

<https://twitter.com/CSNM9>

<https://cnvmch.fr>

<instagram.com/danielchateigner/>

csnmraison@gmail.com



Observations du CSNM

Consultation, projet d'augmentation du plan d'épandage de la SAS Bioroussillon, à Perpignan (66)

26 mai 2024

Préambule

Nous assistons à un développement de la filière méthanisation sans précédent (Figure 1a). Présentée par les lobbies de l'énergie comme une solution de la transition énergétique, environnementale, agricole et agronomique, elle est surtout impactante pour la santé environnementale, sans une once de résolution des problèmes invoqués. La filière ne vit que grâce à des subventions hors normes, qui n'aident en rien les agriculteurs dans le besoin. Les projets n'ont plus rien d'agricole, il ne contribueront en rien à la baisse d'émissions de GES, à la transition énergétique, au bien-vivre des agriculteurs, mais auront des conséquences négatives sur bien des aspects, agronomiques, sanitaires et sociétaux.

Dans ce cadre la SAS Bioroussillon, gérée par TotalEnergie, désire augmenter son plan d'épandage. La société TotalEnergie est dans le top-5 des accidents de méthanisation ... l'extension de l'épandage en étendra les conséquences néfastes pour les sols et l'environnement.

Le CSNM tient à porter à votre connaissance les faits suivants, qui réfutent le caractère bénéfique et vertueux de la méthanisation non raisonnable telle qu'elle est promue partout en France. La lecture de ce qui suit vous permettra d'appréhender les raisons pour lesquelles, scientifiquement, les modalités actuelles du développement de la méthanisation ne peuvent être acceptables, car non soutenables et non durables.

Notre document est composé d'une courte synthèse énumérant nos principales conclusions sous forme de points clefs, puis du développement permettant de comprendre pourquoi ces conclusions sont bel et bien fondées d'un point de vue scientifique. Les scientifiques du CSNM sont entièrement indépendants de la méthanisation et de tout financement lié à la méthanisation. Pour simplifier la lecture, nous avons séparé les références scientifiques des simples constats apportés par les journaux grands public, des mises en demeure Préfectorales et Questions écrites et orales des parlementaires, découlant de ces faits.

----- Synthèse -----

- « **Neutralité carbone** » ne veut **pas forcément** dire « **neutralité climatique** » : la méthanisation émet entre 3 et 5 fois plus de GES que l'utilisation du Gaz Naturel (pré conflit Ukraine-Russie) en France
- Telle qu'elle se développe, la méthanisation en France consiste à **créer du néo-méthane** qui n'aurait pas existé sans ces usines : ce ne sont plus des déchets mais des cultures dédiées (intermédiaires et alimentaires) et ce méthane se comporte **comme du méthane fossile**
- La **très faible énergie** développée par la biomasse fait de la méthanisation l'énergie la moins efficace de tous les approvisionnements connus : son Taux de Retour Energétique est très faible, probablement inférieur à 1, il est donc injustifiable de développer cette filière
- La méthanisation **appauvrit les sols**, leur biodiversité et donc leur fertilité. Cet effet ne sera mesurable que sur des temps suffisamment longs, sans retour en arrière possible en moins de 50 ans, et dépendant de l'énergie délivrée
- La **souveraineté alimentaire** de la France, déjà questionnée aujourd'hui et impactée par de multiples effets, souffrira de la méthanisation. Puisque déjà plus d'une SAU de département français sert aujourd'hui à méthaniser des cultures dédiées (370 000 ha, chiffre FranceAgriMer 2023)
- Alors que plus de 1900 méthaniseurs sont en service, représentant moins de 6% de la consommation de gaz naturel, cette dernière ne cesse d'augmenter. C'est une **fuite en avant** consommatrice sans but de modération
- La méthanisation représente des **risques physiques, sanitaires et financiers**, en premier lieu pour les agriculteurs eux-mêmes
- Les **pollutions airs-sols-eaux** dues à la méthanisation sont avérées et ne peuvent être évitées dans son mode de fonctionnement actuel. Plus de 500 accidents relevés, il y a eu au moins une pollution aquatique par mois depuis 2021
- L'**écocidité** de la méthanisation est avérée : champignons et micro-organismes des sols, leur biodiversité, insectes, poissons, crustacés, mollusques, vers de terre, ... tous sont affectés
- L'**accidentologie en hausse** de la méthanisation, est passée de moins de 6 accidents par an pour 1000 méthaniseurs avant 2015, à plus de 37 (plus de 6 fois plus !) depuis 2015. Ceci est dû à un **subventionnement hors normes** en regard de l'énergie délivrée, et des modifications réglementaires tendant à l'autocontrôle en mode « juge et partie »
- Les subventions représentent i) pour la **construction** des méthaniseurs, en moyenne plus de **1 000 000 € par emploi direct** créé (plus de 2 Mds d'€ minimum au total) et ii) au **rachat** du gaz, la somme non soutenable de **plusieurs dizaines de Mds d'€** chaque année si la filière atteint ses objectifs annoncés (soit seulement 200 TWh annuels, même pas la moitié de la consommation de gaz naturel !)
- Les **émissions** variées tout le long de la chaîne de production sont avérées et **sanitairement impactantes** : composés organiques volatiles (plus de 50 dont des molécules cancérigènes), métaux lourds, bactéries antibiorésistantes (plus de 30 espèces), résidus médicamenteux, micro-plastiques, pathogènes divers et dangereux ...
- **Les CIVES ne sont pas des CIPANs**, puisque les nitrates reviennent dans les digestats et que le rôle des premières consiste à renvoyer en permanence du CO₂ vers l'atmosphère lorsque les secondes le séquestrent dans le sol.
- Les plus grosses structures méthanisantes sont les plus accidentogènes. Ce sont généralement des injecteurs gérés par des grands groupes de l'énergie.

- Les **subventions** à la méthanisation ne profitent pas aux agriculteurs vertueux et de tailles modestes pratiquant une agriculture durable, mais aux multinationales de l'énergie et aux systèmes agricoles intensifs (cultures et élevages), délétères pour les sols et la souveraineté alimentaire à long terme. Leur attribution correspond à un système **injuste**.

0- Densité galopante, risques inconsidérés

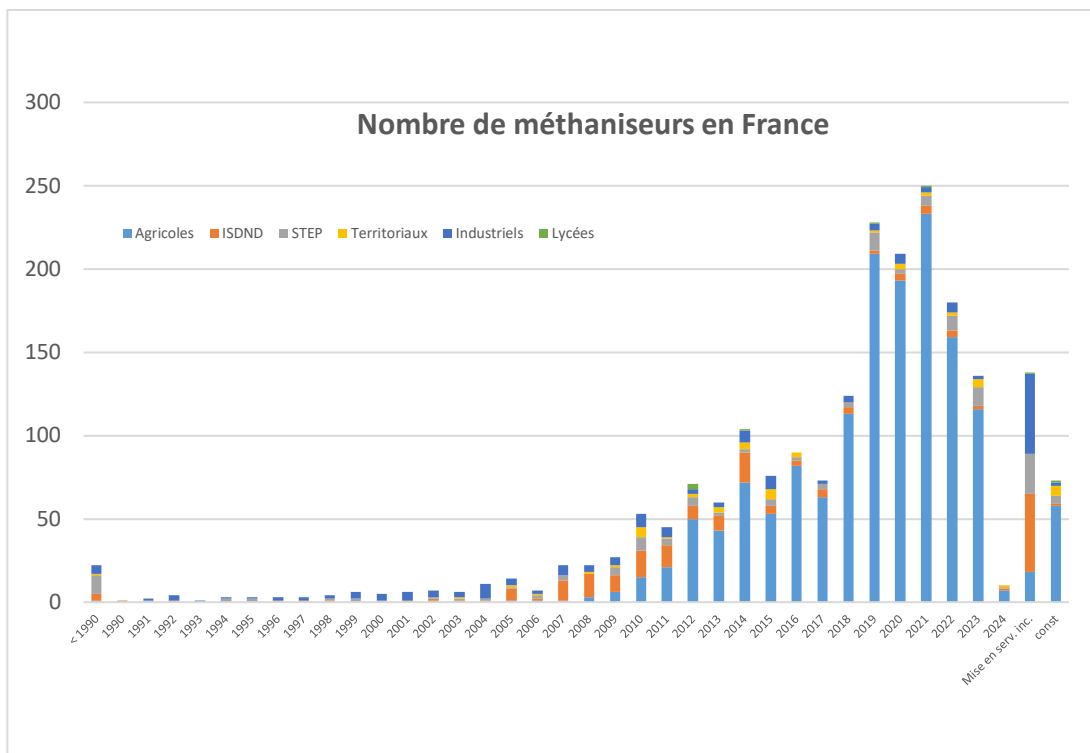
01- Densité de méthaniseurs insoutenable

Toutes les régions (sauf la Corse) affichent une densité de méthaniseurs déjà en fonctionnement élevée, de 0,0025 à 0,015 méthaniseurs/km² de SAU (Figure 1b). Vu les projets en instance, dans toutes ces régions et au niveau national (Figure 1c) des concurrences à la surface et des déplacements déraisonnables pour la chalandise d'intrants et l'épandage de digestats sont déjà présents et ne feront qu'augmenter au fur et à mesure du développement de la méthanisation, en nombre de méthaniseurs comme en dimensionnement (La France Agricole 2022-08-25, La Voix du Nord 2019-06-14, Le Courrier Picard 2022-08-13, L'Union 2022-05-20, Le Télégramme 2022-06-05, Le Télégramme 2022-08-09, Ouest-France 2022-08-09, Réussir 2022-09-02, Réussir 2022-11-15, Voix du Jura 2022-05-27 ...).

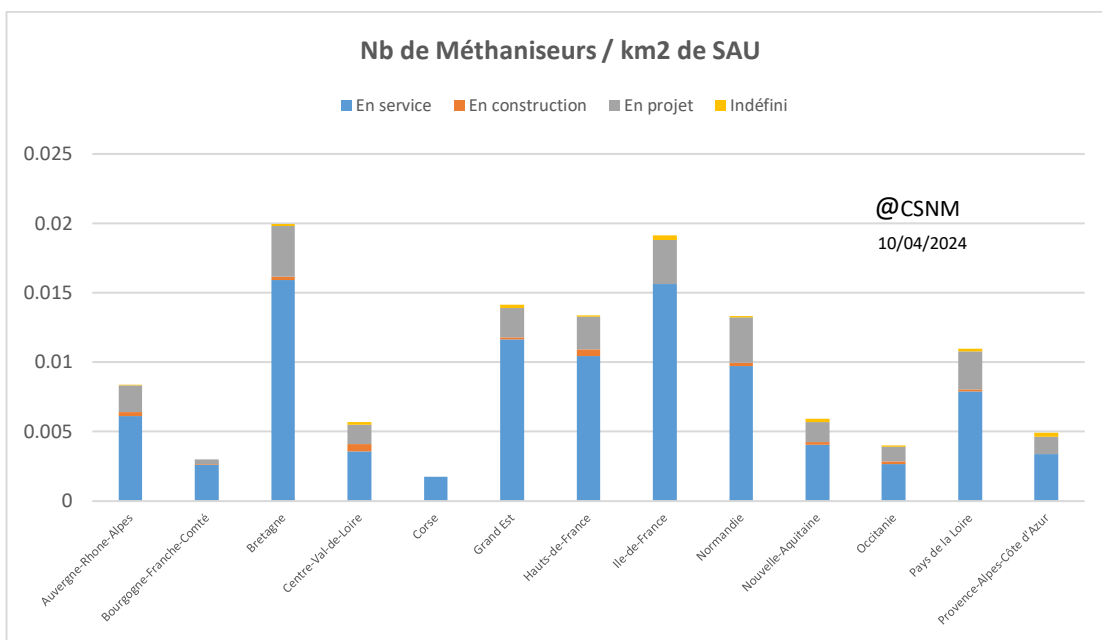
En moyenne sur tous les départements métropolitains, la distance moyenne actuelle entre méthaniseurs en fonctionnement sur la surface agricole utile n'est déjà que de 13 km ! Cette distance sera réduite à 11 km si tous les projets actuels arrivent à terme ! Une telle distance est déjà bien inférieure à la distance maximale moyenne de chalandises (45 km) et d'épandages de digestats (26 km) (Figure 1c), et par conséquent incompatible avec une filière soutenable pour les agriculteurs, qui verront la concurrence à la surface se renforcer et se rajouter aux concurrences multiples auxquelles ils sont déjà confrontés.

Les effets dus à la concurrence à la surface ne sont pas nouveaux. Ils ont déjà été observés depuis plusieurs années dans les pays dont la densité de méthaniseurs dépassait 0,005 méthaniseurs/km², en Italie par exemple (Boscaro *et al.* 2015).

Méthanisation : Observations du CSNM



a)



b)

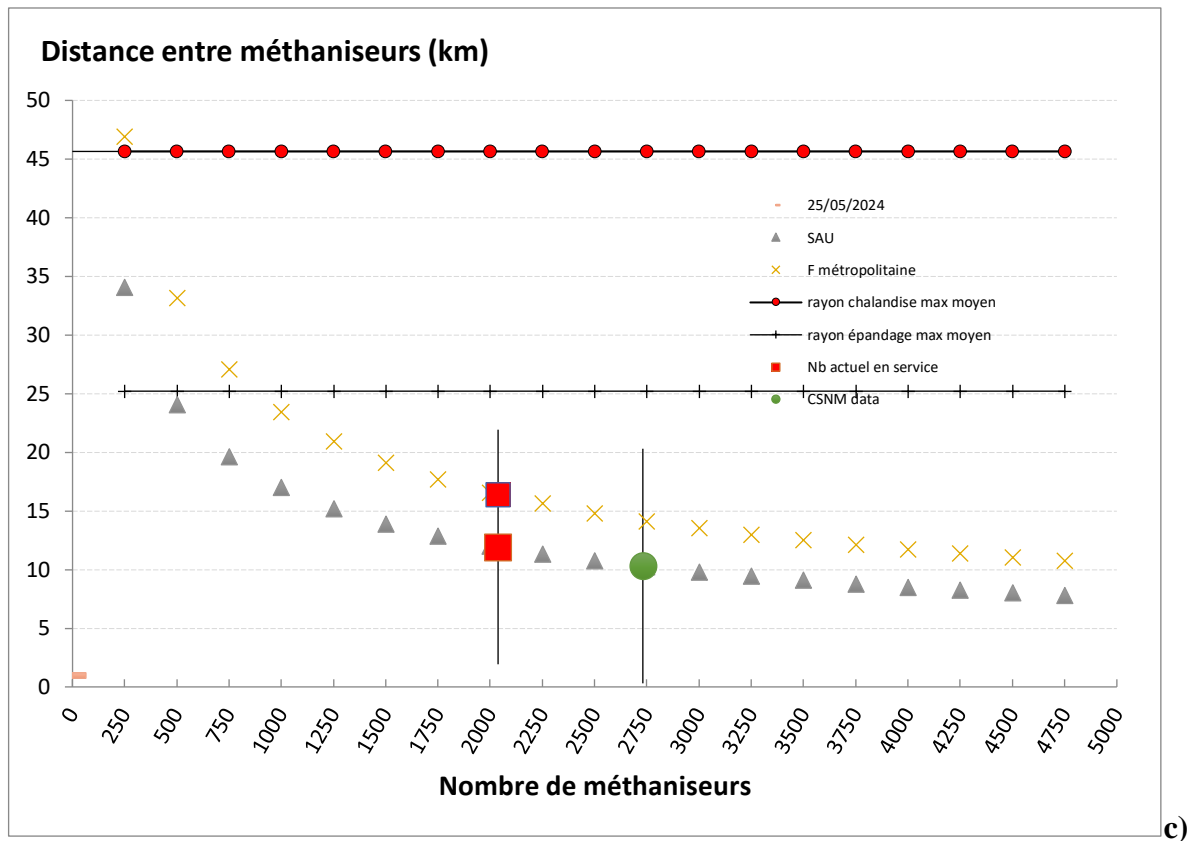


Figure 1 : a) Nombre de méthaniseurs en fonctionnement en France, b) Densité de méthaniseurs par région (en nombre de méthaniseurs par km² de Surface Agricole Utile). Une densité de 0,005 signe l'apparition de concurrence à la surface. c) : Distance moyenne entre méthaniseurs en fonction du nombre de méthaniseurs sur la surface métropolitaine (croix) et sur la SAU métropolitaine (triangles). Les rayons de chalandise et d'épandage maximums moyens sont déjà supérieurs aux distances moyennes entre méthaniseurs.

02- Risques associés inconsiderés

a) Risques physiques

Ces usines ATEX représentent un danger pour les exploitants ainsi que pour les riverains et les SDIS. Depuis 2015 et encore récemment, des études scientifiques (Soltanzadeh *et al.* 2022, Stolecka *et al.* 2021, Trávníček *et al.* 2015, Trávníček *et al.* 2017) montrent que sur site des doses létales sont atteintes, et à des distances concernant les proches riverains des conséquences non anodines pourraient être occasionnées, vu les dimensions concernées ici. D'autres études mesurent les émanations aérosols sur et autour de sites de méthanisation (Mbareche *et al.* 2018, Merico *et al.* 2020, Naja *et al.* 2011, Zhang *et al.* 2019), ou détectent des pollutions des sols après épandages (Bian *et al.* 2015) à des niveaux de risques élevés. Nul doute que ce type de dispersions polluantes, malheureusement ressenties dans un nombre de cas croissant, créeront des problèmes sanitaires à plus ou moins longs termes. La proximité des premiers riverains ne saurait être suffisante pour des émanations se propageant sur des distances bien plus grandes, et autour des parcelles épandues. L'Etat se rendra responsable de ce type d'effets, pourtant bien documentés par l'INRS. Plus la dimension du méthaniseur est grande, plus les nuisances et l'accidentologie sont fortes.

Exemples d'accidents de personnes dus à la méthanisation en France :

- Mortels : Courrier Picard 2022-08-22, L'Ardennais 2021-07-23, L'Ardennais 2019-07-09, L'Union 2022-08-22 et 2022-08-25, Ouest-France 2019-04-05,

- Intoxications, Blessures, Brûlures, Electrocutions : L'Alsace 2023-09-12, La Dépêche 2018-06-07, La Nouvelle République 2013-08-03, Le Courrier Cauchois 2023-08-31, Le Courrier de l'Ouest 2019-01-22, Le Télégramme 2019-06-27, Le Télégramme 2015-04-10, Ouest-France 2023-07-06, Ouest-France 2022-11-21.

Tous ces risques sont très bien documentés au niveau mondial par la filière (BiogazWorld 2019-04-18), et curieusement passés sous silence dans la très grande majorité des communications.

b) Risques financiers

Rappelons que selon une récente étude du Laboratoire Ladyss-CNRS, les revenus des agriculteurs méthaniseurs sont plus qu'incertains à terme, et particulièrement pour les usines de méthanisation de gros tonnages, collectives agricoles, territoriales et industrielles (Grouiez 2021). En cas de problème de viabilité, que feront les grandes firmes de l'énergie pour venir en aide aux agriculteurs ?

Ces dernières années, les équipementiers « historiques » de la méthanisation sont rachetés progressivement par de grands industriels, multinationales de l'énergie (TotalEnergie, Engie, Shell, BP, ENI, Véolia, Suez, Exxon ...). Ceci mettra les agriculteurs méthaniseurs et les projets territoriaux en difficulté au moindre problème. Cumulés aux fluctuations tarifaires diverses, les risques financiers sont déjà prégnants en France pour les agriculteurs méthaniseurs (voir §10).

Vu les faibles retours énergétiques, dans le cas de l'injection, seules les grosses structures peuvent espérer une rentabilité financière, et même dans ce cas, de petites fluctuations influent lourdement sur la rentabilité (Huerta *et al.* 2023).

c) Risques routiers

Les cadences imposées par les rotations d'approvisionnements en intrants de méthanisation et en épandages de digestats font prendre des risques de conduite aux agriculteurs, qui se traduisent par des accidents de la route (France Bleu 2023-12-17, France Bleu Mayenne 2022-08-20, L'Est Républicain 2023-10-18, La Charente Libre 2021-05-06, La Montagne 2019-09-16, La République des Pyrénées 2022-09-09, Ouest-France 2022-08-20) entre autres conséquences.

1- Déchets-vrais et circuits courts

La méthanisation raisonnable est celle qui conserve la Santé Environnementale (donc celle des humains aussi) sur le long terme. Elle n'a pas d'incidence sur notre environnement, la biodiversité et nous-même. Il résulte les points suivants.

11- Déchets vrais uniquement

Seuls les déchets vrais doivent être méthanisés puisque cette énergie est carbonée. En particulier, la culture de biomasse dédiée, intermédiaire ou pas, les résidus urbains végétaux, ne sont pas des déchets vrais. Le Grenelle de l'Environnement (mars 2009) a comme axe majeur la prévention de la création de faux déchets. Il faut prioriser l'alimentation humaine et animale, donc le retour au sol de la biomasse.

12- Circuits courts uniquement

L'utilisation des produits qui découlent de la méthanisation, énergie et digestat, doit :

a) être opérée en circuit le plus court possible (Lubanska *et al.* 2023, Lyng *et al.* 2015). L'injection en circuit électrique ou gazier ne peut pas être considérée comme la vocation première de la méthanisation. En particulier, l'injection en circuit gazier ne correspond pas au minimum d'émission de CO₂ (Caposciutti *et al.* 2020), même en acceptant l'idée fautive de neutralité carbone de la méthanisation.

b) correspondre à une diminution de consommation des ressources fossiles, ce qui n'est pas le cas puisque leur consommation augmente en France (Lyng *et al.* 2015). Par exemple, injecter du méthane dans le réseau gazier en méthanisant des boues de STEP n'a de sens que si toute la consommation électrique et de chaleur de la station a été totalement assurée par la méthanisation.

Les petits digesteurs domestiques correspondent à ce type d'usage, et peuvent avoir un intérêt de réduction de consommation d'énergie fossile (Xiaohua *et al.* 2007).

c) correspondre à une utilisation locale, dans le périmètre d'exploitation ou des exploitations, pour éviter d'exporter du digestat (Van Puffelen *et al.* 2022). En ce qui concerne la méthanisation des boues de STEP et de biodéchets ménagers, la cogénération doit être utilisée en premier lieu pour réduire la facture électrique du traitement des eaux (Pasciucco *et al.* 2023).

d) correspondre à une diminution de consommation des engrais provenant de l'industrie chimique (Lyng *et al.* 2015).

13- Digestats modérés

Les digestats de méthanisation ne possédant pas les caractéristiques de la biomasse naturellement décomposée et assimilée par les sols, ils ne peuvent être utilisés de façon massive, et doivent être particulièrement contrôlés (Chojnacka *et al.* 2024). En particulier car l'azote du digestat liquide s'évapore très facilement, entraînant une perte importante en N (Salomon *et al.* 2022). On parle d'ailleurs de remédiation du digestat (Eraky *et al.* 2022, Jasinska *et al.* 2023), par de multiples techniques (micro-flore indigène, phycoremédiation, évaporation sous vide, centrifugation, stripping des ions ammonium, bioélectricité, production de protéines, compostage aérobie, entomoremédiation, bioraffinement (production de bioéthanol, de biodiesel, de biochar et biohuile, hydrochar ...), traitement au charbon actif, séchage solaire et acidification ...). Toutes ces filières iront dans le sens de ne plus retourner les digestats au sol.

L'épandage de digestats bruts et liquides occasionnent moins de respiration du sol, et donc moins d'activité microbienne, que l'application de lisiers de porcs, de litières de volailles ou de fumiers de vache ou de bétail (Iocoli *et al.* 2019, Meng *et al.* 2022, Risberg *et al.* 2017). Aussi, l'épandage de digestat liquide occasionne plus d'émission de N₂O, GES très fort, que celui de

fumier de bétail (Meng *et al.* 2022). Dans des sols argileux, l'épandage de digestat solide augmente aussi les émissions de N₂O (Badagliacca *et al.* 2024). Une constante de ces études est que l'activité enzymatique décroît rapidement (en quelques jours) après application de digestats, signe d'évaporation et lixiviation fortes. D'ailleurs les taux de nitrates augmentent dans les jours suivant l'épandage de digestat (Johansen *et al.* 2013).

Les ruissellements chargés en azote et phosphore sont encore mal étudiés (Horta *et al.* 2021), et les digestats nécessitent bien souvent une réduction du taux d'azote et de phosphore (Cusick *et al.* 2014, Le Pham *et al.* 2022, Li D. *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2022, Pizzera *et al.* 2019, Van Puffelen *et al.* 2022). Les ions ammonium, principaux composants des digestats liquides qui représentent en moyenne 80% de la masse des intrants, se transforment en quelques jours en nitrates dans le système hydrique (Wang Z. *et al.* 2022).

La stabilisation des digestats est apparue nécessaire très tôt pour conserver un certain potentiel fertilisant-amendement. Cette stabilisation est réalisée par des techniques variées, compostage, stripping de l'ammonium, séchage thermique, gazeification, échange ionique, carbonisation hydrothermale, pyrolyse, filtration membranaire, précipitation de struvite, évaporation, oxydation chimique ... Il ressort que le compostage est le plus adapté ! (Jasinska *et al.* 2023, Kovacic *et al.* 2022, Le Pera *et al.* 2022, Rizzioli *et al.* 2023), notamment car il conserve une plus grande biodiversité des sols (Luo *et al.* 2023). Dès lors, un simple compostage offre sans doute bien plus de qualités et à coup sûr un gain énergétique !

Les trajets nécessaires pour exporter les digestats dépassent les frontières chez nos voisins européens (Van Puffelen *et al.* 2022), ce qui arrivera en France à coup sûr.

