



# INVESTIGATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DE LA FILIÈRE MÉTHANISATION

Rivergaz

Maulévrier



air pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)

# Sommaire

<b>Préambule</b> .....	<b>4</b>
<b>Synthèse</b> .....	<b>5</b>
<b>Contexte</b> .....	<b>11</b>
<b>Paramètres de fonctionnement du site</b>	
<b>Rivergaz</b> .....	<b>12</b>
<b>Cartographie olfactive de Rivergaz et de son environnement</b> .....	<b>16</b>
Méthodologie et protocole d'olfaction utilisés .....	16
Résultats des investigations.....	20
Positionnement et intensités globales des observations	20
<b>Mesures des concentrations dans l'environnement de Rivergaz</b> .....	<b>30</b>
Dispositif de mesures .....	30
Conditions météorologiques .....	32
Résultats de mesure.....	33
<b>Conclusions et perspectives</b> .....	<b>37</b>
Caractérisation odorante du site et perceptions dans l'environnement .....	37
Perspective à la suite de l'analyse olfactive .....	38
Concentrations dans l'air autour de Rivergaz.....	38
<b>Annexes</b> .....	<b>39</b>

## contributions

Coordination du projet : Arnaud Rebours - Réalisation de l'étude : Maëlle Jouanny, Sonia Cécile - Rédaction du rapport : Arnaud Rebours - Olfactions, exploitation du matériel de mesure : Sonia Cécile, Arnaud Tricoire - Validation : Céline Puente-Lelièvre et David Bréhon.

## conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 2 août 2022 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet [www.airpl.org](http://www.airpl.org), etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

## remerciements

Air Pays de la Loire remercie l'unité Rivergaz pour son accueil et sa disponibilité au cours des investigations. Air Pays de la Loire remercie également le Comité de Suivi du projet EPIQUE-FM pour son écoute et ses éclairages.

# Préambule

Air Pays de la Loire déploie sur les années 2021 et 2022 l'étude pilote, appelée EPIQUE-FM, dont l'objet est de suivre la qualité de l'air dans l'environnement de cinq unités de méthanisation des Pays de la Loire.

EPIQUE-FM adresse les questions de polluants atmosphériques et des odeurs autour de ces unités, selon une approche à l'échelle locale.

L'enjeu de la réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liée à la méthanisation est quant à lui traité par des études menées notamment par l'ADEME, GRDF et l'INRAE, et ne fait pas l'objet de cette présente étude.

La finalité du projet EPIQUE-FM est de mettre à disposition des connaissances et des résultats issus d'une approche normalisée et scientifique, et de contribuer à objectiver le débat.

Des premiers résultats, relatifs aux investigations menées en 2021 au niveau de l'unité AgriBiométhane en Vendée et de Derval Agriméthane en Loire-Atlantique ont été publiés sur [www.airpl.org](http://www.airpl.org).

Le présent rapport rassemble les résultats obtenus à l'issue des investigations réalisées en mai et juin 2022 au niveau de l'unité Rivergaz à Maulévrier, volontaire pour l'expérimentation.

Ces résultats, spécifiques à l'unité étudiée, ne peuvent pas être extrapolés à l'ensemble de la filière régionale. A l'issue du programme, en 2023, il sera établi un bilan au niveau des cinq installations de méthanisation qui apportera un éclairage plus global.

Comme EPIQUE-FM, d'autres initiatives tel que le projet national AQAMETHA (<https://atmo-france.org/aqametha-un-projet-dedie-aux-impacts-de-la-methanisation-sur-la-qualite-de-lair-et-les-odeurs/>) visent à progressivement apporter des réponses aux parties prenantes, à nourrir la réflexion collective et à pondérer les représentations.

Dans ce contexte, ce rapport est diffusé en libre accès sur le site d'Air Pays de la Loire [www.airpl.org](http://www.airpl.org) et des communications par les partenaires seront organisées au fil de l'avancement du projet.

Le Comité de Suivi d'EPIQUE-FM rassemble l'ADEME Pays de la Loire, la Région Pays de la Loire, GRDF, GRTgaz, France Nature Environnement Pays de la Loire, la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, l'association AILE et Méthatlantique. Le projet bénéficie du soutien financier des partenaires suivants :



# Synthèse

## Contexte et objectifs : une étude pilote de la qualité de l'air au niveau de la filière méthanisation

La filière méthanisation en France et dans les Pays de la Loire, en plein essor, se structure fortement, dynamisée par les objectifs nationaux en matière de transition énergétique et par les aides financières. En septembre 2022, à l'échelle régionale, 131 unités sont en fonctionnement et plusieurs dizaines d'installations sont en projet (source : AILE).

L'expansion de la filière suscite néanmoins :

- des interrogations d'ordre scientifique notamment concernant la (mé)connaissance des impacts sur l'atmosphère au niveau du digesteur (fuites de méthane) et de l'épandage (émissions de  $\text{NH}_3$  et de  $\text{N}_2\text{O}$ ),
- dans certains cas, une réserve, des inquiétudes voire de l'hostilité de riverains et de collectifs par rapport à des paramètres plus locaux (odeurs, bruit, risques, préjudices). Cette perception peut être avérée ou supposée.

Dans ce contexte, Air Pays de la Loire met en place une étude pilote dans l'environnement d'unités de méthanisation des Pays de la Loire.

Les objectifs visés par cette étude sont multiples :

- consolider le socle des connaissances et des expériences sur ce sujet par la mise en place d'une évaluation normalisée,
- à partir de cette approche, répondre aux questionnements des acteurs de la filière et du grand public et contribuer à objectiver le débat,
- en fonction des résultats obtenus, fournir des conseils techniques aux exploitants des unités investiguées.

Cette étude est réalisée avec le soutien financier de l'ADEME des Pays de la Loire, de la Région des Pays de la Loire, de GRDF et de GRTgaz et avec la participation de France Nature Environnement Pays de la Loire, de la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, de l'association AILE et du cluster Méthatlantique.

## Moyens : des méthodes normalisées et standardisées

La qualité de l'air prise en compte dans le projet d'Etude Pilote d'Investigation de la QUALITÉ de l'air de la Filière Méthanisation (EPIQUE-FM) couvre deux champs d'investigation : d'une part les nuisances olfactives, et d'autre part le suivi des concentrations atmosphériques de 3 indicateurs spécifiques de l'activité de méthanisation : le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), les deux derniers étant également des composés odorants.

Deux premières unités ont été investiguées en 2021 dans le cadre de cette étude pilote, AgriBioMéthane<sup>1</sup> en Vendée et Derval AgriMéthane<sup>2</sup> en Loire-Atlantique. Ce rapport porte sur la troisième unité, Rivergaz, située à Maulévrier, dans le Maine-et-Loire (49). Cette unité de méthanisation a été créée en collectif par 29 exploitations agricoles situées à proximité du site. Du biogaz est produit en fonctionnement nominal depuis décembre 2021. Ce biogaz est épuré puis injecté sous forme de biométhane dans le réseau de gaz GRDF situé à proximité.

Pour déterminer l'influence odorante du site, la méthode du Langage des Nez<sup>®</sup> a été utilisée lors de deux journées d'investigation, les 12 et 13 mai 2022. 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.

Pour le suivi des concentrations atmosphériques, Air Pays de la Loire a installé, entre l'unité Rivergaz et le lotissement localisé à 440 mètres au sud, un laboratoire mobile équipé d'analyseurs automatiques pour le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ), entre le 11 mai et le 17 juin 2022. Ces analyseurs prélèvent en permanence l'air extérieur et quantifient les concentrations en polluants sur un pas de temps de 15 minutes. Les niveaux moyens d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), quant à eux, sont évalués par tubes à diffusion passive, entre le 25 mai et le 8 juin 2022. Cette méthode de prélèvement permet d'obtenir la moyenne des concentrations par semaine.

<sup>1</sup> <https://www.airpl.org/rapport/investigation-de-la-qualite-de-l-air-de-la-filiere-methanisation-agribiomethane-2021>

<sup>2</sup> <https://www.airpl.org/rapport/investigation-de-la-qualite-de-l-air-de-la-filiere-methanisation-derval-agri-methane-2021>



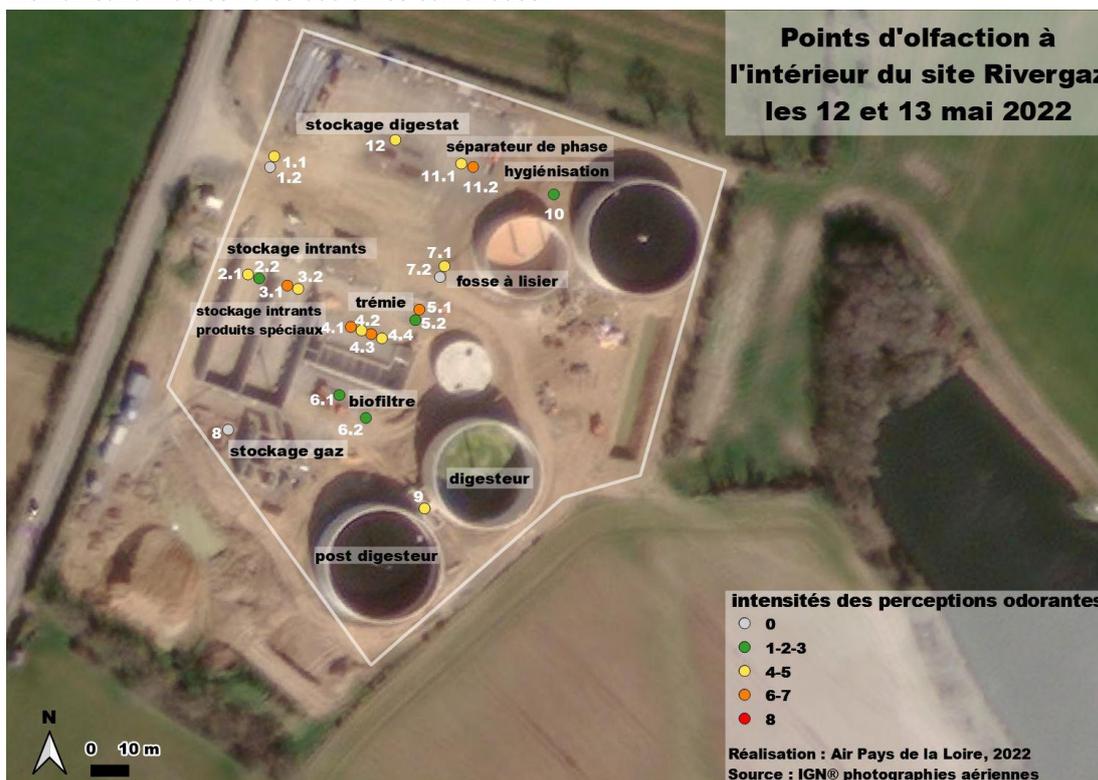
Localisation du camion laboratoire et des tubes à diffusion passive autour de Rivergaz

# Résultats : l’empreinte du site dans son environnement

## Suivi olfactif

### Observations à l’intérieur du site

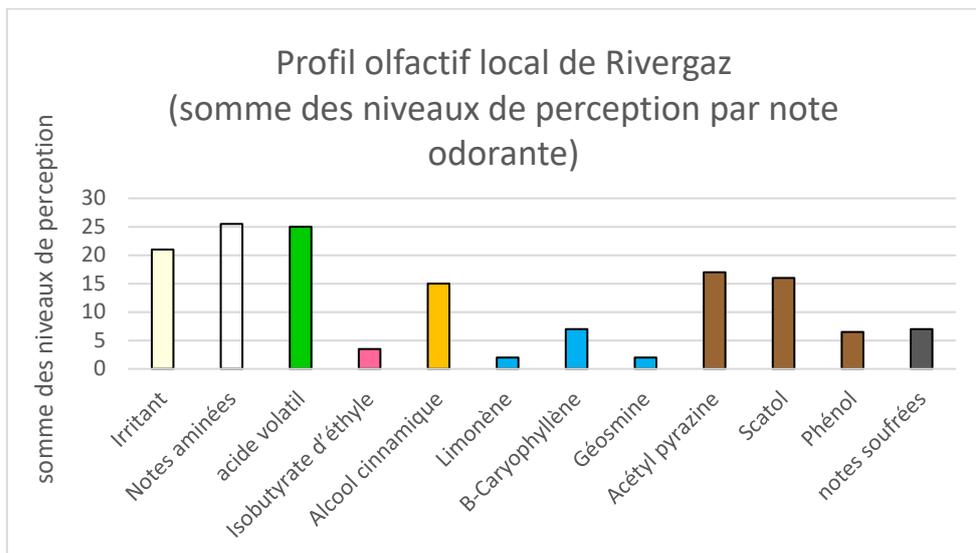
La carte ci-dessous présente l’intensité maximale relevée pour les 23 points d’olfaction à l’intérieur de l’unité de méthanisation toutes notes odorantes confondues.



Points d’olfaction à l’intérieur de Rivergaz et intensités ressenties

NB : le fond cartographique est antérieur au démarrage de l’unité et sert d’appui à la présentation des résultats issus des investigations. Celles-ci ont été réalisées en période de fonctionnement normal et donc après la mise en service de l’unité.

Les points les plus odorants (intensité maximale de 7) concernent les zones de stockage des produits spéciaux (livraison de fumier de bovin en cours), le secteur de la trémie (en fonctionnement ou à l'arrêt mais avec déchargement en cours de fumier de bovin), et pour partie, le secteur séparation de phase (à l'occasion de digestat solides en cours de déchargement). Ces intensités les plus fortes sont donc essentiellement observées lors de transport et de manipulations de produits odorants.



Profil olfactif à l'intérieur du site Rivergaz

Six notes odorantes principales caractérisent le site tant en termes de nombre de points odorants qu'en intensité : **l'acide volatil, les notes aminées, le caractère irritant, l'acétyl pyrazine, le scatol et l'alcool cinnamique**. Une majorité de ces notes sont liées à des phénomènes de fermentation et de dégradations organiques cohérents avec l'activité de méthanisation. Secondairement, ont été ressenties le B-Caryophyllène présent dans de nombreux végétaux, et des notes soufrées, notamment l'hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S associé à la fermentation anaérobie au sein du process de méthanisation.

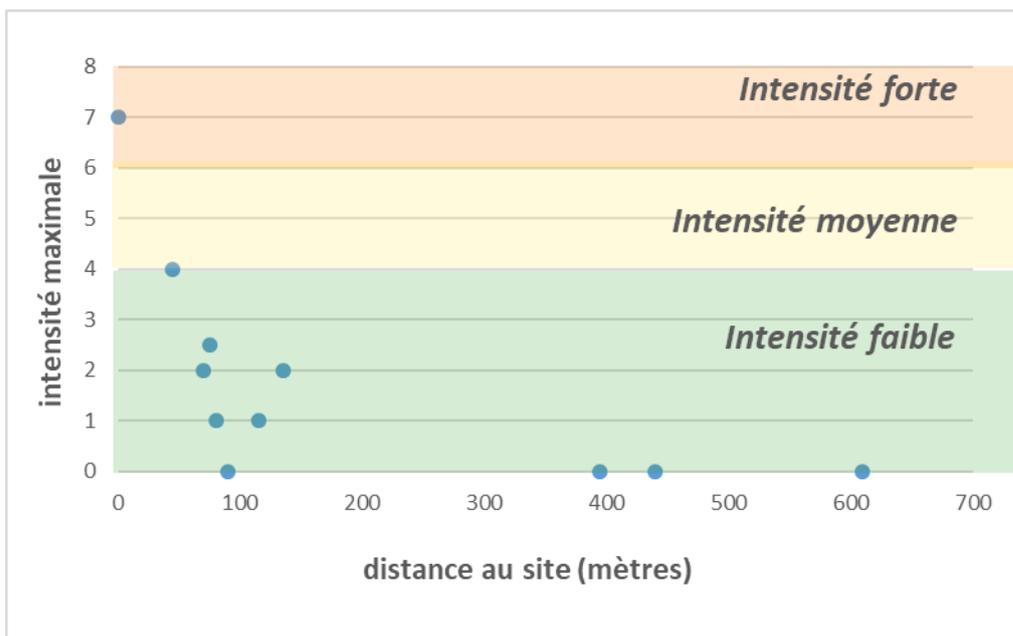
### Observations à l'extérieur du site

La carte ci-dessous représente les 11 points d'olfaction relevés à l'extérieur de l'unité de méthanisation les 12 et 13 mai 2022. Leur localisation a été choisie de façon à quadriller l'environnement de l'unité en se focalisant en particulier sur les secteurs au sud-ouest, positionnés sous les vents de l'exploitation lors des deux journées (vents de nord et nord-est). Au niveau des points gris, aucune odeur n'a été perçue.



