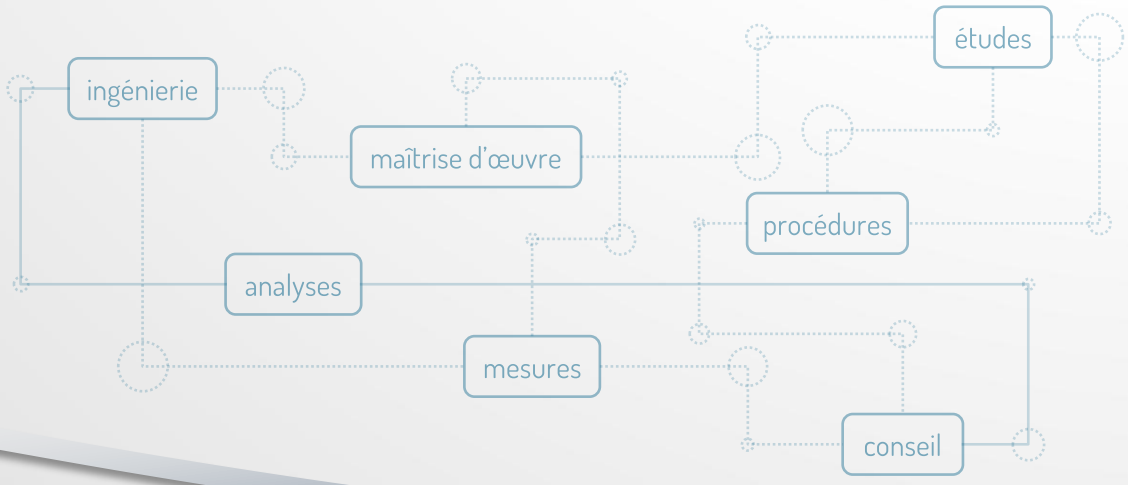
DOSSIER REGLEMENTAIRE

VALLÉE DE CHAMONIX MONT-BLANC
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES

Création d'une unité de méthanisation attenante à la station d'épuration des Trabets en vue du traitement des boues produites en vallée de Chamonix-Mont-Blanc

Mémoire de sécurité



octobre 2025

SAGE environnement

12 Avenue du Pré de Challes – Parc des Glaisins
ANNECY LE VIEUX – 74 940 ANNECY
☎ 04 50 64 06 14 🖷 04 50 64 08 73
@ : sage.annecy@sage-environnement.fr
ⓘ : www.sage-environnement.com

Référence document : SC/25.143/V0
Indice de révision : V0 - Statut : Provisoire

Fiche document :

Informations :

Client / Maître d'ouvrage :	Communauté de Communes de la Vallée de Chamonix Mont-Blanc
Contact – Coordonnées :	Communauté de Communes de la Vallée de Chamonix Mont-Blanc 38 Place de l'Eglise 74400 Chamonix-Mont-Blanc

Numéro dossier SAGE :	25.143
Responsable :	Sandrine Chabault
Assistant(e)s :	
Relecteur :	
Titre :	Création d'une unité de méthanisation attenante à la station d'épuration des Trabets en vue du traitement des boues produites en vallée de Chamonix-Mont-Blanc
Sous titre – objet :	Mémoire de sécurité
Catégorie document :	Dossier réglementaire
Mots clés :	Méthanisation, Haute-Savoie
Statut document :	Provisoire
Indice de révision :	V0
Référence document :	SC/25.143/V0
Confidentialité :	
Fichier :	Etude de dangers.docx
Date :	10/10/2025
Nombre de pages :	67

Historique des versions et révisions :

Indice révision	Date	Détails – modifications	Resp.
0	10/10/2025	Version initiale	Sandrine Chabault

SAGE environnement

12 Avenue du Pré de Challes – Parc des Glaisins
ANNECY LE VIEUX – 74 940 ANNECY
☎ 04 50 64 06 14 🖷 04 50 64 08 73
@ : sage.annecy@sage-environnement.fr
ⓘ : www.sage-environnement.com

TABLE DES MATIERES

Partie A - Présentation des installations et de leur environnement 5
A.1. Présentation des installations 5
A.1.1. Bâche amont 5
A.1.2. Digesteur 5
A.1.3. Bâche aval 6
A.1.4. Gazomètre 6
A.1.5. Unité d'épuration du biogaz 6
A.1.6. Injection du biométhane 6
A.1.7. Torchère 7
A.1.8. Réseaux de biogaz et de biométhane 7
A.2. Caractéristiques dimensionnelles 7
A.3. Présentation de l'environnement des installations 8
A.3.1. Situation générale 8
A.3.2. Environnement humain et urbain 9
Partie B - Organisation générale en matière de sécurité 10
B.1. Organisation et gestion des risques 10
B.1.1. Organisation générale et management de la sécurité 10
B.1.2. Moyens humains 12
B.1.3. Moyens techniques 12
B.1.4. Moyens de lutte internes et externes 13
Partie C - Identification des Potentiels de dangers liés aux installations et aux produits 15
C.1. Dangers liés aux produits stockés et manipulés 15
C.1.1. Produits 15
C.1.2. Boues d'épuration 15
C.2. Dangers liés aux équipements et procédés 16
C.2.1. Pollution accidentelle 16
C.2.2. Incendie 16
C.2.3. Explosion 17
C.3. Dangers liés au transport de biogaz 17
C.4. Potentiels de dangers liés aux phases de maintenance et de travaux 17
C.4.1. Maintenance 17
C.4.2. Travaux 18
Partie D - Potentiels de dangers liés à l'environnement des installations 19
D.1. Dangers liés aux éléments naturels 19
D.1.1. Conditions météorologiques extrêmes 19
D.1.2. Foudre 19
D.1.3. Risques naturels 19
D.2. Dangers liés aux activités extérieures à l'établissement 21
D.2.1. Installations voisines 21
D.2.2. Infrastructures de transport 21
D.2.3. Rupture de barrages 22
D.2.4. Malveillance 22
Partie E - Réduction des potentiels de dangers liées aux installations et produits 23

E.1. Principe de substitution 23
E.2. Principe d'intensification 23
E.3. Principes d'atténuation et de limitation des effets 23
Partie F - Analyse du retour d'expérience 24
F.1. Accidentologie interne 24
F.2. Accidentologie sur des installations similaires 24
F.2.1. Base de données ARIA 24
F.2.2. Flash ARIA de janvier 2023 concernant les installations de méthanisation et les rejets de biogaz 25
F.3. Conclusion sur le retour d'expérience 26
Partie G - Analyse préliminaire des risques 27
G.1. Analyse préliminaire des risques liés au stockage des boues et des graisses en amont de la digestion 27
G.2. Analyse préliminaire des risques liés au digesteur 29
G.3. Analyse préliminaire des risques liés au stockage des digestats en aval de la digestion 33
G.4. Analyse préliminaire des risques liés au stockage de biogaz 35
G.5. Analyse préliminaire des risques liés à la torchère 38
G.6. Analyse préliminaire des risques liés au conteneur d'épuration du biogaz 40
G.7. Analyse préliminaire des risques liés au conteneur d'injection du biométhane dans le réseau GrDF. 42
G.8. Analyse préliminaire des risques liés aux réseaux de transport de biogaz et de biométhané 44
G.9. Sélection des phénomènes dangereux nécessitant une analyse détaillée 46
Partie H - Analyse détaillée des risques 47
H.1. Seuils réglementaires 47
H.1.1. Seuils d'effets sur les personnes 47
H.1.2. Seuils d'effets sur les structures 47
H.2. Quantification de l'intensité des phénomènes dangereux 48
H.2.1. Hypothèses et modèles utilisés 48
H.2.2. PHD 1 : Explosion dans le digesteur plein 48
H.2.3. PHD 2 : Explosion dans le digesteur vide 51
H.2.4. PHD 3 : Explosion de biogaz dans le gazomètre 54
H.2.5. PHD 4 : Explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre 55
H.2.6. PHD 5 : Explosion confinée dans le conteneur d'épuration 57
H.2.7. PHD 6 : Explosion confinée dans le conteneur d'injection 59
H.2.8. PHD 7 : Explosion non confinée / Jet enflammé consécutifs à une fuite sur le réseau de biogaz ou biométhane 60
H.2.9. Bilan des phénomènes dangereux 62
Partie I - Evaluation de la gravité et de la probabilité 63
I.1. Méthodologie 63
I.1.1. Evaluation de la gravité 63
I.1.2. Evaluation de la probabilité 63
I.2. Evaluation de la gravité et de la probabilité de phénomènes dangereux ayant des effets hors site ... 64
I.2.1. Evaluation de la gravité 64
I.2.2. Evaluation de la probabilité 64
I.3. Situation des phénomènes dangereux ayant des effets hors site dans la matrice de criticité 65
Partie J - Conclusion 67

Partie A - Présentation des installations et de leur environnement

A.1. PRESENTATION DES INSTALLATIONS

L'étude de dangers porte sur l'ensemble des installations destinées à la méthanisation des graisses et des boues produites par la station d'épuration des Trabets et à la valorisation du biogaz produit. Elle ne concerne pas les autres installations constitutives de cette station d'épuration.

Le personnel de la station d'épuration n'est pas assimilé à « personnes physiques correspondant à des intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement ». Ce personnel est sensibilisé aux risques liés aux installations de méthanisation ; il n'est pas comptabilisé dans la cotation en gravité des phénomènes dangereux identifiés.

Les éléments décrits à la suite sont issus du projet établi par l'Assistant à Maître d'Ouvrage (Cabinet Montmasson) désigné par la Communauté de Communes de la Vallée de Chamonix-Mont-Blanc pour le projet de création d'une unité de méthanisation sur le site de la station d'épuration des Trabets. Ils ne présument pas de la nature et des dimensions des ouvrages et équipements qui composeront ces futures installations, dont la conception et la réalisation seront confiées à un groupement d'entreprises désigné dans le cadre d'un appel d'offres ultérieur.

A.1.1. Bâche amont

La bâche de stockage (200 m^3) située en amont de la digestion reçoit le mélange des boues mixtes épaissies et des graisses, après transit par le défilasseur. Cette bâche permet d'assurer une alimentation continue et la plus constante possible du digesteur afin de limiter les à-coups de charge et les variations de production de biogaz.

Le maintien en suspension et l'homogénéisation des matières sont assurés par un agitateur submersible.

Le ciel gazeux de la bâche d'homogénéisation est raccordé à la désodorisation.

Deux pompes (fonctionnement en secours mutuel) assurent le transfert des matières homogénéisées vers le digesteur.

A.1.2. Digesteur

Les matières sont digérées à une température de 37°C pendant environ 20 jours.

Le digesteur est une cuve en béton ou métallique de 1 570 m^3, munie d'une agitation mécanique.

En fonctionnement normal, le volume maximal de remplissage des matières est de 1 400 m^3 et le volume de biogaz (ciel gazeux) de 170 m^3.

L'ouvrage est équipé de :

- Deux soupapes pression-dépression dont une en secours,
- Deux trous d'homme : un en haut et un en bas du digesteur,
- Une vasque d'alimentation,
- Une vasque de sortie des boues digérées ;
- Un pot de purge.

Conformément aux dispositions de l'article 31 de l'arrêté du 12 août 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation relevant du régime de l'enregistrement, le digesteur sera également équipé d'un dispositif de limitation des conséquences d'une surpression brutale tel qu'une membrane souple, un évent d'explosion ou tout autre dispositif équivalent de protection contre l'explosion.

A.1.3. Bâche aval

En sortie du digesteur, les matières digérées sont dirigées gravitairement vers une bâche de stockage de 200 m^3.

Cette bâche est un ouvrage béton. Elle est équipée d'un agitateur mécanique et son ciel gazeux est raccordé à l'unité de désodorisation.

A.1.4. Gazomètre

Le biogaz produit dans le digesteur est envoyé vers le gazomètre de 300 m^3 de capacité maximale.

Le gazomètre constitue un stockage tampon du biogaz (pression de service de 25 mbar) constitué d'une double membrane souple en PVC (la première membrane permet le stockage du biogaz dans de bonnes conditions d'étanchéité, la seconde membrane assure la tenue mécanique du gazomètre).

Un ventilateur centrifuge (+ un second en secours) assure le maintien en pression entre les deux enveloppes du gazomètre.

La pression de rupture de ce type de gazomètre est de quelques dizaines de millibars (45 mbar).

Le gazomètre est équipé des éléments de sécurité suivants :
- un système de garde hydraulique qui assure la protection du gazomètre contre une surpression accidentelle,
- une sonde à ultrasons qui assure la mesure du niveau de remplissage (mesure du déplacement de la membrane), protégée ATEX,
- un détecteur de CH_4 (explosimètre), protégé ATEX, installé au niveau du registre d'équilibrage entre les deux membranes.

A.1.5. Unité d'épuration du biogaz

L'épuration du biogaz est effectuée dans un container métallique.

Le traitement se compose des étapes suivantes :
- Un séchage et un refroidissement du biogaz ;
- Une filtration sur charbon actif pour l'élimination du H_2S et des COV ;
- Une épuration membranaire pour l'élimination du CO_2.

Le container métallique (dimensions intérieures : L x l x h = 12,0 m x 2,4 m x 2,6 m) est équipé d'une détection de gaz (méthane) avec activation d'une alarme sonore et visuelle et coupure de l'alimentation en gaz en cas de détection.

A.1.6. Injection du biométhane

Le poste d'injection de biométhane est constitué d'un container métallique divisé en 3 compartiments :
- un local odorisation : à ce niveau du THT est injecté dans le biométhane ;
- un local gaz : ce local comprend un skid d'analyse du biométhane et un skid de comptage du biométhane injecté dans le réseau ;
- un local électrique.

A.1.7. Torchère

La torchère est destinée à brûler l'excès de biogaz. Son fonctionnement est automatique. Le biogaz, en provenance du gazomètre alimente la torchère par une tuyauterie enterrée. Le débit maximal d'alimentation est de 100 Nm^3/h.

La torchère est équipée d'un dispositif de détection de flammes et d'un dispositif anti-retour de flammes.

A.1.8. Réseaux de biogaz et de biométhane

Le réseau de biogaz est constitué de tuyauteries :

- PEHD gaz Ø 225 ext pour les tronçons enterrés,
- en acier inoxydable pour les tronçons aériens (raccords soudés), avec revêtement anticorrosion.

La pression de service est comprise entre 15 et 25 mbar.

Ce réseau est principalement enterré ; les tronçons aériens (descente du digesteur, entrée torchère, entrée unité de purification) sont protégés contre les chocs mécaniques et sont tolérants aux contraintes de type vibrations ou accélérations sismiques.

Une vanne automatique est installée sur la ligne biogaz entre le digesteur et le gazomètre (vanne implantée dans le pot de purge). Elle se ferme sous condition de fonctionnement non nominal (pression basse dans le réseau, baisse du niveau des boues dans les digesteurs, etc.) et permet ainsi d'éviter tout retour de biogaz du gazomètre vers le digesteur en cas de fissuration de l'ouvrage de digestion et fuite de boues à partir de ce dernier.

Le réseau de biométhane est également constitué de tuyauteries en PEHD dans les parties enterrées et en acier inoxydable dans les parties aériennes. La pression de service est comprise entre 5,5 et 8 bar.

A.2. CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

Bâche de stockage amont digestion	Volume	200	m^3
Digesteur	Type	Béton ou métallique	
	Hauteur totale	14	m
	Diamètre intérieur	12	m
	Volume utile	1 400	m^3
	Volume de ciel gazeux en fonctionnement normal	170 à 300	m^3
	Volume total	1 570 à 1 700	m^3
	Pression de rupture statique	50 à 200 selon conception	mbar
Bâche de stockage aval digestion	Volume	200	m^3
Gazomètre	Volume	300	m^3
	Pression de rupture	45	mbar
Torchère	Débit nominal	100	Nm^3/h

Conteneur épuration biogaz	Longueur	12	m
	Largeur	2,4	m
	Hauteur	2,6	m
	Volume	75	m^3
	Encombrement	30	%
Conteneur injection biométhane	Volume local odorisation	5	m^3
	Volume local poste gaz	15	m^3
	Encombrement	Négligeable	%
Tuyauteries biogaz	Diamètre ext	225	mm
	Pression	25	mbar
	Débit max	78	Nm^3/h
Tuyauterie biométhane	Diamètre max	25	mm
	Pression	8	bar
	Débit max	78	Nm^3/h

A.3. PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DES INSTALLATIONS

A.3.1. Situation générale

Les installations de méthanisation prennent place dans l'emprise de la station d'épuration des Trabets, en rive gauche de l'Arve, sur le territoire de la commune des Houches.

La desserte du site est assurée par la Route des Trabets.

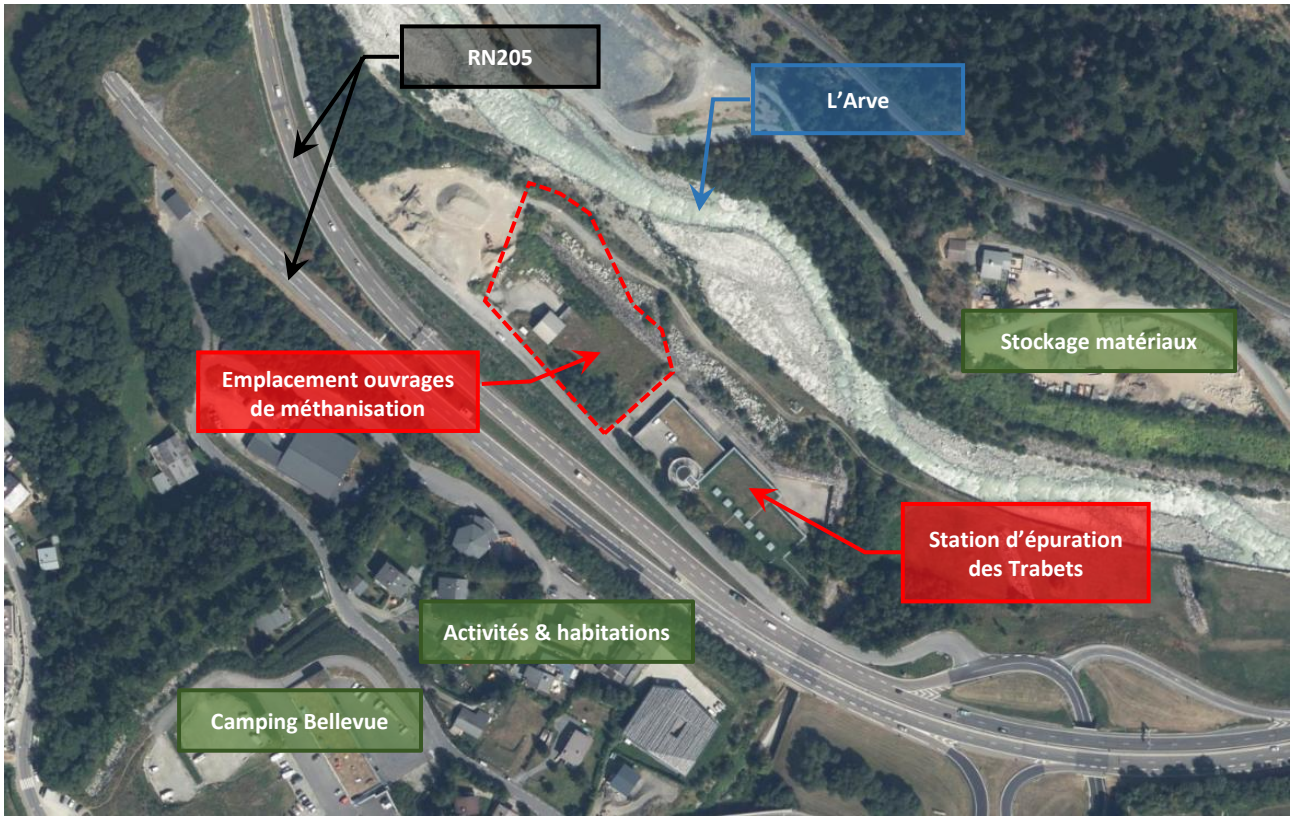


Figure 1 : Localisation des installations

A.3.2. Environnement humain et urbain

La station d'épuration des Trabets est implantée entre la RN205 et l'Arve.

