

### 2.8.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Masse maximale explosible	0 kg	0 kg
Longueur du nuage inflammable (LII)	Non atteint	Non atteint
Distance entre le point de fuite et le centre nuage inflammable	Non atteint	Non atteint

Ainsi, physiquement, la fuite ne peut être à l'origine d'une explosion.

### 2.8.3 CONCLUSION

**Les résultats de modélisation montrent que ce phénomène est physiquement impossible.**

## 2.9 EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION ALLANT VERS LES COMPRESSEURS

### 2.9.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biogaz DN 125 située entre le piquage provenant des filtres à charbon actif et les compresseurs causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz en cours d'épuration. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 100 mbar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	125 mm
Longueur de la canalisation	1 m
Diamètre de la fuite (10 %)	12,5 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	100 mbar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,009 kg/s
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Non Indice 2-3.

### 2.9.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Masse maximale explosible	0 kg	0 kg
Longueur du nuage inflammable (LII)	Non atteint	Non atteint
Distance entre le point de fuite et le centre nuage inflammable	Non atteint	Non atteint

Ainsi, physiquement, la fuite ne peut être à l'origine d'une explosion.

### 2.9.3 CONCLUSION

**Les résultats de modélisation montrent que ce phénomène est physiquement impossible.**

## 2.10 EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LES CANALISATIONS DE RETOUR DES COMPRESSEURS ET EN SORTIE DES MEMBRANES

### 2.10.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN des canalisations de biogaz DN 40 situées respectivement entre les compresseurs et les membranes et entre les membranes et le compresseur aval causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz en cours d'épuration. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 14 bar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	40 mm
Longueur de la canalisation	1 m
Diamètre de la fuite (10 %)	4 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	14 bar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,021 kg/s
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Non Indice 2-3.

### 2.10.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Masse maximale explosible	0 kg	0 kg
Longueur du nuage inflammable (LII)	Non atteint	Non atteint
Distance entre le point de fuite et le centre nuage inflammable	Non atteint	Non atteint

Ainsi, physiquement, la fuite ne peut être à l'origine d'une explosion.

### 2.10.3 CONCLUSION

**Les résultats de modélisation montrent que ce phénomène est physiquement impossible.**

## 2.11 EXPLOSION D'UN NUAGE DE BIOGAZ SUITE A UNE FUITE DE 10 % DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU COMPRESSEUR AVAL

### 2.11.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biométhane DN 25 située entre le compresseur aval et le poste d'injection causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biométhane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 18 bar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	25 mm
Longueur de la canalisation	55 m
Diamètre de la fuite (10 %)	2,5 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	18 bar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,010 kg/s
Indice multi-énergie	3*

\* Choix de l'indice multi énergie : Energie d'ignition : Faible, Obstacles : Faible, Confinement : Non Indice 2-3.

### 2.11.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Masse maximale explosible	0 kg	0 kg
Longueur du nuage inflammable (LII)	Non atteint	Non atteint
Distance entre le point de fuite et le centre nuage inflammable	Non atteint	Non atteint

Ainsi, physiquement, la fuite ne peut être à l'origine d'une explosion.

### 2.11.3 CONCLUSION

**Les résultats de modélisation montrent que ce phénomène est physiquement impossible.**

## 2.12 FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DU SURPRESSEUR

### 2.12.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biogaz DN 100 située entre le surpresseur et les filtres à charbon actif causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz inflammable correspond à du biogaz composé de 50 à 60 % de méthane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 250 mbar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	100 mm
Longueur de la canalisation	15 m
Diamètre de la fuite (10 %)	10 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	250 mbar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,009 kg/s
Orientation de la fuite	Rejet horizontal (condition majorante)

