

SARL LA GRANDE PANSE
89 450 Domecy sur Cure

Etude de Dangers



Dossier de demande d'autorisation

Unité de méthanisation et de valorisation de déchets fermentescibles non dangereux sur la commune de St Aubin des Chaumes (58)

Version 8 septembre 2017

Ce dossier a été réalisé par Stéphanie PIMENTA, Ingénieur Gérante de ALPHA CONSEIL ENVIRONNEMENT et Mr Guy LABOR, Ingénieur ESSTIN Consultant Risques et Environnement, En étroite liaison avec Monsieur Martin NIPPE, Sté DOMAIX ENERGIE et Messieurs RAUSCENT Frédéric et Mr ROUSSEAU Christophe gérants et associés de la SARL LA GRANDE PANSE

Sommaire de l'étude de dangers

1	PRESENTATION GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE	5
2	ETAPE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'INSTALLATION DE MÉTHANISATION	6
	2.1 NOTE LIMINAIRE.....	6
	2.2 DOCUMENTATION DES ÉLÉMENTS DE L'INSTALLATION	6
	2.3 ACTIVITÉS DE L'EXPLOITATION EXISTANTE.....	6
	<i>A. Introduction</i>	6
	<i>B. Unités fonctionnelles</i>	6
3	ETAPE 2 : RETOUR D'EXPÉRIENCE	7
4	ETAPE 3 : DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	9
	<i>A. Carte de situation</i>	9
	<i>B. Les voies de communication</i>	9
	B.1. Réseau aérien	9
	B.2. Réseau SNCF.....	10
	B.3. Réseau routier.....	10
	B.4. Transport de matières dangereuses (TMD)	10
	B.5. Réseaux électriques	10
	B.6. Réseaux gaz.....	10
5	ETAPE 4 : IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS ET ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES	11
	5.1 NOTE D'INTRODUCTION SUR L'ÉTAPE 4.	11
	5.2 LE GROUPE DE TRAVAIL.....	11
	5.3 NATURE DES SOURCES DE DANGERS POTENTIELS POUVANT CONDUIRE À UN ACCIDENT	11
	<i>A. Introduction</i>	11
	<i>B. Les sources de dangers d'origine externe</i>	12
	B.1. L'environnement naturel.....	12
	B.2. L'environnement anthropique.....	15
	<i>C. Les sources de dangers d'origine interne</i>	16
	5.4 LES DANGERS LIÉS AUX PRODUITS	16
	A.2. Les sources de dangers d'origine mécanique	19
	A.3. Les sources de dangers d'origine électrique	19
	A.4. Les dangers liés aux tuyauteries et accessoires (brides, raccords...).....	19
	A.5. Les dangers liés aux travaux sous-traités ou exécutés sur place	19
	5.5 LISTE DES ÉVÉNEMENTS REDOUTÉS PAR GRANDS SYSTÈMES	20
6	ETAPE 5 : CONSÉQUENCES DES ACCIDENTS	25
	6.1 DÉFINITION DES ZONES D'EFFETS	25
	<i>A. Les effets du rayonnement thermique</i>	25
	<i>B. Les effets de la surpression</i>	25
	6.2 MÉTHODES DE CALCULS	25
	6.3 CONSÉQUENCES DES SCÉNARIOS D'AMPLEUR MAXIMALE.....	25
	<i>A. Evacuation des gaz de combustion</i>	25
	<i>B. Scénario d'incendie 15 (fuite d'huiles)</i>	26
	B.1. Description de l'évènement accidentel.....	26
	<i>C. Scénarios d'explosion</i>	27
	C.1. Scénario N°16, Explosion confinée.....	27
	C.2. Scénarios N°11 et N°12 Explosion aérienne	29
	<i>D. Distances d'effets</i>	31
	D.1. Tableau récapitulatif.....	31
	D.2. Plans des distances d'effets	31
7	ETAPE 6 : DISPOSITIONS PRÉVENTIVES LIÉES À L'ACTIVITÉ ET AUX ÉQUIPEMENTS	
	ANNEXES	35
	7.1 IMPLANTATION	35
	7.2 DISTANCES D'ÉLOIGNEMENT	35
	7.3 MESURES LIÉES À LA CONCEPTION DES INSTALLATIONS	35

7.4 MESURES LIÉES AUX ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES	35
7.5 MESURES LIÉES À L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE	36
7.6 MESURES LIÉES À LA FORMATION D'ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE DANS LES LOCAUX	36
7.7 MESURES LIÉES À LA FORMATION D'ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE DANS LES CUVES VIDES	36
7.8 MESURES LIÉES AUX DYSFONCTIONNEMENTS DES UTILITÉS	36
7.9 PROTECTION Foudre.....	36
7.10 MESURES LIÉES À LA CIRCULATION	37
7.11 MESURES LIÉES À LA SÛRETÉ ANTI-INTRUSION	37
7.12 ORGANISATION DE LA SÉCURITÉ (ARTICLES 22,24, 50 ET 51).....	37
A. Formation initiale	37
B. Formation à la conduite d'une unité de méthanisation.....	37
C. Suivi de l'exploitation.....	39
D. Gestion des défauts et des alarmes.....	39
7.13 INTRODUCTION AU CONTRÔLE ET À LA MAINTENANCE DES INSTALLATIONS EN EXPLOITATION.....	40
7.14 ANALYSE DES FONCTIONS DE RÉGULATION ET DE SÉCURITÉ.....	41
8 ÉTAPE 7 : QUANTIFICATION DU RISQUE	42
8.1 INTRODUCTION À LA MÉTHODE DE QUANTIFICATION DU RISQUE	42
8.2 COTATION DU RISQUE.....	43
A. Rappel des résultats de l'analyse préliminaire des risques.....	43
B. Introduction à la méthode d'évaluation du risque	44
C. Cotation de la gravité.....	44
D. Cotation de la probabilité	45
E. Cotation du risque	46
9 ANALYSE ET EVALUATION DES RISQUES DES INSTALLATIONS.....	47
9.1 ESTIMATION DES RISQUES PAR CONSTRUCTION D'ARBRES.....	47
A. Arbre de défaillance	47
B. Arbres d'événements	47
9.2 ESTIMATION ET ÉVALUATION DU RISQUE PAR TABLEAUX AMDEC.....	47
A. Tableaux d'évaluation de la criticité.....	48
A.1. Causes internes.....	48
A.2. Causes externes	48
A.3. Commentaires des tableaux.....	49
A.4. Arbres de défaillance.....	51
B. Moyens de maîtrise de la sécurité (MMS).....	53
B.1. Méthode d'évaluation des MMS	53
B.2. Application de la méthode d'évaluation	54
9.3 CONCLUSION GENERALE	54
10 DETERMINATION DES MOYENS DE SECOURS	55
10.1 MOYENS DE SECOURS INTERNES	55
A. Moyens matériels d'alerte et de secours	55
B. Ressource en eau.....	55
C. Moyens humains d'intervention	55
D. Moyens humains d'intervention	56
10.2 MOYENS DE SECOURS EXTERNES	56
A. Moyens matériels de secours.....	56
B. Moyens humains de secours.....	56
11 CONCLUSION.....	57
12 ANNEXE 1 : ETUDE Foudre	59
12.1 LES BASES DE CALCULS	59
A. Introduction.....	59
12.2 ANALYSE DU RISQUE Foudre (ARF).....	59
A. Identification des ouvrages à protéger.....	59
B. Résultats	59
12.3 ETUDE TECHNIQUE SOMMAIRE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre.....	62
A. Les rayons de protection des dispositifs de capture actifs (Paratonnerres à dispositifs d'amorçage: PDA).....	62

<i>B. Dispositifs pouvant être mis en œuvre</i>	62
B.1. Dispositif de capture.....	62
B.2. Conducteur de descente.....	63
B.3. Prises de terre.....	63
B.4. Distances de sécurité, liaisons équipotentielles.....	63
B.5. Vérification et maintenance.....	63
13 ANNEXE 2 : TABLEAUX ANALYSE AMDEC	66
13.1 COTATION DU RISQUE.....	66
A. Cotation de la gravité.....	66
B. Cotation de la probabilité.....	66
C. Cotation du risque.....	67
13.2 ANALYSE ET ÉVALUATION DES RISQUES DES INSTALLATIONS.....	68
A. Estimation et évaluation du risque par tableaux AMDEC.....	68
B. Causes internes.....	68
B.1. Tableaux d'évaluation de la criticité.....	68
C. Causes externes, naturelles ou anthropiques.....	78
C.1. Tableaux d'évaluation de la criticité.....	78
14 ANNEXE 3 : MÉTHODES DE CALCULS	81
A. Méthodes d'évaluation des effets de la survenance du risque.....	81
B. Fuite de gaz sous pression d'une canalisation.....	81
C. Rayonnement thermique.....	81
D. Suppression.....	82
D.1. Explosion d'une onde aérienne.....	82
D.2. Explosion en milieu confiné.....	82
E. Projection d'éléments de construction.....	82
15 ANNEXE 4 : SCÉNARIOS N°11 ET N°12 EXPLOSION AÉRIENNE	85
15.1 DESCRIPTION DE L'ÉVÉNEMENT ACCIDENTEL.....	85

1 PRESENTATION GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE

L'article 2 de l'arrêté du 29 juillet 1998 précise que l'étude de dangers doit comporter une analyse des risques recensant, décrivant et étudiant tous les accidents susceptibles d'intervenir afin d'aboutir à l'étude des scénarios d'accidents.

Le titre I de l'arrêté du 29 septembre 2005 précise son champ d'application (installations classées soumises à autorisation) et détermine les règles minimales relatives à l'évaluation et à la prise en compte de la **probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets des phénomènes dangereux et de la gravité potentielle des accidents** susceptibles de découler de leur exploitation et d'affecter les intérêts visés par l'article L. 511-1 du code de l'environnement.

L'étude des dangers s'adresse au fonctionnement accidentel des installations présentes sur le site.

La méthode de travail utilisée comporte les étapes suivantes :

1. Identifier les éléments composant les différentes unités de l'installation et leur fonctionnement en s'appuyant des éléments décrits dans la description des activités: **Analyse fonctionnelle**
2. Donner des éléments du **retour d'expérience** d'accidents survenus sur ce type d'installation
3. Identifier les cibles (intérêts à protéger) susceptibles d'être atteintes en cas d'accident sur le site : **Description de l'environnement**
4. Recenser les éléments potentiellement dangereux présents sur le site et dans son environnement proche et leurs effets sans prise en compte des moyens de prévention et de protection mis en œuvre : **Analyse préliminaire des risques**
5. Présenter les scénarios « enveloppe » retenus pour **l'évaluation de leurs effets** sur l'environnement à partir des valeurs limites réglementaires.
6. Présenter les **moyens de prévention et de protection** mis en œuvre sur l'installation
7. Procéder à la **quantification du risque** en utilisant les méthodes de gestion du risque selon la démarche suivante qui sera adaptée à la nature des installations :
 - o Appréciation du risque
 - ✦ Analyse du risque (identification des sources, estimation du risque)
 - ✦ Evaluation du risque (gravité, probabilité, criticité)
 - o Traitement du risque
 - ✦ Optimisation du risque
 - o Acceptation du risque
 - ✦ Définition du risque résiduel

⇒ Justifier les moyens mis en œuvre (ou à prévoir) pour limiter la probabilité d'occurrence de l'accident et la gravité de leurs effets

⇒ Décrire les méthodes et moyens d'intervention disponibles en cas d'accident

2 ETAPE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'INSTALLATION DE MÉTHANISATION

2.1 Note liminaire

La description des activités de la SARL La Grande panse figure dans la partie Description des activités et dans celle de l'étude d'impact. L'étude des dangers reprend cette description sous la forme d'analyse fonctionnelle. L'installation est décrite comme un assemblage de sous-systèmes ou éléments disposant de liaisons fonctionnelles (en général des canalisations de transport de produits, canalisations électriques, liaisons informatiques de régulation ou de sécurité).

2.2 Documentation des éléments de l'installation

Les éléments de l'installation, objets de l'analyse, sont examinés à partir des informations suivantes

- ⇒ la définition technique: schémas, plans et composants (Description des activités)
- ⇒ l'analyse fonctionnelle des installations, organes de régulation et organes de sécurité.
- ⇒ les procédures d'exploitation: démarrage, fonctionnement normal, arrêt normal, fonctionnement accidentel, mode dégradé

2.3 Activités de l'exploitation existante

A. Introduction

Cette étude de dangers concerne une installation de valorisation en énergie et matière commercialisable des produits végétaux riches en matières organiques, azotées et phosphorée (désignées souvent par la dénomination « matières fermentescibles ») avec le processus de méthanisation mésophile.

Cette unité de méthanisation est implantée sur un terrain de 6158 m² (parcelles ZD42) sur la commune de Saint Aubin des Chaumes

La SARL La grande Panse traitera :

- ⇒ Les matières fermentescibles issues des SCEA et SARL de Come, ainsi que de la SCEA de la Cure, exploitations agricole à dominante élevage domiciliée sur la commune de Domecy sur Cure proche du site de méthanisation. Elles sont les suivantes :
 - Les fumiers de bovins (3500 T/an) sont regroupés sur le site de méthanisation et stockés en fumière jusqu'à introduction dans le digesteur
 - Les autres intrants agricoles ensilages, issues de céréales, cives sont stockés sur les silos dédiés à l'installation de méthanisation
- ⇒ Les déchets fermentescibles issues d'industries agro-alimentaires livrés par des collecteurs de déchets

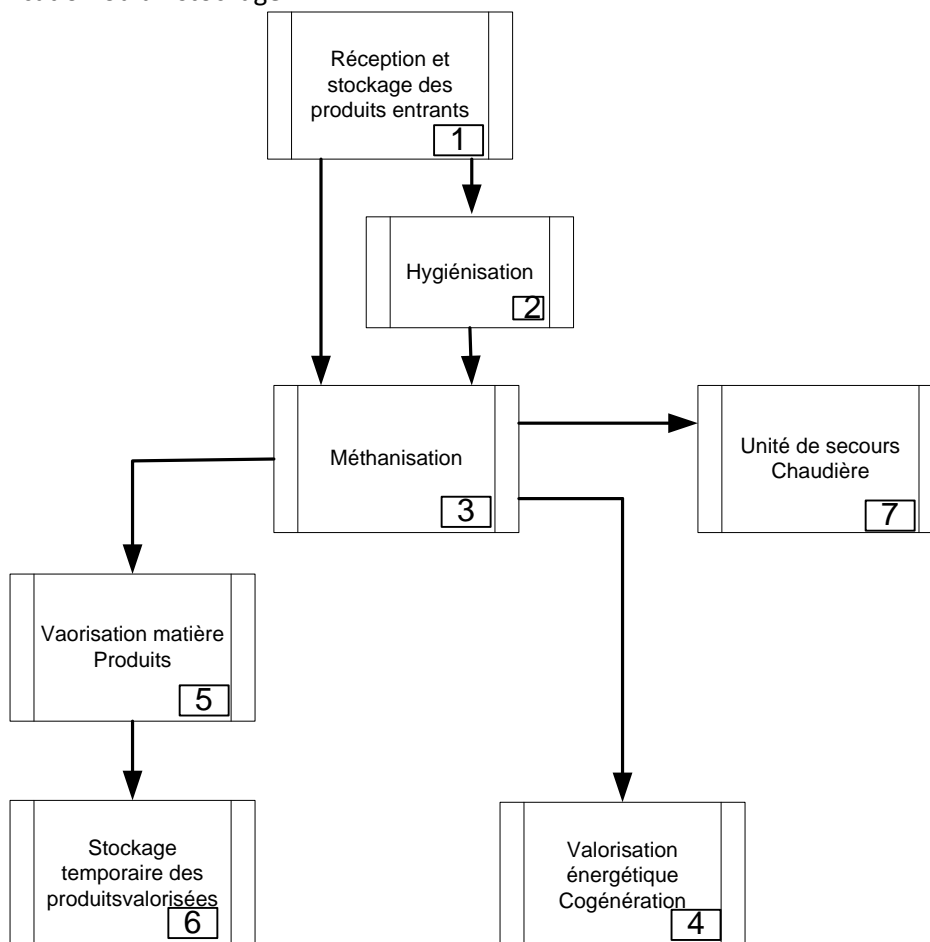
B. Unités fonctionnelles

L'installation de méthanisation est telle que décrite dans le chapitre « Description des activités ». Les schémas d'unités fonctionnelles sont présentés dans le chapitre « Description des activités » au paragraphe 3.3. L'activité est divisée en sept systèmes fonctionnels différents :

- ⇒ L'unité de stockage
- ⇒ L'unité d'hygiénisation
- ⇒ L'unité de méthanisation
- ⇒ L'unité de transformation énergétique (production d'électricité et chaleur par cogénération)
- ⇒ L'unité de traitement et de digestat (séchoir)
- ⇒ L'unité de stockage des digestat (amendement agricole)
- ⇒ L'unité de secours (la chaudière)

Les diagrammes inclus dans chaque paragraphe relatif à une unité expliquent les différents éléments relatifs aux opérations pratiquées sur les produits entrants et sortants.

Chaque trait de liaison représente un transfert de matière ou d'énergie. Chaque élément représente une fonction du procédé de fabrication ou un stockage.



3 ETAPE 2 : RETOUR D'EXPÉRIENCE

La base de données ARIA du BARPI **actualisée au 16 Octobre 2017** identifie un certain nombre d'accidents sur des installations impliquant le biogaz. Ce sont notamment les accidents suivants :

Installations de traitements de déchets et des boues de traitement des eaux usées

- ⇒ 1997 : en Italie, concerne une STEP : explosion dans une cuve de méthanisation en béton en cours de réparation (pas d'informations sur la gravité)
- ⇒ 1999 : en France, concerne une station dépuración industrielle, explosion dans un gazomètre à structure gonflable (pas d'informations sur la gravité)
- ⇒ 2005 : en France, concerne une STEP, fuite de biogaz sur un digesteur de boues (pas d'informations sur la gravité)
- ⇒ 2006 : en France, concerne un CET avec valorisation thermique du biogaz, explosion confinée dans le local électrique due à une accumulation de biogaz.
- ⇒ 2006 : en Allemagne, Eclatement de deux fermenteurs de production de biogaz dans une usine de traitement de déchets
- ⇒ 2008 : en Allemagne, fuite de lisier sur une unité de méthanisation agricole
- ⇒ 2011 : en France (59), Rupture de bêche sur la cuve de stockage suite à erreur de conception
- ⇒ 2012 : France (22), pollution aquatique par une unité de méthanisation suite à une panne sur un capteur de niveau sur une cuve de stockage de digestat et vanne du bassin d'orage ouverte.

- ⇒ 2012 : France (62), fuite de liquide sur un digesteur en acier par corrosion, présence probable de bactéries Sulfato-réductrices
- ⇒ 2013 : en France, concerne l'incendie du digestat en cours de séchage d'une installation de méthanisation traitant des déchets fermentescibles ménagers, déchets verts, boues de STEP et sous-produits agricoles
- ⇒ Débordement de matière organique et fuite de biogaz dans un centre de méthanisation, erreur humaine, vanne de remplissage d'eau restée ouverte et vanne de trop plein fermée
- ⇒ 2014 : En France départ de feu sur le compteur électrique de réinjection sur le réseau (hypothèse : anomalie de branchement)
- ⇒ 2015 : en France (22) pollution des eaux par unité de méthanisation agricole par les jus d'un silo de stockage
- ⇒ 2015 : Explosion d'une usine de méthanisation industrielle lors du redémarrage suite à intervention
- ⇒ 2015 : En France, concerne une explosion l'explosion stockage de lisier en maintenance et incendie de l'isolant de la cuve et de la couverture.
- ⇒ 2016 : en France (85) : endommagement de la bâche d'une cuve de stockage par des vents violents
- ⇒ 2016 : France (45), inondation d'une usine de méthanisation à l'arrêt par remonté via le circuit d'évacuation des eaux de pluies dans une zone non inondable
- ⇒ 2017 : France (56), débordement de mousse dans une unité de méthanisation agricole, cause gel

La base de données mentionne également les dangers de la présence de l'hydrogène sulfuré dans les installations de méthanisation. En 2005, 4 personnes sont mortes sous l'effet d'un dégagement de H₂S. Il convient de noter également le personnel travaillant sur ce type d'installations est exposé aux risques toxiques.

Installations agricoles : le retour d'expérience provient en majorité d'installations de méthanisation agricoles situées en Allemagne où cette technique de valorisation s'est fortement développée, plus de 3000 installations sur ces 10 dernières années. La gravité des incidents est d'ordre matériel, entraînant des pertes d'exploitation et frais de réparation. Les incidents recensés sont les suivants :

- ⇒ Débordement du méthaniseur : 3 à 4 fois par an (occurrence $< 1.10^{-3}$ cas/site.an)
- ⇒ Surpression interne à l'intérieur du méthaniseur : 2 événements recensés (occurrence $< 0,5.10^{-4}$ cas/site.an)
- ⇒ Rupture d'une canalisation à l'intérieur d'une enceinte confinée : 1 cas (occurrence $< 0,3.10^{-4}$ cas/site.an)
- ⇒ Gel des soupapes du méthaniseur : plusieurs fois, pas d'explosion (occurrence $< 1.10^{-4}$ cas/site.an)
- ⇒ Disposition de l'orifice d'échappement des soupapes : plusieurs fois, situation de danger potentiel pour le personnel
- ⇒ Envol d'une membrane du gazomètre intégré du méthaniseur : 1 cas, pas de conséquences (occurrence $< 0,3.10^{-4}$ cas/site.an)

Les données ARIA du Service de l'Environnement Industriel, Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles, relatives aux accidents survenus sur ce type d'installation montrent que les phénomènes d'explosion, fuite, débordement digesteurs sont les plus fréquents.

Les valeurs d'occurrences calculées pour les installations agricoles d'après les données du BARPI (étude INERIS du 18 janvier 2008) donnent une évaluation quantifiée de la probabilité qui sera utilisée pour l'estimation du risque. L'explosion n'étant pas à exclure, la valeur d'occurrence $< 0,3.10^{-4}$ cas/site.an sera retenue (explosion d'un méthaniseur de papeterie)

4 ETAPE 3 : DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

A. Carte de situation

Le présent paragraphe rappelle les caractéristiques de l'environnement naturel et anthropique qui **contient les enjeux à protéger** en cas d'accident sur le site.

Dans le périmètre de l'étude des installations classées, on recense :

⇒ la population des communes suivantes :

Commune	Superficie (km ²)	Nombre d'habitants	Habitants/km ²	Distance projet/site (km)
Saint aubin des chaumes	11	68	6	3
Domecy sur cure	21	376	18	2
Fontenay-près-Vézelay	15	163	11	2
Pierre Perthus	7	124	18	2
Bazoches	15	160	11	3
Foissy-lès-Vézelay	6	153	26	3.7
Neuffontaines	14	128	9	5.2
Nuars	16	140	9	6.5
Vézelay	22	475	22	7

Il convient de rappeler que cet environnement est essentiellement rural avec une faible densité de population.

Dans le périmètre d'étude soit 300 m et au-delà autour des limites de l'installation (voir plan de situation et de voisinage au 1/2500^{ème} en fin de document), on distingue des maisons d'habitations :

- La maison la plus proche est située à 80 m au nord des limites du site et à 180 m du digesteur. Il s'agit de la maison d'habitation de Mr Rousseau exploitant de l'unité de méthanisation et de l'exploitation agricole
- A l'ouest, à 2 km des limites du site, on trouve les maisons de Pouilly
- A 1.4 km à l'Est, on trouve les habitations de Domecy sur Cure
- A 1.1 km au Nord Ouest du site, on trouve les premières maisons de SOEUVRES
- Au sud on ne distingue pas d'habitation à moins de 1.5 km

Aucune maison n'est située à moins de 50 m du digesteur

La maison de Mr Rousseau (un des deux exploitants) est située à 180 m du digesteur, il s'agit de la plus proche du digesteur

Des établissements recevant du public (ERP) à plus de 1km

- o L'école primaire

B. Les voies de communication

B.1. Réseau aérien

Il n'y a pas d'aéroport aux abords immédiats du site. L'aérodrome le plus proche est celui d'Avallon. Les servitudes de la base militaire de Dijon-Longvic ne concernent pas le site, elles se situent au Nord-Est au Sud de Châtillon sur Seine et à l'Ouest au Sud d'Avallon.

B.2. Réseau SNCF

A plus de 10 km à l'Est du site, on distingue la ligne TGV Paris Lyon

B.3. Réseau routier

o L'accès au site se fait par la départementale D958 située à 500 m du site

o A 900 m au sud du site passe la D212

o Pour mémoire, la D957 passe à 6 km au nord du site

B.4. Transport de matières dangereuses (TMD)

Il n'y a pas de voie recensée pour les TMD à proximité du site.

