RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ETUDE AQAMETHA – OBJECTIVER LES IMPACTS DE LA METHANISATION SUR LA QUALITE DE L'AIR

Atmo France
Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA)

RAPPORT FINAL

Mai 2025

HORIZONS

GRDF
ADEME AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

REMERCIEMENTS

Par ordre alphabétique

BRIGANT Sophie – Atmo Hauts-de-France

CHRETIEN Eve – ATMO Grand Est

COURTECUISSE Gaëtan - GRDF

CUNY-GUIRRIEC Kristan – Air Pays-de-la-Loire

DECLERCK Louise - Atmo Nouvelle-Aquitaine

DELMAS Véronique – Directrice d'Atmo Normandie et directrice référente des AASQA

DEREUX Thierry – France Nature Environnement

DERROUICHE Salim - Atmo Auvergne Rhône-Alpes

DESMETTRES Peggy – Atmo Hauts-de-France

DION Violaine – Atmo Hauts-de-France

DUBROMEL Michel - France Nature Environnement

DUCLOS Laurine – CTBM

FERREIRA Solène - GRDF

FLANQUARD Hervé - ULCO/sociologue

LAFFERERIE Anne - GRDF

LEPITRE Charlotte - Atmo France

L'HOSTIS Alice – CTBM

LOCOGE Nadine - IMT Nord Europe

NEY Marjolaine - Atmo Normandie

REBOURS Arnaud – Air Pays-de-la-Loire

ROCQ Benoit - Atmo Hauts-de-France

ROUSSEL Laure - Atmo Hauts-de-France

SALQUE MORETON Guillaume– Atmo Auvergne Rhône-Alpes

THUAL Julien - ADEME

VATINEL Arnaud – Osmanthe

VERRIELE DUNCIANU Marie - IMT Nord Europe

CITATION DE CE RAPPORT

Atmo France. 2024. Etude AQAMETHA - Objectiver l'impact de la méthanisation sur la qualité de l'air. 51 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne https://librairie.ademe.fr/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME
ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01
Numéro de contrat : 2106D0028

Projet de recherche coordonné par : ATMO France
Appel à projet de recherche : AQACIA

Coordination technique - ADEME : THUAL Julien
Direction/Service : DBER SAFA

Résumé

En France, la filière méthanisation, en plein essor, contribue à l'atteinte des objectifs nationaux de transition énergétique. Cette expansion suscite aussi des interrogations sur l'impact en termes de qualité de l'air à proximité des installations : la perception de cette composante peut diverger entre les porteurs de projet et les riverains. Dans ce contexte l'étude AQAMETHA a pour objectifs d'apporter à ces acteurs et au grand-public un panorama objectif et partagé de l'impact de la méthanisation sur des polluants cibles (l'ammoniac et l'hydrogène sulfuré) et les odeurs, et de tester l'apport d'un dispositif d'accompagnement et d'implication des riverains autour d'un projet d'unité de méthanisation en voie de mise en service.

Afin de répondre à ces objectifs, 12 unités de méthanisation ont été sélectionnées au niveau national selon des critères spécifiques répondant à un principe de représentativité du parc d'installations français. Une double approche a été effectuée par la mesure d'ammoniac (NH_3) et d'hydrogène sulfuré (H_2S) d'une part, et par des investigations olfactives en utilisant le Langage des Nez® d'autre part.
- les mesures de polluants se sont effectuées 4 semaines par unités, avec un pas de temps hebdomadaire
- les investigations olfactives se sont déroulées au cours de 2 journées par unités réparties deux fois dans l'année

Les résultats montrent que :
- les concentrations en NH_3 et H_2S sont les plus élevées en limite de propriété, avec une concentration moyenne respective de 12,5 µg/m³ et de 1 µg/m³. Dès les premières habitations sous les vents dominants, les concentrations en NH_3 sont divisées par trois, et les concentrations en hydrogène sulfuré sont proches voire en-dessous des limites de quantification de l'appareil de mesure.

- l'emprise odorante de la méthanisation peut se ressentir à une intensité qualifiée de forte dans les premiers 200 mètres autour du site, puis devient modérée à faible entre 200 et 2 000 mètres autour de l'unité, dépendamment des conditions météorologiques et de l'activité du site.

La démarche d'accompagnement et d'implication n'a, quant à elle, pas pu être menée à son terme en raison de multiples freins parmi lesquels la crainte des exploitants et des élus de raviver ou de créer des tensions auprès des riverains.

A la lumière de ces résultats, des préconisations sont effectuées à l'intention des exploitants et des porteurs de projet de méthanisation. Parmi ces préconisations, le maintien d'un canal de communication avec les riverains et les élus et considéré comme essentiel. A cet effet, le Langage des Nez® est identifié comme un outil pouvant être utilisé au service de cette communication afin de lever les freins précédemment cités.

En réponse à cette demande de communication, l'ensemble des résultats détaillés ont été valorisés dans une storymap (données organisées en cartes et graphiques présentant un récit interactif) accessible aux exploitants, aux élus et au grand-public. Cet outil de datavisualisation pourrait être alimenté par un élargissement des investigations autour d'un plus grand nombre d'unités de méthanisation afin de renforcer la première approche statistique offerte par l'étude AQAMETHA.

Abstract

In France, the methanisation sector, which is rapidly growing, contributes to achieving national energy transition goals. However, this expansion raises questions regarding its impact on air quality near units: perceptions of this issue can differ between project developers and local residents. In this context, the AQAMETHA study aims to provide stakeholders and the public with an objective and shared overview of the impact of methanisation on target pollutants (ammonia and hydrogen sulfide) and odors, while testing the benefits of a participatory process involving local residents around a methanisation unit about to be commissioned.

To meet these objectives, 12 units were selected nationwide according to specific criteria ensuring representativeness of the methanisation sector in France. A dual approach was adopted, involving the measurement of ammonia (NH_3) and hydrogen sulfide (H_2S) on the one hand, and olfactory investigations using the Langage des Nez® on the other.
- pollutant were measured during four weeks per methanisation unit, with a weekly time interval
- olfactory investigations were carried out over 2 days per unit, twice a year

The results show that:
-Concentrations of NH_3 and H_2S are highest at the property boundary, with average concentrations of 12.5 µg/m³ and 1 µg/m³, respectively. At the first residences downwind, NH_3 concentrations decrease threefold, and hydrogen sulfide concentrations are close to or below the detection limits of the measurement devices.

-The olfactory impact of methanisation can be perceived at a strong intensity within the first 200 meters around the site and becomes moderate to weak between 200 and 2 000 meters, depending on weather conditions and units activity.

-Citizen involvement could not be fully implemented due to a number of identified obstacles, including fears expressed by operators or elected officials of rekindling or creating tensions with local residents.

In light of these results, recommendations have been made for methanisation operators and project developers. Among these recommendations, maintaining a communication channel with residents and elected officials is deemed essential. In this regard, the Langage des Nez® has been identified as a tool that can be used to support this communication and help overcome the aforementioned obstacles.

In response to the demand for better communication, all detailed results have been compiled into a story map accessible to operators, elected officials, and the general public. This data visualization tool could be enhanced by expanding investigations to include a greater number of methanisation units, thereby strengthening the preliminary statistical approach provided by the AQAMETHA study.

SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude AQAMETHA 8

1.1. Intérêts et enjeux de la filière méthanisation 8

1.2. Objectifs de l'étude AQAMETHA 9

1.3. Gouvernance du projet 9

2. Méthodologie 10

2.1. Description des unités de méthanisation 10

2.1.1. Méthodologie de la sélection 10

2.1.2. Résultats de la sélection 11

2.2. Campagnes de terrain 12

2.2.1. Suivi des concentrations en NH_3 et H_2S 12

2.2.2. Suivi de la caractérisation olfactive 15

2.3. Dispositif d'accompagnement et d'implication citoyenne 18

2.3.1. Présentation du dispositif d'accompagnement 18

2.3.2. Critères de sélection d'une unité de méthanisation 19

2.4. Bancarisation des données et construction de la storymap 21

2.4.1. Bancarisation des données 21

2.4.2. Création de la storymap 21

3. Bilans principaux / Résultats obtenus 23

3.1. Suivi des polluants 23

3.1.1. Résultats pour l'ammoniac 23

3.1.2. Résultats pour l'hydrogène sulfuré 24

3.2. Suivi des odeurs 25

3.2.1. Caractérisation des odeurs à l'intérieur des unités 25

3.2.2. Evolution des odeurs dans l'environnement 33

3.3. Focus thématique du Langage des Nez® sur la méthanisation 36

3.4. Retour sur le dispositif d'implication citoyenne 37

3.4.1. Résultats de la sélection de l'unité de méthanisation et freins rencontrés 37

3.4.2. Perspectives 40

3.5. Accessibilité des données par une *storymap* en ligne 41

3.6. Valorisations de l'étude AQAMETHA 43

4. Recommandations auprès des exploitants et porteurs de projets de méthanisation 44

4.1. Gestion des stockages d'intrants 44

4.2. Bonnes pratiques d'hygiène 44

4.3. Maintien d'un canal de communication avec les riverains 44

5. Conclusions / Perspectives 45

5.1. Conclusion de l'étude 45

5.2. Conclusion vis-à-vis de la réglementation 46

5.3. Conclusion vis-à-vis de la méthodologie 46

5.4. Perspectives 46

Références bibliographiques 47

Index des tableaux et figures..... 48

Sigles et acronymes..... 49

1. Contexte de l'étude AQAMETHA

1.1. Intérêts et enjeux de la filière méthanisation

La filière biométhane, en plein essor en France, se structure de manière significative, dynamisée par les objectifs nationaux en matière de transition énergétique[1] et par les aides financières. En 2023, ce sont plus de 1 450 installations de méthanisations qui sont en fonctionnement au niveau national, avec 2 à 3 sites de méthanisation qui sont mis en service chaque semaine[2]. Cet essor induit, de fait, une expression croissante des préoccupations et des inquiétudes des riverains.

- Des interrogations sur les impacts de la méthanisation (processus de digestion, épandages) sur l'atmosphère ;
- Dans certains cas, des inquiétudes, voire de l'hostilité de la part de riverains et de collectifs, en lien avec des préoccupations telles que les odeurs, le bruit, les risques et préjudices. Cette perception peut être avérée ou supposée.

Les émissions odorantes susceptibles d'induire une gêne auprès des habitants constituent une nuisance au sens de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 31 décembre 1996. Reprise dans le code de l'environnement, la loi reconnaît comme pollution à part entière « toute substance susceptible de provoquer des nuisances olfactives excessives ».

Sur le plan de la qualité de l'air et des odeurs dans l'environnement des unités de méthanisation, les communications mises en œuvre par les promoteurs de la filière et les perceptions de riverains, collectifs et associations divergent parfois fortement, ce qui peut conduire à des clivages.

Il existe très peu de publications sur l'évaluation de la qualité de l'air et des émissions odorantes dans l'environnement des unités de méthanisation, à proximité immédiate des lieux de vie des riverains, ainsi que sur leurs perceptions en matière de gênes. Plusieurs guides parus entre 2011 et 2021[1][2][3][4][5][6][7][8] listent les bonnes pratiques de gestion de la qualité de l'air et des odeurs pour la filière méthanisation mais les retours d'expérience sont quasi inexistants.

Dans ce contexte, l'étude AQAMETHA est une étude pilote nationale d'évaluation de la qualité de l'air et des odeurs, dans l'environnement d'unités de méthanisation.

Les installations de méthanisation cristallisent souvent des inquiétudes chez les riverains, rendant les campagnes de sensibilisation et d'information dîtes "classiques" - le plus souvent basées sur la persuasion - peu efficaces voire obsolètes. Bourdin (2020)[9], met ainsi en évidence la nécessité d'appréhender les oppositions citoyennes comme faisant partie intégrante de la gouvernance territoriale, appelant à la mise en place de démarches plus participatives, tant de la part des riverains que de la part des exploitants.

Aussi, dans l'optique d'améliorer la réception des messages véhiculés par les porteurs de projets et élus lors de l'implantation de projets de méthanisation, et ainsi permettre une meilleure acceptation de tels projets par la population riveraine, l'étude AQAMETHA s'appuie sur le paradigme largement documenté de la communication engageante afin de déboucher sur des changements attitudinaux et comportementaux pérennes. Ces publications montrent qu'un message a plus de chance d'être entendu et de découler sur de nouveaux comportements s'il est précédé par un ou des actes préparatoires engageants, consistants, avec le comportement cible.

Les nuisances olfactives étant l'un des principaux freins à l'acceptabilité locale en ce qui concerne les projets de méthanisation, l'implication conjointe des individus et des exploitants dans une démarche de suivi des odeurs objectivée par une formation de nez, ainsi que la mise à disposition d'une plateforme de signalement, constituent des outils susceptibles d'entraîner une répercussion directe en termes d'amélioration de l'acceptabilité.

Enfin, l'étude présente un intérêt général car elle vise à fournir une information à l'ensemble de la filière méthanisation et au grand public. Ses résultats permettent d'appuyer le nécessaire effort de pédagogie, de dialogue et d'engagement entre riverains et exploitants autour des projets de méthanisation.

[1] https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/loi-energie-climat#textes-6
[2] https://lesprofessionnelsdugaz.com/particulier/lessor-exceptionnel-de-la-methanisation-en-france

1.2. Objectifs de l'étude AQAMETHA

Compte-tenu des différents facteurs énoncés ci-dessus, les objectifs de l'étude AQAMETHA sont multiples :

- Améliorer les connaissances sur les niveaux de pollution de l'air et les odeurs dans l'enceinte et autour d'unités de méthanisation ;
- Objectiver les désagréments et craintes (passer du ressenti à une caractérisation objective) et répondre aux interrogations des acteurs de la filière (promoteurs, associations, opposants…) ;
- Capitaliser les résultats de l'étude et les valoriser auprès des porteurs de projets, des exploitants, des collectivités, des riverains et du grand public ;
- Etudier l'apport d'un dispositif de formation et d'un accompagnement personnalisé des riverains dans l'acceptation de la mise en place de projets de méthanisation.

La finalité de l'étude AQAMETHA est d'**établir et de partager un premier panorama objectif, à l'échelle nationale, sur le lien qui peut exister entre la méthanisation, la qualité de l'air et les odeurs.** Cette étude consiste également à évaluer en quoi l'implication précoce des riverains, en dialogue avec les exploitants dans le montage d'un projet de méthanisation et dans la sensibilisation à la qualité de l'air, permettrait de contribuer à améliorer l'acceptabilité de la filière auprès des riverains.

1.3. Gouvernance du projet

Afin de mener à bien les objectifs précédemment cités, l'étude AQAMETHA a été pilotée par 4 lots :

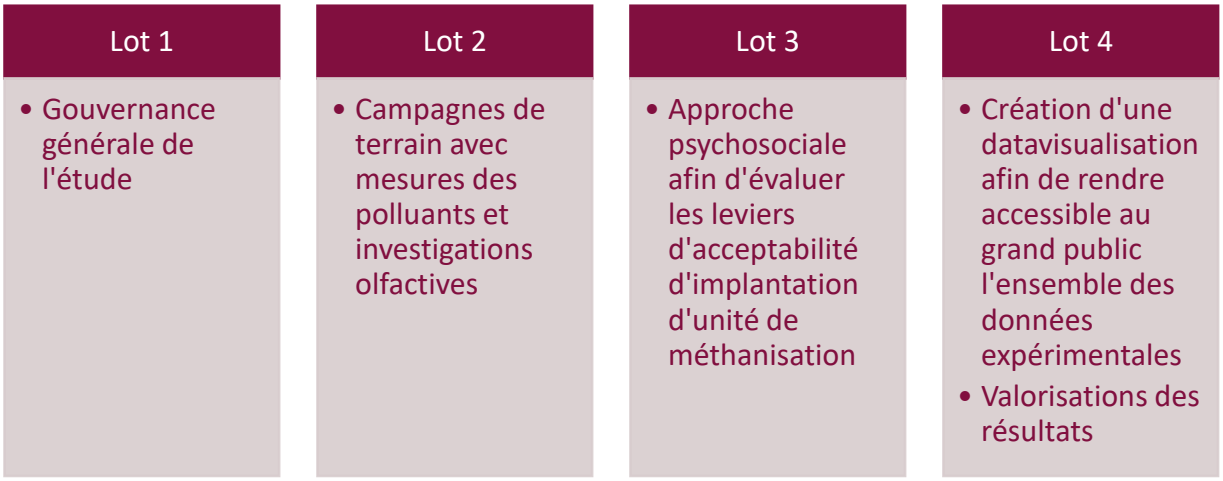

Figure 1. Organisation générale de l'étude AQAMETHA

Dans l'objectif de garantir un suivi objectif de l'ensemble de ces lots, un comité de pilotage (COPIL) et un comité technique (COTECH) ont accompagné la réalisation de l'étude AQAMETHA. Certaines régions ont mise en place un COTECH régional afin de faciliter les échanges entre les partenaires au niveau régional.

La pluralité des représentants du COPIL (GRDF, FNE, IMT Nord Europe, CTBM, Université ULCO) garantit l'expertise, l'indépendance et la transparence des orientations de l'étude AQAMETHA, de sa méthodologie et des résultats qui en sont issus.

2. Méthodologie

2.1. Description des unités de méthanisation

2.1.1. Méthodologie de la sélection

Afin de maîtriser les coûts de l'étude AQAMETHA, un principe de 12 unités investiguées au total a été retenu (2 unités par région participante). Dans l'objectif d'aboutir à un échantillonnage le plus représentatif des unités de méthanisation en France, un état des lieux national des caractéristiques des unités a été réalisé en 2021 à partir des ressources suivantes :

- La base de données nationale SINOE, fournie par l'ADEME ainsi que des données régionales mises à disposition par l'association AILE dans les Pays de la Loire et RAEE en Auvergne-Rhône-Alpes
- Deux documents :
    - ADEME-Observ'ER - Chiffres clés du parc d'unités de méthanisation en France au 1 janvier 2021 – mai 2021 ;
    - Les chiffres clés concernant les installations de biométhane en projet en France ;
- Les informations issues de deux entretiens, le premier avec Julien Thual de l'ADEME nationale (référent méthanisation) et un second avec Gary Lucarelli de l'association AILE.

Ces éléments d'entrée ont contribué à l'élaboration d'une méthodologie de sélection des 12 unités basée sur les 5 principes suivants :

1e principe : les typologies « couverture de fosse », « déchets ménagers » et ISDND sont exclues de l'échantillon AQAMETHA ; la dynamique actuelle et future de la filière se faisant sur les autres typologies : à la ferme, centralisée, STEU, industrielle IAA.

2e principe : les typologies « à la ferme » et « centralisée » sont priorisées compte tenu de leur « poids », de leur dynamique de progression et de la part des effluents agricoles sur l'ensemble des substrats et seront donc représentées sur chacune des 6 régions. Les typologies STEU et industrielle IAA sont conservées mais ne seront pas présentes sur chacune des 6 régions.

3e principe : considérant la répartition au 1 janvier 2021 et la dynamique nette en faveur de l'injection, l'échantillon final des 12 unités est réparti avec une majorité des unités valorisant le biogaz avec injection.

4e principe : en première approche, ce paramètre n'étant pas pris en compte dans les ressources examinées, le caractère potentiellement odorant ou peu odorant de l'unité est pris en compte et évalué selon la grille suivante :

Paramètres évalués	Potentiellement odorant
Traitement d'effluents de type : lisier de canard, déchets d'abattoirs (sang, viscères, refus de dégrillage…), graisses animales, lisiers de porc, …	Oui
Stockage à l'air libre	Oui
Stockage des effluents en bâtiment fermé et ventilé	Non
Présence d'un système de traitement des gaz (biofiltre, laveur)	Non

5e principe : dans l'échantillon final et en respectant le principe de l'adhésion de l'exploitant au programme AQAMETHA, sont retenus 2 établissements avec un contexte sensible (plaintes, opposition) en lien avec les odeurs. L'intégration de ce type de contexte permet de répondre aux attentes d'une partie de la société civile.

Sur cette base, les partenaires de l'étude AQAMETHA ont collectivement sélectionné les 12 unités en veillant à respecter les 5 principes, cela en s'appuyant également sur des relais régionaux (représentants de la filière, porteurs de projet, associations, ...).

2.1.2. Résultats de la sélection

Le choix final des unités de méthanisation a été validé en COPIL, dans un objectif de consensus.