### 2.12.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

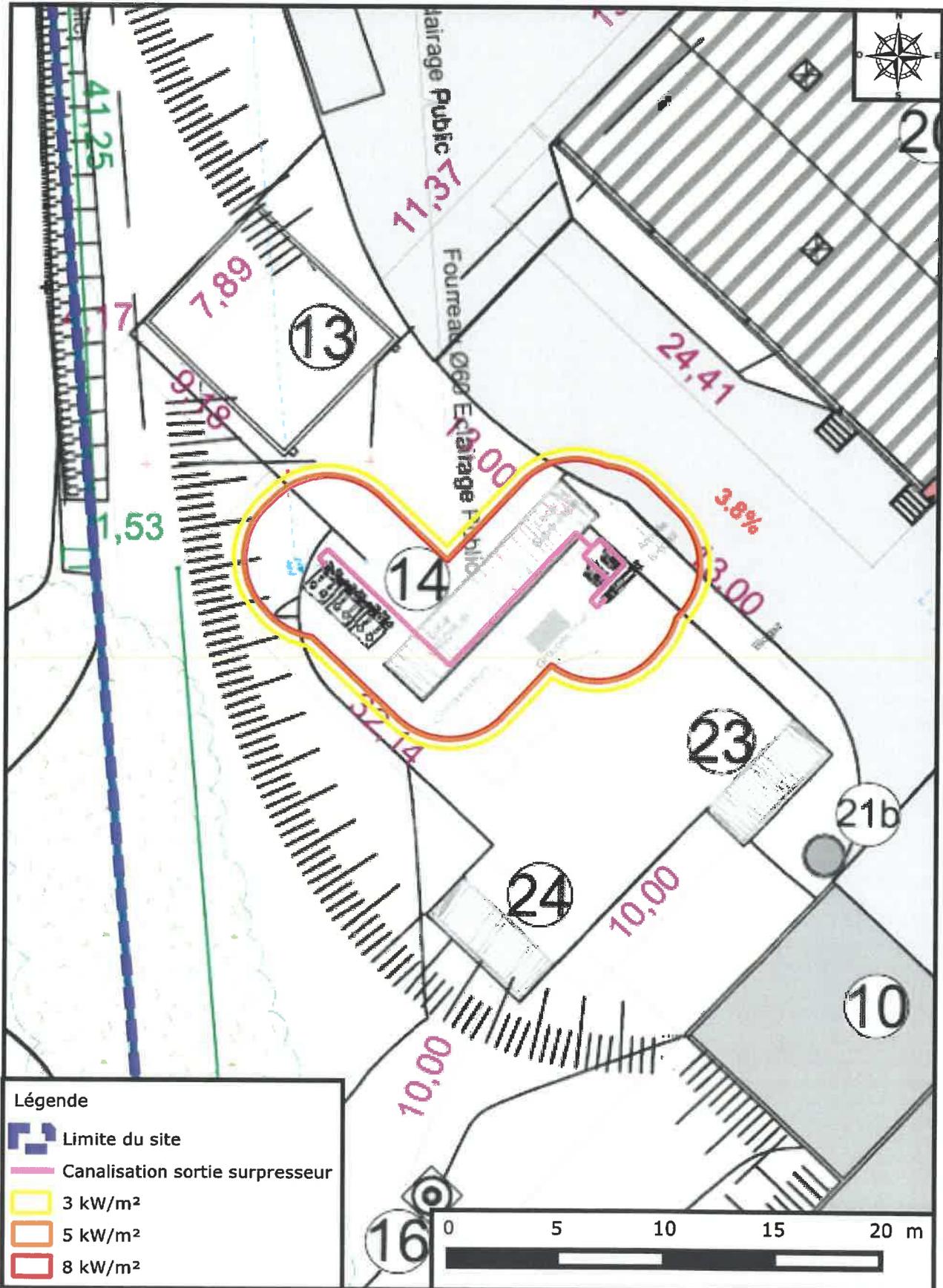
	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Longueur de la flamme	2,4 m	2,2 m

Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	F3/15	D5/20
Feu torche <b>horizontal</b> en sortie de fuite	Effets thermiques	8 kW/m <sup>2</sup> (SELS)	<b>3,4 m</b>	3,4 m
		5 kW/m <sup>2</sup> (SEL)	<b>3,5 m</b>	3,5 m
		3 kW/m <sup>2</sup> (SEI)	<b>3,9 m</b>	3,6 m

Les zones d'effets correspondantes sont représentées sur le plan ci-après (représentation uniquement des distances les plus importantes notées en gras).

### Feu torche suite à une fuite 10% du DN sur la canalisation située en sortie du surpresseur



### 2.12.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets thermiques, les résultats obtenus sont les suivants :

Flux thermiques	Installations impactées en condition majorante (F3/15)	Conséquences
SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	14 : unité de purification	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone de dangers très graves pour la vie humaine
SEL 5 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets létaux délimitant la zone de dangers graves pour la vie humaine
SEI 3 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet thermique lié à un feu torche suite à une fuite de 10% du DN sur la canalisation en sortie du surpresseur ne sort de l'enceinte du site.

