# LA METHANISATION PRODUIT DES GAZ IRRITANTS, TOXIQUES ET DANGEREUX

## DEFINITIONS

**Matière Organique (MO)** : Les matières organiques, qu'elles soient d'origine animale ou végétale contiennent les éléments suivants en quantités approximativement décroissantes : carbone (C), hydrogène (H), oxygène (O), azote (N), soufre (S) et phosphore (P)

**partie par million (ppm)** : Unité très pratique lorsqu'on veut exprimer de très faibles quantités, par exemple en toxicologie ou en chimie. C'est en fait un millionième.

Comme un millionième d'1 kg vaut 1 mg, diluer 1 mg d'une substance dans 1 kg d'une autre revient à faire une solution de 1 ppm (en masse). Donc 1 ppm = 1 mg/kg.

De même, comme un millionième de litre vaut un microlitre (µL), 1 ppmv (en volume) = 1 µL/L.

## CE QU'IL FAUT RETENIR

- Un réacteur de méthanisation ne produit pas que du méthane, mais aussi **d'autres gaz toxiques voire mortels** : **$NH_3$** (ammoniac), **$H_2S$** (sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré).
- Ces gaz peuvent être **disséminés dans l'air, l'eau et les sols** pour différentes raisons (émanations, fuites, incendies, explosions, brûlage, épandages, stockages, accidents de la route …).
- Par dissémination dans l'air ces gaz entraînent la **formation de particules fines** et de gaz secondaires eux aussi **irritants et toxiques**, pour l'homme et les animaux.
- Les **risques sanitaires** dus à ces gaz sont multiples : irritations (yeux, muqueuses, poumons), pertes de connaissances, comas, cancers, mort.

La méthanisation est un processus de transformation de la matière organique en absence d'oxygène (anaérobie), qui produit des gaz, du liquide et du solide (Fiche CSNM n°1 : Qu'est-ce que la Méthanisation ?). Nous nous concentrons dans cette fiche sur les gaz produits et les risques associés.

Puisque les matières organiques sont des substances complexes contenant du carbone (C), de l'hydrogène (H), de l'oxygène (O), de l'azote (N), du soufre (S) et du phosphore (P), certains gaz à base de ces éléments vont être produits en plus ou moins grandes quantités.

**Décomposition de la matière organique en conditions naturelles:**

En conditions naturelles, la décomposition normale de la matière organique à la surface de la planète terre est une décomposition en aérobie (en présence d'oxygène).

En conditions d'aérobie (ou d'aérobiose), c'est à dire en présence d'oxygène, les atomes constitutifs de la matière organique utilisent l'oxygène et se transforment de la manière suivante :

C est transformé en $CO_2$ et relargué dans l'atmosphère, dans les sols et les eaux souterraines

H est transformé en $H_2O$ et part avec l'eau

N est transformé en $NO_3^-$ (ion nitrate) et part dans l'eau

S est transformé en $SO_4^{2-}$ (ion sulfate) et part dans l'eau

Aucun de ces produits de la décomposition de la matière organique n'a d'odeur, n'est nauséabond ou toxique au sens propre du terme.

En conditions naturelles, les situations où se produit la décomposition anaérobie de la matière organique sont plutôt des exceptions à la surface de la planète terre. Par exemple, on retrouve ce type de décompositions dans les tourbières, qui ont un bilan carboné extrêmement positif, car ce sont de véritables « puits de carbone » : le carbone s'y accumule et reste stocké pendant des milliers d'années.

**Décomposition de la matière organique par méthanisation :**

Contrairement au milieu naturel, dans un méthaniseur la décomposition de la matière organique se produit en milieu sans oxygène (anaérobie) et les atomes constitutifs de la matière organique se transforment de la manière suivante :

**C est transformé en $CH_4$**, (méthane) gaz inodore, combustible, hautement explosif en mélange avec l'oxygène dans certaines proportions. Le méthane est plus léger que l'air. Il monte rapidement dans l'atmosphère.

**O est transformé en $H_2O$ et $CO_2$**. $H_2O$ part dans le digestat, et $CO_2$ se retrouve avec $CH_4$ dans le mélange de gaz produits.

**N est transformé en $NH_3$** (ammoniac) qui est un gaz irritant, toxique par inhalation au delà d'un certain seuil (INRS 2018). Le seuil de détection olfactive est variable, de quelques dixièmes à quelques centaines de ppm. Ce gaz dégage une forte odeur d'urinoir mal entretenu. La plus grande partie de l'ammoniac inhalé est retenu dans la sphère respiratoire, où son contact avec l'humidité le transforme en ammoniaque ($NH_4OH$), particulièrement au niveau des voies aériennes supérieures. L'attaque caustique de $NH_4OH$ irrite alors les muqueuses. Les effets d'irritation des muqueuses et oculaires son sensibles dés 100 ppm. Son inhalation répétée favorise l'apparition d'infections broncho-pulmonaires chroniques.

$NH_3$ est aussi l'un des précurseurs majeurs de particules fines, dont les effets sur la santé sont démontrés, et renforcent les problèmes respiratoires dus à $NH_3$ seul.