Points d'olfaction dans l'environnement de Rivergaz les 12 et 13 mai 2022

Le graphique ci-dessous présente la relation entre l'intensité maximale et la distance à Rivergaz ressentie dans l'environnement pour les points d'olfaction associés à l'unité. Le point à 0 mètre correspond à l'intensité maximale perçue au sein de l'unité de méthanisation.



*Intensité des olfactions réalisées dans l'environnement de Rivergaz en fonction de leur distance au site*

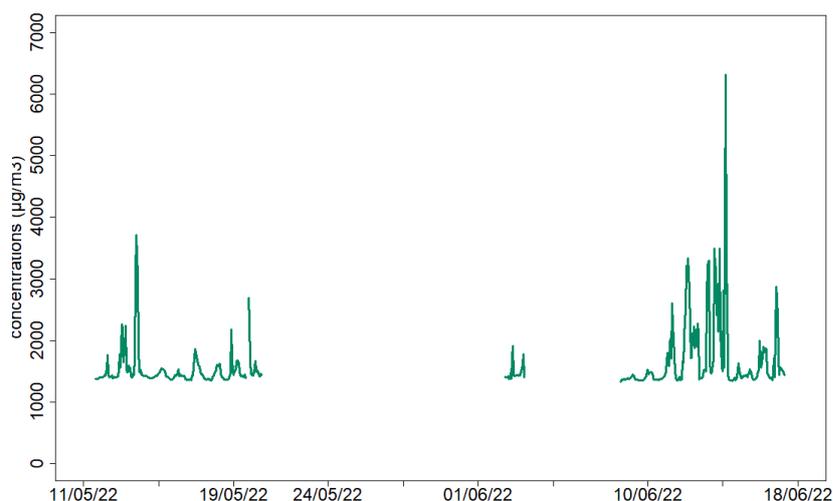
Les notes aminées (ammoniac, notamment) et le caractère irritant sont les notes les plus représentatives de l'activité de Rivergaz, mais ces notes n'ont pas été détectées à l'extérieur. Les deux notes les plus perçues à l'extérieur sont le **scatol** et l'**acide volatil**.

L'emprise odorante de l'unité de méthanisation dans son environnement est limitée puisque les six points d'olfaction extérieurs associés à l'activité du site sont **localisés à moins de 140 mètres** (et à des intensités inférieures à 3 entre 50 et 140 mètres). L'éloignement avec les sources d'émissions odorantes explique cette situation.

Lors des deux journées d'investigation, aucune odeur associée à l'unité n'a été observée au niveau du lotissement, positionné à ce moment-là sous les vents de l'installation, à environ 440 mètres au sud.

## Suivi des concentrations dans l'air

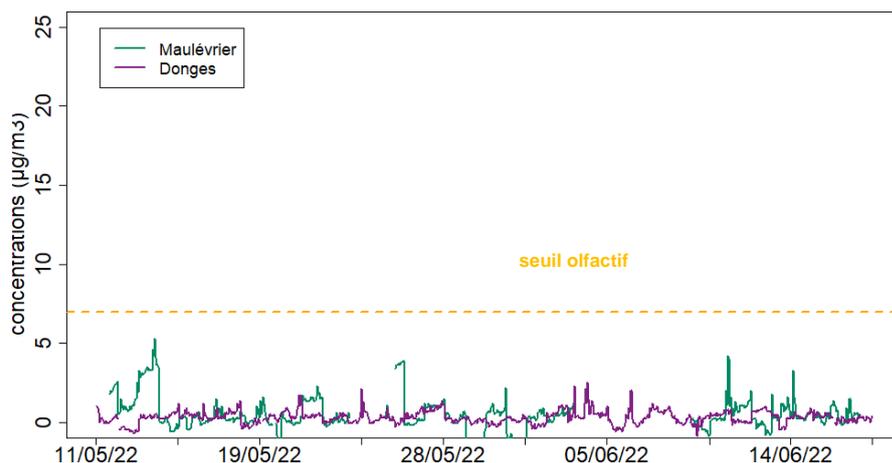
### Méthane



*Évolution de la concentration moyenne horaire en méthane à Rivergaz du 11 mai au 17 juin 2022*

Les concentrations en méthane sont plus élevées (+18 %) que celles mesurées en 2021 autour du site non influencé de La Tardière, en Vendée. Des pics de concentrations de méthane ont été observés, surtout en fin de campagne, sous les vents de l'unité. Ces pics sont probablement liés à un dysfonctionnement au niveau des cuves à hygiénisation qui a entraîné un arrêt temporaire des systèmes de traitement d'air durant cette période. **Si le méthane est un Gaz à Effet de Serre, il n'est pas toxique pour l'homme aux concentrations observées sur le site.**

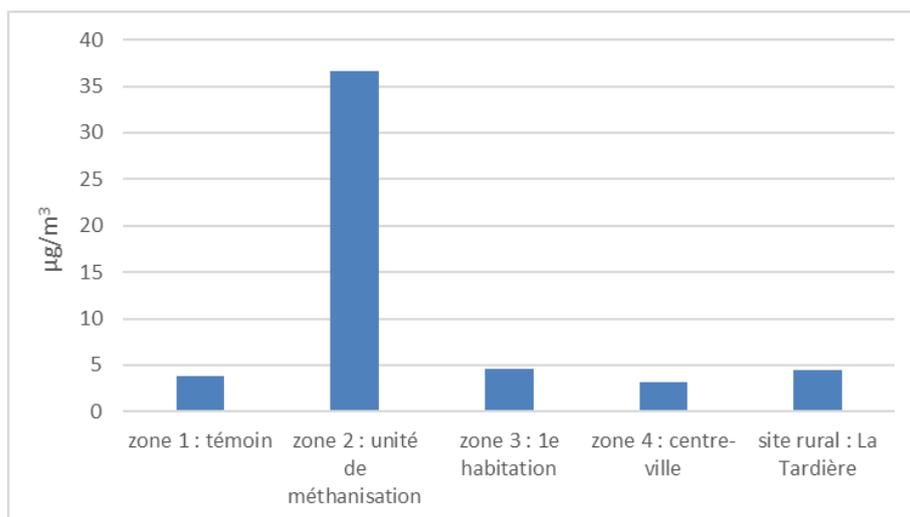
## Sulfure d'hydrogène



Évolution de la concentration moyenne horaire en méthane à Rivergaz du 11 mai au 17 juin 2022

Les niveaux en sulfure d'hydrogène n'ont pas dépassé le seuil olfactif ( $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , moyenne 30 minutes) durant la campagne. **La valeur journalière maximale ( $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) correspond à 2 % de la valeur guide sanitaire de l'OMS fixée à  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

## Ammoniac



Concentrations en ammoniac par point de mesures pour les deux semaines d'exposition

Les niveaux les plus élevés en ammoniac sont observés à proximité immédiate de l'unité et mettent en évidence que Rivergaz a une influence directe en limite de propriété, confirmant la présence des notes odorantes aminées relevées lors de l'approche olfactive à l'intérieur de l'unité. La portée de cette influence est quasi nulle puisque sur tous les autres sites, les niveaux sont environ 8 fois plus faibles et homogènes. La valeur maximale mesurée ( $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) **correspond à 7 % de la Valeur Toxicologique de référence de  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

# Conclusions et perspectives : une influence peu décelable dans l'environnement

Au sein de Rivergaz, la zone de stockage gaz n'a pas présenté d'odeurs lors des relevés olfactifs réalisés. Les secteurs de stockage d'intrants et trémie sont les secteurs les plus odorants, avec la zone de stockage de digestat solide dans une moindre mesure. Le biofiltre permet d'éliminer plusieurs notes odorantes (notes irritantes, aminées scatol et soufrées) et de réduire les intensités de deux autres (acide volatil, alcool cinnamique).

L'analyse olfactive a permis de retrouver plusieurs notes caractéristiques de la méthanisation identifiées lors des deux investigations menées à AgriBiométhane et Derval Agriméthane : l'ammoniac, l'acide volatil et le scatol. Cette étude permet donc de confirmer le référentiel méthanisation du Langage des Nez® qui continuera à être exploité lors des prochaines investigations.

Dans les conditions des investigations, l'emprise odorante de l'unité dans son environnement est limitée **à moins de 140 mètres** (et à des intensités inférieures à 3 entre 50 et 140 mètres). Aucune odeur associée à l'unité n'a été observée au niveau des premières habitations, à environ 440 mètres au sud de l'installation, positionnées sous les vents lors des deux journées d'investigation (12 et 13 mai 2022).

Les concentrations des indicateurs dans l'air mesurées montrent une influence ponctuelle de Rivergaz sur les niveaux extérieurs de méthane. Pour les niveaux d'ammoniac, une influence directe est mise en évidence en limite de propriété mais pas au-delà. Les seuils sanitaires de référence sont respectés.

# Contexte

La filière méthanisation en France et dans les Pays de la Loire, en plein essor, se structure fortement, dynamisée par les objectifs nationaux en matière de transition énergétique et par les aides financières. En janvier 2022, à l'échelle régionale, 121 unités sont en fonctionnement et plusieurs dizaines d'installations sont en projet (source : AILE).

L'expansion de la filière suscite néanmoins :

- des interrogations d'ordre scientifique notamment concernant la (mé)connaissance des impacts sur l'atmosphère au niveau du digesteur (fuites de méthane) et de l'épandage (émissions de  $\text{NH}_3$  et de  $\text{N}_2\text{O}$ ),
- dans certains cas, une réserve, des inquiétudes voire de l'hostilité de riverains et de collectifs par rapport à des paramètres plus locaux (odeurs, bruit, risques, préjudices). Cette perception peut être avérée ou supposée.

Dans ce contexte, Air Pays de la Loire met en place une étude pilote dans l'environnement d'unités de méthanisation des Pays de la Loire.

Les objectifs visés par cette étude sont multiples :

- consolider le socle des connaissances et des expériences sur ce sujet par la mise en place d'une évaluation normalisée,
- à partir de cette approche, répondre aux questionnements des acteurs de la filière et du grand public et contribuer à objectiver le débat,
- en fonction des résultats obtenus, fournir des conseils techniques aux exploitants des unités investiguées.

Cette étude est réalisée :

- avec le soutien financier de l'ADEME des Pays de la Loire, de la Région des Pays de la Loire, de GRDF et de GRTgaz,
- et avec la participation de France Nature Environnement Pays de la Loire, de la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, de l'association AILE et du cluster Méthatlantique.

La qualité de l'air prise en compte dans EPIQUE-FM couvre deux champs d'investigation : les nuisances olfactives, d'une part et le suivi des concentrations atmosphériques de 3 indicateurs spécifiques de l'activité de méthanisation, d'autre part : le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), les deux derniers étant également des composés odorants.

Le projet EPIQUE-FM porte sur des investigations autour de cinq unités de méthanisation dans la région. Les deux premières unités étudiées en 2021 sont AgriBioMéthane<sup>3</sup> (85) et Derval AgriMéthane<sup>4</sup> (44).

Ce rapport présente les résultats des investigations olfactives menées les 12 et 13 mai 2022 et des mesures de concentrations en polluants réalisées autour de Rivergaz entre le 11 mai et le 17 juin 2022.

---

<sup>3</sup> <https://www.airpl.org/rapport/investigation-de-la-qualite-de-l-air-de-la-filiere-methanisation-agribiomethane-2021>

<sup>4</sup> <https://www.airpl.org/rapport/investigation-de-la-qualite-de-l-air-de-la-filiere-methanisation-derval-agri-methane-2021>

# Paramètres de fonctionnement du site Rivergaz

La SAS Rivergaz est une unité de méthanisation située sur la commune de Maulévrier dans le Maine-et-Loire. Cette société a été créée en collectif par 29 exploitations agricoles situées à proximité du site. Du biogaz est produit en fonctionnement nominal depuis décembre 2021. Ce biogaz est épuré puis injecté sous la forme de biométhane dans le réseau de gaz GRDF situé à proximité.

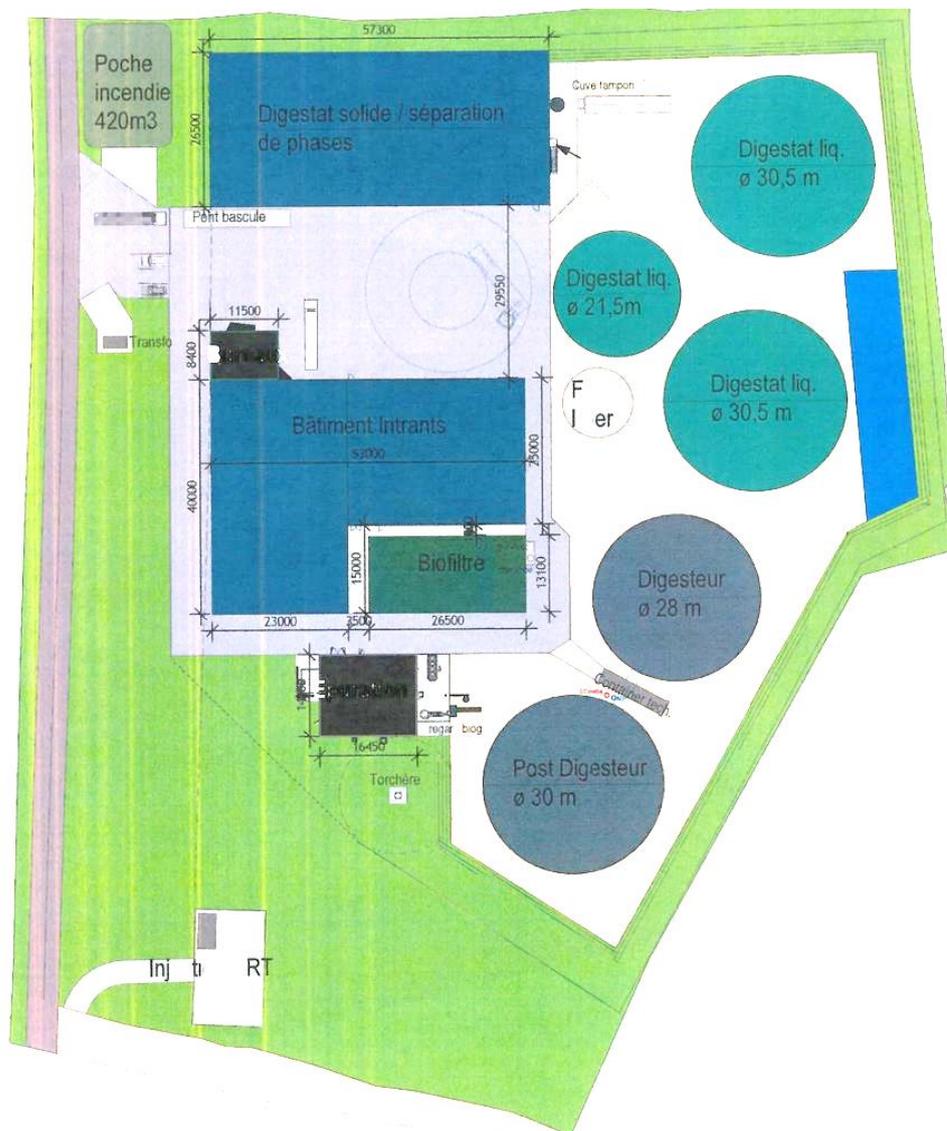


Figure 1 : plan de masse de Rivergaz et distinction des secteurs

Le tonnage annuel d'intrants est d'environ 47 000 tonnes réparties selon :

- 44 723 tonnes d'effluents d'élevage : fumiers et lisiers apportant des bactéries méthanogènes. Elles sont chargées ou pompées dans les exploitations associées aux alentours et acheminées sur l'unité de méthanisation. A noter que 70 % des effluents sont acheminés depuis des exploitations de Maulévrier et Yzernay ;
- 1 350 tonnes d'issues de silos ;
- 900 tonnes de déchets végétaux issus de l'industrie agro-alimentaire (glycérines végétales, huiles, graisses).