B.5. Réseaux électriques

Il n'y a pas de lignes haute tension aérienne autour du site. Le site n'est pas concerné par ce type de servitude.

B.6. Réseaux gaz

Il n'y a pas de réseau gaz qui passe dans le périmètre d'étude

5 ETAPE 4 : IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS ET ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

5.1 Note d'introduction sur l'étape 4.

Le risque survient à la rencontre d'un produit à caractère **potentiellement** dangereux et d'une cause interne ou externe. Ce paragraphe a pour objet d'identifier et de décrire les potentiels de dangers ou risques présentés par l'installation de méthanisation.

La méthode d'analyse des risques proposée est une approche par «entonnoir» qui se décompose en différentes étapes successives:

- ⇒ Etablir l'inventaire des produits ou situations potentiellement dangereux
- ⇒ Identifier les causes internes ou externes déclenchant la survenance du risque
- ⇒ Dresser le tableau d'analyse préliminaire des risques
- ⇒ Identifier les scénarios les plus graves

Cette première étape permet d'identifier, en groupe de travail, d'après l'analyse du retour d'expérience, les événements redoutés par grands systèmes. Les résultats sont présentés sous la forme d'un tableau.

Les conséquences sont évaluées sous forme de scénario en l'absence de moyens de maîtrise des risques. Les hypothèses dimensionnantes du scénario sont établies à partir des données de l'analyse fonctionnelle. Les méthodes de calculs sont précisées et les seuils d'effets sont ceux définis par l'arrêté du 29 septembre 2005. Les données issues de cette étape permettront de déterminer la criticité de chaque accident potentiel lors de la phase ultérieure d'appréciation du risque.

Les conséquences de la réalisation des scénarios permettent d'accéder à la partie de l'étude relative à la quantification du risque. (Voir § 1.1 « Introduction à l'étude de danger »)

5.2 Le groupe de travail

Le groupe de travail mis en place pour réaliser cette analyse de risque a été le suivant:

- ⇒ Monsieur Frédéric RAUSCENT, exploitant
- ⇒ Monsieur Christophe ROUSSEAU, exploitant
- ⇒ Mr Martin NIPPPE DOMAIX ENERGIE concepteurs des installations
- ⇒ Melle Stéphanie PIMENTA Ingénieur Agronome gérante de la SARL Alpha Conseil Environnement (ACE)
- ⇒ Mr Guy LABOR, Ingénieur ESSTIN Consultant indépendant ICPE et expert Risques et Environnement

5.3 Nature des sources de dangers potentiels pouvant conduire à un accident

Par définition, un danger est la propriété intrinsèque d'une substance dangereuse, d'une situation physique ou chimique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.

A. Introduction

Le présent paragraphe fait état des différentes sources de dangers présentes sur le site de l'usine de méthanisation pouvant conduire à l'accident ou en être une des causes. Ce sont :

- ⇒ Les sources de dangers externes à l'installation :
 - liées à l'environnement naturel : foudre, séisme, inondation, glissement de terrain, argiles...
 - liées à l'environnement anthropique : infrastructures d'aménagement, actes de malveillance, présence de stockage de matières combustibles...
- ⇒ Les sources de dangers internes à l'établissement :

- o liées aux produits,
- o liées aux activités et installations.

B. Les sources de dangers d'origine externe

B.1. L'environnement naturel

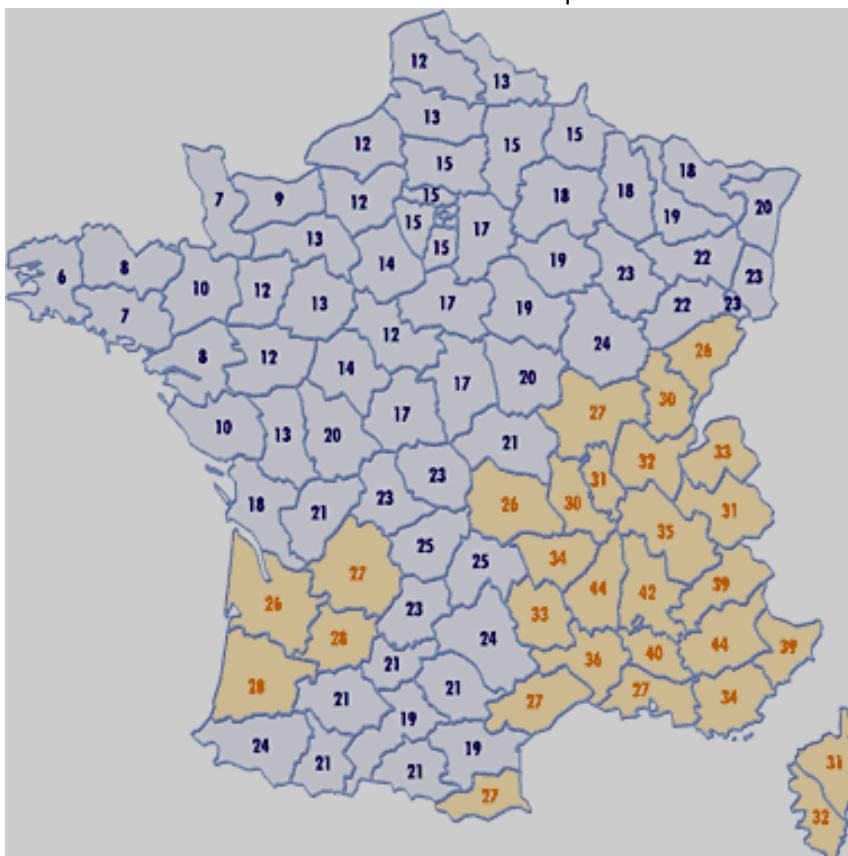
B.1.1. La foudre

L'activité orageuse a longtemps été définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire par le nombre de jours par an où l'on entend gronder le tonnerre. Pour le département de l'Yonne, Nk = 19, alors que la moyenne en France est de 20.

Mais la meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité de foudroiement (Ng), c'est-à-dire le nombre de coups de foudre au sol par Km² et par an.

Pour le département de l'Yonne et le département de la Nièvre elle est Ng = 1,9 alors que la moyenne en France est de 2,0. La « probabilité » pour que la foudre atteigne le site est égale à $1,9 * 0,05 = 0,095$ coup/an (9,5 coups tous les 100 ans).

Carte des niveaux kéraoniques



La foudre peut générer sur les installations des dysfonctionnements importants au niveau des installations électriques et en particulier des dysfonctionnements dans les chaînes de sécurité et/ou des organes de régulations de l'installation.

Les dispositions prises sur le site pour protéger les installations contre le risque foudre sont :

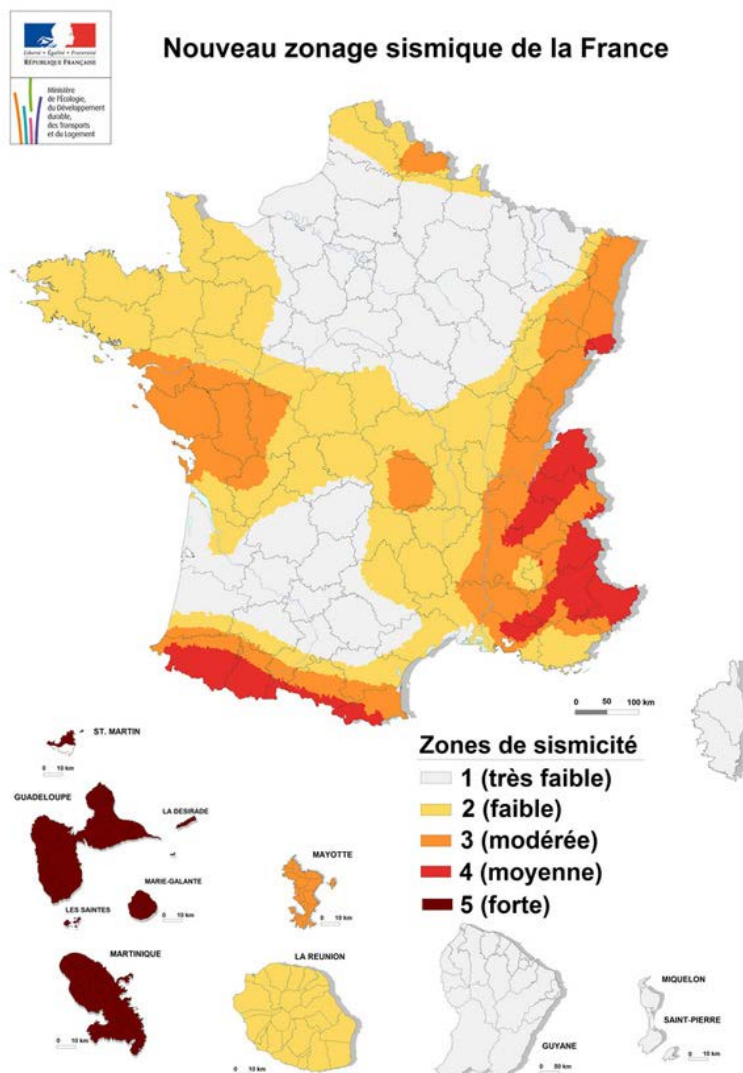
⇒ contre les effets directs de la foudre sont :

- o ensemble des installations reliées à la terre
- o masses métalliques interconnectées pour réaliser une continuité électrique,
- o les éléments métalliques susceptibles de constituer des conducteurs de descente (poteaux d'éclairage, structures métalliques extérieures, etc...)

- o un paratonnerre type PDA placé sur le faitage du bâtiment technique pour protéger l'ensemble des installations
- ⇒ contre les effets indirects, notamment les installations de conduite et de contrôle du fonctionnement des installations, un parafoudre de tête de type I est prévu sur chacun des réseaux énergie et télécommunication entrant dans la structure (présence de paratonnerre et installations de faible étendue).
- ⇒ Une analyse du risque foudre (ARF) réalisée selon la norme NF C17108 est présentée en annexe de l'étude de dangers.

B.1.2. La sismicité

Le décret N°2010-1254 du 22 octobre 2010 définit le cadre légal relatif à la prévention du risque sismique. D'après la nouvelle carte de zonage, le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante : très faible, faible, modérée, moyenne et forte. La commune de Saint Aubin des Chaumes classée en zone 1 à sismicité négligeable.



Pour la conception des ouvrages à risque normal, le spectre de réponse en accélération à utiliser est défini dans le cadre des règles de construction parasismique dites « EC8 »- norme NF EN 1998-1. La zone de sismicité et la catégorie de bâtiment permettent de définir l'accélération maximale de référence notée a_{gr} au niveau d'un sol rocheux à prendre en compte pour la définition de ce spectre. Ces valeurs d'accélération maximale de référence sont indiquées dans le tableau suivant.

Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment				
	I	II		III	IV
Zone 1	Aucune exigence				
Zone 2					
Zone 3	PS-MI ₁	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$		
Zone 4	PS-MI ₁	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$		
Zone 5		CP-MI ₂	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	

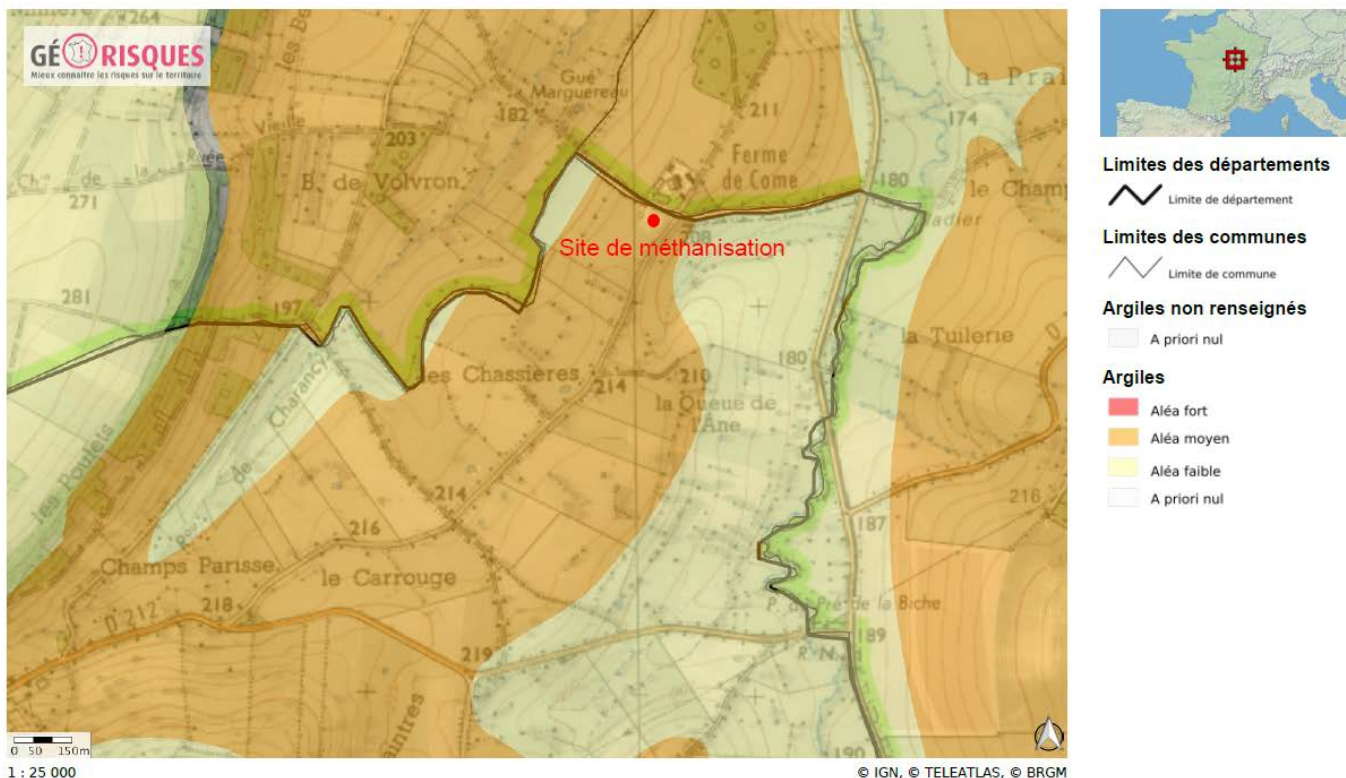
Les ouvrages du site sont de catégorie d'importance I (Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée) et situés en zone de sismicité 2 ne sont soumis à aucune règles parasismiques.

Toutefois, un séisme sur la zone où se trouvent les installations pourrait engendrer un effondrement du digesteur, ruptures de canalisations de transport et libérant les produits dans l'espace environnant. Cet effet est déjà pris en compte dans les différents tableaux AMDEC d'analyse des risques. Pour conserver un niveau de sûreté suffisant, le digesteur et le réservoir de digestat sont mis en œuvre sur un massif en béton armé répondant aux règles de l'Eurocode 8.

B.1.3. Risque argile

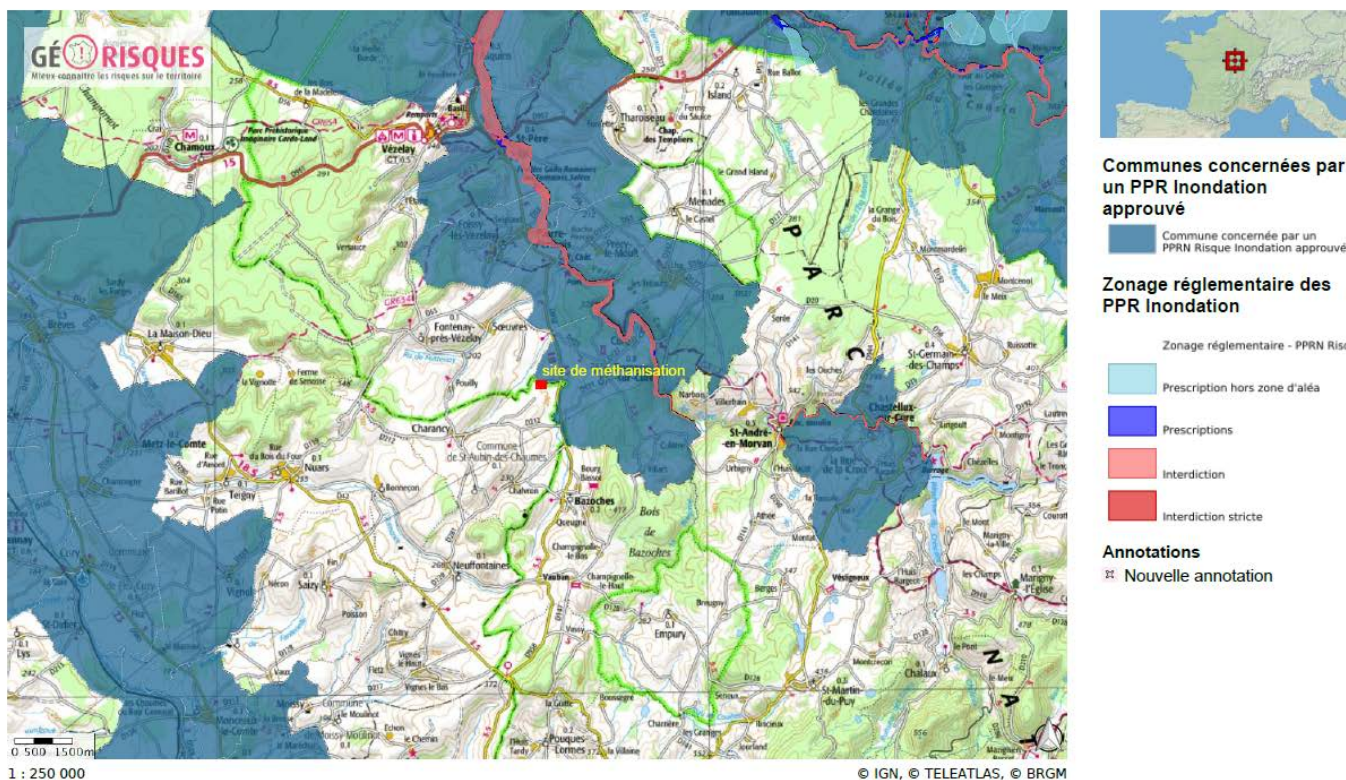
La commune de Saint aubin des chaumes est soumise à l'aléa de retrait-gonflement des argiles. Les alternances de sécheresse et de réhydratation de certains sols argileux peuvent provoquer des déformations de surface (tassement éventuellement suivi d'un gonflement des sols) susceptibles d'endommager parfois très sérieusement la structure des bâtiments et ouvrages fondés superficiellement.

Le site est situé dans une zone d'aléa moyen et les dispositions constructives au niveau des fondations et des abords ont été adaptés.



B.1.1. Cartes des aléas (extrait)

La commune de Domecy sur Cure n'est pas située dans le périmètre d'un PPR (Plan de prévention des risques Inondation) mais n'est pas pas située dans le périmètre d'un PPRT (Plan de prévention des risques technologiques) En revanche, le site situé sur la commune de Saint Aubin des Chaumes n'est pas concerné par le PPR



B.2. L'environnement anthropique

B.2.1. Le trafic aérien

Le risque de chute d'un avion sur le site de méthanisation est faible en raison de son éloignement des aérodromes à grand trafic. (Voir aérodromes de Dijon-Longvic et Avallon)

Les observations de la Direction Générale de l'Aviation Civile et les travaux effectués au sujet des chutes éventuelles sur les centrales nucléaires permettent les remarques suivantes :

- ⇒ en première observation, en cas d'incident, un aéronef reste en général manœuvrable et la chute sur l'usine, visible, est extrêmement peu probable, le pilote ayant la possibilité de diriger l'appareil dans une zone moins dense en urbanisation
- ⇒ la possibilité d'accrochage d'une superstructure ne pourrait être que le fait d'un aéronef en infraction puisque les aéronefs monomoteurs à pistons doivent évoluer à plus de 300 m et les aéronefs multi moteurs à pistons et réacteurs à plus de 1000 m. Le point le plus haut du site est à une altitude de 10 m.

En France, il est admis que le coefficient de probabilité d'accident par vol est de $2.10^{-6}/\text{an.km}^2$. Les répartitions de ces accidents sont de :

- ⇒ 39% à l'atterrissage
- ⇒ 26% au décollage
- ⇒ 28% en croisière

L'emprise du site étant de $0,05 \text{ km}^2$, cette probabilité devient de l'ordre de $0,1 \cdot 10^{-7}$.

La probabilité annuelle ($0,1 \cdot 10^{-7} / \text{an}$) est suffisamment faible pour ne pas prendre en compte ce risque.

B.2.2. Le trafic routier.

Le trafic routier est suffisamment éloigné et ne présente pas de risque particulier pour le site.

B.2.3. Le trafic ferroviaire

Sans objet

B.2.4. Installations voisines

Les risques liés aux installations voisines sont limités au stockage de fourrage implanté dans un bâtiment appartenant à l'exploitation agricole voisine des installations de méthanisation (environ 100m). Le risque d'effet domino présenté par l'incendie de ce stockage sera analysé par la suite

B.2.5. Canalisations de transport de matière dangereuses

Sans objet

B.2.6. Actes de malveillance / Actes de terrorisme

Les risques liés aux actes de malveillance sont variables suivant l'installation visée : sabotage, vol, dégradation, incendie...

Ce site peut toutefois présenter une cible d'attentat.

Pour limiter ce risque, l'ensemble du site est clos et toutes les portes et portails sont tenus fermés à clef pendant les heures de fermeture. Les bâtiments sont dotés d'un système de détection anti-intrusion.

C. Les sources de dangers d'origine interne

5.4 Les dangers liés aux produits

A.1.1. Introduction

Les produits manipulés, produits et stockés conduisent à dénombrer les risques suivants:

- ⇒ Explosion due aux mélanges de produits pouvant former des atmosphères explosibles
- ⇒ Incendie lié aux produits combustibles stockés: produits organiques combustibles d'origine agricole, matériaux d'équipements, huiles.
- ⇒ Pollution des sols due une perte de confinement d'un stockage de liquides autres que de l'eau

A.1.2. Les dangers liés aux produits combustibles stockés

A.1.2.1. Les produits combustibles solides

Les produits solides stockés sont pour leur majeure partie d'origine végétale avec une humidité élevée. Ce sont des produits potentiellement combustibles. Le risque de voir se développer un incendie dans une enceinte stockant des matières combustibles solides est envisageable.

A.1.2.1.1. Développement d'un incendie

Les produits combustibles solides peuvent brûler dans l'air (comburant oxygène de l'air) en présence d'une source d'inflammation. Ces 3 conditions génératrices d'incendie constituent le triangle du feu.

Condition 1: Comburant

Il s'agit de l'oxygène de l'air dont la concentration est de 21% environ en volume.

Condition 2: Produits combustibles

Les produits combustibles présents dans les emplacements de stockage sont principalement les céréales immatures, mais d'autres produits utilisés sur le site d'exploitation, tels que des élévateurs à godet en plastique, les câbles électriques, les huiles.

Le caractère combustible est défini par le pouvoir calorifique inférieur (PCI)

- ⇒ Huiles de lubrification (cogénérateur) : 40 MJ/kg, PE > 250°C
- ⇒ Huiles usagées (stockage) : 40 MJ/kg, PE > 250°C
- ⇒ Caoutchouc, plastiques: ~ 40 MJ/kg
- ⇒ Déchets végétaux secs: 14 à 16 MJ/kg, masse volumique estimée 650 kg/m³;

Condition 3: Source d'énergie

Les principales sources d'inflammation pouvant être rencontrées dans l'établissement sont les mêmes que celles énumérées ci après pour le risque explosion.

A.1.2.1.2. *Caractéristiques particulières des produits stockés*

Les produits combustibles solides envoyés en méthanisation sont stockés en milieu humides et de ce fait difficilement inflammables. Compte tenu de leur taux d'humidité élevé la probabilité d'inflammation est très faible. Ils ne présentent pas de risques spécifiques d'incendie et ne sont considérés que pour leur valeur de méthanisation.

Les scénarios d'incendie ne seront donc pas étudiés dans cette étude de danger.

A.1.2.2. Les produits combustibles liquides

A.1.2.2.1. *Caractéristiques physicochimiques*

Les huiles sont des liquides inflammables dont le point éclair est supérieur à 55°C et dont le PCI est de l'ordre de 40 MJ/kg. Les produits stockés ont un point éclair supérieur à 200°C et sont donc difficilement inflammables. Ils sont susceptibles de s'enflammer en présence d'une source d'allumage suffisante (feu à proximité), et ainsi d'être à l'origine d'un incendie.