Son environnement immédiat se compose principalement :

- Au sud-ouest, de la RN205 au-delà de laquelle s'étend une zone urbanisée regroupant des habitations et des activités économiques ;
- Au nord-ouest, d'une zone de stockage de matériaux ;
- Au nord et nord-est, l'Arve puis des zones boisées ainsi qu'une installation de stockage de matériaux ;
- Au sud-est, des espaces naturels non bâtis (zone inondable).

Dans cet environnement, les éléments notables sont :

- Des habitations, situées au sud de la RN205, à environ 100 m de l'emplacement retenu pour les installations de méthanisation ;
- Des établissements recevant du public :
  - Camping Bellevue à environ 165 m ;
  - Divers commerces et activités économiques [centre d'affaires (Mont-Blanc Base Camp), atelier de métallerie, Mont-Blanc Escalade, etc.) à environ 75 m de l'emplacement retenu pour les installations de méthanisation ;

Aucun lieux d'accueil de populations sensibles (école, crèches, établissements de santé, maisons de retraite) n'est recensé dans un rayon de 500 m autour des futures installations de méthanisation.

Partie B - Organisation générale en matière de sécurité

B.1. ORGANISATION ET GESTION DES RISQUES

B.1.1. Organisation générale et management de la sécurité

Les actions de sécurité sur le site de la station d'épuration des Trabets concernent :
- la conception et la mise en œuvre des matériels et des installations ;
- l'existence et la mise en œuvre d'une organisation sécurité sur le site.

L'organisation sécurité mise en place est la suivante :
- la formation des personnels (formation technique et sécurité) ;
- l'organisation technique (moyens, consignes, etc.).
- la définition des relations avec les sapeurs-pompiers, ce qui permet d'articuler efficacement les moyens d'intervention internes et externes.

B.1.1.1. Document unique

La station d'épuration des Trabets possède un Document Unique, établi par l'exploitant, qui répertorie l'ensemble des dangers et risques présents sur le site. Il est mis à jour lors des modifications des installations, des postes de travail ou d'apparition de nouveaux dangers.

L'analyse des risques fait partie intégrante de ce document et répertorie l'ensemble des dangers, risques, situations dangereuses présents sur la station et identifie les moyens de prévention et de protection en place. Bien que cette analyse soit d'abord faite dans le cadre de la protection des travailleurs (évaluation des risques professionnels), elle est directement liée au risque accidentel au sens large, pouvant le cas échéant avoir des effets sur des tiers, et participe donc de sa bonne maîtrise.

B.1.1.2. Gestion des substances dangereuses / produits chimiques

Chaque produit chimique et substance dangereuse présent sur site est inventorié dans un document qui est mis à jour lors de toute utilisation d'un nouveau produit chimique ou substance dangereuse.

De plus, une Fiche de Données Sécurité (FDS) associée est archivée et tenue à disposition. Des Fiches Produits adaptées de la FDS sont affichées sur les postes concernés pour sensibiliser et informer les opérateurs sur les dangers, les risques et comment réagir en cas d'urgence.

B.1.1.3. Gestion des équipements

Afin de limiter tout risque de dérive et d'accident, des vérifications périodiques sont réalisées conformément aux dispositions législatives et réglementaires (Électricité/Pression/Levage, etc.). Les résultats de l'inspection sont ensuite retranscrits dans un registre dédié sous la responsabilité du responsable de site et intégrés au plan d'actions lorsque nécessaire.

De plus, une vignette est apposée sur chaque équipement vérifié et/ou contrôlé attestant de leur conformité. Cela permet aux opérateurs en complément de la vérification visuelle avant chaque utilisation de s'assurer que le matériel utilisé n'est pas défaillant.

B.1.1.4. Dangers et risques particuliers

Les zones où des atmosphères explosives peuvent se présenter sont classées en fonction de la nature, de la fréquence ou de la durée de présence d'une atmosphère explosive :

- Zone 0 : emplacement où une atmosphère explosive est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment ;
- Zone 1 : emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal ;
- Zone 2 : emplacement où une atmosphère explosive n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée.

Un zonage ATEX a été réalisé par SOCOTEC en 2023 pour le projet de création d'une unité de méthanisation.

Au droit des installations de méthanisation, ce zonage répertorie les zones ATEX suivantes :

- Digesteur :
  - Ciel gazeux (zone 0 voire zone 2 sous réserve de la mise en œuvre de mesures garantissant l'absence d'apport d'oxygène dans l'installation),
  - Enveloppe de 3 m de rayon autour des ouvertures : soupapes, hublot, … (zone 2),
- Gazomètre :
  - Intérieur (zone 0),
  - Espace inter-membranaire (zone 2),
  - Enveloppe de 3 m de rayon autour du gazomètre (zone 2),
- Bâche de stockage des boues digérées : ciel gazeux (zone 0),
- Torchère : 50 cm autour des canalisations, organes de raccordement et vannes du réseau (zone 2),
- Unité de traitement du biogaz et poste d'injection du biométhane : 50 cm autour des canalisations, organes de raccordement et vannes (zone 2 sous réserve d'une ventilation mécanique correctement dimensionnée, ou bien d'être situés en extérieur).

Les zones ATEX sont identifiées par des pictogrammes.

B.1.1.5. Gestion des interventions et entreprises extérieures

Les interventions extérieures constituent un risque potentiel en tant qu'événement initiateur d'incident / accident. Pour limiter ce risque, les intervenants extérieurs sont sensibilisés aux dangers et risques présents sur la station.

Par ailleurs, dans le cadre de la procédure de gestion des entreprises extérieures, un plan de prévention est établi dans le cas de travaux ou lors d'opérations de chargement et déchargement, afin de permettre une bonne coordination entre l'exploitant et les entreprises extérieures.

Lorsque des opérations sont planifiées, une phase préparatoire est partagée par l'ensemble des intervenants (internes ou externes) afin :

- d'identifier et d'évaluer les dangers et les risques liés à l'opération concernée,
- de définir les moyens humains et matériels nécessaires et suffisants,
- de définir les modes opératoires et les mesures de prévention associées,
- de responsabiliser les différents intervenants.

En outre, lors de toute opération prévue dans les zones dangereuses ou à risques particuliers, un permis de travail est systématiquement rempli par l'opérateur et validé par le manager et le référent QHSE. Il est obligatoire par exemple pour toutes opérations en zone ATEX, espaces confinés, travaux par point chaud, etc.

B.1.2. Moyens humains

L'exploitation de la station d'épuration des Trabets est assurée par SUEZ Eau France dans le cadre d'un contrat de délégation de service public.

L'exploitant mobilise une équipe de 5 personnes sur site, organisée autour d'horaires de travail diurnes avec des astreintes les nuits et week-ends.

B.1.3. Moyens techniques

Les principaux moyens techniques de prévention et de protection existants sur la station d'épuration sont les suivants.

B.1.3.1. Gestion des alarmes

La supervision est un outil performant pour la gestion de l'astreinte et des interventions de dépannage en cas de problème (pannes d'équipements, défauts électriques, etc.) :

- Les alarmes techniques sont dirigées automatiquement vers le centre de télésurveillance ;
- Les niveaux d'urgence des alarmes peuvent être couplés : un défaut d'un équipement devient de 1ère urgence si l'équipement de secours est lui aussi en défaut.

Le contrat de délégation de service public liant Suez à la Communauté de communes prévoit :

- une intervention dans un délai maximum de 4 heures ;
- en cas d'astreinte, une intervention dans un délai maximum d'une heure en cas d'urgence ou de 8 heures ouvrées en l'absence d'urgence ?

B.1.3.2. Moyens d'alerte

Il sera prévu des capteurs de méthane dans tous les secteurs dans lesquels des fuites peuvent survenir et conduire à la formation d'une ATEX.

La détection de CH_4 conduit, le cas échéant, à :

- Une signalisation locale sonore et visuelle
- L'action de mise en sécurité de type ventilation ATEX
- Une alarme en supervision avec appel de l'astreinte.

Le processus de méthanisation est également surveillé par un ensemble d'instrumentation (niveau, débit, pression, teneur CH_4, etc.).

B.1.3.3. Personne référente

Le responsable d'exploitation du site de la station d'épuration est la personne référente pour l'alerte et l'accueil des services d'incendie et de secours. Cette personne est responsable des équipes en charge de l'exploitation et de la maintenance des installations de méthanisation et de traitement du biogaz.

B.1.3.4. Registre d'exploitation

Un registre d'exploitation tenu à jour est à la disposition des services de l'Etat. Il contient :

- le nom du responsable des installations,
- les consignes de sécurité,
- les essais de fonctionnement,

- les vérifications,
- les incidents.

Les différents contrats d'entretien et de vérifications sont annexés au registre d'exploitation.

B.1.3.5. Prévention des risques liés à la circulation interne

En raison de la circulation de camions sur le site, il existe un risque d'accident (collision) entre deux véhicules ou entre un véhicule et un autre équipement (réservoir, etc.).

Les mesures visant à limiter ces risques concernent :
- la formation du personnel ;
- le respect des règles de conduite (vitesse, plan de circulation, etc.) ;
- le respect des règles de déchargement (emplacements dédiés).

B.1.3.6. Prévention des risques de pollution accidentelle des eaux et des sols

Tous les produits liquides présents sur le site, susceptibles d'engendrer une pollution des eaux et des sols sont stockés sur rétention.

Lors des opérations de dépotage :
- Les raccords de dépotage sont placés sur rétention ;
- Un tapis isolant est mis en place sur les grilles avaloirs du réseau de collecte des eaux pluviales ;
- Des produits absorbants sont tenus à disposition.

B.1.3.7. Prévention de la malveillance

La malveillance est prévenue par la fermeture des locaux et du site en dehors des heures de travail.

B.1.4. Moyens de lutte internes et externes

B.1.4.1. Moyens d'alerte en cas d'accident

Le personnel présent sur le site dispose de moyens de communication (téléphones portables) lui permettant de communiquer avec le personnel d'encadrement sur le site de la station d'épuration et, si nécessaire, d'alerter les secours en cas d'incident.

C'est le responsable du site qui prend la décision de prévenir les interlocuteurs suivants :
- Les sapeurs-pompiers ;
- La gendarmerie ou la police ;
- La régie d'assainissement de la vallée de Chamonix-Mont-Blanc ;
- La Direction Départementale des Territoires de Haute-Savoie.

La liste des numéros de téléphone utiles est affichée en permanence dans les bureaux de la station d'épuration, et contient notamment les coordonnées ressources suivantes :
- interlocuteurs internes ;
- interlocuteurs RAVCMB ;
- interlocuteurs locaux et administrations ;
- contrats d'astreinte ;
- entreprises de location / interventions d'urgence.

B.1.4.2. Moyens de lutte contre l'incendie

Le site est équipé d'un poteau incendie. Le débit d'alimentation de ce poteau est de 60 m^3/h.

Par ailleurs, un ensemble d'extincteurs conformes aux normes en vigueur et capables de fonctionner efficacement en toutes conditions seront installés dans le cadre des travaux sur site.

B.1.4.3. Intervention des sapeurs-pompiers

a - Accès et voie de desserte

L'accès principal au site se fait depuis la Route des Trabets, en empruntant un chemin aménagé en contre-bas de la RN205, dont la largeur supérieure à 5 mètres garantit la circulation et l'accès des engins de secours.

Les emplacements de stationnement prévus pour les véhicules liés à l'exploitation des installations sont aménagés de façon à ne pas entraver la manœuvre ou l'intervention des services de secours sur le site de la station d'épuration.

Les conditions de desserte des futures installations de méthanisation seront définies en conformité avec les dispositions des II et III de l'article 18 de l'arrêté du 12 août 2010.

b - Conditions d'intervention des sapeurs-pompiers

Dans le cadre du projet de création d'une unité de méthanisation, un dossier à destination des secours sera réalisé avant la réception des travaux. Il comprendra :

- Le plan de localisation des risques et de tous les éléments utiles à leur gestion ;
- Les plans des locaux et de positionnement des équipements d'alerte et de secours ainsi que le schéma des réseaux entre équipements avec les vannes manuelles et boutons poussoirs à utiliser en cas de dysfonctionnement ;
- Les plans des locaux mentionnant pour chaque local les dangers présents.

Une étude ATEX a été menée dans le cadre des études de conception ; les zones ATEX seront signalées sur site.

Partie C - Identification des Potentiels de dangers liés aux installations et aux produits

C.1. DANGERS LIES AUX PRODUITS STOCKES ET MANIPULES

C.1.1. Produits

Le tableau proposé à la suite recense les caractéristiques des produits stockés et manipulés sur les futures installations de méthanisation, et les risques associés.

Les mentions de dangers utilisées sont celles associées au règlement CLP CE n° 1272/2008 du 16 décembre 2008 (« Classification, Labelling and Packaging » pour « classification, étiquetage et emballage »).

Nom	Conditionnement	Caractéristiques physico-chimiques	Symboles / mentions de dangers	Risques
Biogaz	Gazomètre	Composition moyenne : ▪ CH_4 : 60 à 65 % ▪ CO_2 : 30 à 35 % ▪ N_2 : 0.4 % ▪ Eau (H_2O) < 3 % ▪ O_2 : 0,1 % ▪ H_2 : 0,1 % ▪ H_2S < 0,1 % LIE : 5 % en volume LSE : 12,5 % en volume T° d'inflammation : 700°C Masse volumique : 1,2 kg/m³ Densité par rapport à l'air : 0,9	Extrêmement inflammable (méthane) H220 	▪ Incendie ▪ Explosion ▪ Toxicité aiguë par inhalation (liée à présence d'H_2S)
Hydrogène sulfuré	-	LIE : 4,3 % en volume LSE : 46 % en volume T° d'inflammation : 260°C Densité par rapport à l'air : 0,1 VME : 7 mg/m³ VLE : 14 mg/m³	Extrêmement inflammable / mortel par inhalation / très toxique pour les organismes aquatiques H220 / H330 / H400 	▪ Incendie ▪ Explosion ▪ Toxicité aiguë par inhalation

C.1.2. Boues d'épuration

Les boues produites sur une station d'épuration ont une composition variable :

- au cours du temps : elles sont en effet issues des eaux brutes, qui elles-mêmes n'ont pas une composition constante ;
- selon l'étape du procédé de traitement des boues : leur siccité (ou % de matière solide) varie de quelques % à près de 30 %.

On peut distinguer de façon générale deux grandes familles de boues avec des dangers spécifiques :

- Boues contenant plus de 10% d'eau : le risque principal est la fermentation due à la présence de bactéries ; les risques d'auto-échauffement et d'explosion n'existent pas. La fermentation aérobie produit du dioxyde de carbone ou CO_2 (gaz inerte), tandis que la fermentation anaérobie produit un mélange de méthane (CH_4) et de CO_2 appelé « biogaz », qui est inflammable en raison de la présence de CH_4, malgré le rôle modérateur du CO_2.
  Il existe également un potentiel de danger toxique lié à la présence d'hydrogène sulfuré. Le risque associé ne se manifeste néanmoins qu'à proximité immédiate, voire à l'intérieur des ouvrages.
- Boues contenant moins de 10% d'eau : elles peuvent s'auto-échauffer et dégager des produits de combustion incomplète (CO, hydrocarbures, H_2 …) qui sont inflammables. Elles sont également combustibles en raison de leur pouvoir calorifique inférieur (PCI) relativement élevé. Enfin, les poussières de boues sèches peuvent exploser dans des conditions particulières de granulométrie, de concentration et d'énergie d'inflammation.

Dans la file boues de la station d'épuration des Trabets, toutes les boues entrent dans la première catégorie : seul le risque de fermentation anaérobie avec production de biogaz inflammable, notamment dans les équipements et zones confinés, est à retenir.

C.2. DANGERS LIES AUX EQUIPEMENTS ET PROCEDES

Les événements accidentels pouvant se déclencher sur le site en cas de fonctionnement anormal des installations peuvent être rangés selon trois grandes catégories :

- pollution accidentelle, avec écoulement liquide et émission atmosphérique accidentelle (toxicité potentielle, mélange incompatible),
- incendie,
- explosion.

C.2.1. Pollution accidentelle

Deux types de pollution peuvent apparaître :

- une pollution liquide : dispersion des produits chimiques liquides stockés. Ce risque concerne les sols et la nappe phréatique. Sur la station d'épuration des Trabets, il est prévenu par la mise en œuvre systématique de contenants associés à des rétentions intégrales, ainsi que par l'aménagement d'une zone de dépotage de réactifs.
  La projet de création d'une unité de méthanisation prévoit également la mise en place de rétentions en relation avec le digesteur et les bâches amont et aval (conformité à l'article 30 de l'arrêté ministériel du 12 août 2010).
- une pollution atmosphérique due à la dispersion d'un gaz généré par la décomposition d'un produit chimique, une réaction chimique accidentelle (mélange de produits incompatibles), ou une émission accidentelle. Des gaz toxiques peuvent aussi être générés par les procédés de traitement des eaux et des boues, en cas notamment de processus de fermentation (méthane, H_2S, …).

Ces deux types de pollutions peuvent également être générés suite à un sinistre incendie (eaux d'extinction d'incendie et fumées).

C.2.2. Incendie

Ce phénomène peut être notamment initié par :

- la production d'étincelles au sein d'équipements électromécaniques,
- une surchauffe d'un équipement,
- l'apport d'un point chaud : cigarettes, malveillance, …

Dans l'évaluation du risque incendie, il faut tenir compte principalement :

- de la nature du ou des produits à caractère inflammable,
- du stock de produits inflammables,
- des risques d'occurrence des sources d'inflammation.

Dans le cas présent, les principaux postes pouvant présenter des potentiels de dangers type incendie sont constitués par les canalisations assurant le transport du biogaz : jet enflammé (ou feu torche) lorsqu'elles sont aériennes.

C.2.3. Explosion

Tous les gaz combustibles sont explosifs dès lors que leur mélange dans l'air atteint une certaine concentration, comprise entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE). En dessous de la LIE et au-dessus de la LSE, il n'y a pas de risque d'explosion.