L'ensemble de ces substrats est réceptionné et stocké dans le bâtiment dédié aux intrants, à l'exception des lisiers qui sont stockés dans une fosse à lisier située à l'extérieur.



Figure 2 : bâtiment de réception des intrants

Les matières premières sont pesées à leur arrivée sur le pont bascule, et notées dans un registre de suivi. Les lisiers sont acheminés par camions citernes et dépotées dans une cuve de stockage de 255 m<sup>3</sup> à l'extérieur. Les huiles, graisses et glycérides végétales sont reçues dans une cuve dédiée de 30 m<sup>3</sup> située à l'intérieur du bâtiment de réception des intrants. Les fumiers sont déversés et stockés dans le bâtiment également.



Figure 3 : trémie d'alimentation du méthaniseur

Figure 4 : tapis convoyeur

Les fumiers sont introduits dans une ligne d'alimentation formée d'une trémie de 100 m<sup>3</sup> couplée à un tapis convoyeur pour envoyer la matière dans un broyeur à marteaux, qui permet de préparer au mieux la matière. Ils sont ensuite mélangés avec les liquides avant d'être envoyés vers le digesteur.

Le bâtiment de réception des substrats est mis en dépression pour limiter les odeurs et aspirer l'air environnant, dans le but d'éviter les émanations lors des déversements. L'air aspiré est dirigé vers le biofiltre où il traverse des écorces humides et de la tourbe afin de piéger les odeurs. De plus, lors de la réception de lisiers, le raccordement entre la citerne et l'alimentation de la cuve se fait par un raccord pompier, et l'évent de la cuve est raccordé au biofiltre, afin de limiter les émanations.



Figure 5 : vue extérieure du biofiltre



Figure 6 : vue intérieure du biofiltre

Le prémélange liquide et solide est pompé et envoyé dans le digesteur. La matière première, dans le digesteur, est chauffée à 40°C pendant 30 jours pour qu'elle se dégrade progressivement à l'aide de bactéries méthanogènes présentes dans le milieu en anaérobie. Cette dégradation permet la production de biogaz qui correspond à un mélange de méthane (CH<sub>4</sub>), de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) et d'eau (H<sub>2</sub>O).



Figure 7 : digesteur

Le mélange passe ensuite dans le post-digesteur par trop-plein. Il continue d'y être chauffé pendant 20 jours avant de devenir de la matière digérée appelée le digestat. Le digestat est ensuite acheminé vers le séparateur de phase dans le bâtiment de stockage du digestat. Le digestat passe dans une presse à vis puis centrifugation pour séparer la partie liquide de la partie solide.

Après la séparation de phase, le digestat liquide est stocké sur le site dans deux fosses couvertes de 2 100 et 4 500 m<sup>3</sup>. Le digestat solide est stocké sur une plateforme couverte, et évacué régulièrement par camion.

Le digestat liquide (24 000 tonnes) et une partie de la fraction solide (7 400 tonnes) sont épandus chez les adhérents. Le reste de la fraction solide (11 000 tonnes) est exporté en compostage ou commercialisé sous forme d'engrais organiques.



Figure 8 : hangar de stockage du digestat solide

En parallèle, le biogaz passe du post-digesteur à l'épurateur dans le but de ne récupérer que le méthane à la sortie. L'épuration du gaz est réalisée en trois phases :

- filtre à charbon : piège le soufre ( $H_2S$ ) mais laisse passer le  $CH_4$ ,  $CO_2$  et  $H_2O$ . Il est renouvelé tous les six mois ;
- séchage : élimine l' $H_2O$  par refroidissement (création de condensation pour récupérer l'eau) ;
- adsorption par inversion de pression (PSA) : le  $CO_2$  et  $1/10^{ème}$  du  $CH_4$  sont piégés par des billes de zéolithes (billes synthétiques). Le gaz pauvre,  $CO_2$  et  $1/10^{ème}$  de  $CH_4$ , sert ensuite à alimenter la chaudière qui chauffe en circuit fermé l'eau pour maintenir la température du digesteur et post-digesteur.

Après cette dernière étape, il ne reste que le biométhane (composé à 97 % de  $CH_4$ ). Il est ensuite envoyé vers le point d'injection de GRDF, où il est contrôlé, compté et odorisé avant d'être envoyé dans le réseau de gaz de ville de la commune.

Le tableau ci-dessous présente les livraisons de matières premières les deux journées d'investigation odeurs, à savoir les 12 et 13 mai 2022 :

Date	Produit	Tonnage (t)
12/05/2022	LISIER PORC	48,1
	LISIER BOVIN	88,2
	FUMIER PORC	10,8
	FUMIER MOUTON	3,4
	FUMIER CHEVRE	65,4
	FUMIER BOVIN	41,3
13/05/2022	LISIER BOVIN	0,9
	FUMIER BOVIN	64,6
	CIVE	10,6

Tableau 1 : livraisons des matières premières sur le site de Rivergaz, lors des journées d'investigation odeurs (source : SAS Rivergaz)

Les intrants réceptionnés les 12 et 13 mai 2022 correspondent aux types largement majoritaires de l'unité (fumiers et lisiers). Le 13 mai, veille de week-end, le tonnage entrant est moins important.

# Cartographie olfactive de Rivergaz et de son environnement

## Méthodologie et protocole d'olfaction utilisés

### Méthodologie de 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<sup>®</sup> a été utilisée pour réaliser la cartographie olfactive du site Rivergaz. 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 prend en charge la diversité qualitative et quantitative des odeurs perçues ainsi que la variabilité des sensibilités des personnes.

Elle présente les avantages suivants :

- elle évite les confusions 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 la qualité odorante avec la distance,
- elle est d'autre part très utile pour le suivi dans le temps des nuisances odorantes.

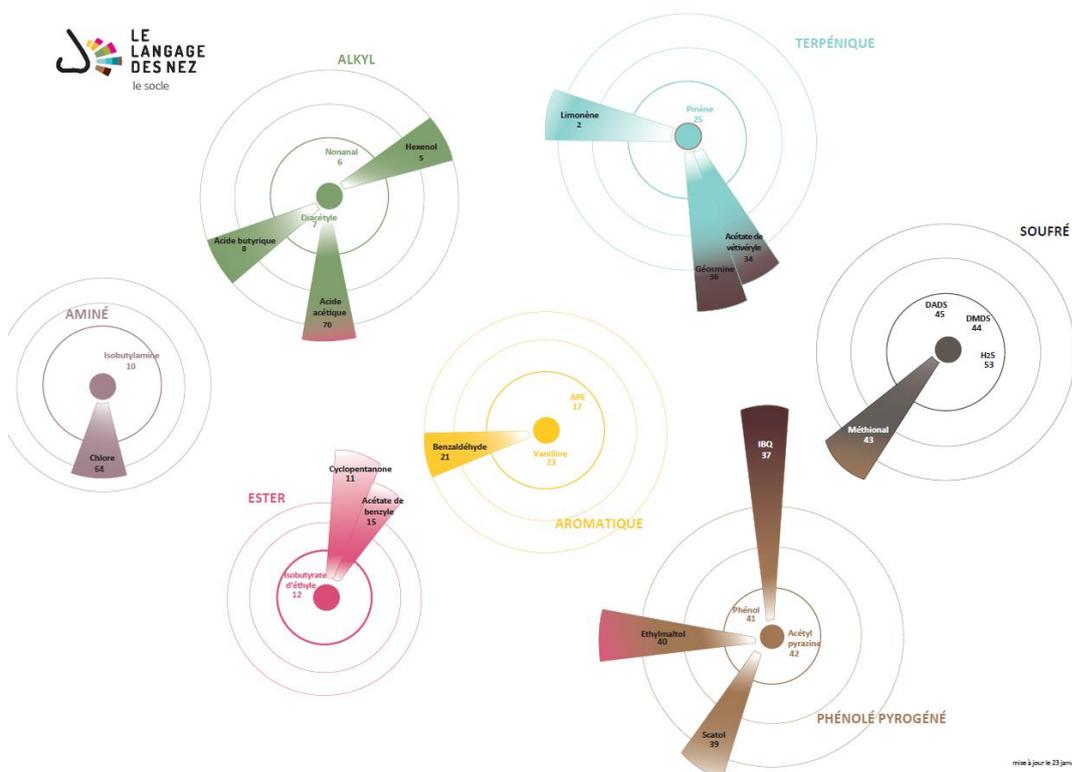


Figure 9 : référentiel du socle du Langage des Nez<sup>®</sup>

Le tableau ci-dessous présente les notes odorantes sélectionnées dans l'étude et leurs principales origines. Il s'agit des notes du socle du Langage des Nez® (identifiées par une étoile) ainsi que certaines notes complémentaires dont certaines spécifiques à la méthanisation.

Note	Principales origines (liste non exhaustive)
<b>Isobutylamine*</b>	réfèrent accompagnant de nombreux phénomènes de dégradation organique, proche de l'ammoniac
<b>Ammoniac</b>	réfèrent relatif à la présence du gaz ammoniac dont la perception olfactive peut être accompagnée d'une perception « irritante »
<b>Nonanal*</b>	réfèrent en relation avec la présence de chaînes grasses (huiles en particulier)
<b>Diacétyl*</b>	réfèrent en relation avec la présence de chaînes grasses en particulier d'origine laitière
<b>Butanol</b>	réfèrent naturellement présent dans certains fruits (pomme, prune, mûre, myrtille, etc.) et autres végétaux (laurier, camomille, etc.), la bière, le beurre, le thé, pouvant également être associé à certains phénomènes de dégradation biochimique (présence d'alcools)
<b>Acide volatil</b>	réfèrent en relation avec la dégradation de chaînes grasses, très présent dans le traitement des déchets, dans de nombreux produits fermentés, dans les déjections animales
<b>Isobutyrate d'éthyle*</b>	réfèrent caractéristique d'esters présents dans divers contextes et pouvant être associé à des phénomènes de biodégradations (déchets industriels et agroalimentaires notamment)
<b>Alcool cinnamique</b>	réfèrent intermédiaire entre des notes esters et aromatiques, se retrouve dans la cannelle, la jacinthe, l'olive. Également généré par les opérations d'ensilage et présent dans la décomposition des matières organiques dans le fumier
<b>β-Caryophyllène</b>	réfèrent présent dans de nombreux végétaux en particulier dans l'univers des épices et aromates
<b>Géosmine*</b>	réfèrent associé à la dégradation de matières d'origine végétale, très présent dans la terre et le traitement de l'eau et des déchets
<b>Styrène</b>	réfèrent présent dans l'univers de la chimie et de la fabrication des polymères et naturellement dans certains produits alimentaires (thé, café, fruits secs, ...)
<b>IBQ*</b>	réfèrent 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
<b>Ethyl maltol*</b>	réfèrent associé à la présence d'hétérocycles oxygénés (furanes, pyranes), souvent présent dans des contextes agro-alimentaires mettant en jeu des sucres et des phénomènes de cuisson
<b>Pyrazine*</b>	réfèrent caractéristique de certains hétérocycles azotés présents en particulier dans de nombreux phénomènes de séchage ou de cuisson (réaction de Maillard)
<b>Scatol*</b>	réfèrent associé à la présence d'hétérocycles azotés, souvent présent dans des phénomènes de dégradations organiques ainsi que dans les bitumes
<b>Phénol*</b>	réfèrent représentatif d'un ensemble de composés proches du phénol (incluant les crésols), caractéristiques des bitumes, goudrons, désinfectants, pigments, fumées
<b>DMDS*</b>	réfèrent soufré, rencontré dans de multiples contextes (en particulier dans l'univers pétrolier)
<b>DADS*</b>	réfèrent soufré, présent naturellement dans certains végétaux (ail), également généré lors de dégradations organiques ou dans des contextes pétroliers et pétrochimiques
<b>H<sub>2</sub>S*</b>	réfèrent 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
<b>Sulfure de limonène</b>	réfèrent soufré et terpénique, retrouvé naturellement dans le pamplemousse mais également très présent dans l'univers du pétrole et de la pétrochimie

Tableau 2 : réfèrents odorants utilisés pour caractériser les odeurs du méthaniseur

A noter que les noms des réfèrents 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.

Pour chaque note odorante relevée, une intensité, sur une échelle en 10 points, y est associée. A titre indicatif, ci-dessous, un parallèle entre les intensités et les ressentis, établis à partir des ressentis de 50 nez formés à l'analyse olfactive en Haute-Normandie.

Intensité	Ressentis
1	odeur extrêmement faible, indéfinissable
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)
5	odeur perçue même lorsque l'attention est portée ailleurs
6	odeurs gênant les autres activités intellectuelles
7	odeur incontournable polarisant l'attention
8	odeur très puissante rendant l'olfaction difficile
9	odeur si forte qu'elle contraint à limiter ses inspirations
10	odeur trop puissante pour être supportable (fuite)

Tableau 3 : échelle des intensités et ressentis associés des notes odorantes

# Protocole de réalisation des olfactions

L'ensemble des investigations a été réalisé par 2 experts en analyse olfactive : Sonia Cécile et Arnaud Tricoire d'Air Pays de la Loire. L'équipe d'olfaction a été accueillie par M. Laurent Loiseau, Directeur de Rivergaz et M. Pascal Barbaud, responsable de site.

Les investigations ont eu lieu lors de deux journées, le 12 et 13 mai 2022. Chaque jour, un circuit olfactif a été réalisé à l'intérieur du site et à l'extérieur occupant respectivement une demi-journée chacun.

Un circuit au sein du méthaniseur est effectué par les experts d'Air Pays de la Loire, accompagnés de M. Loiseau, chaque matinée. Une analyse olfactive est réalisée en chaque point du site pour lequel une odeur est perçue et/ou présumée. L'objectif étant d'obtenir une cartographie objective et précise du site de méthanisation et de son environnement.

Les investigations dans l'environnement de Rivergaz sont basées sur un parcours préalablement établi, dans un rayon de 1 km en fonction des directions et vitesses des vents et des observations.

Pour chaque point d'olfaction étaient relevés : les notes odorantes, leurs intensités, le positionnement exact (sur plan et GPS), l'heure de la perception et les sources potentielles de la perception. En complément, à l'extérieur du site, des points d'olfaction ont également été réalisés, lorsque le lieu était sous les vents du méthaniseur mais qu'aucune perception n'était relevée. Cela permet d'estimer l'emprise odorante du site (point d'extinction).