Le produit concerné est l'huile présente dans le carter du moteur à combustion interne du groupe cogénérateur (environ 400 l).

A.1.2.2.2. *Le mécanisme de l'inflammation*

Le mécanisme est le même que celui des produits combustibles solides. La vitesse de combustion y est plus élevée et les effets thermiques plus intenses.

A.1.3. Les dangers liés au biogaz

A.1.3.1. Caractéristiques physico-chimiques

Le biogaz est principalement constitué de méthane combustible et de gaz carbonique inerte. D'autres gaz peuvent venir s'ajouter de façon minoritaire dans la composition du biogaz : hydrogène, sulfure d'hydrogène (H₂S). Le tableau ci-dessous illustre la variabilité des constituants. La teneur de ces gaz dépend étroitement du déchet traité et du degré d'avancement de la méthanisation.

Tableau 1: Composition du biogaz

Composé gazeux	Proportion (%)	Observations
Méthane (CH ₄)	50 – 80	
Dioxyde de carbone (CO ₂)	20 – 50	
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	0 - 0,5	

Les autres caractéristiques pertinentes pour l'étude de danger, en tant que gaz inflammable pouvant former une atmosphère explosible, sont rassemblées dans le tableau ci-après.

Tableau 2: Caractéristiques de danger du biogaz

Composition type 60% CH₄ – 40%CO₂

Grandeur caractéristique	Valeur	Observations
PCI (MJ/Nm ³) (Patm, 0°C)	21,82	Méthane 36,77
Masse volumique (kg/Nm ³)	1,21	Méthane 0,71
Pression maxi d'explosion à 40°C (bar)	5,7	Pmax, Source INERIS
Vitesse maximale de montée en pression (bar.m/s)	14	Kg, Source INERIS
Energie minimale d'inflammation (mJ)	0,28	EMI, Méthane pur, source INERIS
Température d'auto inflammation (°C)	535	

Facteur d'explosion KG (bar-m/s)	55	
Limites d'explosivité (%v)	LIE 5,1 LSE 11,4	Méthane LIE 5 LSE 15

Note : Le pouvoir calorifique d'un combustible PCI est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de quantité de combustible. Le PCI du méthane à 0°C à pression atmosphérique est de 36,77 MJ/m³ (11. Pour le biogaz, le PCI sera proportionnel à sa teneur en méthane (par exemple, pour un biogaz contenant 60% de méthane, le PCI sera de 36,77 x 0,6 = 21,82 MJ/m³).

A.1.3.2. Mécanisme des explosions de gaz combustibles

Une explosion de gaz combustible peut être définie comme la combustion rapide d'un mélange gaz dans un espace confiné dans lequel la chaleur dégagée est plus importante que la chaleur perdue dans le milieu.

Pour qu'une explosion se déclenche, il faut qu'un nuage inflammable dont la concentration en gaz est supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE) existe à l'intérieur d'un volume et qu'une source de chaleur suffisamment intense vienne au contact de ce nuage et provoque son inflammation. Le phénomène se propage de proche en proche transformant les mélanges froids en produits de combustion chauds (1000 à 2000°C). La forte dilatation thermique qui s'en suit (volume multiplié par 5 au moins) est responsable des effets de la pression, observés lors d'une explosion.

Trois conditions sont nécessaires pour qu'une inflammation du mélange gazeux apparaisse.

L'ensemble des 3 conditions constitue triangle de l'explosion.

Condition 1: Comburant

Il s'agit de l'oxygène de l'air dont la concentration est de 21% environ en volume.

Condition 2: Produits combustibles

Le gaz combustible présent est le biogaz en mélange explosible avec l'air (composition comprise entre LIE et LSE)

Condition 3: Source d'énergie

L'EMI d'un mélange explosible contenant du biogaz est très faible, quelques mJ. Cette énergie est présente dans la moindre étincelle. Les principales sources d'inflammation pouvant être rencontrées sont:

- ⇒ les surfaces chaudes provenant des installations électriques (moteurs, coffrets d'alimentation, câbles), des paliers des machines, des frottements de pièces l'une sur l'autre
- ⇒ les flammes et gaz chauds associées à des travaux de soudure ou de découpe produisant des gaz chauds, des perles de soudure, des étincelles qui sont des sources d'inflammation très actives
- ⇒ les étincelles d'origine mécanique générées par le frottement de 2 pièces métalliques qui atteignent des températures élevées et enflammer certains mélanges
- ⇒ les étincelles d'origine électriques produites par un matériel électrique non conforme ou défailant lors de la fermeture ou l'ouverture des circuits, ou par des connexions desserrées.
- ⇒ la foudre

A.1.3.3. Effets de la survenance d'une explosion

La réaction chimique considérée comme une explosion est en réalité une déflagration pour laquelle la vitesse de propagation du front de flamme reste inférieure à la vitesse du son. A cette déflagration est associée une onde de surpression qui se propage dans l'environnement. En l'absence d'obstacles, celle-ci s'atténue rapidement avec la distance.

Les déflagrations en milieu confiné sont tout autres. Les réflexions multiples des ondes sur les parois augmentent notablement les valeurs de la surpression. Les essais effectués dans des volumes de dimension limitée (20 l et 2000 l) montrent que le profil temporel de l'onde de pression est tout d'abord un accroissement rapide jusqu'à un maximum (4 à 10 bars) puis une décroissance jusqu'à la pression atmosphérique. Pour un produit donné, une concentration donnée, l'explosion est caractérisée par le volume de la chambre d'essai (VE), la pression maximale atteinte (Pmax) et la vitesse de montée en pression (dP/dt Max ou VMP). Ce cas correspond à celui de l'explosion confinée ou contenue pour laquelle les parois sont résistantes à la pression et les effets de l'onde de pression ne sont pas perçus à l'extérieur du volume d'essais.

Il est techniquement toujours possible de contenir les effets d'une explosion, la mise en œuvre de telles techniques est économiquement difficilement envisageable.

Dans la réalité, on rencontre la technique de l'explosion évacuée. Elle consiste à mettre en place dans les parois bordant le volume et son environnement à protéger, des événements ou des parois fragilisées, ouvertures ou éléments légers. Ces dispositifs en s'ouvrant vers l'extérieur limitent la valeur atteinte par la pression de rupture du dispositif de protection. Dans la plupart des cas dans la construction, on assiste tout d'abord à la destruction des éléments de paroi les plus fragiles (bien souvent $\leq 0,1$ bar).

Si la pression de déflagration est notablement réduite, cette mise à l'air libre du volume s'accompagne:

- ⇒ d'un effet thermique (éjection de la flamme à l'extérieur qui peut donc entraîner un incendie) avec effet domino.
- ⇒ d'une projection des éléments de parois détruits sous l'effet de la pression.

A.1.4. Conclusion

D'une manière générale, les principaux risques associés au stockage des matières premières, à la méthanisation et au stockage des produits finis sont l'incendie, l'explosion du biogaz et l'écoulement accidentel de liquides.

A.2. Les sources de dangers d'origine mécanique

Une installation de méthanisation est un ouvrage dans lequel les différents produits subissent des opérations de stockage, brassage, transports par canalisation, vis sans fin, élévateurs, de mise en circulation par pompage, de récupération et granulation de matière organique.

Les équipements tels que turbines, ventilateurs, transporteurs peuvent présenter des points saillants, des pièces en mouvement. Les risques engendrés pour le personnel sont de type heurts, coincements. Lors d'un fonctionnement défectueux, ces équipements peuvent être le siège d'un échauffement capable soit de déclencher un incendie des produits soit d'allumer une atmosphère explosible.

A.3. Les sources de dangers d'origine électrique

Tout équipement électrique peut présenter des risques, lors d'un défaut d'isolement, pour l'homme et son environnement. Un court-circuit, une étincelle peut être suffisante pour initier un début d'incendie, l'inflammation d'une atmosphère explosible.

La différence de potentiel entre l'équipement électrique mis accidentellement sous tension et l'opérateur peut conduire à des phénomènes d'électrisation avec ses différentes conséquences.

A.4. Les dangers liés aux tuyauteries et accessoires (brides, raccords...)

Les dangers liés aux tuyauteries et accessoires sont :

- ⇒ Une fuite,
- ⇒ Un éclatement d'une canalisation sous pression,
- ⇒ La rupture de support,

dont l'origine peut être une surpression, la corrosion, une erreur de conception ou de réalisation ou un défaut de maintenance.

Les canalisations sont conçues pour résister à des pressions très supérieures à la pression de service. L'épreuve des canalisations a lieu à au moins 2 fois la PMS.

Les soudures ont été réalisées selon des procédés de soudage acceptés, notamment pour le transport de biogaz. L'écartement entre les supports est prévu pour que la flexion des tubes sous charge ne dépasse pas $1/100^{\text{ème}}$ de la portée.

A.5. Les dangers liés aux travaux sous-traités ou exécutés sur place

Les dangers liés aux travaux sous-traités ou exécutés sur place, dont les opérations de soudure, sont liés à la détérioration de l'installation existante qui pourrait générer les différents dangers mentionnés dans les paragraphes précédents.

Pour limiter ce risque, les différents travaux exécutés font l'objet de procédures comme un plan de prévention prévoyant entre autre un permis de feu.

5.5 Liste des événements redoutés par grands systèmes

La liste des événements redoutés est établie par brainstorming, analyse du retour d'expérience et de la littérature disponible.

Les dangers sont synthétisés ci-dessous:

Tableau 3: Liste préliminaire des dangers

Ref	Système	Fonction	Equipements ou entités dangereux associés	Evènements redoutés
1	Stockage des produits entrants	Fournir les produits à traiter	Camions de livraison / Chargeur/véhicules du personnel Bâtiments/ cuves (obstacles) Conducteurs extérieurs Personnel	Collision - Erreur de direction - Accident de circulation - Fuite de carburant – Rupture d'éléments -Ecoulement de produits - Incendie de camion
2		Contrôler les produits	Camion Chauffeurs Produit livré	Apport d'un produit étranger à l'exploitation du site
3		Décharger les produits	Camion/chargeur	Ecoulement de produits liquides, pollution des sols Pompe de transfert en panne
4		Stocker les produits en attente de traitement	Produits combustibles stockés, personnel d'exploitation	Flamme ou feu nu, incendie des produits combustibles
5		Transférer les produits vers le digesteur	Chargeur, pompes à moteur électrique, canalisations de transfert	Etincelles d'origine électrique ou mécanique Flamme ou feu nu Panne pompe de transfert
6				
7	Hygiénisation	Eliminer les microorganismes pathogènes présents dans les produits C3	Echangeurs thermiques de réchauffage des produits Cuve de traitement thermique haute température (70°C) du produit et trémie de stockage Hachoirs Pompe de transfert et canalisations	Mélange entre produits traités et non traités Panne du dispositif de traitement thermique, défaut d'hygiénisation et risque de contamination Ecoulement de produits pompables, pollution des sols ,
8	Méthanisation	Assurer la production de biogaz	Bol de chargement, Broyeur-mélangeur Pompes de transfert Digesteur rempli de substrat	Panne chargement, Débordement, montée en pression dans le digesteur Rupture canalisation ou équipement (vannes d'isolement) Ecoulement de produits liquides, pollution des sols
9		Traiter le biogaz pour la cogénération	ventilateur de traitement du soufre Unité de déshumidification	Emission de gaz odorant , (H ₂ S)- risque de corrosion moteur thermique
10		Maintenir l'homogénéité du substrat	Agitateur mécanique et moteur d'entraînement	Formation d'une croûte empêchant la diffusion du biogaz,

Ref	Système	Fonction	Equipements ou entités dangereux associés	Evènements redoutés
11		Maintenir la température mésophile	Echangeur de chaleur Système de régulation Canalisations d'eau chaude	Manque chaleur Surchauffe du substrat Production incontrôlée de biogaz
		Stocker le biogaz	Enveloppe souple Soupape sécurité hydraulique	Déchirement par surpression ou effets du vent Fuite de biogaz (nuage dérivant, allumage, explosion aérienne) Dysfonctionnement soupape (bloquée en fermeture → surpression membrane, bloquée en ouverture → fuite continue de biogaz)
		Transporter le biogaz	Canalisations et organes d'isolement	Rupture canalisation – Fuite biogaz Vannes indisponibles
		Assurer la maintenance	Digesteur vide après exploitation non dégazé	Formation d'une ATEX ou ambiance toxique pour le personnel
14	Cogénération	Alimenter le groupe en biogaz	Canalisations et vannes Filtre Compresseur	Perçement canalisation, Fuite de gaz, émission à l'atmosphère Panne compresseur Défaut alimentation groupe Filtre encrassé
15		Assurer la production d'électricité	Moteur thermique Alternateur Carter d'huile	Fuite carter d'huile, inflammation de la nappe liquide formée → incendie
16			Bâtiment	Fuite de gaz, Formation d'une ATEX → Etincelle électrique → Explosion en milieu confiné,
17		Assurer la production d'énergie thermique	Echangeur	Corrosion de l'échangeur Echangeur obstrué par des boues Défaut refroidissement moteur
18		Assurer le transfert d'énergie thermique	Canalisations et vannes Régulateur Pompes Expansion Aérothermes de refroidissement	Perçement canalisation, Surpression installation Panne régulateur Panne électrique moteur Arrêt production

Ref	Système	Fonction	Equipements ou entités dangereux associés	Evènements redoutés
19	Traitement du digestat	Extraire la matière sèche et la phase liquide du digestat	Presse centrifuge Canalisations et vanne	Bris de moteur, turbine Perte de confinement → Ecoulement de digestat → Pollution du sol Arrêt processus
21		Concentrer le digestat par évapo-concentration	Réservoir Evaporateur Pompes, canalisations Echangeur	Panne électrique moteur Perte de confinement → Ecoulement de digestat → Pollution du sol
22		Purifier l'eau de séparation	Osmoseur	Pannes filtres et pompes → Arrêt traitement → stockage digestat dans le réservoir
23		Sécher le digestat par voie thermique	Trémie de chargement Digestat Sécheur Aérotherme de séchage Filtre de traitement de l'air de séchage	Présence de poussières combustible
24	Stockage phase solide	Finir le compostage de l'humus	Stockage de matière fermentescible	
25	Stockages des phases liquides	Servir de stockage de digestat et d'eau osmosée	Réservoirs, canalisations, pompes, vannes	Accident circulation Fuite canalisation, dépotage, Pollution des sols
26	Chaudière	Monter en température les intrants pour l'hygiénisation Détruire biogaz (panne groupe électrogène, maintenance, biogaz excédentaire)	Canalisation biogaz et vannes Brûleur Chambre de combustion Echangeur, pompe, canalisations	Fuite sur canalisation Panne contrôle flamme (sonde UV) Défaut vanne de coupure de sécurité Fuite de biogaz à l'atmosphère → Nuage combustible dérivant → Explosion
27	Stockage acide sulfurique	Traiter l'air en sortie de séchoir	Substance acide Réservoirs de conditionnement	Mélange avec une base (réaction exothermique) Fuite sur le sol, danger
28				

A la lecture de ce premier tableau, on procédera à l'évaluation des effets d'ampleur maximale pour la réalisation des événements redoutés suivants :

Tableau 4: SCENARIOS D'ACCIDENTS RETENUS

Système	Scénario			
	Numéro	Sous système	Type	Risque
Méthaniseur	11	Enveloppe souple	Fuite de biogaz	Explosion aérienne
Cogénération	12	Réseaux biogaz extérieurs	Fuite de biogaz	Explosion aérienne
	16	Réseaux biogaz intérieurs	Fuite de biogaz	Explosion confinée
Cogénération	15	Cuve huile de lubrification	Ecoulement huile dans cuvette de rétention	Incendie

6 ETAPE 5 : CONSÉQUENCES DES ACCIDENTS

6.1 Définition des zones d'effets

A. Les effets du rayonnement thermique

Pour évaluer les effets du rayonnement thermique sur l'être humain, on retient les valeurs de références suivantes (29 septembre 2005):

- ⇒ 3 kW/m² : 3 kW/m², seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »)
- ⇒ 5 kW/m² : seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »
- ⇒ 8 kW/m² : seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »

Pour évaluer les effets du rayonnement thermique sur les biens immobiliers (effet domino), on retient la valeur de référence suivante (Arrêté du 29 septembre 2005):

- ⇒ 8 kW/m² : seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures ;

B. Les effets de la surpression

Pour évaluer les effets du rayonnement thermique sur l'être humain, on retient les valeurs de références suivantes (29 septembre 2005):

- ⇒ 20 hPa ou mbar, seuils des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme
- ⇒ 50 hPa ou mbar, seuils des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
- ⇒ 140 hPa ou mbar, seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »

Pour évaluer les effets de la surpression sur les biens immobiliers, on retient les valeurs de référence suivante (Arrêté du 29 septembre 2005):

- ⇒ 20 hPa ou mbar, seuil des destructions significatives de vitres;
- ⇒ 50 hPa ou mbar, seuil des dégâts légers sur les structures ;
- ⇒ 140 hPa ou mbar, seuil des dégâts graves sur les structures ;

6.2 Méthodes de calculs

Les méthodes de calculs utilisées sont exposées en Annexe 3 du présent document

6.3 Conséquences des scénarios d'ampleur maximale

A. Evacuation des gaz de combustion

Le rôle des événements est de limiter la surpression à l'intérieur des locaux.

Lors de la mise à l'air libre des milieux confinés, les gaz chauds de combustion et le mélange combustible non brûlé s'échappent par l'ouverture d'événement. Le mélange combustible s'enflamme à son tour à l'extérieur du local. Les températures atteintes par ces gaz sont de l'ordre de 800 à 1000°C. Il y a donc une expansion thermique du volume du mélange initial : le facteur d'expansion peut varier de 4 à 5.

Un volume confiné de 1 m^3 en expansion isotherme évolue vers 4 à 5 m^3 . Toutefois, ces gaz chauds en se mélangeant à l'air extérieur beaucoup plus froid vont se refroidir rapidement et limiter les effets thermiques.

Les connaissances actuelles ne permettent pas de prévoir avec précision le comportement des gaz éjectés dans l'environnement et de définir des distances d'effets.

B. Scénario d'incendie 15 (fuite d'huiles)

Les scénarios d'incendie retenus lors de l'appréciation des risques (Tableau 4 §5.4 ci avant) sont relatifs à l'inflammation d'une nappe de liquide combustible contenue dans la cuvette de rétention des cuves en béton de stockage des huiles et des graisses.

B.1. Description de l'évènement accidentel

Les feux d'huiles et graisses contenues dans la cuvette de rétention des cuves. En ce qui concerne les graisses, la surface de la nappe est égale à la surface de la cuvette de rétention. La flamme se développant au-dessus des cuvettes va rayonner dans l'environnement.

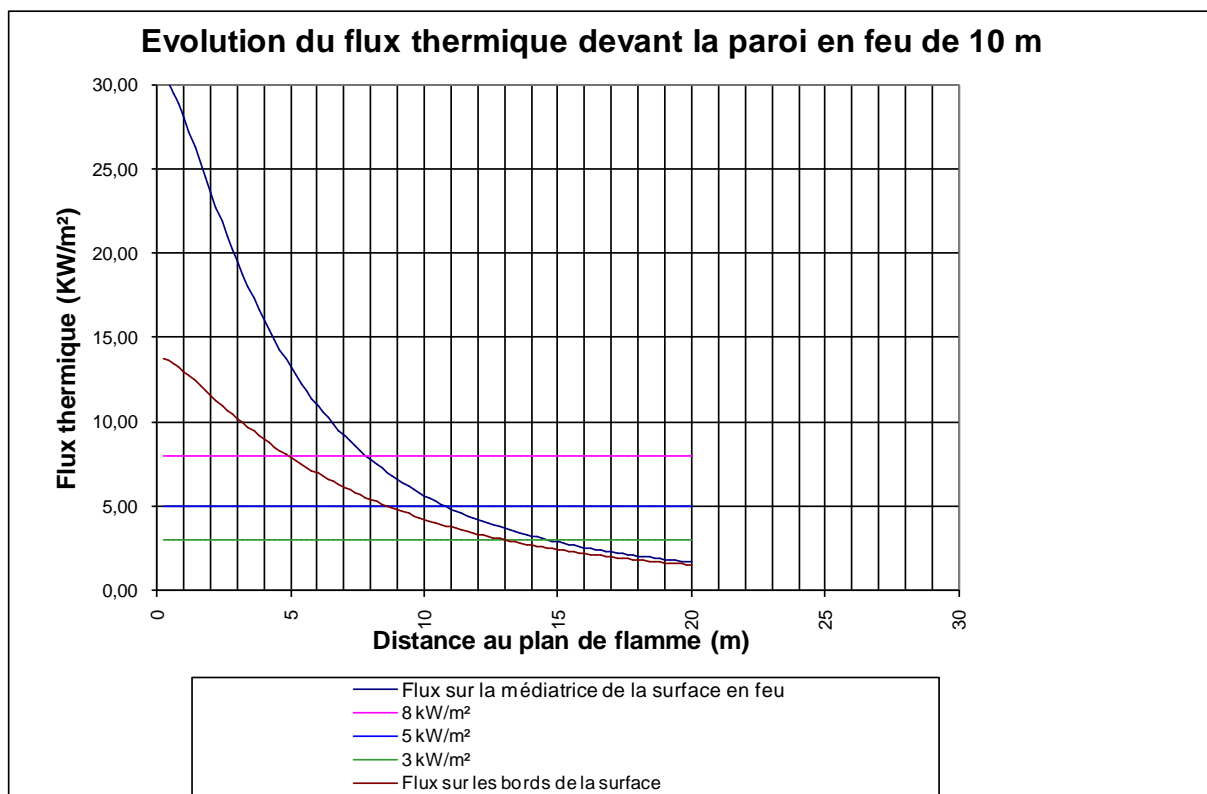
Les effets d'un incendie de matières combustibles sont :

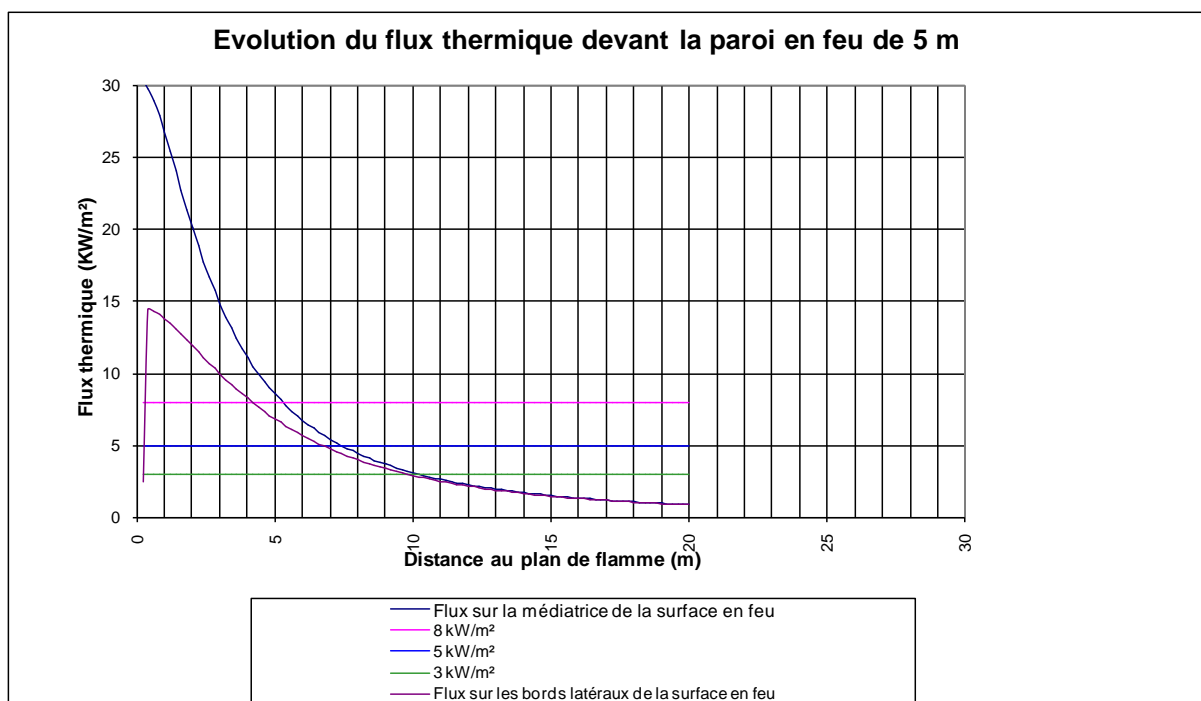
- ⇒ l'émission d'un rayonnement thermique haute température dans l'environnement proche;
- ⇒ l'émission de fumées issues de la décomposition thermique des produits combustibles (les produits de réaction de décomposition thermique sont le gaz carbonique et des imbrûlés solides et/ou gazeux);

B.1.1. Evaluation des distances d'effets (scénario 15)

Caractéristiques du foyer,

- ⇒ Dimensions : $10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$
- ⇒ Vitesse de combustion : $0,039 \text{ kg/m}^2.\text{s}$
- ⇒ Hauteur de flamme calculée : $9,5 \text{ m}$
- ⇒ Distances d'effets (scénario N°4) : Grand coté (10m) et Petit coté (5 m)





Flux (kW/m ²)	Distances d'effets bord et centre de la paroi (m)	
	Grand côté	Petit côté
8	5 / 8 / 5	4 / 5 / 4
5	9 / 11 / 9	6 / 7 / 6
3	13 / 15 / 13	9

B.1.2. Conclusion

Le risque d'effets dominos par rayonnement thermique en direction des réservoirs de stockage et méthaniseurs distants de 15 m environ n'est pas à redouter. Les distances d'effets thermiques ne franchissent pas les limites de propriété. Les constructions de stockage mitoyennes sont réalisées en maçonnerie, matériaux M0 (incombustibles).