Les 12 unités investiguées en 2022 et en 2023 sont présentées dans le tableau suivant :

2022						
Région	**Normandie**	**Grand Est**	**Hauts-de-France**	**Nouvelle-Aquitaine**	**Pays de la Loire**	**Auvergne-Rhône-Alpes**
Ville (n° département)	Etreville (27)	Lusigny sur Barse (10)	La Chaussée Tirancourt (80)	Préchacq-Navarrenx (64)	Château-Gontier-sur-Mayenne (53)	Saint-Laurent-Chabreuges (43)
Nom structure	SAS Agri-Energie	LAUNOY ETA	EARL Four à Chaux	SARL Méthalayou	Biogaz du Pays de Château-Gontier	Agribrivamethe a
Typologie	Centralisée	A la ferme	A la ferme	Centralisée	Centralisée	A la ferme
Valorisation	Co-génération	Injection	Co-génération	Injection	Injection	Injection
2023						
Région	**Normandie**	**Grand Est**	**Hauts-de-France**	**Nouvelle-Aquitaine**	**Pays de la Loire**	**Auvergne-Rhône-Alpes**
Ville (n° département)	Messei (61)	Coussey (88)	Quelmes (62)	Saint-Antoine-de-Breuilh (24)	Treize-Vents (85)	Reventin-Vaugris (38)
Nom structure	Méthan-Agri	G3 Environnement	Quelmes Energie	Cap Vert Bioénergie de Breuilh	SAS 13 Vents Energies	Station Epuration de Vienne-Sud
Typologie	Centralisée	A la ferme	Centralisée	Centralisée	A la ferme	STEP
Valorisation	Injection	Co-génération	Injection	Injection	Co-génération	Injection

Tableau 1 : sélection des 12 unités de méthanisation

Une convention de partenariat a été signée entre chaque AASQA et les exploitants des unités sélectionnées. Cet accord de partenariat mentionne explicitement :

- Le cadre et les objectifs du projet AQAMETHA ;
- L'organisation des interventions (types de mesures, polluants mesurés, périodes d'échantillonnage) ;
- La transmission et l'exploitation des données de chacune des parties ;
- L'autorisation de mentionner le nom des exploitations dans les résultats de l'étude.

Sur les 12 unités de méthanisation investiguées au cours du projet :

- 5 sont des unités à la ferme, 6 sont des unités centralisées, et 1 unité est une station d'épuration (STEP)
- 4 unités valorisent leur énergie en cogénération et 8 unités en injection

Les intrants sont divers, majoritairement des effluents agricoles et des CIVE (en cohérence avec la situation nationale). Cela a assuré une bonne représentativité des unités existantes. Les intrants détaillés par unité sont précisés dans la datavisualisation, accessible sous ce lien.

L'emplacement des méthaniseurs sélectionnés est présenté dans la carte ci-dessous.

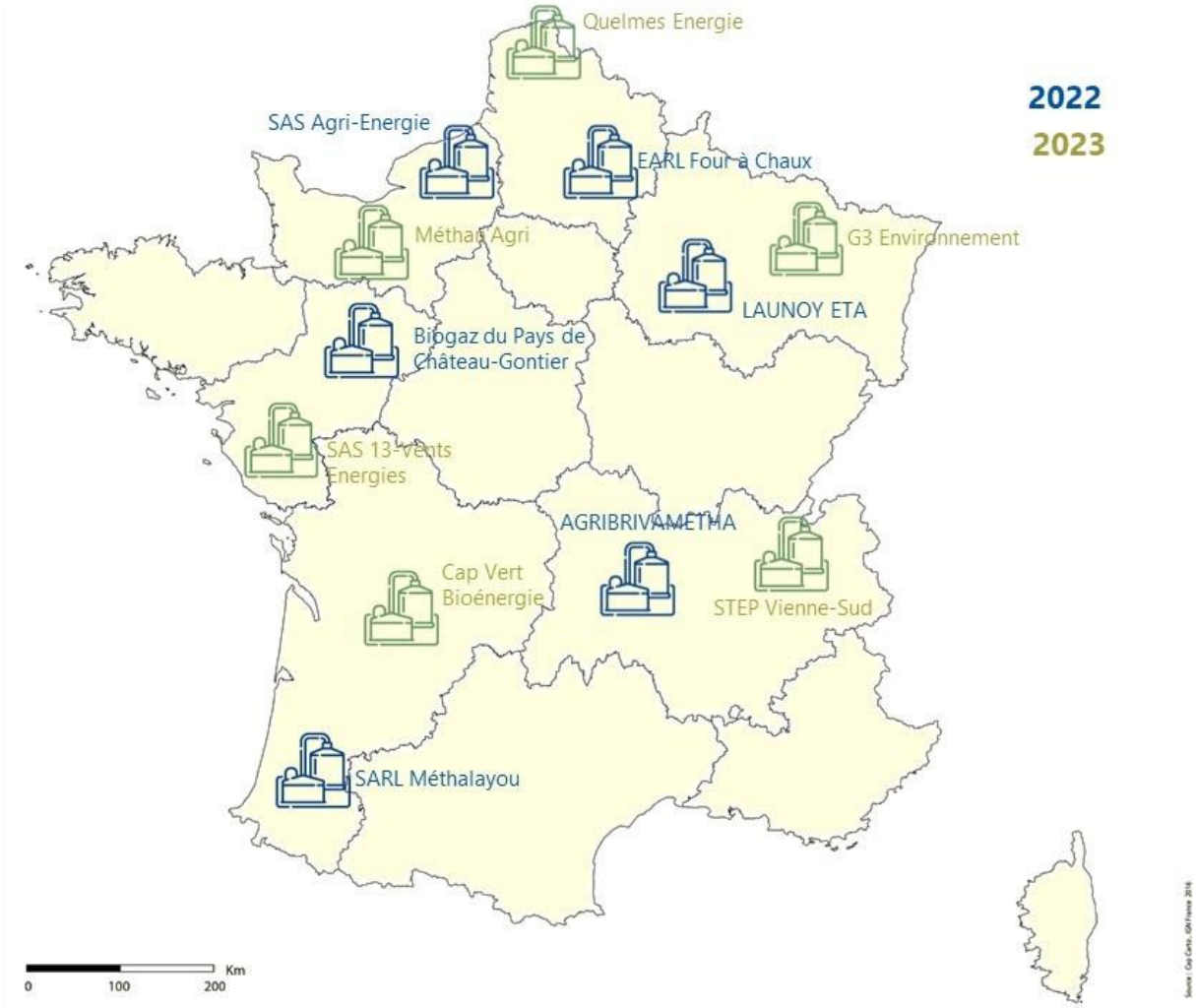

Figure 2. Emplacement des méthaniseurs sélectionnés pour les campagnes de 2022 et 2023

2.2. Campagnes de terrain

2.2.1. Suivi des concentrations en NH_3 et H_2S

L'ammoniac (NH_3) et l'hydrogène sulfuré (H_2S) sont deux polluants pouvant être émis par les activités de méthanisation, liés à la dégradation de la matière organique. Des émissions fugitives de ces gaz atmosphériques peuvent se produire au niveau des digesteurs. En outre, ces gaz présentent un potentiel odorant important, et des enjeux sanitaires avérés tels que des symptômes d'irritations du système respiratoire chez les personnes exposées[10]. L'ammoniac est également une source de particules secondaires responsables d'épisodes de pollution atmosphériques pouvant être observés au printemps.

Ces polluants atmosphériques ne sont pas réglementés au niveau national, mais il existe deux valeurs de référence :

- Une **valeur toxicologique de référence** (VTR) pour l'ammoniac, établie à 500 µg/m³ en moyenne annuelle
- Une **valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé** pour l'hydrogène sulfuré, établie à 150 µg/m³ en moyenne journalière

2.2.1.1. Mesures par tubes à diffusion passive

Les mesures de NH_3 et de H_2S sont respectivement assurées au moyen de tubes passifs de type Radiello® 168 et 170 (voir figure 3 et Tableau 4) :

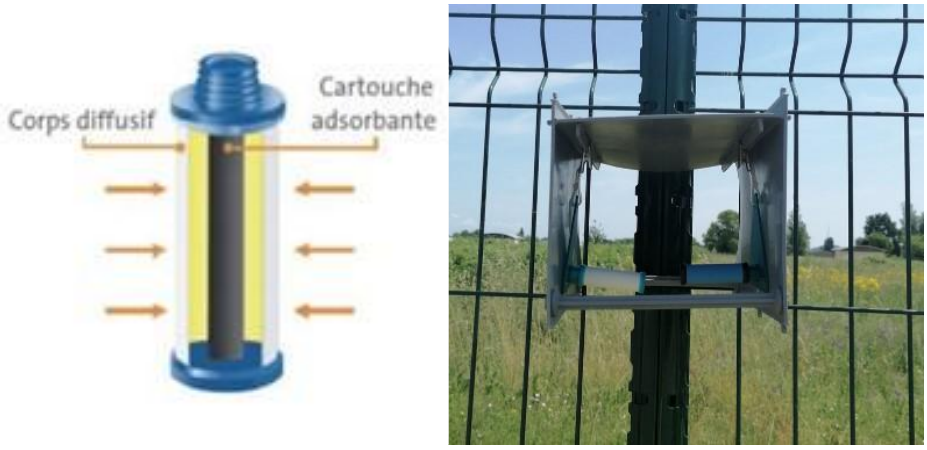

Figure 3 : (gauche) système de prélèvement passif utilisé pour la mesure des polluants atmosphériques cibles du projet. (droite) déploiement des tubes passifs sur le terrain

Cette méthode de mesure est basée sur le transport par diffusion moléculaire des polluants de l'air extérieur vers une zone de piégeage constituée d'une cartouche adsorbante spécifique. L'ammoniac et l'hydrogène sulfuré sont ainsi retenus et s'accumulent sur cette cartouche. Le tube à diffusion passive est exposé dans l'air ambiant pendant une semaine puis envoyé en laboratoire pour analyse. Ces analyses sont accréditées COFRAC par le laboratoire partenaire (TERA Environnement) selon le référentiel NF EN ISO-CEI 17025.

	Méthode de prélèvement	Méthode d'analyse
NH_3	La cartouche du tube passif est un tube en polyéthylène microporeux imprégné d'acide phosphorique. L'ammoniac est piégé sous forme d'ion ammonium.	L'ammonium réagit avec le phénol et l'hypochlorite de sodium sous l'effet catalytique du pentacyanonitrosylferrate (cyanoferrate), en produisant de l'indophénol, qui présente une coloration bleue intense.
H_2S	La cartouche est en polypropylène microporeux imprégné d'acétate de zinc. Le sulfure d'hydrogène est chimiabsorbé sous forme de sulfure de zinc stable.	Le sulfure est récupéré avec de l'eau en présence d'un oxydant, tel que le chlorure ferrique. Dans un milieu très acide, il réagit avec l'ion N,N-diméthyl-phénylènediammonium en produisant du bleu de méthylène, dont la concentration est mesurée par spectrophotométrie visible.

Tableau 2 : méthode d'analyse du NH_3 et du H_2S par prélèvements passifs

A réception des analyses du laboratoire, les résultats des campagnes de mesure font l'objet d'une validation selon les critères du LCSQA[3], puis sont intégrés dans la base de données construite dans la datavisualisation.

2.2.1.2. Sites et périodes de mesures

Pour chaque unité de méthanisation, les mesures d'ammoniac et d'hydrogène sulfuré sont effectuées sur quatre zones différentes: trois de ces zones sont situées sous les vents dominants en provenance de l'unité de méthanisation et une est en-dehors afin de servir de référence.

- **Zone 1 :** site témoin, situé hors vents dominants, et suffisamment éloigné de l'unité pour ne pas être influencé par ses activités
- **Zone 2 :** en limite de propriété de l'unité de méthanisation, sous les vents dominants
- **Zone 3 :** à proximité des premières habitations situées sous les vents dominants
- **Zone 4 :** au centre-bourg du village, sous les vents dominants

[3] Guide méthodologique pour la validation des données de mesures à analyse différée, LCSQA, 2020. https://www.lcsqa.org/fr/rapport/guide-methodologique-validation-des-donnees-de-mesures-analyse-differee

La figure ci-dessous représente une unité de méthanisation dans son environnement (habitations, champs agricoles) et la localisation des 4 zones de mesures.

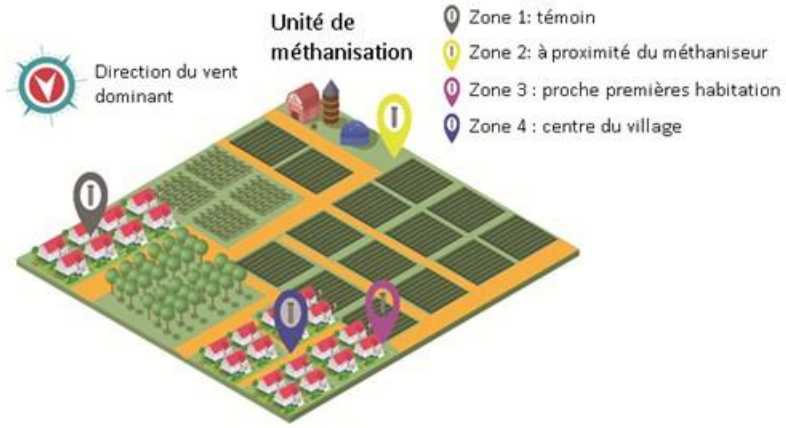

Figure 4 : stratégie de mesure des polluants atmosphériques autour d'une unité de méthanisation

Les prélèvements sont effectués sur deux séquences de 14 jours chacune. Pour chaque séquence, les mesures sont hebdomadaires (soit 2 moyennes hebdomadaires par séquence). La première séquence a lieu en été et l'autre en automne afin de tenir compte du contraste saisonnier qui peut influencer la formation et la dispersion des polluants.

Les périodes de mesure réalisées autour de chaque unité sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Unité	Mesure des polluants (NH_3 et H_2S)
SAS Agri-Energie	Du 10 juin au 24 juin 2022 et du 5 octobre au 19 octobre 2022
LAUNOY ETA	Du 13 juin au 27 juin 2022 et du 17 octobre au 31 octobre 2022
EARL Four à Chaux	Du 4 juillet au 18 juillet 2022 et du 3 octobre au 17 octobre 2022
SARL Méthalayou	Du 23 juin au 7 juillet 2022 et du 20 octobre au 3 novembre 2022
Biogaz du Pays de Château Gontier	Du 10 juin au 24 juin 2022 et du 11 octobre au 26 octobre 2022
Agribrivametha	Du 8 juin au 22 juin 2022 et du 4 octobre au 18 octobre 2022
Méthan'Agri	Du 27 juin au 11 juillet 2023 et du 17 octobre au 31 octobre 2023
G3 Environnement	Du 19 juin au 3 juillet 2023 et du 16 octobre au 30 octobre 2023
Quelmes Energies	Du 3 juillet au 17 juillet 2023 et du 9 octobre au 23 octobre 2023
Cap Vert Bioénergie de Breuilh	Du 30 mai au 13 juin 2023 et du 9 octobre au 23 octobre 2023
SAS 13 Vents Energies	Du 2 juin au 16 juin 2023 et du 17 octobre au 31 octobre 2023
Station d'épuration de Vienne-Sud	Du 30 mai au 13 juin 2023 et du 28 septembre au 12 octobre 2023

Tableau 3 : périodes de mesure des polluants atmosphériques pour chacune des 12 unités investiguées

2.2.2. Suivi de la caractérisation olfactive

2.2.2.1. Méthodologie de la caractérisation olfactive

Compte tenu de la complexité du ressenti olfactif (multiplicité des substances odorantes et des sources, grande variabilité des perceptions et des ressentis de gêne), la méthode du Langage des Nez®, diffusée par Atmo Normandie, a été utilisée pour réaliser la caractérisation olfactive des unités de méthanisation et le suivi environnemental des odeurs. Les olfactions ont été réalisées par des juges formés, de niveau qualifié, selon le protocole de formation proposé par la société OSMANTHE. Il s'agit d'une méthode standardisée de suivi olfactif reposant sur une structuration de l'espace odorant et l'utilisation d'une collection organisée de référents odorants objectifs.

La caractérisation olfactive est effectuée par positionnement de la qualité odorante parmi le référentiel odorant (recherche du référent odorant le moins éloigné de la qualité perçue). Cette méthode permet de caractériser les perceptions olfactives selon leur nature et leur intensité en s'affranchissant partiellement de leur caractère subjectif.

Elle présente des avantages certains :

- Elle évite la confusion entre qualité de l'odeur et gêne olfactive
- Elle permet de rapporter objectivement les intensités odorantes à des caractéristiques qualitatives spécifiques
- Elle permet de lier les caractères odorants avec les sources (avec la recherche de caractéristiques communes ou distinctes des différentes sources)
- Elle permet de suivre l'évolution de qualité odorante avec la distance
- Elle est d'autre part très utile pour le suivi dans le temps des nuisances odorantes

La figure ci-dessous présente le référentiel du Langage des Nez® spécifique à la méthanisation.

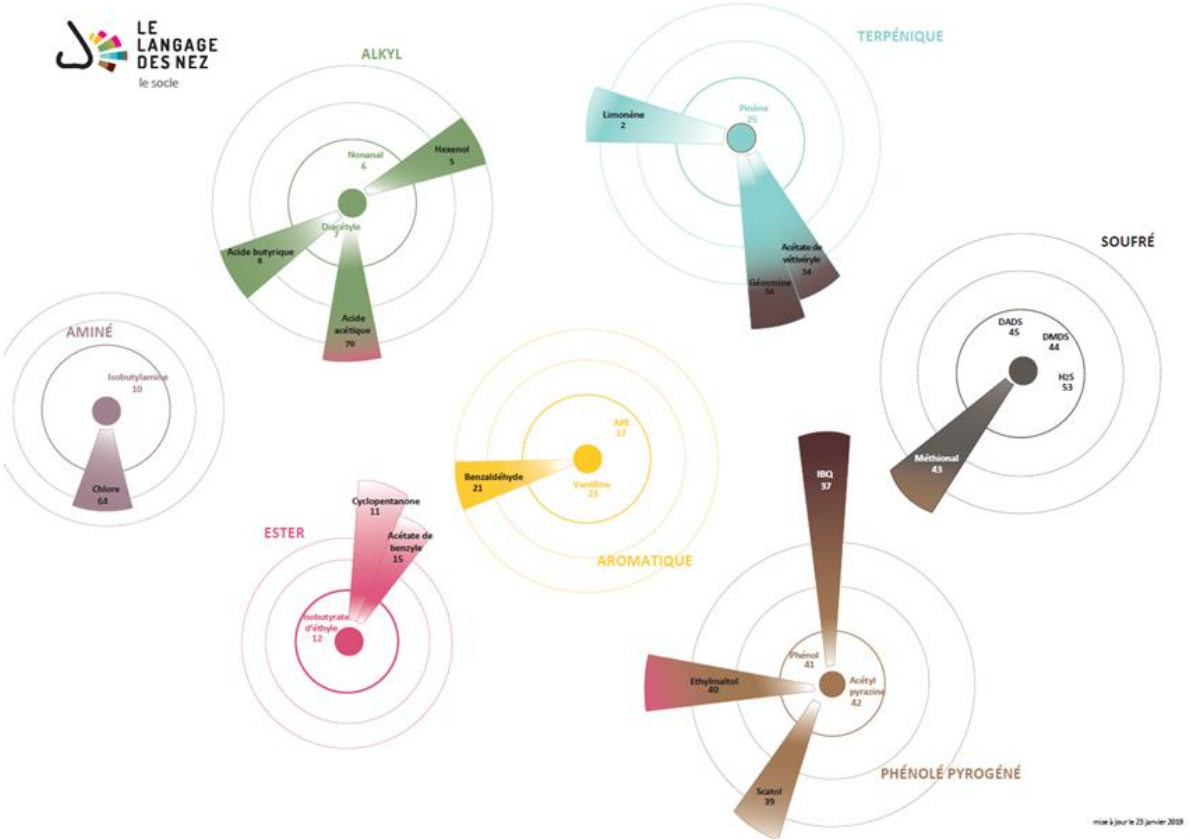

Figure 5 : référentiel du socle du Langage des Nez®

Des exemples de sources caractéristiques de ces notes odorantes sont fournies dans le tableau ci-dessous. Certaines notes odorantes spécifiques au langage des Nez de la méthanisation peuvent être retrouvées dans d'autres contextes (boues et stations d'épuration par exemple).