### 2.12.4 CONCLUSION

La cartographie des effets thermiques susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines en dehors de l'unité de purification,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.13 FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION SITUEE EN SORTIE DES FILTRES A CHARBON ACTIF

### 2.13.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biogaz DN 100 située entre les filtres à charbon actif et le piquage vers les compresseurs causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz en cours d'épuration. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 150 mbar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	100 mm
Longueur de la canalisation	5 m
Diamètre de la fuite (10 %)	10 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	150 mbar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,007 kg/s
Orientation de la fuite	Rejet horizontal (condition majorante)

### 2.13.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Longueur de la flamme	2,3 m	2,0 m

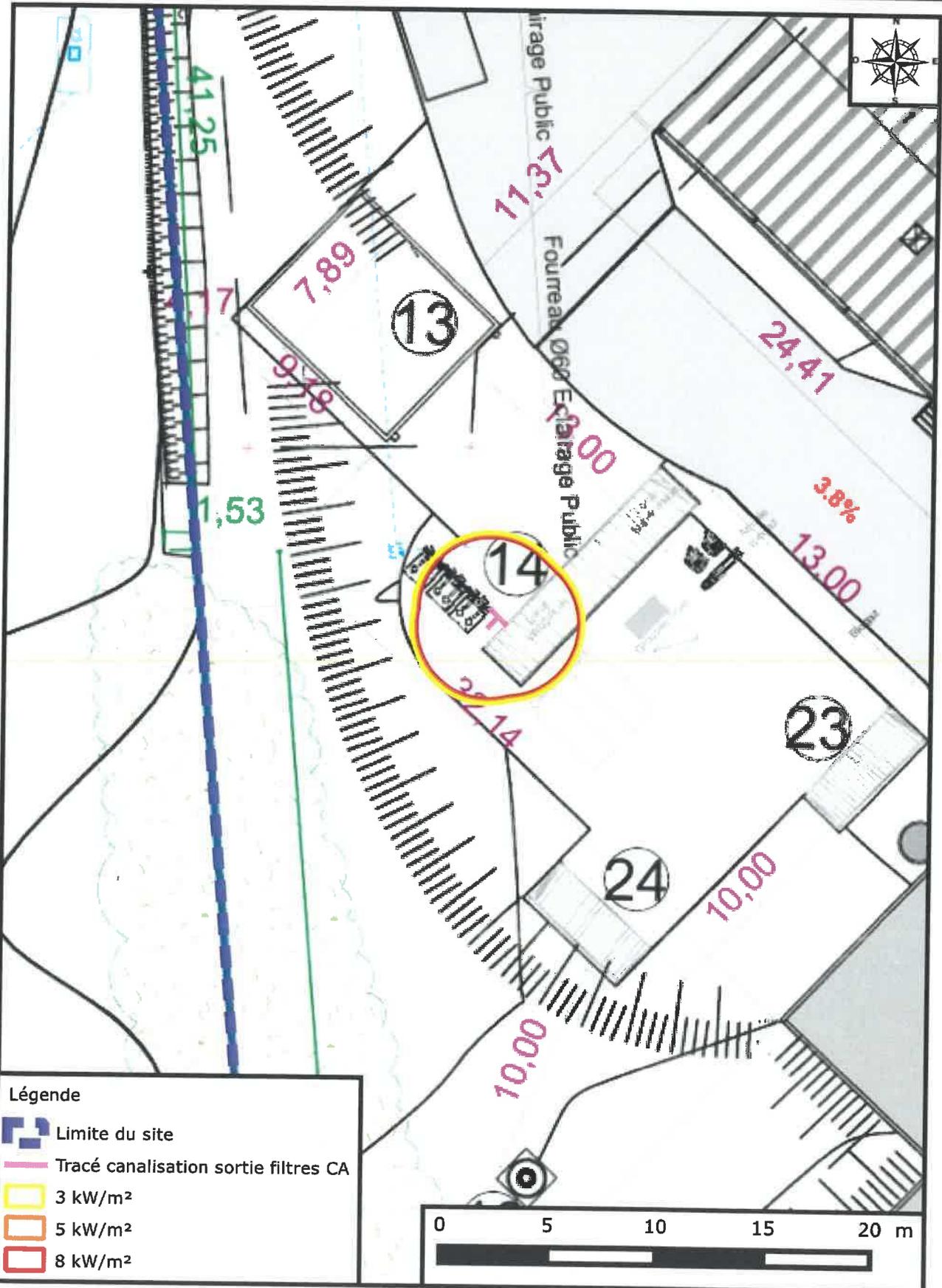
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	F3/15	D5/20
Feu torche <b>horizontal</b> en sortie de fuite	Effets thermiques	8 kW/m <sup>2</sup> (SELS)	<b>3,4 m</b>	3,4 m
		5 kW/m <sup>2</sup> (SEL)	<b>3,5 m</b>	3,4 m
		3 kW/m <sup>2</sup> (SEI)	<b>3,6 m</b>	3,5 m