C. Scénarios d'explosion

Les scénarios retenus lors de l'appréciation des risques sont rappelés dans le tableau 4 ci avant.

C.1. Scénario N°16, Explosion confinée

C.1.1. Description de l'événement accidentel

Le biogaz en milieu fermé ou confiné (local de cogénération) peut former une atmosphère explosive. En présence d'une énergie d'activation suffisante, celle-ci peut s'enflammer avec augmentation rapide de la pression conduisant à l'explosion.

Sous l'effet de la pression, les éléments légers de couverture ou les membranes d'évent calibrées vont céder, mettre l'espace confiné en communication avec la pression atmosphérique et limiter la pression dans le local cogénération.

La pression de ruine des éléments légers de construction ou membranes des événements calibrés est (sans mise en œuvre de dispositifs particuliers) inférieure ou égale à 0,10 bar.

Pour répondre à la problématique des effets dominos, les causes essentielles d'effets dominos sont précisées ci-après :

- ⇒ Sous l'effet de la pression, les éléments de construction arrachés acquièrent de l'énergie cinétique, sont projetés dans l'espace environnant et dans leur trajectoire, avant de

retomber au sol, peuvent rencontrer d'autres installations de l'établissement et les endommager.

- ⇒ La propagation de surpressions supérieures à 140 mbar peut générer la ruine d'éléments de construction situés dans la proximité.

C.1.2. Parades et mesures de protection prises en compte

Pour éviter l'apparition de l'événement, des moyens préventifs ont été mis en œuvre. Ils sont relatifs:

- ⇒ à la nature des équipements électriques
- ⇒ au dispositif de détection d'atmosphère explosible
- ⇒ à la protection contre l'électricité statique
- ⇒ à la mise en œuvre d'éléments de constructions légers destinés à limiter la pression dans le local et par voie de conséquence à limiter la propagation de l'onde de pression dans l'environnement.
- ⇒ à la mise en œuvre d'évents (cyclone)

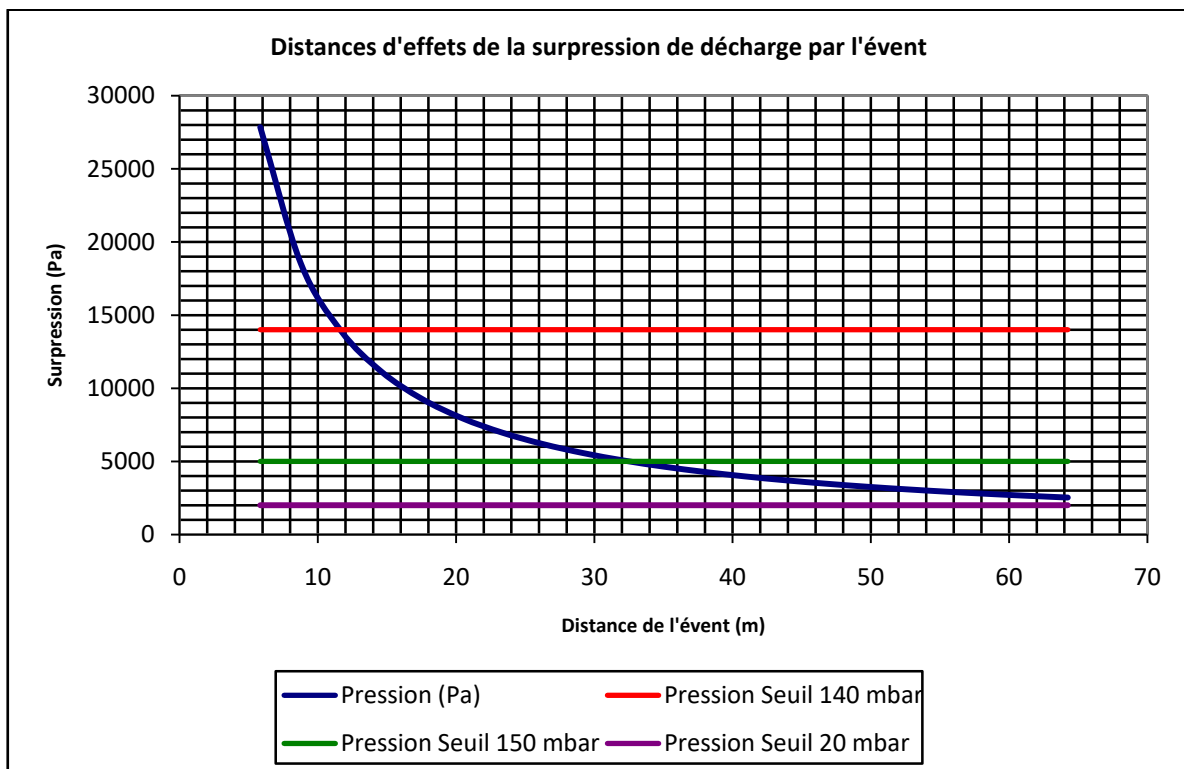
C.1.3. Evaluation des distances d'effets

Les caractéristiques géométriques du local sont les suivantes :

- ⇒ Dimensions (L x l x h) : 10 m x 5 m x 3,5 m
- ⇒ Surface éventable (paroi en bardage + porte) : (5 x 3,5 +10 x 3.5)= 52,5 m²
- ⇒ Surface des parois : 205 m²
- ⇒ Volume : 175 m³

Caractéristiques de l'explosion (méthode NFPA 68 - §7)

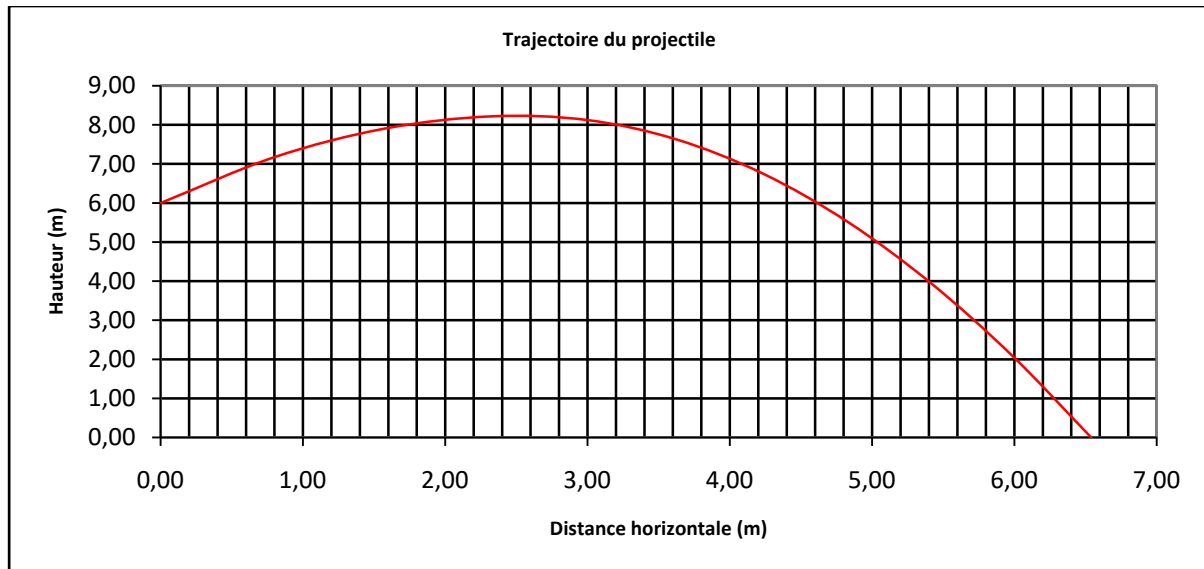
- ⇒ Surface minimale servant d'évent de réduction de la pression : 24 m² < 52.5 m² disponibles
- ⇒ Durée de l'impulsion : 8 ms
- ⇒ Evolution de la surpression à l'extérieur Evolution de la surpression à l'extérieur (Méthode TNO-Baker):



Caractéristiques des projections dues à l'explosion :

⇒ Élément de toiture arraché et projeté

- Dimensions $1,20 \times 0,65 = 0,78 \text{ m}^2$
- Masse projetée : $0,78 \times 15 \text{ kg/m}^2 = \sim 12 \text{ kg}$ sous un angle de 60°
- Vitesse initiale : 8 m/s
- Distance de projection



C.1.4. Conclusion

Le tableau ci-dessous résume les effets consécutifs à une explosion de biogaz survenant dans le local cogénération.

Seuils de surpression (mbar)		140	50	20
Distance d'effet (m) bord du bâtiment		11	30	61
Distance projection (m)	6.5			

Les niveaux de surpression atteints généreront des effondrements partiels du bâtiment technique, mais resteront sans effets sur le digesteur, suite un à éventuel incident, la structure du digesteur devra être validée par un bureau d'expertise.

Les éléments de construction projetés par la déflagration sont de portée limitée, mais sont susceptibles d'occasionner des blessures sur le personnel présent sur le site.

Les distances d'effets restent contenues dans les limites de propriété et ne sont pas porteuses d'effets dominos.

C.2. Scénarios N°11 et N°12 Explosion aérienne

Les tableaux avec les calculs détaillés sont reportés en Annexe 4 du présent document.

C.2.1. Description de l'événement accidentel

Le risque UVCE (« Unconfined Vapour Cloud Explosion ») ou explosion de gaz en milieu non confiné concerne tous les gaz et liquides inflammables à bas point d'ébullition qui, à la suite d'une perte de confinement, peuvent former une nappe gazeuse explosible dérivant sous l'action du vent. Si au cours de la dérive, la partie du nuage comprise entre les limites d'explosivité rencontre une source

d'énergie, une inflammation est probable. Cette ignition accidentelle peut provoquer une combustion suffisamment rapide pour engendrer une déflagration.

C.2.1.1. Vidange d'une canalisation de biogaz (Scénario 12)

Caractéristiques du terme source

- ⇒ Conduite de biogaz
 - Diamètre DN 150 (section = 0,018 m²)
 - Longueur : 50 m, hauteur géométrique : 7 m
 - Pression relative : 5 mbar (500 Pa)
- ⇒ Temps de réponse des vannes automatiques : 10 s
- ⇒ Estimation du volume de biogaz libéré :
 - Débit de biogaz à la brèche : 0,16 Nm³/s sous 5 mbar
 - Part due au débit de fuite : 10 x 0,16 = ~1,6 Nm³
 - Vidange des canalisations verticales (poussée hydrostatique) : 0,1 Nm³
 - Volume de gaz libéré : 1,6 + 0,1 = ~2 Nm³
 - Délai d'allumage : immédiat (les seules sources potentielles proches sont sur le site)

Calcul des distances d'effets selon la méthode Multi-Energy

Surpression (mbar)	140	50	20
Sévérité du confinement	4	4	4
Distance réduite Dr (courbes multi-energie)	0	1,35	2 fois la distance 50 mb
Distance d'effets (m) r = Dr x r'	0	9	18

C.2.1.2. Rupture de l'enveloppe de stockage (Scénario N°11)

Caractéristiques du terme source

- ⇒ Volume de biogaz d'un digesteur : 977 m³
- ⇒ Volume de biogaz libéré (volume sous la membrane) : 977 - 236 = 741 m³
- ⇒ Délai d'allumage : immédiat (les seules sources potentielles sont sur le site)

Calcul des distances d'effets selon la méthode Multi-Energy

Surpression (mbar)	140	50	20
Sévérité du confinement	4	4	4
Distance réduite Dr (courbes multi-energie)	0	1,37	2 fois la distance 50 mb
Distance d'effets (m) r = Dr x r'	0	71	142

D. Distances d'effets

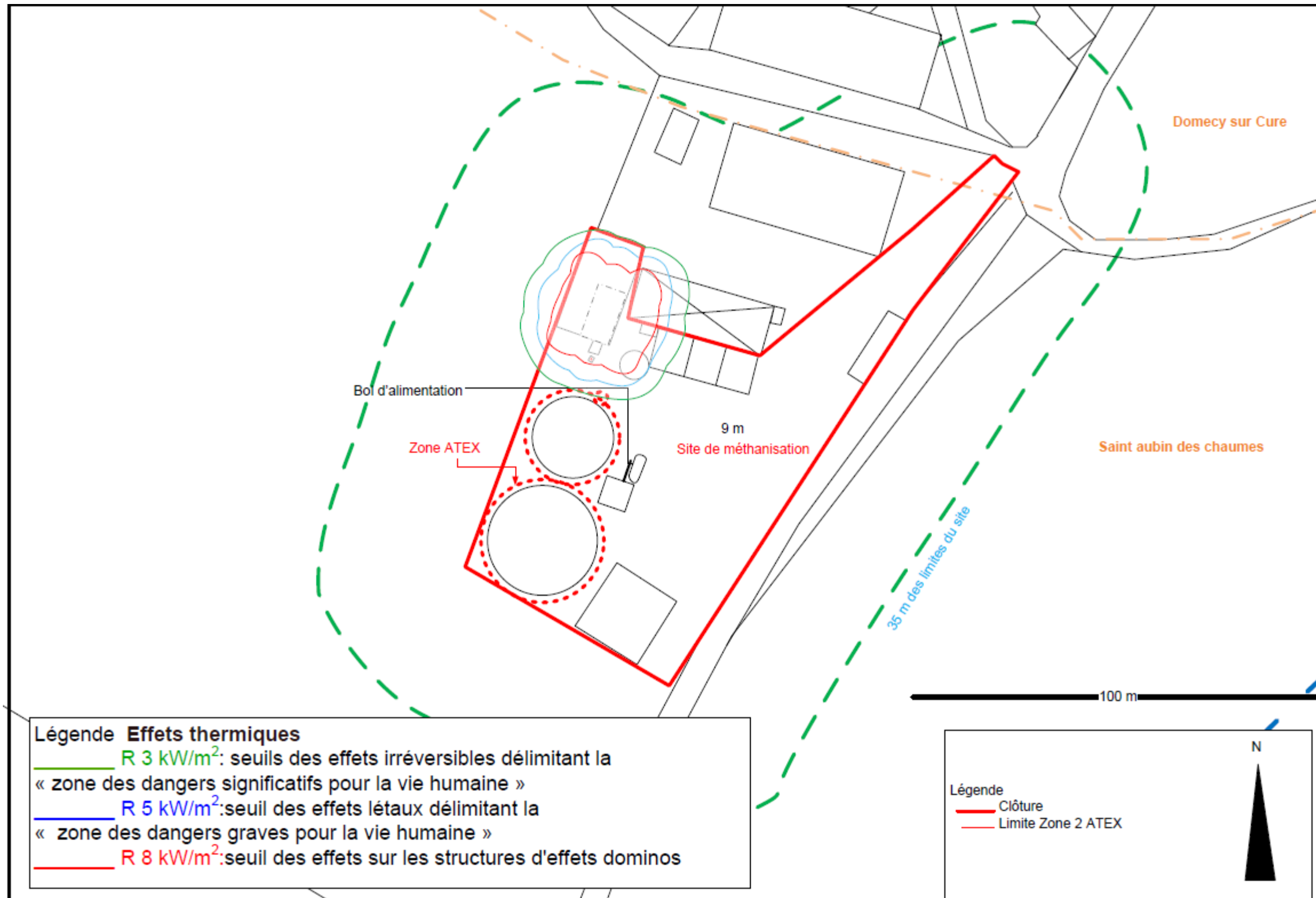
D.1. Tableau récapitulatif

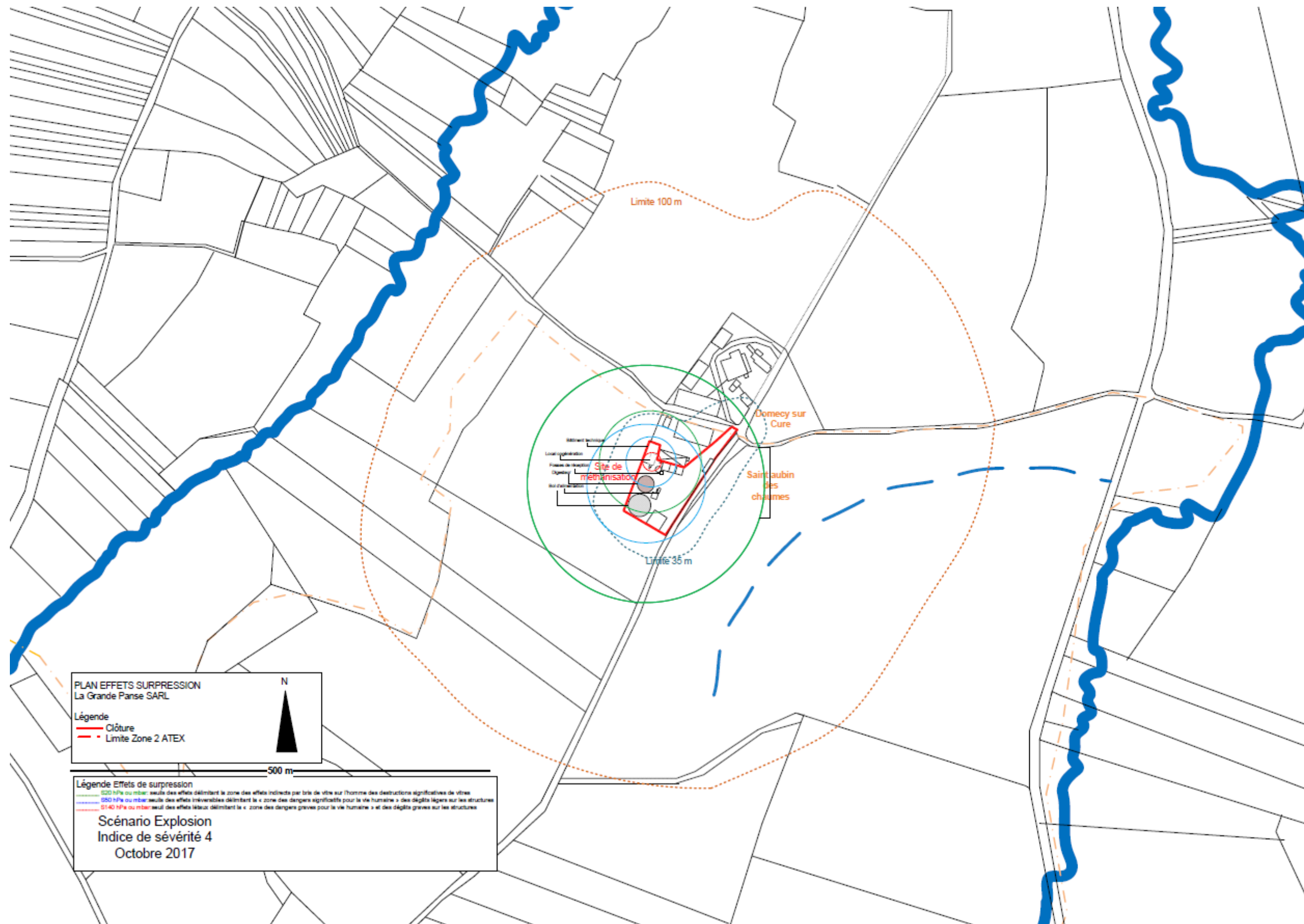
Tableau 6: Distances d'effets et de leurs gravités

Scénario Description		Distances (m)						
		Pour l'incendie et projections, distance comptée à partir du bord extérieur de l'ouvrage considéré						
		Incendie			Projection	Explosion		
		8 Kw/m ²	5 Kw/m ²	3 Kw/m ²	(-)	SEI 140 mbar	SEL 50 mbar	vitres 20 mbar
15	Local cogénération Grand côté	8	11	15				
	Petit côté	5	7	9				
16	Cogénération				6.5	11	30	61
12	Fuite conduite biogaz					-	9	18
11	Rupture membrane					-	71	142

D.2. Plans des distances d'effets

D.2.1. Scénarios d'incendie1^{ère} Page suivante repérée 32**D.2.2. Scénario d'explosion**2^{ème} Page suivante repérée 33





D.2.3. Conclusion

Les effets dominos ne sont envisageables qu'à partir de surpressions plus élevées (~200 mbar), non observées et non envisageables dans le cas du site de méthanisation.

Les distances d'effets 50 mb sortent du site, sur une zone agricole non habitée. En termes d'effets, la surpression de 50 mbar générée par l'explosion peut être à l'origine d'effondrements partiels des éléments des parois ou de couverture des bâtiments. La stabilité du digesteur est conservée sous la poussée de la surpression.

La distance d'effets 20 mb s'étend au-delà des limites de propriétés.

- ⇒ Il n'y a pas de tiers dans un rayon de plus de 500 m du site, l'habitation la plus proche est celle de Mr Rauscent exploitant de l'unité de méthanisation
- ⇒ Les effets 20 mb sortent des limites du site mais s'étendent en zones agricoles

Sur le plan de la conformité réglementaire, l'habitation du tiers le plus proche est située à plus de 50 m des parois du digesteur, distance prescrite par l'arrêté du 10 novembre 2009. Elle est en réalité au double de cette distance. Il s'agit de la maison d'habitation d'un des exploitant de l'unité de méthanisation.

Sur le plan des scénarios d'accident : l'habitation est sous l'impact du risque résiduel d'explosion dont les effets indirects sont liés aux éventuels bris de vitres. Par extrapolation, au sens du guide PPR du 16 décembre 2005, cette zone correspond à une zone d'aléa faible (Fai) avec une vulnérabilité due à la présence d'un bâtiment existant.

La zone d'effets n'entre pas dans le cadre de la maîtrise de l'urbanisation mais de l'information (voir § 6.1 Bris de vitre et effets indirects sur l'Homme) :

- ⇒ L'intensité des phénomènes dangereux (explosion) a été évaluée conformément à l'Arrêté du 29 septembre 2005 modifié.
- ⇒ Le scénario d'explosion à l'origine de la surpression de 20 mbar ne s'est jamais produit sur des installations identiques (plus de 3000 installations sur 10 ans de fonctionnement) : la probabilité de réalisation est très faible, au delà de la durée de vie de l'installation.
- ⇒ La gravité est déterminée par la présence d'une maison occupée dans le champ de surpression 20 mbar. **Cette habitation est aujourd'hui inoccupée. Aucune disposition n'a été arrêtée au niveau de ce bâtiment depuis la mise en service des installations de méthanisation**
- ⇒ Le champ de 20 mbar correspond à la destruction de 10 % des vitrages sans risque d'effondrement (Source INERIS : Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) La résistance des structures aux actions accidentelles) avec un risque de blessures sur le corps humains par projection d'éléments légers tels qu'éclats de verre (effets indirects).

L'information sur l'existence de ce risque doit être conduite auprès des riverains, elle devra normalement être présente dans les futurs documents d'urbanisme sous la forme de recommandations sur les dispositions constructives susceptibles d'être mise en œuvre (fenêtre avec des vitres en verre feuilleté par exemple pour les constructions nouvelles, film adhésif,....).

7 ETAPE 6 : DISPOSITIONS PRÉVENTIVES LIÉES À L'ACTIVITÉ ET AUX ÉQUIPEMENTS ANNEXES

7.1 Implantation

Sur le site, l'organisation du plan de masse permet la circulation sur voirie lourde des véhicules de secours et l'accès sur l'ensemble du périmètre des bâtiments.