Les taux d'azote apportés par les digestats doivent rester très modérés. Par exemple, un taux d'à peine 0,1% N a un effet inhibiteur sur la croissance du bouleau (*Betula pendula*) et son taux de survie (Malabad *et al.* 2022).

Le taux de phosphore disponible pour les plantes est modifié par méthanisation. En présence d'intrants comportant du calcium, il y a jusqu'à 30% de transfert du phosphore labile disponible vers des phosphates de calcium, stable et indisponible comme nutriment (Wiater 2022), et il n'est pas rare de voir des pertes importantes en P entre intrants et digestats (Salomon *et al.* 2022).

Les digestats de biodéchets de ménages doivent être considérés de façon particulière, vu l'aspect sanitaire inhérent aux intrants correspondants. Des post-traitements particuliers doivent être appliqués, par exemple un traitement acide (Skrzypczak *et al.* 2023), au détriment de la rentabilité globale. Ces digestats n'offrent pas une meilleure croissance de ray-grass, par contre un plus fort lessivage de N (Rossi *et al.* 2023).

Des pratiques de rotations culturales (blé-triticales-poi-colza) associées à des épandages de digestat augmentent l'azote résiduel dans les sols, plus que l'utilisation d'un fertilisant minéral (Nascimento *et al.* 2023).

L'abaissement de la charge bactérienne et du taux d'azote des digestats est envisagé par additions de produits d'autres fermentations acides (Jiaosu) (Xu *et al.* 2023) ou par divers traitements comme la nanofiltration photocatalytique (Chioti *et al.* 2023).

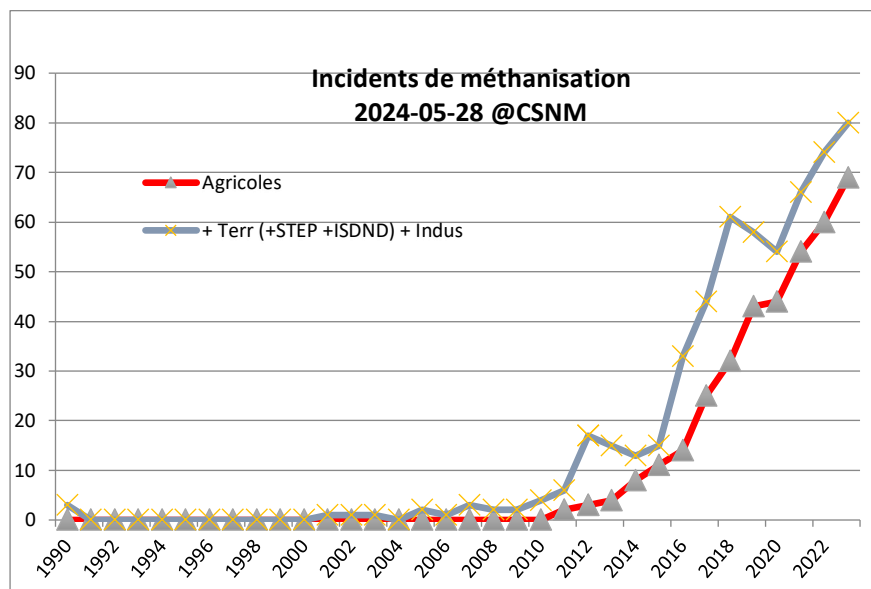
En conséquence, l'application de digestats sur différents sols montre une décroissance de biomasse microbienne, et une décroissance de diversité prokaryotique (Vautrin et al. 2024). Sur des sols à C/N assez forts, l'application entraîne une décroissance de diversité fongique.

14- Surveillance, contrôles, accidentologie

La surveillance à tous les niveaux du processus de méthanisation doit être réalisée en continu dès la mise en fonctionnement, puisque la bonne efficacité de l'usine conditionne drastiquement sa balance environnementale (Lyng et al. 2015). Cette surveillance doit s'opérer en toute indépendance, comme pour toute usine correctement gérée.

L'accidentologie croissante due à la méthanisation (**Figure 2a**), scientifiquement documentée (Moreno et al. 2015, Moreno et al. 2016), montre que cette surveillance n'est plus acceptable. Le taux d'accidentologie (nombre d'accident par méthaniseur et par an) ne cesse d'augmenter depuis l'augmentation des subventions et les usines les plus accidentogènes sont les usines gérées par les grands groupes (**Figure 2b**).

De ce fait, le régime en autocontrôle pour lequel l'exploitant est juge et partie, ne peut être acceptable. Le financement des contrôles indépendants doit être intégré au plan d'exploitation.



Méthanisation : Observations du CSNM

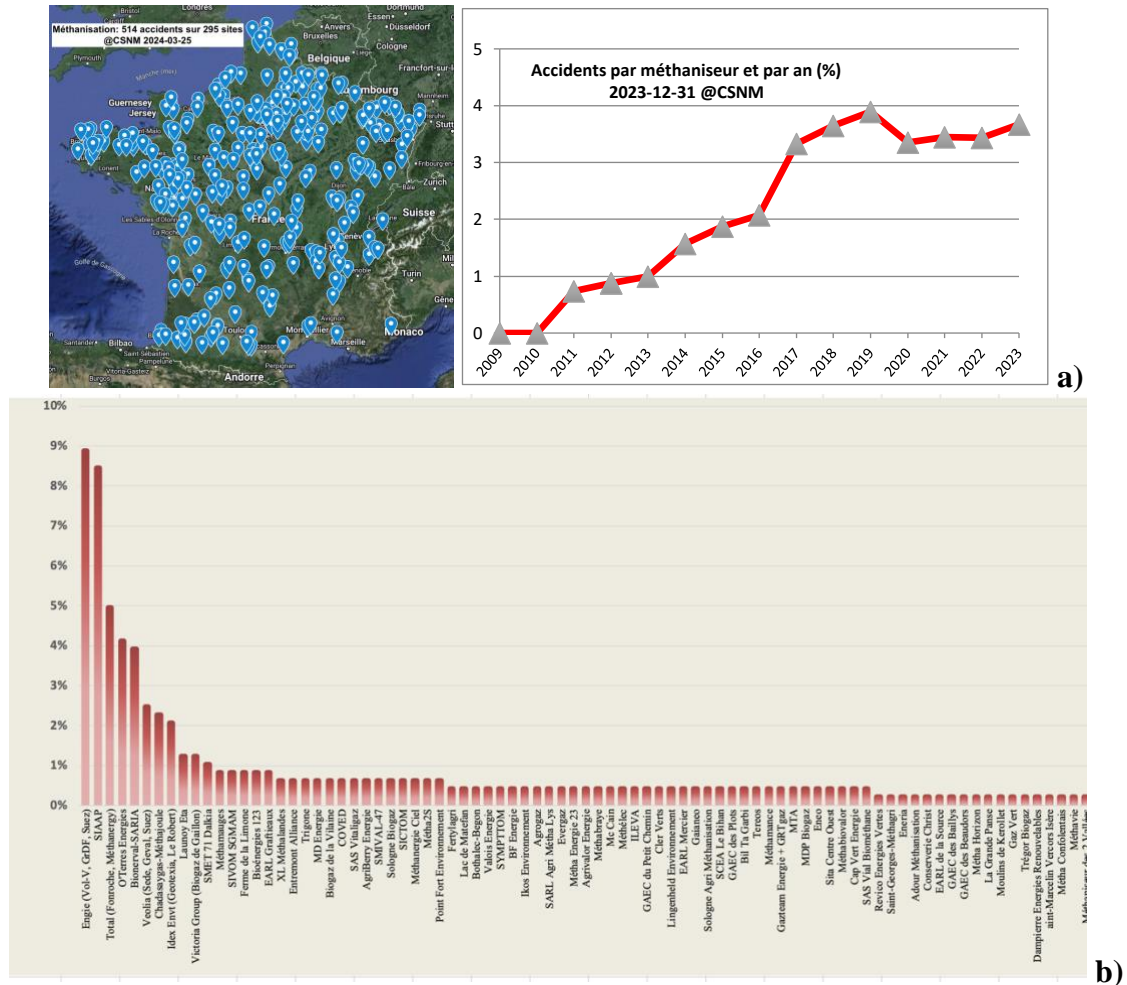


Figure 2 : a) Cartographie (gauche) et nombre d'accidents en France depuis 1990 (droite) et b) nombre d'accidents pondéré par le nombre de méthaniseurs en service chaque année (gauche) et pourcentage d'accidents générés par les acteurs (droite). Nous sommes passés de 5,7 accidents par an pour 1000 méthaniseurs, à 37 depuis 2015, soit une accidentologie multipliée par plus de 6,4 !

Est-il besoin de rappeler les principales nuisances occasionnées autour des sites de méthanisation en France (**Figure 6a**) ?

Les incendies restent une des deux causes principales d'accidents sur les méthaniseurs (**Figure 3**), à cause du fonctionnement courant et des zones de stockages d'intrants, et même avant la mise en fonctionnement du méthaniseur, avec plus ou moins de dégâts (Actu Oise 2023-06-27, Dernières Nouvelles d'Alsace 2023-05-28, France 3 Normandie 2023-08-26, France 3 Région 2023-06-27, France Bleu 2023-12-17, L'Aisne Nouvelle 2022-12-22, L'Alsace 2023-09-12, L'Ardennais 2024-05-15, L'Est Républicain 2023-05-24, La Dépêche 2024-01-22, La Dépêche 2024-01-06, Le Courrier Cauchois 2023-08-31, Le Courrier Indépendant 2023-05-14, Le Parisien 2023-06-27, Oise Hebdo 2023-06-27 par exemple).

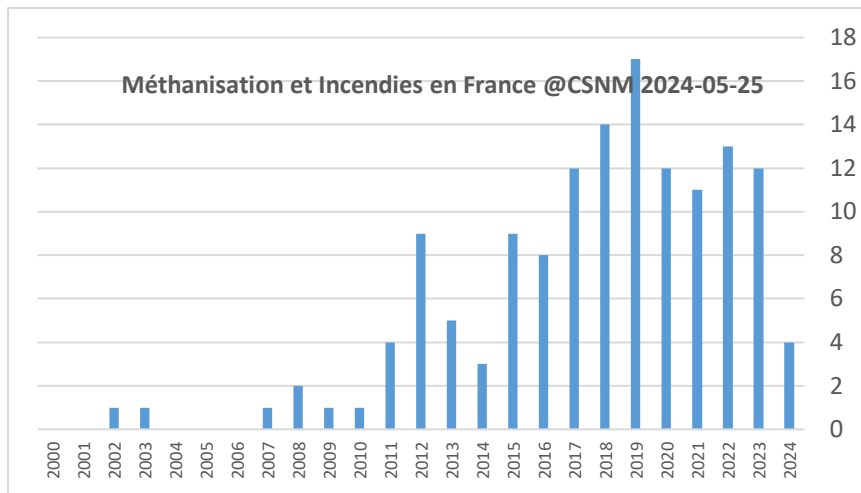


Figure 3 : Incendies sur sites de méthanisation français

La deuxième cause principale d'accidents de méthanisation provient des pollutions olfactives (**Figure 4**), provenant principalement des zones de stockages d'intrants, et des stockages et épandages de digestats. Là aussi, les stockages d'intrants débutant usuellement un an avant la mise en marche des méthaniseurs, ce type de pollutions est aussi occasionné avant même leur mise en fonctionnement (Actu Orléans 2023-09-26, AP 2023-06-08, Dernières Nouvelles d'Alsace 2023-05-19, L'Alsace 2023-10-25, L'Est Républicain 2020-11-23, L'Eclairer 2019-09-13, L'Impartial 2019-07-18, L'Impartial 2019-08-04, L'Observateur 2023-12-21, L'Union 2020-09-04, L'Union 2023-02-06, La Dépêche 2019-02-19, La Dépêche 2019-02-06, La Dépêche 2018-10-05, La République du Centre 2024-01-19, La République du Centre 2023-10-05, La Voix du Nord 2019-08-14, Le Courrier de l'Eure 2023-10-05, Le Figaro 2023-10-26, Le Journal de Saone et Loire 2023-09-14, Le Pays Briard 2021-03-17, Ouest-France 2019-03-04, Ouest-France 2020-09-18, Ouest-France 2021-07-30, Ouest-France 2024-03-08, Presse Océan 2024-02-08, RI 2023-03-08, Sud-Ouest 2023-08-10 par exemple).

Le bâchage des intrants et digestats, même s'il n'empêche pas toutes les pertes nuisibles à l'environnement, est loin d'être toujours respecté, même si c'est une recommandation scientifique internationale pour éviter une partie des GES (que l'ADEME recommande également).

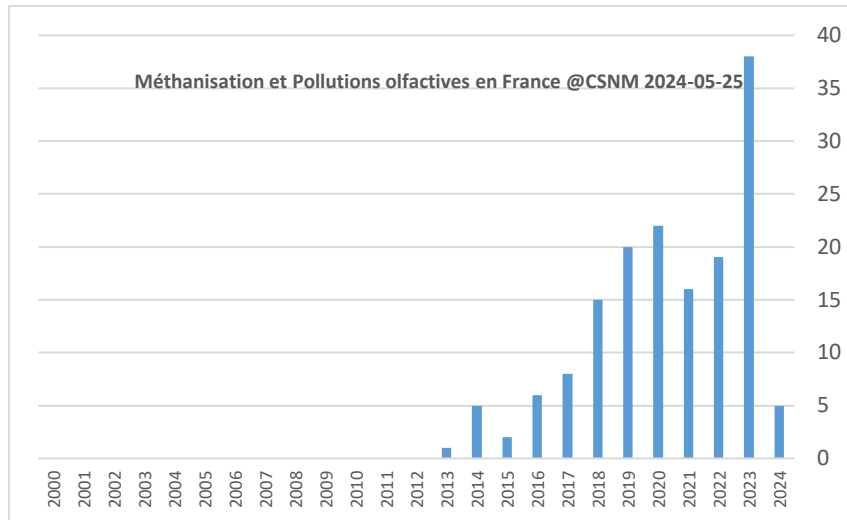
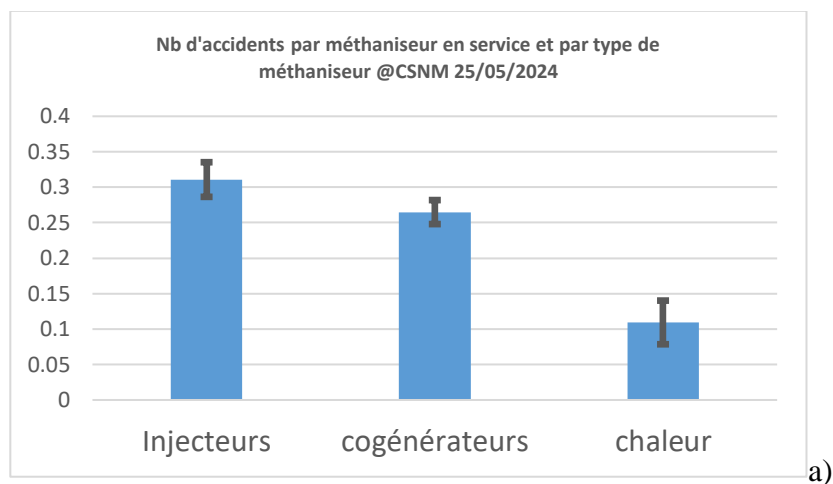


Figure 4 : Pollutions olfactives d’usines de méthanisation françaises

La méthanisation en injection est apparue après celle en cogénération. Elle aurait dû en principe bénéficier de la maturité acquise en cogénération. Il n’en est rien, les méthaniseurs injecteurs sont plus accidentogènes que les cogénérateurs (**Figure 5**). Malheureusement, le nombre d’injecteurs augmente ces dernières années et le nombre de nouveaux cogénérateurs se réduit très fortement : nous n’allons pas dans la bonne direction (**Figure 5b**)



a)

Méthanisation : Observations du CSNM

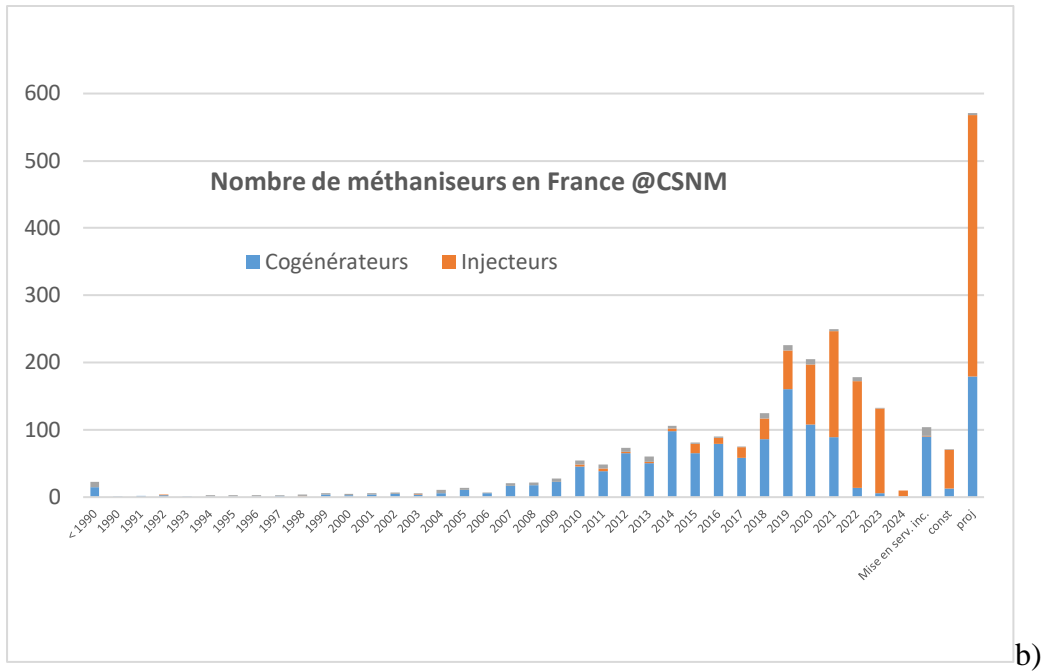
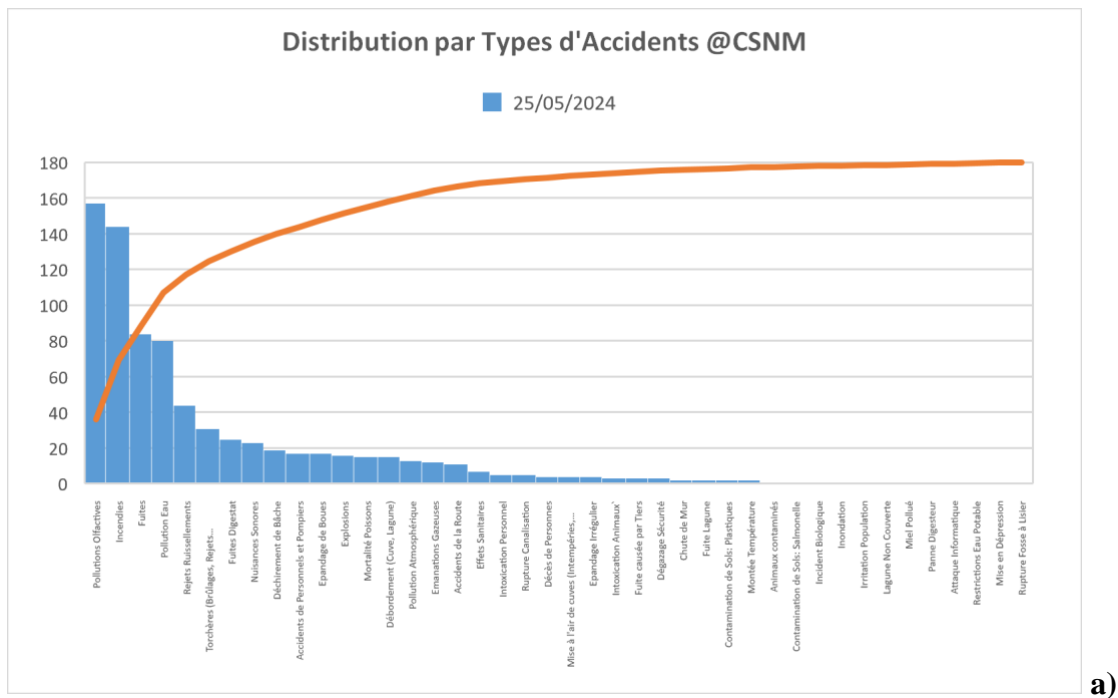
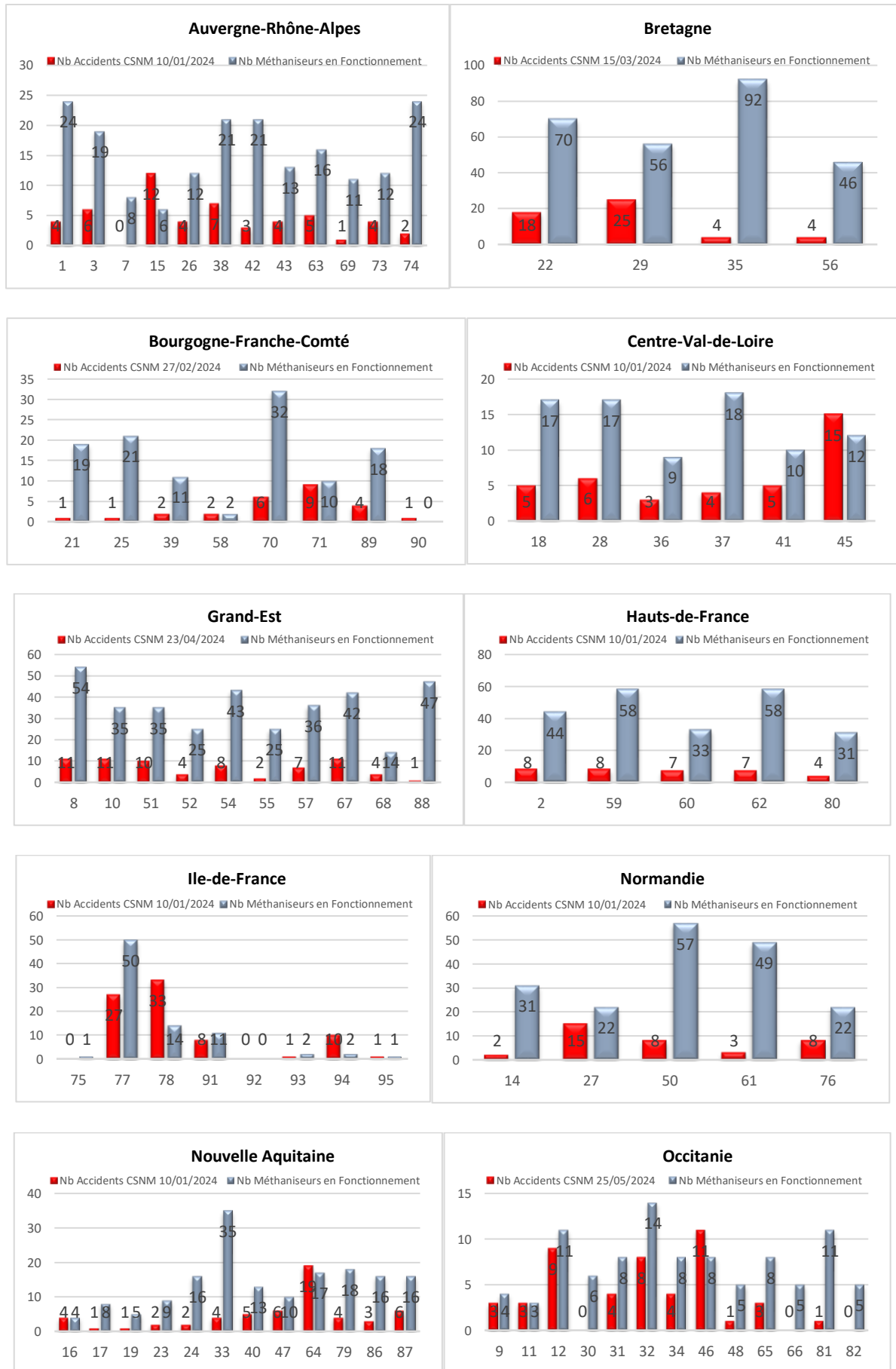


Figure 5 : a) Rapport entre nombre d'accidents et nombre de méthaniseurs en fonctionnement, par type de méthaniseur et b) proportions d'injecteurs et cogénérateurs en services au cours des années.

Toutes les Régions sont accidentogènes en ce qui concerne la méthanisation (**Figure 6b**).



Méthanisation : Observations du CSNM



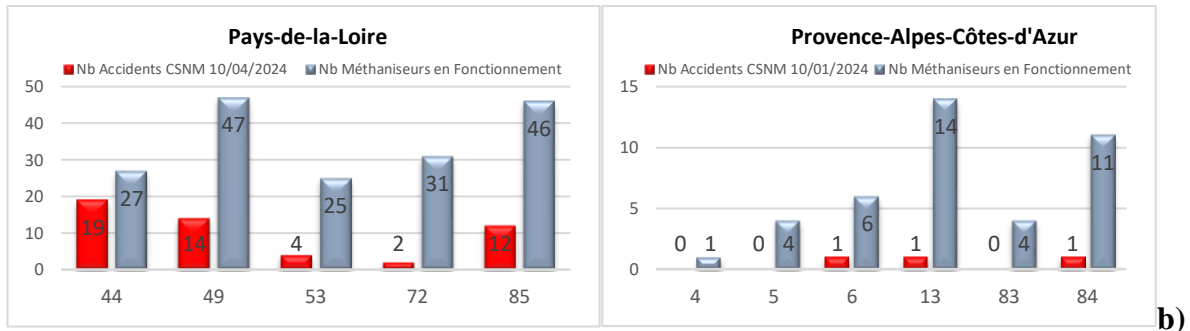


Figure 6 : a) Distributions par types d'accidents et b) répartitions des accidents par régions et départements

Le CSNM, avec l'INRS, considère les gaz émis comme dangereux, sur le court comme sur le long terme. Or il est prouvé que de nombreux gaz toxiques sont émis tout le long de la chaîne de production. Par exemple, NH₃ est émis principalement à partir des zones de stockages d'intrants et de digestats (Awiszus *et al.* 2018, Bell *et al.* 2016), avec ses effets sur l'environnement et la végétation (Krupa 2003), mais de nombreuses autres émissions peuvent s'avérer toxiques (Werkneh 2022).