Date	Horaire	Circuit
12/05/2022	10h - 11h45	intérieur
12/05/2022	13h35 - 15h	extérieur
13/05/2022	9h50 - 10h55	intérieur
13/05/2022	11h10 - 14h23	extérieur

Tableau 4 : dates et horaires par circuit d'olfaction

# Conditions météorologiques

Pour chaque intervention, les conditions météorologiques ont été vérifiées à partir de la station météorologique de Cholet, gérée par Météo-France.

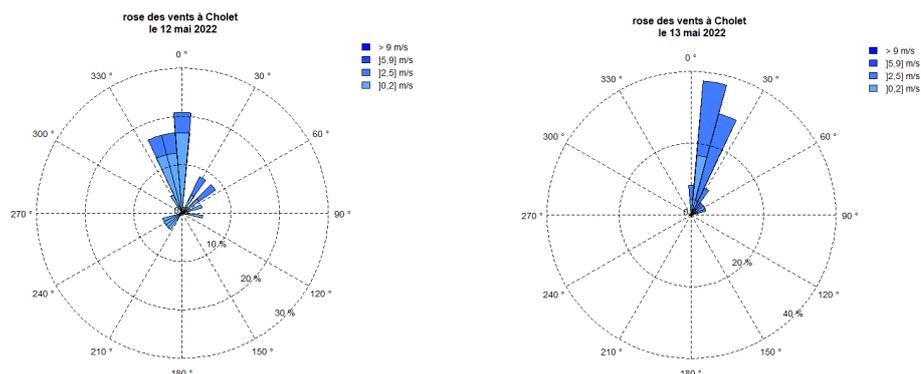


Figure 10 : rose des vents à Cholet, le 12 mai (à gauche) et le 13 mai (à droite) 2022

Les conditions météorologiques généralement requises pour la réalisation d'investigations olfactives sont les suivantes : vitesse du vent inférieure à 6 m/s, pas de pluie, température supérieure ou égale à 10°C. L'ensemble des critères météorologiques recommandés a été réuni lors de ces deux journées.

Les roses des vents du 12 et 13 mai 2022 mettent en évidence des vents de secteur nord-ouest à nord-est. Ces vents sont établis, avec des vitesses majoritairement supérieures à 1,5 m/s.

**Ces deux journées, le lotissement localisé au nord de Maulévrier, à environ 440 mètres de l'unité, était donc sous les vents de l'installation.**

## Rose des vents

La rose des vents est un moyen de représenter dans un même graphique la direction et la vitesse moyenne des vents mesurés à un point donné, dans notre cas une station Météo-France.

Comment lire une rose des vents :

- l'orientation (la provenance) des vents est indiquée sur l'axe extérieur.
- 0° = Nord, 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest
- la longueur d'une pale indique la proportion (sur les axes verticaux et circulaires intérieurs) de vents mesurés pour une orientation donnée. Plus une pale est longue, plus la station a mesuré de vents en provenance de cette orientation.
- les classes de vitesse de vents (en m/s) sont représentées par un dégradé de couleur.

# Résultats des investigations

## Positionnement et intensités globales des observations

Les investigations ont permis de réaliser **23 points d'olfaction à l'intérieur du site**.

Certains points ont plusieurs versions (*par exemple : 1.1 et 1.2*) et correspondent aux différents passages effectués au niveau de ce point. Lorsqu'il n'y a qu'une seule version d'un point d'olfaction, cela signifie que les deux passages au niveau de ce point étaient similaires en termes de notes et d'intensité perçues.

Les points d'olfaction à l'intérieur du site ont été définis au préalable, sur le plan de masse de l'unité de méthanisation. L'approche retenue permet de prendre en compte l'ensemble des activités et unités du méthaniseur. Le sens du circuit d'olfaction dépend de l'intensité des odeurs (de la plus faible vers la plus forte).

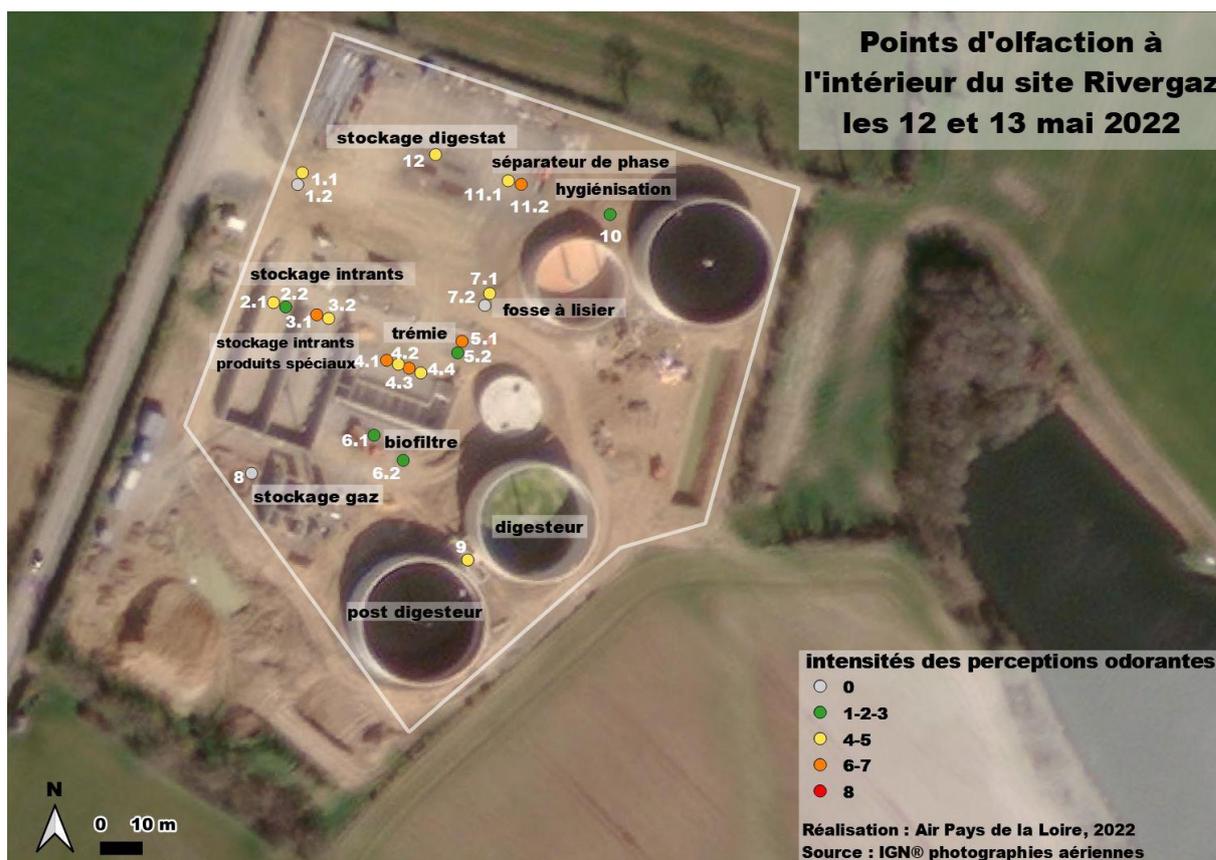


Figure 11 : points d'olfaction à l'intérieur de Rivergaz et intensités ressenties

NB : le fond cartographique est antérieur au démarrage de l'unité et sert d'appui à la présentation des résultats issus des investigations. Celles-ci ont été réalisées en période de fonctionnement normal et donc après la mise en service de l'unité.

La carte ci-dessus met en évidence comme étant les points les plus odorants (intensité maximale de 7) : les zones de stockage des produits spéciaux (livraison de fumier de bovin en cours), le secteur de la trémie (en fonctionnement ou à l'arrêt mais idem avec déchargement en cours de fumier de bovin), et pour partie, le secteur de séparation de phase (à l'occasion de digestat solides en cours de déchargement). Ces intensités les plus fortes sont donc essentiellement observées lors de transport et de manipulations de produits odorants.

La carte présente l'intensité maximale relevée pour chaque point toutes notes odorantes confondues.

Le tableau suivant détaille pour l'ensemble des points chaque intensité relevée pour les différentes notes odorantes.

point olfaction	Positionnement du point	Secteur	Irritant	Notes aminées	Hexenol	acide volatil	Isobutyrate d'éthyle	Alcool cinnamique	Limonène	B-Caryophyllène	Géosmine	Acétyl pyrazine	Scatol	Phénol	notes soufrées	
1	portail	limite de propriété														
2.1	stockage intrants non ventilés	stockage intrants	4	4		4	4				5					
2.2	stockage intrants non ventilés	stockage intrants		2												
3.1 *	stockage intrants pdts spéciaux (livraison fumier bovin)	stockage intrants	6	6	5	3		4		5				6	5	7
3.2	stockage intrants pdts spéciaux	stockage intrants	4	5		4								3		
4.1*	trémie (ouverte et en fonctionnement)	trémie	4	4		4		4						6	6	
4.2	trémie	trémie		4		4		4						4		
4.3*	trémie (déchargement fumier bovin)	trémie	4	5	2	4								6		
4.4	trémie	trémie	4	5		3								3		
5.1	trémie sous le broyeur	trémie	5	6		5		4						5	4	
5.2	trémie sous le broyeur	trémie	2	2		2								2		
6.1	biofiltre interieur	biofiltre						2	2	2	2					
6.2	biofiltre extérieur	biofiltre				2		3					3		3	
7.1*	point dépôt/pompage (dépotage lisier de porc)	dépôt/pompage	2	2		2							4		2	
7.2	point dépôt/pompage	dépôt/pompage														
8	stockage gaz	stockage gaz														
9	entre digesteur et post-digesteur	digesteur et post-digesteur											4		4	4
10	hygiénisation/digestat liquide	hygiénisation/digestat liquide											2			
11.1	séparation de phase	séparation de phase	3	2				4					4			
11.2*	séparation de phase (en cours de déchargement, portes fermées)	séparation de phase	3	6												
12	stockage digestat solide	digestat solide	4	4		2										3

Tableau 5 : résultats synthétiques des relevés d'olfaction à l'intérieur du site

\* : opérations ponctuelles

Cette grille des perceptions odorantes est obtenue après traitement des résultats : la médiane des résultats des deux experts est réalisée pour chaque point. Pour les points où une seule version est conservée, la moyenne des médianes est effectuée afin de ne garder qu'une seule intensité par note odorante.

# Représentativité des notes odorantes perçues à l'intérieur du site

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

- $Ni_{tot}$  : somme des niveaux d'intensité exprimés sur l'ensemble du site pour la note considérée,
- $Nb_{tot}$  : nombre de points odorants concernés par la note odorante considérée,
- $Ni_{max}$  : niveau maximum d'intensité auquel la note odorante considérée est rencontrée sur le site.

Les valeurs des différents indices sur l'ensemble des notes odorantes relevées sont présentées ci-dessous par ordre décroissant de représentativité sur le site. Le surlignage met en relief les valeurs les plus remarquables.

Notes odorantes	$Nb_{tot}$	$Ni_{tot}$	$Ni_{max}$
Acide volatil	8	25	4
Notes aminées	7	25.5	6
Irritant	6	21	6
Acétyl pyrazine	5	17	4
Scatol	5	16	4
Alcool cinnamique	5	15	4
B-Caryophyllène	2	7	6
Notes soufrées	2	7	4
Phénol	2	6.5	4
Isobutyrate d'éthyle	1	3.5	4
Géosmine	1	2	2
Limonène	1	2	2

Tableau 6 : représentativité globale des notes odorantes sur le site

Une vue du profil odorant local de l'unité de méthanisation est présentée ci-dessous sur la base de l'indice  $Ni_{tot}$  et des notes regroupées par pôle de proximité.

Six notes odorantes caractérisent le site tant en termes de nombre de points odorants qu'en intensité : **l'acide volatil, les notes aminées, le caractère irritant, l'acétyl pyrazine, le scatol et l'alcool cinnamique**. Une majorité de ces notes sont liées à des phénomènes de fermentation et de dégradations organiques cohérents avec l'activité de méthanisation. Secondairement, ont été ressenties le B-Caryophyllène présent dans de nombreux végétaux, et des notes soufrées, notamment l'hydrogène sulfuré  $H_2S$  associé à la fermentation anaérobie au sein du processus de méthanisation.

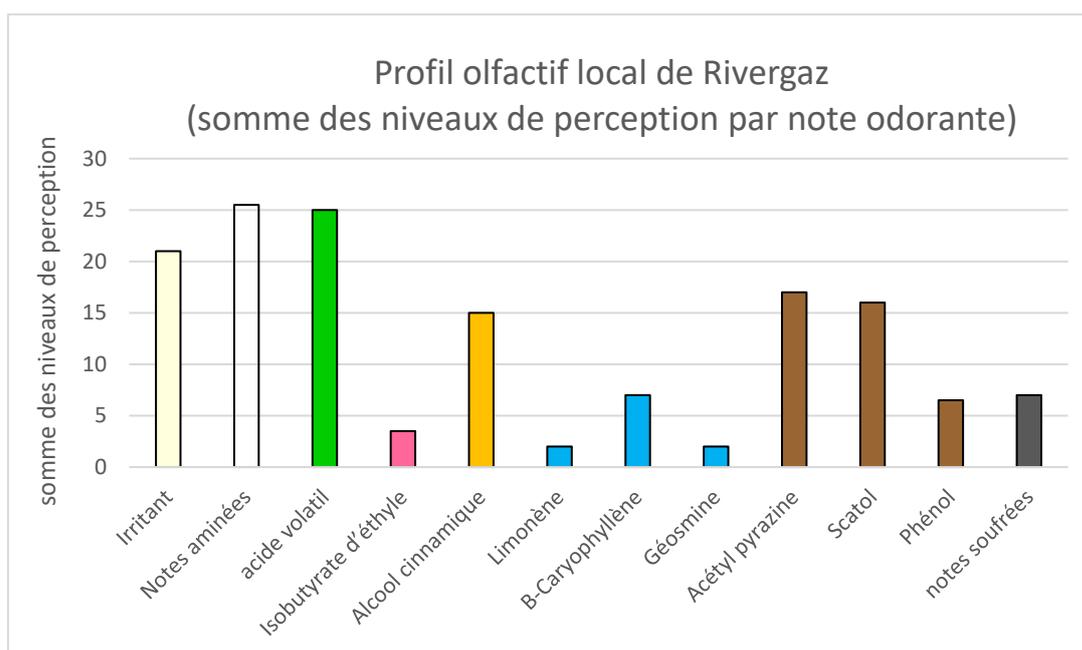


Figure 12 : profil olfactif local de Rivergaz

# Caractérisation des principaux secteurs du site

Afin d'effectuer l'analyse des odeurs au sein du site, un détail par secteur d'activité est effectué. Il s'agit des secteurs présentés dans la description de Rivergaz. Les intensités moyennes des principales notes relevées à l'intérieur du site sont comparées pour les notes odorantes les plus caractéristiques de Rivergaz et de l'activité de méthanisation, de manière générale : **irritant**, **notes aminées**, **acide volatil**, **alcool cinnamique**, **acétyl pyrazine**, **scatol** et **notes soufrées**.

A noter qu'un secteur n'a pas généré d'odeurs pour ces notes odorantes : la zone de stockage gaz.