7.2 Distances d'éloignement

Les éléments de l'installation de méthanisation sont éloignés des enjeux sensibles (voies de circulation routière, ERP, habitations).

7.3 Mesures liées à la conception des installations

Tous les bâtiments de fabrication et annexes sont construits en matériaux incombustibles (béton, maçonnerie et métal) hors revêtements d'étanchéité.

Les différents réservoirs stockant des liquides inflammables sont en béton et implantés dans des cuvettes de rétention étanches.

Les locaux à risque d'explosion sont dotés en façade de parois fragiles (ouvrantes ou fixes) servant de surface éventable à une surpression d'une explosion interne.

L'ensemble des installations de méthanisation est implanté sur une plateforme étanche formant cuvette de rétention.

7.4 Mesures liées aux équipements électriques

Le matériel électrique utilisé est approprié aux risques inhérents aux activités exercées. La concentration en biogaz indicatrice du risque d'explosion, est variable selon les lieux.

Le biogaz en mélange avec l'oxygène peut former, sous certaines conditions de concentration, une atmosphère explosible ATEX. La réglementation sur la protection des travailleurs définit les trois zones suivantes.

ZONE 0 : Emplacement où une atmosphère explosible consistant en un mélange avec de l'air de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs ou de brouillard est présente en permanence ou pendant de longues période ou fréquemment

ZONE 1 : Emplacement où une atmosphère explosible consistant en un mélange avec de l'air de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

ZONE 2 : Emplacement où une atmosphère explosible consistant en un mélange avec de l'air de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée.

L'établissement a établi ses zones à risques d'explosion.

Tableau 7 : zones ATEX

Équipement	Volume concerné	Définition ATEX	Observations
Digesteur	Intérieur	2	
	Proximité (distance 3m)	2	
Soupape	Extérieur (3 m)	2	

La classe du matériel électrique est définie au regard du produit en présence, il dépend :

- ⇒ du groupe de gaz inflammables II A
- ⇒ de la température d'auto-inflammation (535°C), d'où la classe T1 (température maxi de surface du matériel 450°C)

Sur le site, le matériel électrique est uniformisé pour toutes les zones à risque et les niveaux de protection correspondants sont supérieurs aux critères ci-dessus définis. Le matériel installé répond donc à ces spécifications. Le marquage des matériels est le suivant :

- ⇒ Luminaires et appareillages électriques EEX n II AT1 - IP65
- ⇒ Dérivations avec boîtes à sécurité augmentée EEX n II BT1

Toutes les installations électriques sont entretenues en bon état et sont contrôlées après leur installation ou modification. Ce contrôle (exigé par le Code du Travail) est effectué tous les ans par un organisme agréé. Les rapports de contrôle, mentionnant explicitement les défauts relevés, sont tenus à la disposition de l'inspecteur des installations classées.

Enfin les zones dangereuses ATEX seront signalées par des affiches marquées Ex.

7.5 Mesures liées à l'électricité statique

Les équipements présents dans les locaux et en contact direct avec les produits inflammables sont métalliques donc conducteurs.

Quant aux conditions d'installation, toutes ces parties métalliques sont interconnectées pour assurer l'équipotentialité des masses, le tout étant relié à la terre. Lors de la réception des travaux et suite à chaque modification effectuée dans les locaux, un contrôle systématique de l'équipotentialité et des mises à la terre est effectué.

Ces dispositions ne dispensent en rien le port de chaussures et de vêtements antistatiques pour les personnels exposés au risque (Interventions sur digesteurs vides).

7.6 Mesures liées à la formation d'atmosphère explosive dans les locaux

L'objectif des dispositifs de ventilation des locaux où la formation d'atmosphère explosible est à craindre est triple :

- ⇒ assurer le renouvellement d'air hygiénique de ce local considéré par le code du travail comme étant un local à pollution spécifique
- ⇒ assurer la dilution et l'évacuation des émanations de vapeurs inflammables en fonctionnement normal. La dilution est maintenue à un seuil de concentration inférieur à 25% de la LIE
- ⇒ assurer la dilution et l'évacuation des émanations de vapeurs inflammables en fonctionnement accidentel dès que le seuil de concentration dépasse 40% de la LIE.

Les débits de ventilation sont fixés à 5 vol/h en fonctionnement normal et à 10 vol/h en fonctionnement accidentel.

7.7 Mesures liées à la formation d'atmosphère explosive dans les cuves vides

Les dispositions suivantes contribuent au contrôle d'une atmosphère explosible dans les digesteurs avant intervention:

- ⇒ les détecteurs d'oxygène, de gaz carbonique et de biogaz pour le contrôle de l'atmosphère de la cuve
- ⇒ l'introduction d'air par ventilateur spécifique pour l'inertage de la cuve

7.8 Mesures liées aux dysfonctionnements des utilités

Les automatismes sont conçus selon le principe de l'action à sécurité positive. En cas de rupture des alimentations électriques et air comprimé, l'installation est arrêtée sans entraîner de risques.

7.9 Protection foudre

Cet aléa a été mentionné dans les documents d'exécution des travaux réalisés par les entreprises

Sur le risque foudre ($N_k = 19$ pour l'Yonne et pour la Nièvre): les dispositions techniques prises sur le site pour protéger les installations sont :

- ⇒ contre les effets directs de la foudre :
 - o ensemble des installations reliées à la terre
 - o masses métalliques interconnectées pour réaliser une continuité électrique,
 - o les éléments métalliques susceptibles de constituer des conducteurs de descente (poteaux d'éclairage, structures métalliques extérieures, etc...)
 - o un paratonnerre type PDA placé sur le faitage du bâtiment technique pour protéger l'ensemble des installations

- ⇒ contre les effets indirects, notamment les installations de conduite et de contrôle informatisées du fonctionnement des installations, un parafoudre de tête de type I est prévu sur chacun des réseaux énergie et télécommunications (présence de paratonnerre et installations de faible étendue),

L'arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation précise la nécessité de réaliser pour l'installation référencée 2910B une analyse du risque foudre (ARF) suivie d'une étude technique sur les moyens à mettre en œuvre pour protéger les installations contre les effets de la foudre.

Le document relatif à l'ARF et à l'étude technique est présenté en annexe de l'étude de dangers.

7.10 Mesures liées à la circulation

Un plan de circulation existe. Il est affiché en un endroit visible pour les chauffeurs accédant sur le site.

7.11 Mesures liées à la sûreté anti-intrusion

Le site est clos par un grillage de hauteur 2 m. L'accès est réalisé par un portail fermé à clef.

7.12 Organisation de la sécurité (Articles 22,24, 50 et 51)

A. Formation initiale

Les exploitants des installations ont participé aux réunions de travail ayant conduit à l'établissement des tableaux AMDEC et sont déjà fortement concernés par les dangers liés à leur activité actuelle. Cette participation a permis de les informer sur les risques inhérents à l'exploitation de l'unité de méthanisation, qui est une activité en exploitation depuis plusieurs années sans incidents ou accidents notables. Des journées de formation à la conduite de l'exploitation ont été effectuées avec le concours du concepteur réalisateur de l'installation qui dispose, avec l'appui de la société Biogaz services, des compétences nécessaires.

B. Formation à la conduite d'une unité de méthanisation

Cette formation a été proposée lors de la mise en route de l'unité de méthanisation. La périodicité de 5 ans est suffisante.

L'objectif est de donner à l'exploitant les bases essentielles pour acquérir une bonne connaissance techniques et fonctionnelle des équipements, pour conduire l'installation dans des conditions nominales et pour réagir aux événements pouvant survenir sur un des équipements de l'installation.

Le tableau ci-dessous donne le parcours pédagogique de la formation nécessaire à la conduite de l'installation de méthanisation.

Tableau 8 : Plan de formation des exploitants

Séquence	Contenu
1	<p>Présentation du fonctionnement de base de l'installation mise en place</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ biologie générale ⇒ détail de l'installation par unité fonctionnelle ⇒ Travaux dirigés pour les participants, sujets d'études et solutions <ul style="list-style-type: none"> ○ au niveau biologique : phase de démarrage, incorporation de nouveau, substrat, pH, rupture d'approvisionnement, accompagnement du constructeur pendant la première année de mise en route
2	<p>Astreinte et gestion de l'alimentation</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ formation au logiciel de gestion à distance ⇒ plan d'alimentation et élaboration de rations ⇒ fourniture de matières premières. ⇒ Travaux dirigés pour les participants, sujets d'études et solutions: <ul style="list-style-type: none"> ○ au niveau technique : moteurs, informatiques, auxiliaires, maintenance générale, plan d'épandage
3	<p>Sécurité et précautions face aux risques corporels et environnementaux</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Risque d'explosion ⇒ Risque d'incendie ⇒ Autres risques (environnementaux) <p>Fonctionnement et maintenance du cogénérateur.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Présentation du fonctionnement moteur / génératrice ⇒ Maintenance et mise en situation ⇒ Réseau de chaleur
4	<p>Intrants et gestion d'une rupture d'approvisionnement.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Relations avec le fournisseur de matières premières ⇒ Conséquence d'une rupture d'approvisionnement ⇒ Solution pour garantir un fonctionnement annuel <p>Travaux dirigés pour les participants, sujets d'études et solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ au niveau administratif et juridique ⇒ voisinage, fournisseurs, clients, ⇒ banques, assurances, organismes d'état
5	<p>Visite de l'installation avec intervention d'un utilisateur</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ échanges d'expériences avec des exploitants locaux <p>Questions / Bilan</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ questionnaire de compétence

Cette formation est complétée par celle qui est demandée par le Code du Travail et dont la liste est donnée au §L3 suivant : des formations et mises à niveau annuelles sur les habilitations électriques, sécurité des locaux à risques d'explosion sont prévues pour l'exploitant dispensées par des organismes de contrôles techniques agréés.

C. Suivi de l'exploitation

L'objectif de l'exploitant est d'éviter la survenance d'accidents. Pour atteindre cet objectif, les **mesures à adopter et à mettre en œuvre** pour le plan de lutte contre l'incendie et l'explosion sont les suivantes :

- ⇒ l'établissement de permis de feu pour toute intervention avec flamme et point chaud,
- ⇒ l'établissement de plan de prévention avec les fournisseurs,
- ⇒ la formation à la sécurité pour le personnel de l'établissement
- ⇒ la formation spécifique d'habilitation à travailler en zone Ex pour tous les intervenants.
- ⇒ La rédaction de consignes de sécurité
- ⇒ Interdiction de fumer sur le site ;
- ⇒ Interdiction d'apporter une flamme nue (notamment à proximité de l'usine de méthanisation) ;
- ⇒ Entrée interdite à toute personne non autorisée. Ce message sera affiché à l'entrée du site.
- ⇒ Affichage de panneaux de rappels autant de fois que nécessaire.
- ⇒ Etablissement des consignes de sécurité et d'exploitation avec le concours de la société Biogaz Service (concepteur réalisateur) et mises en œuvre sur l'ensemble du site
- ⇒ Suivi en continu à distance des paramètres de méthanisation (température, pression, concentration CH₄, CO₂, H₂S) par la société Biogaz Service et télésurveillance des paramètres de fonctionnement des équipements (puissance électrique, débit de biogaz, pression, état de fonctionnement des pompes, vannes, gestion des alarmes sur appel téléphonique) par la société (concepteur – réalisateur de l'installation)

De plus, l'exploitant met en œuvre les dispositions réglementaires d'information à destination de l'inspection des installations classées, à savoir les documents suivants :

- ⇒ Rapport d'accident
- ⇒ Consignation des résultats de surveillance
- ⇒ Rapport annuel d'activité

D. Gestion des défauts et des alarmes

Le fonctionnement accidentel des équipements est contrôlé par des capteurs à sécurité positive (voir paragraphe ci-avant) dont l'état est scruté en permanence par le robot du système informatisé.

Les jours ouvrables, la surveillance des installations de méthanisation est assurée par les exploitants de la SARL La Grande Panse qui sont présents sur le site. Les jours fériés, une astreinte à tour de rôle est assurée par l'un des exploitants. Chacun dispose d'un poste téléphonique fixe et d'un portable à radio-fréquence à numéros d'appels différents.

Lors d'une défaillance détectée, le système agit en engageant les actions suivantes :

- ⇒ Mise en service de l'alarme sonore extérieure qui ne pourra être acquittée que sur intervention manuelle (action immédiate, si personnel d'exploitation à proximité)
- ⇒ Appel téléphonique du 1er exploitant, 10 sonneries
- ⇒ Si non décrochage, Appel téléphonique du 2ème exploitant, 5 sonneries
- ⇒ Si non décrochage, Appel téléphonique société de maintenance (disponible 7j/7, 24/24)
 - o Consultation des messages par le technicien d'astreinte,
 - o Consultation à distance du journal des défauts
 - ✦ Dépannage à distance
 - ✦ Décision d'intervention sur site, si nécessaire
 - ✦ Introduction au contrôle et maintenance des installations en exploitation

7.13 Introduction au contrôle et à la maintenance des installations en exploitation

Le paragraphe définit les orientations sur les contrôles effectués sur les installations en exploitation ainsi que leur périodicité.

Tableau 9 - Contrôle et maintenance

Unité contrôlée	Quotidien (examen visuel, tournée des installations)	Trimestriel	Annuel
Organes de sécurité	Vannes automatiques et manuelles	Sonde de cour dage, sondes niveaux.	Avertisseurs sonores
	Pompes, état des joints, presse étoupes	Contrôleurs de pressions	
	Soupapes de sécurité, niveau de liquide et d'antigel		Calibrage des détecteurs H2S, Incendie
Organes de transfert des substrats	Tuyauteries apparentes.	Jauges de contrainte	Bol d'alimentation, état des vis de transfert, usure, jeux.
Digesteurs et cuves de stockage			Fixation des toitures souples
Contrôle des pompes hacheuses, broyeurs			broyeur, état des grilles, disques, couteaux. vis de transfert, usure, jeux
Unité d'hygiénisation	Journal des enregistrements	sondes de température, et de niveaux. Jauges de contrainte.	pompes, état des joints, presse étoupes.
Equipements électriques et informatiques	contrôle visuel des composants des armoires électriques.	contrôle des systèmes de gestion informatique.	contrôle des organes de transmission, modems etc contrôle de la conformité de l'utilisation des programmes.
Evapo-concentration	A définir avec le constructeur		
MMS Les détecteurs Les soupapes de sécurité Les vannes automatiques Le ventilateur de dilution Le dispositif arrête-flamme			Calibrage annuel des différents capteurs Simulation des différents asservissements de sécurité Vérification des procédures de maintenance

7.14 Analyse des fonctions de régulation et de sécurité

En plus des informations « Contrôle et régulation » et « Sécurité » figurant dans les tableaux des unités fonctionnelles figurant dans le chapitre « Description des activités », le tableau donne un aperçu de compréhension sur le rôle des différents organes de commande (C), régulation (R) et de sécurité (S). Ils sont pris en compte dans la conduite de l'analyse des risques.

Tableau 10 : Fonctions de régulation et de sécurité

Unité	Organe	Fonction	Action
Digesteur	Sonde de courdage	Mesure hauteur de la poche de gaz	Alarme sonore et visuelle pour intervention manuelle
	Sonde température	Mesure de la température de méthanisation	Augmentation ou diminution chauffage Alarme si défaut
	Capteur de niveau de remplissage	Contrôle de la hauteur du digestat dans la cuve	Alarme Arrêt alimentation du digesteur
	Déprimomètre	Contrôle dépression dans la cuve $\geq 0,4$ mbar	Surveillance et alarme
	Pressostat	Contrôle pression gazomètre ≤ 5 mbar	Surveillance et alarme Si surproduction de biogaz, mise en service chaudière de secours
	Analyseur biogaz	Mesure taux CH_4 , O_2 , H_2S	Ajustement biologique des rations d'intrants pour optimiser le taux de CH_4
			Taux $H_2S > 100$ mg/m ³
	Débitmètre	Mesurer en continu le débit de biogaz produit	Réalisation du bilan
Trémie de chargement	Jauge de contrainte	Mesure des masses d'intrants injectées dans le digesteur	Ajustement biologique des rations d'intrants pour optimiser le taux de CH_4
Cogénérateur	Ordinateur de contrôle	Gérer les paramètres de fonctionnement du cogénérateur	Alarme sonore et visuelle en cas de défaut. Fermeture de la vanne automatique d'alimentation en biogaz Mise en service des aérothermes de refroidissement en cas de surchauffe Mise à l'arrêt automatique et mise en service de la chaudière de secours Diminution de la production de biogaz

8 ETAPE 7 : QUANTIFICATION DU RISQUE

8.1 Introduction à la méthode de quantification du risque

L'analyse préliminaire des risques a permis d'identifier les dangers potentiels et les conséquences maximales ou gravité de leur réalisation sur l'environnement sans tenir des moyens de prévention et de protection mis en œuvre pour limiter la survenance du risque.

Cette phase de l'étude de danger a pour objet d'obtenir une quantification du risque résiduel en prenant en compte les dispositifs de prévention et de protection mis en œuvre, le retour d'expérience du groupe de travail, les dispositifs complémentaires à mettre en œuvre. Elle fait appel aux modèles d'évaluation du risque dont les objectifs sont :

- ⇒ d'identifier les causes conduisant à la survenance des risques et de définir les barrières nécessaires pour prévenir la survenance du risque ;
- ⇒ d'évaluer les conséquences de la survenance des risques et de définir les barrières nécessaires pour en limiter la gravité.
 - Ces barrières pourront s'appliquer aux installations (barrière technique), aux procédures de travail (barrière organisationnelle) ou à la formation et l'information du personnel (barrière humaine).

Cette **quantification ou appréciation** du risque comporte quatre étapes :

- ⇒ L'analyse du risque concernant l'identification des sources et l'estimation du risque
 - Pour chaque fonction du système, on détermine les entités ou équipements dangereux et les situations dangereuses qu'ils peuvent générer.
 - Pour chaque situation dangereuse mise en évidence, l'enchaînement des événements qui peuvent conduire à un accident donné, ses causes et ses conséquences sont précisées. Cette procédure sera réalisée sur une modélisation du système selon 2 méthodes :
 - ✦ une méthode déductive (effets causes) basée sur la construction d'arbres de défaillance
 - ✦ une méthode inductive (causes effets) basée sur la construction d'un tableau type AMDEC ou HAZOP.
- ⇒ L'évaluation du risque s'appuyant sur la notion de criticité dans une démarche itérative suivante :
 - Déterminer la **criticité** (probabilité, gravité) **brute** de chaque accident susceptible d'être généré
 - ✦ Au préalable, le groupe de travail définit des échelles de cotation de la probabilité, de la gravité et de la criticité en se basant sur l'accidentologie de la profession, et sur le retour d'expérience des membres du groupe de travail.
 - ✦ A partir de la liste préliminaire des dangers et de ces échelles de cotation, le risque associé à chaque type d'accident identifié est quantifié, et cela pour chacune des fonctions. Cela permet de procéder à une hiérarchisation des risques identifiés.
 - Déterminer la **criticité** (probabilité, gravité) **résiduelle** de chaque accident susceptible d'être généré
 - ✦ Après avoir identifié pour chacune des situations dangereuses, les mesures de prévention et de protection existantes, de même que précédemment, une nouvelle quantification de chaque risque est réalisée. Ainsi, les sécurités existantes sont prises en compte : les mesures de prévention permettent de réduire la probabilité d'occurrence et les mesures de protection limitent la gravité de l'événement.
 - ✦ Cette criticité résiduelle sert de repère pour hiérarchiser les risques identifiés. Ainsi, certains risques présentent une criticité non acceptable et devront donc être traités en

priorité. Il faudra alors réaliser l'arbre de défaillance de ces situations dangereuses et définir des mesures de protection ou de prévention à mettre en œuvre pour que leur criticité devienne acceptable. Si malgré ces nouvelles mesures, la criticité reste non acceptable, le scénario sera considéré comme majeur.

- ⇒ Retenir les scénarios majeurs à partir des critères de niveau de criticité résiduelle
 - A ces scénarios majeurs, seront ajoutés d'autres scénarios issus d'obligation réglementaire
- ⇒ Recenser les paramètres MMS (Moyens de Maîtrise de la Sécurité) et approfondir l'analyse des risques pour ces éléments
 - On pourra choisir de construire l'arbre de défaillance de certains MMR et également choisir une démarche dite déductive plutôt qu'une démarche inductive. Elle s'adapte mieux à la situation car elle permet, à partir de la définition des effets non souhaités (ou conséquences), de rechercher les causes (ou défaillances) associées.
 - Dans le cadre de cette démarche déductive, l'outil Arbre de défaillance (ou Arbre des causes) sera donc préféré à l'outil AMDEC.

8.2 Cotation du risque

A. Rappel des résultats de l'analyse préliminaire des risques

Dans le cas du site de méthanisation, les seuils à retenir figurent dans le tableau 6 rappelé ci-après.

Tableau 11: Distances d'effets et de leurs gravités

Scénario Description	Distances (m) <i>Pour l'incendie et projections, distance comptée à partir du bord extérieur de l'ouvrage considéré</i>						
	Incendie			Projection	Explosion		
	8 Kw/m ²	5 Kw/m ²	3 Kw/m ²	(-)	SEI 140 mbar	SEL 50 mbar	vitres 20 mbar
15 Local cogénération Grand côté Petit côté	8	11	15				
	5	7	9				
16 Cogénération				6.5	11	30	61
12 Fuite conduite biogaz					-	9	18
11 Rupture membrane					-	71	142

Distance comptée à partir du bord extérieur de l'ouvrage considéré.

Les niveaux de gravité à retenir pour les scénarios d'accidents sont les suivants :

- ⇒ Effets thermiques :
 - Les distances d'effets sont limitées à l'intérieur du site
 - Les personnes exposées sont les une ou deux personnes travaillant sur le site
 - Le niveau gravité retenu est le niveau 2 (sérieux) avec des effets significatifs pour les personnes
- ⇒ Effets de surpression

- o Les distances d'effets 50 mb et 20 mb sortent des limites du site vers des zones sans activités humaines. La zone d'effets 20 mbar n'entre pas dans le cadre de la maîtrise de l'urbanisation (voir § 6.1 Bris de vitre et effets indirects sur l'Homme)
- o Le nombre de personnes exposées est inférieur à 10 à l'extérieur du site
- o Le niveau gravité retenu est le niveau 2 (sérieux) avec des effets significatifs pour les personnes
- o Il est rappelé que ces niveaux de gravité résultent de la survenance d'accidents ne prenant pas en compte les mesures de maîtrise de la sécurité.

B. Introduction à la méthode d'évaluation du risque

Les définitions des grilles de cotation de la gravité et de la probabilité ont été calées sur celles figurant dans l'arrêté du 19 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.

L'explosion d'un nuage de biogaz est un événement à cinétique rapide. L'incendie et l'écoulement de digestat sont des événements à cinétique lente.

Compte tenu du faible nombre d'accidents survenus sur le nombre de sites comparables en d'activité depuis une vingtaine d'années (voir §1.2 Retour d'expérience), les **classes de probabilité C et D ont été fusionnées** en une seule classe CD.

En ce qui concerne la gravité, les valeurs des seuils pour les personnes exposées sont précisées: létaux significatifs, létaux et irréversibles relatif aux effets de surpression et thermiques identifiés dans l'analyse préliminaire des risques. Les distances d'effets des différents scénarios ont été évaluées et les résultats montrent que les cibles concernées sont situées dans un rayon de plus de 100 m autour des installations. En conséquence, le seuil haut de gravité (catastrophique) ne figurera pas dans la matrice de criticité.