Dans le cas de la station d'épuration des Trabets, le potentiel de dangers sera présent au sein de tous les locaux/équipements mettant en œuvre du biogaz, et une explosion de ce type pourra avoir pour origine :

- une ignition accidentelle : explosion du ciel gazeux du digesteur ou d'une ATEX suite à une fuite dans le gazomètre ou dans les locaux d'épuration et d'injection du biométhane ;
- une fuite de gaz en milieu non confiné : canalisations de biogaz sur le site (parties aériennes), perte d'intégrité du gazomètre.

Pour leur part, les produits chimiques stockés ne présentent pas de risques d'explosion.

Notons dans le cas présent qu'un zonage ATEX a été réalisé. Il sera complété et mis à jour par l'entreprise titulaire du marché de conception-réalisation.

C.3. DANGERS LIES AU TRANSPORT DE BIOGAZ

Concernant le transport de biogaz sur le site, une fuite ou une rupture est un phénomène à redouter sur les parties aériennes notamment (fuite sur bride, corrosion, … jusqu'à une rupture de type guillotine).

Un tel événement peut déboucher :

- sur la formation d'un nuage potentiellement explosif, menant à une explosion non confinée immédiate ou retardée s'il existe une source d'ignition,
- sur un feu torche (jet enflammé) si une source d'ignition est présente à proximité immédiate (ignition instantanée).

Sur site, l'ensemble du réseau biogaz est enterré à l'exception des conduites au droit des ouvrages et locaux (descentes de digesteurs, pots de purge sous le niveau du sol).

En outre, rappelons que les pressions mises en œuvre pour le biogaz sont particulièrement peu élevées, de l'ordre de 20 mbar.

C.4. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PHASES DE MAINTENANCE ET DE TRAVAUX

C.4.1. Maintenance

La maintenance sera réalisée pour l'entretien préventif, la remise en état des installations en cas de panne et la vérification des matériels sensibles et leur remplacement si nécessaire. À ce titre, les vérifications menées seront effectuées par du personnel qualifié et porteront entre autres sur les points suivants :

- Contrôle visuel de l'intégrité des équipements,
- Contrôle des différents raccords, pompes, vannes et des tuyauteries,
- Contrôle du matériel électrique,
- Contrôle des engins de manutention,
- Test des sécurités instrumentales des différents équipements (vannes de sécurité, sondes de température et de pression, soupapes, évents),
- Test des asservissements liés aux détections,

Toutes les anomalies constatées feront systématiquement l'objet de mesures correctives qui seront suivies et adaptées si nécessaire.

Lors de ces opérations de maintenance, des procédures d'intervention seront suivies afin de limiter les risques (erreur de manipulation, mauvais emplacement d'équipement, non-respect du permis feu…). Pour certaines opérations, une partie des installations pourra être éventuellement arrêtée puis redémarrée.

Les phases de maintenance ayant entraîné un arrêt des installations seront suivies de consignes spécifiques d'exploitation établies pour les phases de démarrage ou de redémarrage.

Des opérations menées par du personnel extérieur à l'établissement pourront également avoir lieu. L'intervention par des sous-traitants peut présenter, de fait, des dangers pour les installations. La prévention reposera sur l'établissement de permis d'intervention et autres permis spécifiques, et sur des contrôles effectués avant, pendant et après les interventions.

C.4.2. Travaux

La réalisation de travaux constitue une phase inhabituelle qui peut libérer des potentiels de dangers par inadvertance, par mauvais gestion de la coactivité ou par accident.

Les petits travaux de modifications suivront globalement les règles appliquées aux importantes opérations de maintenance.

Partie D - Potentiels de dangers liés à l'environnement des installations

D.1. DANGERS LIES AUX ELEMENTS NATURELS

D.1.1. Conditions météorologiques extrêmes

Des conditions météorologiques extrêmes peuvent présenter un risque :

- En cas de froid extrême, les canalisations peuvent se boucher (gel des boues). Compte tenu de la localisation géographique du site (hivers rigoureux) Ce risque ne peut être écarté mais il est pondéré par la température du biogaz et des boues (35 à 37°C) ;
- En cas de chaleur extrême, une fermentation des boues plus importantes peut se produire. Néanmoins, compte tenu de la localisation du site, de la teneur en humidité importante des boues et de l'inertie thermique des ouvrages contenant des boues (réalisés en béton), le risque paraît limité.

Les conditions météorologiques extrêmes ne sont pas retenues comme événement initiateur.

D.1.2. Foudre

D'après les statistiques de foudroiement en France, la densité de foudroiement pour le département de la Haute-Savoie est de 3,3 impacts/km^2/an.

A ce jour, la station d'épuration des Trabets ne dispose pas d'équipements de protection contre le foudre (hormis au niveau des armoires électriques).

D.1.3. Risques naturels

Le territoire de la commune des Houches est couvert par un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) approuvé le 26/03/2010. Ce document prend en compte les risques naturels induits par les avalanches, les mouvements de terrain et les crues torrentielles. Il a fait l'objet d'une modification approuvée le 2 janvier 2018.

La carte des aléas naturels (hors avalanches) situe les terrains destinés à accueillir les installations de méthanisation de la station d'épuration des Trabets en zone d'aléa moyen (degré 2) pour les crues torrentielles.

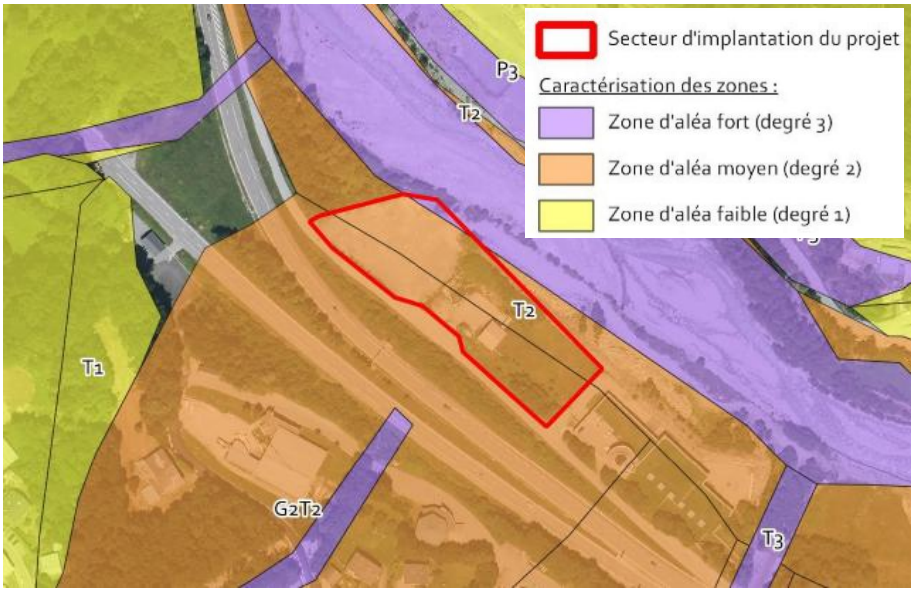


Figure 2 : Extrait de la carte de localisation des aléas naturels (Document AGRESTIS)

L'aléa torrentiel considère plusieurs phénomènes : l'action des cours d'eau dans leur lit (incision, affouillement, ravinement), les débordements torrentiels et inondations, les laves torrentielles ainsi que les submersions dues aux ruissellements et aux remontées de nappe.

L'aléa moyen correspond :

- aux secteurs où le transport solide, la hauteur d'eau et le courant sont tous trois modérés mais d'intensité suffisamment importante pour causer des dégâts conséquents et déplacer des voitures ;
- aux zones concernées par les crues annuelles dans les cas d'intensité très faible ;
- aux secteurs où les ravinements et les dépôts de matériaux sont modérés.

Sur la carte réglementaire, les terrains destinés à accueillir les installations de méthanisation sont en zones bleue et rouge :

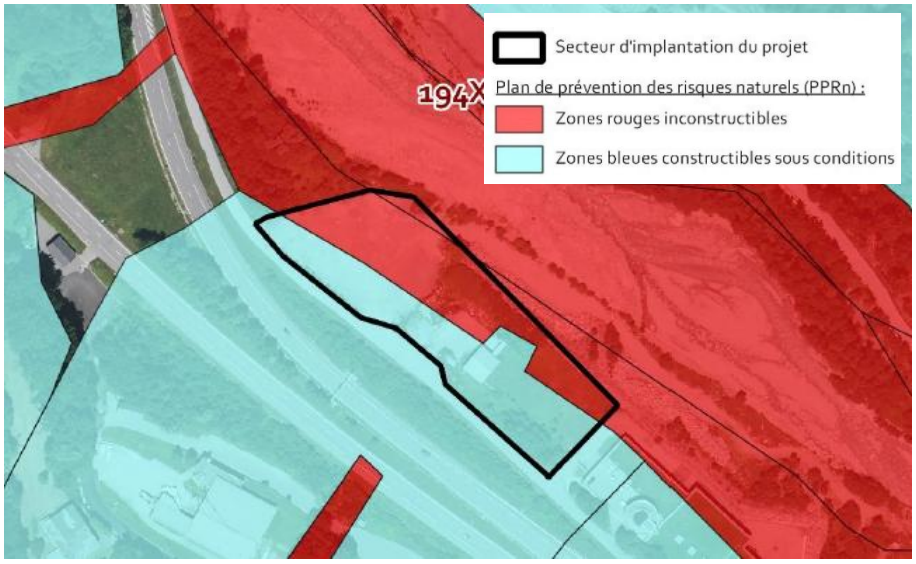


Figure 3 : Extrait de la carte réglementaire du PPRn des Houches (Document AGRESTIS)

Des ouvrages de protection de la station d'épuration ont été mis en place sur la rive droite de l'Arve. Ces ouvrages assurent également la protection d'une partie du site dédié à l'accueil des futures installations de méthanisation.

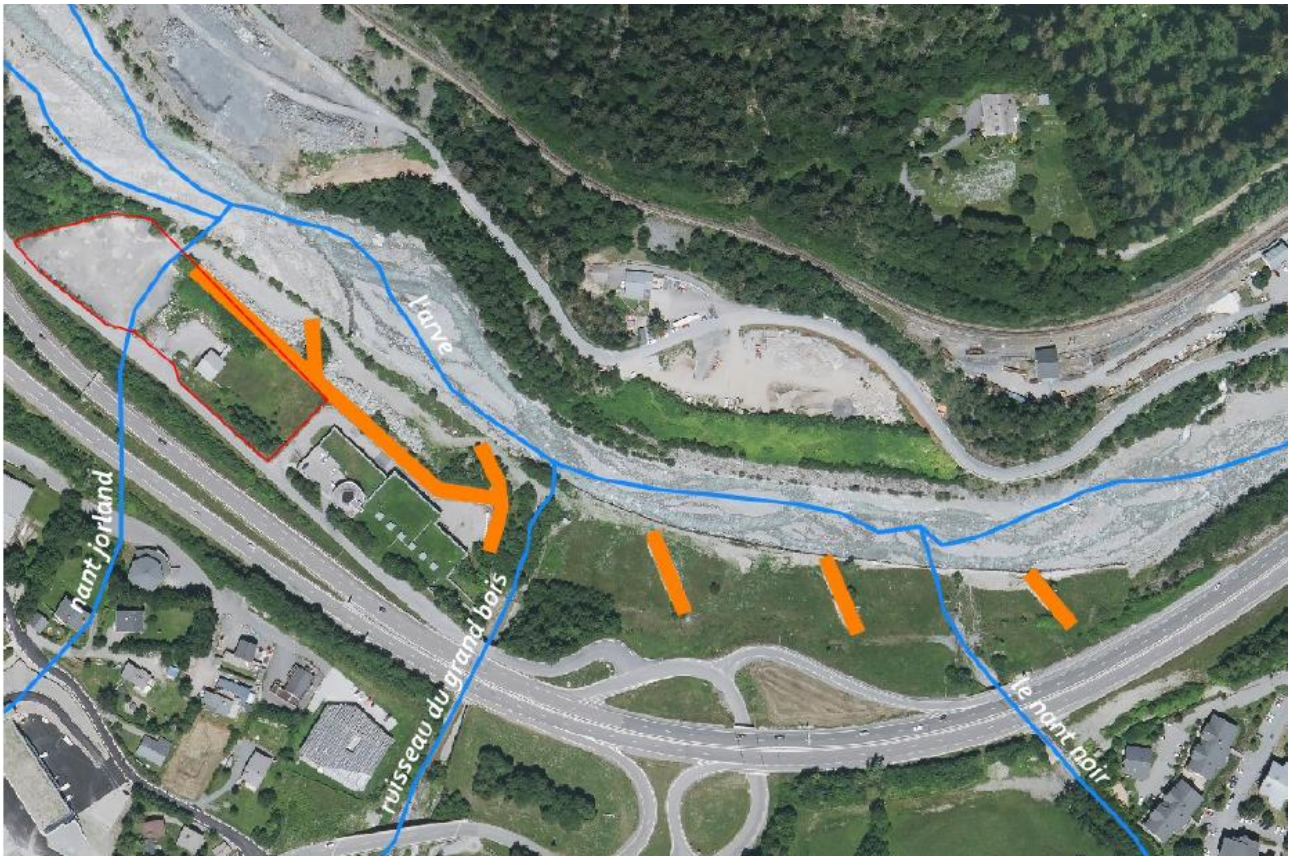


Figure 4 : Localisation des ouvrages de protection (orange) de la zone d'implantation de la station d'épuration (Document AGRESTIS)

D.2. DANGERS LIES AUX ACTIVITES EXTERIEURES A L'ETABLISSEMENT

D.2.1. Installations voisines

La station d'épuration des Trabets est implantée relativement à l'écart des zones urbanisées et/ou d'activités économiques. De telles zones sont toutefois présentes au sud ; elles sont séparées de la station d'épuration par le tracé de la RN205.

D.2.2. Infrastructures de transport

Infrastructures routières

Les infrastructures routières présentes dans l'environnement de la station d'épuration des Trabets se composent principalement de la RN205 dont le tracé passe en contre-haut de la voie d'accès.

Le trafic moyen journalier annuel supporté par cette route est de l'ordre de 20 000 véhicules par jour, dont environ 6,3% de poids lourds.

Cette infrastructure fait également partie des axes les plus empruntés pour le transport de matières dangereuses (TMD) sur le département de la Haute-Savoie.

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les agressions engendrées par les flux de transports de matières dangereuses à proximité du site ne sont pas retenues comme événement initiateur (cf. Partie 4 de la circulaire).

Infrastructures ferroviaires

Sans objet dans le cas présent, le site étant séparé de l'infrastructure ferroviaire la plus proche par l'Arve.

Infrastructures aériennes

Aucun site aéroportuaire n'est présent à moins de 2 km de la station d'épuration.

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, le risque de chute d'avion ne sera pas retenu comme événement initiateur.

D.2.3. Rupture de barrages

La commune des Houches est concernée par le risque de rupture de barrage.

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, ce risque ne sera pas retenu comme événement initiateur.

D.2.4. Malveillance

Le risque de malveillance se manifeste par le vol, la détérioration et l'incendie volontaire. Il est à noter que l'acte de malveillance peut être le fait d'une personne venant de l'extérieur ou d'un employé.

Le site de la station d'épuration est entièrement clôturé (hauteur : 2 m) et son accès est maintenu fermé par un portail en dehors des heures de présence du personnel.

Malgré toutes ces précautions, le risque de malveillance ne peut pas être écarté.

Cependant, en référence à l'annexe 2 de l'arrêté ministériel du 26 mai 2014, relatif à la prévention des accidents majeurs dans les installations classées mentionnées à la section 9, chapitre V, titre Ier du livre V du code de l'environnement, **les actes de malveillance ne seront pas pris en compte dans la présente étude de dangers.**

Partie E - Réduction des potentiels de dangers liées aux installations et produits

La réduction des potentiels de dangers est une étape de l'étude de dangers qui porte sur la recherche des possibilités technico-économiques suivantes :

- substituer les produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux (principe de substitution) ;
- intensifier l'exploitation en minimisant les quantités de substances dangereuses mises en œuvre (principe d'intensification) ;
- définir des conditions opératoires ou de stockage (température et pression par exemple) moins dangereuses (principe d'atténuation) ;
- concevoir l'installation de telle façon à réduire les impacts d'une éventuelle perte de confinement ou d'un événement accidentel (principe de limitation des effets).

E.1. PRINCIPE DE SUBSTITUTION

La présence de biogaz, qui est de loin le principal potentiel de dangers identifié au sein des installations étudiées, est consubstantielle à la méthanisation. Il n'y a donc pas de substitution possible.

E.2. PRINCIPE D'INTENSIFICATION

Les volumes des installations contenant du biogaz seront réduits au maximum afin de réduire le potentiel de dangers. Ainsi :

- Le volume du gazomètre sera optimisé ;
- Les containeurs de purification et le poste d'injection comprendront les seuls équipements utiles au process. Leurs volumes sont donc réduits au maximum.

E.3. PRINCIPES D'ATTENUATION ET DE LIMITATION DES EFFETS

La conception des équipements et les conditions opératoires seront définies de façon à minimiser les dangers et/ou limiter les effets des phénomènes dangereux qui pourraient se produire :

- Présence de soupapes de pression / dépression et de dispositifs de limitation des conséquences d'une surpression brutale (de type évents d'explosion) sur le digesteur,
- Faible tenue à la pression du gazomètre permettant de limiter la montée en pression et donc l'énergie accumulée au moment de la rupture et les conséquences d'une explosion,
- Ventilation des zones confinées où du biogaz pourrait s'accumuler,
- Utilisation de matériels ATEX dans les zones où un risque de formation d'une atmosphère explosible existe,
- Présence d'un poteau incendie sur le site,
- Formation du personnel et mise en œuvre et respect de procédures et consignes sécurité, notamment pour les opérations de maintenance et travaux (permis de travail, permis de feu, plan de prévention).

Partie F - Analyse du retour d'expérience

F.1. ACCIDENTOLOGIE INTERNE

Les installations projetées ne sont pas en service à la date de rédaction de la présente étude. Aucun retour sur l'accidentologie interne n'existe.

F.2. ACCIDENTOLOGIE SUR DES INSTALLATIONS SIMILAIRES

F.2.1. Base de données ARIA

Une démarche possible, habituelle dans la recherche de données sur les accidents, concerne la consultation de la base de données du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables). Le BARPI a pour mission d'établir la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) exploitée par le Ministère en charge de l'Environnement. Cette base recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé publique ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement. Ce recensement dépend largement des sources d'informations publiques et privées, et n'est pas exhaustif. Il ne constitue en aucun cas une base statistique définitive, mais offre néanmoins un éclairage certain sur le niveau de risques de l'activité.

La recherche d'accidents effectuée dans la base ARIA (sur la période 1990 – 2023) a porté sur les installations identifiées comme présentant un potentiel de danger à retenir et a été réalisée sur la base des mots clés suivants, en association avec les activités Collecte et traitement des eaux usées ou Traitement des déchets :

- Stockage de boues,
- Digestion - Méthanisation,
- Stockage de biogaz,
- Transport de biogaz,
- Torchère biogaz.