## Stockage intrants

Le secteur *stockage intrants* regroupe le bâtiment où sont acheminés les substrats solides y compris les produits spéciaux (type fumiers). Les intrants présents lors des deux journées d'olfaction sont : fumiers chèvre/mouton/bovin pommes, betteraves, CIVE. Les olfactions ont été réalisées à l'intérieur des bâtiments, de l'entrée jusqu'aux aires de dépotage.

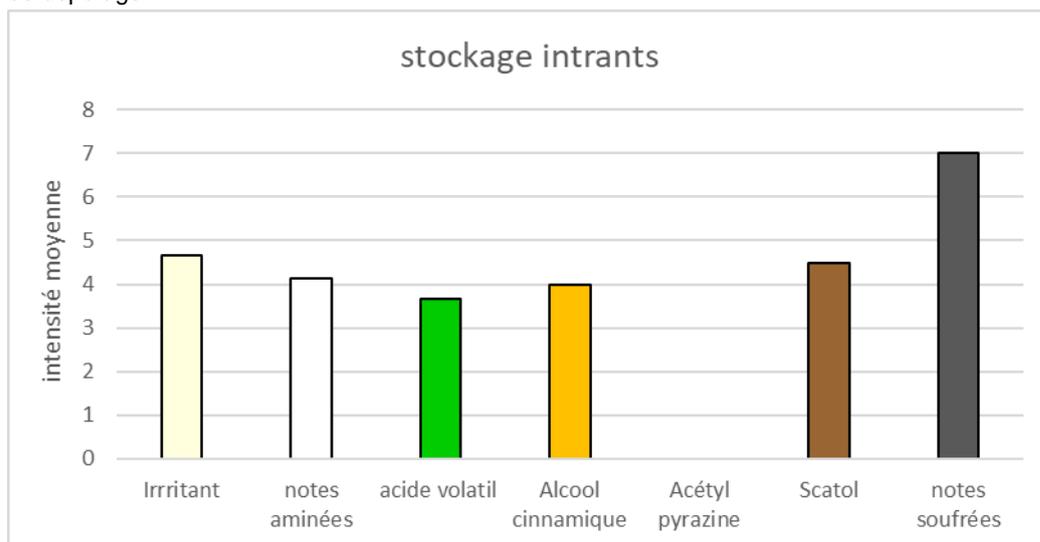


Figure 13 : répartition des intensités moyennes par note pour le secteur du stockage intrants

Les notes soufrées (hydrogène sulfuré) ont l'intensité la plus élevée pour ce secteur (intensité de 7), cette valeur correspondant à une séquence de livraison de fumier de bovin à l'intérieur du bâtiment, au moment des olfactions réalisées par les experts. Les notes irritantes, aminées (dont ammoniac), acide volatil, alcool cinnamique et scatol sont également spécifiques à ce secteur et s'expliquent par les phénomènes de décomposition des matières organiques, dont les fumiers.

L'intérieur du bâtiment de *stockage des intrants* est le secteur le plus odorant de l'unité. A noter que les points d'olfactions à l'entrée de ce bâtiment donnent des intensités moins fortes, notamment pour les notes irritantes, en lien avec la mise en dépression de la zone, pour la partie produits spéciaux.

## Trémie

Les olfactions associées à ce point ont été réalisées dans différentes conditions de fonctionnement : trémie ouverte (avec ventilation), à l'arrêt, à l'arrêt avec un déchargement de fumier en cours.

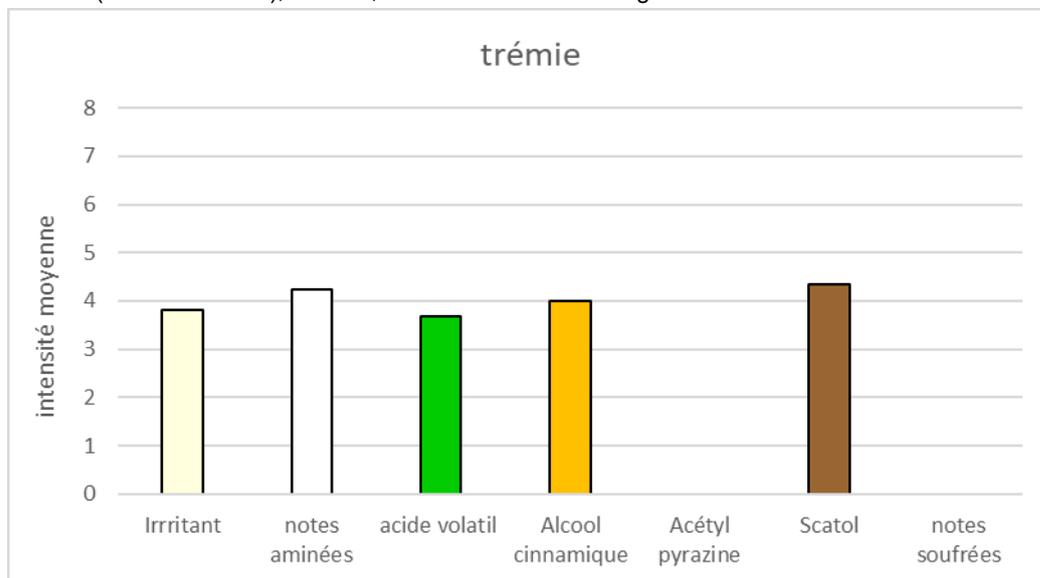


Figure 14 : répartition des intensités moyennes par note pour le secteur trémie

Les notes spécifiques à ce secteur sont similaires (hors notes soufrées) : irritantes, aminées, acide volatil, alcool cinnamique et scatol. Cette situation est logique, les matières premières du bâtiment de stockage étant envoyées au niveau de la ligne d'alimentation (trémie plus tapis convoyeur).

Le secteur de la trémie, abrité dans la partie du bâtiment en dépression, est le deuxième secteur le plus odorant de l'unité.

### Biofiltre

L'air intérieur du bâtiment de stockage est aspiré, dans le but d'éviter les émanations lors des déversements puis dirigé vers le biofiltre.

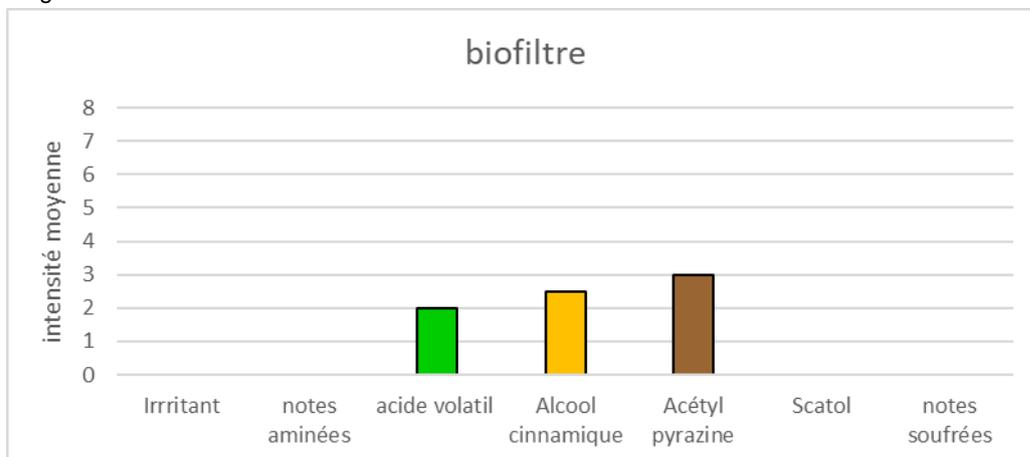


Figure 15 : répartition des intensités moyennes par note pour le biofiltre

Les investigations montrent que le biofiltre permet d'éliminer plusieurs notes odorantes (notes irritantes, aminées, scatol et soufrées) et de réduire les intensités de deux autres (acide volatil, alcool cinnamique).

### Point dépôt pompage

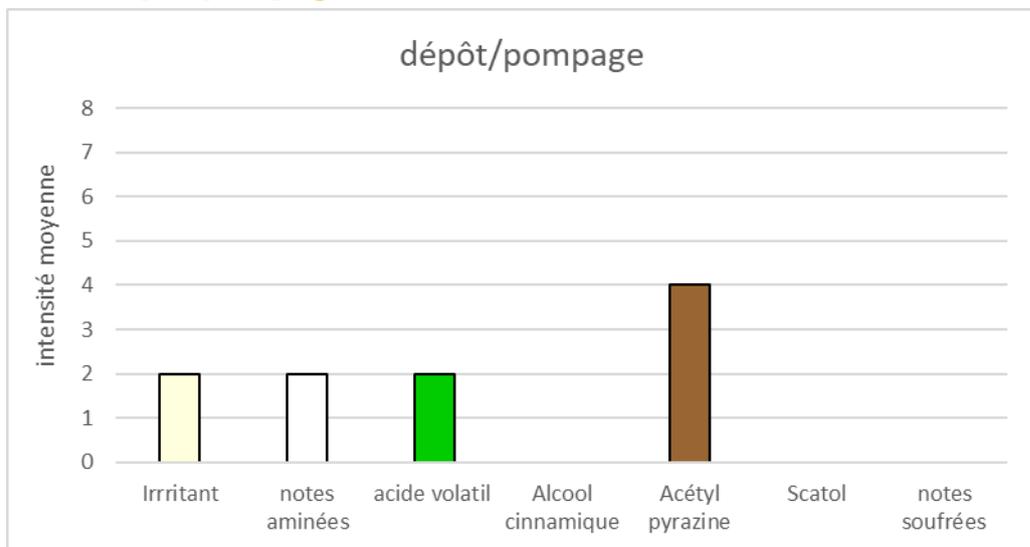


Figure 16 : répartition des intensités moyennes par note pour le point dépôt pompage

Au niveau de la zone de dépôt et de pompage, les odeurs ont été perçues au moment du dépotage de 25 tonnes de lisier de porc puis du pompage du digestat liquide. Les intensités moyennes sont faibles à modérées (comprises entre 2 et 4). En dehors de ces opérations, aucune odeur n'a été détectée sur cette zone.

## Hygiénisation – digestat liquide

Ce secteur regroupe les points d'olfaction réalisés entre les cuves de digestat liquide près de la cuve tampon.

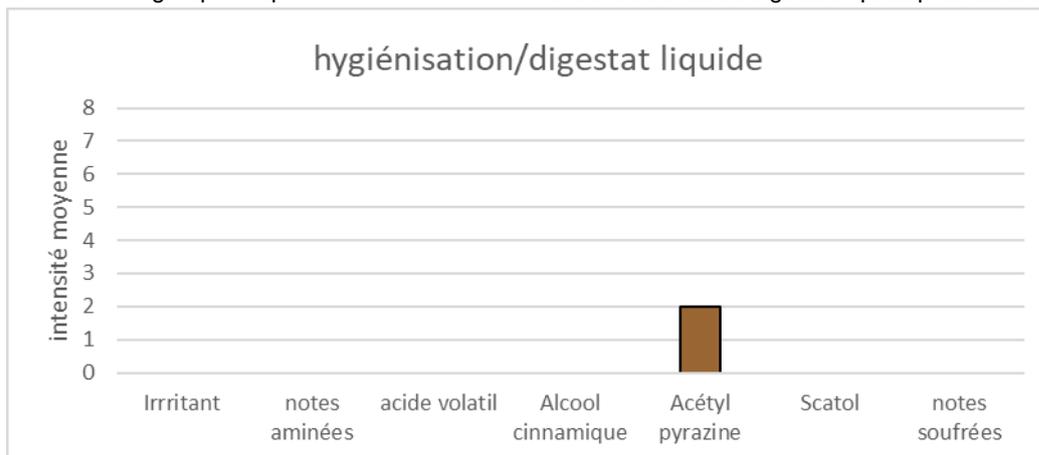


Figure 17 : répartition des intensités moyennes par note pour le secteur hygiénisation – digestat liquide

Ce secteur est peu odorant : seule de l'acétyl pyrazine, marqueur général d'opérations de séchage et de cuisson a été détectée avec une intensité de 2, situation cohérente avec le process d'hygiénisation réalisé à des températures d'environ 70°C.

## Digesteur – post-digesteur

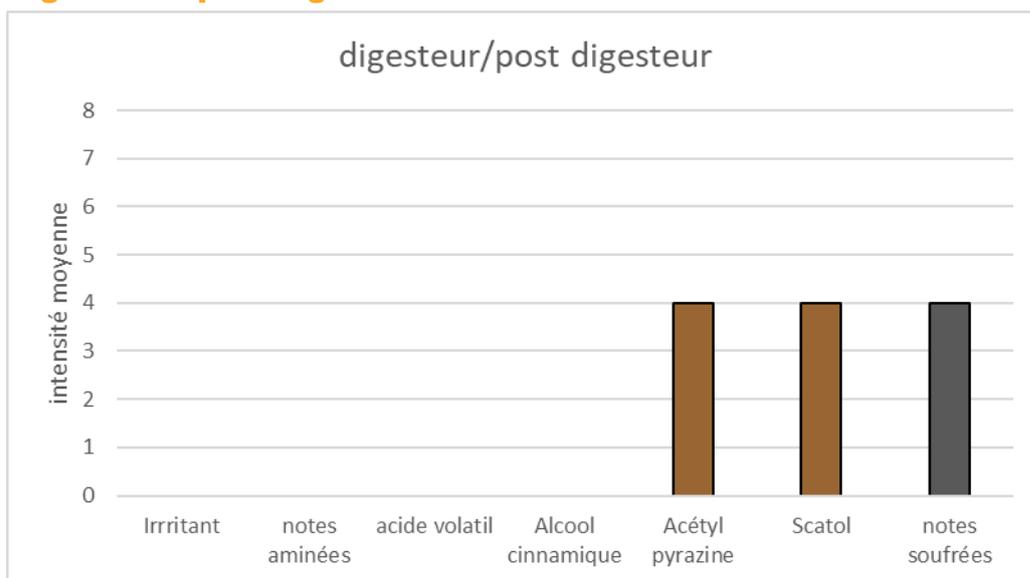


Figure 18 : répartition des intensités moyennes par note pour le secteur digesteur – post-digesteur

Des notes soufrées ont été détectées avec une intensité moyenne de 4, potentiellement en lien avec la présence d'hydrogène sulfuré à l'intérieur du digesteur et du post-digesteur. Les notes acétyl-pyrazine et scatol sont plutôt à relier avec l'ambiance odorante globale de l'unité (zone hygiénisation pour la première et influence des opérations de déchargement pour la seconde).

## Séparation de phase

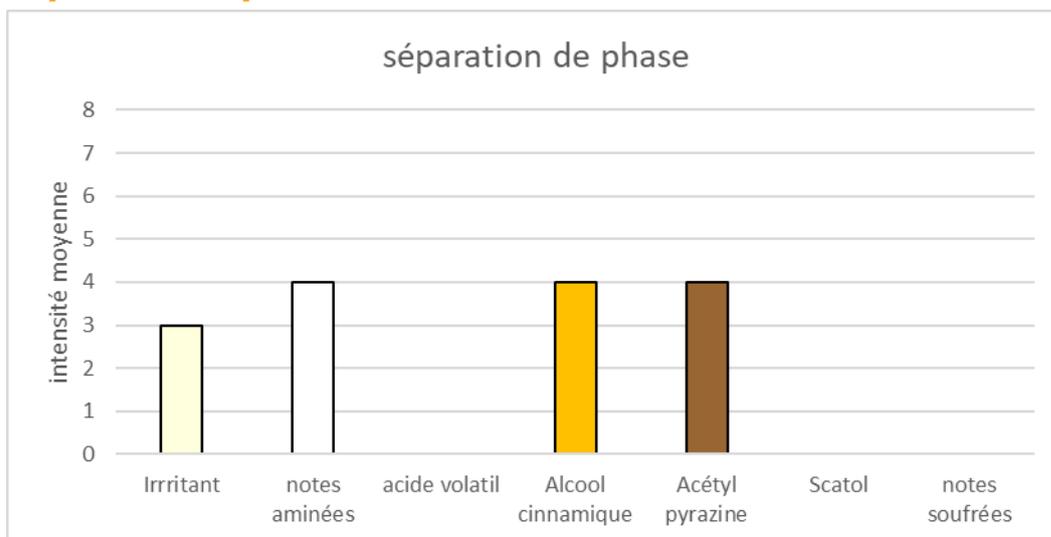


Figure 19 : répartition des intensités moyennes par note pour le secteur séparation de phase

Au niveau du secteur séparation de phase, on retrouve des notes d'intensité moyenne de 3 à 4 représentatives d'activités de décomposition de matière organique : caractère irritant, notes aminées et alcool cinnamique. Les olfactions ont été réalisées portes ouvertes ou portes fermées mais avec du digestat solide en cours de déchargement. La note acétyl pyrazine est probablement liée à la proximité avec la zone hygiénisation.