C. Cotation de la gravité

La cotation de la gravité permet de différencier les événements redoutés en fonction de l'importance de leurs conséquences sur l'exploitation, la santé et l'environnement:

Sur la base du retour d'expérience, chaque danger est analysé pour déterminer sa gravité telle que définie dans le tableau ci-après. **La protection permet d'agir sur la gravité d'occurrence du risque.**

Tableau 12: Définition gravité

NIVEAU DE GRAVITE	DEFINITION	DESCRIPTION
5	Désastreux	Dommages sur les personnes - seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : plus de 10 personnes exposées (Très Grave) - seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : plus de 100 personnes exposées (Grave) - seuil seuils des effets irréversibles: plus de 1000 personnes exposées (Significatif)
4	Catastrophique	- installation détruite (200 hPa, 16 kW/m ²) - dommages sur les personnes seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : moins de 10 personnes exposées (Très Grave) seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : entre 10 et 100 personnes exposées (Grave) seuil seuils des effets irréversibles (50 hPa, 3 kW/m ²) : entre 100 et 1000 personnes exposées (Significatif) - pollution majeure du sol, de l'air ou de l'eau ayant une incidence importante sur l'environnement (destruction de la faune et de la flore sauvages, contamination des sols)
3	Important	- dommages importants pour l'installation (140 hPa, 8 kW/m ²) hors service - dommages sur les personnes seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : au plus 1 personne exposée (Très Grave) seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : entre 1 et 10 personnes exposées (Grave) seuil seuils des effets irréversibles (50 hPa, 3 kW/m ²) : entre 10 et 100 personnes exposées (Significatif) - légère pollution de l'air ou de l'eau ayant une incidence très limitée sur l'environnement
2	Sérieux	- dommages sérieux pour l'installation (50 hPa, 5 kW/m ²) partiellement hors-service) - dommages sur les personnes seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : aucune personne exposée (Très Grave) seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : au plus 1 personne exposée seuil seuils des effets irréversibles (50 hPa, 3 kW/m ²) : moins de 10 personnes exposées (Significatif) - pollution sérieuse de l'air ou de l'eau ayant une incidence étendue sur l'environnement (perte d'une récolte ou d'animaux)
1	Modéré	- pas de dommage pour l'installation - pas de dommage pour les personnes - pas de dommage pour l'environnement

D. Cotation de la probabilité

La cotation de la probabilité d'occurrence s'est faite sur la base des sources suivantes :

- ⇒ Données des constructeurs
- ⇒ Retours d'expériences du site ou de la profession
- ⇒ Littérature scientifique
- ⇒ Assurances

La probabilité d'occurrence limitée à l'approche quantitative de chaque événement sera appréciée grâce aux paramètres de cotation présentés dans le tableau suivant: **La prévention permet d'agir sur la probabilité d'occurrence du risque.**

Tableau 13: Définition probabilité

CLASSE	APPRECIATION	DESCRIPTION
E	Evènement possible mais extrêmement peu probable	Phénomène peu vraisemblable ou jamais rencontré sur des installations semblables 1 cas / 100 ans
DC	Evènement improbable à très improbable	Phénomène vraisemblable mais rarement rencontré, susceptible de se produire moins d'une fois au cours de la durée de vie d'une installation > 1 cas / durée de vie de l'installation
B	Evènement probable	Phénomène pouvant survenir plusieurs fois au cours de la durée de vie de l'installation 1 cas / 5 ans
A	Evènement courant	Phénomène susceptible de se produire fréquemment > 1 cas / an

E. Cotation du risque

La cotation des dangers permet de quantifier le risque en lui attribuant un indice de criticité tel que:

$$C \text{ (Criticité)} = (P \text{ (Probabilité)}, G \text{ (Gravité)})$$

L'indice est donné aux événements grâce à la matrice suivante:

Cette grille de criticité permet donc de hiérarchiser les risques et de définir des niveaux d'acceptabilité.

Tableau 14: Grille criticité

Classe de probabilité		E	DC	B	A
Evaluation qualitative		Evènement possible mais extrêmement peu probable	Evènement improbable à très improbable	Evènement probable	Evènement courant
Classe de gravité	Catastrophique	4			
	Important	3			
	Sérieux	2			
	Modéré	1			

Légende :

Couleur	Définition
TF	Criticité Forte à Très Forte / Non acceptable
M	Criticité Moyenne / Améliorable
TB	Criticité Très Basse à Basse / Acceptable

9 ANALYSE ET EVALUATION DES RISQUES DES INSTALLATIONS

9.1 Estimation des risques par construction d'arbres

A. Arbre de défaillance

L'arbre de défaillance correspond à un diagramme logique d'entraînement d'événements intermédiaires qui conduisent, dans le cadre d'un système, à l'aboutissement d'un événement final indésirable et redouté.


L'événement redouté (encore appelé événement - sommet) est décomposé en événements intermédiaires qui l'explicitent sous forme de causes immédiates. Ceux-ci sont tour à tour développés en d'autres causes et ainsi de suite jusqu'à ce que toute nouvelle décomposition soit devenue impossible ou jugée inutile. Les événements terminaux sont appelés événements de base.

La décomposition d'un événement en événements causes s'effectue par l'intermédiaire d'opérateurs logiques appelés portes :

- ⇒ porte ET : l'événement de sortie de la porte ET est généré si et seulement si toutes les entrées de la porte sont présentes,
- ⇒ porte OU : l'événement de la sortie OU est généré si une ou plusieurs entrées de la porte sont présentes.

Les symboles représentés ont les significations suivantes :

- ⇒ Cercle : événement élémentaire,
- ⇒ Losange : événement qui ne peut être considéré comme élémentaire dont les causes ne sont pas développées faute de renseignements ou faute d'intérêt,
- ⇒ Rectangle : événement intermédiaire résultant de la combinaison d'événements plus élémentaires par l'intermédiaire de portes logiques,
- ⇒ Triangle : partie de l'arbre reportée et explicitée à un autre endroit de l'arbre :

- o La partie de l'arbre qui suit le symbole  est transférée à l'endroit indiqué par le symbole



- ⇒ Rectangle: barrières mises œuvres ou programmées (T: Technique; O : Organisationnelle H: Humaine).

Les barrières constituent les éléments qui participent à **la prévention** des événements redoutés, elles font l'objet dans la pratique d'un suivi tout particulier en terme de maintenance et de choix technique.

B. Arbres d'événements

L'arbre d'événement permet de compléter l'arbre de défaillance précédemment décrit. L'événement redouté est décomposé en événements intermédiaires qui traduisent les conséquences de l'événement redouté. Cet arbre est construit en utilisant le même symbolisme que pour l'arbre de défaillance.

Les barrières constituent alors des éléments qui participent à la **protection** et donc limite la gravité de l'événement redouté, une fois que celui-ci est survenu.

9.2 Estimation et évaluation du risque par tableaux AMDEC

Les installations sont composées de sept sous-systèmes

- ⇒ L'unité de réception et de stockage tampon des produits entrants (substrats de méthanisation)
- ⇒ L'unité d'hygiénisation (traitement des produits contenant des matières classées C3)
- ⇒ L'unité de méthanisation (production du biogaz et des digestats)
- ⇒ L'unité de cogénération (valorisation énergétique électrique et thermique)
- ⇒ L'unité de séchage
- ⇒ L'unité de stockage des produits valorisés
- ⇒ L'unité de secours (la chaudière)

Dans un premier temps, l'analyse des risques s'intéresse aux situations dangereuses pouvant être générées au niveau de ces sept systèmes, par des causes internes aux installations. Dans un second temps, l'analyse des risques se penche sur les éléments externes, naturels ou anthropiques, susceptibles d'engendrer des situations dangereuses au niveau des systèmes et sous-systèmes.

A. Tableaux d'évaluation de la criticité

Les tableaux d'évaluation sont joints en Annexe 2 de l'Etude de danger.

A.1. Causes internes

Tableau d'analyse des risques 1 : Unité de Stockage des produits entrants

Tableau d'analyse des risques 2: Unité d'Hygiénisation

Tableau d'analyse des risques 3 : Unité de Méthanisation

Tableau d'analyse des risques 4 : Unité de cogénération

Tableau d'analyse des risques 5 : Unité de séchage

Tableau d'analyse des risques 6 : Unité de stockage des produits valorisés

Tableau d'analyse des risques 7 : Unité de secours (chaudière)

A.2. Causes externes

Tableau d'analyse des risques 8: CAUSES EXTERIEURES

A.3. Commentaires des tableaux

A.3.1. Note générale

Les tableaux d'analyse des risques N°1 à 7 ont mis en évidence les points suivants :

- ⇒ Sur les conséquences de criticités TB: les moyens de détection, prévention et protection mis en œuvre sont suffisants pour éviter le mode de défaillance. Le groupe de travail a estimé que les probabilités d'occurrence et gravités du dommage identifié restaient faibles. Les pertes d'exploitation prévisibles sont acceptables pour l'exploitant
- ⇒ Sur les conséquences de criticité M ou TF : des actions correctives sont mises en œuvre pour baisser le niveau de probabilité et le niveau de gravité et ainsi atteindre une criticité résiduelle acceptable pour les conséquences sur l'environnement et sur la pérennité de l'exploitation.
- ⇒ Il ressort de l'ensemble des tableaux que les principales défaillances affectent l'outil de production, ce qui traduira par des pertes d'exploitation.
- ⇒ Les tableaux d'analyse ne révèlent pas d'autres scénarios d'accident que ceux identifiés lors de l'analyse préliminaire des risques.

A.3.2. Stockage des produits entrants (Tableau d'analyse N°1)

- ⇒ Accident de circulation :
 - Mise en place d'un panneau d'affichage du plan de circulation à l'entrée du site
 - Mise en œuvre de barrières de sécurité, type voies routières (en bois ou en métal) autour des cuves de méthanisation et de stockage.
- ⇒ Écoulement du produit stocké
 - Mise en œuvre d'un merlon en terre à la périphérie du site des installations d'une hauteur de 0,7 m. Avec le sol bétonné, l'ensemble formera une cuvette de rétention étanche d'un volume égal à 4 000 m³. Ce volume permet de contenir une fuite survenant sur le stockage de digestat (dont le volume est supérieur au digesteur) de 2800 m³
- ⇒ Incendie stockage des produits combustibles liquides
 - Mise en place des moyens d'extinction d'incendie
 - Établissement des procédures de permis de feu, utilisation de feux nus, interdiction de fumer
 - Ce scénario d'incendie sera étudié pour évaluer les effets dominos

A.3.3. Hygiénisation (Tableau d'analyse N°2):

- ⇒ Le risque identifié est celui de la dissémination de produit C3 non ou partiellement hygiénisé pouvant atteindre des produits sains avant introduction dans le digesteur. la séparation physique complète des circuits produits sains et produits C3 permet de se prémunir contre ce risque avec la présence de vannes automatiques isolant les différents circuits en cas de défaillance du dispositif de traitement thermique des produits C3

A.3.4. Méthanisation (Tableau d'analyse N°3):

- ⇒ Panne brassage : un arrêt de la production de biogaz peut survenir en cas de panne des agitateurs. L'inspection visuelle journalière de l'aspect de la surface du digestat permet de contrôler le bon fonctionnement de la méthanisation et de réagir rapidement en cas de

panne d'agitateur. Cette procédure permet de baisser le niveau de probabilité de survenance et la criticité.

- ⇒ Température mésophile : Une perte d'exploitation peut survenir en cas de dysfonctionnement du processus de méthanisation par baisse de la température mésophile. Ce processus est suivi par une sonde thermométrique qui déclenche une alarme en cas de dysfonctionnement. Cette sonde, élément important, peut tomber en panne ou être l'objet d'un défaut de calibrage. Le contrôle périodique du calibrage et la présence d'une sonde de rechange en stock permettent de diminuer la gravité des conséquences et la criticité.
- ⇒ Fuite de biogaz avec formation d'un nuage explosible dérivant: bien que la probabilité de survenance soit faible (DC, improbable à très improbable), la gravité reste élevée (3 importante à 4, catastrophique).
 - Le bon fonctionnement de la soupape de sécurité de l'enveloppe est important. Cette soupape devient un moyen de maîtrise de la sécurité (MMS). La procédure de contrôle régulier du niveau d'eau de la soupape est une mesure préventive à son dysfonctionnement.
 - La rupture de l'enveloppe, mode de défaillance envisagé, génère l'accident majeur. Les conséquences de cet évènement sont étudiées sous la forme d'un scénario d'accident.
- ⇒ Émission d'hydrogène sulfureux : des actions correctives sont mises en œuvre
 - L'indicateur de charge du filtre de charbon actif prévient de toute défaillance de la chaîne de désulfuration du biogaz. Le matériel de remplacement disponible permet de limiter la durée d'émission et de diminuer la gravité de l'évènement. C'est un élément MMS.
- ⇒ Déshumidification du biogaz :
 - Plan de maintenance préventive sur le processus technique de déshumidification du biogaz
- ⇒ Travaux sur digesteur vide :
 - Plan de prévention d'intervention de maintenance en atmosphère confinée dangereuse
 - Le risque d'explosion dans le digesteur en maintenance est évalué avec un niveau de criticité moyenne (M). L'application rigoureuse du plan de prévention permet de réduire la probabilité
 - Ce risque fait l'objet d'une analyse par arbre de défaillance

A.3.5. Cogénération (Tableau d'analyse N° 4)

- ⇒ Fuite de biogaz sur conduite extérieure avec formation d'un nuage explosible dérivant: bien que la probabilité de survenance soit faible (DC, improbable à très improbable), la gravité reste élevée (3, Important) et la criticité moyenne (M)
 - Les conduites sont réalisées en PEHD non sujettes à la corrosion
 - Les conduites aériennes sont protégées contre les chocs pouvant entraîner leur rupture
 - Les conséquences de cet évènement sont étudiées sous la forme d'un scénario d'accident
- ⇒ Fuite carter d'huile dans le local cogénération : la criticité initiale M (B, 2) est améliorée en TB (DC, 2) par la mise en œuvre des procédures de maintenance préventive et des moyens

de secours (détection défaut lubrification et incendie avec en compléments les moyens de première intervention)

⇒ Fuite de gaz dans le bâtiment cogénération : bien que de probabilité soit faible DC (, improbable à très improbable), la gravité estimée reste élevée (4, Catastrophique), la criticité (M) est améliorée en baissant le niveau de gravité par la mise en œuvre de deux dispositifs qui sont des MMS pour l'installation :

- un détecteur de gaz dans le local
- un ventilateur de sécurité permettant de diluer rapidement le biogaz en deçà de la limite inférieure d'explosivité
- Les conséquences de cet évènement sont étudiées sous la forme d'un scénario d'accident

A.3.6. Unité de séchage de digestat (Tableau d'analyse N°5)

⇒ Pas de situation de criticité M car l'acide est contenu dans une cuvette de rétention

A.3.7. Stockage et expédition des produits (Tableau d'analyse N°6)

⇒ Pas de situation de criticité M

A.3.8. Chaudière (Tableau d'analyse N°7)

⇒ Fuite de gaz dans l'atmosphère : bien que de probabilité (DC, improbable à très improbable) , la gravité estimée reste élevée (4, Catastrophique), la criticité (M) est améliorée en baissant le niveau de gravité par la présence des vannes automatiques qui interrompent l'admission du gaz à la chaudière en cas de dysfonctionnement. Ces vannes sont des MMS.

⇒ Retour de flamme : bien que de probabilité (DC, improbable à très improbable) , la gravité estimée reste élevée (3 Important), la criticité (M) est améliorée en baissant le niveau de gravité par la présence sur la conduite d'alimentation d'un arrête flamme qui empêche la propagation de la flamme vers l'amont. Ce dispositif est un MMS.

A.3.9. Ensemble des installations

Le fonctionnement et dysfonctionnement des installations sont supervisés par un système informatique qui gère les paramètres de fonctionnement normal, les défauts et les alarmes.

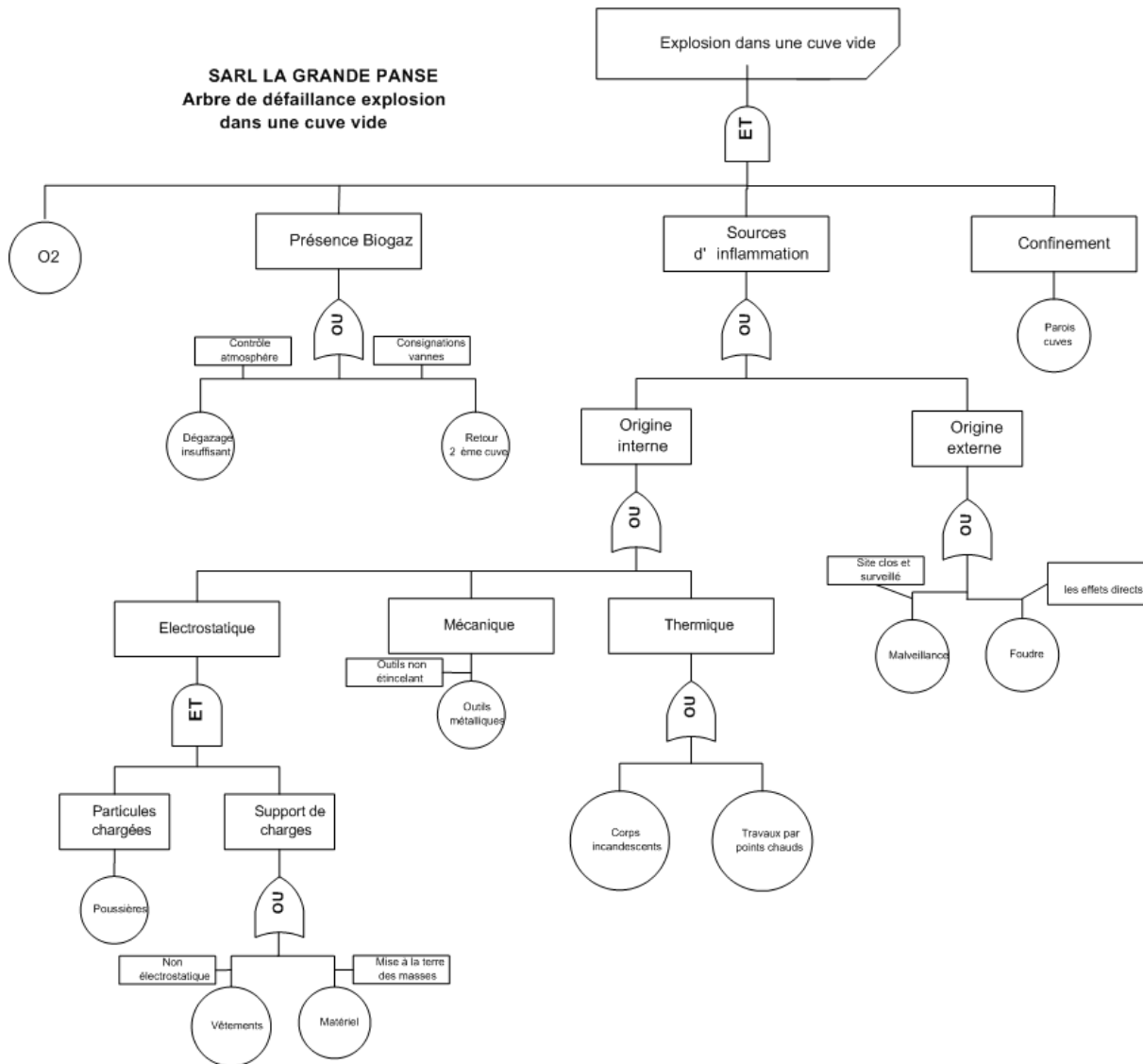
A.4. Arbres de défaillance

A.4.1. Introduction

Pour certaines situations redoutées, à fin de compléter les tableaux AMDEC, des arbres de défaillance sont établis. Ils permettent de vérifier les évènements élémentaires conduisant à l'évènement redouté et les barrières techniques, organisationnelles et humaines à mettre en œuvre.

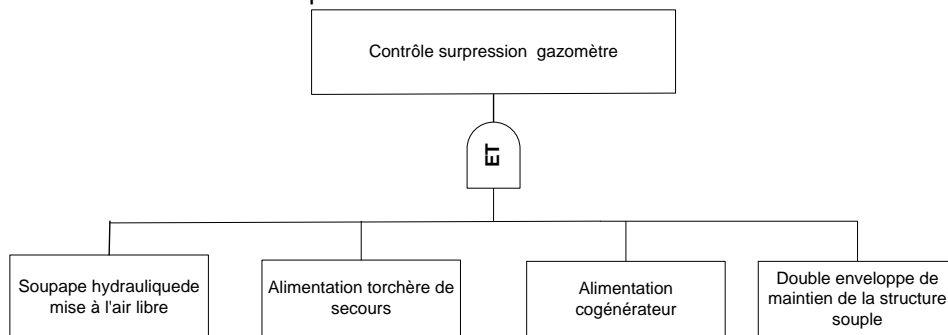
A.4.1.1. Explosion dans une cuve de méthanisation vide

L'explosion reste l'évènement majorant de l'installation. Celui de l'explosion dans la cuve en maintenance a été jugé représentatif. L'arbre de défaillance relatif à cet évènement avec ses barrières est présenté ci-après.



A.4.1.2. Rupture de la membrane du gazomètre

La rupture de la membrane du gazomètre a été envisagée. Une réflexion complémentaire a été conduite sur la réalité de ce scénario et de sa probabilité de réalisation. Une surpression peut apparaître en cas d'arrêt de la consommation de biogaz et de poursuite de la production de biogaz due à la présence de matière encore active dans le méthaniseur. (La production sans consommation provoque une augmentation de la pression dans le méthaniseur). L'arbre des défaillances ci-dessous montre que les moyens préventifs mis en œuvre éliminent pratiquement la probabilité de survenance d'une surpression entraînant la destruction de la membrane souple.



La perte de contrôle de la surpression nécessite le dysfonctionnement simultané des 4 éléments identifiés dans l'arbre des défaillances ci avant, situation qui n'est pas envisageable.

Les séquences de contrôle de la pression dans le ciel gazeux du digesteur sont les suivantes :

- ⇒ Pressostat : P = 4 mbar, alarme surpression
- ⇒ Soupape hydraulique : P=+- 0,5 mbar, régulation normale (si le ciel gazeux est en dépression, ouverture soupape pour remise en pression jusqu'à +0,5 mbar)
- ⇒ Sonde de courdage : h=100%, ouverture soupape à 100 %
- ⇒ Pression maximale de service de la membrane : 5 mbar

La soupape est un moyen de maîtrise de la sécurité (MMS)

B. Moyens de maîtrise de la sécurité (MMS)

B.1. Méthode d'évaluation des MMS

Les arbres de défaillance des systèmes permettent de dire qu'il existe les barrières suffisantes pour limiter la probabilité de survenance du risque et sa gravité.

Les procédures d'exploitation sont consignées dans un document par le constructeur.

Les éléments MMS identifiés par l'analyse des risques et les effets des scénarios envisagés sont :

- ⇒ Les détecteurs
- ⇒ Les soupapes de sécurité
- ⇒ Les vannes automatiques
- ⇒ Le ventilateur de dilution

L'évaluation de la pertinence et l'efficacité de ces choix sont établies à partir des critères explicités dans la norme CEI 61069 – Evaluation de la sûreté de fonctionnement d'un système. Ces critères sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15 : Définition des critères MMS

Critère d'appréciation	Définition	Niveau de valeur
Conception et retour d'expérience	Barrière spécifique au site et non éprouvée	1
	Standard actuel de la profession ou de l'activité	2
	Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession ou de l'activité	3
Type de sécurité	Sécurité active (avec action ou décision humaine)	1
	Sécurité positive (Interruption flux sur défaut)	2
	Sécurité passive (intrinsèque)	3
Testabilité /maintenabilité	Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde	1
	Test en charge possible ou maintenance facile	2
	Test en charge possible et maintenance facile	3

B.2. Application de la méthode d'évaluation

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 16: Choix des MMS

Equipement MMS	Conception et retour d'expérience	Type de sécurité	Testabilité /maintenabilité	Niveau de Fiabilité	Observations
Sonde de température biogaz	2	2	3	7	
Soupape enveloppe biogaz	2	1	3	6	
Sonde de courdage	2	2	3	7	
Indicateur charge filtre charbon actif	2	1	3	6	
Vannes auto coupure biogaz	2	2	3	7	
Détecteur biogaz local cogénération	2	2	3	7	
Ventilateur de dilution local cogénération	2	2	3	7	

D'une manière générale, l'analyse des risques a permis de mettre en évidence les MMS dont la fiabilité est homogène (cotations 6/8 et 7/8 selon la méthode expliquée). Le système de supervision ne peut pas, malgré son importance dans le dispositif de sécurité, être qualifié de MMS compte tenu des procédures de contrôle compliquées à mettre en œuvre

9.3 CONCLUSION GENERALE

Les conséquences de la réalisation des scénarios les plus significatifs ont été évaluées. Sur les installations du site, il n'y a pas d'effets dominos à redouter. Les scénarios d'incendie sont limités et ne sortent pas des limites de propriété. Le rayonnement thermique significatif de 8 kW/m² ne dépasse pas 8 m. Cet incendie peut être rapidement maîtrisé en premier secours avec les extincteurs à mousse ou à sable.

Les retombées d'éléments de construction projetés lors de l'explosion du local cogénération restent à l'intérieur des limites de propriété.

En ce qui concerne la fuite de biogaz sur une conduite, la distance d'effet 50 mbar égale à 9 m n'occasionnera que des effets légers sur le bâtiment technique mais ne franchit pas les limites de propriété.

En ce qui concerne la rupture de la membrane, accident le moins probable mais le plus grave, les calculs montrent que la surpression générée peut être à l'origine de dommages sur les personnes et les biens (risque léthal, bris de vitre sur les bâtiments proches, le bâtiment technique).