Ce gaz (ammoniac) a une forte affinité pour l'eau et en présence d'eau il se transforme en $NH_4^+$ (ion ammonium) constitutif de l'ammoniaque (ou hydroxyde d'ammonium) qui est une base faible et qui part dans le digestat. Le gaz ammoniac est plus léger que l'air. Il monte rapidement dans l'atmosphère.

**S est transformé en gaz $H_2S$** ou sulfure d'hydrogène. Le sulfure d'hydrogène est 50% plus lourd que l'air. Il s'écoule au ras du sol et s'accumule dans les points bas, au ras du sol dans les cuves, les bâtiments, ...

La toxicité importante de $H_2S$ dépend du seuil d'exposition à ce gaz. Elle s'explique par le fait qu'il agit sur l'organisme par plusieurs mécanismes. Les symptômes progressent de l'irritation locale des yeux et muqueuses, céphalées, nausées, étourdissements et dyspnée à l'œdème pulmonaire, hypotension, arythmie cardiaque, convulsions, coma et mort. Les chiffres différent selon les références (Barriatoulah 2011, INRS 2014), les plus alarmants étant ceux du club biogaz (Barriatoulah 2011):

0,008 ppm : seuil de détection de ce gaz très malodorant (odeur d'œuf pourri)
50 à 150 ppm : paralysie du nerf olfactif (1 à 3 gouttes dans un litre !)
300 ppm : œdème pulmonaire, malaises
500 ppm et plus : perte de conscience rapide; la mort peut survenir très rapidement.

L'accidentologie due à $H_2S$ est malheureusement avérée dans les industries de méthanisation. Pertes de connaissances, décès de personnels, la dangerosité de ce gaz pour la population est surtout due aux fuites, incendies et explosions, disséminant ce gaz. Il est aussi cancérigène (Hellmich 2015).

La toxicité du sulfure d'hydrogène est connue depuis des siècles (morts brutales dans les fosses d'aisance). Cette toxicité est connue sous le nom de « coup de plomb de l'égoutier » (Figure 1) car la mort est instantanée au delà d'une certaine concentration.

Figure 1 : Dispositif d'évacuation du sulfure d'hydrogène dans un réseau d'égouts pour éviter le « coup de plomb de l'égoutier ».

Les intoxications graves mais non mortelles par le sulfure d'hydrogène entrainent la plupart du temps des séquelles neurologiques irrémédiables.

**Devenir des gaz :**

L'ammoniac $NH_3$ qui est relargué lors des phases de stockage et de transports de digestats, ou lors de fuites de méthaniseur, va s'oxyder dans l'air. Il forme alors les gaz $N_2O$ et $NO_x$ ($NO$, $NO_2$, $NO_3^-$) en quantités variables. $N_2O$ est un puissant gaz à effet de serre (il a un Pouvoir de Réchauffement

Global (PRG) de 298, Voir Fiche CSNM Fuites de Méthaniseurs). Les $NO_x$ sont des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre indirects.

Les ions ammonium $NH_4^+$ dissous dans le digestat peuvent se combiner avec les ions $NO_3^-$ pour former le nitrate d'ammonium $NH_4NO_3$ dans l'air, précurseur de particules fines. Si $NH_4^+$ est lessivé par les eaux de pluie, ce phénomène se produira lors de son arrivée dans les cours d'eaux ou rivages.

Les deux relargages atmosphériques précédents lors des épandanges ont un effet direct sur la biodiversité. Par exemple, les abeilles sont tuées par l'ammoniac gazeux, et les vers de terre par l'hydroxyde d'ammonium (Figure 2).

Figure 2 : Récolte d'abeilles mortes après épandage de digestats à proximité de ruches.

Le brûlage en torchère de $H_2S$ résiduel (combiné à $CH_4$) forme le dioxyde de soufre $SO_2$, cancérigène. Il est impératif d'éliminer $H_2S$ du mélange de gaz avant passage en torchère.

$H_2S$ forme avec l'humidité de l'air un brouillard acide hautement corrosif. Ainsi les fuites, explosions, résidus de torchères peuvent disséminer ce brouillard alentour. Avec l'humidité des tuyauteries, l'acide sulfurique corrode même l'acier inoxydable, et accroît les dépenses de maintenance.

## RECOMMANDATION

Vu les degrés de toxicité des gaz produits par les réacteurs de méthanisation, un **contrôle continu des gaz $NH_3$ et $H_2S$** émis sur site de production doit être pratiqué. Ce type de contrôle est réalisable par des nez olfactifs.

## CONCLUSIONS

- La dangerosité des gaz de méthaniseurs nécessite une approche particulière de surveillance continue des sites de production.
- Les répercussions sanitaires des émanations de gaz par les usines de méthanisation et l'épandage des produits de méthanisation requièrent des contrôles indépendants fréquents.

## REFERENCES

Barriatoulah Achimi (2011). Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation. *Club Biogaz ATEE*

Hellmich MR, Szabo C. (2015). Hydrogen sulfide and cancer, *Handbook of Experimental Pharmacology* **41** 230-233

INRS (2014). Fiche Toxicologique de $H_2S$

INRS (2018). Fiche Toxicologique de $NH_3$

## FICHES ET PUBLICATIONS DU CSNM

https://twitter.com/CSNM9 www.linkedin.com/groups/8732104/

https://www.facebook.com/groups/445158802683181/

https://plus.google.com/collection/8awiPF