Note	Principales origines (liste non exhaustive)
Isobutylamine*	référent accompagnant de nombreux phénomènes de dégradation organique, proche de l'ammoniac
Ammoniac	référent relatif à la présence du gaz ammoniac dont la perception olfactive peut être accompagnée d'une perception « irritante »
Nonanal*	référent en relation avec la présence de chaînes grasses (huiles en particulier)
Diacétyle*	référent en relation avec la présence de chaînes grasses en particulier d'origine laitière
Butanol	référent naturellement présent dans certains fruits et autres végétaux , pouvant également être associé à certains phénomènes de dégradation biochimique (présence d'alcools)
Acide volatil	référent en relation avec la dégradation de chaînes grasses, très présent dans le traitement des déchets, dans de nombreux produits fermentés, dans les déjections animales
Isobutyrate d'éthyle*	référent caractéristique d'esters présents dans divers contextes et pouvant être associé à des phénomènes de biodégradations (déchets industriels et agroalimentaires notamment)
Cyclopentanone	référent caractéristique des esters présents dans les solvants, souvent associés aux industries utilisant des solvants (concessions automobiles, peintures, pétrochimie)
Acétate de benzyle	référent caractéristique des esters naturellement présents dans les végétaux et les fruits . On le retrouve dans l'industrie chimique, la fabrication d'encre, de plastiques, de laques, …
Alcool cinnamique	référent intermédiaire entre des notes esters et aromatiques, se retrouve dans le monde végétal . Également généré par les opérations d'ensilage et présent dans la décomposition des matières organiques dans le fumier
β-Caryophyllène	référent présent dans de nombreux végétaux en particulier dans l'univers des épices et aromates
Géosmine*	référent associé à la dégradation de matières d'origine végétale, très présent dans la terre et le traitement de l'eau et des déchets
Styrène	référent présent dans l'univers de la chimie et de la fabrication des polymères et naturellement dans certains produits alimentaires (thé, café, fruits secs, …)
IBQ*	référent relatif à certains hétérocycles azotés, caractéristique de substances présentes dans la terre et certains végétaux, très présent dans l'univers du traitement de l'eau et des déchets
Ethyl maltol*	référent associé à la présence d'hétérocycles oxygénés (furanes, pyranes), souvent présent dans des contextes agroalimentaires mettant en jeu des sucres et des phénomènes de cuisson
Pyrazine*	référent caractéristique de certains hétérocycles azotés présents en particulier dans de nombreux phénomènes de séchage ou de cuisson (réaction de Maillard)
Scatol*	référent associé à la présence d'hétérocycles azotés, souvent présent dans des phénomènes de dégradations organiques
Phénol*	référent représentatif d'un ensemble de composés proches du phénol (incluant les crésols), caractéristiques des bitumes, goudrons, désinfectants, pigments, fumées
DMDS*	référent soufré, rencontré dans de multiples contextes (en particulier dans l'univers pétrolier)
DADS*	référent soufré, présent naturellement dans certains végétaux (ail), également généré lors de dégradations organiques ou dans des contextes pétroliers et pétrochimiques
H_2S*	référent soufré, très présent dans l'univers du pétrole ainsi que lors de la fermentation anaérobie de nombreuses substances organiques soufrées caractéristiques dans le domaine de la méthanisation
Sulfure de limonène	référent soufré et terpénique, retrouvé naturellement dans le pamplemousse mais également très présent dans l'univers du pétrole et de la pétrochimie

Tableau 4 : référents odorants utilisés pour caractériser les odeurs du méthaniseur (source : Osmanthe, société spécialisée en expertise olfactive). Le code couleur correspond au code couleur des pôles odorants du référentiel du Langage des Nez®.

À noter que les noms des référents et des pôles utilisés dans le Langage des Nez© ne doivent pas être associés à des molécules spécifiques. L'étude porte sur le caractère odorant et non sur une analyse chimique.

Les intensités de chaque note odorante relevée sont caractérisées selon une échelle quantitative pouvant être décrite subjectivement selon des ressentis (voir ci-dessous). Cette traduction à vertu pédagogique a été rendue possible grâce aux 50 experts du Langage des nez formés à l'analyse olfactive en Haute-Normandie

Intensité	Ressentis	Qualificatif
1	**odeur extrêmement faible, indéfinissable**	**faible**
2	**odeur perçue si connue et avec un flairage soigneux**	
3	**odeur perçue par un simple flairage**	
4	odeur perceptible sans flairage (dans la respiration normale)	moyen
5	odeur perçue même lorsque l'attention est portée ailleurs	
6	odeurs gênant les autres activités intellectuelles	fort
7	odeur incontournable polarisant l'attention	
8	odeur très puissante rendant l'olfaction difficile	très fort
9	odeur si forte qu'elle contraint à limiter ses inspirations	
10	odeur trop puissante pour être supportable (fuite)	

Tableau 5 : échelle des intensités et ressentis associés aux notes odorantes (source : Osmanthe, société spécialisée en expertise olfactive)

2.2.2.2. Protocole de réalisation des olfactions :

Chaque investigation a été réalisée par au moins 2 experts en analyse olfactive des Associations Agrées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et/ou de la société OSMANTHE, formés au Langage des Nez®. L'équipe d'olfaction a été accueillie par l'exploitant de l'unité de méthanisation et a pu échanger sur la nature et l'occurrence des gênes olfactives, et les éventuelles remontées des riverains.

Les investigations ont consisté en deux parcours complémentaires :

- Un circuit olfactif intérieur (dans l'enceinte des unités de méthanisation) : ce circuit a été effectué accompagné de l'exploitant du site. Chacune des douze unités a été investiguée selon un protocole similaire, avec 17 points d'olfactions standards au plus proche de chaque process, afin de permettre leur caractérisation olfactive ;
- Un circuit olfactif extérieur : ce circuit consiste à effectuer une cartographie olfactive de l'environnement autour du site de méthanisation, au-delà du périmètre de l'exploitation. Une analyse olfactive est réalisée en chaque point de l'environnement pour lequel une odeur est perçue et/ou présumée, en privilégiant systématiquement les zones habitées sous les vents de l'exploitation au moment des investigations.

Ces parcours permettent de répondre aux objectifs suivants :

- Etablir le **profil olfactif intérieur de chaque unité de méthanisation,** afin d'identifier les notes odorantes les plus caractéristiques ;
- Cartographier dans l'environnement extérieur les points odorants ;
- Mettre en relation les points odorants dans l'environnement avec les profils olfactifs à l'intérieur des unités de méthanisation, afin d'identifier la **portée olfactive de chaque exploitation dans son environnement.**

Pour chaque point d'olfaction ont été relevés : la ou les notes odorantes, leur intensité, le positionnement GPS, l'heure de la perception et les sources potentielles de la perception.

Pour le circuit olfactif dans l'environnement, les paramètres météorologiques locaux (direction et vitesse du vent) étaient également relevés à l'aide de girouettes et sur chaque point où une olfaction a été effectuée. En l'absence de ces instruments sur le terrain, les données météorologiques de la station Météo-France la plus proche ont été utilisées.

Les olfactions ont été réalisées *a minima* sur 2 journées, l'une en été, l'autre en automne, en parallèle des périodes de mesure des polluants atmosphériques. Le tableau ci-dessous détaille les journées d'olfactions par unité.

Unité	Mesure des polluants (NH_3 et H_2S)	Tournées olfactives
SAS Agri-Energie	Du 10 juin au 24 juin 2022 et du 5 octobre au 19 octobre 2022	2 juin 2022, 14 juin 2022, 5 octobre 2022 et 20 octobre 2022
LAUNOY ETA	Du 13 juin au 27 juin 2022 et du 17 octobre au 31 octobre 2022	15 et 16 juin 2022, puis 18 et 19 octobre 2022
EARL Four à Chaux	Du 4 juillet au 18 juillet 2022 et du 3 octobre au 17 octobre 2022	1er juin 2022 et 27 octobre 2022
SARL Méthalayou	Du 23 juin au 7 juillet 2022 et du 20 octobre au 3 novembre 2022	22 et 23 juin 2022, puis 26 et 27 octobre 2022
Biogaz du Pays de Château Gontier	Du 10 juin au 24 juin 2022 et du 11 octobre au 26 octobre 2022	10 juin 2022 et 4 novembre 2022
Agribrivametha	Du 8 juin au 22 juin 2022 et du 4 octobre au 18 octobre 2022	4 juillet 2022, 24 octobre 2022 et 24 novembre 2022
Méthan - Agri	Du 27 juin au 11 juillet 2023 et du 17 octobre au 31 octobre 2023	27 juin 2023, 4 juillet 2023 et 17 octobre 2023
G3 Environnement	Du 19 juin au 3 juillet 2023 et du 16 octobre au 30 octobre 2023	28 et 29 juin 2023, puis 17 et 18 octobre 2023
Quelmes Energies	Du 3 juillet au 17 juillet 2023 et du 9 octobre au 23 octobre 2023	4 juillet 2023 et 11 octobre 2023
Cap Vert Bioénergie de Breuilh	Du 30 mai au 13 juin 2023 et du 9 octobre au 23 octobre 2023	8 juin 2023 et 19 octobre 2023
SAS 13 Vents Energies	Du 2 juin au 16 juin 2023 et du 17 octobre au 31 octobre 2023	13 juin 2023 et 13 octobre 2023
Station d - épuration de Vienne-Sud	Du 30 mai au 13 juin 2023 et du 28 septembre au 12 octobre 2023	5 juin 2023 et 9 octobre 2023

Tableau 6 : périodes d'olfactions pour chacune des 12 unités investiguées

2.3. Dispositif d'accompagnement et d'implication citoyenne

2.3.1. Présentation du dispositif d'accompagnement

L'étude AQAMETHA avait également pour objectif d'évaluer l'impact d'un dispositif d'accompagnement et d'implication des riverains d'une unité de méthanisation en cours d'installation, tant sur leur perception des odeurs et sur leurs connaissances des sources de ces dernières que sur leur acceptation de l'installation de biogaz.

Dans cette perspective, le dispositif de médiation élaboré en vue d'accompagner la mise en place d'un projet de méthanisation comprenait :

- Une formation de sensibilisation à la qualité de l'air (1 session de 2h) afin de donner aux participants des bases de connaissances sur la qualité de l'air, les sources de pollution, les enjeux de la pollution atmosphérique ainsi que les liens avec les problématiques odeurs.

- Une formation odeur (6 sessions de 2h) + une séance de révision (2h) pour rendre acteurs les participants dans la surveillance des odeurs et de les remettre ainsi dans une position de contrôle vis-à-vis de leur cadre de vie.
- Une formation à l'utilisation de la plateforme ODO/Signal'Air (1 session de 2h)
- La mise à disposition de la plateforme ODO/Signal'Air sur toute la durée de l'expérimentation permettant aux participants de s'impliquer dans le signalement des odeurs sur le territoire d'étude.
- La restitution des résultats obtenus grâce aux signalements des participants (présentation des rétro-trajectoires des signalements, etc.) à différents temps de l'accompagnement, en 3 temps :
    - 6 mois après les différentes formations, avant la mise en marche du méthaniseur : état des lieux de l'existant. Une séance de révision au langage des Nez® sera proposée aux participants ;
    - 6 mois après la mise en fonctionnement du méthaniseur
    - 12 mois après la mise en fonctionnement du méthaniseur

En vue de pouvoir évaluer l'apport de l'accompagnement proposé, trois temps d'échange, en focus groups, étaient prévus avec les volontaires : avant, pendant et en aval de l'expérimentation.

- **T0** : En amont de la mise en service du méthaniseur et des différentes formations pour 1) évaluer les connaissances des 20 participants vis-à-vis de la qualité de l'air mais aussi de la problématique odeur ; 2) questionner leurs perceptions vis-à-vis de leur exposition ; 3) interroger leurs perceptions concernant le projet de méthanisation et leurs craintes liées aux odeurs.
- **T1** : A la suite de la première restitution, préalablement à la mise en fonctionnement du méthaniseur afin de sonder les participants sur l'évolution des perceptions vis-à-vis de leur qualité de l'air et de la problématique odeur.
- **T2** : A la suite de la troisième restitution, 12 mois après l'installation du méthaniseur, afin d'évaluer l'acceptation du méthaniseur a posteriori, d'échanger sur l'accompagnement proposé et sur la démarche dans sa globalité.

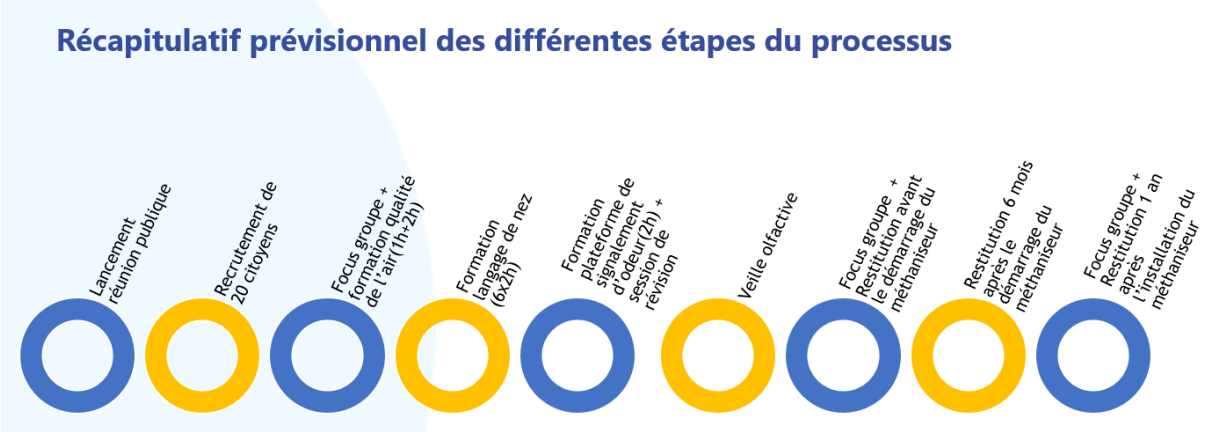

Figure 6 : récapitulatif prévisionnel des différentes étapes du processus du Lot 3

2.3.2. Critères de sélection d'une unité de méthanisation

La première phase de ce volet impliquait la sélection de l'unité de méthanisation servant de point focal pour la consultation des citoyens sur une période de 2 ans. Le choix de cette unité devait répondre à des critères spécifiques d'éligibilité. Pour ce faire, les partenaires de l'étude AQAMETHA ont utilisé leur compréhension approfondie du territoire des AASQA ainsi que des différents acteurs locaux avec lesquels ils collaborent étroitement dans le cadre de leurs missions de surveillance, d'information et de sensibilisation.

La sélection d'une unité de méthanisation devait répondre aux critères précis ci-dessous :

- Une mise en service du site, permettant la réalisation amont du recrutement et la mise en place des formations évoquées précédents avec un délai minimum de 6 mois en amont
- Aucun autre méthaniseur implanté sur le secteur ;
- Premières habitations à moins de 1km – avec une densité de population d'environ 2 000 habitants dans un rayon de 1 km (critères revus à 1 000 habitants jusqu'à 2km en cours de recherche) ; en effet au-delà de cette distance les odeurs ne sont généralement plus ressenties ;
- Adhésion du maire et de l'exploitant, qui seront impliqués dans le dispositif de sensibilisation ;
- Pas d'autres sources fortement odorantes à proximité de l'unité afin de limiter les autres sources odorantes susceptibles de perturber les olfactions ;

- Être située sur un territoire avec un problème d'acceptabilité raisonnable vis-à-vis de l'unité de méthanisation qui justifierait la mise en place du dispositif

Au-delà du choix du méthaniseur, il s'agissait pour les partenaires du projet de créer les conditions de réussite d'un dialogue constructif entre les différentes parties prenantes (collectivités, riverains et porteurs de projet). Un facteur essentiel de réussite de ce dispositif résidait en effet dans l'intégration du porteur de projet méthanisation ainsi que des élus dans la démarche aux côtés des riverains.

En vue de valider le choix du méthaniseur par les partenaires, il était donc nécessaire, au préalable, d'organiser trois rencontres :

- **Avec la collectivité concernée** : afin de s'assurer de sa volonté de se positionner en tant que facilitateur auprès des riverains de l'unité de biogaz et des associatifs et ainsi leur proposer de participer à la formation en étant représentée par l'un de ses agents ou élus.
- **Avec le porteur de projet méthanisation** : afin de s'assurer que ce dernier est prêt à s'impliquer dans le dispositif d'accompagnement et ainsi participer aux formations. Il doit aussi s'engager à prendre en compte les signalements qui seraient faits au cours de l'étude et à alimenter un dialogue constructif avec les riverains participants.

La tenue de ces réunions et l'accord de ces deux parties étaient considérées comme décisives par les partenaires de l'étude. Les parties doivent être d'accord avec la méthodologie, les règles de participation, ainsi qu'avec les objectifs de l'étude afin de permettre au projet de se poursuivre. Dans le cas contraire, les partenaires se réservaient le droit de rechercher un nouveau terrain d'étude.

- **Avec les riverains et les associatifs du territoire :** cette dernière rencontre avait pour objectif de présenter le projet aux riverains et associatifs au cours d'une réunion ouverte au public. Cette rencontre était aussi le point de lancement de la campagne de recrutement des volontaires. En effet, afin de garantir la validité méthodologique, les partenaires doivent constituer une cohorte de 20 participants. Ces derniers doivent être sélectionnés sur la base du volontariat et selon un échantillonnage aléatoire. Enfin, cette première rencontre avec le grand public permettait aux partenaires d'aborder les règles de participation à respecter (ouverture, bienveillance, etc.).

En parallèle de la recherche de site, afin de garantir le recrutement des 20 riverains volontaires divers supports de communication ont été développés afin d'encourager leur participation et leur engagement (stratégie de recrutement, affiches et brochures, charte d'engagement, supports de formation, etc.). La figure ci-dessous présente un échantillon de ces différents documents de recrutement.

Figure 7 : Documents de communication visant à recruter un jury de 20 riverains bénévoles

Comme nous l'aborderons ultérieurement, la recherche de site pour ce lot est restée infructueuse. Nous évoquerons ci-après les alternatives méthodologiques proposées par les partenaires ainsi que les enseignements qui peuvent être mis en lumière à la suite de ces travaux.

2.4. Bancarisation des données et construction de la storymap[4]

Afin de rendre publiquement accessibles et transparents les résultats de l'étude AQAMETHA, il a été convenu de :

- recueillir, agréger et ordonnancer l'ensemble des Données fournies par les AASQA partenaires au sein d'une base de données (BDD) structurée selon un cahier des charges prédéfini ;
- développer un programme de logiciel destiné à constituer l'interface de visualisation des Données recueillies agrégées et ordonnancées au sein de la BDD ;
- héberger la BDD et l'Interface de Datavisualisation sur ses serveurs informatiques et d'en gérer l'accès par les Parties et les tiers, via un portail web dédié.

2.4.1. Bancarisation des données

L'une des premières étapes a été de créer un MCD (Modèle Conceptuel des Données), permettant de structurer les résultats de mesures et les métadonnées relatif au projet et de faciliter la mise en œuvre de la base de données. Le MCD d'AQAMETHA a servi de base pour échanger avec les différentes parties prenantes du projet (chefs de projet, développeurs de la datavisualisation) en utilisant une représentation graphique accessible et compréhensible.

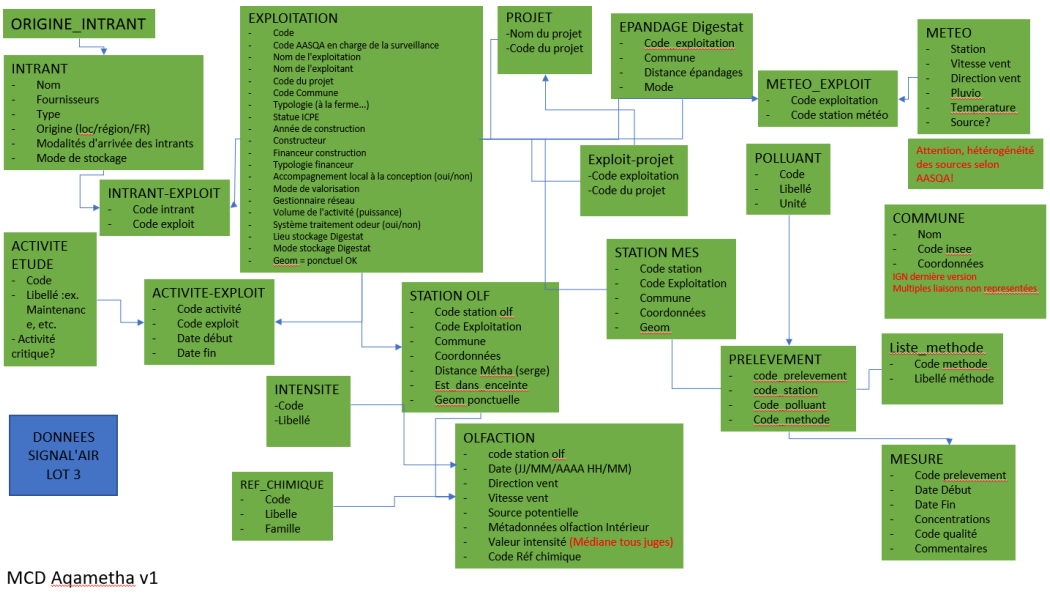

Figure 8 : MCD (Modèle Conceptuel de Données)

Un modèle de fichier Excel a ensuite été créé et diffusé auprès des AASQA pour leur permettre d'intégrer leurs données à la base.

Remarque : Un travail sur la provenance des données en base a également été effectué afin de vérifier les droits de diffusion et d'exploitation dont l'équipe développement disposait. C'est ainsi qu'un accord de diffusion entre chaque AASQA partenaire et leurs 2 unités des méthanisations a été signé afin d'autoriser la diffusion du nom des exploitations et des données en rapport avec l'activité de l'unité.

Au total, 3700 données sont présentes dans la base de données.

2.4.2. Création de la storymap

La storymap d'AQAMETHA est une narration visuelle qui combine texte, images, vidéos et cartes interactives pour raconter une histoire et expliquer le projet AQAMETHA, en guidant les utilisateurs à travers des sections logiques et structurées. Elle met l'accent sur la contextualisation et la compréhension d'un sujet.

Elle comporte **plusieurs datavisualisations** qui représentent la présentation de données sous forme graphique (diagrammes, cartes, graphiques interactifs) pour faciliter l'interprétation de tendances, de relations ou de résultats.

[4] Une storymap est une visualisation dynamique des données sous forme de graphiques et de cartes afin de présenter un récit interactif

La storymap a été réalisée à partir des outils ESRI (Serveur ArcGIS Enterprise 10.8.1, ArcGIS Online et ArcGIS Pro).