L'habitation de Mr Rauscent est sous l'impact du risque résiduel d'explosion 20 mbar dont les effets indirects sont liés aux éventuels bris de vitres. Par extrapolation, au sens du guide PPRT du 16 décembre 2005, cette zone correspond à une zone d'aléa faible (Fai) avec une vulnérabilité due à la présence d'un bâtiment d'habitation existant.

10 DETERMINATION DES MOYENS DE SECOURS

10.1 Moyens de secours internes

A. Moyens matériels d'alerte et de secours

L'établissement est relié directement au centre de secours le plus proche (Voir § Moyens externes)
Les locaux et emplacements à risques spécifiques sont équipés d'extincteurs portables selon la nature de l'incendie :

- ⇒ Local cogénération : extincteur à poudre et extincteur CO₂, détection méthane
- ⇒ Local informatique : extincteur CO₂
- ⇒ Local technique: extincteur à poudre et extincteur CO₂ avec détecteur de fumées.

B. Ressource en eau

Il existe un hydrant qui a été mis en place à l'installation du site sur l'exploitation agricole voisine à 10 m de la voie d'accès au site de méthanisation avec concertation des services du SDIS. Ses caractéristiques connues sont les suivantes :

- Le débit requis est calculé selon le document technique D9 (version 2001) pour le bâtiment technique. Les caractéristiques sont rappelées dans le tableau ci-dessous. Les paramètres pris en compte sont les suivants:
 - ⇒ Le bâtiment technique est considéré isolé, il est éloigné de plus de 10 m des autres installations et à faible potentiel calorifique
 - ⇒ Le coefficient de majoration du débit est égal à 1 (pas de réduction, ni augmentation)
 - ⇒ Le débit minimum est fixé à 60 m³/h
 - ⇒ Les équipements de méthanisation sont implantés sur une plateforme étanche en rétention d'un volume égale à environ 4000 m³. Cette disposition permet également la récupération et le stockage des eaux d'extinction d'incendie.

Tableau 17 : Besoins en eau d'incendie

Bâtiment	Dimensions L x l x h (m)	Surface (m ²)	Débit intermédiaire Q _i (m ³ /h)	Coefficient de risque	Besoins en eau	
					Débit requis (m ³ /h)	Quantité en 2 h (m ³) sur la base de 60 m ³ /h
Local technique	14 x25 x 5	350	55	1	60	120

Le débit d'eau requis est de 55 m³/h (< à 60 m³/h). Le débit retenu est égal à 60 m³/h avec une réserve d'eau de 160 m³.

Cette réserve est directement accessible aux véhicules de secours à partir de la route départementale qui dessert le site.

C. Moyens humains d'intervention

Compte tenu de la taille de l'entreprise, les exploitants et leur personnel, constituent les moyens humains d'intervention en premier secours. A cet effet, ils sont formés à l'emploi des extincteurs selon la nature de l'incendie. Un exercice incendie est réalisé une fois par an.

D. Moyens humains d'intervention

Compte tenu de la taille de l'entreprise, les exploitants et leur personnel, constituent les moyens humains d'intervention en premier secours. A cet effet, ils sont formés à l'emploi des extincteurs selon la nature de l'incendie. Un exercice incendie est réalisé une fois par an.

10.2 Moyens de secours externes

A. Moyens matériels de secours

Les moyens matériels seront précisés par les SDIS (89) selon la nature du sinistre déclaré

B. Moyens humains de secours

Centre de Traitement des Alertes, destinataire du message de « détresse » (appel au 118 ou au 112).

11 CONCLUSION

L'analyse fonctionnelle des installations a permis de bien comprendre le fonctionnement normal de l'installation de méthanisation. Il s'agit d'un processus (la méthanisation) naturel qui a été mis en œuvre dans une installation permettant de valoriser les différents produits et co-produits. Le caractère potentiellement dangereux de chaque produit a été clairement identifié. Le fonctionnement de l'installation est stable et ne présente pas de caractères divergents (température, pression) susceptible d'entraîner des accidents et des dommages sur l'environnement

L'analyse des risques, conduite de manière la plus exhaustive envisageable, a dressé un inventaire des modes de défaillance, causes et conséquences en cas de réalisation de l'un de ces modes. Des moyens de détection, prévention et protection sont mis en œuvre. L'estimation du risque a été faite pour tous les modes de défaillance identifiés. La grande majorité des situations dangereuses se situe dans la zone acceptable du risque, celles situées dans la zone améliorable ont fait l'objet de mise en œuvre de moyens de prévention et de protection complémentaires. Il n'y a aucune situation dangereuse dans la zone non acceptable du risque.

L'analyse a également mis en évidence l'existence d'éléments importants pour la sécurité. Ce sont les éléments suivants :

- ✦ Sonde de température biogaz,
- ✦ Soupape enveloppe biogaz,
- ✦ Sonde de cour dage,
- ✦ Indicateur charge filtre charbon actif,
- ✦ Vannes auto coupure biogaz,
- ✦ Détecteur biogaz local cogénération,
- ✦ Ventilateur de dilution local cogénération,

Ces éléments font l'objet de procédures particulières de l'exploitant pour garantir à tout moment la conservation de leur sûreté de fonctionnement.

L'analyse des risques disponible dans ce document est l'image de l'installation au départ de sa vie. La mise en œuvre des mesures préventives décrites dans ce document permet de pérenniser la fiabilité des installations et d'éviter la survenance d'évènements indésirables.

L'installation en fonctionnement depuis près de trois ans n'a pas été l'objet d'accidents ou d'incidents identifiés ou non dans l'analyse des risques.

Annexe 1

ETUDE DES DANGERS- ETUDE Foudre

12 ANNEXE 1 : ETUDE Foudre

12.1 Les bases de calculs

A. Introduction

L'étude de danger démontre que l'installation de méthanisation, et notamment le co-générateur visé par la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, ne sont pas des structures dangereuses pour l'environnement, le risque d'incendie y est faible sans risque de panique et le risque d'explosion faible. Ces raisons conduisent à utiliser, pour cette étude, la méthode simplifiée préconisée par la norme NF C17 108. Le risque humain R1 est faible (1 à 2 opérateurs sur le site) et le risque R3 assimilables à des pertes d'exploitation élevées.

12.2 Analyse du risque foudre (ARF)

A. Identification des ouvrages à protéger

L'établissement est constitué des bâtiments identifiés dans le tableau ci-dessous.

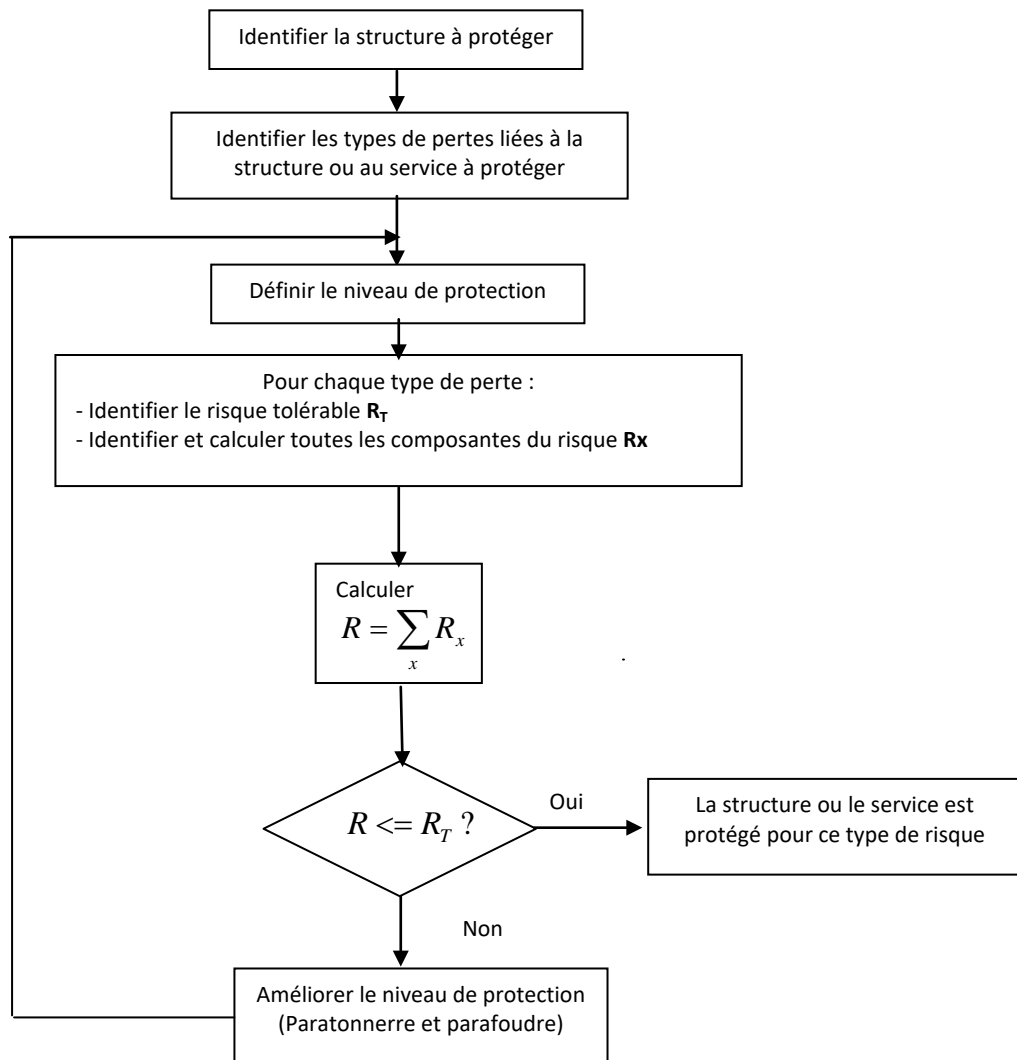
Ouvrage	Désignation et description	Observations
1	Digesteur : réservoir vertical cylindrique Enveloppe métallique assemblée Diamètre : 20 m, hauteur 6 m Surface : 315 m ²	Mise à la terre des viroles par pattes d'oie Liquide digestat, atmosphère de biogaz sous toiture double enveloppe souple
2	Stockage digestat : réservoir vertical cylindrique Enveloppe métallique assemblée Diamètre : 27 m, hauteur 6 m Surface au sol : 573 m ²	Mise à la terre des viroles par pattes d'oie Liquide digestat (90% d'eau)
3	Bâtiment technique, structure métallique, bardage métallique toiture et parois verticales Dimensions : 25 m x 14 m x 6 m Surface au sol : 350 m ² Structure en panneaux métalliques auto-stable	Equipements de production (, Hygiéniseur, station de pompage, , chaudière de secours) Local TGBT Cogénérateur et équipement de régulation
4	Le service assuré par la ligne d'entrée RTE –BT et les lignes de communication	Pas de transformateur, longueur prévisible ~100m

Le site de méthanisation est implanté dans une zone à caractère rural.

B. Résultats

Cette détermination est réalisée en appliquant les règles de la norme NFC 17 108. Les structures et services sensibles identifiés sur lesquels porte l'étude préalable du risque foudre sont: le bâtiment technique (3) et le service (4).

Le diagramme ci-après explique l'organisation de la méthode d'évaluation.



Les tableaux ci-dessous fournissent les résultats, tous calculs faits.

⇒ Tableau des paramètres de calculs des composantes du risque


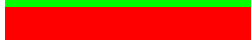
Tableau des paramètres de calculs des composantes du risque

Nom de la structure	Bâtiment technique		
Paramètre ou symbole	Définition	Valeur	Observations
Ng	NF C17 108	2	Nombre de coups de foudre /an/km ²
W	Longueur (m)	25	Cas pouvant être traités: bâtiment seul, tour isolée, groupement bâtiment et tour
L	Largeur(m)	14	
H	Hauteur (m)	6	
	Hauteur tour(m)	0	
Ad	Surface équivalente d'exposition pour la structure (m ²)	2772	$Ad = L*W + 6*H*(L+W) + 9*\pi*H^2$
Al	Surface équivalente d'exposition pour le service (m ²)	6600	Enterré
Cd	Facteur d'emplacement	1	Structure entourée par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits
N_d	Nombre d'impacts moyen sur une structure	2,7719E-03	$N_d = Ng * A_d * Cd * 10^{-6}$
Nl	Nombre d'impacts moyen sur le service	0,0066	$Nl = Ng * Al * Cd * 10^{-6}$
Pd	Probabilité pour qu'un impact sur une structure entraîne des dommages physiques	0,1	Avec protection contre la foudre et Avec parafoudre
Pl	Probabilité pour qu'un impact sur un service entraîne des dommages physiques	0,03	Avec protection contre la foudre et Avec parafoudre
Rf	Risque incendie	1,00E-02	Ordinaire
Lf	Risque R1	0,1	Structure normalement occupée
	Risque R2	0,01	Service RTE et communications
	Risque R3	1,00E-02	Protection du patrimoine
H	Type de dangers pour les personnes	2	Pas de danger particulier

⇒ Tableau des résultats de l'évaluation des risques

Tableau des résultats de l'évaluation des risques

Paramètre	Définition	Valeur	Risque tolérable RT
R1	Risque de perte de vie humaine	0	1,00E-05
R2	Risque de perte de service	2,77E-08	1,00E-03
R3	Risque de perte de patrimoine	2,77E-07	1,00E-03

 Conforme
 non-conforme

L'ARF montre que les dispositifs adoptés (paratonnerre de Niveau III et parafoudre de niveau III&I) conviennent pour protéger les structures et les services contre les effets de la foudre avec un risque évalué en-dessous du risque tolérable.

12.3 Etude technique sommaire des dispositifs de protection contre la foudre

Les résultats des calculs permettent de préciser les paramètres de définition des dispositifs de protection:

⇒ cas d'un système passif à cage maillé

La taille des mailles à respecter est définie dans le tableau ci-après en fonction du niveau de protection requis.

Niveau	Rayon de la sphère fictive (m)	Taille des mailles (m)	Structure
III	45	15 x 15	Bâtiment technique

⇒ cas d'un système à pointe d'amorçage

A. Les rayons de protection des dispositifs de capture actifs (Paratonnerres à dispositifs d'amorçage: PDA)

Le rayon de protection (Rp) d'un PDA dépend de sa hauteur (h) par rapport à la surface à protéger, de son avance à l'amorçage et du niveau de protection choisi.

$$R_p = \sqrt{h*(2*D - h) + \Delta L*(2*D + \Delta L)} \quad \text{Pour } h \geq 5 \text{ m}$$

⇒ h(m) - hauteur de la pointe du PDA par rapport au plan horizontal passant par le sommet de l'élément à protéger.

⇒ D (m) distance dépendant du niveau de protection cherché

Niveau de protection	Distance D(m)
I	20
II	30
III	45

⇒ ΔL (m) est calculé à l'aide de la formule suivante $\Delta L = v * \Delta T$

- o ΔT (μ s) avance à l'amorçage issue des essais d'évaluation des PDA
- o v (m/ μ s) vitesse de propagation

La distance d'amorçage à respecter est définie dans le tableau ci-après en fonction du niveau de protection requis.

Niveau	Distance d'amorçage (m)	Bâtiments
III	45	Bâtiment technique

Le dispositif de capture sera complété par une protection des services avec un parafoudre de type 1

B. Dispositifs pouvant être mis en œuvre

B.1. Dispositif de capture

Il est possible de mettre en œuvre un dispositif de protection passive (type cage maillée). Les paratonnerres à dispositif d'amorçage sont implantés en toiture du bâtiment de stockage sur la ligne de faitage. La zone protégée dépendra de l'avance à l'amorçage donné par les tableaux des constructeurs et du niveau de protection correspondant en respectant les exigences de la norme NFC17102 Dispositifs de capture.

Pour un PDA placé à 3 m au-dessus de la surface à protéger et ayant une avance à l'amorçage de 60 μ s, le rayon de protection R_p est égal à 60 m pour un niveau de protection III et 50 m pour un niveau II

Le plan page suivante précise le rayon de protection du PDA implanté sur le bâtiment technique et les installations protégées notamment le digesteur.

B.2. Conducteur de descente

Il est nécessaire de prévoir 2 conducteurs de descentes par PDA, disposés sur deux côtés différents (parcours le plus direct, 3 fixations par mètre, cuivre méplat 30x2,..)

Il faudra éviter tout coude brusque ou remontée, les rayons de courbure seront supérieurs à 20 cm. Des joints de contrôle et des bornes de coupure seront prévus.

B.3. Prises de terre

Une prise de terre sera réalisée pour chaque conducteur de descente, la résistance mesurée sur la prise de terre isolée de tout autre élément de nature conductrice doit être inférieure à 10 ohms.

Il est préférable de disposer plusieurs piquets verticaux d'une longueur totale minimale de 6 m (3 piquets de 2 m de longueur espacés de 2 m reliés entre eux par un conducteur identique à celui de descente et enterré à 50 cm de profondeur).

Les distances vis à vis des autres canalisations et conduites enterrées devront être respectées.

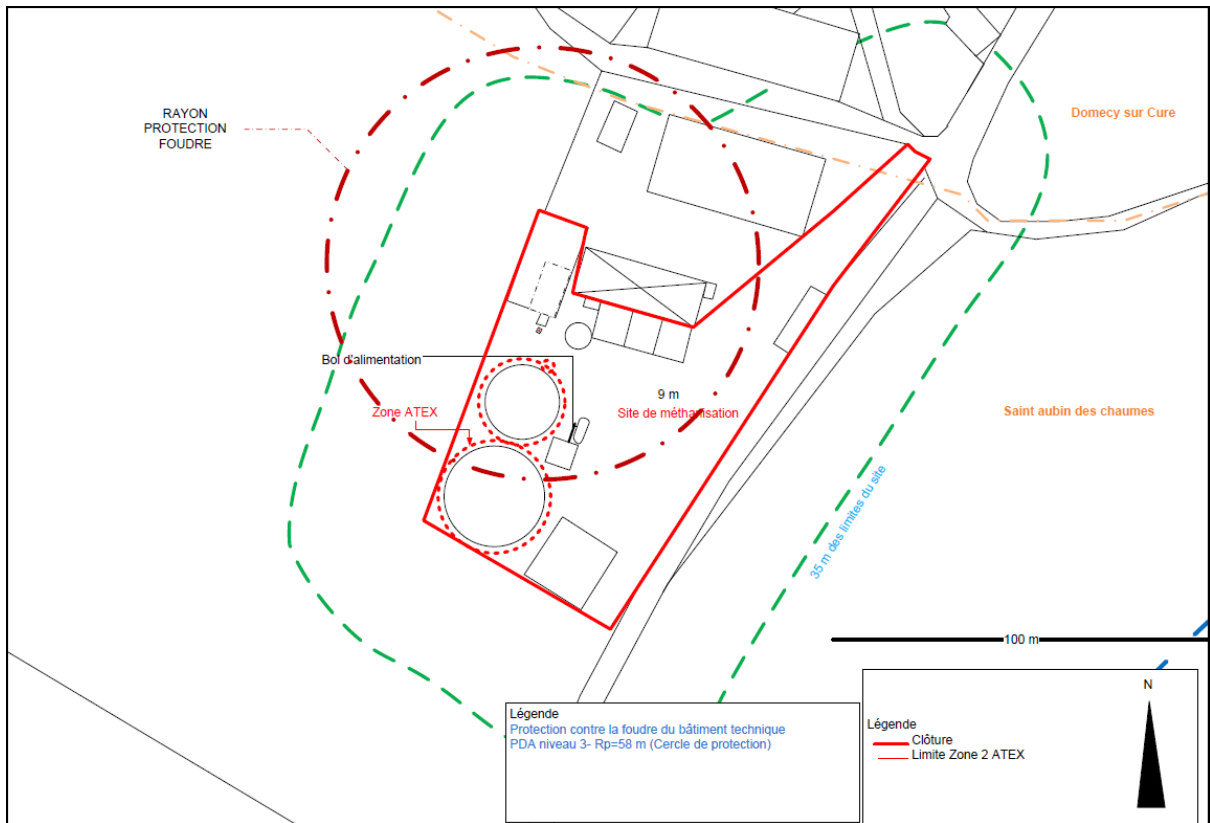
B.4. Distances de sécurité, liaisons équipotentielles

Il est nécessaire de réaliser une bonne équipotentialité par interconnexion de l'ensemble des prises de terre du site. Il en est de même pour l'interconnexion de toutes les masses métalliques proches (digesteur, réservoir digestats, structures métalliques bâtiments) d'équipements sensibles (Local TGBT, salle de commande, unités informatiques).

B.5. Vérification et maintenance

Dès qu'une installation de PDA est réalisée, elle doit faire l'objet de vérifications destinées à s'assurer qu'elle a été réalisée conformément aux règles de la norme NFC 17102. Cette installation doit également faire l'objet d'une vérification tous les 2 ans compte tenu de la spécificité des activités exercées et après tout coup de foudre. Il y a lieu, éventuellement, d les règles du chapitre 3 de la norme NFC 17102 -Equipotentialité des masses métalliques et installations intérieures de protection contre la foudre.

Plan de protection contre les effets directs de la foudre



Annexe 2

ETUDE DES DANGERS- TABLEAUX ANALYSE AMDEC

13 ANNEXE 2 : TABLEAUX ANALYSE AMDEC

13.1 Cotation du risque

A. Cotation de la gravité

Tableau 5: Définition gravité

NIVEAU DE GRAVITE	DEFINITION	DESCRIPTION
5	Désastreux	Dommages sur les personnes - seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : plus de 10 personnes exposées (Très Grave) - seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : plus de 100 personnes exposées (Grave) - seuil seuils des effets irréversibles: plus de 1000 personnes exposées (Significatif)
4	Catastrophique	- installation détruite (200 hPa, 16 kW/m ²) - dommages sur les personnes seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : moins de 10 personnes exposées (Très Grave) seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : entre 10 et 100 personnes exposées (Grave) seuil seuils des effets irréversibles (50 hPa, 3 kW/m ²) : entre 100 et 1000 personnes exposées (Significatif) - pollution majeure du sol, de l'air ou de l'eau ayant une incidence importante sur l'environnement (destruction de la faune et de la flore sauvages, contamination des sols)
3	Important	- dommages importants pour l'installation (140 hPa, 8 kW/m ²) hors service - dommages sur les personnes seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : au plus 1 personne exposée (Très Grave) seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : entre 1 et 10 personnes exposées (Grave) seuil seuils des effets irréversibles (50 hPa, 3 kW/m ²) : entre 10 et 100 personnes exposées (Significatif) - légère pollution de l'air ou de l'eau ayant une incidence très limitée sur l'environnement
2	Sérieux	- dommages sérieux pour l'installation (50 hPa, 5 kW/m ²) partiellement hors-service) - dommages sur les personnes seuil effets létaux significatifs (200 hPa, 8 kW/m ²) : aucune personne exposée (Très Grave) seuil effets létaux (140 hPa, 5 kW/m ²) : au plus 1 personne exposée seuil seuils des effets irréversibles (50 hPa, 3 kW/m ²) : moins de 10 personnes exposées (Significatif) - pollution sérieuse de l'air ou de l'eau ayant une incidence étendue sur l'environnement (perte d'une récolte ou d'animaux)
1	Modéré	- pas de dommage pour l'installation - pas de dommage pour les personnes - pas de dommage pour l'environnement

B. Cotation de la probabilité

La cotation de la probabilité d'occurrence s'est faite sur la base des sources suivantes :

- ⇒ Données des constructeurs
- ⇒ Retours d'expériences du site ou de la profession
- ⇒ Littérature scientifique
- ⇒ Assurances

La probabilité d'occurrence limitée à l'approche quantitative de chaque événement sera appréciée grâce aux paramètres de cotation présentés dans le tableau suivant: **La prévention permet d'agir sur la probabilité d'occurrence du risque**

Tableau 6: Définition probabilité

CLASSE	APPRECIATION	DESCRIPTION
E	Evènement possible mais extrêmement peu probable	Phénomène peu vraisemblable ou jamais rencontré sur des installations semblables 1 cas / 100 ans
DC	Evènement improbable à très improbable	Phénomène vraisemblable mais rarement rencontré, susceptible de se produire moins d'une fois au cours de la durée de vie d'une installation > 1 cas / durée de vie de l'installation
B	Evènement probable	Phénomène pouvant survenir plusieurs fois au cours de la durée de vie de l'installation 1 cas / 5 ans
A	Evènement courant	Phénomène susceptible de se produire fréquemment > 1 cas / an

C. Cotation du risque

La cotation des dangers permet de quantifier le risque en lui attribuant un indice de criticité tel que:

$$C \text{ (Criticité)} = (P \text{ (Probabilité)}, G \text{ (Gravité)})$$

L'indice est donné aux événements grâce à la matrice suivante:

Cette grille de criticité permet donc de hiérarchiser les risques et de définir des niveaux d'acceptabilité.