L'Etat et les industriels se rendront responsables des effets sanitaires créés sur la population, le premier s'il accepte les constructions de méthaniseurs et les derniers s'ils les construisent et les font fonctionner.

15- Cessations d'activités et Démantèlement

Comme toute activité industrielle, la prise en compte du démantèlement des usines après usage doit être assumée par la structure industrielle. Sur 18 cessations d'activités décelées (Figure 7), on remarque que i) le pourcentage d'injecteurs est bien supérieur à leur représentativité numérique et ii) les structures agricoles sont les plus nombreuses à arrêter leurs activités. Ces deux voies de méthanisation (injection et agricole) ne sont donc pas les plus pérennes.

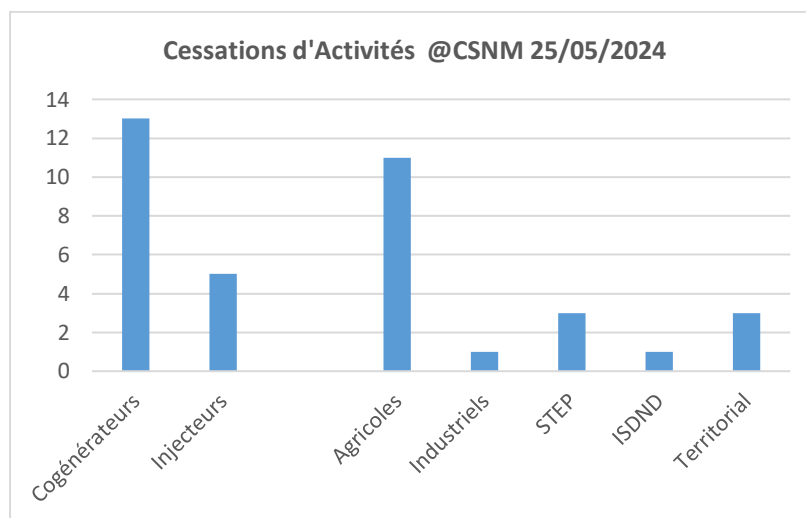


Figure 7 : Répartition des méthaniseurs ayant cessé leur activité par type de méthaniseur et type de gestion

Nous pouvons nous étonner que les territoires investissent de très grosses sommes dans ce type d'activités sans pouvoir stabiliser la situation (La Presse de la Manche 2023-10-22).

Notons également que dans les pays ayant développé des méthaniseurs domestiques (donc de très petits volumes), l'abandon de leur utilisation est également fréquente (Hewitt *et al.* 2022, Lwiza *et al.* 2017, Paramonova *et al.* 2023, Xie M. *et al.* 2022).

16- Incidences sur la Santé Environnementale

Les incidences sur la santé environnementale (englobant la santé humaine, les dégâts environnementaux, la biodiversité ...) simultanées et postérieures à l'exploitation doivent être compensées et assumées par la structure industrielle. Notons des toxicités élevées des substances listées ci-après.

a) Contaminants et Composés Organiques Volatiles

Les digestats liquides et solides contiennent des contaminants organiques et des composés organiques volatiles à risques environnementaux dont les teneurs et compositions varient avec les intrants (Ali *et al.* 2019, Barcauskaitė 2019, Golovko *et al.* 2022, Kuo *et al.* 2017, Molino *et al.* 2022, O'Connor *et al.* 2022, Rivera-Montenegro *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Werkneh 2022, Zhang *et al.* 2019) : pesticides, PCBs, PAHs, PFAS. Parmi ces derniers, on retrouve à des concentrations bien supérieures à des traces, également selon les intrants, carcinogènes, perturbateurs endocriniens, immuno-suppresseurs, perturbateurs de reproduction, neurotoxiques, mutagènes, tératogènes, perturbateurs thyroïdiens, dérégulateurs insulinaires : Anthracène, Benzène, Benzènes aromatiques, Bromopropylate, Chlorpyrifos, DDT, Dioxines, Endosulfan, Ethion, Fluoranthène, Furanes, Phenanthrène, Propène, Pyrène, Siloxanes, Méthyl-solixanes, Tetradifon, Terpènes, Toluène, Vinclozoline, ...

Des concentrations dans des sols suisse épandus de digestats montrent des teneurs en PCB et PAH supérieures à celles obtenues par épandages de composts (Brändli *et al.* 2007), et aucun abattement significatif comparé aux composts pour les phtalates, dioxines, furanes, pesticides, fongicides, herbicides ... (Brändli *et al.* 2007a).

Des COVs sont également émis par les moteurs des cogénérateurs, et peuvent dépasser les seuils admissibles (Kuo *et al.* 2017).

b) Phytosanitaires

Des désherbants (diuron par exemple), pesticides et fongicides sont régulièrement observés (Golovko *et al.* 2022, Li C. *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022).

c) Métaux lourds

La concentration en métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) des digestats remet en question la soutenabilité du procédé (Asp *et al.* 2022, Bonetta *et al.* 2014, Cucina *et al.* 2021, Golovko *et al.* 2022, Gustafsson *et al.* 2024, Le Pera *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2018, Li C. *et al.* 2022, Morey *et al.* 2023, Nkoa 2014, O'Connor *et al.* 2022, Pivato *et al.* 2016, Sailer *et al.* 2022, Salomon *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Tshikalange *et al.* 2022, Wolak *et al.* 2023, Zheng *et al.* 2022), les sols épandus pouvant dépasser largement les seuils admissibles (Bian *et al.* 2015, Li Y. *et al.* 2018, Zheng *et al.* 2022) à force

d'accumulations successives. La teneur des digestats en la plupart des métaux lourds dépasse les seuils, et certains digestats pourtant agricoles présentent également du chrome hexavalent et de l'arsenic pentavalent hors norme ! (Pivato *et al.* 2016, Zheng *et al.* 2022).

En conséquences, la teneur en métaux lourds dans les végétaux alimentaires peut dépasser les seuils admissibles, en Zn dans les laitues Maravilla (Morey *et al.* 2023), et notamment en Cd et Pb pour le maïs grains (Przygocka-Cyna *et al.* 2018, Przygocka-Cyna *et al.* 2020) et Cd, Sb et Sr pour certains champignons de culture comme *Pleurotus djamor* (Jasinska *et al.* 2022).

d) Persistence de pathogènes dangereux

Les digestats non pasteurisés ne montrent pas un abattement plus prononcé de pathogènes sévères (Coliformes, Helminthes, novovirus, parvovirus porcin, *Salmonella* (*enterica* et *senftenberg*), *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium* (*botulinum*, *difficile*, *perfringens*), *Cryptosporidium parvum*, *Mycobacterium sp.*) plus que l'utilisation d'effluents simples, montrent des effets phytotoxiques, et présentent donc un risque environnemental et de santé (Bonetta *et al.* 2014, Chioti *et al.* 2023, Garbini *et al.* 2022, Liu *et al.* 2024). Les digestats doivent donc être post-traités pour ne pas représenter un risque important pour la santé et dans les sols (Chioti *et al.* 2023, Cucina *et al.* 2021, Le Maréchal *et al.* 2019, Owamah *et al.* 2014, Russell *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022).

Les digestats pasteurisés présentent un risque principalement à cause des espèces pathogènes suivantes, qu'il convient de surveiller aux épandages (Nag *et al.* 2020, Nag *et al.* 2021) : *Cryptosporidium parvum*, *Salmonella spp.*, *norovirus*, *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium spp.*, *Salmonella typhi* (et *S. paratyphi*), *Clostridium spp.*, *Listeria monocytogenes* et *Campylobacter coli*.

Plus de 30 espèces de bactéries résistantes aux antibiotiques ont été détectées dans les digestats après aérobiose (conditions d'épandages). Les boues de STEP traitées par méthanisation montrent des populations accrues de gènes de bactéries antibiorésistantes comparé à des boues non méthanisées, et ce même avec un traitement hydrothermal à des températures de l'ordre de 140°C (Haffiez *et al.* 2022). Il y a donc un risque élevé de propagation de nombreuses espèces de bactéries antibio-résistantes, notamment de *Bacillus cereus* et de *Clostridium sp.* (Garbini *et al.* 2022, Golovko *et al.* 2022, Nesse *et al.* 2022, Sun *et al.* 2020). A tel point qu'il devient nécessaire de tenter de diminuer les concentrations de gènes résistants aux antibiotiques (Nnorom *et al.* 2023).

Dans les digestats de boues de STEP, les bactéries des ordres Clostridiales et Bacteriodales et du phylum synergistetes ont tendance à proliférer (Tsapekos *et al.* 2022).

e) Nano-, Micro- et Macro-plastiques

Les digestats les plus sujets à contenir des plastiques (Acrylique, Polyamide, Polychlorure de Vinyl, Polyesther, Polyéthylène, Polyéthylène Téréphtalate, Polypropylène, Polystyrène, Polyuréthane, PBAT, PLA ...) sont ceux provenant d'intrants déchets ménagers (Zielinska *et al.* 2024), en raison d'un tri amont souvent insuffisant, et des STEP (Tang 2024). L'utilisation de ce type d'intrants doit donc absolument être assortie d'un second tri contrôlé avant incorporation dans les réacteurs de méthanisation.

La présence de macro-plastiques dans les champs épandus de certains digestats est manifeste dès lors qu'il est impossible de vérifier les tonnages d'intrants avec suffisamment de précision, et que les plastiques ne sont que peu décomposés par méthanisation. Il résulte du procédé, également, des nano- et des micro-plastiques invisibles à l'œil nu (Gao *et al.* 2024, Keller *et al.* 2020, O'Connor *et al.* 2022, Steiner *et al.* 2024, Weithmann *et al.* 2018), les traitements tels que la séparation de phase n'agissant que sur la répartition des plastiques entre les différents digestats, seul un tri à la source étant efficace pour en diminuer la présence (Yang *et al.* 2022). En conditions thermophiles, certaines bactéries comme *Brevundimonas* et *Sphingobacterium* dégradent certains macro-plastiques (le PLA et le PBAT par exemple). Il résulte des micro- ou nano-plastiques dont les effets sur les sols sont encore plus risqués (Peng Wang *et al.* 2022). Il est relevé en Suisse que 70 t/an de plastiques sont déversés dans les sols par méthanisation (Bowman *et al.* 2022).

Remarquons que la digestion anaérobie s'opère à une température moins élevée que le compostage, et sans effets d'irradiation UV, ce qui participe d'une moins bonne dégradation des plastiques en méthanisation qu'en compostage (Weithmann *et al.* 2018).

f) Traces médicamenteuses

On retrouve des molécules résiduelles médicamenteuses dans les digestats, antibiotiques, stéroïdes, corticoïdes : amoxiciline, ciprofloxacine, fludioxonil, ibuprofène, ipronidazole, nicotine, penicilline G, prednisolone, pyridoxine, phenazone, tetracycline, théobromine, triclocarban, triclosan ... (Cui *et al.* 2022, Golovko *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2018, Li C. *et al.* 2022, Nesse *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Zielinska *et al.* 2024). Ces présences médicamenteuses ont tendance à développer une faune bactérienne résistante aux antibiotiques, notamment à l'amoxicilline et à la pénicilline G (Nesse *et al.* 2022). Les sterols et stéroïdes ne sont pas décomposés par la méthanisation (Weckerle *et al.* 2022).

e) Risques élevés de propagations

Le risque est élevé de contamination des sols en métaux lourds et en gènes résistants aux antimicrobiens et aux antibiotiques, par épandage de digestats. En effet, la forte concentration des digestats en éléments génétiques mobiles fait craindre une dissémination de gènes résistants aux antibiotiques (Wolak *et al.* 2023). D'autre part, la présence de microplastiques augmente la fréquence des gènes antibiorésistants en méthanisation (Xiang *et al.* 2024).

L'agitation est reconnue pour augmenter la diversité bactérienne (Liu *et al.* 2024). Comme la filière méthanisation mise principalement sur la voie infiniment mélangée, nous pouvons donc craindre un renfort de la propagation microbienne.

2- Neutralité carbone

L'hypothèse de "neutralité carbone" de la méthanisation est considérée comme valide a priori dans tous les calculs des organismes et entreprises voulant démontrer l'effet bénéfique de la méthanisation. Cette hypothèse, utilisée en fait pour valider une « neutralité GES », est fautive à moins de remettre en question les travaux du GIEC, dont le dernier rapport est pour le moins alarmant en ce qui concerne CH₄ et CO₂. Mme Valérie Masson-Delmotte, co-présidente du groupe 1 du GIEC, est très claire sur ce constat :

- <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AJtXTMitzIFm8c&cid=0FB6E53A7F4B61E7&id=FB6E53A7F4B61E7%2128062&parId=FB6E53A7F4B61E7%2126770&o=OneUp>
- <https://youtu.be/oTwvM0jCJ6A> .

L'exemple du bois est à ce titre très évocateur (Techniques de l'Ingénieur 2012) et la méthanisation ne déroge pas à ce constat, comme toute utilisation massive de biomasse à des fins énergétiques. C'est aussi le constat de l'Académie des Science Allemande Leopoldina (2012). Même les mix énergétiques très carbonés de l'Allemagne d'il y a dix ans et de l'Italie ne permettent pas de trancher en faveur de la méthanisation d'un point de vue GES (Fusi *et al.* 2016, Meyer-Aurich *et al.* 2012, Meyer-Aurich *et al.* 2016).

La « neutralité carbone » est prise comme prétexte pour ne pas comptabiliser la combustion de CH₄ (qui donne CO₂) dans le bilan GES. Mais on comprend bien que si cette combustion a lieu en continu, alors CO₂ est en permanence dans l'atmosphère où il force les radiations terrestres. **« Neutralité carbone » ne veut pas dire « neutralité climatique »**. Il faut comptabiliser la combustion du méthane.

Cependant, même en ne considérant pas la combustion de CH₄ dans l'analyse du cycle de vie, les résultats sont très contrastés et montrent des gains en GES très éloignés de tout effet significatif (Breunig *et al.* 2019, Le Pera *et al.* 2022, Ravina *et al.* 2015). De plus, aujourd'hui les méthaniseurs créent intentionnellement du méthane, les déchets vrais ne suffisant pas. Ceci les fait entrer en compétition avec d'autres énergies moins émettrices de GES et par conséquent augmente les émissions par rapport à un scénario sans méthanisation (Grubert 2020). Cet effet est bien entendu accentué dès lors que des fuites apparaissent, même faibles (et elles ne le sont pas !), et nous ne pouvons que conclure que la méthanisation augmente les GES considérablement (Grubert 2020). Les fuites ne sont pas prises en compte dans les ACV.

N'oublions pas que **brûler une source de bioénergie, c'est empêcher le stockage du carbone**, directement ou indirectement, localement ou de manière délocalisée comme le montre une étude récente (Searchinger *et al.* 2022).

Rappelons que l'accroissement maximum visé (comparé à l'ère préindustrielle) pour la température moyenne sur le globe est de 1,5°C (accords de Paris, 2015), et que cette température sera dépassée bien avant, probablement 2030 quoi que nous fassions. Selon les scénarii, une fourchette de 1,7 – 2,3°C représente un point de non-retour pour l'élévation du niveau moyen des mers de quelques mètres, qui impactera durablement (des dizaines de milliers d'années) les traits de côtes et les ressources diverses attenantes (Bochow *et al.* 2023). A ce titre, la méthanisation contribuera de manière d'autant plus importante qu'elle délivrera de l'énergie.

3- Balance environnementale, Emissions de GES et Gaz à effets sanitaires

La balance environnementale de la méthanisation en terme d'émission de gaz divers, à effet de serre (GES) tels que CO₂, CH₄ et N₂O ou à effets sanitaires tels que NH₃, H₂S, NO_x, CO, composés organiques volatiles (COV) ..., ne peut pas être positive pour de multiples raisons. L'intensité des émissions de gaz aux épandages de digestats ne sont diminuées que par un facteur 2 en utilisant des systèmes à enfouissement direct à disques, et elles décroissent

moins rapidement dans le temps (Vuolo *et al.* 2023), comparé à un épandage par pulvérisation directe.

31- Gaz à Effet de Serre (GES)

Concernant les émissions de GES, le CSNM et le GREFFE l'ont calculé, les émissions de GES sont plus importantes qu'avec l'utilisation du gaz naturel. Alors que GRDF et ADEME annoncent des émissions (sans calcul détaillé) de 23 à 48 g-eqCO₂/kWh, le CSNM calcule 400 à 700, selon les prises en compte, voire bien plus en incluant les fuites (Jouany 2023). D'autres organismes donnent par exemple 490 (Delaware State News 2022-11-25). Il est impératif de prendre en compte tous les GES, y compris les GES non-CO₂ (Harmsen *et al.* 2023).

Pour une évaluation sérieuse des émissions il faut prendre en compte :

a) les fuites de méthane sur sites et en lignes, avec les PRG corrects des gaz CH₄ et N₂O sur la durée de vie des méthaniseurs qui n'est jamais mentionnée. Nous mesurons 9,4 ans à cessation d'activité, soit un PRG(CH₄) d'au moins 86 (Grubert *et al.* 2019) ! Des estimations de cycles de vie et de rentabilité financière prennent 15 à 30 ans de durée de vie seulement (Guan *et al.* 2023, Nurgaliev *et al.* 2022, Purohit *et al.* 2007, Valenti *et al.* 2016).

Les fuites de méthane sur sites (agricoles, STEP et ISDND, mais aussi microméthaniseurs et méthaniseurs domestiques), à toutes les étapes (stockages d'intrants, digesteurs, épurateurs, stockages de digestats ...), représentent des émissions GES considérables et reconnues (Bakkaloglu *et al.* 2021, Bakkaloglu *et al.* 2022, Baldé *et al.* 2016, Baldé *et al.* 2022, Börjesson *et al.* 2006, Bowman *et al.* 2022, Bühler *et al.* 2022, Burrow 2019, Daniel-Gromke *et al.* 2015, Delre *et al.* 2017, Feng *et al.* 2018, Fleisch *et al.* 2011, Fredenslund *et al.* 2017, Fredenslund *et al.* 2018, Fusi *et al.* 2016, Groth *et al.* 2015, Holmgren *et al.* 2015, Hrad *et al.* 2015, Hrad *et al.* 2021, Hrad *et al.* 2022, Jélilnek *et al.* 2021, Jensen *et al.* 2017, Khalil *et al.* 1990, Khoiyangbam *et al.* 2003, Khoiyangbam *et al.* 2004, Kvist *et al.* 2019, Liebetrau *et al.* 2010, Liebetrau *et al.* 2013, Merico *et al.* 2020, Mønster *et al.* 2015, Mønster *et al.* 2019, Reinelt *et al.* 2016, Reinelt *et al.* 2017, Reinelt *et al.* 2020, Reinelt *et al.* 2022, Samuelsson *et al.* 2018, Schaum *et al.* 2016, Scheutz *et al.* 2019, Tauber *et al.* 2019, Vergote *et al.* 2020, Yoshida *et al.* 2014, Zeng *et al.* 2020).

Le stockage des digestats représente la source la plus importante d'émissions de CH₄, jusqu'à plus de 21% du total produit (Bakkaloglu *et al.* 2022, Börjesson *et al.* 2006, Bowman *et al.* 2022, Daniel-Gromke *et al.* 2015, Liebetrau *et al.* 2013), les stockages à ciel ouvert émettant évidemment plus que les zones couvertes, mais ces dernières restant des émetteurs importants.

La phase de production de biogaz est la seconde plus émettrice, jusqu'à 9,9% (Bakkaloglu *et al.* 2022). Les émissions proviennent des digesteurs, des hygiénisateurs, les valves de pression pouvant représenter 2% (Zeng *et al.* 2022).

Comme troisième source importante d'émissions, la phase d'épuration du biogaz en biométhane peut représenter à elle seule des fuites allant jusqu'à 5,5% du total du CH₄ produit (Bakkaloglu *et al.* 2022, Huerta *et al.* 2023, Kvist *et al.* 2019), à cause des valves de sécurité, des systèmes de ventilation et aération, pompes, membranes, produits d'addition et réactifs, pressurisation ... Or la réglementation ICPE impose en principe que cette phase d'épuration du biogaz et de purification de CO₂ ne dépasse pas 1% (Cultivar 2023-10-13). Le non-dépassement de ce seuil devrait être vérifié en continu.

La phase de stockage d'intrants lisiers-fumiers peut représenter de 1 à 48% de pertes de méthane ! (Feng *et al.* 2018). Cependant les plus fortes pertes de CH₄ sont observées sur des

méthaniseurs domestiques, non représentatifs de la moyenne des méthaniseurs français. Une valeur maximale de 3,1% du total produit découle d'analyses plus appropriée (Bakkaloglu *et al.* 2022). Signalons que les zones de stockages sont le siège de fermentations anaérobies allant jusqu'à l'auto-inflammation et le déclenchement d'incendies (L'Aisne Nouvelle 2022-12-22 par exemple).

Les fuites en lignes de distribution, les cultures, les manipulations de digestats et d'intrants, les phases de post-compostage, d'épandages, d'assèchement, de centrifugations, de cogénération sont quasi-absentes des bilans GES (Bakkaloglu *et al.* 2022, Ravina *et al.* 2015).

85% des méthaniseurs fuient (Burrow 2019), avec une moyenne de $4,8 \pm 0,6\%$ du total produit (établie sur 78 sites mesurés, **Figure 8**). Ce qui pour la France représente aujourd'hui une émission équivalente de plus de 8 Mt de CO₂ chaque année. Il est donc absolument nécessaire de contrôler périodiquement les émissions de CH₄ et de prendre des mesures correctives efficaces (Bakkaloglu *et al.* 2022, Hijazi *et al.* 2016).

Générer ces fuites de méthane, c'est comme ramener autant de méthane fossile à l'air libre !

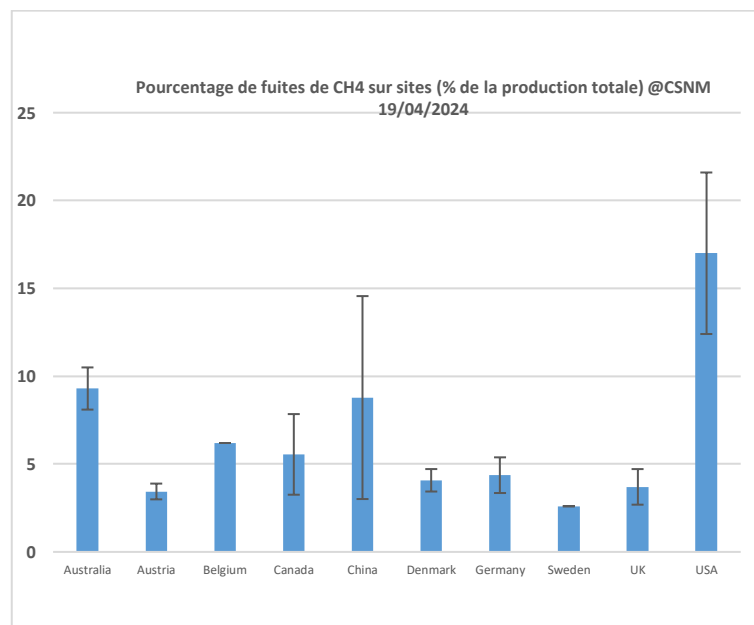


Figure 8 : Taux de fuites moyen rapporté à la production totale de CH₄ par pays. Mesures provenant de la littérature scientifique, effectuées par différentes méthodes.

Bien évidemment (**Figure 9**) les méthaniseurs français sont également sujets à fuites de méthane, de la conception à l'exploitation en passant par les phases de maintenance (Actu Environnement 2023-07-11). Les émissions de méthane sur les zones d'intrants sont conséquentes et visibles très clairement par satellite (Food & Water Watch 2024-02-01).

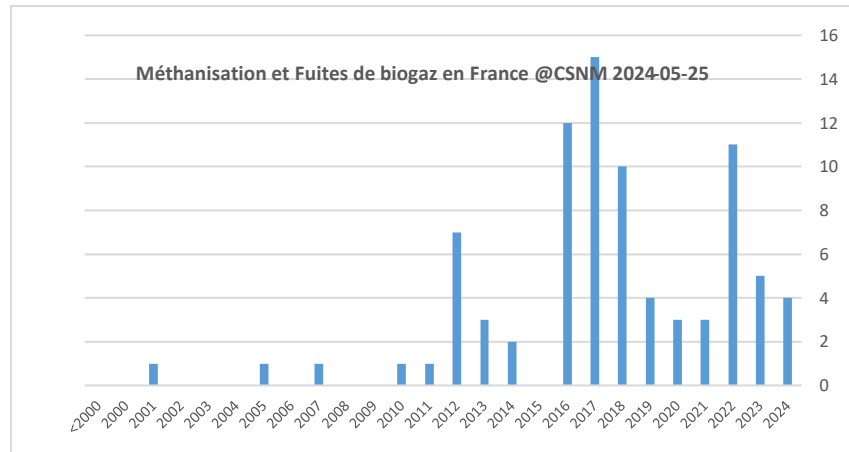


Figure 9 : Fuites de biogaz relatives en France par année

b) les émissions aux épandages. Ces émissions sont souvent oubliées (Cuéllar *et al.* 2018, Fantin *et al.* 2015), et sont pourtant avérées à tel point que des programmes de recherche tentent de les inhiber par des traitements auxiliaires (Kesenheimer *et al.* 2021) ou d'extraire NH_3 du digestat (Riaño *et al.* 2021, Rivera *et al.* 2022), le tout au détriment de l'efficacité globale du procédé. Selon les sols et les conditions hydriques, le fumier épandu émet moins de CO_2 qu'un digestat solide (Piccoli *et al.* 2022), et un fertilisant classique minéral montre des émissions de N_2O plus faibles qu'un digestat solide (Petrova *et al.* 2021). Certains envisagent l'utilisation de bactéries réductrices de N_2O pour éviter une partie de la dénitrification et des émissions GES (Wang X. *et al.* 2023). Lorsque des émissions plus faibles de CH_4 aux épandages sont associées à l'utilisation de digestat, l'effet est simplement dû au faible taux de carbone dans ce dernier (Vu *et al.* 2015, Weldon *et al.* 2022).