Les zones d'effets correspondantes sont représentées sur le plan ci-après (représentation uniquement des distances les plus importantes notées en gras).



# Feu torche suite à une fuite 10% du DN sur la canalisation située en sortie des filtres à charbon actif



### Légende

- Limite du site
- Tracé canalisation sortie filtres CA
- 3 kW/m<sup>2</sup>
- 5 kW/m<sup>2</sup>
- 8 kW/m<sup>2</sup>

### 2.13.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets thermiques, les résultats obtenus sont les suivants :

Flux thermiques	Installations impactées en condition majorante (F3/15)	Conséquences
SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	14 : unité de purification	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone de dangers très graves pour la vie humaine
SEL 5 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets létaux délimitant la zone de dangers graves pour la vie humaine
SEI 3 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet thermique lié à un feu torche suite à une fuite de 10% du DN sur la canalisation en sortie des filtres à charbon actif ne sort de l'enceinte du site.

### 2.13.4 CONCLUSION

La cartographie des effets thermiques susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines en dehors de l'unité de purification,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.14 FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION ALLANT VERS LES COMPRESSEURS

### 2.14.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biogaz DN 125 située entre le piquage provenant des filtres à charbon actif et les compresseurs causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz en cours d'épuration. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 100 mbar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	125 mm
Longueur de la canalisation	1 m
Diamètre de la fuite (10 %)	12,5 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	100 mbar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,009 kg/s
Orientation de la fuite	Rejet horizontal (condition majorante)