Seuls les accidents les plus représentatifs sont analysés.

F.2.1.1. Stockage de boues

Les principaux accidents survenus sur des ouvrages de stockage de boues sont liés à des pertes de confinement.

F.2.1.2. La production et la mise en œuvre de biogaz

L'examen de ces accidents démontre que les phénomènes rencontrés sur ce genre de structures sont quasi-systématiquement des fuites de biogaz, sur le réservoir de stockage ou le réseau de distribution.

De la synthèse des accidents survenus sur dans les installations de méthanisation, il est possible de mettre en lumière les principales dérives suivantes :

- Emission accidentelle d'H_2S notamment dans les fosses de mélanges des déchets,
- Débordement du méthaniseur,
- Gel des soupapes du méthaniseur,
- Surpression interne à l'intérieur du méthaniseur, due à l'accumulation de matières plastiques,
- Arrachement de membranes (gazomètres) sous l'effets de vents violents (> 150 km/h).

F.2.1.3. Le stockage en gazomètre

Les principaux accidents liés au stockage de biogaz sont des fuites de gaz pouvant notamment entraîner des explosions.

L'accidentologie montre que les événements initiateurs principaux sont des défaillances d'équipements mécaniques (garde hydraulique des gazomètres) et de sécurité, ou à des erreurs humaines.

F.2.1.4. Le transport de biogaz

Les principaux accidents liés au transport de biogaz sont des fuites de gaz générant un risque d'explosion.

F.2.1.5. Le torchage de biogaz

Les accidents recensés au niveau d'une torchère sont un torchage excessif ou un défaut au niveau de la torche.

F.2.2. Flash ARIA de janvier 2023 concernant les installations de méthanisation et les rejets de biogaz

Dans cette publication, le BARPI précise que quel que soit le type d'installations de méthanisation rencontré (à la ferme, collective et /ou centralisée, dans une station d'épuration, dans une industrie agroalimentaire, sur une unité traitant des biodéchets ou dans une installation de tri-mécano-biologique traitant des déchets ménagers), des émissions gazeuses (canalisées, diffuses et fugitives) peuvent se produire à différentes étapes du processus de digestion. Ainsi, plusieurs études montrent des pertes pouvant aller entre moins de 1 % et 25 % du biogaz produit. Celles-ci peuvent être localisées en différents points de l'installation lors de situations diverses : émissions au niveau de la soupape, fuite sur une bride de canalisation, dysfonctionnement de la torchère, arrachement d'une conduite de biogaz, envol ou déchirure de la membrane du digesteur ou du post-digesteur…

Le retour d'expérience issu de l'analyse des rejets biogaz survenus dans les installations de méthanisation, montre qu'une bonne connaissance du procédé, des risques associés, des équipements installés, des paramètres de suivi et du fonctionnement des installations permet de limiter la survenance d'événements.

Il permet, par ailleurs, de retenir les enseignements suivants :

- Veiller à la qualité de la conception de l'installation et de son dimensionnement :
  - au niveau des équipements : bâche de couverture du digesteur et système d'accroche, agitateur (efficacité de brassage, alimentation secourue…), soupape de sécurité (dimensionnement du tarage, protection contre les éléments indésirables, contre les conditions climatiques extrêmes, garde hydraulique le cas échéant…), agitateur (efficacité du brassage…), torchère (dispositif d'allumage, pourcentage de méthane à partir duquel elle fonctionne…), vannes (protection contre le gel, redondance pour les principales fonctionnalités…), canalisations (résistantes aux fluides, à la corrosion et à la pression ;
  - au niveau de l'instrumentation : mise en place d'un niveau haut dans le digesteur pouvant être asservi à une coupure de l'introduction des intrants, surveillance des entrées et sorties biogaz, mise en place d'un analyseur de gaz et d'une mesure en continu, installation d'alarmes… ;
- Accorder une vigilance spécifique à la mise en service initiale de l'installation ou à son redémarrage après arrêt ;

- Porter une attention particulière aux conditions d'exploitation : veiller à la qualité et à la quantité des intrants (pour éviter des phénomènes de moussage, la présence d'éléments indésirables ou d'une quantité supérieure au volume utile dans le digesteur), suivre les volumes ou débits de biogaz produits, valorisés ou torchés afin de détecter au plus tôt des pertes ou des fuites mais aussi la surproduction de biogaz (pouvant être due à l'ajout de déchets à haut pouvoir méthanogène rapidement et en très grande quantité ou à une consommation plus faible de biogaz en aval), vérifier la qualité du biogaz, surveiller la pression dans le digesteur (pour limiter les phénomènes de pression ou de dépression qui peuvent conduire à l'ouverture des soupapes de sécurité) ;
- Assurer un suivi rigoureux des installations en mettant en place un plan de maintenance préventive (prévoyant notamment le renouvellement des joints d'étanchéités, le resserrage des brides au niveau des jonctions entre canalisations…), des rondes régulières ou un système de surveillance à distance (notamment sur les sites où la présence humaine n'est pas permanente), un plan de maintenance curative avec des procédures détaillées et connues des opérateurs pour les principales opérations et les opérations sensibles (ouverture digesteur, démarrage ou arrêt de l'installation), en réalisant les contrôles périodiques nécessaires (réglementaires ou recommandés par le constructeur) aux fréquences adaptées et notamment ceux sur les appareils à pression, en encadrant les opérations de sous-traitance ;
- Anticiper les pannes sur les équipements essentiels en disposant d'un stock de pièces de rechange ou en ayant un contrat avec un sous-traitant pour un approvisionnement rapide ainsi que les coupures électriques notamment pour le process ou les dysfonctionnements électriques et les coupures du réseau internet pour la transmission des alarmes ;
- Prendre en compte les phénomènes météorologiques et leur intensification due au changement climatique et particulièrement le gel, sur les soupapes et les vannes, le vent sur les bâches des digesteurs ou des post-digesteurs, et la chaleur sur les circuits électriques ;
- S'assurer de la formation des opérateurs (initiale et continue).

F.3. CONCLUSION SUR LE RETOUR D'EXPERIENCE

L'analyse de l'accidentologie met en évidence certains équipements potentiellement générateurs de phénomènes dangereux, et éclaire également sur les causes de ces phénomènes. Parmi les ouvrages ou équipements prévus dans le cadre du projet de création d'une unité de méthanisation sur la station d'épuration des Trabets, il s'avère sans surprise que le biogaz généré au sein du digesteur, puis stocké dans le gazomètre, fait de ces ouvrages une source de risque significative.

Il en est de même pour les équipements mettant en œuvre ce gaz inflammable (torchère) et les locaux en accueillant (traitement membranaire, etc.).

Sur le digesteur et le gazomètre, les phénomènes dangereux identifiés sont la fuite de biogaz et l'explosion. On constate que si l'occurrence des phénomènes explosifs est relativement faible, ces phénomènes sont porteurs d'un potentiel de gravité significatif puisqu'on recense plusieurs morts et blessés parmi le personnel exploitant. En comparaison, les fuites de biogaz sont nettement plus fréquentes mais de conséquences moindres puisque sans impact directement mesurable sur l'environnement.

L'analyse permet également d'identifier des causes récurrentes de ces accidents, tant d'un point de vue technique (défaillances, vétusté, etc.) qu'humain (erreurs humaines). Les phénomènes extérieurs (gel notamment) et la fatigue du matériel apparaissent comme les causes les plus fréquentes pour les phénomènes de fuite.

Partie G - Analyse préliminaire des risques

L'analyse préliminaire des risques (APR) est proposée à la suite sous forme de tableaux reprenant, pour les différents équipements constitutifs des installations de méthanisation, les points suivants :

- Prise en compte d'un événement redouté c'est-à-dire une situation dangereuse susceptible de survenir et d'avoir des effets sur l'environnement. D'une manière générale, les événements redoutés concernent la libération de potentiel de dangers telle que la fuite de biogaz ou la formation d'une ATEX ;
- Pour cette situation, examen de la ou des cause(s) (événement initiateur), et des conséquences possibles avec le(s) phénomène(s) dangereux associé(s) ;
- Mention des barrières (techniques et/ou organisationnelles) de prévention et/ou de protection mises en place ou prévues et agissant sur le scénario d'accident majeur potentiel identifié ;
- Si l'analyse montre l'apparition de nouveaux phénomènes dangereux induits par le fonctionnement de certaines barrières de sécurité, une nouvelle ligne est créée dans le tableau en prenant en compte l'éventuelle défaillance de cette barrière.

Le découpage fonctionnel proposé est :

- Bâche de stockage/homogénéisation des matières en amont du digesteur ;
- Digestion des matières – Digesteur ;
- Stockage du digestat – Bâche boues digérées ;
- Stockage du biogaz – Gazomètre ;
- Réseau de biogaz ;
- Unité d'épuration biogaz ;
- Injection du biométhane dans le réseau GRDF ;
- Torchère ;
- Utilités.

G.1. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AU STOCKAGE DES BOUES ET DES GRAISSES EN AMONT DE LA DIGESTION

Les boues mixtes épaissies seront envoyées vers une bâche d'un volume de 200 m^3 où elles seront mélangées aux graisses produites sur site. Cette bâche permettra la mise en œuvre d'une alimentation régulière du digesteur.

Les matières stockées dans cette bâche (boues et graisses) ne présentent pas de risque d'incendie, d'explosion ou de dégagement toxique en raison de leur nature. Leur forte teneur en eau limite en effet la production de biogaz, laquelle demeure négligeable dans les conditions normales de stockage, excluant ainsi tout risque de formation d'une ATEX.

Par ailleurs, la bâche sera couverte et ventilée, et l'air extrait sera envoyé vers l'unité de désodorisation.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Perte d'intégrité	▪ Débordement, sur-remplissage ▪ Rupture de l'équipement (fragilité, fissure, vieillissement, etc.)	▪ Epandage de boues / graisses	▪ Pollution des sols et des eaux	▪ Choix de matériaux adaptés à la corrosivité des boues ▪ Mesure de niveau dans la bâche ▪ Trop-plein raccordé à la file de traitement de l'eau de la station d'épuration ▪ Ouvrage sur rétention ▪ Inspection approfondie lors de la vidange décennale	*Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*

Tableau 1 : Analyse préliminaire des risques liés au stockage des boues et des graisses en amont de la digestion

G.2. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AU DIGESTEUR

Selon le projet établi par l'AMO, le digesteur sera un ouvrage de 1 400 m^3 utiles avec un ciel gazeux de 170 m^3.

Afin de protéger le digesteur de toute surpression ou de toute sous pression indésirable, liée à la production de biogaz, l'ouvrage sera équipé de deux soupapes pression dépression.

L'ouvrage sera également équipé d'un dispositif de limitation des conséquences d'une surpression brutale tel qu'une membrane souple, un évent d'explosion ou tout autre dispositif équivalent de protection contre l'explosion.

En aval du digesteur, un réseau de canalisations conduira le biogaz vers différents équipements :

- gazomètre,
- torchère pour l'élimination des excédents.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Surpression dans le digesteur entraînant l'émission de biogaz à l'atmosphère	▪ Montée rapide du niveau des boues (remplissage important et soutirage insuffisant) ▪ Température excessive ▪ Soupape pression bloquée fermée ▪ Vanne intempestivement fermée sur le réseau biogaz ▪ Remise en service après arrêt prolongé (pic de production de biogaz)	▪ Emission de biogaz à l'atmosphère	▪ Dispersion d'H_2S (effet toxique) Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Jet enflammé en cas d'allumage immédiat (effet thermique)	▪ Mesures de pression, de niveau et de température dans le digesteur ▪ Forte inertie thermique du système et contrôle de la température en plusieurs points ▪ By-pass de la digestion possible ▪ Contrôle périodique des soupapes ▪ Présence de pare-flamme au niveau des soupapes pression dépression. ▪ Consignation en position ouverte des vannes d'isolement des soupapes ▪ Brassage éliminant le risque de surpression liée à une remise en service du brassage après arrêt prolongé ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (permis de feu, interdiction de fumer sur le site, utilisation de matériel ATEX dans les zones à risques)	*Pas de conséquence sur les tiers car :* ▪ *Echappement des soupapes vers le haut, à hauteur très supérieure à la hauteur d'homme* ▪ *Si allumage : allumage en atmosphère libre d'un rejet non turbulent, sans effet de confinement* ▪ *Risque H_2S limité au site*
Surpression dans le digesteur entraînant son éclatement	▪ Montée rapide du niveau des boues (remplissage important et soutirage insuffisant) ▪ Température excessive ▪ Soupapes pression bloquées fermées ▪ Vanne intempestivement fermée sur le réseau biogaz ▪ Remise en service après arrêt prolongé (pic de production de biogaz) ▪ Retour de gaz depuis le gazomètre	▪ Eclatement du digesteur	▪ Onde de pression ▪ Pollution des sols et des eaux	▪ Mesures de pression, de niveau et de température dans le digesteur ▪ Forte inertie thermique du système et contrôle de la température en plusieurs points ▪ Dispositif de limitation des conséquences de surpressions brutales ▪ By-pass de la digestion possible ▪ Contrôle périodique des soupapes ▪ Présence de pare-flamme au niveau des soupapes pression dépression. ▪ Consignation en position ouverte des vannes d'isolement des soupapes ▪ Ouvrage sur rétention ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (permis de feu, interdiction de fumer sur le site, utilisation de matériel ATEX dans les zones à risques)	*Les effets de l'éclatement du digesteur sont identiques à ceux de l'explosion interne (PHD 1, cf. ci-dessous).* *Risque H2S limité au site.* *Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*
		▪ Emission de biogaz à l'atmosphère	▪ Dispersion d'H_2S (effet toxique) Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Explosion immédiate (effet de surpression)		

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Perte de confinement / ruine du digesteur	▪ Agression mécanique directe ▪ Débordement ▪ Rupture de l'équipement (fragilité, fissure, vieillissement, etc.)	▪ Emission de biogaz à l'atmosphère	▪ Dispersion d'H_2S (effet toxique)	▪ Choix de matériaux adaptés à la corrosivité des boues ▪ Inspections visuelles régulières ▪ Inspections approfondies lors de la vidange décennale ▪ Consignes d'exploitation et plan de prévention en cas de travaux ▪ Limitation des vitesses et plan de circulation sur le site ▪ Ouvrage sur rétention ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (permis de feu, interdiction de fumer sur le site, utilisation de matériel ATEX dans les zones à risques)	*Pas de conséquence sur les tiers car :* *Si allumage : allumage en atmosphère libre d'un rejet non turbulent, sans effet de confinement* *Les effets de surpression de l'UVCE sont couverts par ceux de l'explosion interne (PHD 1, cf. ci-dessous)* *Si non allumage, risque H_2S limité au site* *Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*
			Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Explosion immédiate (effet de surpression)		
		▪ Epandage des matières en cours de traitement	▪ Pollution des sols et des eaux		
Entrée d'air dans le digesteur en fonctionnement normal	▪ Défaillance des soupapes (blocage) ▪ Fuite de boues en partie basse du digesteur entraînant une dépression interne et l'entrée d'air par la soupape ▪ Soutirage en marche sans alimentation en matières fraîches (défaillance pompe d'alimentation) entraînant une dépression interne et entrée d'air par la soupape	▪ Formation d'un mélange biogaz-air explosif	Si source d'ignition : ▪ Explosion confinée (VCE) (effet de surpression) ▪ Pollution des sols et des eaux si perte d'intégrité	▪ Inspections visuelles régulières ▪ Inspections approfondies lors de la vidange décennale ▪ Pompe de secours sur l'alimentation du digesteur ▪ Contrôle périodique des soupapes ▪ Mesure de niveau dans le digesteur ▪ Dispositif de limitation des conséquences de surpressions brutales ▪ Ouvrage sur rétention ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (permis de feu, interdiction de fumer sur le site, utilisation de matériel ATEX dans les zones à risques)	**PHD 1 « Explosion dans le digesteur plein »** *Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Entrée accidentelle d'air dans le digesteur au démarrage ou lors d'une opération de vidange et inflammation	▪ Digesteur non totalement rempli (mise en service initiale ou vidange périodique) et non-respect des procédures de vidange/remplissage ou rupture de la tuyauterie de vidange au pied du digesteur (vidange accidentelle)	▪ Formation d'un mélange biogaz-air explosif	Si source d'ignition : ▪ Explosion confinée (VCE) (effet de surpression) Si perte d'intégrité ▪ Pollution des sols et des eaux	▪ Définition d'une procédure stricte pour les opération de remise en service et les opérations de vidange périodique (inertage à l'azote, alimentation progressive en matières fraîches) ▪ Dispositif de limitation des conséquences de surpressions brutales ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (permis de feu, interdiction de fumer sur le site, utilisation de matériel ATEX dans les zones à risques) ▪ Maintenance préventive	**PHD 2 « Explosion confinée dans le digesteur vide »** *Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*

Tableau 2 : Analyse préliminaire des risques liés au digesteur

G.3. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AU STOCKAGE DES DIGESTATS EN AVAL DE LA DIGESTION

Les digestats produits seront envoyés vers une bâche d'un volume de 200 m^3. Cette bâche constituera un stockage tampon pour l'alimentation de l'atelier de déshydratation des boues dont le fonctionnement n'est pas continu.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Allumage d'un mélange d'air et de biogaz (ATEX) dans la bâche à boue digérée	▪ Présence normale d'un mélange de biogaz et d'air	▪ Explosion	Si source d'ignition : ▪ Explosion confinée (VCE) (effet de surpression) Si perte d'intégrité ▪ Pollution des sols et des eaux	▪ Homogénéisation par agitateur mécanique ▪ Report du défaut sur la supervision en cas de défaillance des dispositifs d'agitation, ▪ Temps de séjour limité ▪ Bâche couverte, ventilée et désodorisée ▪ Prévention des sources d'ignition (zone ATEX)	*Risques limités, pas de phénomène dangereux retenu* *Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*
Perte d'intégrité	▪ Débordement, sur-remplissage ▪ Rupture de l'équipement (fragilité, fissure, vieillissement, etc.)	▪ Epandage de boues / graisses	▪ Pollution des sols et des eaux	▪ Choix de matériaux adaptés à la corrosivité des boues ▪ Mesure de niveau dans la bâche ▪ Ouvrage sur rétention ▪ Inspection approfondie lors de la vidange décennale	*Risque de pollution non retenu car mesure de confinement*

Tableau 3 : Analyse préliminaire des risques liés au stockage des boues et des graisses en aval de la digestion

G.4. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AU STOCKAGE DE BIOGAZ

Le biogaz produit dans le digesteur est envoyé, via une tuyauterie enterrée, vers le gazomètre de 300 m^3 de capacité maximale.

Le gazomètre est un stockage tampon du biogaz (pression de service de 25 mbar) constitué d'une double membrane souple en PVC (la première membrane permet le stockage du biogaz dans de bonnes conditions d'étanchéité, la seconde membrane assure la tenue mécanique du gazomètre).

Un ventilateur centrifuge (+ un second en secours) assure le maintien en pression entre les deux enveloppes du gazomètre.