Tableau 7: Grille criticité

		Classe de probabilité	E	DC	B	A
		Evaluation qualitative	Evènement possible mais extrêmement peu probable	Evènement improbable à très improbable	Evènement probable	Evènement courant
Classe de gravité	Catastrophique	4				
	Important	3				
	Sérieux	2				
	Modéré	1				

Légende :

Couleur	Définition
TF	Criticité Forte à Très Forte / Non acceptable
M	Criticité Moyenne / Améliorable
TB	Criticité Très Basse à Basse / Acceptable

13.2 Analyse et évaluation des risques des installations

A. Estimation et évaluation du risque par tableaux AMDEC

Les installations sont composées de sept sous-systèmes

- ⇒ L'unité de réception et de stockage tampon des produits entrants (substrats de méthanisation)
- ⇒ L'unité d'hygiénisation (traitement des produits contenant des matières classées C3)
- ⇒ L'unité de méthanisation (production du biogaz et des digestats)
- ⇒ L'unité de cogénération (valorisation énergétique électrique et thermique)
- ⇒ L'unité de séchage
- ⇒ L'unité de stockage des produits valorisés
- ⇒ L'unité de secours (la chaudière)

Dans un premier temps, l'analyse des risques s'intéresse aux situations dangereuses pouvant être générées au niveau de ces sept systèmes, par des causes internes aux installations. Dans un second temps, l'analyse des risques se penche sur les éléments externes, naturels ou anthropiques, susceptibles d'engendrer des situations dangereuses au niveau des systèmes et sous-systèmes.

B. Causes internes

B.1. Tableaux d'évaluation de la criticité

Tableau d'analyse des risques 1 : Stockage des produits entrants

N°	Composant ou élément dangereux	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Conséquences	Détection Prévention Protection	Criticité brute			Actions correctives		Criticité finale		
							P _b	G _b	C _b	Prévention	Protection	P _f	G _f	C _f
Unité 1: Stockage des produits entrants														
1	Camion livraison Chargeur	Fournir les produits à traiter	Rupture d'éléments d'installation	Erreur circulation → Collision	Écoulement produit stocké → Pollution des sols Perte exploitation	Visuel, olfactif	B	2	M	Plan de circulation et balisage sol	Barrière de sécurité autour des cuves et méthaniseurs	DC	1	TB
2	Produits	Contrôler les produits	Mélanges de produits incompatibles	Défaut de contrôle des produits entrants	Emission de gaz, odeurs → Dispersion atmosphère	BSD	DC	1	TB					
3	Case béton, cuve de stockage	Stocker les produits	Fuite sur cuves liquides	Corrosion cuves, fuites piquage, chocs	Écoulement produit stocké → Pollution des sols Perte exploitation	Visuel, olfactif	DC	2	TB		Merlon périphérique du site et Cuvettes de rétention	DC	1	TB
4			Suremplissage	Défaut contrôleur de niveau	Débordement → Pollution des sols Perte exploitation	Niveau transparent fixe	DC	2	TB		Merlon périphérique du site et Cuvettes de rétention	DC	1	TB
5	Canalisation de transport	Transférer les produits	Rupture de canalisation	Surpression, chocs, travaux de terrassement	Écoulement produit stocké → Pollution des sols Perte exploitation	Mise à l'air libre par conception Grillage avertisseur	DC	1	TB					
6			Arrêt chargement	Grippage turbine, panne, moteur électrique	Arrêt chargement méthaniseurs → pertes d'exploitation	Alarmes visuelles et téléphoniques	DC	1	TB					
7				Vannes bloquées Canalisations obstruées			Manoeuvre périodique	DC	1	TB				

Tableau d'analyse des risques 2: Hygiénisation

Unité 2: Hygénéisation											
42	Produits C3	Alimenter le digesteur	Polluer le digesteur	Présence de microorganismes pathogènes	Produit incompatible	Suivi des déchets BSD	DC	3	M	Hygiénisation	E
43	Echangeur thermique	Réchauffage du produit	Arrêt chauffage	Rupture alimentation eau chaude	Arrêt hygiénisation	Alarme	DC	2	TB		DC
44	Cuve de traitement thermique	Hygiéniser le produit après réchauffage	Arrêt chauffage	Rupture alimentation eau chaude Défaut régulation Rupture alimentation eau chaude Défaut régulation	Arrêt hygiénisation Evacuation des produits non traités Risque de dissémination de microorganisme pathogènes	Alarme	DC	3	M	Vannes automatiques d'arrêt alimentation digesteur	E
45	Canalisations, pompes	Transférer les produits hygiénisés	Fuite produit hygiénisé ou non	Rupture canalisation	Arrêt hygiénisation, contamination des autres produits non C3	Alarme, circuit indépendant des autres produits	DC	2	TB		DC

15	Enveloppe souple	Stocker le biogaz	Défaut fonctionnement soupape	Mauvais tarage, blocage	Surpression → Rupture enveloppe → Emission de biogaz → nuage dérivant → Explosion	Contrôle visuel	DC	4	M			
16			Déchirement enveloppe	Défaut fabrication	→ Emission de biogaz → nuage dérivant → Explosion		DC	4	M	Réception des ouvrages		E
17	Double enveloppe de contrôle	Maintenir la rigidité du dôme supérieure	Rupture membrane	Idem Enveloppe souple	Pas de danger potentiel	Visuel, olfactif	E	1	TB			
18			Panne ventilateur	Panne électrique, encrassement turbine,		Alarme visuelle sur défaut et appel téléphonique	DC	1	TB			
19	Introduceur d'air de désulfuration	Réduire le taux de soufre du biogaz	Panne ventilateur	Défaut turbine (encrassement) ou moteur	Emission d'hydrogène sulfureux Corrosion moteur thermique (acide sulfurique)	Indicateur de charge filtre charbon actif	DC	3	M		Matériel de remplacement	DC
20			Défaut dosage air	Défaut débitmètre						DC		
21	Groupe froid de condensation	Déshumidifier le biogaz	Panne groupe froid	Panne électrique Fuite fluide frigorigène	Défaut qualité biogaz → baisse rendement cogénérateur → Pertes d'exploitation	Alarme visuelle sur défaut et appel téléphonique	B	2	M	Plan de maintenance préventive		DC
22	Canalisation de transport	Transférer le biogaz traité	Rupture canalisation	Choc, Montage défectueux Surpression	Fuite de biogaz → Emission d'un	Indicateur de pression, Défaut général cogénération	DC	3	M		Fermeture automatique	DC
23			Vanne bloquée	Grippage, usure	Interruption gaz impossible				Plan de maintenance préventive	DC		
24	Digesteur vide	Assurer la maintenance, réparations	Formation d'une atmosphère toxique	Défaut dégazage	Conditions létales pour l'être humain		B	4	TF	Travaux réalisés par personnel autorisé spécialisé et équipé	Appareils de mesure, outils non étincelant (ATEX), ventilateurs, masques	DC
25			Formation d'une ATEX	Défaut dégazage					Allumage → Explosion confinée (enveloppe souple)			

Tableau d'analyse des risques 4 : Unité de cogénération

Unité 4: cogénération												
26	Canalisations, vannes, filtre, compresseur	Alimenter le groupe en biogaz	Percement canalisation	Choc, corrosion, défaut montage	Fuite de gaz → Emission à l'atmosphère → Explosion aérienne	Olfactif, débitmètre, bruit de fuite	DC	3	M			
27			Arrêt alimentation en gaz	Filtre encrassé	Arrêt moteur → Arrêt production d'électricité	Indicateur filtre charbon actif	DC	2	TB			
28			Chute pression	Panne compresseur (turbine, moteur électrique)		Alarme défaut et transmission téléphone	DC	2	TB			
29				Vanne bloquée en fermeture	DC		2	TB				
30	Bâtiment Moteur thermique Alternateur	Assurer la	Percement	Choc, corrosion,	Fuite de gaz →	Détecteur de gaz	DC	4	M		Détecteur gaz	DC
31			Pannes moteur thermique	Corrosion, défaut refroidissement, défaut entretien	Arrêt moteur → Arrêt production d'électricité	Alarme défaut et transmission téléphone	B	3	TF	Maintenance préventive	Contrat de service garantie de disponibilité	DC
32			Panne alternateur	Surchauffe, court circuit			DC	4	M			
33	Carter d'huile	Assurer la lubrification du moteur à	Echauffement huile, fuite dans le local	Joints défectueux, huile usées	Destruction groupe, → Incendie local → Pertes d'exploitation	Détection incendie	B	3	TF	Maintenance périodique	Extincteurs adaptés	DC

34	Echangeur de chaleur	Assurer la production d'énergie thermique	Panne refroidissement moteur	Corrosion, Obstrué par des boues	Arrêt moteur → Arrêt production d'électricité	Rinçage et nettoyage (2 fois par an)	E	2	TB			
35	Canalisation, vannes, régulateur, pompes	Assurer le transfert d'énergie thermique	Percement canalisations	Chocs, corrosion	Arrêt circulation d'eau → Plus de refroidissement moteur → Arrêt production d'électricité	Canalisations enterrées	PE, DC	2	TB			
36			Eclatement	Surpression, défaut absorption dilatation eau		Ouvertures soupapes de sécurité (soupapes en redondance)	DC	2	TB			
37			Non respect température de consigne	Défaillance régulateur		Alarme défaut et transmission téléphone	DC	2	TB			
38			Défaut débit d'eau	Panne pompe (turbine, moteur électrique)		Alarme défaut et transmission téléphone	DC	2	TB			

Tableau d'analyse des risques 5 : Unité de séchage

Unité 5: valorisation matière, Le séchoir													
39	Canalisations	Transport digestat	Percement canalisation	Usure, Rupture	Fuite, pollution des sols	Détection défaut pression Fermeture vannes automatiques	DC		1	TB			
40	Séchoir	assurer le séchage thermique du digestat	panne du distributeur thermique	Corrosion, encrassement, Panne ventilateur	Arrêt de production	Alarme défaut et transmission téléphone	DC		3	TB			
41	Filtre acide	filtration des vapeurs résultantes par filtre acide	Rupture de canalisation / réservoir d'acide	Corrosion, encrassement,	Arrêt de production	Alarme défaut et transmission téléphone	dc		3	M	Stockage acide sur bac de rétension	rétension d'éventuelle fuite d'acide	DC

Tableau d'analyse des risques 6 : Unité de stockage des produits valorisés

Unité 6: stockage et expédition des produits												
46	Réservoirs stockage éluât	Stocker l'éluât avant épandage	Perte de confinement	Fuite chargement déchargement	Ecoulement d'éluât sur le sol	Contrôle visuel	DC		1	TB	Entretien périodique des équipements	Merlon de rétention périphérique
47	Aire de mise au repos de l'humus	Stocker en andains en attente d'utilisation	Echauffement de la matière	Durée de séjour	Combustion en masse	Rotation journalière	DC		1	TB		
48	Chargeur automoteur	Manutentionner l'humus	Accidentel	Défaut de conduite		Plan de circulation	DC		1	TB		

Tableau d'analyse des risques 7 : Unité de secours (Chaudière)

Unité 7: secours (Chaudière)												
49	Chaudière	Détruire le biogaz excédentaire	Percement canalisation	Corrosion, choc,	Fuite biogaz, danger explosion aérienne	Défaut pression, alarme, fermeture des vannes automatiques	E	3	TB			
50			Absence de flamme	Défaillance système d'allumage ou de contrôle de flamme	Dispersion de biogaz dans l'atmosphère et danger explosion aérienne	Défaut flamme alarme	E	3	TB			
51			Fumées visibles	Défaut combustion	Dispersion d'imbrûlés (CO, COV _x)	Contrôle des composition des fumées	DC	2	TB			
52			Pas d'arrêt débit biogaz	Défaut vanne automatique de coupure	Dispersion de biogaz dans l'atmosphère et danger explosion aérienne		DC	3	M		Redondance vanne automatique	DC

C. Causes externes, naturelles ou anthropiques

C.1. Tableaux d'évaluation de la criticité

Certaines causes extérieures peuvent provoquer au niveau des cinq systèmes étudiés des situations dangereuses. Ces sources ont été identifiées au paragraphe .

Donc les analyses de risque doivent donc être complétées par une analyse des causes extérieures qu'elles soient naturelles ou anthropiques.

L'environnement naturel susceptible de générer des situations dangereuses est constitué des éléments suivants :

- ⇒ la foudre,
- ⇒ les mouvements de terrain (pas de risque recensé sur le site),
- ⇒ le séisme,
- ⇒ l'inondation (pas de risque recensé sur le site),
- ⇒ le feu de forêt (pas de risque recensé sur le site),
- ⇒ Le système anthropique capable de provoquer des situations dangereuses se compose de :
 - o les habitations,
 - o la malveillance.

De même que précédemment, le tableau ci-après correspond à l'analyse des risques des sept systèmes précédents, mais pour les situations dangereuses générées par des causes externes.

Annexe 3

ETUDE DES DANGERS- METHODES DE CALCULS

14 ANNEXE 3 : MÉTHODES DE CALCULS

A. Méthodes d'évaluation des effets de la survenance du risque

Les effets de chaque phénomène dangereux sont évalués à partir de modèles de calculs ou de codes de calculs connus:

- ⇒ NFPA 68, Guide for venting of deflagrations édition 98,
- ⇒ Le livre jaune du TNO (dimensionnement des effets des scénarios d'accidents)
- ⇒ Le rapport d'étude de l'INERIS : Etude des risques liés à l'exploitation des méthaniseurs agricoles (18/01/2008)

B. Fuite de gaz sous pression d'une canalisation

La conséquence est une fuite de biogaz dans l'atmosphère. Compte tenu de la faible pression de stockage, le biogaz est considéré comme étant un fluide peu compressible. Le débit de fuite est donné par la relation suivante (Mécanique des fluides - théorème de Bernoulli):

$$\text{Débit brèche} = C * S * \rho * \left(\frac{2 * \Delta P}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- ✦ Débit brèche : (kg/s)
- ✦ C : Coefficient de perte de charge de la conduite
- ✦ S : Aire de la brèche
- ✦ ρ : Masse volumique du biogaz = 1,25 kg/m³
- ✦ ΔP : pression relative dans la canalisation (500 Pa (5mb) + pression hydrostatique – pertes de charge)

C. Rayonnement thermique

$I(r) = I_0 * F(r)$ Le flux thermique reçu en un point donné est déterminé à partir de la formule suivante:

$I(r)$ est le rayonnement thermique reçu au point r en kW/m²;

- ✦ I_0 est le rayonnement limite de la flamme en kW/m², les essais de Parentis ont permis de donner une valeur de ce rayonnement pour les feux d'hydrocarbures $I_0 = 30 \text{ kW/m}^2$;
- ✦ $F(r)$ est le facteur de forme de la flamme vue du point r. Il dépend de la largeur et de la hauteur de la flamme.

La largeur de la flamme est prise égale à la dimension horizontale de la cuvette. La hauteur de flamme est déterminée à partir de la corrélation de Thomas:

$$\frac{H}{D} = 17,6 * \left(\frac{Q}{D^{1,5}} \right)^{0,6}$$

- ✦ H est la hauteur de la flamme en m;
- ✦ D est le diamètre hydraulique du foyer en m, dimension horizontale calculée $4 * S / P$ (S étant la surface et P le périmètre);
- ✦ Q est le débit de combustible en kg/s, on nomme aussi cette grandeur vitesse de régression.

La vitesse de régression est prise égale à 0,03 mm/mn.m² ou 0,056 kg/s.m² (essais de Parentis).

L'application des lois de comportement de propagation du rayonnement thermique permet de déterminer les distances à partir desquelles le flux de rayonnement thermique devient inférieur à une valeur déterminée. Le facteur de forme est calculé selon l'expression suivante:

$$F(r) = \frac{1}{\pi} * \int \frac{dS}{r^2} * \cos(a)$$

- ✦ dS appartient à la surface de la flamme vue au point r sous l'angle a

D. Surpression

D.1. Explosion d'une onde aérienne

La méthode utilisée est basée sur le modèle « multienergy » préconisé par le TNO dans « Le livre jaune » (Voir bibliographie au §1.4)

D.2. Explosion en milieu confiné

En ce qui concerne les explosions se produisant dans des espaces faiblement confinés (parois en bardage par exemple dont les pressions de rupture sont inférieures à 100 mb ou 10 000 Pa), les parois assurent la fonction d'évent de décharge de la pression. L'évaluation des effets est basée sur deux critères :

⇒ Surface minimale d'évent à mettre en œuvre en utilisant l'expression donnée dans NFPA 68 édition 2007:

⇒
⇒

$$S = \left(\frac{(C * SP)^2}{P_{red}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

o Expression dans laquelle,

- ✦ C= 0,049 pour le méthane ;
- ✦ SP (m²) est égale à la surface des parois en contact avec l'explosion (elle exprime le degré de confinement)
- ✦ Pred (bar) est la pression de rupture des parois (Pression limitant les effets de l'explosion en milieu confiné)

⇒ Propagation de l'explosion dans le milieu ouvert de l'environnement :

- o Le régime d'explosion considéré est une combustion à vitesse variable non détonante (régime subsonique) pour lequel on peut appliquer les lois de propagation d'une onde acoustique forte.
- o La méthode retenue pour évaluer la propagation de l'onde de surpression, la méthode utilisée est celle proposée par le TNO qui utilise l'énergie de compression du volume fermée. la valeur de cette énergie permet d'utiliser les courbes d'explosion de Baker [Pr = f (Dr)] dans lesquelles Pr est la pression réduite à la distance réduite Dr du centre de la déflagration.

E. Projection d'éléments de construction

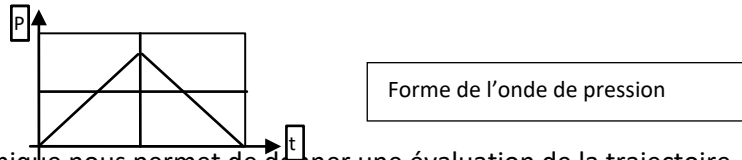
Sous l'effet de la rapide montée en pression dans le local, les éléments de construction les plus fragiles vont céder, acquérir de l'énergie cinétique et être projetés dans l'environnement extérieur. Le théorème de la quantité de mouvement permet d'évaluer la vitesse initiale de l'élément détruit et les lois de la cinématique en milieu gêné (résistance de l'air) permettent d'évaluer la distance maximale du point de chute au sol :

$$MS * (V_2 - V_1) = R_p * t$$

- ✦ Rp: surpression d'explosion contenue

- ✦ (MS): masse surfacique de l'élément de construction
- ✦ (t): durée de l'impulsion
- ✦ (V1): vitesse initiale: 0 m/s

Une hypothèse conservatrice consiste à considérer que le front descendant de la pression intérieure agit sur le projectile, ceci revient à considérer une durée d'impulsion égale au double de celle prise en compte et en conséquence à doubler la valeur de la vitesse initiale (Explosion accompagnée à la sortie de l'évent). La forme de l'onde sera la suivante.



L'application des lois de la dynamique nous permet de donner une évaluation de la trajectoire possible de ces éléments. Elle consiste à résoudre le système d'équation dans le plan vertical (xoz).

$$m * \frac{d\vec{V}}{dt} = \sum \vec{F}_e \text{ ou } \vec{V}(V_x, V_z)$$

o

- ✦ est la vitesse du projectile dans les directions x (horizontale) et z (verticale),

o

$$\sum \vec{F}_e (-C_x * V_x^2; -m * g; -C_z * V_z^2)$$

- ✦ est la somme des forces extérieures agissant sur le projectile (force de gravité et force de traînée de l'air)

Les graphiques présentés montrent la trajectoire possible du projectile constitué de l'élément de construction détruit avec les hypothèses de calculs précisées ci avant : la vitesse initiale et l'angle de projection pouvant varier de 0 à 90°.

L'élément considéré correspond à la projection des ouvertures éléments de couverture métallique. La direction initiale de projection est pratiquement.

Annexe 4

ETUDE DES DANGERS - EXPLOSION AERIENNE

15 ANNEXE 4 : SCÉNARIOS N°11 ET N°12 EXPLOSION AÉRIENNE

15.1 Description de l'événement accidentel

Le risque UVCE (« Unconfined Vapour Cloud Explosion ») ou explosion de gaz en milieu non confiné concerne tous les gaz et liquides inflammables à bas point d'ébullition qui, à la suite d'une perte de confinement, peuvent former une nappe gazeuse explosible dérivant sous l'action du vent. Si au cours de la dérive, la partie du nuage comprise entre les limites d'explosivité rencontre une source d'énergie, une inflammation est probable. Cette ignition accidentelle peut provoquer une combustion suffisamment rapide pour engendrer une déflagration.

A.1.1.1. Vidange d'une canalisation de biogaz (Scénario 12)

Caractéristiques du terme source

- ⇒ Conduite de biogaz
 - Diamètre DN 150 (section = 0,018 m²)
 - Longueur : 50 m, hauteur géométrique : 7 m
 - Pression relative : 5 mbar (500 Pa)
- ⇒ Temps de réponse des vannes automatiques : 10 s
- ⇒ Estimation du volume de biogaz libéré :
 - Débit de biogaz à la brèche : 0,16 Nm³/s sous 5 mbar
 - Part due au débit de fuite : 10 x 0,16 = ~1,6 Nm³
 - Vidange des canalisations verticales (poussée hydrostatique) : 0,1 Nm³
 - Volume de gaz libéré : 1,6 + 0,1 = ~2 Nm³
 - Délai d'allumage : immédiat (les seules sources potentielles proches sont sur le site)

Calcul des distances d'effets selon la méthode Multi-Energy

Surpression (mbar)	140	50	20
Sévérité du confinement	4	4	4
Distance réduite Dr (courbes multi-energie)	0	1,35	2 fois la distance 50 mb
Distance d'effets (m) r = Dr x r'	0	9	18

A.1.1.2. Rupture de l'enveloppe de stockage (Scénario N°11)

Caractéristiques du terme source

- ⇒ Volume de biogaz d'un digesteur : 977 m³
- ⇒ Volume de biogaz libéré (volume sous la membrane) : 977 - 236 = 741 m³
- ⇒ Délai d'allumage : immédiat (les seules sources potentielles sont sur le site)

Calcul des distances d'effets selon la méthode Multi-Energy

Surpression (mbar)	140	50	20
Sévérité du confinement	4	4	4
Distance réduite Dr (courbes multi-energie)	0	1,37	2 fois la distance 50 mb
Distance d'effets (m) r = Dr x r'	0	71	142

A.1.1.3. Vidange d'une canalisation de biogaz (Scénario 12)

Caractéristiques du terme source

- ⇒ Conduite de biogaz
 - Diamètre DN 150 (section = 0,018 m²)
 - Longueur : 50 m, hauteur géométrique : 7 m
 - Pression relative : 5 mbar (500 Pa)

- ⇒ Temps de réponse des vannes automatiques : 10 s
- ⇒ Estimation du volume de biogaz libéré :
 - Débit de biogaz à la brèche : 0,16 Nm³/s sous 5 mbar
 - Part due au débit de fuite : 10 x 0,16 = ~1,6 Nm³
 - Vidange des canalisations verticales (poussée hydrostatique) : 0,1 Nm³
 - Volume de gaz libéré : 1,6 + 0,1 = ~2 Nm³
 - Délai d'allumage : immédiat (les seules sources potentielles proches sont sur le site)

Calcul des distances d'effets selon la méthode Multi-Energy

Surpression (mbar)	140	50	20
Sévérité du confinement	4	4	4
Distance réduite Dr (courbes multi-energie)	0	1,35	2 fois la distance 50 mb
Distance d'effets (m) $r = Dr \times r'$	0	9	18

A.1.1.4. Rupture de l'enveloppe de stockage (Scénario N°11)

Caractéristiques du terme source

- ⇒ Volume de biogaz d'un digesteur : 977 m³
- ⇒ Volume de biogaz libéré (volume sous la membrane) : 977 - 236 = 741 m³
- ⇒ Délai d'allumage : immédiat (les seules sources potentielles sont sur le site)

Calcul des distances d'effets selon la méthode Multi-Energy

Surpression (mbar)	140	50	20
Sévérité du confinement	4	4	4
Distance réduite Dr (courbes multi-energie)	0	1,37	2 fois la distance 50 mb
Distance d'effets (m) $r = Dr \times r'$	0	71	142