### 2.14.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Longueur de la flamme	2,6 m	2,4 m

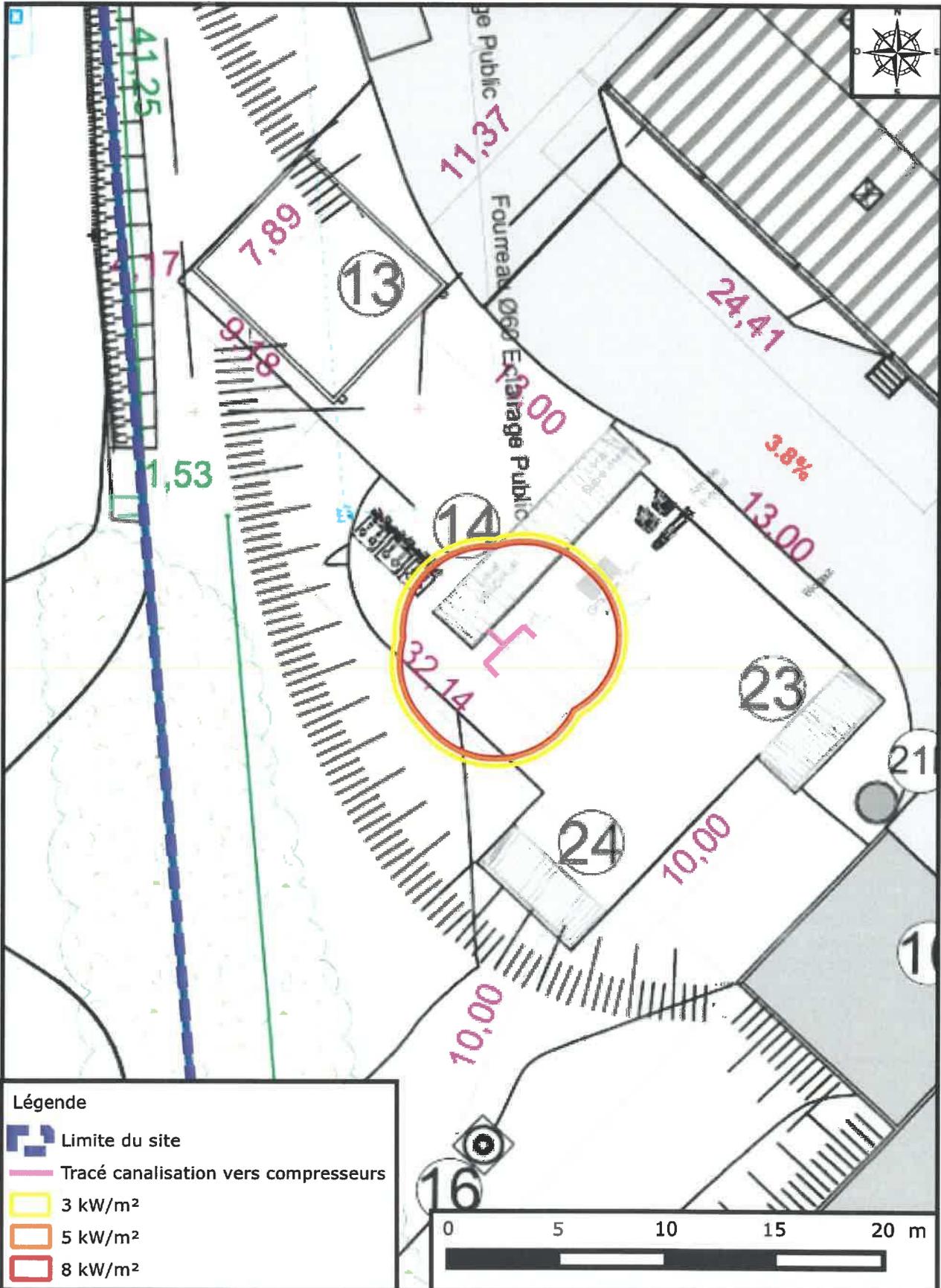
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	F3/15	D5/20
Feu torche <b>horizontal</b> en sortie de fuite	Effets thermiques	8 kW/m <sup>2</sup> (SELS)	<b>3,9 m</b>	3,4 m
		5 kW/m <sup>2</sup> (SEL)	<b>4,0 m</b>	3,6 m
		3 kW/m <sup>2</sup> (SEI)	<b>4,3 m</b>	4,0 m

Les zones d'effets correspondantes sont représentées sur le plan ci-après (représentation uniquement des distances les plus importantes notées en gras).



# Feu torche suite à une fuite 10% du DN sur la canalisation allant vers les compresseurs



### 2.14.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets thermiques, les résultats obtenus sont les suivants :

Flux thermiques	Installations impactées en condition majorante (F3/15)	Conséquences
SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	14 : unité de purification	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone de dangers très graves pour la vie humaine
SEL 5 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets létaux délimitant la zone de dangers graves pour la vie humaine
SEI 3 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet thermique lié à un feu torche suite à une fuite de 10% du DN sur la canalisation allant vers les compresseurs ne sort de l'enceinte du site.

### 2.14.4 CONCLUSION

La cartographie des effets thermiques susceptibles d'être obtenus montre :

- **Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines en dehors de l'unité de purification,**
- **Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.**

## 2.15 FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LES CANALISATIONS DE RETOUR DES COMPRESSEURS ET EN SORTIE DES MEMBRANES

### 2.15.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN des canalisations de biogaz DN 40 situées respectivement entre les compresseurs et les membranes et entre les membranes et le compresseur aval causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biogaz en cours d'épuration. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 14 bar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	40 mm
Longueur de la canalisation	1 m
Diamètre de la fuite (10 %)	4 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	14 bar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,021 kg/s
Orientation de la fuite	Rejet horizontal (condition majorante)