La construction de la storymap a été élaborée en suivant les étapes clés indiquées dans la figure ci-dessous avec comme objectifs de :

- capitaliser les données issues des campagnes de mesures, les explorer sous forme de graphiques pour identifier des tendances, analyser des relations entre données...
- constituer un support pédagogique lors de la formation/sensibilisation des exploitants ou futurs exploitants de méthaniseurs sur l'impact potentiel sur la qualité de l'air et les odeurs.
- sensibiliser le grand public à la méthanisation grâce à des visuels simplifiés et en vulgarisant des concepts techniques participant ainsi à l'éducation environnementale.

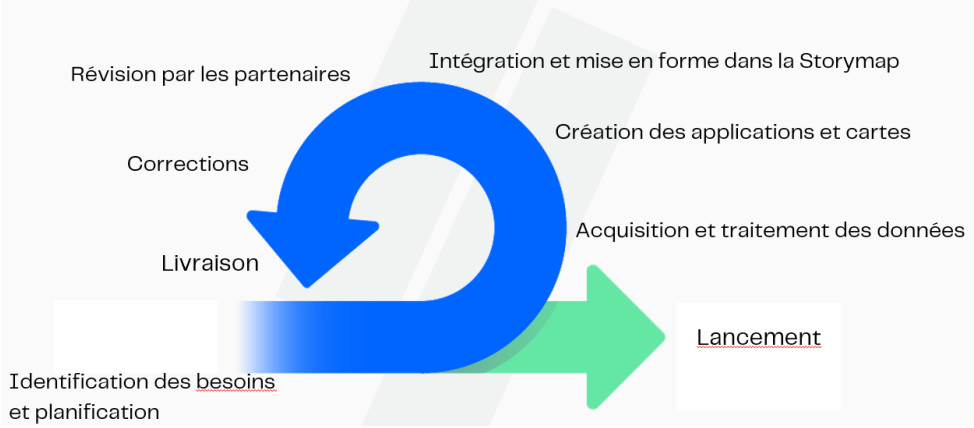

Figure 9 : étapes clés dans la réalisation de la storymap

3. Bilans principaux / Résultats obtenus

3.1. Suivi des polluants

L'attention est portée au lecteur qu'il convient de différencier la mesure des polluants atmosphériques avec les perceptions olfactives :

- la molécule ammoniac (ou la molécule hydrogène sulfuré) n'est pas directement corrélée à la note odorante *ammoniac* (ou la note odorante H_2S). Ces notes odorantes peuvent regrouper d'autres notes aminées proches de celle de l'ammoniac ou d'autres notes soufrées proches de l'H_2S, ne traduisant pas de relation linéaire entre une concentration mesurée et une intensité odorante perçue. Les concentrations mesurées des polluants atmosphériques ne présagent pas de l'intensité odorante perçue.
- Le temps d'échantillonnage diffère entre la mesure des polluants atmosphériques (moyenne hebdomadaire) et les mesures olfactives, qui s'étalent sur une journée. Les mesures olfactives sont, de fait, plus sensibles aux variations météorologiques.

3.1.1. Résultats pour l'ammoniac

La figure ci-dessous présente les résultats des mesures d'ammoniac pour chacune des zones de mesure, sous forme de boite à moustache. Chaque valeur moyenne représente la concentration moyenne des 12 unités, sur les 4 semaines de mesures au total. Les valeurs extrêmes représentent les concentrations hebdomadaires les plus élevées ou les plus basses relevées par site, sur les 12 unités.

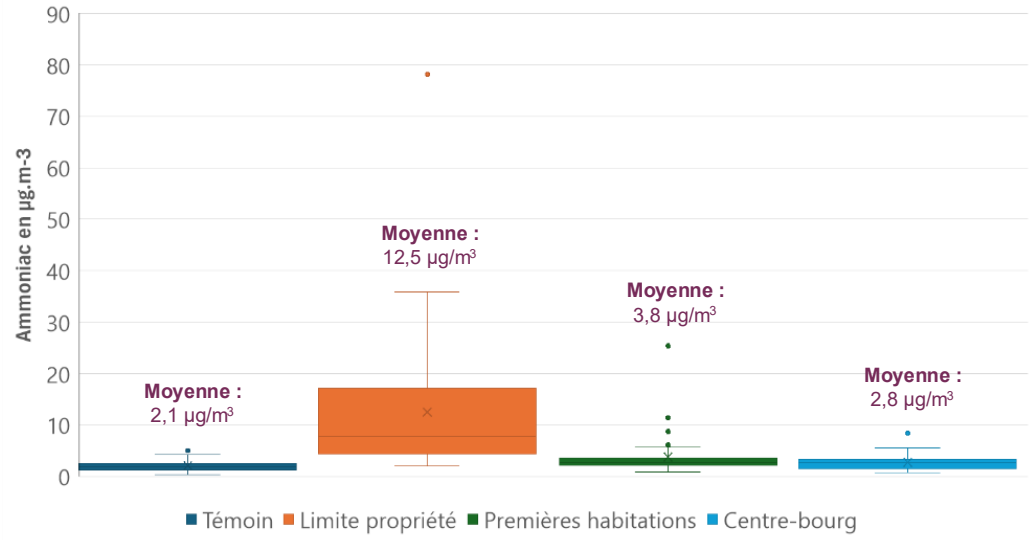

Figure 10 : boîte à moustache des concentrations hebdomadaires en ammoniac par point de mesure pour les 4 semaines d'exposition autour des 12 unités de méthanisation

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations les plus élevées en ammoniac ont été relevées en limite de propriété de méthanisation, et sont comprises entre 3,3 µg/m³ et 28,7 µg/m³ selon l'unité en moyenne sur les 4 semaines de mesure. La concentration moyenne est de 12,5 µg/m³ sur les 12 unités, en limite de propriété.
- La valeur maximale enregistrée sur une semaine est de 78 µg/m³, mesurée en limite de propriété d'une unité. Ces concentrations hebdomadaires mesurées ne sont pas forcément représentatives des concentrations annuelles. Toutefois à titre indicatif, la valeur toxicologique de références (VTR) préconisée par l'Anses pour l'ammoniac est de 500 µg/m³, en moyenne annuelle.
- Les concentrations baissent ensuite rapidement dès les premières habitations, avec une diminution par trois sur les concentrations moyennes (3,8 µg/m³). Les premières habitations sont situées entre 20 et 474 mètres des unités de méthanisation.
- Au centre du village, les concentrations sont proches de celles relevées sur le site témoin (non influencé par les activités de la méthanisation), avec une concentration moyenne respective de 2,8 µg/m³ et 2,1 µg/m³.
- L'ensemble des concentrations mesurées au niveau des premières habitations sous l'influence des méthaniseurs et au centre des villages sont comprises dans les valeurs mesurées habituellement dans l'air ambiant par les AASQA, hors influence des méthaniseurs (concentrations comprises entre 1 µg/m³ et 19 µg/m³ sur des mesures effectuées entre 2015 et 2023 [11][12][13][14][15]), n'indiquant pas d'impact significatif de l'activité de la méthanisation sur l'exposition à l'ammoniac.

3.1.2. Résultats pour l'hydrogène sulfuré

La figure ci-dessous présente les résultats des mesures d'hydrogène sulfuré, pour chaque zone de mesure, sous forme de boîte à moustache. Chaque valeur moyenne représente la concentration moyenne des 12 unités sur les 4 semaines de mesures au total. Les valeurs extrêmes représentent les concentrations hebdomadaires les plus élevées ou les plus basses relevées par site sur les 12 unités.

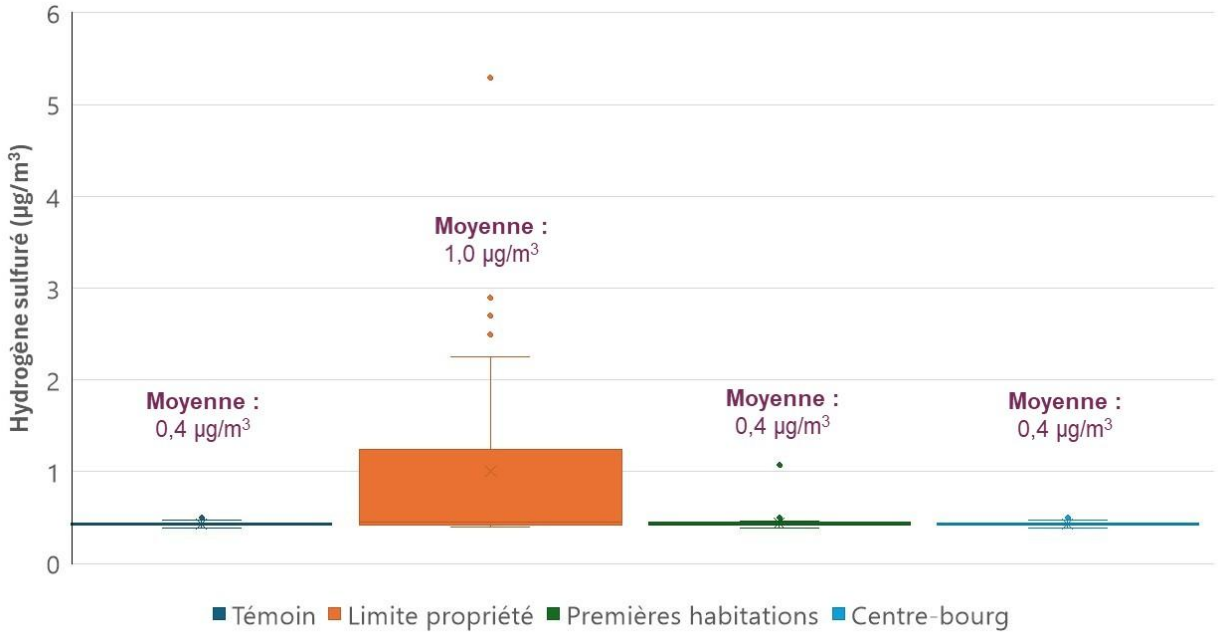

Figure 11 : boîte à moustache des concentrations hebdomadaires en hydrogène sulfuré par point de mesure sur les 4 semaines d'exposition autour des 12 unités de méthanisation

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes les plus élevées sont situées en limite de propriété des unités de méthanisation (1 µg/m³ en moyenne sur les 12 unités, et comprises entre 0,4 et 2,1 µg/m³ selon l'unité en moyenne sur les 4 semaines de mesure).
- La concentration hebdomadaire maximale en sulfure d'hydrogène est de 5,3 µg/m³, mesurée en limite de propriété d'une unité. A titre indicatif, la valeur guide de l'OMS est de 150 µg/m³, en moyenne journalière.
- Les concentrations mesurées au niveau des premières habitations sont équivalentes à celles mesurées en centre-bourg et au niveau du site témoin, avec une moyenne de 0,4 µg/m³ pour l'ensemble de ces trois sites. Ces valeurs sont proches voire inférieures à la limite de quantification de l'appareil de mesure.

Ce qu'il faut retenir :

- Ammoniac : les concentrations les plus élevées sont en limite de propriété, puis sont divisées par 3 dès les premières habitations
- Hydrogène sulfuré : les concentrations les plus élevées sont en limite de propriété. Les concentrations sont ensuite faibles et proches voire en-dessous des limites de quantification de l'appareil de mesure pour les autres sites

Limites de l'étude

- La méthode de prélèvement du NH_3 et du H_2S est hebdomadaire. Cette méthode donne une concentration moyenne lissée et ne permet pas de discerner d'éventuels pics de concentrations ponctuels dans le temps.
- Les mesures sur 4 semaines donnent une première indication des niveaux de polluants observés à proximité des unités de méthanisation, mais ne sont pas représentatives de moyennes annuelles. A ce titre, elles ne peuvent pas être comparées aux valeurs toxicologiques de référence définie sur une année.

3.2. Suivi des odeurs

3.2.1. Caractérisation des odeurs à l'intérieur des unités

Les investigations à l'intérieur du périmètre des unités de méthanisation ont concerné au moins 17 points d'olfaction dans chaque unité en ciblant les différents processus spécifiques de la méthanisation (intrants, hygiénisation, trémie, digestat, …).

Le graphique ci-dessous résume la répartition des intensités moyennes relevées sur l'ensemble des sites.

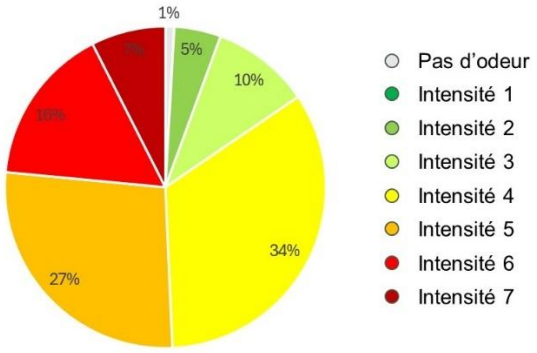

Figure 12 : répartition des intensités odorantes à l'intérieur des 12 unités de méthanisation

Sur les 12 unités :

- 1% des points d'olfaction n'étaient pas odorants
- 15 % des points d'olfaction sont considérés d'intensité faible (intensité entre 1 et 3)
- 61 % des points d'olfaction sont considérés d'intensité modérée (intensité entre 4 et 5)
- 23 % des points d'olfaction sont considérés d'intensité forte (intensité entre 6 et 7)

Parmi ces points les plus odorants, les intensités les plus fortes sont spécifiquement perçues au niveau des équipements et activités suivants :

- Le biofiltre
- Les bassins, fosses et canalisation
- L'hygiénisation
- Le stockage d'intrants solides
- La trémie

A l'inverse, les points les moins odorants sont perçus :

- Au niveau des stockages d'intrants liquides fermés
- Au niveau des digestats (sauf cas exceptionnel)

3.2.1.1. Représentativité des notes odorantes perçues à l'intérieur des sites de méthanisation

Plusieurs indices permettent d'estimer le niveau de contribution de chaque caractéristique odorante à l'ambiance odorante du site :

- Nitot : somme des niveaux d'intensité exprimés sur l'ensemble du site pour la note considérée
- Nimax : niveau maximal d'intensité auquel la note odorante considérée est rencontrée sur le site

Sur la base de l'indice Nitot, le tableau ci-dessous recense les 8 notes principalement perçues au sein des unités de méthanisation par ordre décroissant de représentativité sur les sites.

Notes odorantes	Nitot	Nimax
Acide butyrique	566	7
Scatol	562	7
Ethylmercaptan	425	7
Isobutylamine	341	7
Hydrogène sulfuré	306	7
Acide isovalérique	295	7
Coumarine	271	5
Alcool cinnamique	256	7

Tableau 7 : représentativité globale des notes odorantes sur les sites d'unités de méthanisation

Afin de dresser la signature olfactive de la méthanisation, le graphique ci-dessous présente le profil olfactif moyen des 12 unités de méthanisation. Ce profil représente la somme des intensités odorantes perçues, par note olfactive, au sein de l'ensemble des unités de méthanisation investiguées. Il permet de souligner les pôles odorants les plus significatifs, et les notes odorantes principales qui sont caractéristiques de l'activité de la méthanisation.

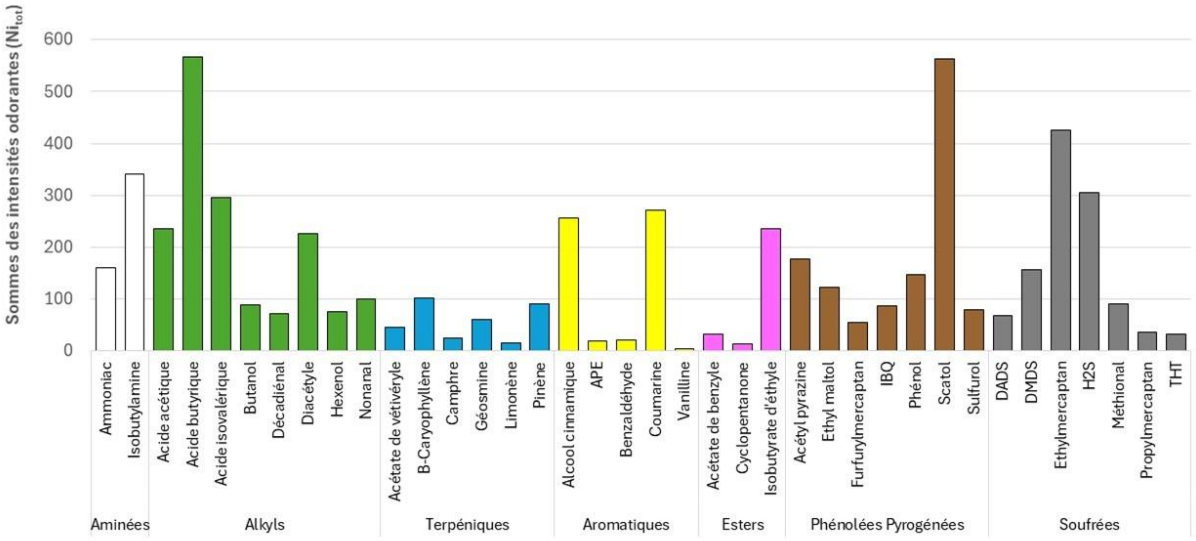

Figure 13 : profil olfactif général des 12 unités de méthanisation.
(N.B. pour une meilleure lisibilité, l'échelle de la figure 13 est différente de l'échelle des figures 14 à 24 et 26)

Les pôles olfactifs les plus représentatifs de la méthanisation sont les pôles **alkyls, phénolés pyrogénés** et **soufrés**. Parmi ces pôles, les notes odorantes majoritairement perçues à l'intérieur des unités, et qui caractérisent l'activité de méthanisation sont :

- Les acides volatils dont l'acide butyrique et l'acide isovalérique
- la note scatol
- l'éthylmercaptan et l'hydrogène sulfuré
- les amines, dont l'ammoniac et l'isobutylamine

Ces notes sont caractéristiques de la dégradation de la matière organique (en milieu aérobie ou anaérobie), il n'est donc pas étonnant qu'elles soient les plus fréquemment perçues au sein des unités de méthanisation.

3.2.1.2. Caractérisation des principaux processus de la méthanisation

Afin d'effectuer une caractérisation odorante plus fine de l'activité de la méthanisation, chaque processus interne a été investigué de manière individualisée. Le profil olfactif de chaque secteur a pu être établi à partir de la somme des intensités odorantes perçues pour chaque note odorante.

Stockage d'intrants solides (déchets verts)

Les intrants solides peuvent inclure notamment les fumiers, les CIVE, les déchets agroalimentaires, qui sont stockés soit en bâtiments fermés soit à l'air libre selon les unités.

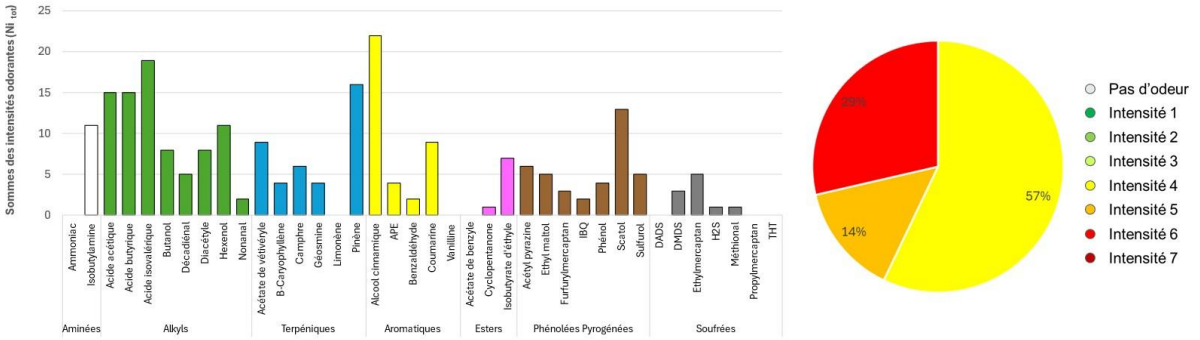

Figure 14 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux intrants solides (N.B. pour une meilleure lisibilité, l'échelle des figures 14 à 24 et 26 sont différentes de la figure 13)

- Ce secteur est caractérisé par la prédominance du pôle aromatique (porté principalement par l'alcool cinnamique) et du pôle alkyl, avec la forte présence d'acides volatils (acide isovalérique, acide butyrique et acide acétique). Ces notes olfactives sont à mettre en lien avec la présence de matière organique en décomposition, notamment les fumiers.
- Le pôle phénolé pyrogéné et le pôle soufré sont moins représentés que sur les autres secteurs.
- Il est à noter également la présence d'isobutylamine qui peut, en fonction des niveaux d'intensité relevés, apporter un caractère irritant aux olfactions.