La pression de rupture de ce type de gazomètre est de quelques dizaines de millibars (45 mbar).

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Entrée d'air dans le gazomètre	▪ Entrée d'air dans le réseau biogaz en amont ▪ Perte d'étanchéité ou rupture de l'enveloppe interne (usure par frottement, défaut, etc.) ▪ Défaut de la garde hydraulique	▪ Formation d'un mélange biogaz-air explosif	Si source d'ignition : ▪ Explosion confinée (VCE) (effet de surpression)	▪ Détecteur de pression déclenchant une alarme en cas de pression basse sur sortie tuyauterie de biogaz ▪ Détecteur CH_4 (explosimètre) avec alarme en GTC, installé au niveau du registre d'équilibrage entre les deux membranes ▪ Registre taré entre enveloppes externe et interne pour éviter une surpression dans l'espace entre ces 2 enveloppes ▪ Gazomètre conçu avec une faible résistance à la surpression (< 50 mbar) ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition ▪ Enveloppe interne, dimensionnée pour son déploiement, résistante aux variations thermiques et à l'abrasion	**PHD 3 « Explosion de biogaz dans le gazomètre »**
Déchirure des deux enveloppes / ruine du gazomètre	▪ Surpression dans la baudruche (déchirure) ▪ Agression mécanique, choc ▪ Défaut enveloppe, usure ▪ Arrachement de la membrane dû à un défaut de fixation ▪ Perte de pression dans la double enveloppe (fragilisation de la membrane et risque de déchirure) ▪ Effets domino	▪ Emission de biogaz à l'atmosphère	▪ Dispersion d'H_2S (effet toxique) Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Explosion immédiate (effet de surpression)	▪ Présence de gardes hydrauliques (prévention de la surpression) ▪ Double membrane fixée par un système conçu pour résister aux intempéries, ▪ Membrane extérieure résistante aux chocs et aux perforations ▪ Vérification périodique de l'état de la baudruche et de son mode de fixation ▪ Registre taré entre enveloppe externe et baudruche pour éviter une dépression dans l'espace entre enveloppe et baudruche ▪ Prévention des sources d'ignition (matériel ATEX)	**PHD 4 « Explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre »** *Risque H_2S limité au site*

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Surpression entraînant l'éclatement du gazomètre	▪ Vanne aval fermée (erreur humaine)	▪ Eclatement du gazomètre	▪ Onde de pression	▪ Soupapes sur le réseau biogaz, contrôlées périodiquement ▪ Consignation en position ouverte des vannes d'isolement des soupapes ▪ Détecteur de pression déclenchant une alarme en cas de pression basse sur tuyauterie de biogaz ▪ Prévention des sources d'ignition (matériel ATEX)	*Phénomène dangereux couvert par les PHD 3 et 4* *Risque H_2S limité au site*
		▪ Emission de biogaz à l'atmosphère	▪ Dispersion d'H_2S (effet toxique)		
			Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Explosion immédiate (effet de surpression)		

Tableau 4 : Analyse préliminaire des risques liés au stockage de biogaz

G.5. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES A LA TORCHERE

La torchère est un appareil à flamme cachée, à allumage automatique et muni comme le gazomètre de l'ensemble des accessoires de sécurité nécessités par la mise en zone ATEX de l'ensemble des installations de gaz. Elle permet de détruire le biogaz excédentaire.

La commande de la torchère et sa protection par fusibles sont entièrement automatiques et commandées en fonction du niveau du réservoir de stockage du gaz.

Dans le cas où le gazomètre est rempli à son niveau maximal, la torchère se met automatiquement en marche.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Rejet de biogaz non brûlé à la torchère	▪ Extinction non détectée de la torchère (vent violent, etc.) ▪ Electrovanne de sécurité sur la conduite d'alimentation de la torchère non étanche ou bloquée ouverte ▪ Défaut ou mise hors service intentionnelle (ou non) de la torchère et maintien de la production de biogaz	▪ Emission de biogaz à l'atmosphère	▪ Dispersion d'H_2S (effet toxique) Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Jet enflammé en cas d'allumage immédiat (effet thermique)	▪ Détection de présence de flamme ; en cas de non détection : alarme, asservissement électrovanne : la vanne de sécurité se ferme automatiquement ▪ Sécurité anti-retour de flamme ▪ Vanne à fermeture rapide, fermée en cas de perte de l'alimentation électrique ▪ Dispositif automatique d'allumage du gaz avec surveillance UV ▪ Vérifications périodiques des installations (étanchéité réseau, électrovanne, …) ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (zone ATEX)	*Echappement en hauteur, à hauteur très supérieure à la hauteur d'homme* *Si allumage : allumage en atmosphère libre, d'un rejet non turbulent, sans effet de confinement, donc effet mineur* *Risque H_2S limité au site*

Tableau 5 : Analyse préliminaire des risques liés à la torchère

G.6. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AU CONTENEUR D'EPURATION DU BIOGAZ

L'épuration du biogaz sera effectuée dans un container métallique placé sur une dalle béton.

Le traitement se composera des étapes suivantes :

- séchage et d'un refroidissement du biogaz,
- filtration sur charbon actif pour l'élimination du H_2S et des COV,
- épuration membranaire pour l'élimination du CO_2.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Perte de confinement dans le conteneur d'épuration	▪ Fuite de joint, bride (corrosion)	▪ Emission de biogaz dans le conteneur	Si source d'ignition ▪ Explosion confinée (VCE)	▪ Conteneur non résistant à la pression par conception ▪ Extraction mécanique et coupure de l'alimentation en biogaz en cas de détection CH_4 ▪ Minimisation du risque d'allumage par l'utilisation de matériel ATEX à l'intérieur du conteneur d'épuration	**PHD 5 « Explosion confinée dans le conteneur d'épuration »**

Tableau 6 : Analyse préliminaire des risques liés au conteneur d'épuration du biogaz

G.7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AU CONTENEUR D'INJECTION DU BIOMETHANE DANS LE RESEAU GRDF

Le poste d'injection de biométhane dans le réseau GRT gaz sera constitué d'un container métallique divisé en 3 compartiments :

- un compartiment ou local odorisation : à ce niveau du THT sera injecté dans le biométhane ;
- un compartiment ou poste gaz : ce local comprendra un skid d'analyse du biométhane et un skid de comptage du biométhane injecté dans le réseau ;
- un local électrique.

Ce poste sera propriété de GrDF qui en assurera l'exploitation et la maintenance.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Perte de confinement dans le conteneur d'injection	▪ Fuite de joint, bride (corrosion)	▪ Emission de biométhane dans le conteneur	Si source d'ignition ▪ Explosion confinée (VCE)	▪ Conteneur non résistant à la pression par conception ▪ Extraction mécanique et coupure de l'alimentation en biométhane en cas de détection CH_4 ▪ Minimisation du risque d'allumage par l'utilisation de matériel ATEX à l'intérieur du conteneur	**PHD 6 « Explosion confinée dans le conteneur d'injection »**

Tableau 7 : Analyse préliminaire des risques liés au conteneur d'injection du biométhane

G.8. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AUX RESEAUX DE TRANSPORT DE BIOGAZ ET DE BIOMETHANE

Le réseau de transport de biogaz et de biométhane est constitué de tuyauteries :

- PEHD gaz Ø 225 ext pour les tronçons enterrés,
- en acier inoxydable pour les tronçons aériens (raccords soudés), avec revêtement anticorrosion.

La pression de service est comprise entre 15 et 25 mbar.

Ce réseau est principalement enterré ; les tronçons aériens (descente du digesteur, entrée torchère, entrée unité de purification) sont protégés contre les chocs mécaniques et sont tolérants aux contraintes de type vibrations ou accélérations sismiques.

Le réseau de biométhane est également constitué de tuyauteries en PEHD dans les parties enterrées et en acier inoxydable dans les parties aériennes. La pression de service est comprise entre 5,5 et 8 bar.

Evénement redouté	Evénement initiateur	Conséquences	Phénomène dangereux	Barrières de sécurité	Commentaires
Perte de confinement au niveau d'une tuyauterie de transport de biogaz / biométhane	▪ Fuite de joint, bride (corrosion) ▪ Surpression sur le réseau ▪ Agression mécanique, choc ▪ Effets dominos (pour réseau aérien)	▪ Emission de biogaz / biométhane à l'atmosphère (fuite sur tronçon aérien)	▪ Dispersion d'H_2S si émission de biogaz (effet toxique) Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Jet enflammé en cas d'allumage immédiat (effet thermique)	▪ Tuyauteries conçues et construites conformément aux recommandations professionnelles par une société qualifiée ▪ Tuyauteries aériennes soudées (limitation des brides et raccords) + protection contre les chocs si nécessaire ▪ Défauts matériaux ou défaut de construction, détectés avant la mise en service lors des différents tests, de mise en pression notamment ▪ Mesure de pression (pressostat) coupant l'alimentation en biogaz en cas de détection de chute de pression ▪ Protection contre les surpressions (soupapes) ▪ Tracé des tuyauteries connu (plans de récolement) et plans de prévention établis par l'exploitant pour encadrer tous travaux sur le site de la station ; ▪ Mesures de maîtrise des sources d'ignition (zone ATEX)	**PHD 7a « Explosion non confinée consécutive à une fuite sur le réseau aérien biogaz / biométhane »** **PHD 7b « Jet enflammé de biogaz suite à une fuite sur le réseau aérien biogaz / biométhane »** *Risque H_2S limité au site*
		▪ Emission de biogaz / biométhane à l'atmosphère (fuite sur tronçon enterré)	▪ Dispersion d'H2S si émission de biogaz (effet toxique) Si source d'ignition : ▪ UVCE/Flash-fire en cas d'allumage retardé (effets thermique et de surpression) ▪ Jet enflammé en cas d'allumage immédiat (effet thermique)		*Phénomènes dangereux non retenu (Cf. ci-dessous).* *Risque H_2S limité au site*

Tableau 8 : Analyse préliminaire des risques liés aux réseaux de transport de biogaz et de biométhane

Remarque : L'occurrence d'une brèche ou d'une rupture sur le réseau enterré est exclue pour les raisons suivantes :

- Tuyauteries en PEHD écartant tout risque de corrosion ;
- Protection contre les chocs et les effets dominos (thermiques et surpression) par la hauteur de terre recouvrant les tuyauteries ;
- Site clôturé et plan de prévention en cas de travaux écartant tout risque de travaux tiers non contrôlés ;
- Tracé des tuyauteries connu (plans de récolement) et plans de prévention établis par l'exploitant pour encadrer tous travaux sur le site de la station ;
- Défauts matériaux ou défaut de construction, détectés avant la mise en service lors des différents tests, de mise en pression notamment.
- De plus, au vu des faibles pressions dans le réseau biogaz, une brèche sur une tuyauterie enterrée générerait des effets très localisés.

G.9. SELECTION DES PHENOMENES DANGEREUX NECESSITANT UNE ANALYSE DETAILLEE

Sur la base des éléments précédents, le tableau ci-après regroupe les phénomènes dangereux dont l'intensité pourrait éventuellement générer des effets sur les tiers (effets externes) ou sur des installations internes (effets dominos), et qui doivent à ce titre faire l'objet d'une évaluation détaillée.

Phénomène dangereux (PHD)	Evénement redouté	Phénomène dangereux à modéliser
PHD 1 « Explosion dans le digesteur plein »	▪ Formation d'une ATEX dans le digesteur en fonctionnement et explosion si source d'ignition	▪ Effets de surpression
PHD 2 « Explosion dans le digesteur vide »	▪ Formation d'une ATEX dans le digesteur vide de boues et explosion si source d'ignition	▪ Effets de surpression
PHD 3 « Explosion de biogaz dans le gazomètre »	▪ Formation d'une ATEX dans le gazomètre et explosion si source d'ignition	▪ Effets de surpression
PHD 4 « Explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre »	▪ Emission de biogaz à l'atmosphère en cas de ruine du gazomètre et explosion si source d'ignition	▪ Effets thermiques ▪ Effets de surpression
PHD 5 « Explosion confinée dans le conteneur d'épuration »	▪ Formation d'une ATEX dans le conteneur d'épuration et explosion si source d'ignition	▪ Effets de surpression
PHD 6 « Explosion confinée dans le conteneur d'injection »	▪ Formation d'une ATEX dans le container d'injection et explosion si source d'ignition	▪ Effets de surpression
PHD 7a « Explosion non confinée consécutive à une fuite sur le réseau aérien biogaz / biométhane »	▪ Emission de biogaz / biométhane à l'atmosphère suite à une perte de confinement sur un tronçon aérien et explosion si source d'ignition	▪ Effets de surpression
PHD 7b « Jet enflammé de biogaz suite à une fuite sur le réseau aérien biogaz / biométhane »	▪ Jet enflammé suite à une perte de confinement sur un tronçon aérien de réseau	▪ Effets thermiques

Tableau 9 : Synthèse des phénomènes dangereux nécessitant une analyse détaillée

Partie H - Analyse détaillée des risques

H.1. SEUILS REGLEMENTAIRES

Les grandeurs retenues pour caractériser les risques majeurs sont :

- Les niveaux de surpression aérienne,
- Les flux thermiques ou la dose thermique,
- Les effets toxiques.

Pour chaque grandeur, des seuils d'effets sont définis pour les hommes et pour les structures, conformément aux instructions de l'arrêté du 29 septembre 2005 dit PCIG. Ces seuils d'effets sont des valeurs limites d'une grandeur représentative d'un effet sur les personnes, les biens ou l'environnement, correspondant à un niveau d'intensité de l'effet. Les effets irréversibles sur les personnes correspondent à des blessures dont les victimes garderont des séquelles ultérieures, tandis que les effets létaux correspondent au décès.

H.1.1. Seuils d'effets sur les personnes

	Effets de surpression	Effets thermiques (exposition > 1 à 2 min. avec terme source constant)
Effets indirects	**20 mbar** Effets indirects par projection de bris de vitres	-
Dangers significatifs ou effets irréversibles	**50 mbar** Effets irréversibles par mise en mouvement des individus	**3 kW/m²** Effets irréversibles par rayonnement thermique
Dangers graves ou premiers effets létaux	**140 mbar** Effets létaux par risque d'écrasement	**5 kW/m²** Premiers effets létaux par rayonnement thermique
Dangers très graves ou effets létaux significatifs	**200 mbar** Effets létaux par effet direct (hémorragie pulmonaire)	**8 kW/m²** Effets létaux par rayonnement thermique

H.1.2. Seuils d'effets sur les structures

	Effets de surpression	Effets thermiques
Seuil de destructions significatives des vitres (plus de 10% des vitres)	**20 mbar**	5 kW/m²
Seuil des dégâts légers	**50 mbar** Destruction de 75% des vitres	/
Seuil des dégâts graves	**140 mbar** Effondrement partiel de certaines parois et des tuiles des maisons	8 kW/m²
Seuil des effets dominos	**200 mbar** Destruction des murs en parpaings Destruction de plus de 50% des maisons en brique	8 kW/m²
Seuil de dégâts très graves sur les structures, hors structure béton	**300 mbar**	16 kW/m²
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures	**/**	20 kW/m²
Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes	**/**	20 kW/m²

H.2. QUANTIFICATION DE L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX

H.2.1. Hypothèses et modèles utilisés

Les calculs sont effectués suivant une méthodologie spécifique à chaque cas. Les méthodes de calculs pour l'évaluation des conséquences d'accident s'appuient sur :

- Guide Bleu de l'UFIP - Guide méthodologique pour la réalisation des Etudes de Dangers en raffinerie, stockages et dépôts de produits liquides et liquéfiés – Volume II – Juillet 2002
- Yellow Book TNO - Methods for calculation of physical effects - 3rd Edition – 1997
- Handbook of Fire Protection Engineering - SFPE - 2rd Edition - 1995
- Evaluating the characteristics of vapour cloud explosions, flash fires, and BLEVEs – Center For Chemical Process Safety – 2nd Edition – 1998
- Guides techniques de l'INERIS (notamment OMEGA 1, 2, 5, 8, 9, 12, 13)
- Guide de l'état de l'art sur les silos – INERIS – Version 3 – Avril 2008
- Guide d'élaboration et de lecture des études de dangers du MEDD – décembre 2006

En plus de ces outils, les méthodologies spécifiques issues du rapport N° 201652-243679-V2.0 « Scénarios accidentels et modélisation des distances d'effets associés pour des installations de méthanisation de taille agricole et industrielle » de l'INERIS (Janvier 2021) sont considérées.

H.2.2. PHD 1 : Explosion dans le digesteur plein

H.2.2.1. Description et hypothèses du scénario

Pour ce scénario, il est supposé qu'une ATEX à la stœchiométrie se forme dans le ciel gazeux du digesteur (170 m^3) en fonctionnement normal. En cas de présence d'une source d'ignition, une explosion survient entraînant la montée en pression à l'intérieur du digesteur.

A ce stade, les principes constructifs du digesteur ne sont pas connus. Nous proposons donc deux scénarios de conception :

- PHD 1a : considérant le cas d'une explosion dans un digesteur en béton dont la toiture n'est pas éventée, mais joue le rôle d'une soupape grâce à une résistance limitée de la liaison robe-toit. Dans cette configuration, il n'y a pas d'explosion secondaire.
- PHD 1b : considérant le cas où le gazomètre est installé directement sur le digesteur et remplit à la fois le rôle de stockeur et celui d'évent.

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

	Valeurs
PHD 1a : digesteur en béton dont la toiture n'est pas éventée	
Volume gazeux	170 m^3
Pression de rupture statique (pression relative) de la liaison robe-toit	200 mbar
PHD 1b : digesteur en béton surmonté du gazomètre	
Volume gazeux	300 m^3
Pression de rupture statique (pression relative)	50 mbar

Tableau 10 : Données d'entrée pour les calculs des effets de surpression liés à une explosion dans le digesteur plein

a - Scénario PHD 1a

Les effets de surpression sont évalués par un calcul d'équivalent énergétique de Brode en utilisant :

- une pression de rupture de la liaison robe-toit égale à deux fois sa pression statique de résistance (2 x 200 mbar),
- puis une décroissance multi-énergie n°10 pour qualifier les distances d'effet de l'explosion.