## Stockage digestat solide

Ce secteur est localisé en face de la zone de stockage des intrants solides.

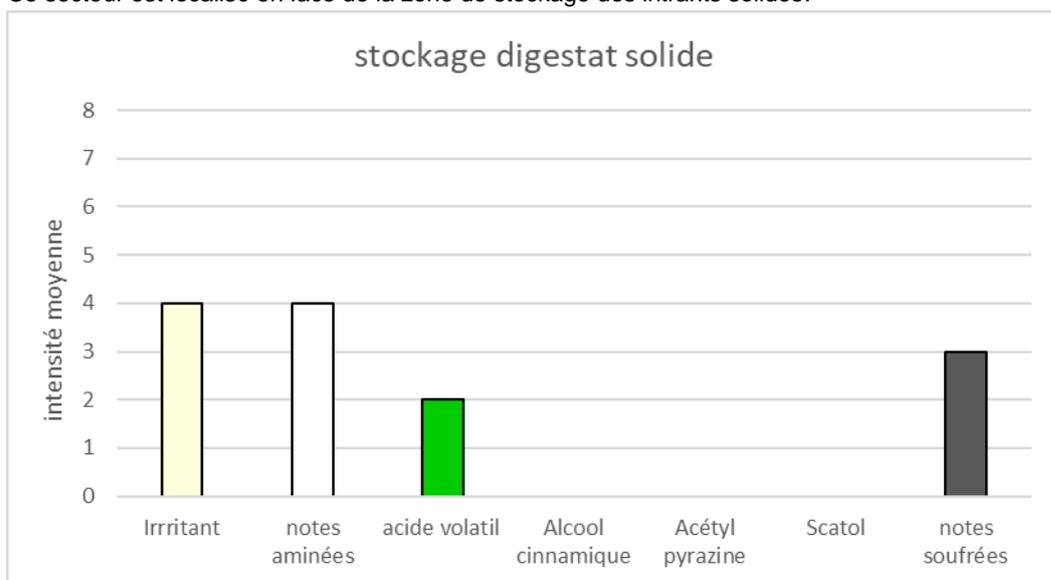


Figure 20 : répartition des intensités moyennes par note pour le secteur digestat solide

Au niveau du hangar de stockage du digestat solide, on retrouve le caractère irritant et les notes aminées (intensités de 4) ainsi que de l'acide volatil (intensité moindre, égale à deux). Ce secteur est moins odorant, au regard des zones de stockage des intrants. Les notes soufrées (hydrogène sulfuré) ont seulement été perçues par bouffées.

## Limite de propriété

Les deux points d'olfaction de ce secteur sont ceux réalisés au niveau du portail à l'entrée.

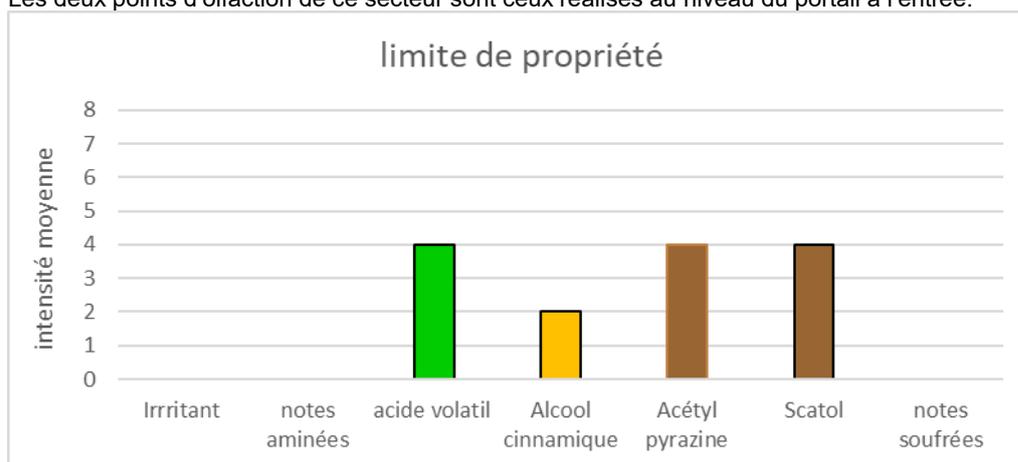


Figure 21 : répartition des intensités moyennes par note en limite de propriété

Le 13 mai, les olfactions ont été réalisées avec les portes du hangar de digestat solide fermées, et aucune odeur n'a été détectée en limite de propriété.

Le 12 mai, les portes du hangar étaient ouvertes et 4 notes ont été ressenties : acide volatil, acétyl pyrazine, scatol et dans une moindre mesure, l'alcool cinnamique.

A noter que ce sont les trois premières qui sont les marqueurs odorants dans l'environnement du site, les jours des investigations (cf. partie ci-dessous).

## Observations dans l'environnement du site

Les observations menées dans l'environnement du site, afin de déterminer son influence odorante, ont porté sur **11 points extérieurs**. Leur localisation a été choisie de façon à quadriller l'environnement de l'unité en se focalisant en particulier sur les secteurs au sud-ouest, positionnés sous les vents de l'exploitation lors des deux journées (vents de nord et nord-est). Au niveau des points gris, aucune odeur n'a été perçue.



Figure 22 : points d'olfaction dans l'environnement du site Rivergaz les 12 et 13 mai 2022

Point olfaction	Distance du site (en m)	Acide volatil	Acétyl pyrazine	Scatol
A	70			2
B	395			
C	115			
D	45	3,5		4
E	75	2		2,5
F	90			
G	440			
H	135	2		2
I	610			
J	80		1	1
K	115			1

Tableau 7 : résultats synthétiques des relevés d'olfaction dans l'environnement du site

Dans l'environnement du site, 5 points étaient sans odeur sur les 11 points effectués. Comme il s'agit d'une recherche de points d'extinction de l'influence odorante du site, il est normal de retrouver des points sans odeur. Six points odorants ont été associés à l'activité du site, tous à une distance inférieure à 140 mètres de l'unité. Cette distance est la limite de perception des odeurs, dans les conditions des investigations. L'intensité maximale relevée à l'extérieur est de 4, correspondant à une intensité moyenne (odeur perçue dans la respiration normale), pour un point localisé à environ 45 mètres de l'unité.

Aucune autre source d'odeur n'a été perçue dans l'environnement de l'unité.

Notes odorantes	Nbtot	Nitot	Nimax
Scatol	6	12,5	4
Acide volatil	3	7,5	4
Acétyl pyrazine	1	1	1

Tableau 8 : représentativité globale des notes odorantes dans l'environnement du site

Le tableau ci-dessus présente la représentativité des notes odorantes dans l'environnement du site. Les deux notes les plus perçues sont **le scatol et l'acide volatil**. Ce sont les **deux notes caractéristiques de l'activité de Rivergaz**.

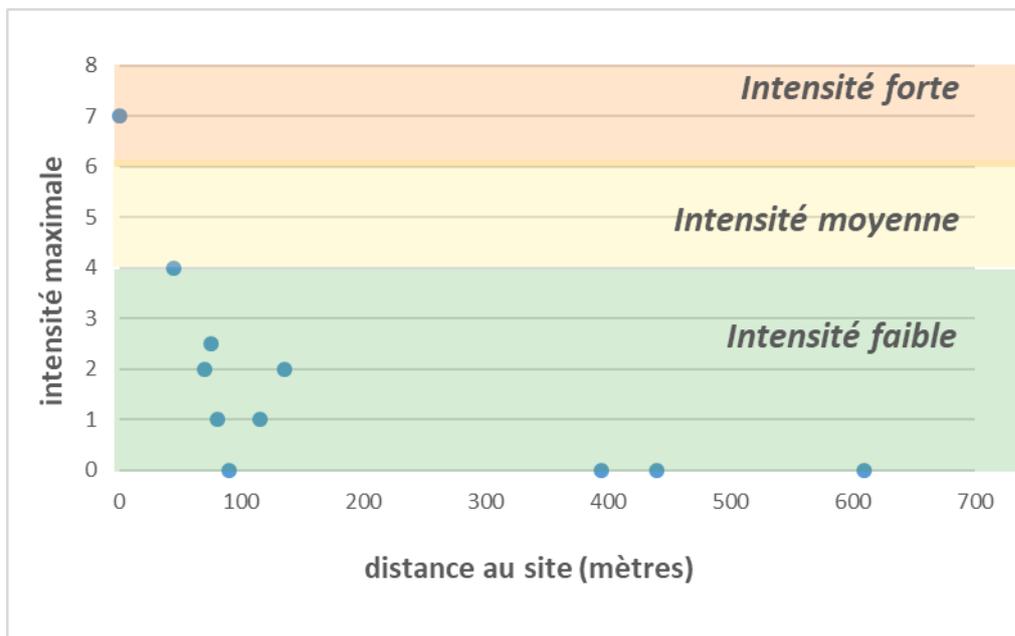
**La note scatol** a été sentie sur les 6 points odorants. Il s'agit d'une des notes qui correspond à un marqueur de l'activité de l'unité dans son environnement.

**L'acide volatil** a été sentie à trois reprises. Cette note est aussi associée à l'activité de la méthanisation.

La diversité des notes perçues à l'extérieur n'est pas parfaitement identique à celle ressentie à l'intérieur du site. Notamment, les notes aminées (dont l'ammoniac), ressenties fréquemment à l'intérieur, n'ont pas été perçues à l'extérieur.

## Correspondance des perceptions (intérieur/extérieur)

Le graphique ci-dessous présente la relation entre l'intensité maximale et la distance à Rivergaz ressentie dans l'environnement pour les points d'olfaction associés à l'unité. Le point à 0 mètre correspond à l'intensité maximale perçue au sein de l'unité de méthanisation.



*Intensité des olfactions réalisées dans l'environnement de Rivergaz en fonction de leur distance au site*

L'emprise odorante de l'unité de méthanisation dans son environnement est limitée puisque les six points d'olfaction extérieurs associés à l'activité du site sont **localisés à moins de 140 mètres**. L'éloignement avec les sources d'émissions odorantes explique cette situation.

Lors des deux journées d'investigation, aucune odeur associée à l'unité n'a été observée au niveau du lotissement, positionné à ce moment-là sous les vents de l'installation, à environ 440 mètres au sud.

# Mesures des concentrations dans l'environnement de Rivergaz

## Dispositif de mesures

### Analyseurs automatiques

Air Pays de la Loire a installé, à Maulévrier, un laboratoire mobile équipé d'analyseurs automatiques pour le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ).

Ces analyseurs prélèvent en permanence l'air extérieur et quantifient les concentrations en polluant sur un pas de temps de 15 minutes. Cela permet de réaliser un suivi de la qualité de l'air et un croisement avec la direction des vents pour une identification de sources potentielles de polluant.

Les analyseurs de sulfure d'hydrogène et de méthane sont calibrés périodiquement pendant la campagne afin de vérifier le bon fonctionnement et d'ajuster les mesures si nécessaire. Cette calibration se fait à partir d'étalons, c'est-à-dire d'échantillons de gaz dont la concentration est connue très précisément. Toutes les deux semaines, les analyseurs sont amenés à mesurer ces échantillons afin de quantifier l'écart entre la valeur qu'ils mesurent et la valeur connue.

Des orages survenus en mai pendant la campagne de mesures ont entraîné des dysfonctionnements sur les analyseurs embarqués dans le laboratoire mobile et des pertes de données. Initialement prévue pour une durée d'un mois, la campagne de mesures a été prolongée pour un total de 23 jours de données valides pour le méthane et de 32 jours pour l'hydrogène sulfuré.



Figure 23 : laboratoire mobile (photo de gauche) et analyseurs de sulfure d'hydrogène (en haut à gauche) et de méthane (à droite) (photo de droite)

### Mesures par tube à diffusion passive

Les niveaux moyens d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) sont évalués par tube à diffusion passive. Cette méthode 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 est ainsi retenu et s'accumule sur cette cartouche. Le tube à diffusion passive est exposé dans l'air ambiant pendant une semaine puis envoyé en laboratoire pour analyse. Cette méthode de prélèvement permet d'obtenir la moyenne des concentrations par semaine. Elle permet donc de quantifier des niveaux mais pas d'identifier la source aussi finement sur les mesures automatiques.

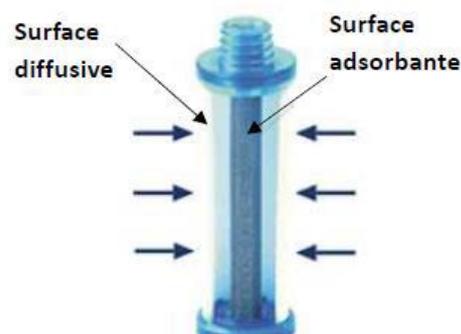


Figure 24 : dispositif de prélèvement par diffusion passive

## Site et période de mesures

Le laboratoire mobile a été installé à environ 230 mètres au sud-sud-ouest du site de Rivergaz. Cet emplacement a été choisi car il est positionné entre l'unité et le premier lotissement.

Quatre sites équipés de tubes à diffusion passive ont été placés en fonction des recommandations suivantes :

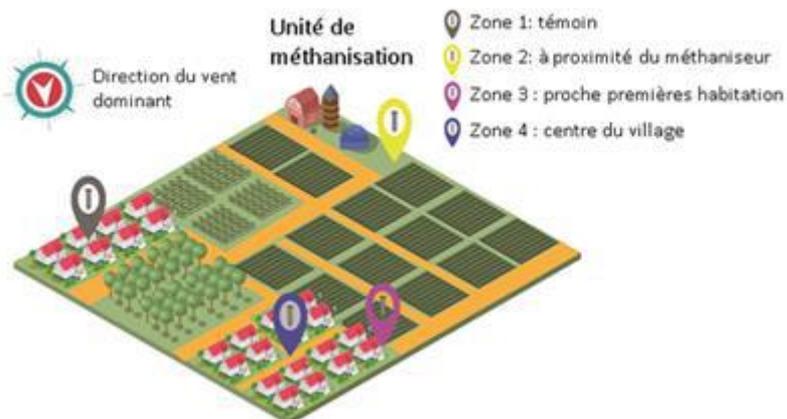


Figure 25 : localisation théorique des tubes de prélèvement d'ammoniac

La carte ci-dessous présente la localisation réelle du laboratoire mobile et des tubes à diffusion passive :



Figure 26 : localisation du camion laboratoire et des tubes à diffusion passive autour de Rivergaz

Ce rapport présente les résultats de mesures réalisées entre le 11 mai et le 17 juin 2022 pour le méthane et le sulfure d'hydrogène.