Stockages d'intrants solides - hors déchets verts

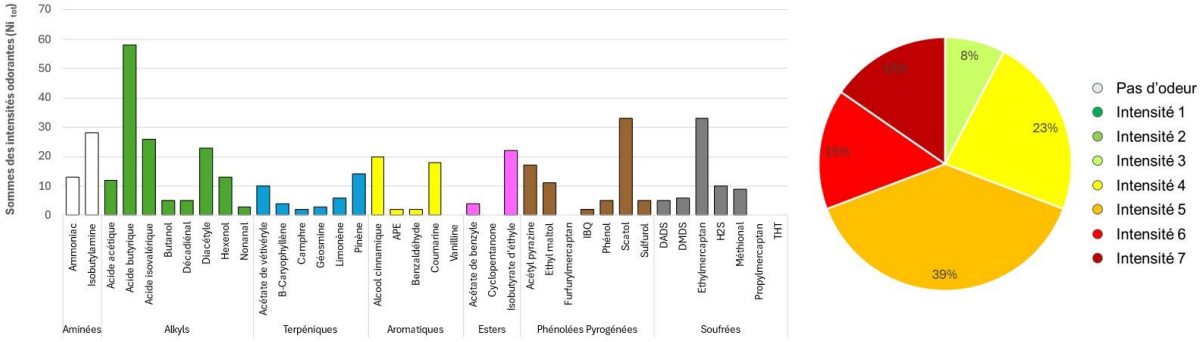

Figure 15 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux intrants solides hors déchets verts

Le stockage d'intrants solides hors déchets verts se différencie du stockage de déchets verts par :

- Des odeurs globalement plutôt fortes : 62 % des olfactions sont qualifiées de modérées (intensités 4 à 5), et 30 % des olfactions sont qualifiées de fortes (intensités 6 à 7).
- Des indices Nitot plus élevés, suggérant des odeurs plus intenses ou des points odorants plus nombreux

- Une présence plus prononcée de l'éthylmercaptan et moins prononcée des référents Alcool cinnamique et Pinène (en lien avec les déchets verts)

De manière similaire au stockage de déchets verts, le stockage d'intrants solides hors déchets verts est caractérisé par :

- Une prédominance du pôle alkyl, porté principalement par l'acide butyrique
- Une présence significative de la note scatol
- La perception de notes aminées (ammoniac et isobutylamine) pouvant avoir un caractère irritant

Le stockage d'intrants liquides

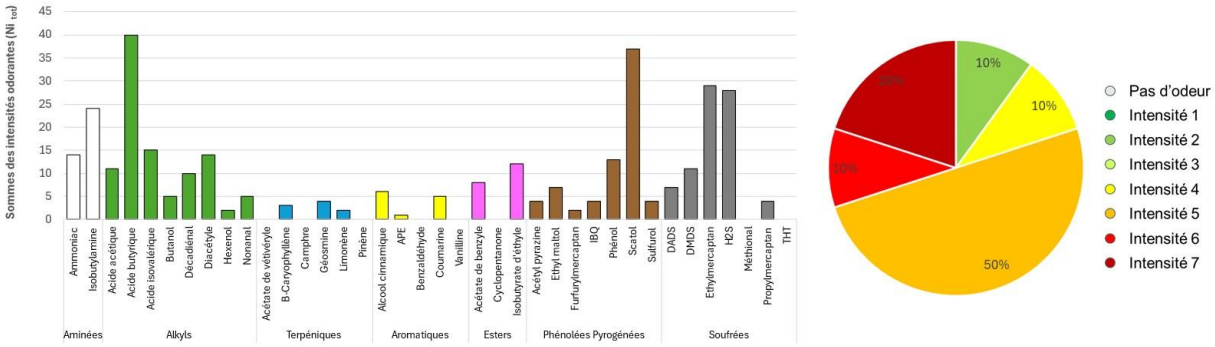

Figure 16 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux intrants liquides

- Le stockage d'intrants liquides a un profil olfactif similaire au profil olfactif général de la méthanisation, avec une représentation caractéristique des pôles alkyls (porté par les acides volatils), phénolés pyrogénés (porté par le scatol) et soufrés (porté par l'éthylmercaptan et l'hydrogène sulfuré). A ce titre, les intrants liquides ont des notes olfactives représentatives de l'activité de méthanisation dans son ensemble.
- Les intensités odorantes aux abords de ce secteur sont plus élevées que celles relevées dans le profil général, avec un tiers des olfactions considérées comme fortes (intensité 6 à 7) et 60 % des olfactions considérées à intensité modérées (intensité 4 à 5).

La trémie

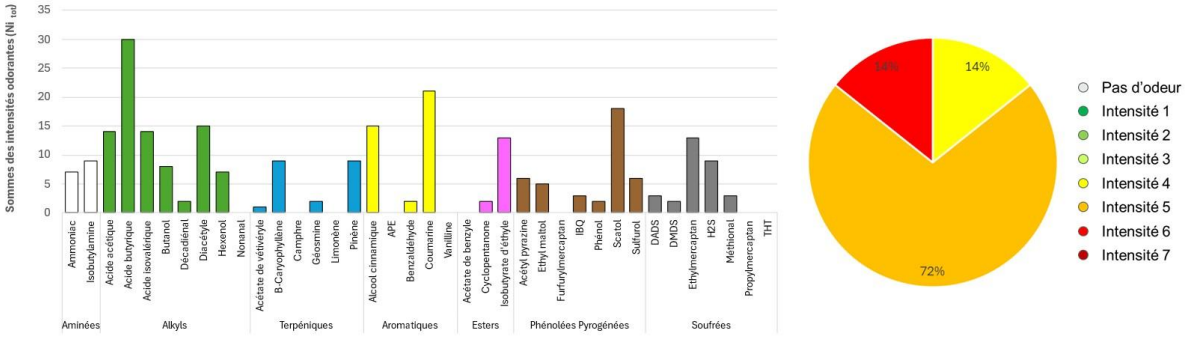

Figure 17 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques à la trémie

- Le secteur de la trémie est caractérisé par la prédominance du pôle alkyl – principalement porté par l'acide butyrique – et la présence d'aromatiques (portés par la coumarine et l'alcool cinnamique).
- Le scatol et l'éthylmercaptan sont également caractéristiques. A ce titre, le profil olfactif de la trémie se rapproche de celui des intrants solides et liquides.

- La trémie étant le processus intermédiaire utilisant les matières premières (intrants solides et liquides) pour les amener vers le digesteur, il est logique que les profils olfactifs de ces différents secteurs soient proches.
- Les intensités odorantes au niveau de la trémie sont plus élevées que celles perçues sur le profil général. Ce secteur fait partie des secteurs les plus odorants avec :
    - 86 % des olfactions d'intensité modérées (4 à 5)
    - 14 % des olfactions de forte intensité (6 à 7)

Hygiénisation

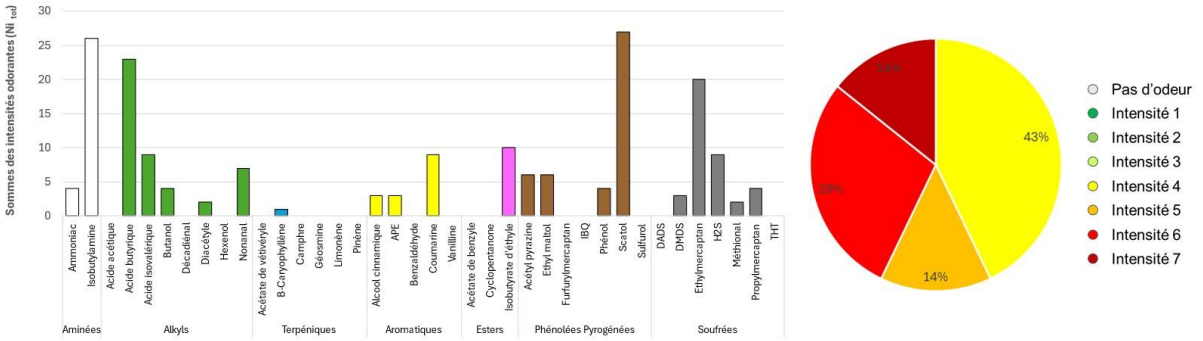

Figure 18 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques à l'hygiénisation

- Le secteur de l'hygiénisation se dénote du profil général par la prépondérance de la note **isobutylamine**, qui peut donner un caractère irritant aux olfactions. Les notes acides butyriques, scatol et ethylmercaptan sont également caractéristiques de ce secteur.
- Les intensités odorantes sont plus élevées que le profil général, avec un tiers des olfactions à intensité forte (intensité 6 à 7), et deux tiers des olfactions à intensité modérée (intensité 4 et 5).

Digestat solide

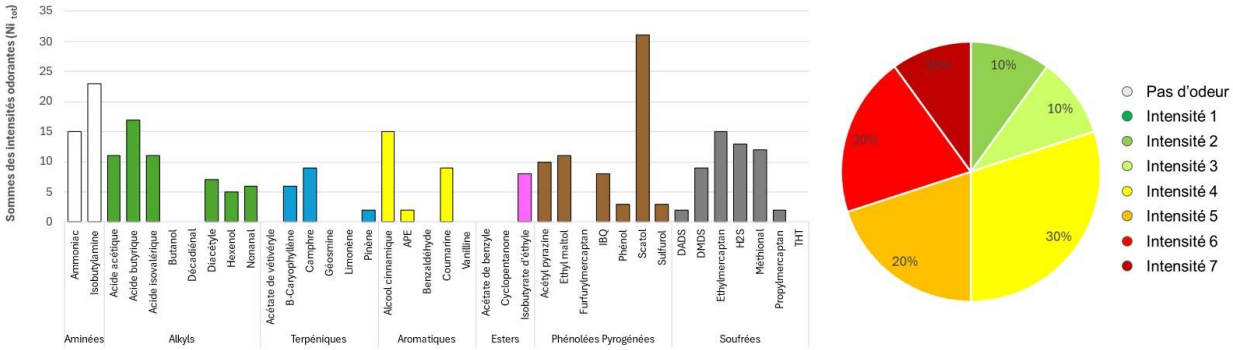

Figure 19 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux digestats solides

- Ce secteur est caractérisé par la présence de notes aminées qui peuvent amener un caractère irritant aux olfactions, et par la prédominance de la note scatol. La note alcool cinnamique (pôle aromatique) est significative et présente en plus grande proportion que sur les autres secteurs. Les pôles alkyls et soufrés sont également présents mais en moindre proportion que sur les autres secteurs.
- Les intensités odorantes sont hétérogènes, avec 20 % des olfactions considérées d'intensité faible, 50 % des olfactions d'intensité modérée, et 30 % des olfactions d'intensité forte.

Digestat liquide

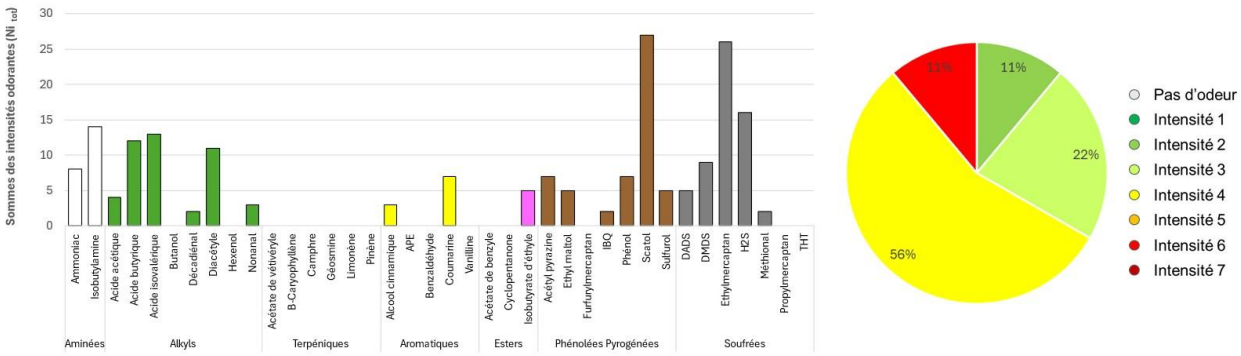

Figure 20 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux digestats liquides

- Avec un tiers des olfactions qualifiées d'intensité faible (inférieure à 4) autour du stockage de digestat liquide, ce secteur fait partie des moins odorants de la méthanisation.
- Son profil olfactif est caractérisé par la prédominance des notes **scatol** et **éthylmercaptan**. A la différence du profil général, la note **acide butyrique** n'est pas dominante dans ce secteur spécifique. Le pôle terpénique est absent.

Les lixiviats

Ce secteur concerne l'ensemble des eaux de ruissellement et des lixiviats aux abords des lagunes, bassins ou fosses.

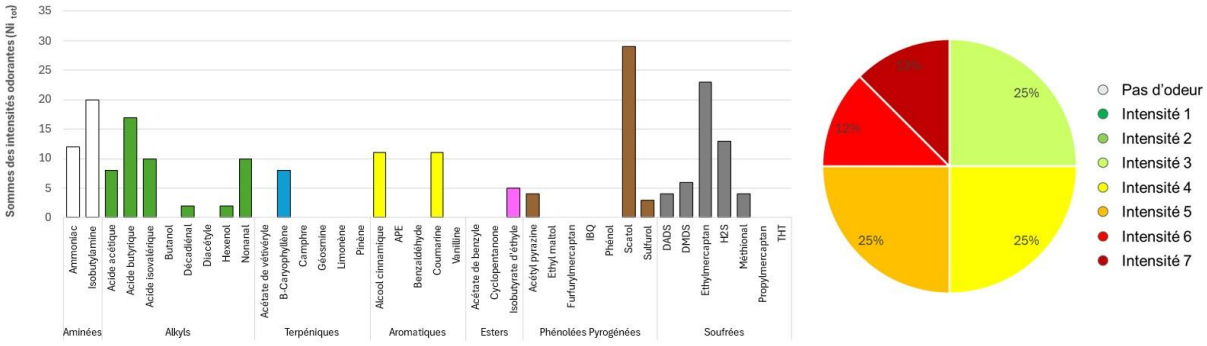

Figure 21 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux lixiviats

- Le pôle soufré est le plus caractéristique des lixiviats, principalement porté par la note **éthylmercaptan.** La note odorante **scatol** est également prépondérante dans le profil olfactif des abords des lagunes, bassins et fosses.
- Les intensités odorantes sont plus faibles que le profil général (25 % d'intensité inférieure à 4), mais un quart des points d'olfactions aux abords de ce secteur sont toutefois qualifié de forte intensité (supérieure ou égale à 6).

Le biofiltre

La présence d'un biofiltre n'est pas systématique au sein d'une exploitation. 5 des 12 unités investiguées en étaient équipées.

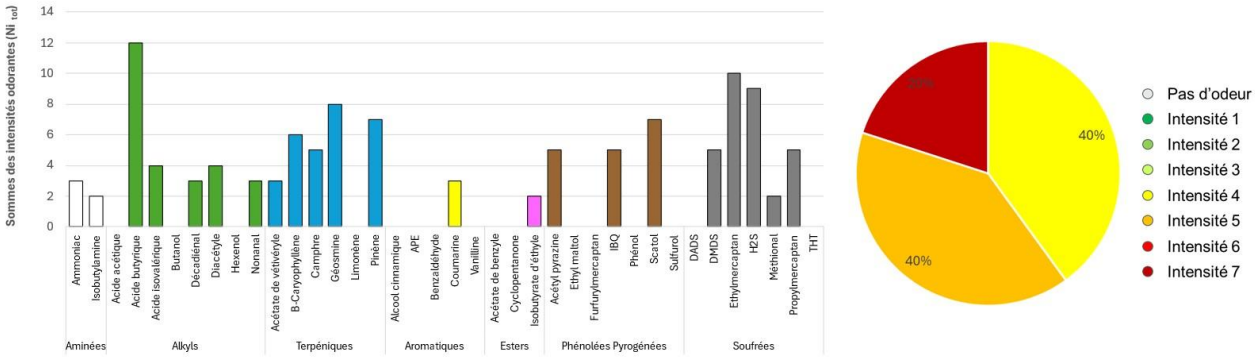

Figure 22 : (gauche) profil olfactif spécifique et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques au biofiltre

- Le profil olfactif spécifique réalisé à proximité immédiate du biofiltre présente des similarités avec le profil olfactif général de la méthanisation, avec une présence dominante des pôles alkyls et soufrés. Pour autant, les intensités des notes odorantes sont assez homogènes, sans qu'aucune ne se démarque particulièrement comme c'était le cas pour le scatol ou l'acide butyrique dans le profil olfactif général. Également, le pôle terpénique devient prépondérant aux abords immédiats du biofiltre alors qu'il est mineur dans le profil général.
- Les intensités odorantes aux abords du biofiltre sont modérées (intensité 4 à 5) dans 80 % des cas, à fortes (intensité 7) dans 20 % des cas.

Poste d'injection

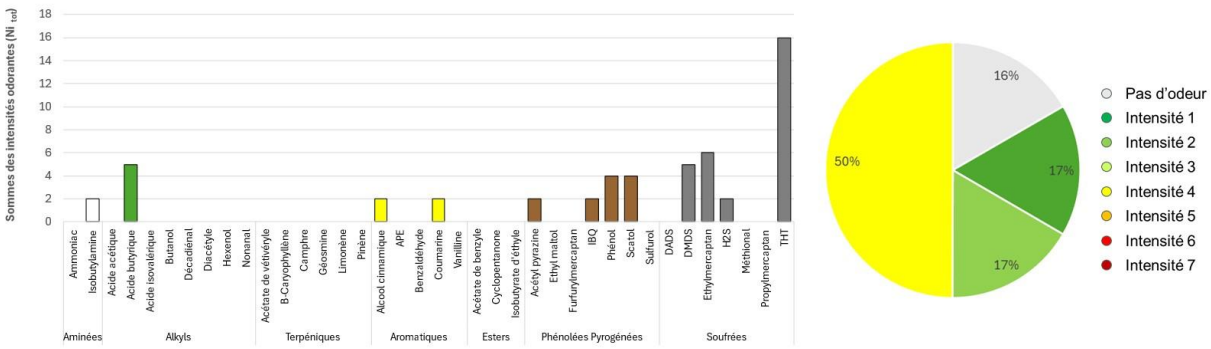

Figure 23 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques au poste d'injection

- Le poste d'injection est le secteur le moins odorant de la méthanisation. 16 % des olfactions aux abords de ce secteur ne sont pas odorantes. L'intensité maximale relevée est de 4 (modérée), et concerne la moitié des points d'olfaction autour de ce process.
- Le profil olfactif se démarque nettement du profil général de la méthanisation, avec une sous-représentation des pôles aminés, alkyls et phénolés pyrogénés, et l'absence des pôles terpéniques et esters. Le pôle soufré, plus présent, est caractérisé par la note THT. Cette note olfactive est perçue uniquement au poste d'injection et n'est perçue dans aucun autre secteur.

3.2.1.3. Caractérisation selon la typologie de l'unité

Le graphique ci-dessous présente la comparaison des profils olfactifs moyens des unités de méthanisation selon qu'elles sont centralisées (6 unités) ou à la ferme (5 unités).

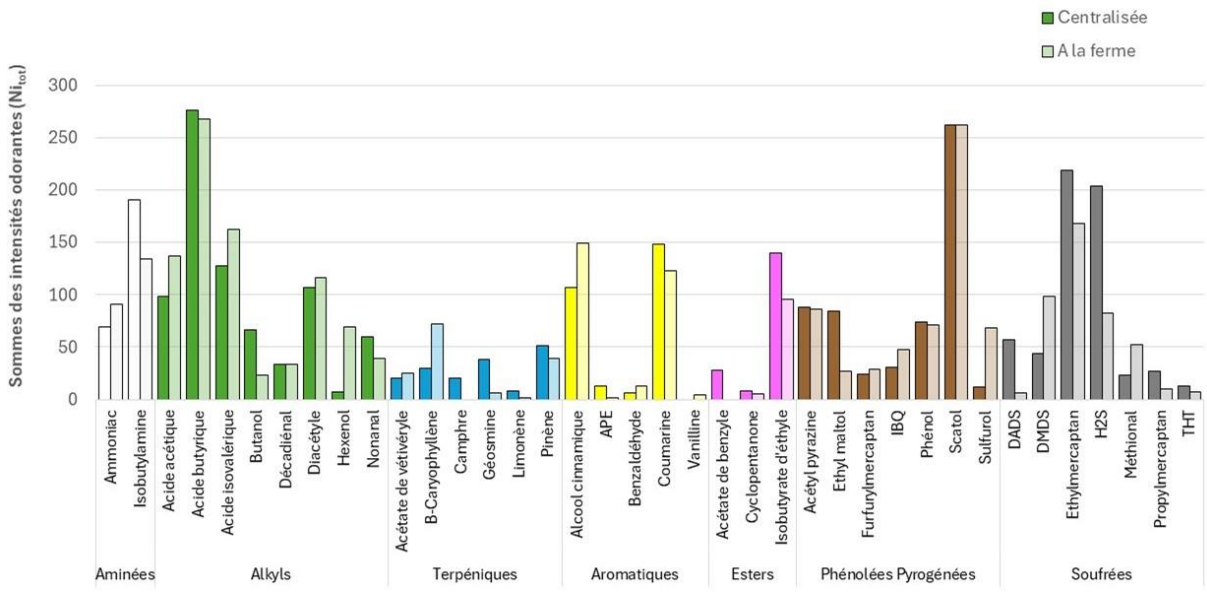

Figure 24 : profil olfactif général de la méthanisation selon la typologie centralisée (couleurs pleines) ou à la ferme (couleurs en transparence).

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative dans le profil olfactif des unités de méthanisation selon leur typologie. Les pôles alkyls, phénolés pyrogénés et soufrés sont les plus caractéristiques de la méthanisation, avec une prépondérance des notes **acide butyrique**, **scatol**, **éthylmercaptan** et **hydrogène sulfuré**, quelle que soit la typologie considérée. Il est à noter également la présence d'alcool cinnamique et de coumarine, en lien avec les stockages d'intrants. La perception de notes aminées peut contribuer à un caractère irritant des olfactions ressenties sur les deux typologies différentes.