Les digestats liquides étant très évaporables et très lixiviables, leurs émissions de N_2O dépendent beaucoup de l'humidité des sols et de leur alcalinité. Pour différents types de sols, les émissions de N_2O et CO_2 sont jusqu'à plusieurs fois plus fortes par utilisation de digestat solide que par simple utilisation d'urée (Li H. *et al.* 2023), ou fumiers (Pastorelli *et al.* 2024).

Les épandages sur disques rotatifs doivent être absolument proscrits (Czubaszek *et al.* 2018).

La séparation de phase du digestat, pour être favorable d'un point de vue émissions GES comparée à un épandage brut, doit être opérée en utilisant une énergie renouvelable (O'Shea *et al.* 2022).

c) Les émissions dues à la purification du biogaz en biométhane et l'injection de ce dernier avec sa phase de pressurisation. La purification du biogaz nécessite de retirer CO_2 , H_2S et divers autres composés comme les siloxanes. Retirer CO_2 du biogaz veut dire émettre CO_2 dans l'atmosphère ! Mais la purification nécessite aussi l'émission de CO_2 de façon directe ou indirecte, puisqu'il est nécessaire de consommer d'autres produits et d'utiliser des procédés ad-hoc : pile à combustibles à oxydes solides (SOFC, Molino *et al.* 2022), absorption chimique sur amines (MEA ou MDEA, Bas *et al.* 2022) ... qui évidemment abaissent aussi l'efficacité globale du procédé en termes de réductions de GES et de coût (Ormer *et al.* 2022).

Parmi ces émissions il faut aussi comptabiliser les rejets dus aux torchages de biogaz, soit pendant la phase de mise en route (jusqu'à quelques mois), soit pendant la phase d'exploitation à cause de défaillances techniques. Ces émissions ne sont pas prises en compte dans les bilans atmosphériques, pourtant les torchages sont très fréquents (**Figure 6a**, RI 2022-03-17).

d) la faim en carbone des sols et les effets de changement d'affectation des terres, directs et indirects (DLUC et ILUC resp.). Lorsque les effets directs seuls sont pris en compte, il devient clair que la méthanisation des cultures énergétiques, même les plus méthanogènes, émet plus de GES que les simples coupes de prairies naturelles (Meyer-Aurich *et al.* 2016). Pour la seule implantation de l'usine, nous estimons à 23,3 m²/kW installé la surface nécessaire pour une puissance nominale installée de 1 kW électrique, en accord avec celui estimé sur le territoire italien (Ferrari *et al.* 2021). On peut facilement imaginer ce qu'il advient en prenant en compte les effets indirects, la balance GES devient vite négative (Tamburini *et al.* 2020). D'autre part, les digestats sont plus minéralisés (donc émettent plus de CO₂) que les sols naturels (Häfner *et al.* 2022).

e) les étapes de cultures énergétiques en incluant tous les trajets et stockages. On remarque par exemple que certaines cultures traversent les frontières pour alimenter les méthaniseurs (Tamburini *et al.* 2020). Ces cultures sont en grande partie responsables des GES de la filière et de son mauvais rendement climatique (Fantin *et al.* 2015).

Générer des cultures à méthaniser, c'est générer du méthane supplémentaire dans l'atmosphère (stockages, fuites) qui n'existait pas auparavant, comme avec du méthane fossile !

Ainsi, sans tenir compte de la durée de vie du méthaniseur (en prenant un PRG du méthane sur 100 ans au lieu de la durée de vie réelle), sans tenir compte de la combustion du biogaz et/ou biométhane, et sans tenir compte des facteurs négligés cités ci-dessus, la balance GES de la méthanisation est déjà supérieure à celle du gaz naturel (Bakkaloglu *et al.* 2022) et, toujours dans ces mêmes conditions, le gain par rapport à l'utilisation de véhicules fuel est extrêmement faible, de l'ordre de 0,18 g eq-CO₂/kWh (Sanchez-Martin *et al.* 2022).

f) les phases de compostage de digestat lorsque ce dernier est composté après digestion anaérobie. En effet, il est démontré que le compostage de digestats de biodéchets émet plus de CH₄ et de N₂O que le compostage des mêmes biodéchets bruts (Dietrich *et al.* 2021, Orner *et al.* 2022).

g) les différentes additions comme le biochar doivent également être prises en compte. La production du biochar elle-même implique des émissions de GES conséquentes, et l'épandage de biochar contribue à augmenter les émissions de CO₂ et N₂O (Pastorelli *et al.* 2024), selon les sols.

32- Gaz à Effet Sanitaires

Concernant les émissions de gaz à effets sanitaires (NH₃ créant particules fines, COV, cancérigènes, CO, NO_x, SO₂ ...):

De nombreuses études scientifiques existent sur les émissions de ce type de gaz, à des distances variables du site de production et des sites d'épandages. Il est absolument nécessaire de couvrir les zones de stockages d'intrants et de digestats (Daniel-Gromke *et al.* 2015, Börjesson *et al.* 2006, Fantin *et al.*, Hijazi *et al.* 2016, Li Y. *et al.* 2018, Maldaner *et al.* 2018, Paolini *et al.* 2018, Perazzolo *et al.* 2016, Reinelt *et al.* 2017, Whelan *et al.* 2010).

Les lagunes de digestat non couvertes émettent du méthane (GES) de 1 à 9 g CH₄/m³/jour, et de l'ammoniac (NH₃), précurseur de particules fines, à raison de plus de 5 g/m²/semaine. Selon les conditions de température, les pertes de NH₃ peuvent s'étendre de 10 à 45% de l'azote total des digestats en à peine un mois (Perazzolo *et al.* 2016, Salomon *et al.* 2022). Cette clause de couverture n'a pas été incluse lors de la révision des décrets AMPG 2781, alors que le CSNM et le CNVMch le demandaient.

L'épandage de digestat, même avec un système de pendillard, émet jusqu'à 12% de NH₃ (Finzi *et al.* 2019).

La filtration des digestats est également source d'émissions de NH₃, 0,3% en moyenne (Ricco *et al.* 2021).

Pas moins de 49 COV différents sont détectés dans les émanations de digestats (**Figure 10**) (Zhang *et al.* 2019). Les émissions sur sites montrent la présence de COV dangereux tels que terpènes, cétones, toluène, siloxanes ... (Gomez *et al.* 2016, Molino *et al.* 2022, O'Connor *et al.* 2022).

Des COVs et du CO sont également détectés au-dessus des seuils admissibles à la combustion en cogénération (Kuo *et al.* 2017).

Certaines voies de pastillage-séchage de digestat à des fins de réduction de volume pour transport, entraînent jusqu'à 95% de volatilisation de NH₃ ! (Szymanska *et al.* 2022).

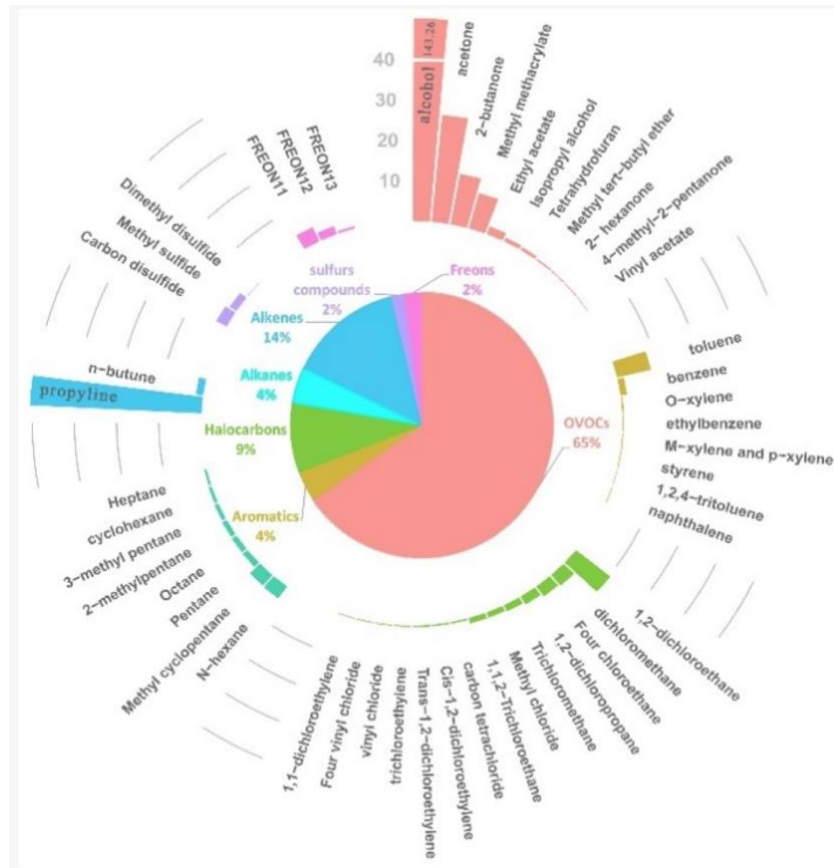


Figure 10 : Composés volatils émis par les méthaniseurs (D'après Zhang *et al.* 2019)

4- Carbone Organique des Sols, amendement

41- COS et méthanisation

Le bénéfice carbone pour les sols et leur équilibre grâce à la méthanisation est une affirmation qui ne peut être que fautive puisque le carbone y est en circuit extrêmement court à cause de la méthanisation.

En termes de COS et bilans humiques les sols épandus de digestats solides et liquides ne montrent que peu de différence par rapport à des sols non fertilisés par digestats sur deux années (Slepetiene *et al.* 2022, Slepetiene *et al.* 2022a). Alors qu'un compost permet de mobiliser plus de 90% de son carbone organique pour les sols, les digestats n'offrent que 50 à 80% (Reuland *et al.* 2022). La proportion de chaînes carbonées stables restant dans le sol à long terme est inférieure après méthanisation ou digestion naturelle (environ 14% de baisse) comparée au retour simple de la biomasse au sol (Thomsen *et al.* 2013). Il est par conséquent nécessaire de post-traiter les digestats pour leur conférer un caractère d'amendement suffisant (Li Y. *et al.* 2022, Manu *et al.* 2022, Zhang *et al.* 2022).

L'apport de digestat tend à diminuer le rapport C/N du sol épandu comparé au sol sans épandage (Brtnicky *et al.* 2022). Il est démontré que le digestat d'effluents bovins ne peut pas être considéré comme un amendement (Vitti *et al.* 2021, Vu *et al.* 2015). Les fumiers entraînent à court terme (un à deux ans) un amendement plus important que les digestats liquides et solides

jusqu'à 10 cm de sol arable (Piccoli *et al.* 2022, Thomsen *et al.* 2013). L'utilisation de digestat solide pour des croissances en pots de basilic sont plus que mitigés (Asp *et al.* 2022). Pour la même quantité d'intrants initiale, des modélisations montrent que l'apport de digestat au sol incorpore moins de C labile et moins de C stable jusqu'à 100 ans, que l'incorporation au sol direct de fumier de bovins et paille de blé (Tampio *et al.* 2024). Ceci ne peut qu'occasionner un appauvrissement des sols progressif.

Comme le démontre le programme Ad'Métha (2020-2023), l'utilisation de CIPAN au lieu de CIVE permet d'obtenir plus de carbone dans les sols, et moins de stress hydrique (Terre-Net 2023-10-24).

La respiration biologique des sols épandus (un paramètre mesurant l'activité des microorganismes du sol) est inférieure à celle des sols non épandus (Brtnicky *et al.* 2022). Cette diminution peut être associée à une baisse de la diversité microbienne du digestat, environ deux fois plus faible que celle du digestat composté (Mang *et al.* 2022). Le stress induit par le manque de carbone labile sur la sphère microbienne met en compétition cette dernière avec la macrofaune telle que les vers de terre (Ernst *et al.* 2008).

Les risques environnementaux et la toxicité des digestats pour les sols sont élevés (Bian *et al.* 2015, Nkoa 2014, Tigini *et al.* 2016).

42- Le biochar un bienfait pour le COS ?

Ah le biochar ! De nombreuses équipes scientifiques travaillent sur cette voie (paragraphe sur les dérives). Puisque certains imaginent pyrolyser le digestat, pour récupérer les cendres et les mettre dans les sols ou les combiner à d'autres digestats avant de les retourner au sol pour les amender, arrêtons-nous deux minutes sur le biochar.

La pyrolyse nécessite de hautes températures en atmosphère contrôlée (sans trop d'oxygène sinon on brûle tout et le résultat est qu'il ne reste rien): l'énergie consommée pour chauffer et les émissions doivent être prises en compte dans le bilan global.

La fabrication du biochar consiste donc à pyrolyser de la biomasse (biochar = charbon de végétaux), c'est à dire à faire du charbon tout court, pas plus bio qu'un charbon naturel puisqu'il a été fait de façon synthétique. Tout comme le charbon de bois. Pour pouvoir délivrer un peu d'énergie, en émettant du CO₂, et récupérer les cendres pour les retourner au sol (c'est en fait la seule issue permettant de résorber le stock de ce résidu, donc ça arrange bien l'affaire: même principe que pour le digestat, on a des Mt de résidus).

La filière est bien entendu enveloppée en défendant le caractère amendant du biochar, en prétendant l'amélioration du sol. Rappelons nous que les Mayas et les Incas utilisaient leurs cendres pour les sols bien avant nous. A petite échelle, sans cumuler culture et épandages de cendres au même endroit trop fréquemment: le carbone pur tel que le charbon n'est pas une matière que les plantes vont pouvoir assimiler rapidement, il faut faire travailler quelques microorganismes avant. Ceux-là même qui préféreraient de la biomasse pour vivre, alors qu'on la leur dérober pour la pyrolyser. Ils vont donc mourir.

Les ex brûlis, écobuages et étrépages, présents dans l'antiquité et jusqu'à des périodes récentes partout au monde, faisaient en gros la même chose. Sauf qu'ils étaient pratiqués avec parcimonie pour ne pas détériorer les sols. L'infertilisation des sols était en ces temps là un

paramètre pris vraiment au sérieux, car les sols étaient la seule source d'énergie véritable: manger. Aujourd'hui manger semble être une question détachée de la réalité tellement on n'a plus besoin d'y penser quotidiennement, on achète et on a à manger. Des cerises du Chili, des mangues du Mexique et des bananes des Canaries à la vanille de Madagascar. C'est pourtant la seule réalité qui devrait nous préoccuper, car elle est en instance de disparaître, alors même qu'elle restera toujours l'énergie nécessaire n°1. Le prix du gaz et sa provenance importent peu si on a rien à faire cuire.

Corrolaire: dans toute biomasse il y a C, O, S, N, P, K. En pyrolysant, puis en brûlant, C devient CO₂, S devient SO_x, et N devient NO_x, beaucoup se combinent en COV et particules fines ... espérons que les filtres ad-hoc soient placés aux bons endroits en pyrolyse.

Nous sommes donc bien avec le biochar dans la même idéologie que pour la méthanisation, en pire ! Le méthaniseur laisse en gros 10% de lignine qui retourne au champ. C'est très peu, déjà dramatique, mais mieux que rien. La pyrolyse utilise aussi la lignine. Plus rien ne reste pour les sols donc, qu'un peu de carbone indigeste. Car ne nous y trompons pas, les mêmes acteurs sont derrière.

5- Effet fertilisant des digestats

Il n'est pas juste de présenter les digestats comme de meilleurs engrais, sauf à considérer que l'agrochimie des engrais a menti aux agriculteurs depuis des dizaines d'années en leur vendant des ammonitrates et non pas des ions ammonium (solutions ammoniacales) directement.

D'ailleurs les études à court terme utilisent souvent comme référence celle des engrais « traditionnels » ou « chimiques » et ne montrent pas de différence remarquable quant à la croissance de biomasse (Asp *et al.* 2022, Chatzistathis *et al.* 2022, Piccoli *et al.* 2023, Ran *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022, Tshikalange *et al.* 2022, Vu *et al.* 2015, Zilio *et al.* 2022), voire plutôt en faveur de l'utilisation des ammonitrates, soit avec moins d'azote résiduelle dans le sol (Petraityte *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022) soit avec plus d'azote résiduelle dans le sol (Tsachidou *et al.* 2019). Dans ce dernier cas (moins de croissance de biomasse et moins de N minéral résiduel), le différentiel en N est forcément soit lixivié soit évaporé plus fortement. Les engrais traditionnels augmentent également la biomasse de sorgho (*Sorghum bicolor sudanense*) (Bermejo *et al.* 2010) et de tomate (Barzee *et al.* 2019) sans différence flagrante comparé aux digestats liquide et solide. Les digestats d'aquaculture (de tilapia, *Oreochromis niloticus*) n'ont pas d'effet sur la croissance de tomates (*Solanum lycopersicum*) et d'oignons (*Allium cepa*), contrairement aux engrais NPK (Ndiaye *et al.* 2020).

L'utilisation répétée de digestat sur la culture de maïs montre une décroissance de rendement en maïs grain sur trois ans (Przygocka-Cyna *et al.* 2020), et il en va de même pour l'herbe *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Trifolium repens* et *Trifolium pratense* (Tsachidou *et al.* 2019). L'application d'urée et de DCD entraîne plus d'activité photosynthétique et de prise de biomasse que l'utilisation de digestat sur l'olivier commun (*Olea europaea*) (Chatzistathis *et al.* 2022). Le digestat de fumier équin composté ou non avec de la paille de blé diminue le rendement en champignons (*Agaricus bisporus* et autres espèces *Agaricus*) (Savoie *et al.* 2011). Le compostage de digestat liquide et de pailles de céréales a un effet négatif sur la croissance du noisetier et mitigé sur l'olivier (Calisti *et al.* 2023). Un taux d'à peine 0,1% N a un effet

inhibiteur sur la croissance du bouleau (*Betula pendula*) et son taux de survie (Malabad *et al.* 2022). Comparé à un substrat traditionnel, l'addition de 15% de digestat solide n'a aucun effet significatif sur la croissance des pleurotes (*Pleurotus ostreatus*) alors même que la teneur en N, P et K du digestat est très supérieure ! (Zuffi *et al.* 2023). L'application de lisiers de porcs, de litières de volailles ou de fumiers de vache permet un meilleur développement massif des laitues (*Lactuca sativa*) que l'application de leurs digestats (Iocoli *et al.* 2019).

Comparé à aucune fertilisation, l'ajout de digestat liquide n'entraîne pas de croissance particulièrement plus forte des feuilles, des plants et des fruits chez le concombre (*Cucumis sativus*) (Calik *et al.* 2024).

6- Pollutions aquatiques

L'impact de l'utilisation de CIVEs et autres cultures dédiées à la méthanisation sur les ressources en eau, la biodiversité et l'environnement n'est pas évalué. Or les pollutions aquatiques dues à la méthanisation ne cessent d'augmenter à cause des fuites diverses, des ruissellements dus aux zones de stockages d'intrants, et des épandages (**Figure 11**). Le déversement de digestat dans les eaux douces modifie le pH, la conductivité électrique, la concentration en ions ammonium, le potentiel redox et surtout la communauté microbienne des eaux (Studer *et al.* 2017) pendant quelques jours même avec des digestats issus de méthanisation de cultures. La plupart du temps ces pollutions sont accompagnées de mortalités importantes de poissons et autres espèces, s'étendant sur des kilomètres.

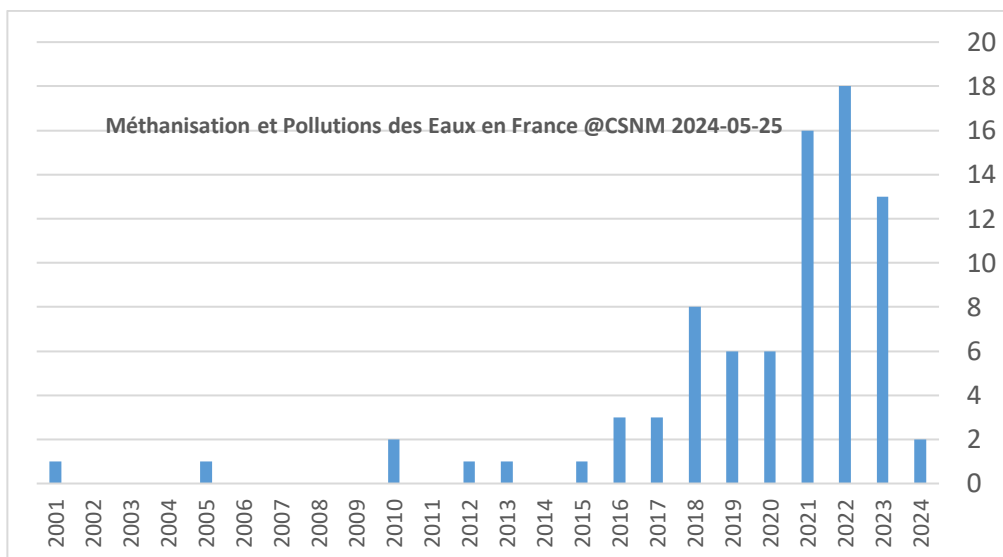


Figure 11 : Nombre de pollutions aquatiques dues à la méthanisation en fonction des années. Les chiffres ne sont pas définitifs pour les deux dernières années.

Quelques références de pollutions aquatiques en France (AP 2023-06-08, AP 2023-03-22, AP 2023/ICPE/159, AP 2022-DCL-BENV-547, AP 2021-05-17, France3 Normandie 2024-03-01, France Bleu 2023-07-25, L'Ardennais 2022-08-23, L'Eveil 2021-04-27, La Gazette du 50, du 35 et du 53 2022-07-25, L'Est Républicain 2023-10-18, L'Est Républicain 2022-01-02, L'Est Républicain 2022-06-02, L'Est Républicain 2020-11-23, La Nouvelle République 2024-01-28, La Nouvelle République 2021-12-28, Le Courrier Indépendant 2023-

03-14, Le Journal du Pays Yonnais 2021-07-30, Le Progrès 2022-06-08, Le Républicain Lorrain 2022-03-26, Le Républicain Lorrain 2023-11-03, Le Télégramme 2021-07-18, Le Télégramme 2021-12-27, Le Télégramme 2023-02-15, Le Télégramme 2023-02-16, Ouest-France 2020-08-26, Ouest-France 2021-12-20, Ouest-France 2023-01-16, Ouest-France 2023-02-22, RI 2023-01-25, Sentinelles de la Nature 2023-01-11, Sud-Ouest 2021-03-17, Voix du Jura 2022-05-27).

7- Concurrences à la surface

Quelle que soit la Région métropolitaine, la concurrence à la surface est un fait (Actu Environnement 2022-09-12, Cultivar 2022-09-09, Environnement Magazine 2023-11-22, L'Usine Nouvelle 2023-01-15, La France Agricole 2022-09-09, Réussir 2022-07-18, Réussir 2022-09-02).

Quel que soit le projet de méthanisation, il n'y a aucune garantie formalisée de non-accapement des terres au détriment des cultures vivrières et de l'élevage, de non-intensification de méthanisation (donc de cultures dédiées), ni de non-incorporation d'intrants moins contrôlés dans le futur. L'accapement se fait au détriment des agriculteurs et éleveurs et au profit des multinationales du gaz (Le Journal de Haute-Marne 2024-04-16, Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24, Ouest-France 2023-03-09, Reporterre 2022-09-14 Républicain Lorrain 2021-08-31).

Accapement de la biomasse :

- Le fourrage, les pulpes de betteraves, l'herbe pour les bêtes, la paille, les écarts de triages de céréales, les coproduits de l'IAA, commencent à manquer aux éleveurs, bergers et haras, surtout en période de sécheresse (Courrier Picard 2023-02-01, France 3 2020-07-16, Grands Troupeaux 2020-11-14, L'Est Eclair 2023-07-03, L'Est Républicain 2020-11-26, La Dépêche 2021-03-10, La France Agricole 2022-08-25, La Voix du Nord 2024-03-04, La Voix du Nord 2022-12-06, La Voix Le Bocage 2023-09-29, Le Journal de Haute-Marne 2024-04-16, Le Parisien 2023-06-27, Le Républicain Lorrain 2023-01-24, Le Télégramme 2022-08-09, Mediapart 2022-09-15, Ouest-France 2021-05-05, Ouest-France 2022-08-09, Réussir 2023-04-19, Réussir 2022-07-18, Réussir 2022-09-02, Web-Agri 2023-03-15)
- Les méthaniseurs limitrophes cherchent des « déchets » en France (Grands Troupeaux 2020-11-14, L'Ardennais 2020-10-07, La Montagne 2022-02-21, La Voix du Nord 2022-12-06, La Voix du Nord 2019-06-14)
- Certains méthaniseurs vont chercher de la paille à des centaines de km (Sud-Ouest 2022-02-02)
- Les quantités projetées d'intrants ne sont pas réalisables, entraînant des problèmes de rentabilité financière (Le Dauphiné Libéré 2022-07-28)
- Ces concurrences sont prédites également par FranceAgriMer et limiteront forcément le développement de la méthanisation, sauf à aller chercher des ressources alimentaires hors de France, ce qui est une ineptie environnementale (Clés de la Transition 2022-11-01).
- Devant tous les usages prévus de la biomasse, la méthanisation entrera en concurrence avec les autres filières (L'Usine Nouvelle 2023-10-17).