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion du ciel gazeux du digesteur en fonctionnement sont détaillées dans le tableau suivant.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	8 m
200 mbar	9 m
140 mbar	14 m
50 mbar	31 m
20 mbar	63 m

Tableau 11 : Distance des effets de surpression liés à une explosion dans le digesteur béton plein avec toiture non éventée

Les distances sont comptées à partir du centre de l'ouvrage.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

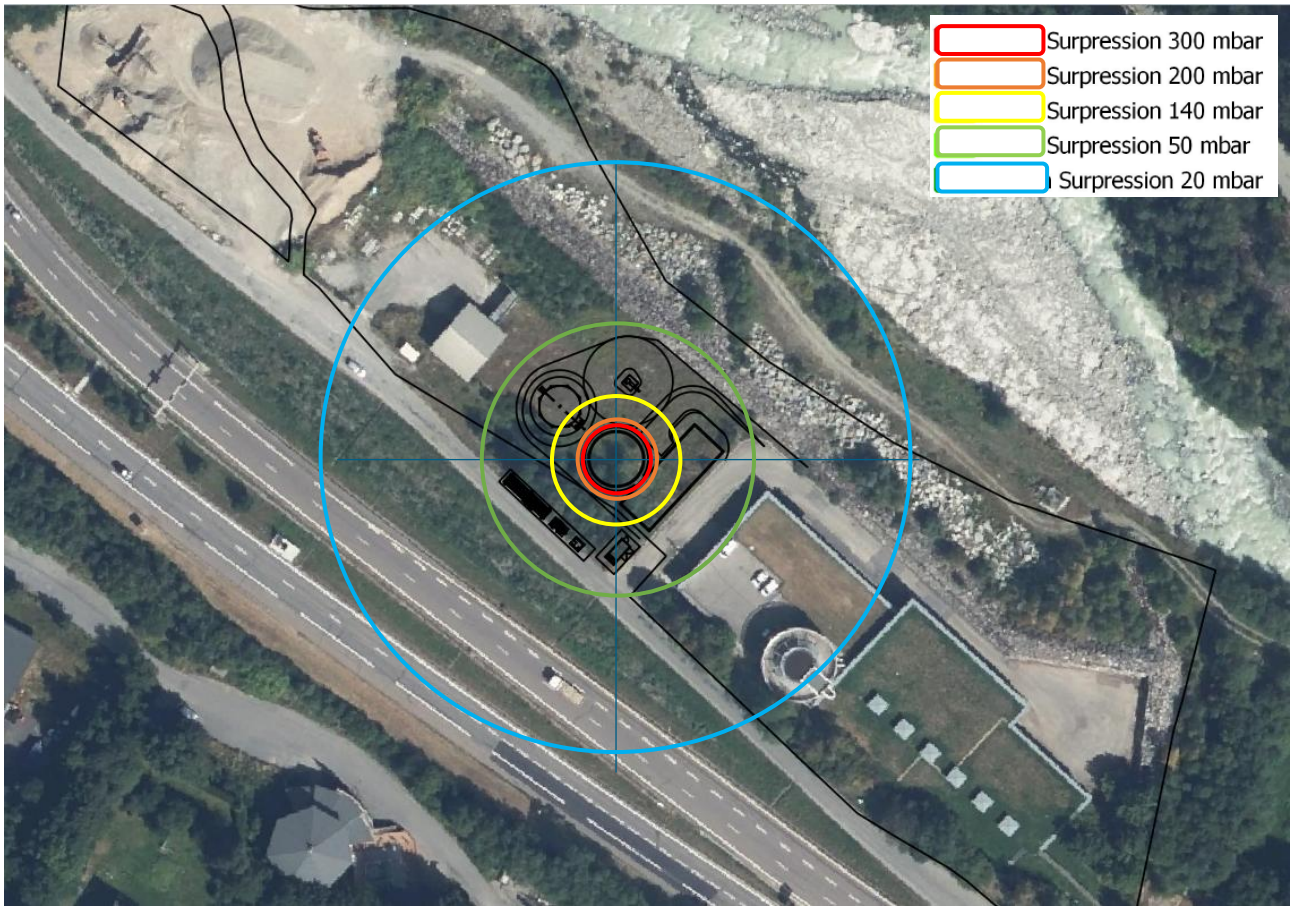


Figure 5 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion dans le digesteur béton plein avec toiture non éventée

b - Scénario PHD 1b

Dans l'hypothèse d'une conception prévoyant la mise en place d'un gazomètre composé d'une double membrane PVC en toiture du digesteur (ou la mise en place d'une toiture peu résistante ou largement éventée, avec une faible pression d'ouverture des évents), l'inflammation d'une ATEX se traduit par une rupture du « toit » qui entraîne l'éjection et inflammation du biogaz à l'extérieur.

L'explosion éjecte 70% du volume inflammable initial. Le nuage formé est fortement turbulent sous l'impulsion de la pression résiduelle de l'explosion primaire. La flamme se propage vers l'extérieur provoquant une explosion dite « secondaire » qui sera responsable des effets de pression à l'extérieur.

En première approche le scénario est assimilé à une explosion à l'air libre d'un mélange stœchiométrique de biogaz et d'air et les effets de surpression engendrés par l'explosion peuvent être évalués à l'aide de la méthode multi-énergie avec un indice de violence de 4 (surpression maximale de 100 mbar).

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion sont détaillées dans le tableau suivant.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	Non atteint
200 mbar	Non atteint
140 mbar	Non atteint
50 mbar	21 m
20 mbar	41 m

Tableau 12 : Distance des effets de surpression liés à une explosion dans le digesteur plein avec gazomètre en toiture

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

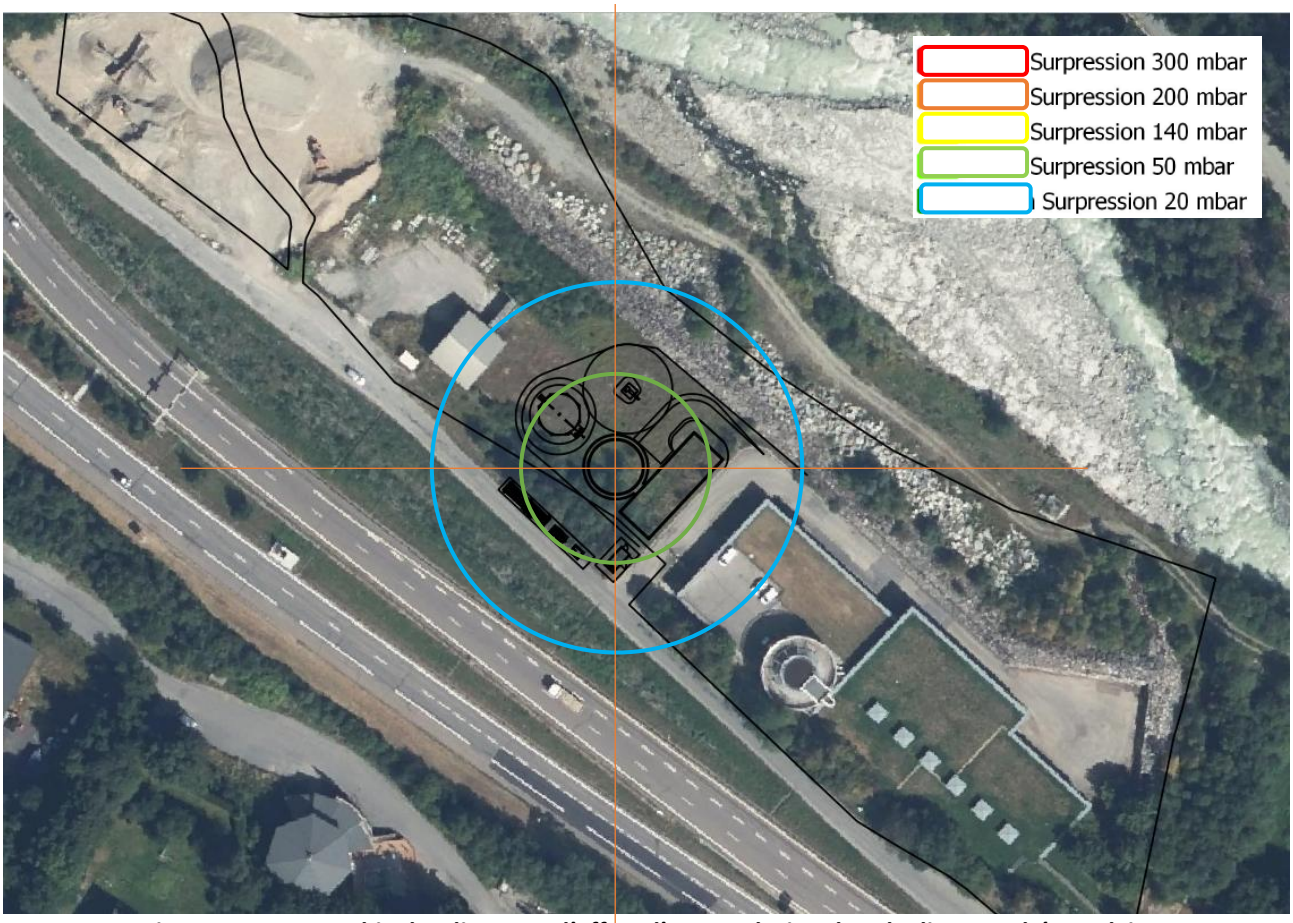


Figure 6 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion dans le digesteur béton plein avec gazomètre en toiture

H.2.2.2. Conclusion

En cas d'explosion d'un digesteur plein avec toiture non éventée (PHD 1a) :

- Les surpressions à l'origine d'effets létaux (140 et 200 mbar) ne dépassent pas les limites du site ;
- Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) sortent du site et englobent un tronçon de la voie d'accès à la station d'épuration, sans atteindre toutefois la RN205 ;
- Les surpressions engendrant des effets indirects (20 mbar) englobent une partie des voies de la RN205 mais n'atteignent pas les habitations les plus proches.

En cas d'explosion d'un digesteur avec gazomètre en toiture (PHD 1b) :

- Les surpressions à l'origine d'effets létaux (140 et 200 mbar) ne sont pas atteintes ;
- Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) ne sortent pas du site ;
- Les surpressions engendrant des effets indirects (20 mbar) sortent du site et englobent un tronçon de la voie d'accès à la station d'épuration, sans atteindre toutefois la RN205.

H.2.3. PHD 2 : Explosion dans le digesteur vide

H.2.3.1. Description et hypothèses du scénario

Pour ce scénario, il est supposé qu'une ATEX à la stœchiométrie se forme à l'intérieur du digesteur vide de boues (1 570 m^3) lors d'une phase transitoire (mise en service, vidange décennale) ou accidentelle (vidange inopinée). En présence d'une source d'ignition, une explosion survient entraînant la montée en pression à l'intérieur du digesteur.

Comme précédemment, les principes constructifs du digesteur n'étant pas connus, nous proposons deux scénarios de conception :

- PHD 2a : considérant le cas d'une explosion dans un digesteur en béton dont la toiture n'est pas éventée, mais joue le rôle d'une soupape grâce à une résistance limitée de la liaison robe-toit. Dans cette configuration, il n'y a pas d'explosion secondaire.
- PHD 2b : considérant le cas où le gazomètre est installé directement sur le digesteur et remplit à la fois le rôle de stockeur et celui d'évent.

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

	Valeurs
PHD 2a : digesteur en béton dont la toiture n'est pas éventée	
Volume gazeux	1 570 m^3
Pression de rupture statique (pression relative) de la liaison robe-toit	200 mbar
PHD 2b : digesteur en béton surmonté du gazomètre	
Volume gazeux	1 700 m^3
Pression de rupture statique (pression relative)	50 mbar

Tableau 13 : Données d'entrée pour les calculs des effets de surpression liés à une explosion dans le digesteur vide

a - *Scénario PHD 2a*

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion du ciel gazeux d'un digesteur vide boues (volume d'ATEX maximal) sont détaillées dans le tableau suivant.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	17 m
200 mbar	19 m
140 mbar	30 m
50 mbar	66 m
20 mbar	131 m

Tableau 14 : Distance des effets de surpression liés à une explosion dans le digesteur vide

Les distances sont comptées à partir du centre de l'ouvrage.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

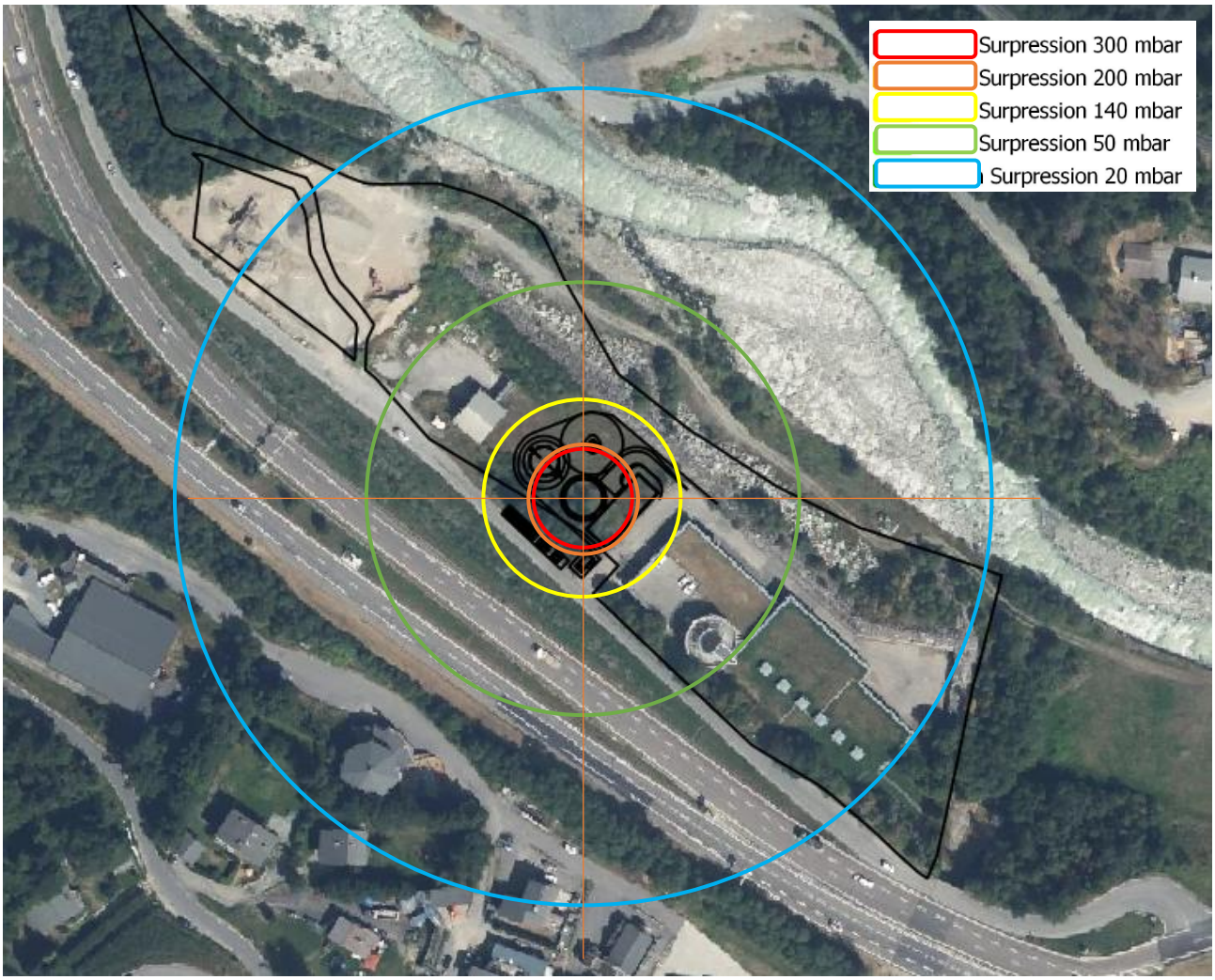


Figure 7 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion dans le digesteur béton vide avec toiture non éventée

a - Scénario PHD 2b

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion du ciel gazeux d'un digesteur vide boues (volume d'ATEX maximal) sont détaillées dans le tableau suivant.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	Non atteint
200 mbar	Non atteint
140 mbar	Non atteint
50 mbar	37 m
20 mbar	73 m

Tableau 15 : Distance des effets de surpression liés à une explosion dans le digesteur plein avec gazomètre en toiture

Les distances sont comptées à partir du centre de l'ouvrage.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

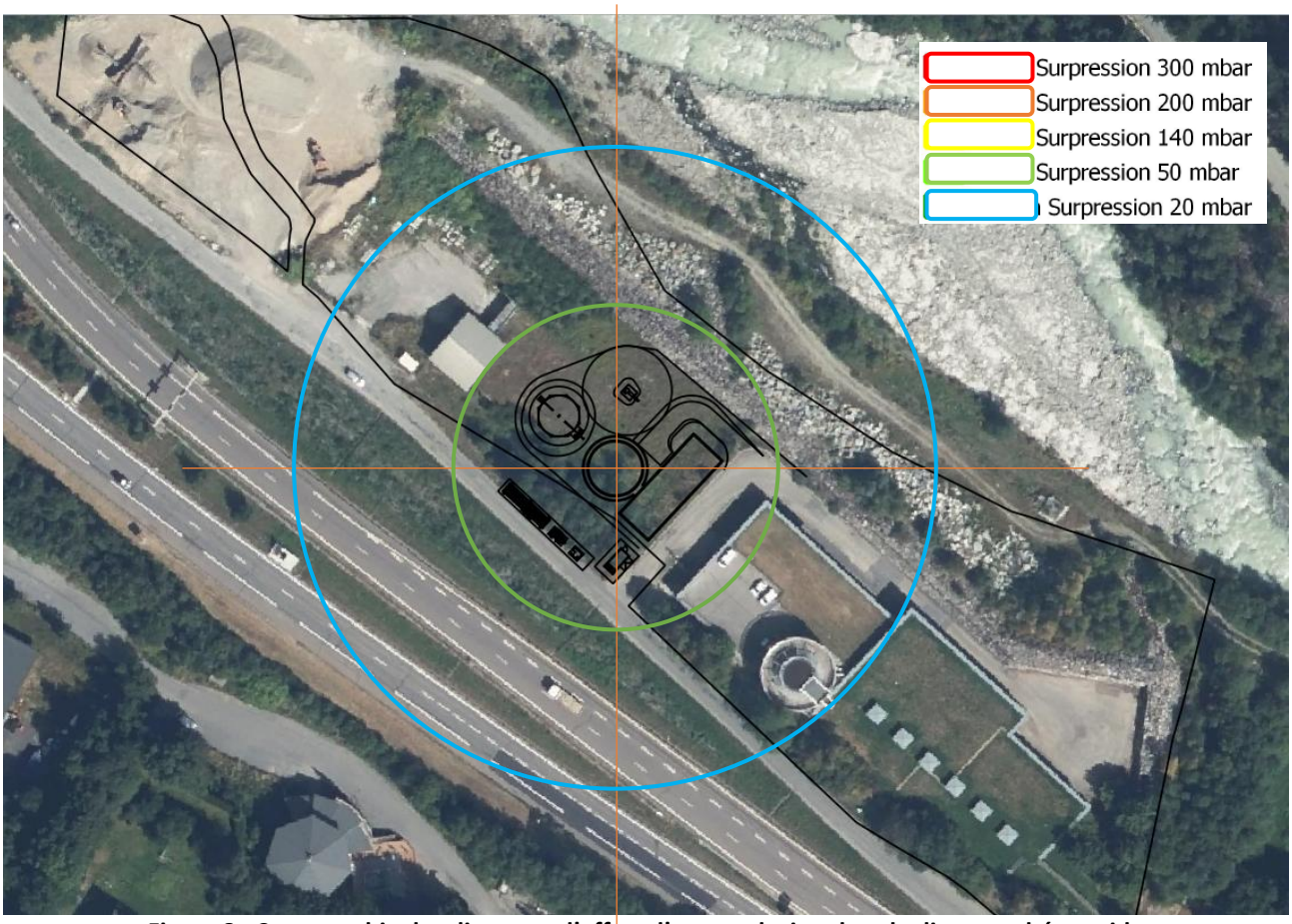


Figure 8 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion dans le digesteur béton vide avec gazomètre en toiture

H.2.3.2. Conclusions

En cas d'explosion d'un digesteur vide avec toiture non éventée (PHD 2a) :

- Les surpressions à l'origine d'effets létaux significatifs (200 mbar) ne dépassent pas les limites du site ;
- Les suppressions associées à des effets létaux (140 mbar) sortent du site et englobent un tronçon de la voie d'accès à la station d'épuration, sans atteindre toutefois la RN205 ;

- Les surpressions engendrant des effets irréversibles (50 mbar) englobent une partie des voies de la RN205 mais n'atteignent pas les habitations les plus proches.
- Les surpressions engendrant des effets indirects (20 mbar) sortent du site, englobent un tronçon de la voie d'accès à la station d'épuration et atteignent une partie des habitations les plus proches.