Le graphique ci-dessous montre la distribution des intensités odorantes selon la typologie de l'unité :

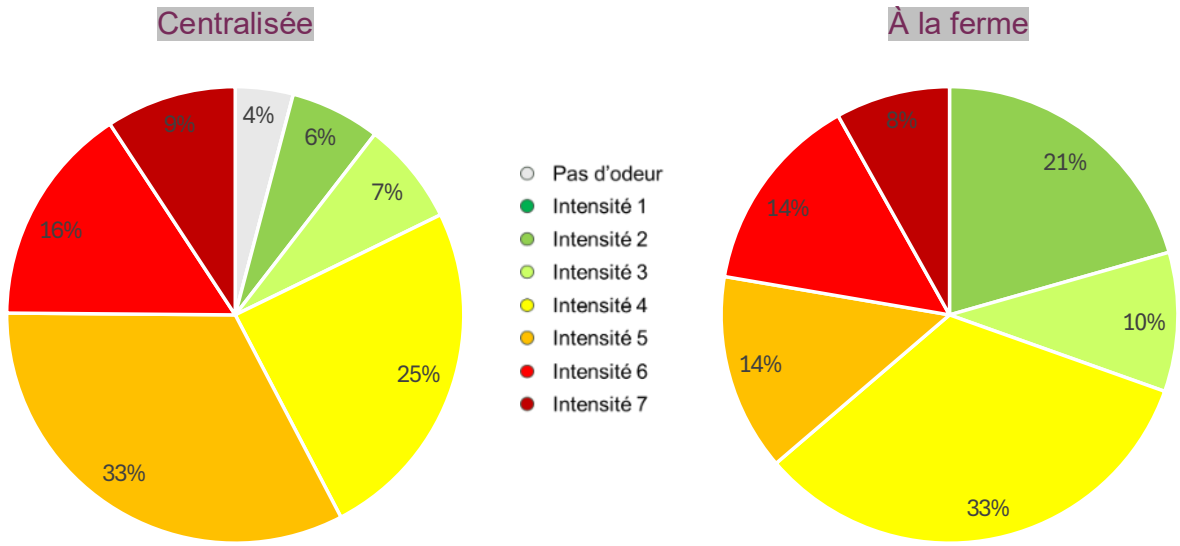

Figure 25 : répartition des intensités odorantes selon la typologie de la méthanisation (à gauche) centralisée ; (à droite) à la ferme

Ces résultats montrent que globalement, les intensités odorantes sont moindres sur les unités à la ferme que sur les unités centralisées :

- 4 % des points d'olfaction sont non odorants sur les unités centralisées, tandis que tous les points sont odorants sur les unités à la ferme
- 13 % des points d'olfaction sont de faible intensité sur les unités centralisées (contre 31 % sur les unités à la ferme)
- 58 % des points d'olfaction sont d'intensité modérées sur les unités centralisées (contre 47 % sur les unités à la ferme)
- 25 % des points d'olfaction sont de forte intensité sur les unités centralisées (contre 22 % sur les unités à la ferme)

3.2.2. Evolution des odeurs dans l'environnement

Une fois les notes odorantes caractéristiques de la méthanisation identifiées, l'objectif est d'évaluer l'influence odorante de ces activités sur leur environnement extérieur, notamment la distance d'extinction des odeurs (c'est-à-dire la distance maximale à partir de laquelle aucune influence odorante liée aux activités du site n'est perçue).

Pour cela, 184 points extérieurs d'olfaction ont été réalisés dans l'environnement des 12 unités, sous les vents de l'unité de méthanisation, en privilégiant notamment les zones habitées.

Sur les 184 points d'olfaction, 97 étaient sans odeurs.

Pour l'ensemble des points odorants dont la source odorante provenait de l'unité de méthanisation, le graphique ci-dessous dresse le profil olfactif perçu dans l'environnement, sur la base de l'indice Ni_{tot}.

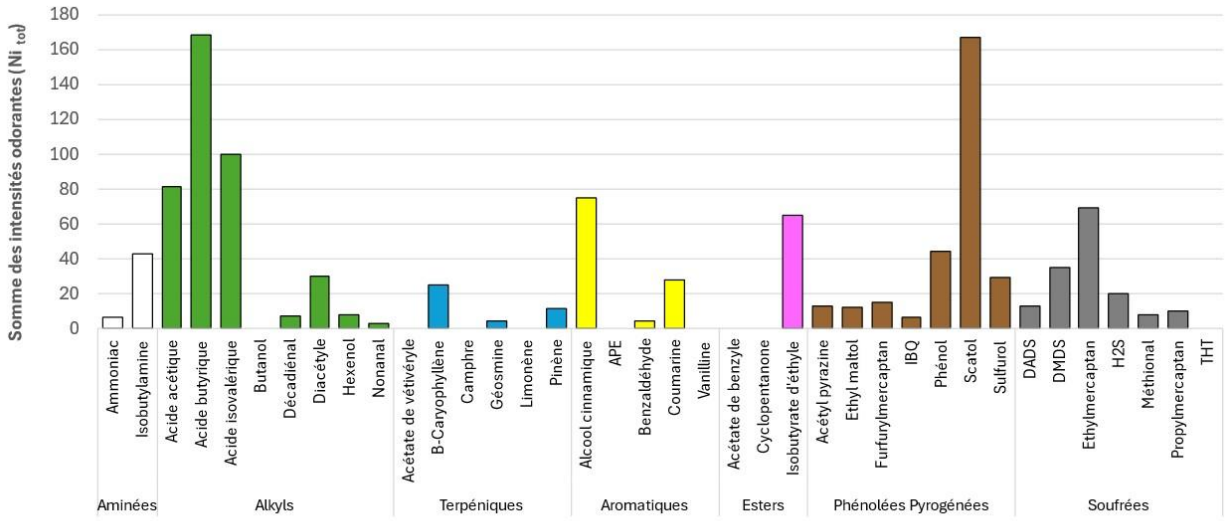

Figure 26 : profil olfactif établi dans l'environnement, sous les vents des unités de méthanisation

Ces résultats montrent que :

- Le profil olfactif dans l'environnement des unités de méthanisation est cohérent avec le profil olfactif établi dans le périmètre intérieur de ces unités.
- Les notes odorantes **acide butyrique** et **scatol** se démarquent nettement en étant les notes principalement perçues dans l'environnement des unités de méthanisation. Ces deux notes, perçues sur l'ensemble des secteurs de la méthanisation (hormis le poste d'injection), et particulièrement au niveau des intrants et de l'hygiénisation, en font des marqueurs caractéristiques de la méthanisation.
- Les notes odorantes suivantes sont également caractéristiques de la méthanisation :
    - l'**acide isovalérique**, qui était notamment un marqueur des intrants solides
    - l'**alcool cinnamique**, également marqueur des intrants solides (particulièrement des déchets verts)
    - l'**éthylmercaptan,** présent dans la majorité des processus de la méthanisation (intrants liquides, digestats, lixiviats, biofiltre)
    - l'**acide acétique**, qui n'est pas un marqueur d'un processus spécifique mais qui est présent sur la quasi-totalité des secteurs de la méthanisation. La ténacité et le caractère irritant de cette note peut

expliquer qu'elle soit une des notes caractéristiques perçue dans l'environnement des unités de méthanisation.

- Les notes aminées, malgré leur forte représentativité au sein des unités de méthanisation, sont faiblement perçues dans leur environnement. Leur faible ténacité peut expliquer leur rapide dilution dans l'air.
- Les notes soufrées, également marqueurs de l'activité de méthanisation, sont moins fréquemment rencontrées dans leur environnement.

Il est à noter que les notes olfactives acide butyrique, scatol, acide acétique et aminées peuvent être rencontrées fréquemment en milieu rural en lien avec les activités agricoles, hors influence de la méthanisation.

3.2.2.1. Portée des émissions odorantes

Pour chaque point odorant relevé dans l'environnement ayant été corrélé au profil olfactif intérieur de la méthanisation, le graphique ci-dessous présente l'évolution de l'intensité des odeurs en fonction de la distance à l'unité. Le point situé à 0 mètre correspond à l'intensité maximale perçue au sein des unités de méthanisation.

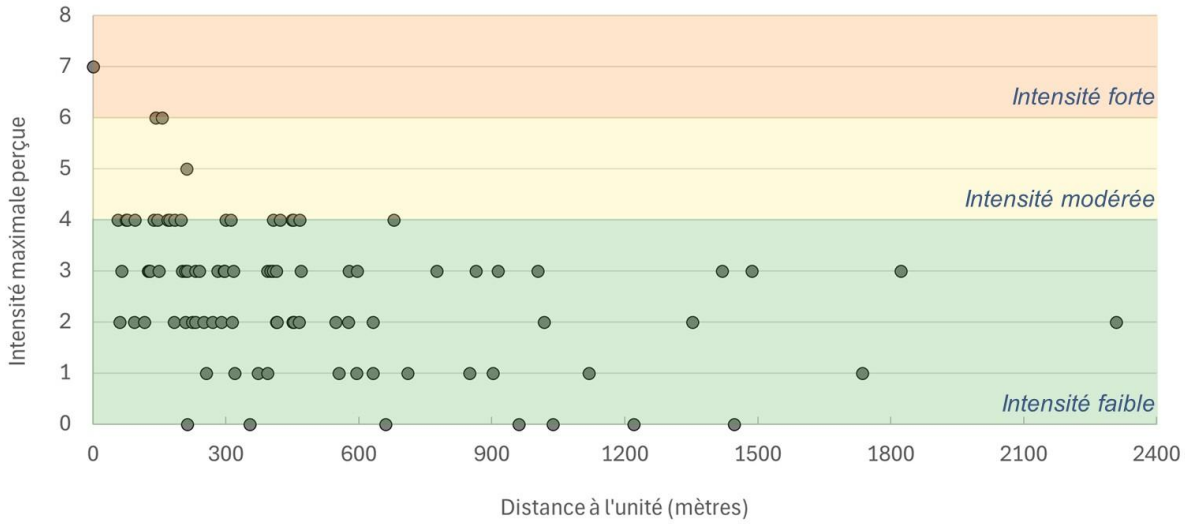

Figure 27 : évolution des intensités olfactives réalisées dans l'environnement des unités de méthanisation en fonction de leur distance au site.

Ces résultats montrent que :

- L'intensité odorante maximale perçue dans l'environnement est de 6, perçue jusqu'à 156 mètres de l'unité.
- Au-delà de ce périmètre, les intensités odorantes deviennent modérées (comprises entre 4 et 5) à faibles (strictement inférieures à 4). Elles peuvent être perçues jusqu'à 2 000 mètres des unités.
- Pour certaines unités de méthanisation, l'intensité odorante devient faible voire nulle entre 212 et 2 000 mètres de l'unité. Pour d'autres, des intensités odorantes faibles sont toujours perceptibles au-delà de 2 000 mètres. Cette hétérogénéité de la portée olfactive des unités sur leur environnement est liée à l'influence de la variabilité des paramètres météorologiques rencontrés lors des différentes olfactions, et à l'activité propre à chaque unité.
- Ces résultats appuient la décision réglementaire de ne pas autoriser la construction de zones d'habitations dans les 200 mètres autour d'une unité de méthanisation faisant l'objet d'un enregistrement.

Ce qu'il faut retenir :

- Olfactions internes :
  - les notes acide butyrique, scatol, ethylmercaptan et isobutylamine sont les plus caractéristiques de l'activité de méthanisation, en lien avec la dégradation de la matière organique
  - 84 % des points d'olfactions sont d'intensité modérées à fortes. Les secteurs les plus odorants sont le stockage d'intrants solides et liquides, l'hygiénisation et la trémie
  - 16 % des points d'olfactions sont peu à pas odorants. Les secteurs les moins odorants sont le stockage de digestat liquide et le poste d'injection.
  - Le profil olfactif de la méthanisation est similaire entre les unités centralisées et les unités à la ferme. Les intensités odorantes semblent toutefois plus élevées pour les unités centralisées.
- Olfactions dans l'environnement :
  - les notes olfactives fréquemment perçues dans l'environnement, sous les vents de la méthanisation, sont cohérentes avec le profil olfactif interne à la méthanisation
  - les intensités odorantes peuvent être fortes dans un rayon de 200 mètres autour de l'unité de la méthanisation. Elles deviennent modérées à faibles entre 200 et 2 000 mètres de l'unité, selon l'unité de méthanisation et les conditions météorologiques rencontrées sur le terrain.

Limites de l'étude

- Bien que la sélection des 12 unités ait été établie dans le but d'être représentative de la diversité des unités de méthanisation en France, et que le protocole d'olfaction soit standardisé, cette première approche statistique aurait tout intérêt à être renforcée par de nouvelles investigations autour d'un panel plus large de méthaniseurs.
- Les conditions météorologiques ont un impact majeur sur les intensités odorantes et leurs portées dans l'environnement. Il conviendrait de réaliser des olfactions sur un temps plus long que 2 journées. Pour cela, une approche par un jury de nez au niveau local permettrait de renforcer la connaissance de la cartographie olfactive autour des unités de méthanisation, et de suivre son évolution au cours du temps.

3.3. Focus thématique du Langage des Nez® sur la méthanisation

A l'issue du projet, les résultats des olfactions réalisées sur le terrain à l'intérieur des unités ont été exploités afin de déterminer les référents les plus pertinents pour décrire les odeurs perçues dans le domaine de la méthanisation.

Le Socle du Langage des Nez®, présenté en partie 2.2., a pu être complété et spécifié dans un référentiel propre à la méthanisation. Ce référentiel est une base transposable à de futures études olfactives dans l'environnement de la méthanisation. Son application peut notamment faire partie des bonnes pratiques à l'attention des exploitants dans le suivi olfactif de leurs unités.

La sélection a été réalisée selon des critères de fréquence de perception, d'intensité maximale de perception et à partir de la somme des intensités olfactives associées individuellement à chaque référent sur l'ensemble des sites du projet.

Les critères d'inclusion et d'exclusion suivant ont été utilisés :

- Les référents du socle du Langage des Nez® ont été conservés par défaut,
- Les référents prioritaires selon les critères retenus ont été systématiquement conservés,
- Les référents moins prioritaires ou non prioritaires ont été exclus hormis lorsque leur présence potentielle a pu être déterminée sur le terrain (sur la base des retours d'expérience dans le domaine de la méthanisation acquis par ailleurs),

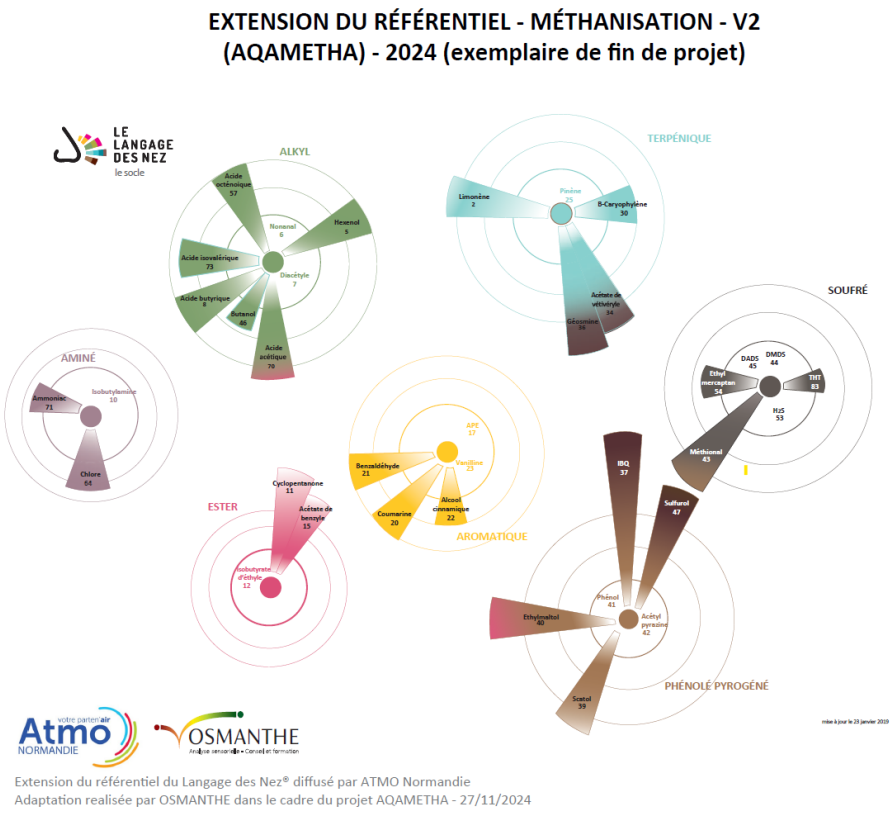

Figure 28 : Focus thématique du référentiel du Langage des Nez® spécifique à la méthanisation

3.4. Retour sur le dispositif d'implication citoyenne

3.4.1. Résultats de la sélection de l'unité de méthanisation et freins rencontrés

3.4.1.1. Une recherche infructueuse

Au cours du premier semestre 2022, Atmo Hauts-de-France a mené une concertation avec le COTECH régional pour sélectionner une unité de méthanisation. Plusieurs pistes ont été identifiées.

- La première piste identifiée était située sur le département du Nord. Toutefois, il a été porté à la connaissance des partenaires que la construction du méthaniseur devait être reportée de juin 2022 à septembre 2022. Ce report inattendu a automatiquement exclu le méthaniseur des cibles potentielles. En effet, la nouvelle date de mise en service du méthaniseur ne permettait plus aux partenaires de respecter le calendrier du projet.
- La deuxième piste explorée, au cours de l'été 2022, fut celle de l'unité de Biogaz située sur le département de l'Oise, l'une des pistes les plus sérieuses, répondant à tous les critères établis. Toutefois, après plusieurs échanges, fin septembre 2022, le maire a signifié à Atmo Hauts-de-France, ne pas souhaiter que sa commune soit associée au projet, et ce malgré l'appui de la communauté d'agglomération, aussi sollicitée par Atmo Hauts-de-France.

En parallèle de l'exploration approfondie de ces deux pistes, Atmo Hauts-de-France a continué à contacter de multiples méthaniseurs implantés en région sans succès, avec l'appui des partenaires locaux (ADEME, Chambre d'agriculture, associations locales). Après concertation avec les partenaires ainsi que les experts mobilisés sur le projet, il a été décidé d'ajuster certains critères de sélection ainsi que la méthodologie proposée afin de faciliter le recrutement d'un méthaniseur sans toutefois mettre en péril le bon déroulement du dispositif (abaissement du critère de population à 1 000 habitants à proximité immédiate, raccourcissement des délais entre deux sessions de formation, raccourcissement du délai d'observation des nuisances post mise en route du méthaniseur, etc.). Malgré cela, les partenaires de l'étude n'ont pas été en mesure de trouver une unité de méthanisation dont les dates d'implantation ou de démarrage correspondaient aux délais du projet et dont les acteurs territoriaux (exploitants, élus) acceptaient de participer.

- Au vu des ajustements effectués par les partenaires, la piste du premier méthaniseur investigué a de nouveau été examinée. Toutefois, malgré une première acceptation de la part des porteurs de projet méthanisation, un des quatre associés a finalement exercé son véto.

Simultanément, l'ADEME régionale a suggéré deux nouvelles unités :

- Le 1er méthaniseur avait déjà été analysé. Après réexamination des critères, la zone d'habitation proche du méthaniseur n'est pas assez dense pour pouvoir mener le projet dans de bonnes conditions. Mondicourt est une plus grande ville, mais pas sous les vents et malheureusement trop éloignée.
- Pour le 2nd méthaniseur, le contact avec le porteur d'unité n'a pas pu être assuré malgré plusieurs relances et moyens de communication. La date de démarrage de l'unité n'a pas pu être connue par les partenaires de projet. Cette unité n'a donc pas pu être considérée.

Toujours au cours de l'année 2022, Atmo Hauts-de-France a continué à réaliser une recherche active avec l'aide des partenaires locaux sur tout le territoire des Hauts-de-France. Le COTECH régional constitué au début du projet, rassemblant le FNE, la chambre d'agriculture, la DREAL, et l'ADEME régionale a été sollicité à plusieurs reprises pour obtenir des contacts, ou pour relancer leur propre réseau.

En fin d'année, le calendrier devenant de plus en plus contraint, le COTECH national a décidé d'élargir la zone de recherche dans les régions de Normandie et de Grand Est. Atmo Normandie et Atmo Grand Est ont donc commencé à chercher activement des méthaniseurs pouvant répondre aux critères et au calendrier. Atmo Grand Est et Atmo Normandie se sont rapprochés de leurs partenaires régionaux (tels que les membres de leurs COTECH régionaux : GRDF, FNE (France Nature Environnement), ADEME, les chambres d'agriculture ainsi l'AAMF (l'Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France) pour identifier de potentiels méthaniseurs répondant aux critères et au calendrier. Des propositions de méthaniseurs ont été formulées mais n'ont pas été retenues : existence d'un autre méthaniseur dans la zone d'étude, méthaniseurs trop éloignés des premières habitations (cf. critères de recrutement).