### 2.15.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

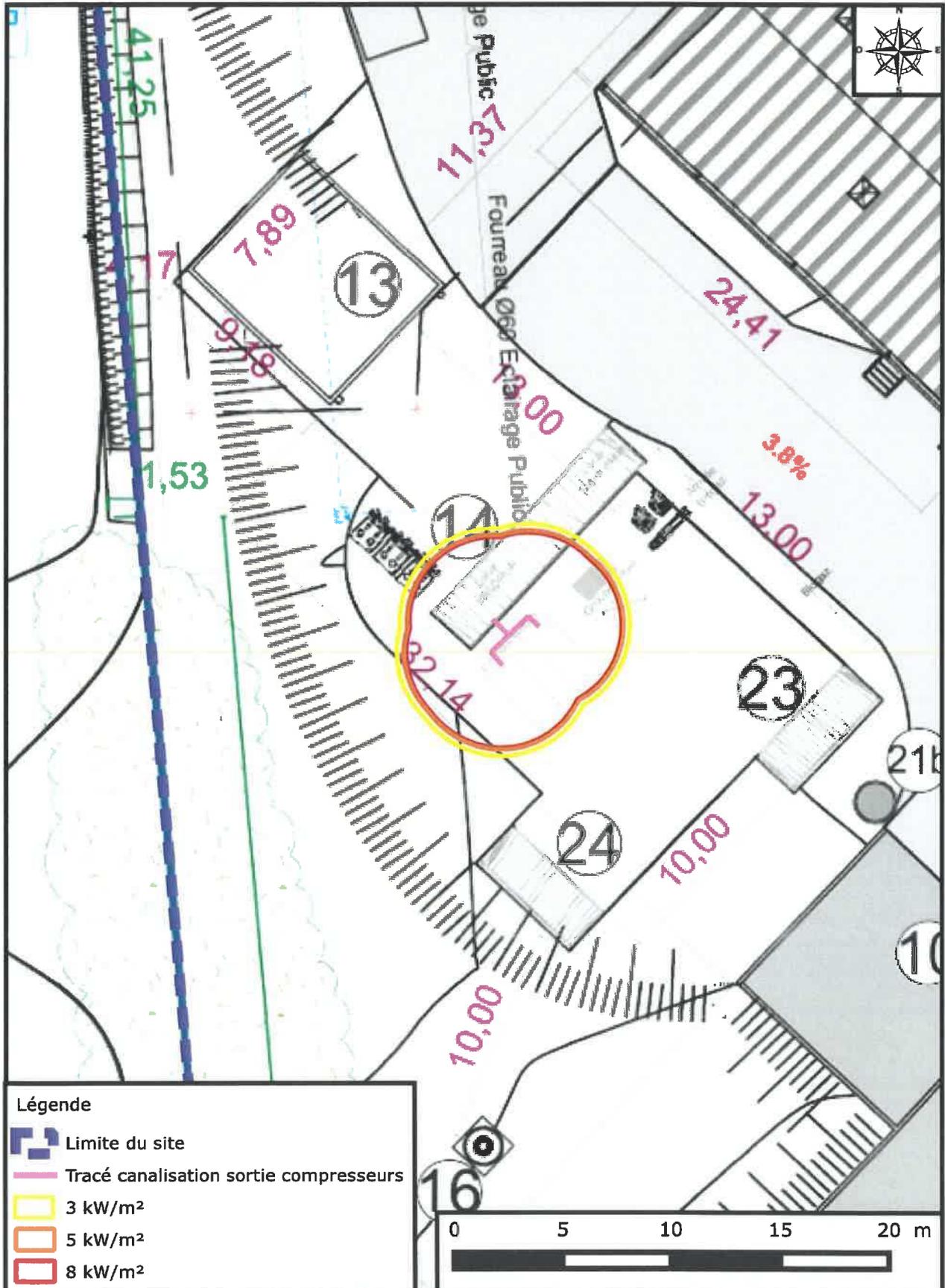
	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Longueur de la flamme	2,6 m	2,3 m

Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	F3/15	D5/20
Feu torche <b>horizontal</b> en sortie de fuite	Effets thermiques	8 kW/m <sup>2</sup> (SELS)	<b>3,9 m</b>	3,5 m
		5 kW/m <sup>2</sup> (SEL)	<b>4,0 m</b>	3,6 m
		3 kW/m <sup>2</sup> (SEI)	<b>4,3 m</b>	4,0 m

Les zones d'effets correspondantes sont représentées sur le plan ci-après (représentation uniquement des distances les plus importantes notées en gras).