Concurrence financière :

La rentabilité subventionnée d'un méthaniseur étant meilleure et mieux garantie que celle d'un élevage ou d'une culture sur le court terme, les compétitions financières sont là (Courrier Picard 2023-02-01, Grands Troupeaux 2020-11-14, La Montagne 2022-02-21, Mediapart 2022-09-15) :

- avec une hausse sur le foncier pour les primo-accédant à l'agriculture, qui entrent en compétition directe avec la méthanisation (Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24, Ouest-France 2021-11-30, Ouest-France 2022-08-09, Réussir 2022-09-02).
- entraînant une hausse des prix (fourrage, paille, pulpes de betteraves, luzerne, déchets de l'IAA, co-produits (drèches, fanes)...) (France 3 2020-07-16, L'Usine Nouvelle 2022-10-24,

Le Républicain Lorrain 2023-01-24, Ouest-France 2021-05-05, Ouest-France 2021-11-30, Ouest-France 2022-08-09, Réussir 2020-10-18, Réussir 2022-07-18). Le prix de la luzerne va jusqu'à doubler dans le département de l'Orne (QP 2023-09-07).

- promouvant une meilleure rentabilité du gaz que de la viande ou que du lait (Réussir 2022-09-02).
- impactant jusqu'aux coopératives productrices d'aliments pour animaux et produits pharmaceutiques (L'Est Eclair 2023-07-03).
- les méthaniseurs proposent d'acheter le maïs aux agriculteurs, plus cher que le cours normal (Environnement Magazine 2023-11-22).
- entraînant une monétarisation des intrants, ces derniers auparavant gratuits (certaines IAA payaient les méthaniseurs pour s'en débarrasser) deviennent de plus en plus chers et diminuent d'autant la rentabilité de la méthanisation (Pleinchamp 2024-04-13).

Accapement de la SAU :

- La construction des méthaniseurs en service aujourd'hui a nécessité l'artificialisation de 6100 ha de terres.
- Nous estimons à 23,3 m²/kW installé la surface nécessaire pour une puissance nominale de 1 kW électrique. Ce chiffre est en accord avec celui estimé sur le territoire italien (Ferrari *et al.* 2021).
- Les cultures dédiées à la méthanisation occupent déjà 370 000 ha, soit la SAU de plus d'un département moyen métropolitain, pour seulement 6-7 TWh de biogaz ! (Réussir 2022-09-29).
- L'ADEME projette «**À l'horizon 2050, entre 11,5 et 14,3 millions d'hectares de sols agricoles et forestiers pourront être nécessaires pour répondre aux besoins en biomasse énergétique**» (Actu Environnement 2023-08-02). Soit quasiment la moitié de la SAU métropolitaine !
- Pour 80 TWh de méthane (équivalent de la quantité de gaz naturel importé de Russie), il faudrait monopoliser la surface totale d'environ 8 départements métropolitains (sans routes, villes, fleuves ...), soit la SAU de 16 départements, et épandre sur la SAU de plus de 50 départements !

Concurrence hydrique :

- L'accentuation de la diminution des précipitations est aujourd'hui quasiment programmée pour les années et décennies à venir. Face à ce défi majeur, utiliser l'eau à d'autres fins que l'alimentation humaine et animale ne peut être acceptable. Surtout pour des cultures qui intensifieront le tassement des sols et réduiront ainsi les rétentions hydriques. On remarquera que les méthaniseurs par voie humide ayant le plus besoin d'apport en eau sont ceux n'utilisant que des apports de végétaux (CIVE par exemple). La concurrence hydrique entre cultures vivrières et énergétiques est de plus en plus prégnante (L'Oise Agricole 2022-05-19, Le Courrier Picard 2022-08-13, Le Journal du Paysonnais 2022-10-24). De même, la résultante méthanisation qu'est l'épandage de digestat menace les réserves hydriques (Actu Lot 2023-04-01). Comparé à des rotations culturales reposant sur des CIPAN, l'utilisation de CIVE engendre un stress hydrique plus important (Terre-Net 2023-10-24).

Concurrence halieutique et cynégétique :

- L'effet des pollutions aquatiques, des extensions des surfaces cultivées (donc labourées, fauchées, traitées et épandues) engendrent une baisse de biodiversité et des ressources halieutiques et cynégétiques (L'Union 2022-05-20, Voix du Jura 2022-05-27).

Concurrence aux épandages :

- La conséquence directe d'une distance maximale moyenne d'épandage recouvrant la distance entre méthaniseurs voisins (Figure 1) est la difficulté croissante à trouver des terres pour épandre les digestats. Cette concurrence s'opère entre agriculteurs-méthaniseurs, mais aussi entre agriculteurs-méthaniseurs et structures territoriales comme les STEP (Le Télégramme 2022-06-05).

Concurrence avec les cultures et l'élevage :

L'effet négatif de l'implantation des CIVE se fait déjà sentir (Réussir 2021-04-05), avec une estimation de 1 265 000 t de CIVE alimentant aujourd'hui les méthaniseurs en service (plus de 3 500 000 t prévues si tous les méthaniseurs programmés entrent en service). Les responsables de méthaniseurs poussent aux apports de cultures énergétiques tellement les effluents sont peu méthanogènes, et commencent à déstabiliser les élevages alentours (Ouest-France 2023-03-09). Certains évaluent déjà à 30% de biomasse de perdue pour leur élevage (Référence Agro 2023-05-22).

Un autre type de concurrence avec l'élevage réside dans certains résidus industriels, autrefois valorisés comme alimentation animale, désormais envoyés au méthaniseur, comme ceux de Mademoiselle Dessert en Dordogne (Sud-Ouest 2023-10-11). Le cas emblématique des betteraves à sucre montre combien cette dérive est déjà très pénalisante pour les éleveurs (Courrier Picard 2023-02-01, La Voix du Nord 2024-03-04, La Voix du Nord 2022-12-06, Ouest-France 2024-04-17, Réussir 2024-02-29, Réussir 2023-04-19, Web-Agri 2023-03-15).

La dérive observée déjà aujourd'hui sur l'accaparement des cultures vivrières a poussé même le Président de région Normandie (Hervé Morin) à suspendre les subventions (Le Réveil Normand 2023-11-22).

Concurrences entre agriculteurs :

Les stress auxquels sont déjà soumis les agriculteurs sont renforcés par le développement de la méthanisation, ressentis en particulier chez les agriculteurs pratiquant une agriculture bio (Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24).

Pourtant il existe des méthodes d'optimisation de développement d'une filière afin d'en minimiser les conséquences négatives en fonction du contexte local (Juanpera *et al.* 2022, Shapovalov *et al.* 2022). Ces méthodes ne sont jamais utilisées dans le cas de la méthanisation.

Une étude récente élaborée uniquement sur l'utilisation de déchets en Pologne (ISDND, STEP, Agricoles, IAA) montre une balance d'environ 4 TWh d'électricité et 5 TWh de chaleur (Ciula *et al.* 2023). Il peut paraître étonnant que la France montre des ambitions dix fois plus élevées à minima, sans envisager les concurrences inévitables qui seront engendrées.

Les concurrences impliquées dans le plan Européen Fit-for-55, avec 50% des prairies semi-naturelles perdues en Europe (donc une perte de biodiversité et de COS considérables), une multiplication par 4 des importations de bois (donc une déforestation hors Europe accrue), une hausse des importations agricoles, et par voie de conséquences une émission accrue de CO₂) sont pourtant dénoncées par les scientifiques (Searchinger *et al.* 2022, Réussir 2022-12-16).

8- Externalités négatives, remédiation, dépréciation immobilière

Aucun fond n'est prévu pour assumer les externalités négatives futures dues à la méthanisation (dégradations du système routier, pollutions, effets sanitaires, dégradation des sols agricoles ...), ni pour le démantèlement.

Aucun fond n'est également prévu pour la dévaluation de l'immobilier pour les riverains, alors même que cette dévaluation est quantifiée typiquement entre 20 à 70%, avec une moyenne de 37% (**Figure 12**), et ne dépend pas de la région (La semaine de l'Allier 2019-10-17, L'Eclairer de Châteaubriand 2020-10-06, Le Maine Libre 2021-10-14, Le Télégramme 2022-11-23). L'installation d'un méthaniseur est reconnu comme un facteur d'impossibilité de revente de bien immobilier (100% de dévaluation) (France Bleu Berry 2016-01-14, Le Dauphiné Libéré 2023-03-09).

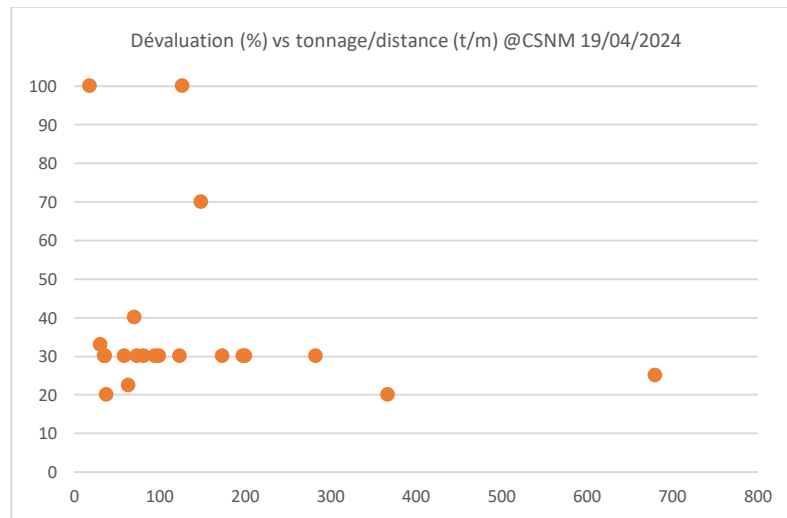


Figure 12 : Dévaluations des biens immobiliers estimées par des cabinets, en fonction du rapport tonnage du méthaniseur sur distance du bien au méthaniseur. 100% signifie « invendable »

9- Innocuité des gaz injectés

La méthanisation en injection garantit-elle l'innocuité des gaz injectés chez l'habitant, dès lors que GRDF et/ou GRTgaz annoncent uniquement 4 contrôles du gaz injecté la première année, puis 2 contrôles par an ?

Des métaux lourds (Cr(VI), Pb et Hg par exemple) et des composés organiques volatiles cancérigènes (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, benzène, dichlorobenzène ...) peuvent être présents dans le biogaz (Naja *et al.* 2011). Même si l'épuration fournit en principe un abattement de ces éléments et molécules, le contrôle du biométhane injecté devrait être publié en continu avec la caractérisation des gaz et éléments chimiques présents hors CH₄. Le CSNM a demandé à plusieurs reprises des résultats de dosages du gaz injecté sur le réseau (dosages aisés par spectrométrie de masse ou chromatographie en phase vapeur), et n'a jamais obtenu de réponse.

10- Cycle de vie, Taux de Retour Énergétique, Viabilité économique

L'analyse du cycle de vie total du méthaniseur n'est jamais détaillée. Les ACV partiels de la littérature comparent les modes de gestion de production (cogénération/injection, digestat brut/séparé, compostage du digestat ou non ...) pour un type de situation donnée. La cogénération est préférée à l'injection d'un point de vue environnemental comme financier

(Guan *et al.* 2023). A énergie délivrée donnée, produire du biométhane induit une toxicité environnementale plus grande et avec un rendement plus faible que produire du biogaz (Fernandes *et al.* 2023).

Le bilan énergétique n'est donc pas vérifiable dans l'absolu. Or, le CSNM et le GREFFE l'ont calculé, le rendement énergétique de la méthanisation est plusieurs ordres de grandeur inférieur à celui du photovoltaïque, et le TRE de la méthanisation est très faible, proche de 1 ou inférieur.

Une revue de littérature montre un TRE pour l'utilisation de la biomasse pour faire du gaz allant de 1 à 4, alors que la viabilité économique est autour de 10 (Slamersak *et al.* 2022, Weissbach *et al.* 2018). Ces études ne tiennent pas compte de tous les effets. En particulier, l'étape d'épuration du biogaz (phase nécessaire pour l'injection en réseau gazier) a un coût financier et énergétique important et ne peut que participer à réduire le retour énergétique global (Haldar *et al.* 2023). Mais aussi, l'effet ILUC est absent des calculs ... Le cas de la production de biogaz par culture de microalgues est particulièrement instructif, les meilleurs scénarii aboutissant à un TRE de 1,2 seulement (Wei, Xu *et al.* 2023). Le chauffage des réacteurs impacte également le TRE, et il devient nécessaire de chercher des voies de décomposition anaérobie en conditions psychrophiles (Liu Y.-C. *et al.* 2023).

La déshydratation des digestats afin de diminuer la masse à transporter a une contrepartie énergétique à prendre en compte dans le bilan énergétique global. L'utilisation de biochar associé par exemple à du ferrate de potassium nécessite la fabrication de ces derniers (Li *et al.* 2024).

Notons aussi que la présence de plastiques (macro, micro et nano) dans les intrants contribue à une diminution du taux de CH₄ produit (Li L. *et al.* 2020, Zhao *et al.* 2023). Certains nanoplastiques (nP) et microplastiques (µP) perturbent les processus enzymatiques lors de la production de méthane (Zhao *et al.* 2023). Outre les effets accidentels dus au phénomène de moussage (débouchage par exemple), ces nP et µP, impossibles à trier en amont, participent à diminuer le rendement, donc le TRE (Gao *et al.* 2024).

Ainsi, la viabilité économique des méthaniseurs est très fragile, car toute fluctuation de tarifs, de subventions au rachat ou de revente annule potentiellement tout bénéfice, et surtout pour les plus petites usines (Huerta *et al.* 2023). Ceci crée une contrainte financière supplémentaire sur les exploitations agricoles (France 3 Grand-Est 2023-10-11, France Bleu Mayenne 2023-01-16, L'Union 2022-11-21, La France Agricole 2023-02-14, La Nouvelle République 2022-11-11, La Nouvelle République 2022-10-31, La Tribune Bordeaux 2023-05-11, Le Dauphiné Libéré 2023-07-07, Le Progrès 2023-11-17, Le Télégramme 2023-01-17, Ouest-France 2023-03-01, Placeco 2024-04-16, Pleinchamp 2024-04-13, Web-Agri 2022-10-31, Web-Agri 2023-01-07, Web-Agri 2023-01-30) ainsi que sur les communes et intercommunalités qui doivent éponger les déficits (Le Dauphiné Libéré 2024-03-05, Le Messenger 2024-03-12, Le Messenger 2022-10-05, Ouest-France 2022-12-17). La fluctuation d'approvisionnement en intrants (due aux concurrence à la surface) pose également le même type de problèmes (Le Nouvel Economiste 2022-11-24), tout comme le prix des matériaux et des intrants à la hausse ou les subventions à la baisse (Entraid 2023-11-21, Ouest-France 2023-04-30, Ouest-France 2023-04-30, Pleinchamp 2024-04-13), ou encore les changements règlementaires mis en place pour lutter contre l'accidentologie croissante (L'Oise Agricole 2023-12-07). Ainsi, les petites structures sont les premières touchées par les faillites comme Naoden et Certitude Energie Méthanisation par exemple (Ouest-France 2023-01-05, Procédure Collective 2021-07-09). Les structures plus moyennes sont également touchées à la moindre fluctuation ou stagnation financière (API Ouest-France 2023-09-25, Les Echos 2023-02-21). Le tout à tel point que, pour compenser les bénéfices si faibles, voire négatifs, il devient nécessaire d'établir des voies détournées d'obligations, par exemple les subventions (Techniques de l'Ingénieur 2023-08-03), les « certificats de biogaz » (Actualités du Droit 2023-11-15), ou encore la modification du tarif de rachat à la moindre augmentation d'inflation (Actu Environnement 2024-01-10), autant d'aides qui seront en fait payées par les consommateurs !.

Ce TRE faible implique une utilisation de l'énergie libérée localement, pour économiser l'énergie utilisée par ailleurs sur toute la chaîne de production.

Par exemple, injecter du biométhane produit sur STEP sur le réseau national n'a pas de sens énergétique, vu les quantités d'énergie nécessaires sur toute la station d'épuration.

11- Biodiversité - Ecocidité

Les conséquences sur la biodiversité ne peuvent qu'être négatives puisque le déséquilibre introduit, à hauteur de la demande en énergie, engendre des perturbations physico-chimiques et microbiennes de la biosphère des sols et des habitats (van Midden *et al.* 2023).

- Acariens

L'effet d'un digestat (qui contient un peu de carbone organique, C_{org}) sur les acariens est quelques fois comparé à un apport nul de C_{org} (engrais purement minéral, type ammonitrate). Dans ce cas, et surtout sur un sol à faible rapport C/N, l'apport de digestat a alors un effet plutôt positif sur les populations d'acariens (Platen *et al.* 2016). Cette comparaison est biaisée puisque les acariens ne rencontrent pas la même possibilité de trouver leur énergie dans les deux cas.

- Biodiversité microbienne

La biodiversité microbienne du digestat est plus faible que celle du même digestat composté (Mang *et al.* 2022). A cela s'ajoute la trop grande stabilité du digestat épandu, qui abaisse l'activité de la communauté microbienne (Brtnicky *et al.* 2022, Thomsen *et al.* 2013) réduisant d'autant la fertilité du sol à court terme et induisant un stress de la sphère microbienne par effet de compétition avec la macrofaune (Ernst *et al.* 2008). La biodiversité de la rhizosphère de tomates en pots est également affectée par épandage de digestat de déchets de nourriture, avec ou sans biochar (Mickan *et al.* 2022).

A l'inverse, la présence d'antibiotiques dans le digestat diminue la diversité microbienne du sol épandu au profit des espèces résistantes dont *Clostridium sp.* (Garbini *et al.* 2022, Nesse *et al.* 2022). Les composts permettent de conserver une plus grande biodiversité dans les sols que les digestats (Luo *et al.* 2023).

L'application de digestats sur différents sols montre une décroissance de biomasse microbienne, et une décroissance de diversité prokaryotique (Vautrin *et al.* 2024).

- Champignons macroscopiques et champignons microscopiques du sol

L'effet nocif des digestats d'effluents bovins sur les micromycètes, organismes essentiels à leur équilibre, est mesuré (Vitti *et al.* 2021). L'épandage de digestats liquides sur des sols de feuillus (peupliers) entraîne un abattement de la population de certains champignons (ectomycorrhyses) de la rhizosphère du sol, accroît le risque pathogène (Yu *et al.* 2022), et représentent des toxicités et un risque environnemental élevés (Tigini *et al.* 2016).

L'usage de digestats d'effluents équins pour la culture des espèces macromycètes *Agaricus* est également reportée comme néfaste à leur croissance (Savoie *et al.* 2011).

Sur sols à C/N assez forts, l'application de digestats entraîne une décroissance de diversité fongique (Vautrin *et al.* 2024).

- Collemboles

Les collemboles représentent, avec les acariens et les nématodes, une des familles essentielles de méso-faune indispensable aux sols. Les épandages de lisiers, digérés ou pas, impactent négativement le nombre de collemboles, et plus fortement les espèces épigées. Toutefois, les épandages de digestats provoquent un impact plus long (Pommeresche *et al.* 2017). Bien évidemment, comme dans le cas des acariens, l'effet d'un digestat (qui contient un peu de carbone organique, C_{org}) sur les collemboles ne devrait être comparé qu'à l'apport d'une quantité de C_{org} équivalente et non à un engrais purement minéral (n'apportant aucune énergie aux décomposeurs), comme c'est le cas dans quelques études semblant indiquer un effet positif du digestat (Platen *et al.* 2016).

- Insectes

La destruction d'habitats sur les lieux de construction des méthaniseurs met en danger des espèces protégées (Rue 89 2022-06-23).

A l'inverse, la prolifération d'insectes à cause de zones d'intrants non couvertes est assez fréquente, et peut causer des gênes chez l'habitant (Ouest-France 2019-03-04).

- Mammifères

L'infiltration de coliformes provenant de matières stercoraires dans les nappes phréatiques à des profondeurs jusqu'à 45m selon les sous-sols, représente un danger mortel pour nombre d'espèces mammifères, et en particulier les jeunes bovins. 23 veaux morts en 48 h (L'Eclairer 2018-05-02). Les ruissellements sur champs d'herbes sont aussi un danger pour le bétail en général (France 3 Nouvelle-Aquitaine 2024-01-08). Les pollutions aquatiques entraînent également le décès d'espèces en danger comme les castors (France 3 Grand-Est 2022-08-24). Le fauchage nocturne entraîne une perte de petits animaux, lièvres, faons, chevreuils (Le Blog de Mediapart 2024-02-28). Sur certains animaux sauvages comme le renard, l'ingestion de poissons morts par intoxication au digestat entraîne le décès également (L'Est Républicain 2020-11-23).

- Mollusques

Un stress physiologique important dû au digestat sur certains mollusques de rivières est visible pour des concentrations en ions ammonium aussi faibles que 10^{-8} mol/L (Mbah *et al.* 2021).

- Nématodes

Dans un sol ayant subi l'agriculture intensive, le nombre d'individus des 4 grandes classes de nématodes (prédateurs, bactérivores, fongivores, herbivores de plantes parasites et non parasites) décroît avec application de digestat brut (Nikolaidou *et al.* 2024), par comparaison avec un fertilisant classique.

- Oiseaux

Le fauchage des cultures pour alimenter certains méthaniseurs est suspecté de manière très fortes par la fédération de chasse et l'Observatoire Français de la Biodiversité de détruire les nicheurs de prairies tels que la perdrix grise (Le Courrier Picard 2022-05-19, L'Union 2022-05-20). Certains témoins de fauchages entraînant des pertes à la nidification dans les prairies (Le Blog de Mediapart 2024-02-28).

A l'inverse, les zones de stockages d'intrants non recouvertes participent à la prolifération d'espèces invasives telles que le pigeon commun qui engendrent aussi des perturbations conséquentes et potentiellement sanitaires pour les riverains (Chassons 2022-08-30, France 3 Normandie 2022-08-27).

- Poissons et crustacées

La mortalité poissonnière suite à écoulements, épandages, déversements, accidents ... de digestats dans des cours d'eaux, est un fait récurrent malheureusement fréquent (Figure 5). Il n'est pas rare d'observer cette mortalité sur des kilomètres, avec des centaines de kg de poissons morts, impactant très fortement les ressources halieutiques (AP 2022-DCL-BENV-590, France Bleu 2023-07-25, L'Ardennais 2022-08-23, La Gazette du 50, du 35 et du 53 2022-07-25 ; Le Journal du Pays Yonnais 2021-07-30, Le Télégramme 2021-07-18, Ouest-France 2020-08-26, Sud-Ouest 2021-03-17, Voix du Jura 2022-05-27).

- Végétaux

Si de petites quantités d'éléments chimiques et composés sont indispensables à la bonne physiologie végétale, leur toxicité est flagrante à des taux trop élevés. Par exemple, NH₃, un des gaz émis par méthanisation, peut donner lieu à des altérations de croissance foliaire, des déficits de floraison et de fruits ... (Krupa 2003).

- Vers de terre

L'importance des vers de terre sur la santé des sols et leur fertilité n'est plus à démontrer (Blouin *et al.* 2013, Fusaro *et al.* 2018, Lavelle *et al.* 2006). Une étude récente évalue leurs contributions en moyenne à 6,5% de la production de grains et à 2,3% celle de légumes au monde ! (Fonte *et al.* 2023).

Or l'effet des épandages de digestats sur la décroissance des populations de vers de terre et la répartition entre espèces est avéré (Clements 2013, Ernst *et al.* 2008, Koblenz *et al.* 2015, Natalio *et al.* 2021, Rollett *et al.* 2021). Cette décroissance atteint 30% par rapport à l'épandage de lisier de porcs, surtout au stade juvénile, sur au moins 10 espèces de ces macro-organismes essentiels aux sols. La toxicité est rapide, et supérieure à celle d'épandages d'effluents (Clements 2013, Koblenz *et al.* 2015, Moinard *et al.* 2021).

Notons une mortalité importante de *Eisenia fetida*, pourtant connu pour être une espèce résistante, au dessus de 30% d'incorporation de digestat, et une suppression de la reproduction de cette espèce dès 15% (Pivato *et al.* 2016, Pivato *et al.* 2018). A la fois le temps et la dose pour atteindre 50% de mortalité (TL₅₀ et DL₅₀ resp.) sont plus faibles à l'épandage de digestats qu'à l'épandage de lisiers (Clements 2013).

Même les digestats solides après compostage ne semblent pas appréciés de certaines espèces (Ross *et al.* 2017).

La présence de micro- et nano-plastiques dans certains digestats représente un risque léthal supplémentaire pour les populations de vers de terre, tels que *Lumbricus terrestris* (Lwanga *et al.* 2016).

A dosages moyens (120 kg N/ha), les populations et masses de vers de terre endogées (*Aporrectodea caliginosa*, *A. icterica* et *A. rosea*) un mois après épandage de digestats liquide et solide ou de lisier et fumiers, remontent par comparaison à un sol non épandu. Toutefois cet effet est plus fort de 20-25% par fertilisation de lisier et fumier (Bermejo *et al.* 2010).