3.4.1.2. Proposition d'alternative

Fin avril 2023, en l'absence d'unité répondant aux critères sélection ou d'accord de la part des acteurs territoriaux, les partenaires de l'étude AQAMETHA ont été contraints d'abandonner le Lot 3 tel que décrit dans le dossier technique initial. Atmo France, en qualité de coordinateur national, s'est chargé de contacter l'ADEME, mandataire de l'appel à projet AQACIA auquel le projet AQAMETHA est lauréat, afin de réviser les périmètres du Lot 3 et de proposer une alternative. Cette alternative fut présentée à l'ADEME et à GRDF, co-financeurs du projet. Le COPIL a été tenu informé en juin 2023.

L'alternative se présentait en deux volets.

- Le premier volet visait à capitaliser via un retour d'expériences des recherches d'unités pour la mise en place du dispositif d'accompagnement et d'implication citoyenne ainsi que de faire un état des freins rencontrés.
- Le deuxième volet avait pour objectif de travailler sur un frein majeur identifié lors de la première version du Lot 3 : les refus de participer au projet par les porteurs d'unités (agriculteurs, élus ou techniciens) liés à l'implication citoyenne. Pour limiter ce frein à l'avenir, il était proposé de travailler sur l'hypothèse qu'une meilleure connaissance des liens entre Méthanisation-Air et Odeur ainsi que du Langage des Nez®, qui permettrait de lever certaines craintes des porteurs d'unités.

Deux types d'échanges avec les agriculteurs, élus ou techniciens ont donc été proposés :

- 2h d'échange et de partage d'information sur les liens entre air, odeur et méthanisation ainsi que la présentation de la démarche et les outils qui était initialement prévus.
- 2x2h de sensibilisation/formation d'introduction à la pollution de l'air et au dispositif du Langage des Nez®.
- A la suite de ces échanges, la mise en place d'un questionnaire permettant d'estimer si une meilleure connaissance de la démarche d'implication citoyenne permet de limiter, voire lever, le frein identifié.

Après de multiples échanges entre les partenaires du projet ainsi que l'ADEME, et faute de temps pour mener à bien ce nouveau volet, le COTECH national prend finalement la décision de stopper le lot 3.

3.4.1.3. Etude des freins rencontrés

Dans le but d'aider d'autres porteurs de projets dans la mise en place de tels dispositifs expérimentaux d'implication citoyenne, les partenaires de l'étude AQAMETHA souhaitent apporter quelques éléments quant aux freins rencontrés dans la mise en œuvre de ce lot et ayant entrainé son arrêt.

Difficulté 1 : **L'implantation des méthaniseurs**

Les difficultés rencontrées dans la recherche d'un méthaniseur répondant aux critères de sélection énoncés ci-avant, bien qu'ajustés en cours de recherche pour augmenter la distance d'habitations de 1 à 2 km, peuvent s'expliquer en partie, par la volonté des porteurs de projet de s'éloigner des premières habitations, considérant les problèmes d'acceptabilité ainsi que par les modifications récentes apportées aux arrêtés ministériels en juin 2021, visant à renforcer les normes de prévention des risques accidentels et des émissions olfactives. En effet, depuis le 1er janvier 2023, la plupart des nouvelles installations de méthanisation doivent être situées à au moins 200 mètres des habitations environnantes, contre 50 m auparavant. Cette mesure visait à favoriser l'acceptabilité de certains projets.

Comme mentionné précédemment, face aux difficultés rencontrées dans la sélection d'un méthaniseur situé en Hauts-de-France, les AASQA, et notamment Atmo Grand-Est, ont été sollicitées. Bien que la Région Grand Est ait été l'une des premières à se lancer dans la méthanisation à grande échelle, notamment grâce à sa forte activité agricole et à des politiques régionales favorisant la transition énergétique, les recherches des partenaires du projet sont restées infructueuses. Cela peut notamment s'expliquer par le fait que la région Grand Est est marquée par une certaine dispersion des habitations et une importante ruralité qui se traduit par une densité de population généralement plus faible dans l'ensemble de la région. De nombreux villages ou petites communes sont éloignés les uns des autres, ce qui peut rendre l'implantation de méthaniseurs loin des zones résidentielles plus logique.

Difficulté 2 : Craintes des porteurs de projets de méthanisation dans l'implication des citoyens

Bien que les projets de méthanisation aient un fort potentiel pour soutenir les objectifs en matière d'énergie renouvelable, ils rencontrent fréquemment une opposition locale, principalement en raison des préoccupations relatives aux odeurs, à l'augmentation du trafic, aux risques d'explosion et aux impacts visuels. Ces mêmes inquiétudes

peuvent, par ailleurs, amener des citoyens ouvertement favorables aux projets de méthanisation à s'opposer à l'installation ou au développement de ces derniers, les jugeant indésirables à proximité de chez eux, même s'ils reconnaissent leur nécessité écologique (effet NIMBY, "Not In My Backyard"). Cet effet désigne une attitude où les individus ou les groupes sont favorables à un projet ou à une initiative tant que celui-ci ne se déroule pas à proximité de chez eux. Autrement dit, les personnes peuvent soutenir une idée en théorie (par exemple, la construction d'une nouvelle infrastructure, d'une usine de méthanisation ou d'une station d'épuration) mais s'opposer fermement à sa mise en œuvre près de leur domicile ou dans leur quartier. Ces craintes impactent donc directement la mise en œuvre de projets de méthanisation et, par extension, peuvent être sources de fortes inquiétudes pour les porteurs de projets eux-mêmes. Ainsi, alors que la mise en place d'une véritable stratégie de dialogue territoriale est de plus en plus préconisée afin d'amener les différentes parties prenantes à comprendre et à s'approprier les projets de méthanisation, cette dernière peut être vécue difficilement par les porteurs de projets. C'est pourquoi, pour certains porteurs rencontrés, l'expérimentation proposée dans le cadre de ce volet représentait un danger, n'ayant pas envie de raviver les souvenirs de débats animés, notamment avec les riverains.

De même, tous les porteurs de projet rencontrés ne semblent pas avoir fait le choix d'une véritable stratégie de dialogue et concertation et avaient une certaine appréhension à partager des informations sur leur méthaniseur, de crainte que la divulgation de ces informations n'entraîne des réactions négatives. En effet, certains porteurs de projets craignent d'être mal vu ou que certains collectifs d'oppositions ne se mettent en place à la suite de leurs communications. En effet, ils avancent que, du fait que les projets liés aux énergies renouvelables sont très localisés et ont un impact sur les biens partagés d'une région, tels que le paysage et la qualité de vie environnante, les résidents se sentent directement concernés et estiment avoir des droits sur ces biens communs, même s'ils ne sont pas directement impliqués dans les projets.
La mise en œuvre à long terme de ces projets peut, par ailleurs, parfois entrer en conflit avec les initiatives ou les aspirations de la communauté locale, comme la dépréciation des biens immobiliers ou les développements urbains.
Les porteurs de projet se limitent ainsi au minimum requis selon leur régime ICPE, mais ne souhaitent pas aller pas au-delà. Logiquement, ils ne souhaitent donc pas prendre part à un dispositif expérimental tel que décrit ci-avant.

Enfin, la plupart des projets contactés étaient portés par des agriculteurs, or la particularité du porteur de projet agricole, en comparaison à un porteur industriel réside dans son ancrage territorial : au quotidien, en dehors de son activité professionnelle, les riverains parfois mécontents sont avant tout ses voisins. Cette fusion entre vie professionnelle et vie privée complique la situation des agriculteurs qui, bien qu'exerçant leurs droits, peuvent être interpellés, parfois violemment et à tout moment, pour justifier leurs projets. Cette dualité peut entrainer un sentiment d'insécurité chez les porteurs, sentiment certainement sous-estimé dans la mise en œuvre de ce projet. Certains agriculteurs ont ainsi clairement refusé de participer au projet, bien que trouvant l'initiative d'utilité publique, car ils étaient déjà en conflits avec leurs voisins ou craignaient de ranimer un conflit jusque-là tassé.

Bien que la nécessité d'adopter une communication plus active et directement inspirée de la gestion du conflit, telle que proposée au sein de ce volet, pour permettre un dialogue serein entre toutes les parties prenantes du territoire et ainsi éviter la prolifération d'idées reçues et de désinformation n'est pas plus à démontrer dans la littérature, les inquiétudes des agriculteurs restent à l'heure actuelle trop importantes pour permettre de mener à bien ce dispositif citoyen expérimental.

Difficulté 3 : Craintes des élus locaux en lien avec l'installation d'un méthaniseur et l'implication des citoyens

Au-delà des porteurs de projet de méthanisation rencontrés, les élus des communes sur lesquelles étaient implantées les unités ont également été contactés. Ainsi, l'un des freins rencontrés au cours de la sélection a résidé dans la crainte des élus locaux vis-à-vis du projet et, *in fine*, leur refus de participer.

Le rôle des élus locaux est essentiel et n'est pas à négliger pour la mise en place de dispositifs citoyens tels que celui qu'il était proposé de tester dans l'étude AQAMETHA. En effet, dès les prémices d'un projet de développement d'une unité de méthanisation, la position des élus locaux peut jouer un rôle clé. Il est ainsi important de souligner que lorsque l'installation est soumise à autorisation, le projet fait l'objet d'une enquête publique et le maire de la commune d'implantation est invité à exprimer son avis. Cet avis est pris en compte au même titre que les avis des autres instances consultées. Il appartient aussi au maire, quelle que soit la procédure, de faire respecter les dispositions relatives aux plans locaux d'urbanisme et les distances devant séparer les activités qui peuvent être sources d'inconvénients ou de nuisances. Par ailleurs, le maire occupe souvent une fonction essentielle, étant considéré par les acteurs locaux comme le principal interlocuteur pour traiter leurs préoccupations. Il incarne ainsi un rôle de médiateur. Il se retrouve dès lors en première ligne en cas de contestation, au même titre que les porteurs de projet méthanisation.

Dans notre cas, l'élu rencontré ne souhaitait que notre dispositif expérimental soit testé sur son territoire, car il était originellement opposé à l'implantation d'un méthaniseur sur son territoire. Il considérait ainsi que la décision de la préfecture empiétait sur la souveraineté de sa commune et son droit de décider des projets qui y sont implantés. Le maire ne pensant pas que la solution soit adaptée aux besoins locaux et ne répondant pas aux attentes de ses administrés, il ne souhaitait pas accompagner les porteurs de projet méthanisation dans leur démarche pour une meilleure acceptation de leur unité.

Difficulté 4 : Inquiétudes inhérentes à la mise en place opérationnelle du projet

Pour finir, plusieurs difficultés résidaient dans les contraintes opérationnelles inhérentes à la mise en place d'un dispositif expérimental d'implication citoyenne. Ainsi, dans le but de mener à bien ce dispositif, un méthaniseur spécifique était recherché dont la mise en service se ferait au moins 6 mois après le commencement des sessions de formation, et ainsi à bonne distance temporelle des premières olfactions des participants. Ce critère temporel était établi dans le but de disposer d'un état initial du paysage olfactif de la commune ciblée. Cette particularité a pu rendre la sélection plus ardue. Ainsi, lorsqu'un premier méthaniseur a été sélectionné, ce dernier n'a finalement pas pu être retenu du fait d'un retard pris dans le processus d'implantation de son unité.

Malgré leur fort intérêt pour la formation au Langage des Nez®, élément clé du dispositif, la durée de l'expérimentation a suscité de nombreux questionnements, en particulier de la part des porteurs de projet de méthanisation. Alors que le calendrier originel permettait d'éviter les périodes de forte activité pour les agriculteurs, les reports envisagés ne permettaient plus d'assurer une participation sereine des porteurs de projet, du fait du temps important à consacrer à la formation (plusieurs modules). Leur implication est néanmoins essentielle, notamment dans les formations afin qu'ils partagent avec les riverains et les élus un langage commun.

Enfin, depuis 2023 les porteurs de projet méthanisation doivent également réaliser "un état initial des perceptions" pouvant, le cas échéant, servir de référence en cas de plainte. Pour certains des porteurs rencontrés, les résultats de cet état initial n'indiquaient pas de nuisances olfactives. Aussi, ils n'ont pas jugé nécessaire de participer à ce volet

3.4.2. Perspectives

La méthanisation se situe à la croisée de différentes politiques et objectifs environnementaux de transition : valorisation des déchets, transition énergétique, transition agro-écologique. Néanmoins, le développement de projets de méthanisation peut susciter un certain nombre d'inquiétudes, notamment auprès des riverains, d'ordre environnementales, sanitaires et socio-économiques. Ces inquiétudes soulignent la nécessité d'une gestion transparente, d'une information claire et d'une concertation avec les communautés locales lors de l'implantation de ce type d'infrastructure. La prise en compte de ces préoccupations dès le début du projet est essentielle pour assurer une cohabitation harmonieuse entre les installations de méthanisation et les riverains. La mise en place de dispositifs d'implication citoyenne peut répondre à ces besoins.

Cependant, dans le but que ces dispositifs d'implication citoyenne soient mis en place sereinement, il apparait essentiel d'accompagner les intermédiaires locaux, qui jouent un rôle crucial dans la mise en relation des parties prenantes, l'amélioration de la communication et la facilitation de la gouvernance des projets de méthanisation. En effet, certains élus semblent encore aujoud'hui avoir du mal à définir le rôle qu'ils peuvent tenir au sein de ces projets souvent complexes alors que ce dernier est primordial pour une meilleure acceptabilité. Dans le but d'accompagner les élus dans leur rôle de facilitateur, clé de voute de la réussite d'un projet de méthanisation, il nous semble intéressant de poursuivre les efforts d'outillage de ces derniers pour les aider à devenir pilotes afin de favoriser l'acceptabilité locale des projets (initiation à la méthanisation ; détails sur les montages financiers et les possibilités de subventions ; formes juridiques possibles pour monter un projet, etc.). Par ailleurs, il semble important de continuer à proposer aux élus d'échanger avec d'autres homologues ayant été ou étant dans la même situation dans le but de favoriser les échanges pairs à pairs. Le groupe devient alors lui-même ressource et vecteur de changement. Bien que n'étant pas le seul élément à prendre en considération lorsque l'on décide d'implanter une unité de méthanisation sur un territoire, la qualité du dialogue et la prise en compte des perceptions de chacun, facilitées par les porteurs eux-mêmes et les élus locaux, semblent jouer un rôle essentiel en permettant de surmonter certaines craintes et oppositions.

Ce qu'il faut retenir :

Des freins à l'implication citoyenne en amont d'un projet de méthanisation, relative à :

- des craintes des porteurs de projet de méthanisation de créer ou raviver des tensions avec les riverains en focalisant sur un sujet pouvant être source de gênes au détriment des apports pour la collectivité
- de la réticence des élus locaux et craintes pour la souveraineté de leur commune
- un dispositif d'accompagnement et d'implication citoyenne dont le calendrier peut paraître lourd pour les porteurs de projet de méthanisation

L'intérêt manifeste pour le Langage des Nez® exprimé par certains acteusr rencontrés et son caractère objectif et méthodique montre qu'il peut être utilisé comme outil de communication et d'implication citoyenne dans de futures études sociologiques, à condition de lever les freins précédemment cités.

3.5. Accessibilité des données par une *storymap* en ligne

Dans l'objectif de rendre l'ensemble des résultats accessibles au grand public, aux élus, et aux porteurs de projets de méthanisation, les données issues de l'étude AQAMETHA sont intégrées au sein d'une storymap.

La storymap AQAMETHA, disponible sur ce lien, présente les objectifs, la méthodologie et les résultats du projet (figure ci-dessous).

Figure 29 : page d'accueil de la datavisualisation AQAMETHA

La storymap comporte plusieurs onglets structurés de telle manière à guider le lecteur :

- Introduction générale sur la compréhension du principe de la méthanisation, un état des lieux en France avec une carte dynamique montrant l'évolution du nombre/type de méthaniseurs.
- Présentation des objectifs d'AQAMETHA.
- Présentation des unités de méthanisation participantes au projet avec un rappel de la méthodologie de sélection des méthaniseurs.
- Présentation des résultats de la campagne olfactive sous forme d'un tableau de bord dynamique (cf figures ci-dessous). A noter que la méthodologie utilisée pour la réalisation des mesures olfactives a été détaillée dans cette partie.
- Présentation des résultats de la campagne de polluants atmosphériques sous forme d'un tableau de bord dynamique. A noter que la méthodologie utilisée pour la mesure des polluants a été détaillée dans cette partie.
- Conclusion avec la comparaison des résultats aux valeurs ubiquitaires (*i.e.* des valeurs mesurées dans d'autres environnements non influencés par la méthanisation) et réglementaires, ainsi que des préconisations de bonnes pratiques pour limiter l'impact des odeurs dans l'environnement des méthaniseurs.

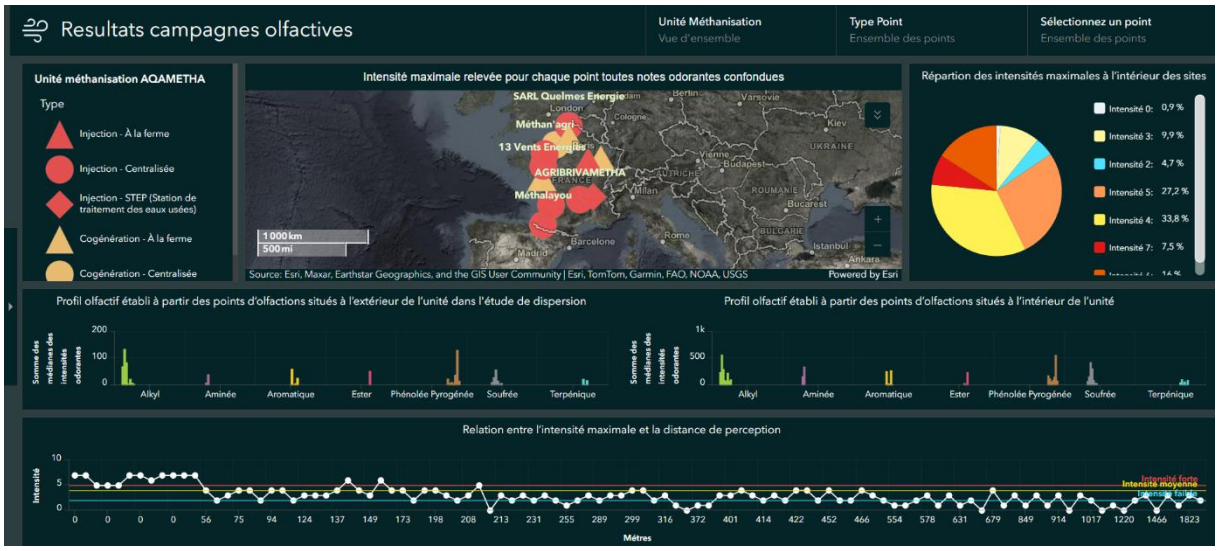

Figure 30 : tableau de bord des résultats de la campagne olfactive

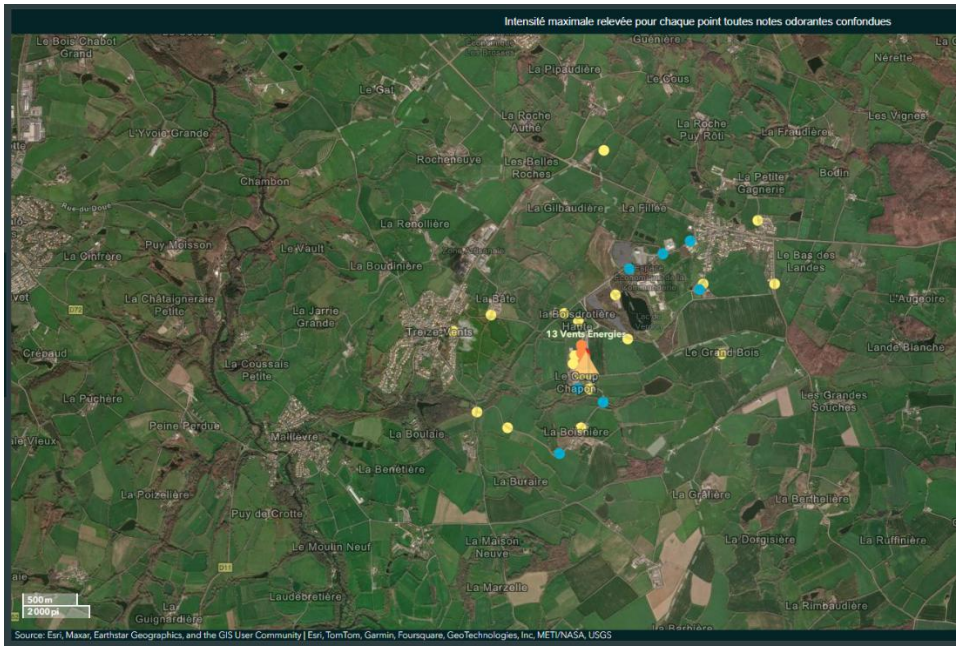

Figure 31 : datavisualisation d'une cartographie olfactive dans l'environnement d'une unité de méthanisation

Des liens hypertextes pointant vers des ressources bibliographiques ont été ajoutés pour permettre au lecteur d'approfondir le sujet.