Le gazomètre, la torchère, le conteneur d'épuration, le poste d'injection ainsi que le nouveau bâtiment technique abritant les équipements connexes de la méthanisation sont inclus dans le périmètre des effets dominos (200 mbar). Ce périmètre n'atteint toutefois pas les autres bâtiments et ouvrages de la station d'épuration.

En cas d'explosion d'un digesteur vide avec gazomètre en toiture (PHD 2b) :

- Les surpressions à l'origine d'effets létaux (140 et 200 mbar) ne sont pas atteintes ;
- Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) sortent du site et englobent une partie de la voie d'accès à la station d'épuration, sans atteindre toutefois la RN205 ;
- Les surpressions engendrant des effets indirects (20 mbar) sortent du site et englobent un tronçon de la RN205.

H.2.4. PHD 3 : Explosion de biogaz dans le gazomètre

H.2.4.1. Description et hypothèses du scénario

Le scénario accidentel envisagé est la formation d'une atmosphère explosive (ATEX) à la stœchiométrie d'un mélange d'air et de biogaz dans le gazomètre et l'inflammation de cette ATEX.

Le gazomètre est constitué d'une membrane en PVC peu résistante. En première approche, ce scénario peut être assimilé à l'explosion à l'air libre d'un mélange stœchiométrique de biogaz et d'air. Pour cette raison, l'évaluation des effets de pression se fait à l'aide de la méthode multi-énergie avec un indice de violence de 4 (surpression maximale de 100 mbar).

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

	Valeurs
Volume gazeux (volume du gazomètre)	300 m^3
Pression de rupture statique (pression relative)	45 mbar

Tableau 16 : Données d'entrée pour les calculs des effets de surpression liés à une explosion du gazomètre

H.2.4.2.Distances des effets de surpression

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion du gazomètre sont détaillées dans le tableau suivant :

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	Non atteint
200 mbar	Non atteint
140 mbar	Non atteint
50 mbar	23 m
20 mbar	46 m

Tableau 17 : Distance des effets de surpression liés à une explosion du gazomètre

Les distances sont comptées en mètres à partir du centre du gazomètre.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

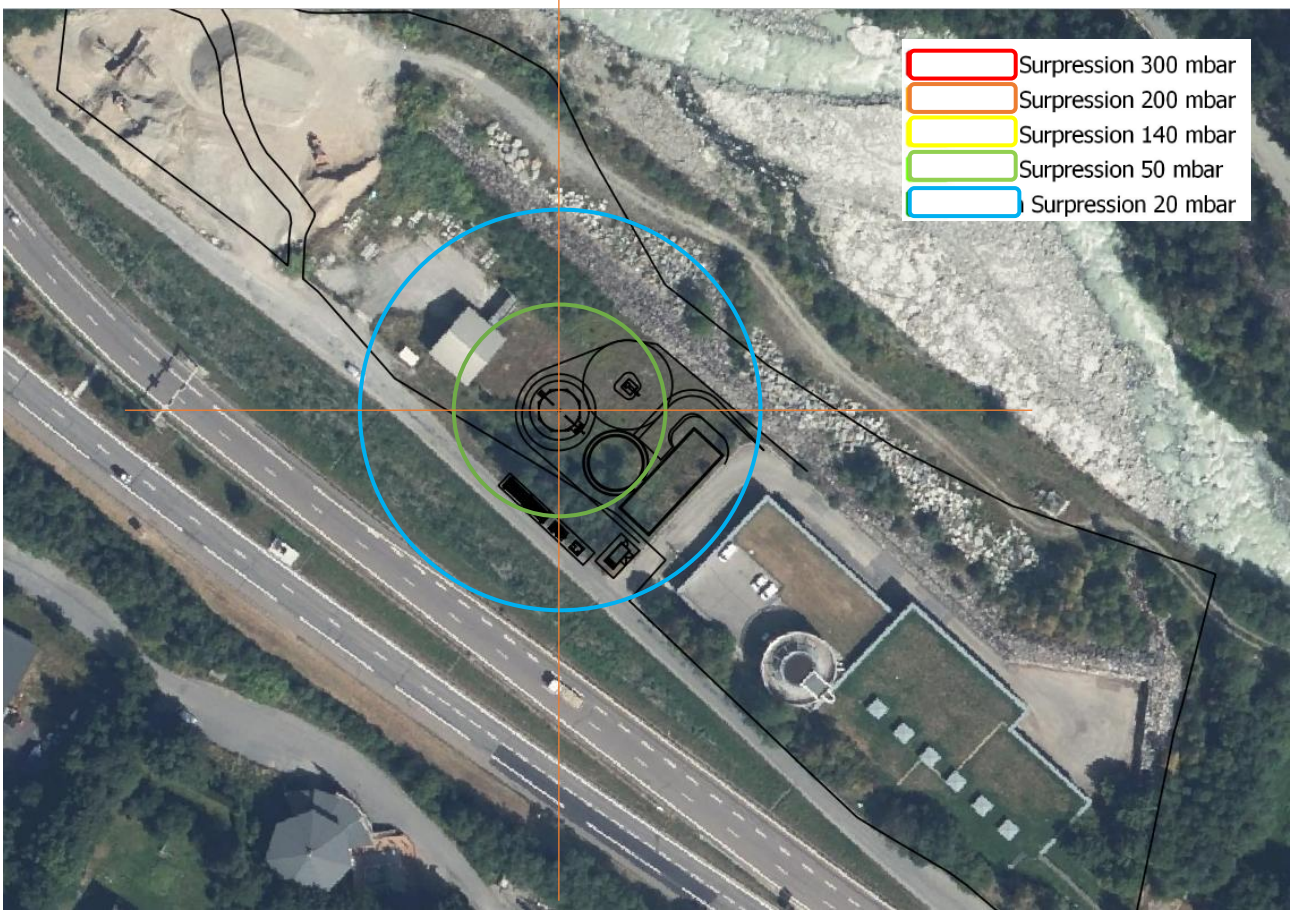


Figure 9 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion de biogaz dans le gazomètre

H.2.4.3.Conclusions

Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) et des effets indirects (20 mbar) englobent une partie des terrains limitrophes de la station d'épuration et de la voie d'accès sans atteindre la RN205.

H.2.5. PHD 4 : Explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre

H.2.5.1. Description et hypothèses du scénario

Pour ce scénario, il est envisagé une ruine totale des parois du gazomètre. Cet événement entraîne la libération instantanée du biogaz contenu dans l'ouvrage. générant ainsi une atmosphère explosive (ATEX) qui, en présence d'une source d'ignition, peut s'enflammer.

L'explosion non confinée du nuage de gaz entraîne des effets thermiques liés au flash-fire et des effets de surpression liés à l'UVCE.

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

	Valeurs
Volume gazeux (volume du gazomètre)	300 m^3
Pression initiale (pression relative du biogaz dans le gazomètre)	25 mbar
Température du biogaz dans le gazomètre (température ambiante)	15°C

Tableau 18 : Données d'entrée pour les calculs des effets thermiques et de surpression liés à une explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre

H.2.5.2. Distances des effets thermiques (flash-fire)

Les distances d'effets thermiques de l'explosion du nuage libéré par la ruine du gazomètre sont détaillées dans le tableau suivant. Les seuils d'effets considérés sont :

- Distance au seuil d'effets létaux significatifs = distance à la LII (Limite Inférieure d'Inflammabilité)
- Distance au seuil des premiers effets létaux = distance à la LII
- Distance au seuil d'effets irréversibles = 1,1 x distance à la LII

Seuils d'effets	Distance au seuil
Effets létaux significatifs (LIE)	20 m
Premiers effets létaux (LIE)	20 m
Effets irréversibles (1,1 x LIE)	22 m

Tableau 19 : Distance des effets thermiques liés à une explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre

Les distances sont comptées en mètres à partir du point de rejet (enveloppe du gazomètre).

H.2.5.3. Distances des effets de surpression

Les effets de surpression de l'explosion du nuage sont déterminés à l'aide de la méthode Multi-Energie avec un indice de 3 car le biogaz est initialement à faible pression et l'inflammation du rejet a lieu dans zone non confinée et peu encombrée.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	Non atteint
200 mbar	Non atteint
140 mbar	Non atteint
50 mbar	20 m
20 mbar	40 m

Tableau 20 : Distance des effets de surpression liés à une explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre

Les distances sont comptées en mètres à partir du point de rejet (enveloppe du gazomètre).

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

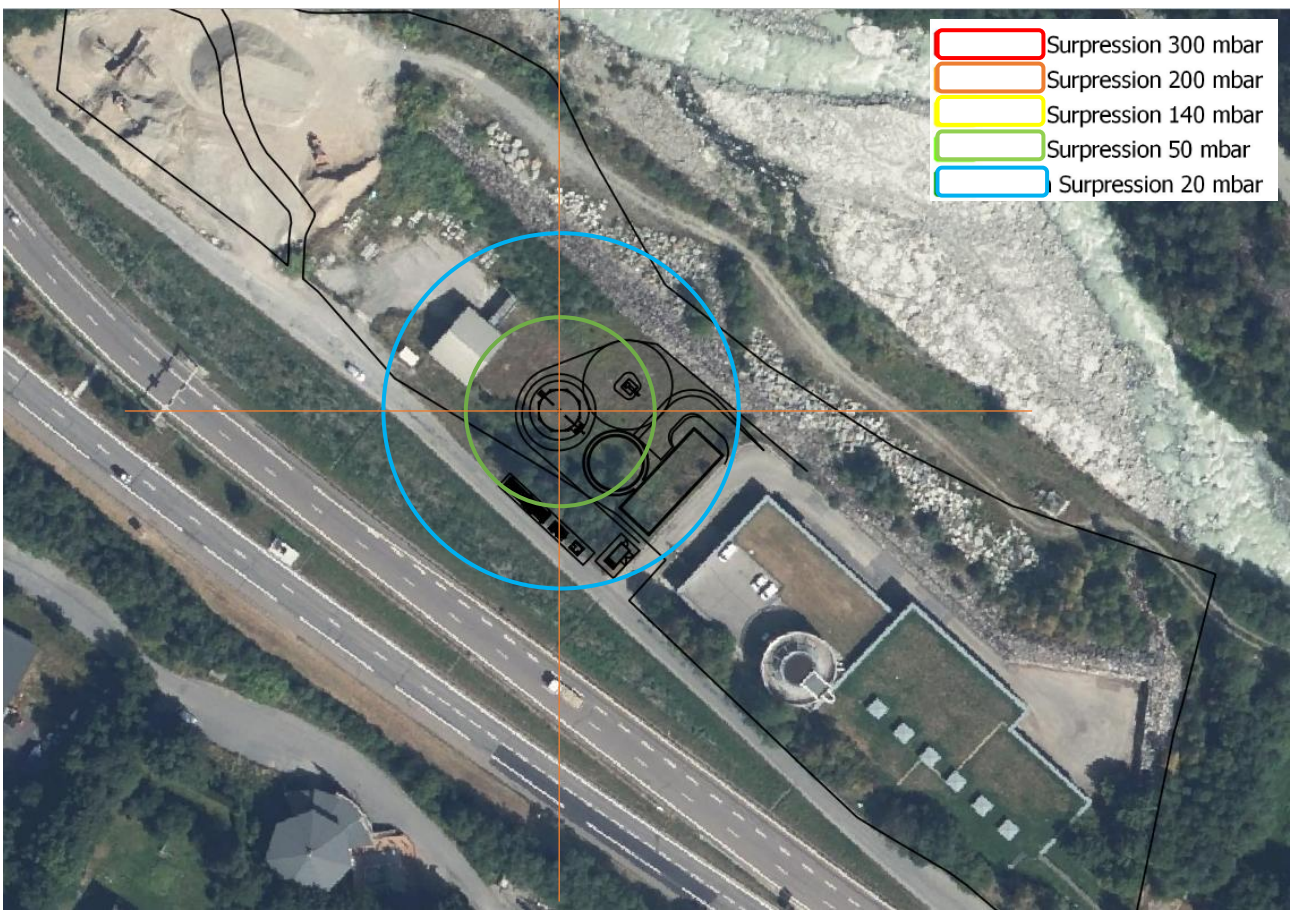


Figure 10 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre

H.2.5.4.Conclusions

Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) ne sortent pas du site. Les effets indirects (20 mbar) englobent une partie des terrains limitrophes de la station d'épuration et de la voie d'accès sans atteindre la RN205.

H.2.6. PHD 5 : Explosion confinée dans le conteneur d'épuration

H.2.6.1. Description et hypothèses du scénario

Le scénario envisagé est une fuite de biogaz à l'intérieur du container abritant le procédé d'épuration, la formation d'une atmosphère explosive (ATEX) et l'inflammation de cette ATEX.

Les effets de surpression engendrés par l'explosion de biogaz dans ce local sont évalués à l'aide de la méthode multi-énergie avec un indice de violence de 5 (surpression maximale de 200 mbar) pour tenir compte de l'encombrement à l'intérieur du local et de la turbulence du rejet de biogaz sous pression.

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

	Valeurs
Volume total	L x l x h = 12,0 x 2,4 x 2,6 = 75 m^3
Encombrement	30 %
Volume gazeux pris en compte	52,5 m^3
Pression de rupture statique (pression relative)	50 mbar (Hypothèse de calcul : structure métallique non résistante)

Tableau 21 : Données d'entrée pour les calculs des effets surpression liés à une explosion confinée dans le conteneur d'épuration

H.2.6.2. Distance des effets de surpression

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion d'une ATEX dans le conteneur d'épuration sont détaillées dans le tableau suivant.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	Non atteint
200 mbar	7 m
140 mbar	9 m
50 mbar	26 m
20 mbar	52 m

Tableau 22 : Distance des effets de surpression liés à une explosion confinée dans le conteneur d'épuration

Les distances sont comptées en mètres à partir du centre du local.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

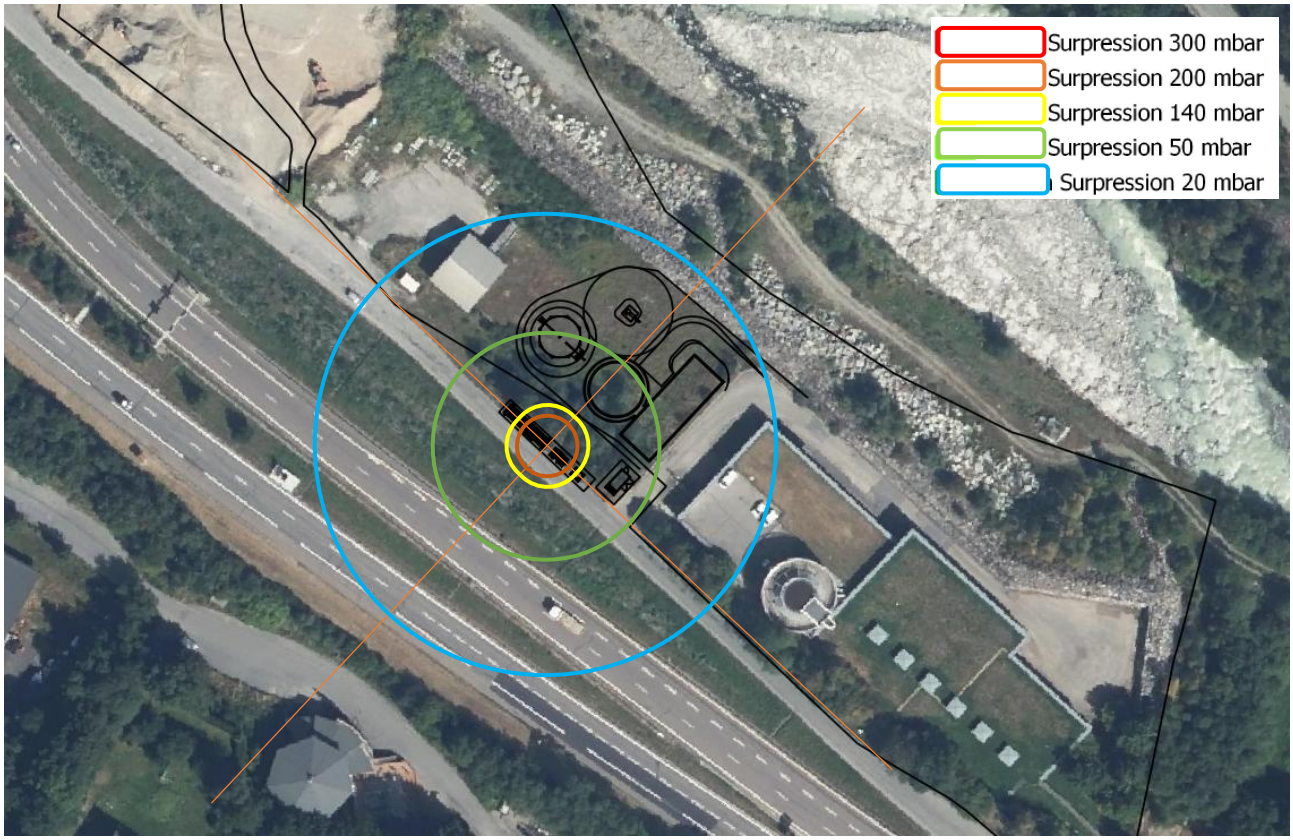


Figure 11 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion confinée dans le conteneur d'épuration

H.2.6.3. Conclusions

Les surpressions à l'origine d'effets létaux (140 et 200 mbar) sortent du site et englobent un tronçon de la voie d'accès à la station d'épuration.

Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) sortent du site englobent une partie de la voie d'accès à la station d'épuration et tangentent la RN205.

Les surpressions engendrant des effets indirects (20 mbar) englobent les voies de la RN205 mais n'atteignent pas les habitations les plus proches.

A noter que le poste d'injection du biométhane est soumis à une surpression à l'origine d'effets dominos (200 mbar).

H.2.7. PHD 6 : Explosion confinée dans le conteneur d'injection

H.2.7.1. Description et hypothèses du scénario

Le scénario envisagé est une fuite de biométhane à l'intérieur poste gaz, la formation d'une atmosphère explosive (ATEX) et l'inflammation de cette ATEX.