# Feu torche suite à une fuite 10% du DN sur la canalisation de retour des compresseurs



### 2.15.3 COMMENTAIRES

#### A) SUR SITE

En termes d'effets thermiques, les résultats obtenus sont les suivants :

Flux thermiques	Installations impactées en condition majorante (F3/15)	Conséquences
SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	14 : unité de purification	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone de dangers très graves pour la vie humaine
SEL 5 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets létaux délimitant la zone de dangers graves pour la vie humaine
SEI 3 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine

#### B) HORS DU SITE

Aucun effet thermique lié à un feu torche suite à une fuite de 10% du DN sur la canalisation de retour des compresseurs ne sort de l'enceinte du site.

### 2.15.4 CONCLUSION

La cartographie des effets thermiques susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines en dehors de l'unité de purification,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

## 2.16 FEU TORCHE SUITE A UNE FUITE 10% DU DN SUR LA CANALISATION SITUÉE EN SORTIE DU COMPRESSEUR AVAL

### 2.16.1 HYPOTHESES

Les hypothèses retenues pour cette modélisation sont les suivantes :

- Fuite de 10% du DN de la canalisation de biométhane DN 25 située entre le compresseur aval et le poste d'injection causée par la corrosion ou un défaut entraînant une fuite de gaz explosif,
- Le gaz explosif correspond à du biométhane. Dans un cadre majorant, il est assimilé à du méthane à 100 %.
- Pression relative dans la canalisation : 18 bar,
- La source d'allumage peut être une étincelle, une flamme nue, un point chaud, etc. Les effets de la source d'allumage sur la violence d'une explosion dépendent de la nature de cette source et de son emplacement par rapport à l'émission du nuage gazeux,
- La probabilité d'inflammation est variable en fonction de la réactivité du gaz inflammable considéré. En ce qui concerne le méthane, cette dernière est faible (Source : Purple Book).

Le tableau ci-dessous reprend les hypothèses considérées dans la modélisation.

Diamètre de la canalisation	25 mm
Longueur de la canalisation	55 m
Diamètre de la fuite (10 %)	2,5 mm
Hauteur de la fuite par rapport au sol	1 m
Pression relative dans la canalisation	18 bar
Masse volumique du méthane	0,67 kg/m <sup>3</sup>
Débit de fuite (méthane) calculé par le logiciel	0,010 kg/s
Orientation de la fuite	Rejet horizontal (condition majorante)

### 2.16.2 RESULTATS

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Conditions météo F3/15	Conditions météo D5/20
Température	15 °C	20°C
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Longueur de la flamme	1,8 m	1,7 m

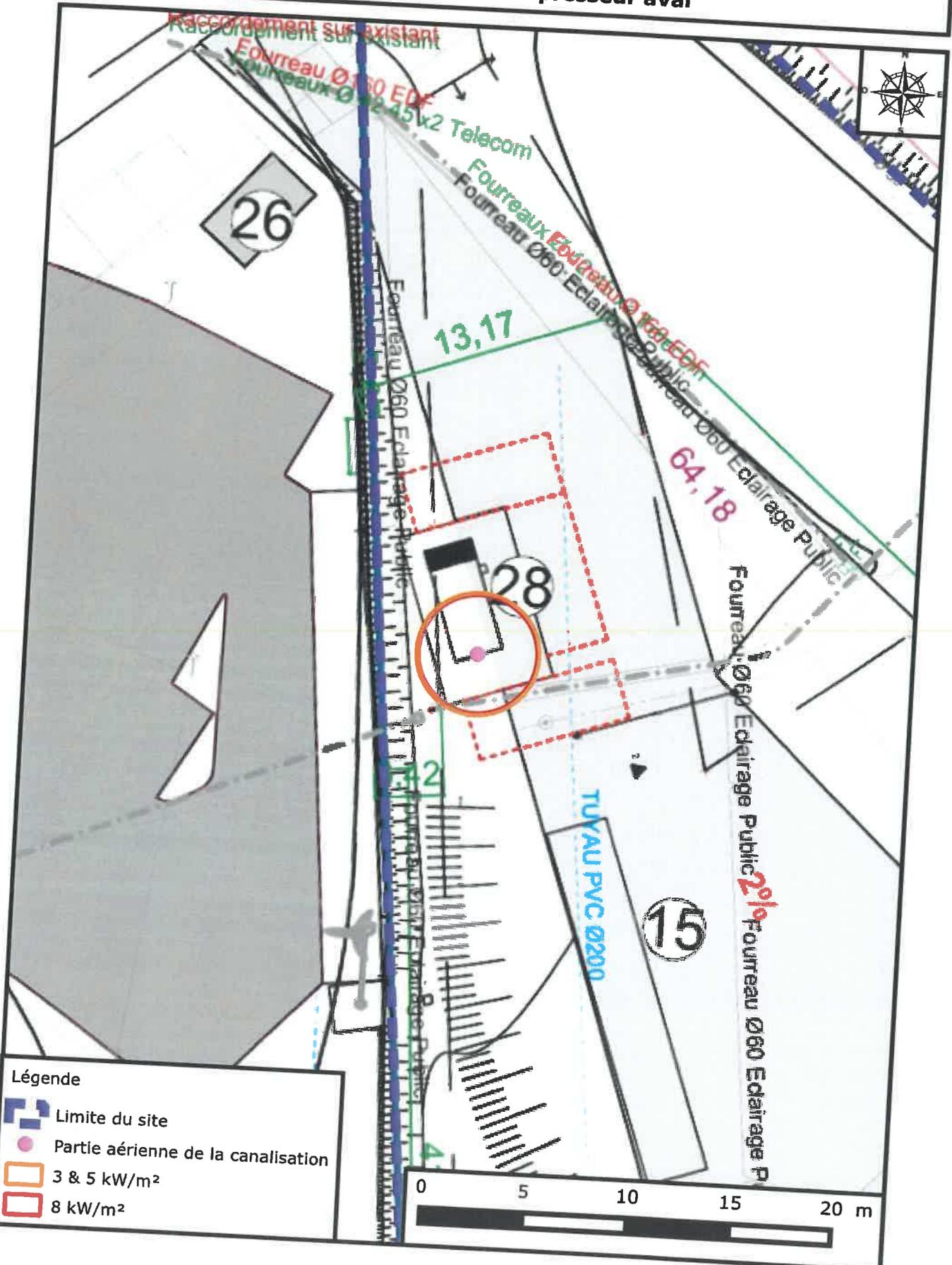
Les distances calculées pour chacun des seuils sont présentées dans le tableau suivant :