Ce qu'il faut retenir :

La création d'une stoymap permet, via une datavisualisation, de rendre accessible au grand public et aux porteurs de projet d'unité de méthanisation :

- L'ensemble des résultats détaillés des mesures de polluants atmosphériques et des campagnes olfactives
- Une cartographie odorante au sein, et autour des 12 unités de méthanisation
- Des préconisations à l'intention des exploitants d'unités de méthanisation

3.6. Valorisations de l'étude AQAMETHA

L'étude AQAMETHA a permis de valider avec succès une méthode de caractérisation objective, qui peut être transposable à d'autres unités de méthanisation. Le référentiel du Langage des Nez® a pu être complété et spécifié à l'environnement de la méthanisation : il peut être déployé de manière systématique dans le cadre de futurs travaux autour de méthanisation, ou par les exploitants eux-mêmes dans le suivi de leurs unités.

Afin de communiquer sur les bénéfices de cette méthode, l'étude AQAMETHA a fait l'objet de valorisations nationales et locales. Le sujet de l'étude étant d'un grand intérêt, les partenaires sont fortement sollicités.

Les partenaires ont mené une communication nationale sur le lancement du projet le 27 juin 2022. Cet article a été repris dans plusieurs médias tel que : Reference Agro, Région de France, Bioénergie, Asso Aile, Biogaz, Chambre d'agriculture, Usine à GES...

Les partenaires ont également présenté le projet dans le cadre de différentes interventions en colloques :

- Atmo France lors du colloque APCA-Atmo France du 17 janvier 2023
- Atmo Grand Est lors des deux journées producteurs GRDF en Grand Est les 10 et 30 janvier 2023
- Atmo Grand Est a présenté le projet lors du colloque ACSE (Air Climat Sol Energie) le 31 janvier 2023 à Nancy
- Air Pays de la Loire et Atmo France aux Journées pour la Recherche et l'Innovation Biogaz Méthanisation à Pau, le 27 mars 2024
- Atmo Hauts-de-France a présenté les résultats du projet AQAMETHA au CORBI (Collectif Opérationnel Régional du Biométhane Injecté) le 20 septembre 2024 à la Cité des Entreprises à Marcq-en-Barœul
- Atmo Grand Est a présenté la storymap lors de la conférence francophone ESRI à Paris le 9 octobre 2024 et l'a inscrite au concours de storymap.
- Air Pays de la Loire lors d'un plateau TV GRDF à Paris, le 17 octobre 2024
- Atmo France au Congrès des Maires de France à Paris, entre le 19 et le 21 novembre 2024
- Air Pays de la Loire dans le cadre d'un podcast *MethaRadio*, le 5 décembre 2024

Plusieurs journalistes de la presse agricole, locale ou nationale, ont contacté les partenaires pour faire des articles.

4. Recommandations auprès des exploitants et porteurs de projets de méthanisation

4.1. Gestion des stockages d'intrants

Il a été montré que le stockage d'intrants solides et liquides sont parmi les secteurs les plus odorants des sites de méthanisation.

- Il est opportun, dans la mesure du possible, de **réduire la durée de stockage à l'air libre des intrants** solides à l'intérieur du site au strict nécessaire.
- **Le stockage des intrants solides au sein de hangars fermés** est préconisé. **Réduire la durée d'ouverture** des portes limite la dispersion des molécules odorantes à l'extérieur du bâtiment.
- Maintenir le stockage d'intrants liquides dans des fosses couvertes, ou fermées par un système de trappe sont à favoriser. Ces méthodes ont montré sur le terrain un rabattement efficace des odeurs. Il convient de réduire au mieux la durée d'ouverture des trappes lors de l'approvisionnement.
- La **mise en place de filtres à charbon** sur les fosses d'intrants liquides représente un investissement important, mais participe activement à la réduction des odeurs. Veiller au bon fonctionnement des systèmes de traitement, tels que biofiltre ou cuve à hygiénisation contribuera à limiter l'émanation d'odeurs.
- La **conception en amont de l'aménagement d'une unité de méthanisation** pourrait réduire les odeurs liées aux intrants, notamment par :
    - la mise en place d'un muret au niveau du quai de déchargement de la fosse d'intrants liquides afin de limiter les projections sur le site au déchargement et également faciliter le nettoyage du site post-livraison. Cela permet de limiter les écoulements de jus sur le reste du site.
    - la mise en place de haies en bordure de l'unité de méthanisation, sous le sens des vents dominants, afin de limiter la dispersion des odeurs vers le village.

4.2. Bonnes pratiques d'hygiène

- Un maintien de **bonnes pratiques dans l'entretien courant et quotidien du site** participe à susciter moins de méfiance chez les riverains, randonneurs ou automobilistes passant à proximité. Un rendu visuel plus soigné de l'unité de méthanisation génère un impact positif.
- De même, limiter l'**écoulement de digestats au sol** au-delà des zones de stockage fermées participerait à diminuer les nuisances olfactives. Un nettoyage à l'eau, même grossier, réduit la dispersion des matières odorantes sur le site.
- Les **fosses de collecte des eaux usées** méritent également un entretien régulier. Ces zones peuvent générer des odeurs intenses et difficilement supportables.

4.3. Maintien d'un canal de communication avec les riverains

La **communication** est un point essentiel dans l'acceptation d'une unité par les riverains et les habitants des communes voisines.

- Il est nécessaire **d'impliquer les riverains dans la compréhension de la méthanisation**, le fonctionnement du site, préciser qu'il s'agit du renouvellement de déchets pour produire de l'énergie renouvelable, et montrer l'intérêt de cette activité pour l'environnement et l'économie.
- Cette implication des riverains peut passer par la **réalisation de portes ouvertes**, afin d'apporter de la transparence par rapport à l'activité de l'unité (les riverains ne savent pas ce qui se passe sur le site, ne voient rien avec les buttes, les haies, ... et peuvent penser qu'on leur cache ainsi les choses)
- La mise en œuvre d'opérations de maintenance préventives ou d'interventions curatives (curage, vidange des eaux usées, des lagunes), même occasionnellement, est susceptible de générer des odeurs plus ou moins perceptibles dans l'environnement du site. **Prévenir de manière anticipée les riverains** et/ou la municipalité **lors de la survenue d'évènements planifiés** permet de désamorcer les tensions liées à d'éventuelles gênes olfactives, et de réduire la méfiance des habitants.
- Il en va de même avec les évènements imprévus et/ou exceptionnels. Cette diffusion d'information peut passer par **la tenue d'un site internet qui permettrait de relayer rapidement et efficacement des actualités** auprès des riverains en lien avec les activités du site de méthanisation.

5. Conclusions / Perspectives

5.1. Conclusion de l'étude

L'étude AQAMETHA, une étude pilote au niveau national, visait à objectiver le lien qui existe entre la méthanisation, la qualité de l'air et les odeurs, par une approche normalisée et standardisée. Ses objectifs étaient multiples :

- Améliorer les connaissances sur les niveaux de pollution de l'air et les odeurs dans l'enceinte et autour d'unités de méthanisation ;
- Objectiver les désagréments et craintes (passer du ressenti à une caractérisation objective) et répondre aux interrogations des acteurs de la filière (promoteurs, associations, opposants…) ;
- Capitaliser les résultats de l'étude et les valoriser auprès des porteurs de projets, des exploitants, des collectivités, des riverains et du grand public ;
- Etudier l'apport d'un dispositif de formation et d'un accompagnement personnalisé des riverains dans l'acceptation de la mise en place de projets de méthanisation.

Afin de répondre à ces objectifs, une sélection de 12 unités au niveau national, représentative de la diversité de la filière méthanisation en France, a été effectuée selon des critères spécifiques (type de valorisation, typologie d'unité, contexte localement sensible avec problématique identifiée de gêne olfactive).

Sur ces 12 unités ont été menées entre 2022 et 2023 deux investigations parallèles :

- La mesure des concentrations d'ammoniac (NH_3) et d'hydrogène sulfuré (H_2S), ces polluants étant émis par l'activité de méthanisation et pouvant représenter un risque sanitaire
- Des campagnes olfactives, au sein des unités puis dans leur environnement, en utilisant le Langage des Nez®, afin d'identifier le profil olfactif des unités de méthanisation et leur emprise sur l'environnement.

Les principaux résultats de l'étude AQAMETHA sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Polluants atmosphériques	Odeurs
Au sein de l'unité	Mesures en limite de propriété. La concentration moyenne en NH_3 sur les 12 unités est de 12,5 µg/m^3 La concentration moyenne en H_2S sur les 12 unités est de 1 µg/m^3	4 notes odorantes caractéristiques : l'**acide butyrique**, le **scatol**, l'**éthylmercaptan** et l'**isobutylamine**. Des intensités odorantes allant jusqu'à 7 (forte) Les intrants, l'hygiénisation et la trémie sont identifiés comme les secteurs les plus odorants. Les digestats et le poste d'injection sont les secteurs les moins odorants.
Dans l'environnement des unités	Au niveau des 1ères habitations : Les concentrations en NH_3 sont divisées par 3 par rapport à celles mesurées en limite de propriété Les concentrations en H_2S sont faibles, proches voire en-dessous des limites de quantification de l'appareil, et similaires à celles mesurées sur le site témoin.	Les notes olfactives perçues sont cohérentes avec le profil olfactif interne aux unités de méthanisation. D'autres sources (notamment agricoles) sont aussi sources de ces notes olfactives. Les intensités odorantes peuvent être fortes dans un rayon de 200 m autour de l'unité. Elles deviennent modérées à faible entre 200 et 2 000 mètres de l'unité.

Le lot d'implication citoyenne n'a pas pu être réalisé. Au-delà de la difficulté à satisfaire l'ensemble des critères de sélection établis, des freins importants ont été identifiés :

- des craintes des porteurs de projet de méthanisation et des élus de créer ou raviver des tensions avec les riverains en ne focalisant que sur les risques de gênes au détriment des apports pour la collectivité
- la réticence des élus locaux et craintes pour la souveraineté de leur commune
- un dispositif d'accompagnement et d'implication citoyenne dont le calendrier peut paraître lourd pour les porteurs de projet de méthanisation

A la lumière de cette étude, des préconisations ont pu être établies à l'intention des exploitants ou des porteurs de projets. Parmi ces préconisations, le maintien d'un canal de communication avec les riverains et les élus a été identifié comme primordial. Malgré l'arrêt du lot d'implication citoyenne, l'intérêt pour le Langage des Nez® a été manifesté par les différentes parties prenantes du volet d'implication citoyenne et démontre sa capacité à être un outil au service de cette communication entre exploitants et riverains.

5.2. Conclusion vis-à-vis de la réglementation

Il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur réglementaire française sur les concentrations en hydrogène sulfuré et en ammoniac. Toutefois, à titre indicatif :

- l'OMS préconise une valeur guide pour l'hydrogène sulfuré à ne pas dépasser, de 150 µg/m^3 en moyenne journalière ;
- l'ANSES a publié une valeur toxicologique de référence pour l'ammoniac de 500 µg/m^3 en moyenne annuelle.

Compte-tenu des concentrations moyennes enregistrées sur les 12 unités, il est peu probable que ces valeurs indicatives soient dépassées.

Les investigations olfactives ont par ailleurs montré que les perceptions olfactives d'intensité *fortes* sont restreintes dans les 156 mètres autour des unités. Au-delà, l'intensité odorante baisse à un niveau *modéré* à *faible*. Cela appuie la décision réglementaire de ne pas autoriser la construction de zones d'habitations dans les 200 mètres autour d'une unité de méthanisation faisant l'objet d'un enregistrement.

5.3. Conclusion vis-à-vis de la méthodologie

La double approche de mesure des polluants atmosphériques conjuguée à des investigations olfactives permet d'avoir une représentativité exhaustive des nuisances dans l'environnement des unités de méthanisation, qu'elles soient de nature chimique ou odorante.

En outre, la méthode de caractérisation objective développée au cours de l'étude AQAMETHA a été validée avec succès et est déployable sur d'autres unités. Le socle du Langage des Nez® a été complété et spécifié à l'environnement de la méthanisation, facilitant son usage systématique dans le cadre de futurs travaux ou du suivi des unités de méthanisation, tant par les exploitants que par les élus et les riverains.

5.4. Perspectives

L'étude AQAMETHA offre une première approche statistique du lien entre la méthanisation, la qualité de l'air et les odeurs, sur 12 unités au niveau national. Afin de rendre accessible l'ensemble des données détaillées au plus grand nombre (exploitants et porteurs de projet de méthanisation, élus, riverains, grand public), une storymap a été créée, accessible via ce lien. Compte-tenu de l'apport méthodologique de cette étude, ces premiers résultats méritent d'être statistiquement renforcés par des investigations supplémentaires autour d'un nombre croissant d'unités de méthanisation, permettant d'alimenter la storymap.

Une quantification du rabattement des odeurs par la mise en place des préconisations et des bonnes pratiques au sein des unités de méthanisation permettrait d'identifier quels sont les principaux leviers d'action à mettre en place pour les futurs porteurs de projet et les exploitants.

Par ailleurs, il serait intéressant de mener des investigations spécifiques aux épandages de digestats issus des unités de méthanisation afin d'avoir un regard complet sur l'activité biométhane et son impact sur les polluants atmosphériques et les odeurs.

Références bibliographiques

[1] Guides de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation, ATEE Club Biogaz, décembre 2011

[2] Fiche technique méthanisation, ADEME, février 2015

[3] Montage de projets de méthanisation, recueil de recommandations et retours d'expériences, ADEME & Région Rhône-Alpes, 2016

[4] Guide pour la méthanisation de déchets de l'industrie agroalimentaire, ORDIF Ile de France, avril 2016

[5] La méthanisation des matières organiques, Guide à l'attention des porteurs de projets, Préfecture de l'Orne, Conseil Général de l'Orne, Chambre d'Agriculture de l'Orne, 2017

[6] La méthanisation en voie sèche discontinue, Guide et préconisations, ADEME Bourgogne Franche Comté, février 2018

[7] Vers une méthanisation propre, sûre et durable, Recueil de bonnes pratiques en méthanisation agricole, INERIS, février 2018

[8] Guide de mise en oeuvre de l'hygiénisation en méthanisation, AILE, septembre 2021

[9] Bourdin, S. (2020). Le NIMBU ne suffit plus ! Etude de l'acceptabilité sociale des projets de méthanisation. *L'Espace Politique, EA 2076 HABITER, Université de Reims Champagne-Ardenne.*

[10] Avis de l'Anses, rapport d'expertise collective (2018), *Elaboration de VTR aigüe, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac*

[11] *Air Rhône-Alpes*, Mesures de l'ammoniac dans l'atmosphère, 2016.

[12] *Atmo Auvergne-Rhône-Alpes*, Amélioration des connaissances sur les concentrations d'ammoniac en Auvergne-Rhône-Alpes, 2018.

[13] *AtmoSud,* Campagne de mesure de l'ammoniac dans la zone de Marseille Saint-Menet, 2018.

[14] *Atmo Auvergne-Rhône-Alpes,* Etude de la qualité de l'air à Saint-Eloy-les-Mines, Campagne de mesure du 8 novembre 2018 au 9 décembre 2019. 2020.

[15] *Atmo Bourgogne-Franche-Comté*, L'ammoniac atmosphérique, De la caractérisation des sources aux leviers d'actions pour réduire les émissions, Février 2022 à avril 2023, 2023.

Index des tableaux et figures

TABLEAUX

Tableau 1 : sélection des 12 unités de méthanisation 11
Tableau 2 : méthode d'analyse du NH_3 et du H_2S par prélèvements passifs 13
Tableau 3 : périodes de mesure des polluants atmosphériques pour chacune des 12 unités investiguées 14
Tableau 4 : référents odorants utilisés pour caractériser les odeurs du méthaniseur (source : Osmanthe, société spécialisée en expertise olfactive). Le code couleur correspond au code couleur des pôles odorants du référentiel du Langage des Nez®. 16
Tableau 5 : échelle des intensités et ressentis associés aux notes odorantes (source : Osmanthe, société spécialisée en expertise olfactive) 17
Tableau 6 : périodes d'olfactions pour chacune des 12 unités investiguées 18
Tableau 7 : représentativité globale des notes odorantes sur les sites d'unités de méthanisation 26

FIGURES

Figure 1. Organisation générale de l'étude AQAMETHA 9
Figure 2. Emplacement des méthaniseurs sélectionnés pour les campagnes de 2022 et 2023 12
Figure 3 : (gauche) système de prélèvement passif utilisé pour la mesure des polluants atmosphériques cibles du projet. (droite) déploiement des tubes passifs sur le terrain 13
Figure 4 : stratégie de mesure des polluants atmosphériques autour d'une unité de méthanisation 14
Figure 5 : référentiel du socle du Langage des Nez® 15
Figure 6 : récapitulatif prévisionnel des différentes étapes du processus du Lot 3 19
Figure 7 : Documents de communication visant à recruter un jury de 20 riverains bénévoles 20
Comme nous l'aborderons ultérieurement, la recherche de site pour ce lot est restée infructueuse. Nous évoquerons ci-après les alternatives méthodologiques proposées par les partenaires ainsi que les enseignements qui peuvent être mis en lumière à la suite de ces travaux. 20
Figure 8 : MCD (Modèle Conceptuel de Données) 21
Figure 9 : étapes clés dans la réalisation de la storymap 22
Figure 10 : boîte à moustache des concentrations hebdomadaires en ammoniac par point de mesure pour les 4 semaines d'exposition autour des 12 unités de méthanisation 23
Figure 11 : boîte à moustache des concentrations hebdomadaires en hydrogène sulfuré par point de mesure sur les 4 semaines d'exposition autour des 12 unités de méthanisation 24
Figure 12 : répartition des intensités odorantes à l'intérieur des 12 unités de méthanisation 25
Figure 13 : profil olfactif général des 12 unités de méthanisation. (N.B. pour une meilleure lisibilité, l'échelle de la figure 13 est différente de l'échelle des figures 14 à 24 et 26) 26
Figure 14 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux intrants solides (N.B. pour une meilleure lisibilité, l'échelle des figures 14 à 24 et 26 sont différentes de la figure 13) 27
Figure 15 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux intrants solides hors déchets verts 27
Figure 16 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux intrants liquides 28
Figure 17 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques à la trémie 28
Figure 18 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques à l'hygiénisation 29
Figure 19 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux digestats solides 29
Figure 20 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux digestats liquides 30
Figure 21 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques aux lixiviats 30
Figure 22 : (gauche) profil olfactif spécifique et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques au biofiltre 31
Figure 23 : (gauche) profil olfactif et (droite) répartition des intensités odorantes spécifiques au poste d'injection 31
Figure 24 : profil olfactif général de la méthanisation selon la typologie centralisée (couleurs pleines) ou à la ferme (couleurs en transparence). 32
Figure 25 : répartition des intensités odorantes selon la typologie de la méthanisation (à gauche) centralisée ; (à droite) à la ferme 32
Figure 26 : profil olfactif établi dans l'environnement, sous les vents des unités de méthanisation 33
Figure 27 : évolution des intensités olfactives réalisées dans l'environnement des unités de méthanisation en fonction de leur distance au site. 34
Figure 28 : Focus thématique du référentiel du Langage des Nez® spécifique à la méthanisation 36
Figure 29 : page d'accueil de la datavisualisation AQAMETHA 41
Figure 30 : tableau de bord des résultats de la campagne olfactive 42
Figure 31 : datavisualisation d'une cartographie olfactive dans l'environnement d'une unité de méthanisation 42

Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
AILE	Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement
ATEE	Association Technique Energie Environnement
CTBM	Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation
GRDF	Gaz Réseau Distribution de France
IAA	Industrie Agroalimentaire
RAEE	Rhône-Alpes Energie Environnement
SDND	Stockage de Déchets Non Dangereux
SINOE	Système d'Information et d'Observation de l'Environnement
STEP	Station d'Epuration des eaux usées
STEU	Station de Traitement des Eaux Usées
ULCO	Université du Littoral Côté d'Opale
IMT NE	Institut Mines Télécom Nord Europe

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols… - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, du ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS DE L'**ADEME**

FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.

HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

HORIZONS

ETUDE AQAMETHA - OBJECTIVER LES IMPACTS DE LA METHANISATION

En France, la filière méthanisation en plein essor contribue à la transition énergétique mais soulève des questions sur la qualité de l'air et les odeurs autour des installations. L'étude AQAMETHA a mesuré les concentrations d'ammoniac (NH_3) et d'hydrogène sulfuré (H_2S) sur 12 sites représentatifs et mené des investigations olfactives via le Langage des Nez®. Les résultats montrent que les concentrations en NH_3 et H_2S sont maximales en limite de propriété, mais diminuent fortement à proximité des habitations. L'impact olfactif est perçu fortement dans un rayon de 200 m puis modéré jusqu'à 2 000 m selon les conditions météorologiques. La participation citoyenne a été freinée par des craintes d'acteurs locaux. Des recommandations soulignent l'importance d'une communication continue avec les riverains et élus, et identifient le Langage des Nez® comme un outil utile. Une storymap accessible à tous valorise ces résultats et invite à élargir les investigations pour renforcer l'analyse.

La méthanisation, levier clé de la transition énergétique, impacte localement la qualité de l'air et les odeurs. L'étude AQAMETHA montre que ces effets sont limités à proximité immédiate des sites. Maintenir un dialogue avec les riverains est essentiel pour lever les craintes, et des outils comme le Langage des Nez® facilitent cette communication. Une storymap interactive valorise ces résultats pour informer et accompagner l'expansion de la filière.