Les effets de surpression engendrés par l'explosion de biométhane dans ce local sont évalués à l'aide de la méthode multi-énergie avec un indice de violence de 4 (surpression maximale de 100 mbar) pour tenir compte de l'encombrement à l'intérieur du local et de la turbulence du rejet de biogaz sous pression.

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

	Valeurs
Volume total	15 m^3 (local poste gaz) + 5 m^3 (local odorisation)
Encombrement	Négligeable
Volume gazeux pris en compte	15 m^3 (local poste gaz) + 5 m^3 (local odorisation)
Pression de rupture statique (pression relative)	50 mbar (Hypothèse de calcul : structure métallique non résistante)

Tableau 23 : Données d'entrée pour les calculs des effets surpression liés à une explosion confinée dans le conteneur d'injection

H.2.7.2.Distance des effets de surpression

Les distances d'effets de surpression lors de l'explosion d'une ATEX dans le conteneur d'injection sont détaillées dans le tableau suivant. Elles sont comptées à partir du centre de l'ouvrage.

Seuils de surpression	Distance au seuil - Poste gaz	Distance au seuil - Local odorisation
300 mbar	Non atteint	Non atteint
200 mbar	Non atteint	Non atteint
140 mbar	Non atteint	Non atteint
50 mbar	10 m	7 m
20 mbar	20 m	14 m

Les distances sont comptées en mètres à partir du centre du local.

Les résultats sont représentés sur la cartographie ci-dessous.

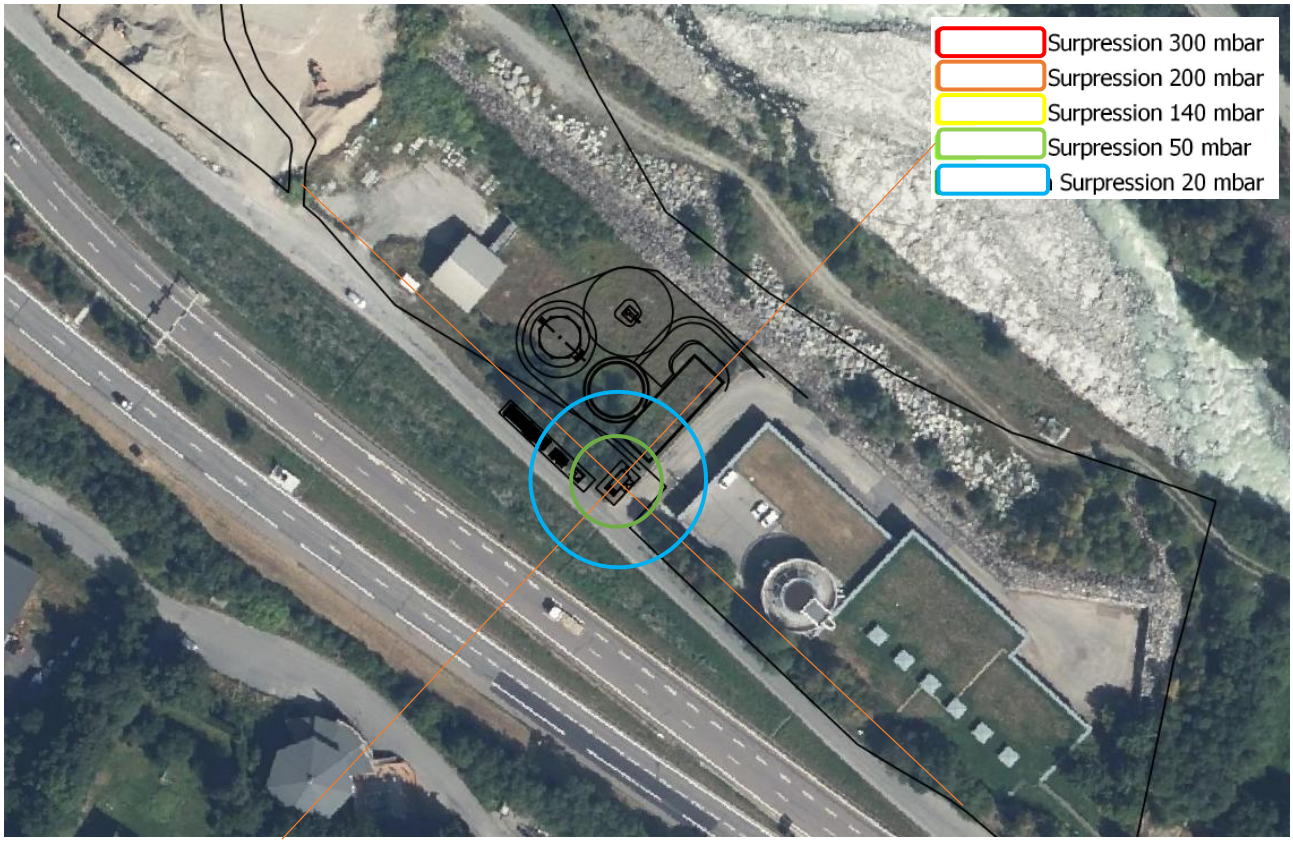


Figure 12 : Cartographie des distances d'effets d'une explosion confinée dans le conteneur d'injection

H.2.7.3. Conclusions

Les suppressions associées à des effets irréversibles (50 mbar) et des effets indirects (20 mbar) sortent du site englobent une partie de la voie d'accès à la station d'épuration, sans atteindre toutefois la RN205.

H.2.8. PHD 7 : Explosion non confinée / Jet enflammé consécutifs à une fuite sur le réseau de biogaz ou biométhane

H.2.8.1. Description et hypothèses du scénario

Le scénario envisagé est une rupture franche d'une tuyauterie aérienne du réseau de transport de biogaz. Les phénomènes dangereux résultant de ce scénario sont :

- L'inflammation retardée du nuage inflammable (PHD 6a). L'explosion non confinée du nuage de biogaz va entraîner des effets thermiques liés au flash-fire et des effets de surpression liés à l'UVCE ;
- L'inflammation immédiate du nuage inflammable (PHD 6b). Le phénomène dangereux modélisé est un jet enflammé qui génère des effets thermiques.

La LIE du biogaz étant du même ordre de grandeur que celle du méthane, les calculs sont réalisés en considérant du méthane pur.

Les données d'entrée retenues sont les suivantes :

Paramètres	Valeurs
Température du biogaz	15°C (température ambiante)
Diamètre	150 mm
Pression relative maximale	20 mbar
Débit de la fuite (= débit imposé par le process)	78 Nm^3/h
Durée de la fuite	Illimitée
Direction du rejet	horizontale

Tableau 24 : Données d'entrée pour les calculs des effets thermiques et de surpression liés à une fuite sur le réseau de biogaz

H.2.8.2. Distances des effets thermiques (flash-fire)

Les distances d'effets thermiques de l'explosion du nuage libéré par la rupture franche de la canalisation sont détaillées dans le tableau suivant. Les seuils d'effets considérés sont :

- Distance au seuil d'effets létaux significatifs = distance à la LII (Limite Inférieure d'Inflammabilité)
- Distance au seuil des premiers effets létaux = distance à la LII
- Distance au seuil d'effets irréversibles = 1,1 x distance à la LII

Seuils d'effets	Distance au seuil
Effets létaux significatifs (LIE)	< 5 m
Premiers effets létaux (LIE)	< 5 m
Effets irréversibles (1,1 x LIE)	< 5 m

Tableau 25 : Distance des effets thermiques liés à une explosion non confinée consécutive à la rupture franche d'une canalisation de transport de biogaz

Les distances sont comptées en mètres à partir du point de rejet.

Les résultats ne sont pas représentés sur un extrait cartographique car les distances d'effets sont négligeables.

H.2.8.3. Distances des effets de surpression

Les effets de surpression de l'explosion du nuage sont déterminés à l'aide de la méthode Multi-Energie avec un indice de 4 car il s'agit de l'inflammation d'un rejet de gaz peu turbulent, dans un environnement peu confiné mais encombré.

Seuils de surpression	Distance au seuil
300 mbar	Non atteint
200 mbar	Non atteint
140 mbar	Non atteint
50 mbar	< 5 m
20 mbar	< 10 m

Tableau 26 : Distance des effets de surpression liés à une explosion non confinée consécutive à la rupture franche d'une canalisation de transport de biogaz

Les distances sont comptées en mètres à partir du point de rejet.

Les résultats ne sont pas représentés sur un extrait cartographique car les distances d'effets sont négligeables.

H.2.8.4. Conclusions

Les effets létaux (140 mbar et 200 mbar / 5 kW/m² et 8 kW/m²) et les effets irréversibles (50 mbar / 3 kW/m²) restent contenus dans l'emprise du site.

H.2.9. Bilan des phénomènes dangereux

PHD	Evénement redouté	Effets	SELs	SEL	SEI	Indirects / bris vitres
1	Explosion du digesteur plein	Surpression	9 m	14 m	31 m	63 m
2	Explosion du digesteur vide	Surpression	19 m	30 m	66 m	131 m
3	Explosion du gazomètre	Surpression	NA	NA	23 m	46 m
4	Explosion non confinée consécutive à la ruine du gazomètre	Thermique	20 m	20 m	22 m	-
		Surpression	NA	NA	20 m	40 m
5	Explosion confinée dans le conteneur d'épuration	Surpression	7 m	9 m	26 m	52 m
6	Explosion confinée dans le conteneur d'injection	Surpression	NA	NA	10 m	20 m
7	Explosion non confinée / Jet enflammé consécutif à une fuite sur le réseau de biogaz	Thermique	< 5 m	< 5 m	< 5 m	-
		Surpression	NA	NA	< 5 m	< 10 m

Tableau 27 : Synthèse des distances d'effets des phénomènes dangereux modélisés

Parmi les phénomènes dangereux dont les distances d'effets ont été modélisés :

- les phénomènes dangereux PHD 2a et PHD5 engendrent des effets létaux à l'extérieur du site ;
- les phénomènes PHD 1a, PHD 2a, PHD2b, PHD3, PHD5 et PHD6 sont à l'origine d'effets a minima irréversibles à l'extérieur du site.

Il y a donc lieu d'effectuer un examen plus approfondi de ces phénomènes dans le cadre de l'analyse détaillée des risques.

Partie I - Evaluation de la gravité et de la probabilité

I.1. METHODOLOGIE

I.1.1. Evaluation de la gravité

La détermination des conséquences humaines à l'extérieur du site pour les accidents majeurs est réalisée selon les préconisations de la circulaire récapitulative du 10 mai 2010 et de la fiche 1 du guide ministériel du 28 décembre 2006 « EDD : Éléments pour la détermination de la gravité des accidents ».

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

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

I.1.2. Evaluation de la probabilité

L'arrêté du 29 septembre 2005 prévoit la possibilité de déterminer la probabilité d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux en utilisant une approche semi-quantitative, dans laquelle les probabilités d'occurrence sont exprimées en classes de probabilité.

L'échelle de cotation probabiliste définie dans l'arrêté du 29 septembre 2005 est rappelée dans le tableau suivant :

		Classe de probabilité				
		E	**D**	**C**	**B**	**A**
Type d'appréciation	**Qualitative**	« événement possible mais extrêmement peu probable »	« événement très improbable »	« événement improbable »	« événement probable »	« événement courant »
		n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un grand nombre d'années et d'installations	s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctes réduisant significativement sa probabilité	un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	s'est produit et / ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	s'est produit sur le site considéré et / ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives
	Semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place				
	Quantitative (/ unité et / an)	10-5	10-4	10-3	10-2	

I.2. EVALUATION DE LA GRAVITE ET DE LA PROBABILITE DE PHENOMENES DANGEREUX AYANT DES EFFETS HORS SITE

I.2.1. Evaluation de la gravité

L'analyse détaillée des risques montre que plusieurs phénomènes dangereux sélectionnés induisent des effets hors du site. Il convient donc d'en évaluer la gravité et la probabilité.

Scénario	Seuils d'effets	Cibles extérieures impactées	Règle comptage (cir. 10/05/2010)	Nb personnes potentiellement exposées	Gravité	Gravité retenue
PHD 1a - Explosion du digesteur plein avec toiture non éventée	50 mbar	Voie de desserte + talus	A.5.1 + A.6.	< 1 personne	Modéré	Modéré
PHD 2a - Explosion du digesteur vide avec toiture non éventée	140 mbar	Voie de desserte + talus	A.5.1 + A.6.	< 1 personne	Sérieux	Important
	50 mbar	Voie de desserte + talus + RN205		10 à 100 personnes	Important	
PHD 2b - Explosion du digesteur vide avec gazomètre en toiture	50 mbar	Voie de desserte + talus	A.5.1 + A.6.	< 1 personne	Modéré	Modéré
PHD 3 - Explosion de biogaz dans le gazomètre	50 mbar	Voie de desserte	A.5.1	< 1 personne	Modéré	Modéré
PHD 5 - Explosion confinée dans le conteneur d'épuration	200 mbar	Voie de desserte	A.5.1	< 1 personne	Important	Important
	140 mbar	Voie de desserte	A.5.1	< 1 personne	Sérieux	
	50 mbar	Voie de desserte + talus	A.5.1 + A.6.	< 1 personne	Modéré	
PHD 6 - Explosion confinée dans le conteneur d'injection	50 mbar	Voie de desserte	A.5.1	< 1 personne	Modéré	Modéré

Figure 13 : Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux majeurs

Règles de comptage :

- A.5.1. Voies de circulation automobile : 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour,
- A.6. Terrains non bâtis, très peu fréquentés : 1 personne/100 ha

I.2.2. Evaluation de la probabilité

Pour les phénomènes dangereux ayant des effets hors site, la probabilité de survenance est évaluée comme suit :

Scénario	Probabilité	Classe de probabilité retenue
PHD 1a - Explosion du digesteur plein	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	D (Très improbable)
PHD 2a - Explosion du digesteur vide avec toiture non éventée	Possible mais extrêmement peu probable – Vidange ayant lieu tous les 10 ans avec mise en place de procédures très strictes	E (Possible mais extrêmement peu probable)

Scénario	Probabilité	Classe de probabilité retenue
PHD 2b - Explosion du digesteur vide avec gazomètre en toiture	Possible mais extrêmement peu probable – Vidange ayant lieu tous les 10 ans avec mise en place de procédures très strictes	E (Possible mais extrêmement peu probable)
PHD 3 - Explosion de biogaz dans le gazomètre	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	D (Très improbable)
PHD 5 - Explosion confinée dans le conteneur d'épuration	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	D (Très improbable)
PHD 6 - Explosion confinée dans le conteneur d'injection	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	D (Très improbable)

Figure 14 : Evaluation de la probabilité des phénomènes dangereux majeurs

I.3. SITUATION DES PHENOMENES DANGEREUX AYANT DES EFFETS HORS SITE DANS LA MATRICE DE CRITICITE

Les accidents potentiels (sans tenir compte des mesures de maîtrise des risques sauf celles qui sont passives) peuvent être hiérarchisés dans une matrice « de criticité » en fonction de leur probabilité et de leur gravité.

En fonction du niveau de criticité obtenu, des mesures complémentaires peuvent être proposées.

- **Zone en rouge « NON »** : zone de risque élevé ➔ accidents « inacceptables » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site (mesures compensatoires à mettre en œuvre)
- **Zone en jaune et orange « MMR »** : zone de Mesures de Maîtrise des Risques. Les phénomènes dangereux dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ➔ zone ALARP (As Low As Reasonnably Practicable). Il est important de démontrer que toutes les mesures de maîtrise des risques ont été envisagées et mises en œuvre (dans la mesure du techniquement et économiquement réalisable).
  La gradation des cases « MMR » en " rangs ", correspond à un risque croissant, depuis le rang 1 (zones en jaune) jusqu'au rang 2 (zone en orange). Cette gradation correspond à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (rangs les plus élevés).
- **Zone en vert** : zone de risque moindre accidents « acceptables » dont il n'y a pas lieu de s'inquiéter outre mesure (le risque est maîtrisé). Pas de mesures de réduction complémentaire du risque.

Les phénomène dangereux ayant des effets hors site sont placés dans la matrice « de criticité » ci-dessous :

	Probabilité				
Gravité	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**
5 - Désastreux					
4 - Catastrophique					
3 - Important	**PHD 2a**	**PHD 5**			
2 - Sérieux					
1 - Modéré	**PHD 2b**	**PHD 1a, PHD 3, PHD 6**			

Figure 15 : Situation des phénomènes dangereux dans la matrice de criticité

Les phénomènes dangereux 1a, 3 et 6 sont situés en zone verte de la matrice de criticité. Ils sont donc considérés comme « acceptables » et ne requièrent pas de mesures complémentaires de réduction de leur probabilité.

Les phénomènes dangereux 2a et 5 sont situés en zone MMR de rang 1. Elles nécessitent la mise en œuvre de mesures de réduction des risques. Dans le cas présent, ces mesures consistent à :

- **Prévoir la mise en place du gazomètre ou de surfaces éventables** (du plus de 30% de la surface du toit et avec une pression de rupture inférieure à 100 mbar) **en toiture du digesteur**. Dans cette configuration, les effets de surpression liée à une explosion dans le digesteur plein ou vide sont ceux des phénomènes dangereux 1b (sans effet hors site) et 2b (situé en zone verte de la matrice de criticité) ;
- **Déplacer le conteneur d'épuration du biogaz de façon à l'éloigner des limites du site** (centre du conteneur à plus de 9 m des limites du site). Les effets létaux liés à une explosion dans ce conteneur ne sortent alors plus du site et ce phénomène est « relocalisé » en zone verte de la matrice de criticité.

Partie J - Conclusion

Dans le cadre du projet de création d'une unité de méthanisation attenante à la station d'épuration des Trabets, sept phénomènes dangereux ont été identifiés et modélisés. Parmi eux, cinq, à savoir l'explosion du digesteur (plein et vide), l'explosion du gazomètre, ainsi que les explosions confinées du conteneur d'épuration et du conteneur d'injection, sont considérés comme majeurs, car susceptibles d'engendrer des effets irréversibles, voire des effets létaux, au-delà des limites du site.

Les zones potentiellement exposées comprennent la voie d'accès à la station d'épuration, le talus séparant cette voie de la RN205, ainsi que la RN205 elle-même. Compte tenu de la fréquentation de ces secteurs, la gravité des phénomènes dangereux majeurs est jugée modérée à importante. La probabilité de survenance de ces événements est jugée très improbable à extrêmement peu probable.

Certains phénomènes dangereux majeurs se situent dans la zone verte de la matrice de criticité, ce qui correspond à un niveau de risque considéré comme acceptable. En revanche, deux d'entre eux figurent en zone jaune (MMR rang 1) de cette matrice et nécessitent la mise en œuvre de mesures complémentaires de maîtrise des risques. **Ces mesures correspondent notamment à la mise en place du gazomètre ou de surfaces éventables en toiture du digesteur, ainsi qu'à l'éloignement du conteneur d'épuration vis-à-vis des limites du site. Elles seront imposées aux entreprises soumissionnant au marché de conception-réalisation.**