Les populations de vers de terre (*Lumbricus rebellus* et *A. caliginosa*) sont plus importantes dans un sol ayant subi un retour de déchets de moissons que sans retour, et l'application de digestat ne permet pas d'augmenter ces populations (Frøseth *et al.* 2014). Le retour au sol de lisiers est également plus favorable que l'épandage de digestat pour *A. caliginosa*, *A. rosea*, *Allolobophora chlorotica* et *L. terrestris* (Koblenz *et al.* 2015).

On constate une mortalité accrue aux stades juvénile et adulte de l'espèce *Allolobophora chlorotica* soumise à un digestat de déchets alimentaires (Natalio *et al.* 2021).

12- Méthanisation « agricole » ?

L'Appellation de structure agricole pour la méthanisation développée dans les projets est trompeuse. D'une part nous constatons que la moyenne du tonnage d'intrants augmente au cours des années (**Figure 13**), signature d'une méthanisation déjà fortement industrialisée même si elle est dénommée « agricole ». D'autre part, les méthaniseurs projetés aujourd'hui comportent un tonnage annuel bien supérieur à la moyenne des méthaniseurs agricoles jusqu'en 2022.

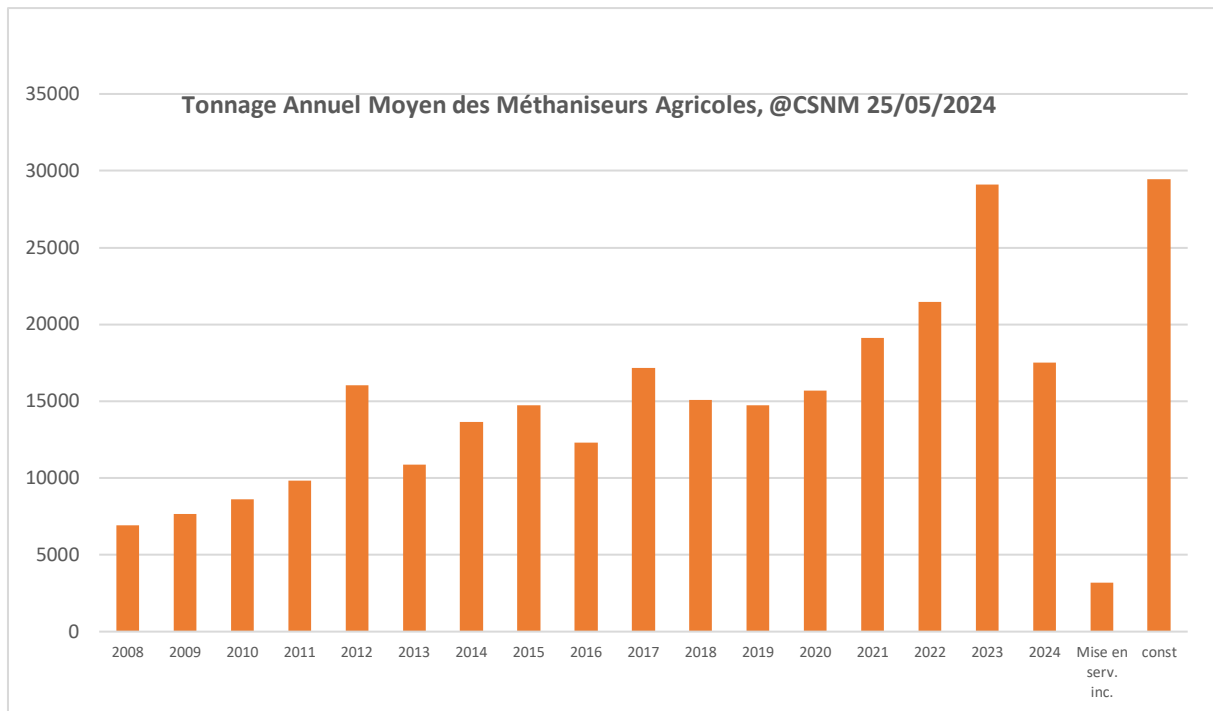


Figure 13 : Tonnage d'intrants moyen des méthaniseurs en fonctionnement en fonction de leur année de mise en service. Les méthaniseurs en projet et en phase de construction sont aussi indiqués

L'industrialisation de la filière est d'ailleurs revendiquée ouvertement (Sud-Ouest 2023-07-24).

13- Dérives prévisibles et en cours

Il n'y a aucune garantie à court terme que cette filière ne s'emballe pas vers des technologies complètement irresponsables vis-à-vis de l'environnement, ne laissant plus aucun carbone retourner aux sols, avec des taux de retour énergétiques très inférieurs à 1, le tout sur fond de greenwashing (Wang W. *et al.* 2023).

Dans cette voie, au sein même de la filière méthanisation, certaines équipes de recherche travaillent déjà à prétraiter les intrants et retraiter les digestats (liquides et solides) par différentes techniques physiques, chimiques et biologiques, et en utilisant des additifs (pyrolyse, traitement hydrothermal, carbonisation hydrothermale, hydroponie, biochar, traitement à l'oxygène, distillation, nanoparticules, précipitation de struvite par méthode chimique ou électrochimique, précipitation de phosphate de calcium, stripping, séparation membranaire ...). Mais il existe aussi des voies différentes, annoncées comme compléments à la méthanisation pour produire du méthane, comme la pyrogazeification, la gazeification hydrothermale et la méthanation.

De telles pratiques ne feront que baisser le TRE et le retour au sol du carbone, et pèseront lourd dans l'infertilisation des sols, donc dans notre souveraineté alimentaire.

131) Dérives en filière Méthanisation

1311) Extraire toujours plus de méthane

Des méthodes sont développées pour extraire toujours plus de méthane et/ou d'agrocaburant de la biomasse (Brémond *et al.* 2022, Carmona-Cabello *et al.* 2022, Dutta *et al.* 2021, Eraky *et al.* 2022, Ezieke *et al.* 2022, Ghavami *et al.* 2022, Gougoulias *et al.* 2021, Guan *et al.* 2021, He, Lin *et al.* 2022, Liu P. *et al.* 2023, He, Zhu *et al.* 2022, Kovalev *et al.* 2021, Luo *et al.* 2022, Ma *et al.* 2022, Mazurkiewicz *et al.* 2023, Mendoza-Tinoco *et al.* 2023, Peng Zhang *et al.* 2022, Reza *et al.* 2016, Sailer *et al.* 2022, Shao *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Thapa *et al.* 2021, Vargas-Estrada *et al.* 2023, Wang J. *et al.* 2022, Wang S. *et al.* 2022, Wang X. *et al.* 2022, Wei *et al.* 2021, Xie *et al.* 2022, Zerback *et al.* 2022) et des boues de stations d'épuration (Dutta *et al.* 2022). Par exemple en rajoutant des cellules électrochimique lors de la digestion (Bhatt *et al.* 2024).

a) En rajoutant des étapes de traitement :

- Des intrants : prétraitement des tiges de maïs par vapeur explosive (Shevidi *et al.* 2023), chaulage des cultures stockées en attente de méthanisation (Van Vlierberghe *et al.* 2022), application d'un champ électrique même si son effet semble incompris (Mendoza-Tinoco *et al.* 2023), activation de transfert électronique par incorporation d'oxyde de fer sur feutre de carbone (Wang Z.-W. *et al.* 2023), ajout d'huiles essentielles sur lisiers bovins (Mazurkiewicz *et al.* 2023), ajout de nanoparticules métalliques (Jadhav *et al.* 2024).

Le traitement des intrants pour décomposer le plus possible de lignine, avec comme conséquence moins de digestats solides (Karrabi *et al.* 2023).

- Des digestats : oxydation (Otto *et al.* 2023), addition d'attapulгите (Zhang *et al.* 2023), hydrolyse enzymatique (Steinbrecher *et al.* 2022).

b) En utilisant le biogaz comme précurseur :

Le biogaz est de plus en plus utilisé comme précurseur d'autres chimies (Wang D.-H. *et al.* 2022), et même pour fabriquer du H₂ à grand renfort de catalyseurs ! (Pajak *et al.* 2023). Ainsi il ne dessert pas la décroissance de consommation de gaz naturel (ou de pétrole), mais correspond bien à une utilisation dérivée des sols pour diverses industries, donc un accroissement de consommation.

1312) Utiliser toujours plus les digestats

D'autres méthodes sont développées qui feront que les digestats solides et liquides ne retourneront pas aux sols comme amendement et fertilisant (Czekala *et al.* 2022, Eraky *et al.* 2022, Rizzioli *et al.* 2023) :

- combinaison du digestat avec du biochar obtenu par pyrolyse de maïs, de résidus de bois, de diverses espèces végétales (*Eucalyptus marginata*, *Lycium chinensis* ...), procédé extrêmement énergivore (Catenacci *et al.* 2022, Latini *et al.* 2021, Lee *et al.* 2021, Li Y. *et al.* 2022, Mickan *et al.* 2022, Peng Zhang *et al.* 2022, Song *et al.* 2021, Wang N. *et al.* 2022, Wang N. *et al.* 2022a, Weldon *et al.* 2022)

- combinaison des résidus de sucres et de digestats pour former des protéines monocellulaires (Bertasini *et al.* 2022)

- combinaison du digestat liquide avec du CO₂ pour décomposer les tiges de maïs (Ma *et al.* 2022)
- extraction d'éléments chimiques et molécules : Nutriments (N, P, Mn, Fe), toxiques potentiels (Cd, Cr, Pb, As, Cu, Ni, Co, Zn), à haute valeur ajoutée (Ge, terres rares), ions ammonium, autres nutriments ou molécules organiques pour utilisations ultérieures, par des procédés bio-physico-chimiques consommateurs d'énergie (Aquino *et al.* 2023, Bach *et al.* 2022, Béji *et al.* 2022, Bertasini *et al.* 2022, Carucci *et al.* 2022, Chong *et al.* 2022, Cusick *et al.* 2014, Guruchandran *et al.* 2022, Karanasiou *et al.* 2023, Kubar *et al.* 2022, Kumar *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2022, Palakodeti *et al.* 2022, Riewklang *et al.* 2023, Van Puffelen *et al.* 2022, Wang, He *et al.* 2022a, Weckerle *et al.* 2022, Zaffar *et al.* 2023, Zeng *et al.* 2023)
- immobilisation des métaux lourds (Ablieieva *et al.* 2022)
- réutilisation en des cultures intensifiées et/ou en milieu inadapté naturellement (Al-Mallahi *et al.* 2022, Asp *et al.* 2022, Bignami *et al.* 2022, Guruchandran *et al.* 2022, Hultberg *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022, Tallou *et al.* 2022)
- nourrir des larves d'insectes ou des cultures de microalgues (Chuka-Ogwude *et al.* 2022, Dutta *et al.* 2021, Fu *et al.* 2022, Le Pham *et al.* 2022, Olugbemide *et al.* 2022, Pizzera *et al.* 2019, Pleissner *et al.* 2023, Sanchez-Quintero *et al.* 2023, Tawfik *et al.* 2022, Wang Q. *et al.* 2021, Xie *et al.* 2023), éventuellement en rajoutant une étape de filtration ou d'ultrafiltration (Xu Y. *et al.* 2022) ce qui pénalisera le rendement global
- assécher le biogaz de H₂S (Sempere *et al.* 2022) ou de H₂O (Mo *et al.* 2023), là aussi en utilisant des procédés énergivores
- être utilisés comme précurseurs de fabrication dans d'autres filières : bétons, microélectronique, ... (Chaturvedi *et al.* 2019, Jasim *et al.* 2022), fibres de digestats solides comme renforts de matériaux composites (Gebhardt *et al.* 2021, Gebhardt *et al.* 2022)
- être envisagés comme combustible en incinération en les transformant (par exemple par carbonisation hydrothermale) ! (Benedetti *et al.* 2022, Cao *et al.* 2019, Dutta *et al.* 2021, Dziedzic *et al.* 2021, Dziedzic *et al.* 2022, Ghavami *et al.* 2022, Peng Zhang *et al.* 2022), ou pyrolysé avant incorporation au sol ! (Basinas *et al.* 2023)
- Utiliser la carbonisation hydrothermale pour décomposer la biomasse restante (Pawlak-Kruczek *et al.* 2023).

Devant la trop grande production de digestat liquide, inhérente au procédé, il devient nécessaire de trouver des moyens pour traiter ces derniers :

- en utilisant une source auxiliaire de carbone organique (Chuda *et al.* 2021, Moure Abelenda *et al.* 2022)
- de baisser chimiquement et/ou physiquement la quantité d'azote (Baldi *et al.* 2018, Li D. *et al.* 2022, Manu *et al.* 2022) et/ou de phosphore (Cusick *et al.* 2014, Li Y. *et al.* 2022)
- de pastiller ou assécher pour le transport à cause du surplus d'épandage (Ablieieva *et al.* 2022, Morey *et al.* 2023, Szymanska *et al.* 2022, Van Puffelen *et al.* 2022)
- pour tenter d'en abattre la toxicité (Celletti *et al.* 2021, Guruchandran *et al.* 2022, Skrzypczak *et al.* 2023)
 - par électrodialyse (Wang, He *et al.* 2022a).
 - par précipitation chimique et ajout de cendres volantes (Fei *et al.* 2023).
 - par ajout de charbon actif (Sanchez-Quintero *et al.* 2023).
 - pour abattre leur charge pathogène (Chioti *et al.* 2023).

Certains voient l'ajout de légumes et légumineuses (cultivées ?) comme des moyens de relever ou abaisser le rapport C/N (Brtnicky *et al.* 2022).

132) Pyrogazéification

La pyrogazeification consiste à former du CH₄ par pyrolyse, donc là aussi à utiliser toute la biomasse le plus possible, y compris celle non décomposée par méthanisation (lignine principalement). L'ADEME 2018 prévoit 100 TWh obtenus par pyrogazeification.

133) Gazeification hydrothermale

En portant à haute température (au moins 400°C, souvent bien plus) et pression (200-300 bars), et souvent en utilisant des catalyseurs, on peut fabriquer du « syngaz » : mélange de CH₄ (majoritaire), H₂ et CO₂. A partir d'intrants liquides comme des digestats, des boues de STEP, des effluents ... mais à quel prix énergétique ?

Il est également nécessaire d'ajouter de l'eau ...

134) Méthanation

Combiner CO₂ et H₂ pour former CH₄ peut paraître une bonne méthode pour réutiliser le GES CO₂ issu en grande quantité de la méthanisation. Hélas, cela requiert de l'énergie. Mais surtout, pourquoi ne pas utiliser H₂, gaz utilisable comme carburant qui ne forme aucun GES à son utilisation, au lieu de CH₄, GES puissant ? C'est pourtant ce que fait la méthanation, par l'intermédiaire de procédés divers (Sun *et al.* 2022).

Ce procédé correspond à des demandes électriques irréalisables de manière soutenable si l'on veut que la méthanation substitue d'autres énergies de manière conséquente (Contrepoints 2015-07-20).

14- Validation par comparaisons avec les moins bonnes approches

Lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets des applications des digestats, les émissions, les infiltrations ou les efficacités énergétiques, les comparaisons sont très souvent réalisées par rapport aux systèmes et pratiques les moins vertueux. Il conviendrait de viser les meilleures pratiques pour tirer les avantages de la filière en la tirant vers le haut. Quelques mauvais exemples :

- L'application de digestat et/ou de digestat modifié est comparée à l'application de boues de STEP, d'urée, de fertilisant minéral industriel, de mélange digestat-biochar, de fertilisant contenant moins de NPK ou à l'absence totale d'apport de fertilisant, mais pas au retour au sol naturel ou raisonnable de biomasse (Awadalla *et al.* 2023, Barzee *et al.* 2019, Basinas *et al.* 2023, Brtnicky *et al.* 2022, Calik *et al.* 2024, Chatzistathis *et al.* 2022, Dubis *et al.* 2022, Erraji *et al.* 2023, Koszel *et al.* 2021, Koszel *et al.* 2016, Kovačević *et al.* 2022, Li F. *et al.* 2023, Malabad *et al.* 2022, Mickan *et al.* 2022, Nascimento *et al.* 2023, Platen *et al.* 2016, Piccoli *et al.* 2023, Ran *et al.* 2022, Romanowska-Duda *et al.* 2023, Rossi *et al.* 2023, Saju *et al.* 2022, Skrzypczak *et al.* 2023, Slepitiene *et al.* 2022a, Tsachidou *et al.* 2019, Velechovsky *et al.* 2021, Weldon *et al.* 2022, Zilio *et al.* 2022, Zuffi *et al.* 2023).

- La réduction d'émission de méthane par méthanisation est comparée aux émissions de cuves de lisiers ouvertes (Holly *et al.* 2017) ou de tas de fumiers laissés en tas (Maldaner *et al.* 2018).

- L'effet d'un digestat de boues de stations d'épuration entraîne une fertilisation plus importante (mais moins de carbone organique au sol) que le même digestat composté, mais la comparaison par rapport à une fertilisation par ammonitrate n'est pas présente (Uzinger *et al.* 2021) ou en défaveur du digestat (Rossi *et al.* 2023).

- L'effet de l'épandage sur les vers de terre est comparé aux fertilisants minéraux et aux épandages de lisiers, mais pas à l'incorporation de compost ou au retour naturel de la biomasse au sol (Moinard *et al.* 2021).

- L'utilisation de CIVEs est justifiée par la couverture des sols qu'elles engendrent. Or, si cela est vrai, les personnes n'ayant pas couvert leurs sols sont en infraction vis à vis des obligations Européennes. Il conviendrait de comparer les intérêts d'une couverture CIVEs à des sols couverts (par des CIPANs ou autres) dont la biomasse retourne au sol.

Les recommandations indiquées par plusieurs auteurs (Ramirez-Islas *et al.* 2020, Samoraj *et al.* 2022), pointent clairement la nécessité, d'un point de vue environnemental, de traiter et/ou composter les digestats pour qu'ils n'affectent pas les sols arables et émettent moins de GES. On peut dès lors se demander pourquoi ne pas utiliser directement la biomasse comme matière fertile et d'amendement, plutôt que de retourner au sol des résidus indigestes sans traitement spécifique.

15- Subventionnement

Les subventions allouées à la méthanisation (**Figure 14**) sont hors de toute raison en comparaison du peu d'énergie recueillie par ce procédé. D'ailleurs même le Président de TotalEnergies Biogaz le dit (Sud-Ouest 2023-07-24). Ce caractère déraisonnable est renforcé par l'absence de certaines impositions des structures méthanisantes (article 1463 du CGI) et représente un réel gâchis (Réseau International 2024-04-21).

- Nous relevons plus de 910 M€ distribués en France pour la construction des méthaniseurs, soit 820 000 € par méthaniseur, a minima (Nous estimons à plus de 2 Mds d'€ les subventions totales allouées à la construction) car la collecte de ces données est très peu ouverte.

- Vu les taux de rachat du gaz et de l'électricité fournis par méthanisation, il faudra de plus injecter des sommes colossales et non soutenables, plusieurs dizaines de milliards d'€ chaque année.

- Comme le méthaniseur moyen en France délivre à peu près 10 GWh d'énergie chaque année, et crée seulement 0,9 emplois direct, **nous laissons aux élus responsables la possibilité d'apprécier l'absence de sens de ces subventions.**

- Nous sommes de plus dans l'incapacité de déceler si des subventions versées (études préalables, faisabilités, cabinets, ...) ont été récupérées en cas d'abandon de projet avant service rendu.

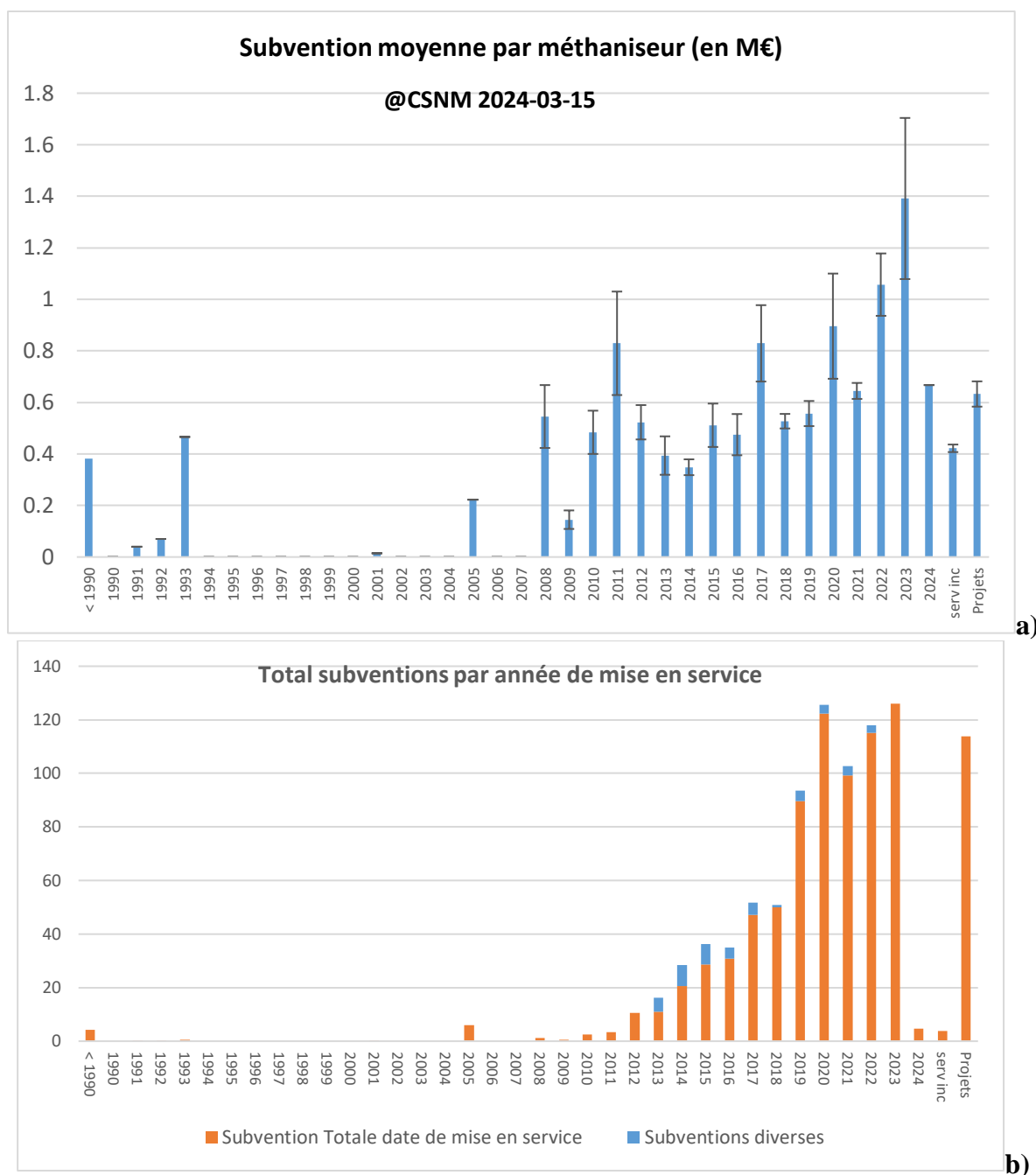


Figure 14 : a) Subventions moyennes allouées par méthaniseur en fonction des années (sources ADEME, Régions, Départements, Communes ...) et **b)** Subventions totales par années

La construction et les projets de méthaniseurs en Régions ont obtenu jusqu'à plus de 100 M€ de subventions publiques par région, à minima. Ce chiffre est largement sous-estimé car il est très difficile d'obtenir les chiffres exhaustifs (pourtant en principe obligatoirement en libre accès dès lors qu'un subventionnement Européen est obtenu). Rajoutons à cela les subventions au rachat de l'électricité et du gaz qui nécessitera plusieurs dizaines de Milliards d'€ annuels pour très peu d'énergie.

Vu la faible production d'énergie des méthaniseurs en service, il eut été beaucoup plus raisonnable d'affecter de telles subventions aux isolations des passoires thermiques privées et publiques, éminemment plus soutenables sur le long terme, et à envisager des approvisionnements énergétiques plus pérennes que la méthanisation.

Ce type d'affectations de subventions aurait le même effet sur les imports de gaz russe, avec moins d'effets négatifs sur la souveraineté alimentaire et la santé environnementale.

Aller à l'opposé, développement des usines de méthanisation intensives et perfusions de subventions pour ce développement, phénomène ni nouveau ni restreint à la France (Purohit *et al.* 2007, Caposciutti *et al.* 2020), aura les mêmes conséquences négatives que celles observées et quantifiées en Allemagne et en Italie : accaparement des terres pour la production énergétique, baisse de la production alimentaire, augmentations du coût de la nourriture et des terres, dégradation des sols, augmentation de l'usage de pesticides (Lajdova *et al.* 2016), impossibilité d'installation de nouveaux agriculteurs.

16- Distance aux Riverains, NIMBY et résistance avertie

Comme dans tout processus conflictuel sans réelle construction d'une concertation amont, les réactions légitimes des riverains mis devant le fait accompli sont rapidement classées dans la rubrique NIMBY par les parties opposées (porteurs de projets, organismes d'Etat, politiques). Il a pourtant été clairement démontré que dans de telles circonstances le processus NIMBY n'est pas le moteur de la contestation (Trom 1999). Au contraire, les riverains s'informent, et, en particulier pour la méthanisation, entrent en conditions de résistance avertie (Bourdin 2019, Bourdin, Colas *et al.* 2020, Lanotte *et al.* 2022).

On peut remarquer que certaines études concernant l'acceptabilité sociale s'appuient sur un nombre de personnes interviewés dont la grande majorité peut être classée dans les « pro » méthanisation (Bourdin, Nadou 2020, Bourdin, Raulin *et al.* 2020).