Les prélèvements d'ammoniac ont été réalisés sur les deux semaines suivantes :

- du 25 mai au 2 juin 2022
- du 2 au 8 juin 2022

# Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques influencent les niveaux de qualité de l'air. Elles peuvent agir à la fois sur les émissions de pollution par les sources : en cas de températures basses, la pollution liée au chauffage est plus élevée, mais aussi sur la dispersion plus ou moins importante des polluants dans l'atmosphère : en cas de vents forts, la pollution est dispersée. De plus, lorsque les émissions de polluant sont localisées, le vent peut placer le site de mesures sous les rejets influant sur les concentrations mesurées.

Ci-dessous, sont représentés les vents observés à Cholet, pendant la période de mesures en fonction de leur direction et de leur vitesse :

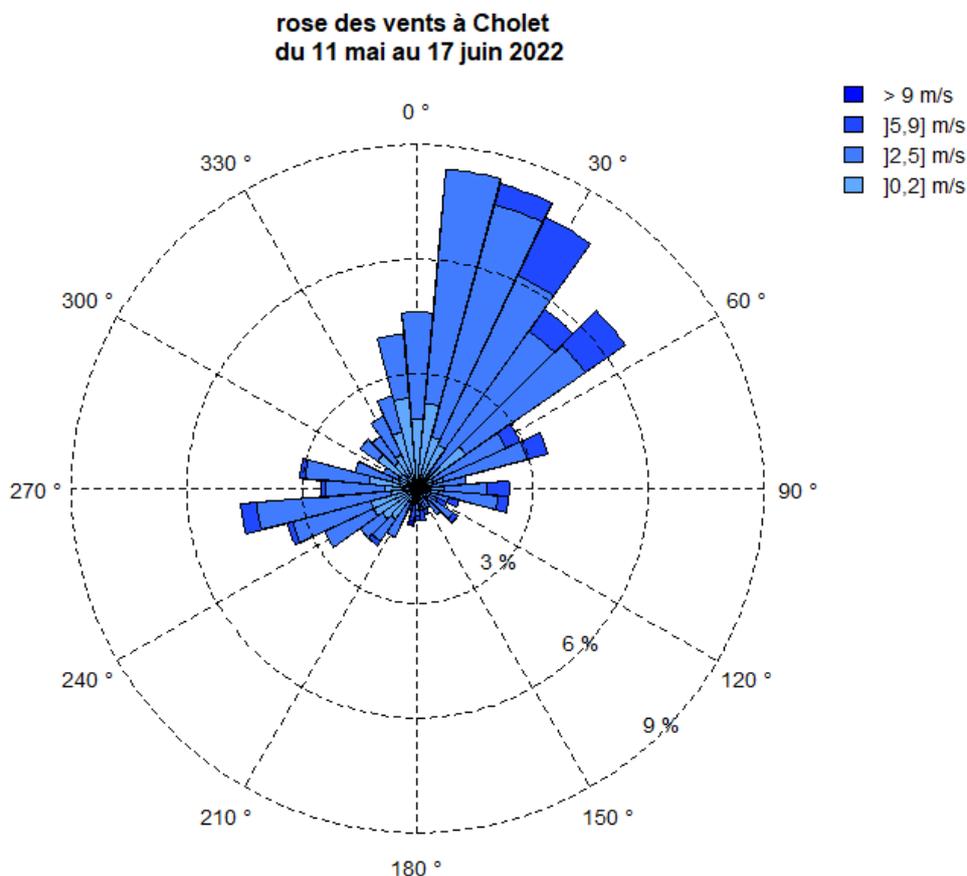


Figure 27 : rose des vents à Cholet sur la période de mesures (source Météo-France – graphique Air Pays de la Loire)

Les vents majoritaires, entre le 11 mai et le 17 juin 2022 à Cholet, sont de secteur nord-est **plaçant le laboratoire mobile majoritairement sous les vents de l'unité**. Les vents de sud-ouest habituellement dominants dans la région des Pays de la Loire ont été peu présents.

## Rose des vents

La rose des vents est un moyen de représenter dans un même graphique la direction et la vitesse moyenne des vents mesurés à un point donné, dans notre cas une station Météo-France.

Comment lire une rose des vents :

- l'orientation (la provenance) des vents est indiquée sur l'axe extérieur.
- 0° = Nord, 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest
- la longueur d'une pale indique la proportion (sur les axes verticaux et circulaires intérieurs) de vents mesurés pour une orientation donnée. Plus une pale est longue, plus la station a mesuré de vents en provenance de cette orientation.
- les classes de vitesse de vents (en m/s) sont représentées par un dégradé de couleur.

# Résultats de mesure

## Méthane (CH<sub>4</sub>)

Le méthane est un puissant gaz à effet de serre qui a la particularité d'être présent en quantité non négligeable dans l'atmosphère, et ce partout dans le monde. Comme son temps de vie est de plusieurs années, sa concentration est en moyenne homogène quel que soit l'endroit de la planète. Le méthane est un gaz marqueur de l'activité agricole (fermentation entérique des animaux et déjections dans les élevages) et du traitement des déchets (fermentation).

La concentration moyenne en méthane mesurée à proximité de Rivergaz est de 1 604 µg/m<sup>3</sup>, valeur plus élevée de 18 % par rapport à la concentration moyenne sur le site de fond<sup>5</sup> (site non influencé par une source directe de pollution), à La Tardière en Vendée, au mois de mai 2021 : 1 358 µg/m<sup>3</sup>.

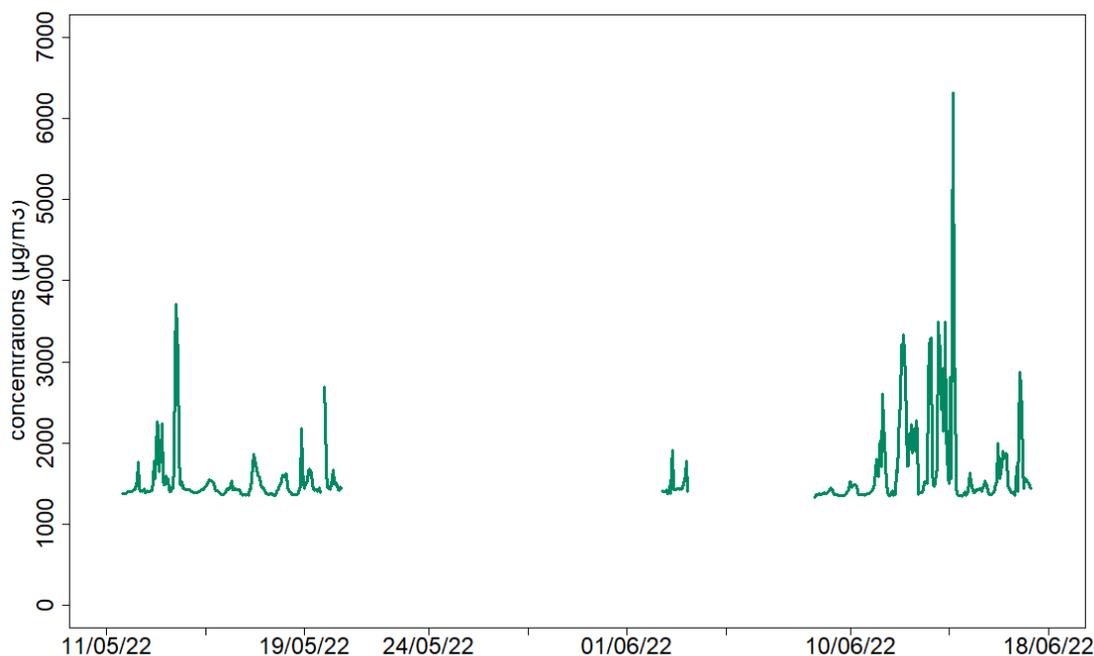


Figure 28 : évolution de la concentration moyenne horaire en méthane à Maulévrier du 11 mai au 17 juin 2022

L'évolution des concentrations horaires en méthane met en évidence un niveau de fond de l'ordre de 1 400 µg/m<sup>3</sup> et des élévations ponctuelles : en début de période et surtout à partir du 11 juin avec un pic à 6 317 µg/m<sup>3</sup> le 14 juin dans la nuit. Ces élévations sont probablement liées à un dérèglement biologique intervenu durant cette période au niveau des trois cuves d'hygiénisation qui a entraîné une formation anormale de mousse et une obturation des canalisations d'aspiration d'air. Par conséquent, l'air sortant des cuves d'hygiénisation n'a pas été traité entre le 15 juin et la fin de la campagne de mesures. Durant cette période, le laboratoire mobile était majoritairement sous les vents de l'unité. Le traitement des odeurs de ces trois cuves a été rétabli rapidement.

<sup>5</sup> Rapport des résultats du site de fond disponible sur le site internet d'Air Pays de la Loire : <http://www.airpl.org/>

Les graphiques suivants présentent des roses de pollution pour des niveaux horaires moyens et les niveaux de pointe sur l'ensemble de la période de mesures. Ces roses sont centrées sur le laboratoire mobile.

## Roses de pollution

Ce type de graphique indique les niveaux de polluant en fonction de la direction des vents enregistrés par Météo-France à Cholet. Sur un site donné, il permet de savoir sous quelle direction de vent les niveaux sont les plus élevés et ainsi de localiser les zones d'émissions prépondérantes.

La manière de lire une rose de pollution est la suivante : dans une direction donnée, la longueur de la pale correspond à la moyenne, ou le niveau de pointe, de concentrations relevées lorsque le capteur est exposé à des vents de cette direction.



Figure 29 : rose de pollution des concentrations moyennes (à gauche) et de pointe -percentile 98- (à droite) en méthane

La rose de pollution moyenne en méthane (à gauche) montre des concentrations plutôt homogènes quelle que soit la direction des vents. Celles des niveaux de pointe (à droite) met en évidence des pics de concentrations par vents de nord-est, lorsque les vents placent le laboratoire mobile dans l'axe des vents de Rivergaz. Une influence de l'unité sur les concentrations en méthane dans l'environnement est donc observée. **Si le méthane est un Gaz à Effet de Serre, il n'est pas toxique pour l'homme aux concentrations observées.**

## Sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)

Le sulfure d'hydrogène est un composé soufré particulièrement odorant. Son odeur est perçue et devient inconfortable à des faibles concentrations. Il est généré lors de la dégradation de matière organique, notamment en conditions anaérobies.

Deux valeurs guides sont fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour ce polluant :

- une valeur guide pour prévenir les effets sur la santé, fixée à 150 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 24h,
- une valeur guide pour la gêne olfactive, fixée à 7 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 30 minutes.

Air Pays de la Loire mesure en permanence l'H<sub>2</sub>S à proximité de la raffinerie Total à Donges.

		Campagne du 11 mai au 17 juin 2022	Site de fond à La Tardière 21/04-18/05/2021
Moyenne	Laboratoire mobile	0,5 µg/m <sup>3</sup>	0,2 µg/m <sup>3</sup>
	Donges	0,3 µg/m <sup>3</sup>	0,2 µg/m <sup>3</sup>
Maximum de la moyenne 30-minutes	Laboratoire mobile	5,3 µg/m <sup>3</sup>	8,5 µg/m <sup>3</sup>
	Donges	2,5 µg/m <sup>3</sup>	3,6 µg/m <sup>3</sup>
Maximum de la moyenne 24-h	Laboratoire mobile	3,5 µg/m <sup>3</sup>	2,0 µg/m <sup>3</sup>
	Donges	1 µg/m <sup>3</sup>	0,6 µg/m <sup>3</sup>
Nombre de jours où le seuil olfactif a été dépassé	Laboratoire mobile	0 jour	1 jour
	Donges	0 jour	0 jour

Le maximum de la moyenne journalière en sulfure d'hydrogène, à Maulévrier, est de 3,5 µg/m<sup>3</sup> au maximum. **Cette valeur correspond à 2 % de la valeur guide sanitaire de l'OMS fixée à 150 µg/m<sup>3</sup>.**

**Le seuil olfactif n'est pas dépassé** sur le site de mesures localisé à proximité de l'unité (moyenne 30 minutes maximale de 5,3 µg/m<sup>3</sup> pour un seuil olfactif fixé à 7 µg/m<sup>3</sup>).

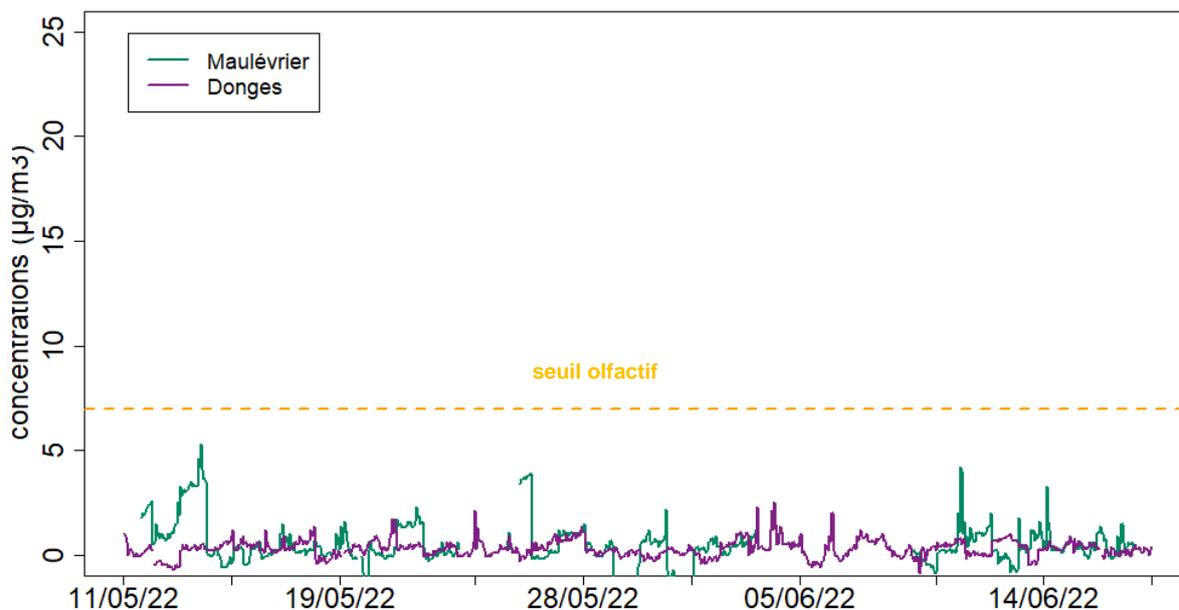


Figure 30 : évolution de la concentration en sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) du 11 mai au 17 juin 2022

Les concentrations sont inférieures ou égales à 5 µg/m<sup>3</sup> et proches de celles enregistrées sur le site permanent de mesure de l'H<sub>2</sub>S en Pays de la Loire, localisé à Donges. Cela confirme l'approche olfactive pour laquelle la note odorante H<sub>2</sub>S a été peu ressentie à l'intérieur de l'unité.

Les graphiques suivants présentent des roses de pollution pour des niveaux horaires moyens et les niveaux de pointe sur l'ensemble de la période de mesures. Ces roses sont centrées sur le point de mesures du laboratoire mobile.

Les roses de pollution moyenne en H<sub>2</sub>S (à gauche) et des niveaux de pointe (à droite) mettent en évidence des concentrations jusqu'à 4 µg/m<sup>3</sup> par vents de secteur nord et sud-ouest. Une influence de Rivergaz peut être notée mais avec des niveaux d'hydrogène sulfuré qui restent à des niveaux restant sous le seuil olfactif de 7 µg/m<sup>3</sup> sur 30 minutes malgré les vents dominants de la période, plaçant majoritairement le laboratoire mobile sous les vents de l'unité.