Modélisation	Effets	Seuils	F3/15	D5/20
Feu torche <b>horizontal</b> en sortie de fuite	Effets thermiques	8 kW/m <sup>2</sup> (SELS)	<b>2,9 m</b>	<b>2,9 m</b>
		5 kW/m <sup>2</sup> (SEL)	<b>3,0 m</b>	<b>3,0 m</b>
		3 kW/m <sup>2</sup> (SEI)	<b>3,0 m</b>	<b>3,0 m</b>

Les zones d'effets correspondantes sont représentées sur le plan ci-après (représentation uniquement des distances les plus importantes notées en gras).

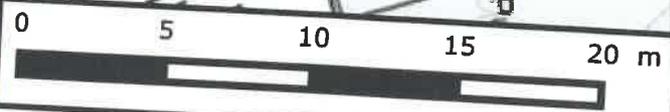


# Feu torche suite à une fuite 10% du DN sur la canalisation située en sortie du compresseur aval



### Légende

- Limite du site
- Partie aérienne de la canalisation
- 3 & 5 kW/m<sup>2</sup>
- 8 kW/m<sup>2</sup>



**2.16.3 COMMENTAIRES****A) SUR SITE**

En termes d'effets thermiques, les résultats obtenus sont les suivants :

Flux thermiques	Installations impactées en condition majorante (F3/15)	Conséquences
SELS 8 kW/m <sup>2</sup>	28 : poste d'injection	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone de dangers très graves pour la vie humaine
SEL 5 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets létaux délimitant la zone de dangers graves pour la vie humaine
SEI 3 kW/m <sup>2</sup>		Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine

**B) HORS DU SITE**

Aucun effet thermique lié à un feu torche suite à une fuite de 10% du DN sur la partie aérienne de la canalisation située entre le compresseur aval et le poste d'injection ne sort de l'enceinte du site.

**2.16.4 CONCLUSION**

La cartographie des effets thermiques susceptibles d'être obtenus montre :

- Une absence de risque d'effet dominos sur les installations voisines en dehors du poste d'injection,
- Une absence d'effets irréversibles à l'extérieur des limites de propriété.

**3 CONCLUSION GENERALE**

D'après les résultats de l'ensemble des modélisations présentées dans les paragraphes précédents, aucun effet irréversible ne sort des limites d'exploitation de la future unité de méthanisation METHA GAROTERIE.