Dans le cas de la méthanisation, il serait pourtant aisé de s'affranchir d'une très grande partie de la contestation (**Figure 15**), indépendamment du bien-fondé ou non de cette dernière. On constate que dès qu'un projet de méthaniseur est éloigné de plus d'un kilomètre, pratiquement plus aucun collectif ou association n'est créé par les riverains.

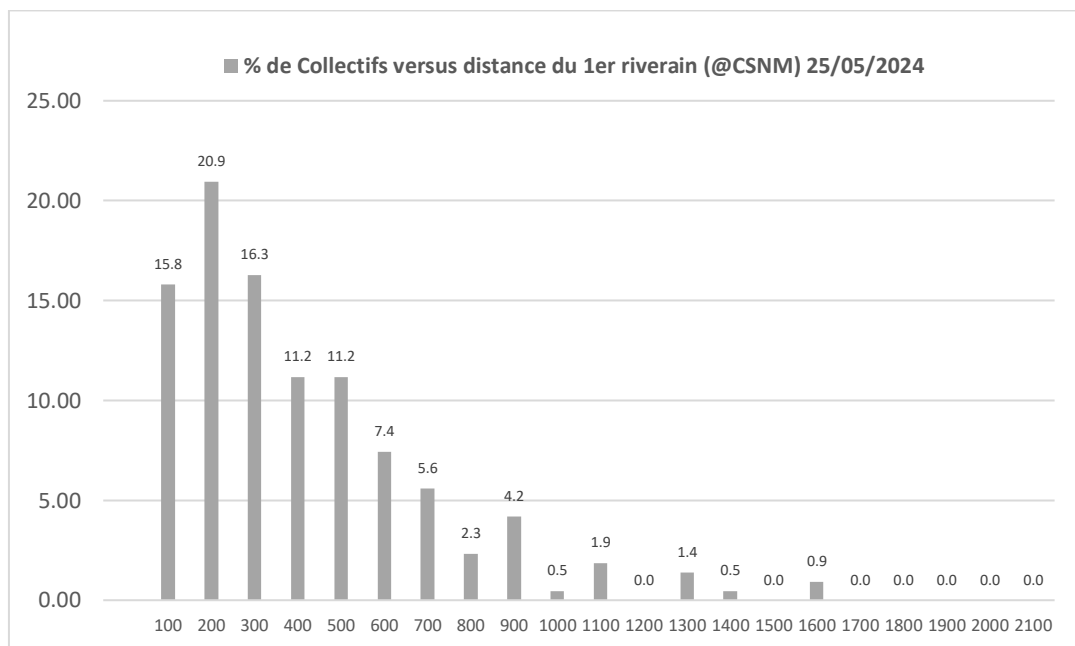


Figure 15 : Pourcentage de collectifs et associations luttant contre l'implantation de méthaniseurs, en fonction de la distance du méthaniseur aux premiers riverains

17- Illégalités, irrégularités, condamnations, intimidations : faits

Du simple fait d'intimidation aux condamnations conséquentes, en passant par des irrégularités donnant lieu à mises en demeure préfectorales, les faits sont nombreux qui dénotent une filière laissée à elle-même sans contrôle et poussée par une rentabilité surclassée. Nous listons ici quelques exemples de ces faits.

Condamnations :

- 200 000 € d'amende pour Salers Biogaz pour faits de pollutions (Réussir 2022-02-02)
- 150 000 € d'amende (50 000€ avec sursis) pour Engie, pour pollution aquatique par négligence en 2020 (France3 Bretagne 2023-11-16).
- 113 500 € d'amende pour la SAS Bod-Fao Energie (50 000€ avec sursis) pour pollution de cours d'eau (Le Télégramme 2023-06-29)
- 74 077 € d'amende pour Biogasyll (Les Herbiers) pour faits de pollutions aquatiques et mortalité piscicole (TJ de La Roche-sur-Yon du 13/12/2022)
- 42 925 € d'amende pour pollution de rivière et réparations de la société Mathéos Gardhailac (La Commère 2022-03-07)
- 20 000 € d'amende (5 000 avec sursis) pour Bioénergies 123 (Azat-le-Ris et Peyrat-de-Bellac) pour pollutions de champs par ruissellements et intoxication animale (France3 Haute-Vienne 2024-01-08, La France Agricole 2024-01-10)
- 10 000 € d'amende pour prise illégale d'intérêts de Pascal Gaillot, Présidente de la commission environnement du Grand-Est (Rue 89 2022-09-06, L'Est Eclair 2019-03-14, Le Canard Enchaîné 2019-03-13)
- 10 000 € d'amende pour rejets polluants de la société Valor'Caux, Préfecture de Normandie (AP 2023-12-13)
- 8 000 € d'amende pour Biogasyll (Les Herbiers) pour faits de pollutions aquatiques et mortalité piscicole (Ouest-France 2023-01-16)
- Astreinte de 100€/j jusqu'à satisfaction de mise en demeure à la Centrale Beauce Gâtinais Biogaz (AP 2020-05-04)
- Condamnation de la SARL Cap-Métha pour pollution de cours d'eau (Le Télégramme 2020-08-25)
- Condamnation de la SARL Moulins de Kérollet à 3000 € pour pollution de cours d'eau et mortalité de poissons (TGI de Vannes du 15/01/2018)
- Condamnation de la SCEA Le Bihan à 2500 € pour pollution de cours d'eau (Le Courrier Indépendant 2023-05-17)

Ecarts à l'éthique de l'Etat :

- La DREAL Grand-Est demande via une communication du CERDD Hauts-de-France de «repérer et tenter d'isoler les opposants » et d'avoir « des actions proactives auprès des médias avec des messages positifs » (L'Union 2018-09-27, L'Union 2018-10-12).
- Permis de construire ou augmentations signés par les préfetures avant consultations ou enquêtes publiques (La Dépêche 2019-09-02, Le Télégramme 2020-03-03).
- Les distributions de tracts sont interdits sur certains marchés par les préfets, et les gendarmes dépêchés sur les lieux (La Gazette du Morbihan 2022-09-22).
- Certains parlementaires et Ministres sont actionnaires de multinationales de l'énergie alors qu'ils promeuvent et/ou votent des lois favorisant l'utilisation du biogaz (Mediapart 2023-03-13).

Intimidations :

- Les faits d'intimidation à l'encontre des riverains luttant contre les projets de méthanisation ne sont pas rares, arrachages de banderoles, pneus crevés, appels anonymes, menaces verbales, insultes, jets de peintures, bousculades, arrachages et vols de tracts et pétitions ... (La Dépêche 2020-01-07, La Dépêche 2022-08-05, La Gazette du Morbihan 2022-09-22, La Nouvelle République 2022-09-05, La Voix du Nord 2019-03-26, La Voix du Nord 2022-08-13, Le Dauphiné Libéré 2020-07-18, Ouest-France 2020-02-08, Ouest-France 2020-11-30, Reporterre 2023-03-02).

Irrégularités :

- Les irrégularités constatées par les services préfectoraux sur sites sont de diverses natures. Les mises en demeure, les mesures d'urgences et les arrêts d'exploitation prononcés concernent par exemple
 - des **manquements** : au respect des mises en demeures, aux consignes d'incendie, aux plans de permis, aux relevés de torchages, à la signalétique, au plan de maintenance,
 - des **dépassements de tonnages d'intrants**,
 - des **épandages irréguliers** : surnuméraires ou sur surfaces interdites ou trop importantes, en périodes interdites, avec insuffisance de suivis,
 - des **absences** : de plan d'épandage, de mesures de CO, CH₄ et H₂S, de contrôles périodiques, de zonage ATEX, de mesures de reliquat azoté, de couvertures de zones d'intrants et/ou lagunes de digestat, de consignes d'exploitations, de traçabilité écrite des conduites et entretiens, de produits et réserves suffisants, de dispositifs de rétentions, de sondes, d'obturation de réseaux, de relevés de compteur d'eau de forage, de formation à la prévention des risques, de documents relatifs à la prévention des risques et explosions, de consignes d'exploitation, de déclaration de pollution accidentelle, de contrôle périodique, de clôture de site, d'étanchéité de zones d'intrants, de programme de lutte contre les nuisibles, de déclaration de nouvel exploitant, de contrôle des installations électriques, de dispositif de détection d'incendie, d'absences de déclaration d'accidents, on constate pas moins de 16 absences de dispositifs sur le méthaniseur géré par le président de la FNSEA !
 - des **défauts** ou **insuffisance** : de torchères, de la maintenance, des capacités de stockages, d'étanchéité de zones d'intrants, de clôtures de lagunes, de zone de rétention de digestat,
 - des **dépassements** de tonnages d'intrants,
 - des **non-conformités** : de stockages de matières organiques, de réserves d'eau, d'épandages, de forage, de remplissage, de surproduction par rapport aux déclarations initiales, d'intrants, de niveaux sonores, d'astreinte 24/24, de positionnements d'installations électriques
 - des **démarrages** de production, de stockages, d'augmentation **avant autorisations légales**,
 - de **rejets polluants** : de lixiviats et digestats sur voiries et en milieux naturels, de pollutions olfactives, de fuites de biogaz, ...

(AP 2024-02-13, AP 2023-12-22, AP 2023-11-06, AP 2023-09-08a, AP 2023-09-08b, AP 2023-07-08, AP 2023-06-27, AP 2023-06-08, AP 2023-05-29, AP 2023-04-21, AP 2023-03-06, AP 2023-01-17, AP 2022-06-30, AP 2022-06-07, AP 2022-05-04, AP 2021-12-30, AP 2021-12-27, AP 2021-11-22, AP 2021-11-09, AP 2021-11-03, AP 2021-09-02, AP 2021-08-12, AP 2021-06-12, AP 2021-05-17, AP 2021-05-05, AP 2021-04-13, AP 2020-12-24, AP 2020-11-06, AP 2020-09-17, AP 2020-08-27, AP 2020-08-24, AP 2020-08-12, AP 2020-07-24, AP 2020-07-20, AP 2020-05-04, AP 2019-12-19, AP 2019-10-11, AP 2019-08-27, AP 2019-08-13, AP-2019-08-01, AP 2019-05-13, AP 2018-05-01, Dernières Nouvelles

d'Alsace 2023-05-19, L'Eclaireur 2019-09-13, L'Union 2020-09-04, L'Union 2023-02-06, Ouest-France 2019-03-04, Ouest-France 2020-09-18, Ouest-France 2021-07-30, RI 2024-01-12, RI 2023-12-29, RI 2023-03-08, RI 2023-01-25, Sud-Ouest 2023-08-10).

- Les irrégularités de procédures sont également nombreuses, des élus-porteurs de projets se permettant de prendre part aux discussions lors de votes de subventions (Courrier de l'Ouest 2018-05-31). Certains montages de projets semblent à tout le moins mélanger les genres et sont questionnables (La Gazette du Centre Morbihan 2021-03-27). On remarque aussi certains non-respect de formalités administratives (L'Union 2021-03-12) et des mises en exploitation d'usines non conformes au permis de construire initial (L'Union 2022-11-08, L'Union 2023-02-06, PC 051075 18 K0008-M02).
- Des anomalies apparaissent dès la phase de permission de construire, obligeant des actes de tribunaux (Ouest-France 2023-12-22).

Écarts à l'éthique des industriels, associations environnementales et élus:

Les industriels des gaz de biomasse (TotalEnergies, GRDF-Engie, Air Liquide) interviennent dans certaines écoles primaires, collèges (La Dépêche 2023-02-16, Le Courrier Cauchois 2023-03-02), lycées et universités (ESSOR Loire 2023-08-06, La Dépêche 2024-03-29, Presse Agence 2023-07-28, Sud-Ouest 2023-05-09), pour promouvoir la méthanisation et ses dérivés.

Certaines associations environnementales (FNE, WWF, et leurs filiales) signent des partenariats, et acceptent donc finances, pour mener certains débats ou co-signer des chartes, sous l'égide de ces industriels (Environnement Magazine 2024-02-23, Réussir L'agriculteur Normand 2021-05-11, Zone Bourse 2024-05-22). Quels conflits d'intérêts ?

Ces actions sont souvent accompagnées d'élus ! (Le Courrier Cauchois 2023-03-02), et soutenus par les Régions (Presse Agence 2023-07-28).

Ces mêmes industriels participent à des études scientifiques dont l'impartialité est par conséquent questionnable (Karimi *et al.* 2022).

18- Exemples flagrants de faux déchets

De plus en plus d'études pointent l'utilisation de biomasses usuellement nécessaires à d'autres applications directes : alimentation humaine et animale, litière du bétail, isolation, mytiliculture, fertilisation et amendement naturel, paillages, construction ...

Méthaniser ces biomasses n'a aucun sens environnemental, sociétal, énergétique et écologique, et crée des concurrences supplémentaires. Il est par exemple parfaitement inconcevable d'importer de très loin (du Brésil ou d'ailleurs) des aliments pour l'élevage en très grandes quantités, quand dans le même temps on sacrifie des surfaces où une alimentation souvent plus saine (en tout cas mieux contrôlée) aurait pu être produite.

Citons pour exemples la méthanisation des biomasses suivantes et quelques meilleures utilisations actuelles et/ou potentielles :

- amidon de tapioca (Riewklang *et al.* 2023) : alimentation, agent épaississant, friture
- balles de riz (Matin *et al.* 2022)
- cendres de bagasse de canne à sucre (Garcia-Perez *et al.* 2023) : amendement, construction (aditions pouzolanique)
- CIVÉs : avoine, phacélie, ray-grass, pois fourrager, maïs, seigle, trèfle, moutarde, vesce... (Métropolitain 2024-04-20): est-il nécessaire de détailler leur meilleur usage ?
- déchets de poissons (Ingabire *et al.* 2023) : farines, engrais
- déchets de poivre, poivre épuisé (Zupancic *et al.* 2024) : amendement
- déchets de desserts industriels (Sud-Ouest 2023-10-11) : alimentation animale
- drêches d'orge et malt, de blé (Réussir 2024-04-19), pot ale (Hackula *et al.* 2023) : alimentation animale, amendement

- effluents d'aquaculture (Ndiaye *et al.* 2020) : alimentation animale et amendement
- épluchures d'ignames (Nweke *et al.* 2021) : alimentation animale, compost
- fumiers et lisiers bovins (Mazurkiewicz *et al.* 2023), équins : fertilisation et amendement des sols
- grignons et margines d'olives (Manthos *et al.* 2024) : amendement et fertilisant (K), compostage
- jacinthes d'eau (Ingabire *et al.* 2023) : compost, systèmes d'épuration
- lactoserum (Dinuccio *et al.* 2010), acides gras laitiers (Liu Y.-C. *et al.* 2023): alimentation humaine (fromages de lactoserum, poudres et protéines de lactoserum, lactose et dérivés, transformation IAA (concentrat (WPC) et isolats (WPI)) et bétailière
- luzerne (Koszel *et al.* 2021, Koszel *et al.* 2016) : alimentation animale
- maïs (Bacos *et al.* 2024) : alimentation
- marcs de pommes (Ampese *et al.* 2022), de raisins (Dinuccio *et al.* 2010)
- pailles (Paris Normandie 2023-06-21) d'orge (Dinuccio *et al.* 2010), de blé (Koszel *et al.* 2021, Koszel *et al.* 2016, Tampio *et al.* 2024), de riz (Dinuccio *et al.* 2010, Liu P. *et al.* 2023, Mothe *et al.* 2024, Nguyen *et al.* 2016) : litières, isolation thermique et acoustique, mytiliculture, amendement naturel, matériaux de construction, papiers
- palmes (rafles, fibres, effluents) (Anyaocha *et al.* 2022, Jadhav *et al.* 2024, Suksaroj *et al.* 2023, Tan *et al.* 2023) : épandages, compostages pour retour au sol
- pelouses (Ulukardesler 2023) : fertilisant naturel
- pulpes de betteraves (Courrier Picard 2023-02-01, La Voix du Nord 2024-03-04, La Voix du Nord 2022-12-06, Ouest-France 2024-04-17, Réussir 2024-02-29, Réussir 2023-04-19, Web-Agri 2023-03-15) : alimentation animale
- résidus de nourriture à base de poulets (Hasan *et al.* 2018) : alimentation pour animaux
- tiges et résidus de maïs (Dinuccio *et al.* 2010, He *et al.* 2019, Ma *et al.* 2022, Sumardiono *et al.* 2022) : litières, construction
- tomates (peaux, graines) (Dinuccio *et al.* 2010) : alimentation élevage

19- Intérêt des élus

Devant autant de risques, dérives, impacts, le CSNM a décidé d'alerter les élus (parlementaires, conseillers régionaux et municipaux), à raison d'un mail d'information environ par semaine. De rares discussions sont ainsi nées. Mais surtout, nous avons pu relever les élus désireux de ne plus recevoir ces alertes. La répartition de ces derniers par groupe politique (**Figure 16**) est une sorte de mesure de leur préoccupation aux problèmes des riverains.

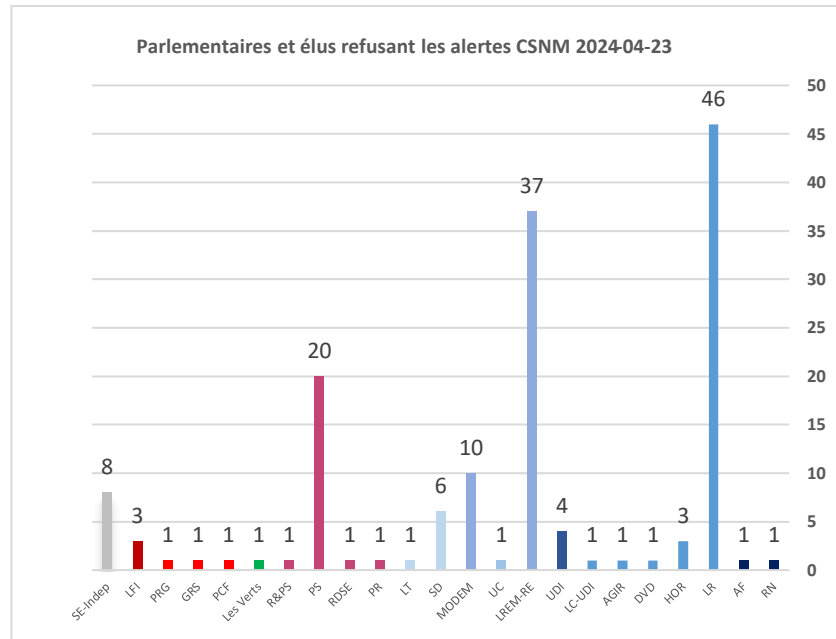


Figure 16 : Nombre d'élus (Députés, Sénateurs, Conseillers Régionaux, Maires) ayant demandé le retrait de leur adresse du listing de mailing du CSNM, en fonction de leur étiquette politique.

Fort heureusement, certains parlementaires prennent conscience de certaines dérives et dangers, et tentent de réagir (Goulet 2023-09-07).

20- Des agriculteurs asservis aux multinationales de l'énergie

Nous assistons depuis 2018, en France comme à l'étranger, au rachat progressif des équipementiers originels de la méthanisation par les multinationales du pétrole et du gaz (**Figure 17**) (L'Usine Nouvelle 2024-04-17). De fait, l'objectif des agriculteurs-méthaniseurs sera contraint par cette relation à évoluer vers la seule demande énergétique au détriment des sols.

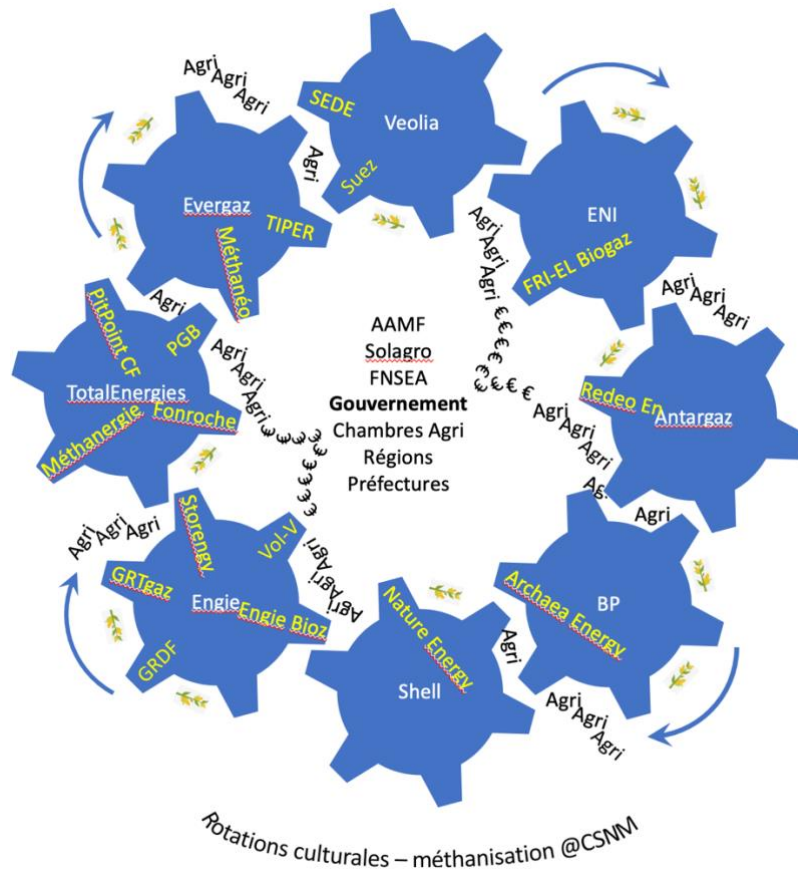


Figure 17 : Liens de filiations entre multinationales de l'énergie et équipementiers et gestionnaires de réseaux liés à la méthanisation.

21- Conclusions

Tous ces faits sont partagés par nombre d'organisations scientifiques et scientifiques individuels, nationaux et internationaux (Académie des Sciences Allemande Léopoldina, Union of Concerned Scientists, GREFFE, Food and Water Watch ...). A l'heure où l'Allemagne se désengage de la méthanisation, il serait inopportun que la France s'y enlise. L'Europe, avec la France, en développant la méthanisation, la pyrogazéification, la gazéification hydrothermale, la méthanation, s'engage sur une voie qui sacrifie le stockage du carbone et la biodiversité au profit des entreprises de la « bio »énergie (Searchinger *et al.* 2022).

Nous nous tenons à votre disposition pour éclaircir tous ces points.