Figure 31 : rose de pollution des concentrations moyennes (à gauche) et de pointe -percentile 98- (à droite) en H<sub>2</sub>S

## Ammoniac (NH<sub>3</sub>)

L'ammoniac est un gaz incolore et d'odeur irritante caractéristique. A de fortes concentrations (500 µg/m<sup>3</sup>)<sup>6</sup>, il peut entraîner des irritations des voies respiratoires et des yeux. L'ammoniac a pour principale source l'agriculture (rejets organiques de l'élevage et transformation d'engrais azotés épandus sur les cultures).

Les résultats des mesures réalisées autour de Rivergaz sont comparés à ceux obtenus sur le site rural permanent, non influencé, d'Air Pays de La Loire, localisé au niveau de la commune de la Tardière en Vendée.

Les résultats correspondent à des moyennes par point de mesures pour les deux semaines d'exposition.

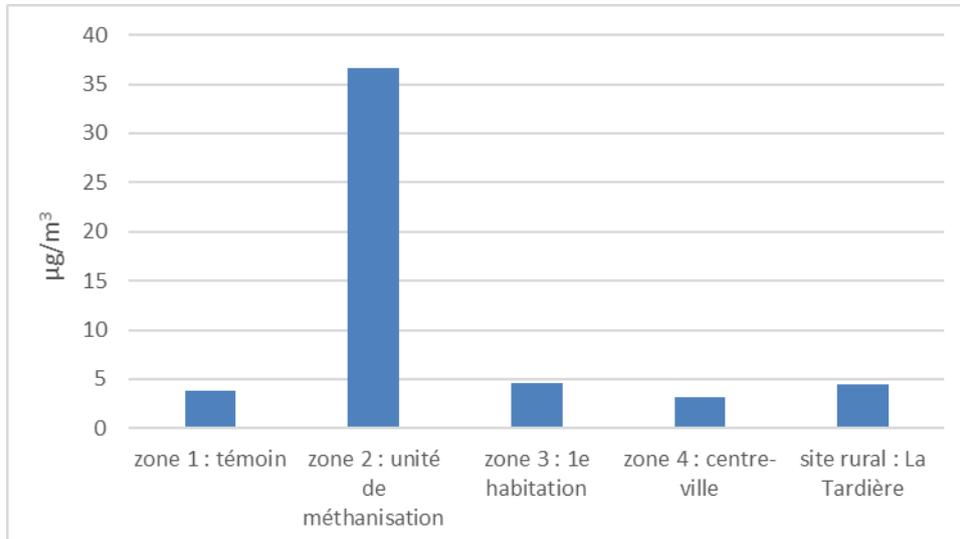


Figure 32 : concentrations en ammoniac par point de mesures pour les deux semaines d'exposition

**La concentration maximale mesurée autour de l'unité (37 µg/m<sup>3</sup>) est bien inférieure aux concentrations pour lesquelles des symptômes d'irritation apparaissent (Valeur Toxicologique chronique ou subchronique recommandée par l'ANSES de 500 µg/m<sup>3</sup>) et correspond à 7 % de cette valeur de référence.**

Les niveaux les plus élevés en ammoniac sont observés à proximité immédiate de l'unité et mettent en évidence que Rivergaz a une influence directe en limite de propriété, **confirmant la présence des notes odorantes aminées relevées lors de l'approche olfactive à l'intérieur de l'unité**. La portée de cette influence est limitée puisque sur tous les autres sites, les niveaux sont environ 8 fois plus faibles et homogènes.

<sup>6</sup> ANSES, *Elaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voies respiratoires pour l'ammoniac*, janvier 2018

# Conclusions et perspectives

## Caractérisation odorante du site et perceptions dans l'environnement

Les investigations réalisées les 12 et 13 mai 2022 au sein de Rivergaz ont permis de réaliser une cartographie olfactive du site et de son influence sur l'environnement. Les résultats obtenus correspondent à des investigations ponctuelles, cependant, l'unité était en fonctionnement nominal.

Six notes odorantes ont été principalement mises en évidence à l'intérieur du site :

- **acide volatil** : cette note est celle qui est la plus représentative en nombre de points odorants. Il s'agit d'une note très présente dans le traitement des déchets, dans de nombreux produits fermentés et dans les déjections animales. Elle a été retrouvée sur trois points à l'extérieur, à des intensités inférieures à 4.
- **les notes aminées** (ammoniac, notamment) **et le caractère irritant** : il s'agit des notes les plus représentatives de l'activité de Rivergaz, en intensité cumulée. Il s'agit d'un référent associé à des phénomènes de dégradation organique que l'on retrouve dans le processus de méthanisation. A noter que la portée de cette note est limitée, elle n'a pas été détectée à l'extérieur.
- **acétyl pyrazine** : c'est un marqueur général d'opérations de séchage et de cuisson. Cette note a été ressentie en particulier près du poste d'hygiénisation, qui opère à des températures d'environ 70°C.
- **scatol** : cette note est présente dans des phénomènes de dégradation organique. Elle a été sentie au niveau de cinq points d'olfaction à l'intérieur et a été retrouvée dans l'environnement de l'unité sur six points associés à Rivergaz, à des intensités le plus souvent inférieures à 4.
- **alcool cinnamique** : ce référent est associé notamment à des opérations d'ensilage et présent dans la décomposition des matières organiques dans le fumier. Cette note n'a pas été ressentie à l'extérieur.

En complément, l'hydrogène sulfuré (famille des notes soufrées), caractéristique de la fermentation anaérobie de nombreuses substances organiques soufrées dans le domaine de la méthanisation, a été perçu sur trois points à l'intérieur (mais pas à l'extérieur) : lors d'une séquence de livraison de fumier de bovin à l'intérieur du bâtiment de stockage (avec une intensité élevée de 7), entre le digesteur et le post-digesteur ainsi que par bouffées, au niveau du hangar de stockage du digestat solide.

Les secteurs les plus émetteurs d'odeurs à l'intérieur du site sont ceux recevant les intrants : les zones de stockage des produits spéciaux (livraison de fumier de bovin en cours), le secteur de la trémie (en fonctionnement ou à l'arrêt mais idem avec déchargement en cours de fumier de bovin), et pour partie, le secteur séparation de phase (à l'occasion de digestat solides en cours de déchargement). Ces intensités les plus fortes sont donc essentiellement observées lors de transport et de manipulations de produits odorants. A noter que les bâtiments de stockage des intrants sont mis en dépression, ce qui permet de contribuer à éliminer l'échappement à l'extérieur des odeurs.

Le biofiltre permet d'éliminer plusieurs notes odorantes (notes irritantes, aminées scatol et soufrées) et de réduire les intensités de deux autres (acide volatil, alcool cinnamique).

L'emprise odorante de l'unité de méthanisation dans son environnement est limitée puisque les six points d'olfaction extérieurs associés à l'activité du site sont **localisés à moins de 140 mètres** (et à des intensités inférieures à 4 entre 50 et 140 mètres). L'éloignement avec les sources d'émissions odorantes explique cette situation.

Lors des deux journées d'investigation, aucune odeur associée à l'unité n'a été observée au niveau du lotissement, positionné à ce moment-là sous les vents de l'installation, à environ 440 mètres au sud.

# Perspective à la suite de l'analyse olfactive

Des premières préconisations sont proposées au regard des résultats obtenus :

En fonction des intrants reçus, le stockage à longue durée peut être émetteur d'odeurs à l'intérieur et à l'extérieur du site. Minimiser les durées de stockage de certaines matières et réduire la durée d'ouverture des portes au niveau des bâtiments de stockage contribue à limiter les émissions et les intensités des odeurs. Plus particulièrement dans le cas de Rivergaz, il est recommandé de tirer partie de l'utilité des portes automatiques à l'entrée du bâtiment de stockage et entre la zone intrants et la zone produits spéciaux et de les laisser fonctionner systématiquement afin de limiter les émanations d'odeurs vers l'extérieur.

## Concentrations dans l'air autour de Rivergaz

Air Pays de la Loire a réalisé, entre le 11 mai et le 17 juin 2022, une campagne de mesures de la qualité de l'air à Maulévrier afin d'investiguer la qualité de l'air autour de l'unité de méthanisation Rivergaz.

Les conclusions de cette campagne sont :

- les concentrations en méthane sont plus élevées (+18 %) que celles mesurées en 2021 autour du site non influencé de La Tardière, en Vendée. Des pics de concentrations de méthane ont été observés, surtout en fin de campagne, sous les vents de l'unité. Ces pics sont probablement liés à un dysfonctionnement au niveau des cuves à hygiénisation qui a entraîné un arrêt temporaire des systèmes de traitement d'air durant cette période. **Si le méthane est un Gaz à Effet de Serre, il n'est pas toxique pour l'homme aux concentrations observées.**
- les niveaux en sulfure d'hydrogène n'ont pas dépassé le seuil olfactif durant la campagne, fixé à  $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (moyenne 30 minutes). **La valeur journalière maximale ( $3,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) correspond à 2 % de la valeur guide sanitaire de l'OMS fixée à  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**
- les niveaux les plus élevés en ammoniac sont observés à proximité immédiate de l'unité et mettent en évidence que Rivergaz a une influence directe en limite de propriété, confirmant la présence des notes odorantes aminées relevées lors de l'approche olfactive à l'intérieur de l'unité. La portée de cette influence est limitée puisque sur tous les autres sites, les niveaux sont environ 8 fois plus faibles et homogènes. La valeur maximale mesurée ( $37\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) correspond à **7 % de la Valeur Toxicologique de référence de  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

# Annexes

- Annexe 1 : Air Pays de la Loire
- Annexe 2 : polluants

# Annexe 1 : Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère de l'Environnement pour assurer la **surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire** 24h/24 et 7j/7.

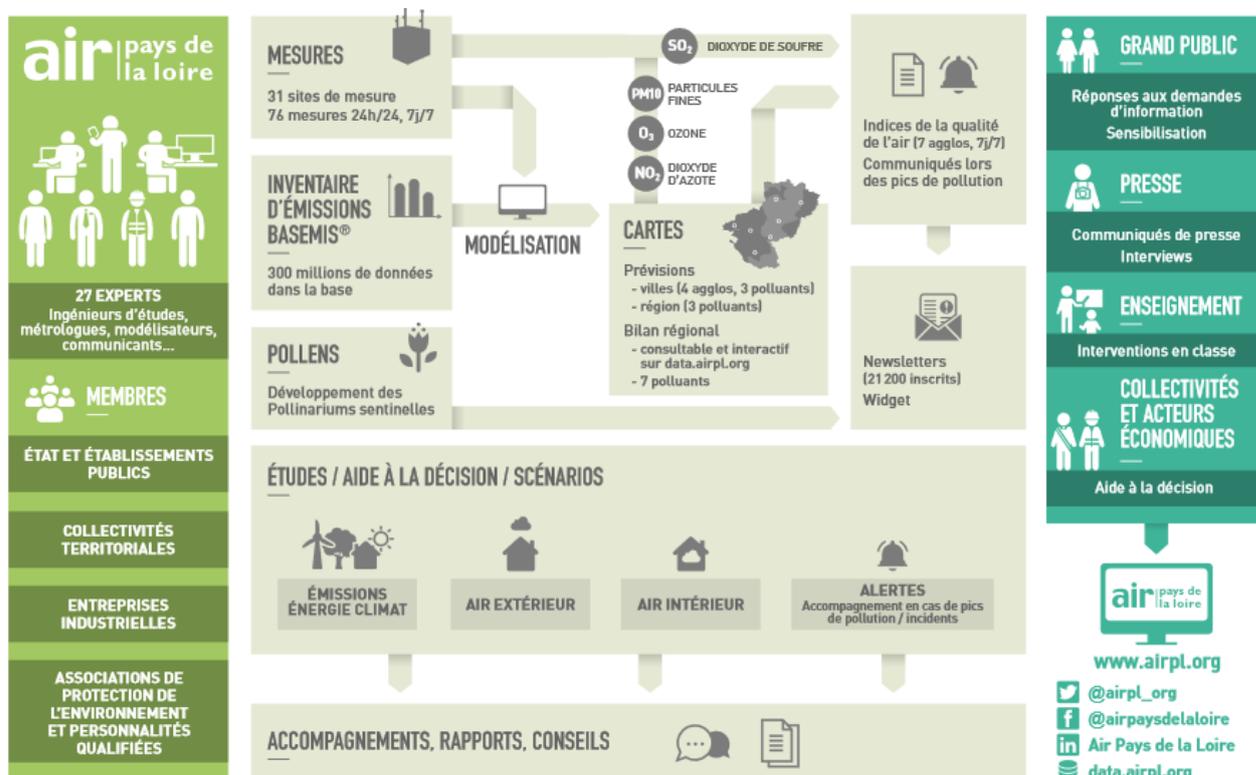
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur [www.airpl.org](http://www.airpl.org) : mesures en temps réel, prévisions régionales et urbaines, rapports d'études, actualités...
- via des newsletters gratuites : indices de qualité de l'air du jour et du lendemain, alertes pollution et alertes pollens ;
- sur Twitter (@airpl\_org) et Facebook (Air Pays de la Loire)

Ses domaines d'expertise portent sur :

- **qualité de l'air extérieur** : mesures en temps réel, prévisions de qualité de l'air, cartographies, études autour d'industries, dans des zones agricoles...
- **qualité de l'air intérieur** : mesures dans des établissements recevant du public, appui aux collectivités dans les constructions de bâtiments, études spécifiques...
- **émissions, énergie, climat** : inventaire régional des émissions de polluants, gaz à effet de serre et des données énergétiques (BASEMIS®), aide à la décision pour les collectivités (plans climat air énergie territoriaux)...
- **pollens** : diffusion en temps réel des résultats sur la région.

Organisé sous forme pluri-partenaire, Air Pays de la Loire réunit quatre groupes de partenaires : l'Etat, des collectivités territoriales, des industriels et des associations de protection de l'environnement et de défense des consommateurs.



## Annexe 2 : polluants

### Le méthane (CH<sub>4</sub>)

Le méthane est un gaz à effet de serre généré principalement par des processus biologiques. Il est essentiellement produit par la fermentation entérique des animaux (et notamment des bovins), des déjections dans les élevages et du processus de fermentation dans les centres de traitement des déchets. Il peut également être émis autour des réseaux de distribution de gaz (fuites, travaux, ...).

### Le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)

Le sulfure d'hydrogène est un composé gazeux pouvant être généré lors de la dégradation de matière organique, notamment en conditions anaérobies. Composé à l'odeur nauséabonde très marquée, il peut également être très dangereux pour l'homme, en cas de fortes concentrations (il s'agit en particulier du gaz émis lors de la décomposition d'algues vertes sur les plages bretonnes).

### L'ammoniac (NH<sub>3</sub>)

Résultant de la dégradation de l'urée animale, l'ammoniac est un gaz produit essentiellement par les activités d'élevage. Très soluble dans l'eau, il se transforme rapidement en ammonium et forme différents sels (sulfate d'ammonium, nitrate d'ammonium, ...). Ce gaz a une action irritante sur les muqueuses de l'organisme. Il participe également à la dégradation de la qualité des eaux, en provoquant l'appauvrissement de leur teneur en oxygène (lacs et étangs en particulier) et en favorisant la prolifération des algues.



## **AIR PAYS DE LA LOIRE**

5 rue Édouard-Nignon  
CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3  
Tél + 33 (0)2 28 22 02 02  
Fax + 33 (0)2 40 68 95 29  
[contact@airpl.org](mailto:contact@airpl.org)

**air** | pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)