Sincèrement,

Pour le CSNM
D. Chateigner
Coordonnateur CSNM

Cartographies du CSNM et album photo

- La database d'accidents (438 accidents sur 270 sites) : https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1PtVRLb8cqaijStrw55KcCvqf_38QoZLS&usp=sharing
- La database de collectifs et associations de Riverains (331 collectifs sur 303 communes) : https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1PtVRLb8cqaijStrw55KcCvqf_38QoZLS&usp=sharing
- La database des Mairies et Préfectures contre (232 Mairies-Prefs) : https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1PtVRLb8cqaijStrw55KcCvqf_38QoZLS&usp=sharing
- L'album photo : ce qu'il ne faut pas faire, en images : https://drive.google.com/file/d/16Hnx_oXGNie_yK4v8y9l8AHQcAr2M3F_/view?usp=share_link

Références scientifiques

- Ablicieva I., Berezna I., Bereznyi D., Prast A.E., Geletuha G., Lutsenko S., Yanchenko I., Carraro G. (2022). Technologies for Environmental Safety Application of Digestate as Biofertilizer. *Ecological Engineering & Environmental Technology* **23** 106-119
- Al-Mallah J., Ishii K. (2022). Attempts to alleviate inhibitory factors of anaerobic digestate for enhanced microalgae cultivation and nutrients removal: A review. *Journal of Environmental Management* **304** 114266
- Ali A.M., Nesse A.S., Eich-Greatorex S., Sogn T.A., Aanrud S.G., Bunæs J.A.A., Lyche J.L., Kallenborn R. (2019). Organic contaminants of emerging concern in Norwegian digestates from biogas production. *Environmental Science: Processes & Impacts* **21** 1498-1508
- Ampese L.C., Sganzerla W.G., Ziero H.D.D., Costa J.M., Martins G., Forster-Carneiro T. (2022). Valorization of apple pomace for biogas production: a leading anaerobic biorefinery approach for a circular bioeconomy. *Biomass Conversion and Biorefinery* **2022**
- Anyaoha K.E., Zhang L. (2022). Transition from fossil-fuel to renewable-energy-based smallholder bioeconomy: Techno-economic analyses of two oil palm production systems. *Chemical Engineering Journal Advances* **10** 100270
- Aquino M., Santoro S., Profio G.D., Russa M.F.L., Limonti C., Straface S., D'Andrea G., Curcio E., Siciliano A. (2023). Membrane distillation for separation and recovery of valuable compounds from anaerobic digestates. *Separation and Purification Technology* **315** 123687
- Asp H., Bergstrand K.-J., Caspersen S., Hultberg M. (2022). Anaerobic digestate as peat substitute and fertiliser in pot production of basil. *Biological Agriculture & Horticulture* 1-11
- Awadalla O.A., Atawy W.A., Bedaiwy M.Y., Ali S.S., Mahmoud Y.A.-G. (2023). Anaerobic digestion of lignocellulosic waste for enhanced methane production and biogas-digestate utilization. *Industrial Crops and Products* **195** 116420
- Awiszus S., Meissner K., Reyer S., Müller J. (2018). Ammonia and methane emissions during drying of dewatered biogas digestate in a two-belt conveyor dryer. *Bioresource Technology* **247** 419-425
- Bach I.-M., Essich L., Bauerle A., Müller T. (2022). Efficiency of Phosphorus Fertilizers Derived from Recycled Biogas Digestate as Applied to Maize and Ryegrass in Soils with Different pH. *Agriculture* **12** 325
- Bacos T.B., Cioabla A.E., Popescu F., Vintilă T., Borborean A. (2024). Biogas from wastewater's sludge as potential resource for transportation. Experimental approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **1303** 012030
- Badagliacca G., Presti E.L., Gelsomino A., Monti M. (2024). Repeated Solid Digestate Amendment Increases Denitrifying Enzyme Activity in an Acid Clayey Soil. *Soil Systems* **8** 14
- Bakkaloglu S., Cooper J., Hawkes A. (2022). Methane emissions along biomethane and biogas supply chains are underestimated. *One Earth* **5** 724-736
- Bakkaloglu S., Lowry D., Fisher R.E., France J.L., Brunner D., Chen H., Nisbet E.G. (2021). Quantification of methane emissions from UK biogas plants. *Waste Management* **124** 82-93
- Baldé H., VanderZaag A.C., Burt S.D., Wagner-Riddle C., Crolla A., Desjardins R.L., MacDonald D.J. (2016). Methane emissions from digestate at an agricultural biogas plant. *Bioresource Technology* **216** 914-922
- Baldé H., Wagner-Riddle C., MacDonald D., VanderZaag A. (2022). Fugitive methane emissions from two agricultural biogas plants. *Waste Management* **151** 123-130
- Baldi M., Collivignarelli M., Abbà A., Benigna I. (2018). The Valorization of Ammonia in Manure Digestate by Means of Alternative Stripping Reactors. *Sustainability* **10** 3073
- Barcauskaitė K. (2019). Gas chromatographic analysis of polychlorinated biphenyls in compost samples from different origin. *Waste Management & Research* **37** 556-562

- Barzee T.J., Edalati A., El-Mashad H., Wang D., Scow K., Zhang R. (2019). Digestate Biofertilizers Support Similar or Higher Tomato Yields and Quality Than Mineral Fertilizer in a Subsurface Drip Fertigation System. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3 58
- Bas M.S., Aragón A.J., Torres J.C., Osorio F. (2022). Purification and upgrading biogas from anaerobic digestion using chemical absorption of CO₂ with amines in order to produce biomethane as biofuel for vehicles: a pilot-scale study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 44 10201-10213
- Basinas P., Rusin J., Chamrádová K., Kaldis S.P. (2023). Pyrolysis of the anaerobic digestion solid by-product: Characterization of digestate decomposition and screening of the biochar use as soil amendment and as additive in anaerobic digestion. *Energy Conversion and Management* 277 116658
- Béji O., Adouani N., Poncin S., Li H.-Z. (2022). Growth of Microalgae-Bacteria Flocs for Nutrient Recycling from Digestate and Liquid Slurry and Methane Production by Anaerobic Digestion. *Applied Sciences* 12 7634
- Bell M.W., Tang Y.S., Dragosits U., Flechard C.R., Ward P., Braban C.F. (2016). Ammonia emissions from an anaerobic digestion plant estimated using atmospheric measurements and dispersion modelling. *Waste Management* 56 113-124
- Benedetti V., Pecchi M., Baratieri M. (2022). Combustion kinetics of hydrochar from cow-manure digestate via thermogravimetric analysis and peak deconvolution. *Bioresource Technology* 353 127142
- Bermejo G., Ellmer F., Krück S. (2010). Use of dry and wet digestates from biogas plants as fertilizer in plant production. *Proceedings of the 14th Ramiran International Conference* 89-92
- Bertasini D., Binati R.L., Bolzonella D., Battista F. (2022). Single Cell Proteins production from food processing effluents and digestate. *Chemosphere* 296 134076
- Bhatt P., Poudyal P., Dhungana P., Prajapati B., Bajracharya S., Yadav A.P., Bhattarai T., Sreerama L., Joshi J. (2024). Enhancement of Biogas (Methane) Production from Cow Dung Using a Microbial Electrochemical Cell and Molecular Characterization of Isolated Methanogenic Bacteria. *Biomass* 4 455-471
- Bian, B.; suo Wu, H. & jun Zhou, L. (2015). Contamination and risk assessment of heavy metals in soils irrigated with biogas slurry: a case study of Taihu basin. *Environmental Monitoring and Assessment* 187 155
- Bignami C., Melegari F., Zaccardelli M., Pane C., Ronga D. (2022). Composted Solid Digestate and Vineyard Winter Prunings Partially Replace Peat in Growing Substrates for Micropropagated Highbush Blueberry in the Nursery. *Agronomy* 12 00337
- Blouin M., Hodson M.E., Delgado E.A., Baker G., Brussaard L., Butt K.R., Dai J., Dendooven L., Peres G., Tondoh J.E., Cluzeau D., Brun J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* 64 161-182
- Bochow N., Poltronieri A., Robinson A., Montoya M., Rypdal M., Boers N. (2023). Overshooting the critical threshold for the Greenland ice sheet. *Nature* 622 528-536
- Bonetta S., Bonetta S., Ferretti E., Fezia G., Gilli G., Carraro E. (2014). Agricultural Reuse of the Digestate from Anaerobic Co-Digestion of Organic Waste: Microbiological Contamination, Metal Hazards and Fertilizing Performance. *Water, Air & Soil Pollution* 225 2046
- Börjesson, P., Berglund M. (2006). Environmental systems analysis of biogas systems—Part I: Fuel-cycle emissions. *Biomass and Bioenergy* 30 469-485
- Boscaro D., Pezzuolo A., Grigolato S., Cavalli R., Marinello F., Sartori L. (2015). Preliminary analysis on mowing and harvesting grass along riverbanks for the supply of anaerobic digestion plants in north-eastern Italy. *Journal of Agricultural Engineering* 46 100-104
- Bourdin S. (2019). Le NIMBY ne suffit plus ! Étude de l'acceptabilité sociale des projets de méthanisation. *L'Espace Politique* 38
- Bourdin S., Colas M., Raulin F. (2020). Understanding the problems of biogas production deployment in different regions: territorial governance matters too. *Journal of Environmental Planning and Management* 63 1655-1673
- Bourdin S., Nadou F. (2020). The role of a local authority as a stakeholder encouraging the development of biogas: A study on territorial intermediation. *Journal of Environmental Management* 258 110009
- Bourdin S., Raulin F., Josset C. (2020). On the (un)successful deployment of renewable energies: territorial context matters. A conceptual framework and an empirical analysis of biogas projects. *Energy Studies Review* 24 4088
- Bowman G., Ayed L., Burg V. (2022). Material and energy flows of industrial biogas plants in Switzerland in the context of the circular economy. *Bioresource Technology Reports* 20 101273
- Brändli R.C., Bucheli T.D., Kupper T., Furrer R., Stahel W.A., Stadelmann F.X., Tarradellas J. (2007). Organic pollutants in compost and digestate. Part 1. Polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons and molecular markers. *Journal of Environmental Monitoring* 9 456-464
- Brändli R.C., Kupper T., Bucheli T.D., Zennegg M., Huber S., Ortelli D., Müller J., Schaffner C., Iozza S., Schmid P., Berger U., Edder P., Oehm M., Stadelmann F.X., Tarradellas J. (2007a). Organic pollutants in compost and digestate. Part 2. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, and -furans, dioxin-like polychlorinated biphenyls, brominated flame retardants, perfluorinated alkyl substances, pesticides, and other compounds. *Journal of Environmental Monitoring* 9 465-472

- Brémond U., Bertrandias A., Hamelin J., Milferstedt K., Bru-Adan V., Steyer J.-P., Bernet N., Carrere H. (2022). Screening and Application of Ligninolytic Microbial Consortia to Enhance Aerobic Degradation of Solid Digestate. *Microorganisms* **10** 277
- Breunig H.M., Amirebrahimi J., Smith S., Scown C.D. (2019). Role of Digestate and Biochar in Carbon-Negative Bioenergy. *Environmental Science & Technology* **53** 12989-12998
- Brtnicky M., Kintl A., Holatko J., Hammerschmiedt T., Mustafa A., Kucerik J., Vitez T., Prichystalova J., Baltazar T., Elbl J. (2022). EFFECT of digestates derived from the fermentation of maize-legume intercropped culture and maize monoculture application on soil properties and plant biomass production. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* **9** 43-67
- Bühler M., Häni C., Ammann C., Brönnimann S., Kupper T. (2022). Using the inverse dispersion method to determine methane emissions from biogas plants and wastewater treatment plants with complex source configurations. *Atmospheric Environment: X* **13** 100161
- Burrow A. (2019). Reducing the risk of biogas leakage. *Filtration+Separation* **56** 24-26
- Çalık B., Sönmez İ. (2024). The Effects of Liquid Biogas Digestate on Yield and Mineral Nutrition of Cucumber Growing in Greenhouse. *Horticultural Studies (Hortis)* **41** 28-35
- Calisti R., Regni L., Pezzolla D., Cucina M., Gigliotti G., Proietti P. (2023). Evaluating Compost from Digestate as a Peat Substitute in Nursery for Olive and Hazelnut Trees. *Sustainability* **15** 282
- Cao Z., Jung D., Olszewski M.P., Arauzo P.J., Kruse A. (2019). Hydrothermal carbonization of biogas digestate: Effect of digestate origin and process conditions. *Waste Management* **100** 138-150
- Caposciutti G., Baccioli A., Ferrari L., Desideri U. (2020). Biogas from Anaerobic Digestion: Power Generation or Biomethane Production? *Energies* **13** 743
- Carmona-Cabello M., Sáez-Bastante J., Barbanera M., Cotana F., Pinzi S., Dorado P. (2022). Optimization of ultrasound-assisted liquefaction of solid digestate to produce bio-oil: Energy study and characterization. *Fuel* **313** 123020
- Carucci A., Erby G., Puggioni G., Spiga D., Frugoni F., Milia S. (2022). Ammonium recovery from agro-industrial digestate using bioelectrochemical systems. *Water Science and Technology* **85** 2432-2441
- Catenacci A., Boniardi G., Mainardis M., Gievers F., Farru G., Asunis F., Malpei F., Goi D., Cappai G., Canziani R. (2022). Processes, applications and legislative framework for carbonized anaerobic digestate: Opportunities and bottlenecks. A critical review. *Energy Conversion and Management* **263** 115691
- Celletti S., Lanz M., Bergamo A., Benedetti V., Basso D., Baratieri M., Cesco S., Mimmo T. (2021). Evaluating the Aqueous Phase From Hydrothermal Carbonization of Cow Manure Digestate as Possible Fertilizer Solution for Plant Growth. *Frontiers in Plant Science* **12** 687434
- Chaturvedi V., Usangonvkar S., Shelke M.V. (2019). Synthesis of high surface area porous carbon from anaerobic digestate and its electrochemical study as an electrode material for ultracapacitors. *RSC Advances* **9** 36343-36350
- Chatzistathis T., Tzanakakis V.A., Papaioannou A., Giannakoula A. (2022). Comparative Study between Urea and Biogas Digestate Application towards Enhancing Sustainable Fertilization Management in Olive (*Olea europaea* L., cv. 'Koroneiki') Plants. *Sustainability* **14** 4785
- Chioti A.G., Sarikaki G., Tsioni V., Kostopoulou E., Romanos G.E., Falaras P., Sfetsas T. (2023). Disinfection of Digestate Effluents Using Photocatalytic Nanofiltration. *Fermentation* **9** 662
- Chojnacka K., Moustakas K. (2024). Anaerobic digestate management for carbon neutrality and fertilizer use: A review of current practices and future opportunities. *Biomass and Bioenergy* **180** 106991
- Chong, C.C., Cheng Y.W., Ishak S., Lam M.K., Lim J.W., Tan I.S., Show P.L., Lee K.T. (2022). Anaerobic digestate as a low-cost nutrient source for sustainable microalgae cultivation: A way forward through waste valorization approach. *Science of the Total Environment* **803** 150070
- Chuda A., Ziemiński K. (2021). Challenges in Treatment of Digestate Liquid Fraction from Biogas Plant. Performance of Nitrogen Removal and Microbial Activity in Activated Sludge Process. *Energies* **14** 7321
- Chuka-Ogwude D., Mickan B.S., Ogbonna J.C., Moheimani N.R. (2022). Developing food waste biorefinery: using optimized inclined thin layer pond to overcome constraints of microalgal biomass production on food waste digestate. *Journal of Applied Phycology*
- Ciula J., Wiewiórska I., Banaś M., Pająk T., Szewczyk P. (2023). Balance and Energy Use of Biogas in Poland: Prospects and Directions of Development for the Circular Economy. *Energies* **16** 3910
- Clements L.J. (2013). The Suitability of Anaerobic Digesters on Organic Farms, PhD Thesis, *University of Southampton*
- Cucina M., Castro L., Escalante H., Ferrer I., Garfi M. (2021). Benefits and risks of agricultural reuse of digestates from plastic tubular digesters in Colombia. *Waste Management* **135** 220-228
- Cuéllar A.D., Webber M.E. (2008). Cow power: the energy and emissions benefits of converting manure to biogas. *Environmental Research Letters* **3** 034002
- Cui H., Wang J., Feng K., Xing D. (2022). Digestate of Fecal Sludge Enhances the Tetracycline Removal in Soil Microbial Fuel Cells. *Water* **14** 2752

- Cusick R.D., Ullery M.L., Dempsey B.A., Logan B.E. (2014). Electrochemical struvite precipitation from digestate with a fluidized bed cathode microbial electrolysis cell. *Water Research* 54 297-306
- Czekala W., Jasinski T., Grzelak M., Witaszek K., Dach J. (2022). Biogas Plant Operation: Digestate as the Valuable Product. *Energies* 15 8275
- Czubaszek R., Wysocka-Czubaszek A. (2018). Emissions of carbon dioxide and methane from fields fertilized with digestate from an agricultural biogas plant. *International Agrophysics* 32 29-37
- Daniel-Gromke J., Liebetrau J., Denysenko V., Krebs C. (2015). Digestion of bio-waste – GHG emissions and mitigation potential. *Energy, Sustainability and Society* 5 3
- Delre A., Mønster J., Scheutz C. (2017). Greenhouse gas emission quantification from wastewater treatment plants, using a tracer gas dispersion method. *Science of The Total Environment* **605-606** 258-268
- Dietrich M., Fongen M., Foeroid B. (2021). Anaerobic digestion affecting nitrous oxide and methane emissions from the composting process. *Bioresource Technology Reports* 15 100752
- Dinuccio E., Balsari P., Gioelli F., Menardo S. (2010). Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses. *Bioresource Technology* 101 3780-3783
- Dubis Bogdan, Szatkowski Artur, Jankowski Krzysztof Józef (2022). Sewage sludge, digestate, and mineral fertilizer application affects the yield and energy balance of Amur silvergrass. *Industrial Crops and Products* **175**, 114235
- Dutta N., Giduthuri A.T., Khan M.U., Garrison R., Ahring B.K. (2022). Improved valorization of sewage sludge in the circular economy by anaerobic digestion: Impact of an innovative pretreatment technology. *Waste Management* 154 105-112
- Dutta S., He M., Xiong X., Tsang D.C.W. (2021). Sustainable management and recycling of food waste anaerobic digestate: A review. *Bioresource Technology* 341 125915
- Dziedzic K., Łapczyńska-Kordon B., Jurczyk M., Arczewska M., Wróbel M., Jewiarz M., Mudryk K., Pająk T. (2021). Solid Digestate—Physicochemical and Thermal Study. *Energies* **14** 7224
- Dziedzic K., Łapczyńska-Kordon B., Jurczyk M., Wróbel M., Jewiarz M., Mudryk K., Pająk T. (2022). Solid Digestate - Mathematical Modeling of Combustion Process. *Energies* 15 4402
- Erraji H., Asehraou A., Tallou A., Rokni Y. (2023). Assessment of biogas production and fertilizer properties of digestate from cow dung using household biogas digester. *Biomass Conversion and Biorefinery*
- Eraky M., Elsayed M., Qyyum M.A., Ai P., Tawfik A. (2022). A new cutting-edge review on the bioremediation of anaerobic digestate for environmental applications and cleaner bioenergy. *Environmental Research* 213 113708
- Ernst G., Müller A., Göhler H., Emmerling C. (2008). C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*). *Soil Biology and Biochemistry* 40 1413-1420
- Ezieke A.H., Serrano A., Clarke W., Villa-Gomez D.K. (2022). Bottom ash from smouldered digestate and coconut coir as an alkalinity supplement for the anaerobic digestion of fruit waste. *Chemosphere* 296 134049
- Fantin V., Giuliano A., Manfredi M., Ottaviano G., Stefanova M., Masoni P. (2015). Environmental assessment of electricity generation from an Italian anaerobic digestion plant. *Biomass and Bioenergy* 83 422-435
- Fei Z., Ding Z., Zheng X., Feng L., He Q., Yan S., Ji L. (2023). Efficient contaminant removal from liquid digestate of pig manure by chemical precipitation and CO₂ mineralization using alkaline ash. *Frontiers of Agricultural Science & Engineering*
- Feng L., Ward A.J., Moset V., Møller H.B. (2018). Methane emission during on-site pre-storage of animal manure prior to anaerobic digestion at biogas plant: Effect of storage temperature and addition of food waste. *Journal of Environmental Management* 225 272-279
- Fernandes D.J., Ferreira A.F., Fernandes E.C. (2023). Biogas and biomethane production potential via anaerobic digestion of manure: A case study of Portugal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 188 113846
- Ferrari G., Ioverno F., Sozzi M., Marinello F., Pezzuolo A. (2021). Land-Use Change and Bioenergy Production: Soil Consumption and Characterization of Anaerobic Digestion Plants. *Energies* 14 4001
- Finzi A., Riva E., Bicoku A., Guido V., Shallari S., Provolo G. (2019). Comparison of techniques for ammonia emission mitigation during storage of livestock manure and assessment of their effect in the management chain. *Journal of Agricultural Engineering* 50 12-19
- Flesch T.K., Desjardins R.L., Worth D. (2011). Fugitive methane emissions from an agricultural biodigester. *Biomass and Bioenergy* **35** 3927-3935
- Fonte S.J., Hsieh M., Mueller N.D. (2023). Earthworms contribute significantly to global food production. *Nature Communications* 14
- Fredenslund A.M., Hinge J., Holmgren M.A., Rasmussen S.G., Scheutz C. (2018). On-site and ground-based remote sensing measurements of methane emissions from four biogas plants: A comparison study. *Bioresource Technology* 270 88-95
- Fredenslund A.M., Scheutz C. (2017). Total methane loss from biogas plants, determined by tracer dispersion measurements. *Proceedings of the Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium*

- Frøseth R.B., Bakken A.K., Bleken M.A., Riley H., Pommeresche R., Thorup-Kristensen K., Hansen S. (2014). Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations. *European Journal of Agronomy* 52 90-102
- Fu S.-F., Wang D.-H., Xie Z., Zou H., Zheng Y. (2022). Producing insect protein from food waste digestate via black soldier fly larvae cultivation: A promising choice for digestate disposal. *Science of The Total Environment* 154654
- Fusaro S., Gavinelli F., Lazzarini F., Paoletti M.G. (2018). Soil Biological Quality Index based on earthworms (QBS-e). A new way to use earthworms as bioindicators in agroecosystems. *Ecological Indicators* 93 1276-1292
- Fusi A., Bacenetti J., Fiala M., Azapagic A. (2016). Life cycle environmental impacts of electricity from Biogas Produced by anaerobic Digestion. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 4 26
- Gao Z., Qian H., Cui T., Ren Z., Wang X. (2024). Comprehensive meta-analysis reveals the impact of non-biodegradable plastic pollution on methane production in anaerobic digestion. *Chemical Engineering Journal* 149703
- Garbini G.L., Grenni P., Rauseo J., Patrolecco L., Pescatore T., Spataro F., Caracciolo A.B. (2022). Insights into structure and functioning of a soil microbial community amended with cattle manure digestate and sulfamethoxazole. *Journal of Soils and Sediments*
- Garcia-Perez T., Ortiz-Ulloa J.A., Jara-Cobos L.E., Pelaez-Samaniego M.R. (2023). Adding Value to Sugarcane Bagasse Ash: Potential Integration of Biogas Scrubbing with Vinas Anaerobic Digestion. *Sustainability* 15 15218
- Gebhardt M., Lemmer A. (2022). Investigation of biogas digestate as fiber materials for composites. *Wood and Fiber Science* 54 246-256
- Gebhardt Marion, Milwich Markus, Gresser Götz T., Lemmer Andreas (2021). Impact of Long-Term Weathering on the Properties of a Digestate-Based Biocomposite. *Materials Circular Economy* 3, 25 (7 pages)
- Ghavami N., Özdenkçi K., Chianese S., Musmarra D., Blasio C.D. (2022). Process simulation of hydrothermal carbonization of digestate from energetic perspectives in Aspen Plus. *Energy Conversion and Management* 270 116215
- Golovko O., Ahrens L., Schelin J., Söregård M., Bergstrand K.-J., Asp H., Hultberg M., Wiberg K. (2022). Organic micropollutants, heavy metals and pathogens in anaerobic digestate based on food waste. *Journal of Environmental Management* 313 114997
- Gómez J.I.S., Lohmann H., Krassowski J. (2016). Determination of volatile organic compounds from biowaste and co-fermentation biogas plants by single-sorbent adsorption. *Chemosphere* 153 48-57
- Gougoulias N., Papapolymerou G., Mpesios A., Kasiteropoulou D., Metsoviti M.N., Gregoriou M. E. (2021). Effect of macronutrients and of anaerobic digestate on the heterotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* grown with glycerol. *Environmental Science and Pollution Research*
- Groth, A.; Maurer, C.; Reiser, M. & Kranert, M. (2015). Determination of methane emission rates on a biogas plant using data from laser absorption spectrometry. *Bioresource Technology* 178 359-361
- Grouiez Pascal (2021). Une analyse de filière des dynamiques de revenus de la méthanisation agricole. *Notes et Etudes Socio Economiques* 49 41-61
- Grubert E. (2020). At scale, renewable natural gas systems could be climate intensive: the influence of methane feedstock and leakage rates. *Environmental Research Letters* 15 084041
- Grubert E.A., Brandt A.R. (2019). Three considerations for modeling natural gas system methane emissions in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 222 760-767
- Guan J., Li N., Li H., Yao X., Long Y., Wang S., Ji A., Xue Y. (2023). Life Cycle Environmental and Economic Assessment of Different Biogas and Biogas Residue Operation Models. *Processes* 11 3005 (1-17)
- Guan Ruolin, Yuan Hairong, Zhang Liang, Zuo Xiaoyu, Li Xiujin (2021). Combined pretreatment using {CaO} and liquid fraction of digestate of rice straw: Anaerobic digestion performance and electron transfer. *Chinese Journal of Chemical Engineering* 36, 223-232
- Guruchandran S., Muninathan C., Ganesan N.D. (2022). Novel strategy for effective utilization of anaerobic digestate as a nutrient medium for crop production in a recirculating deep water culture hydroponics system. *Biomass Conversion and Biorefinery*
- Gustafsson J.P., Affholder M.-C., Dahlin A.S. (2024). Cadmium accumulation in soil resulting from application of biogas digestate and wood ash – Mass balance modelling. *Applied Geochemistry* 11 105951
- Hackula A., Shinde R., Hickey D., O'Shea R., Murphy J.D., Wall D.M. (2023). Two-phase anaerobic digestion for enhanced valorisation of whiskey distillery by-products. *Bioresource Technology* 383 129239
- Haffiez N., Azizi S.M.M., Zakaria B.S., Dhar B.R. (2022). Propagation of antibiotic resistance genes during anaerobic digestion of thermally hydrolyzed sludge and their correlation with extracellular polymeric substances. *Scientific Reports* 12 6749
- Häfner F., Hartung J., Möller K. (2022). Digestate Composition Affecting N Fertiliser Value and C Mineralisation. *Waste and Biomass Valorization*

- Haldar D., Bhattacharjee N., Shabbirahmed A.M., Anisha G.S., Patel A.K., Chang J.-S., Dong C.-D., Singhania R.R. (2023). Purification of biogas for methane enrichment using biomass-based adsorbents: A review. *Biomass and Bioenergy* 173 106804
- Harmsen M., Tabak C., Höglund-Isaksson L., Humpenöder F., Purohit P., van Vuuren D. (2023). Uncertainty in non-CO₂ greenhouse gas mitigation contributes to ambiguity in global climate policy feasibility. *Nature Communications* 14 2949
- Hasan M.A., Aqsha, Putra Z.A., Bilad M.R., Sapiaa N.A.H., Wirzal M.D.H., Tijani M.M. (2018). Biogas production from chicken food waste and cow manure via multi-stages anaerobic digestion. *AIP Conference Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Science and Technology (ICAST'18)* 020011
- He C., Zhao J., Wang S., Guan S., Zhang Z., Zhang Q., Pan X., Jiao Y. (2019). Ammonium bicarbonate pretreatment of corn stalk for improved methane production via anaerobic digestion: Kinetic modeling. *Bioresource Technology* 292 122052
- He Mingjing, Zhu Xiefei, Dutta Shanta, Khanal Samir Kumar, Lee Keat Teong, Masek Ondrej, Tsang Daniel C.W. (2022). Catalytic co-hydrothermal carbonization of food waste digestate and yard waste for energy application and nutrient recovery. *Bioresource Technology* **344**, 126395
- He L., Lin Z., Zhu K., Wang Y., He X., Zhou J. (2022a). Mesophilic condition favors simultaneous partial nitrification and denitrification (SPND) and anammox for carbon and nitrogen removal from anaerobic digestate food waste effluent. *Science of the Total Environment* **816** 151498
- He L., Lin Z., Zhu K., Wang Y., He X., Zhou J. (2022). Mesophilic condition favors simultaneous partial nitrification and denitrification (SPND) and anammox for carbon and nitrogen removal from anaerobic digestate food waste effluent. *Science of the Total Environment* **816** 151498
- Hewitt J., Holden M., Robinson B.L., Jewitt S., Clifford M.J. (2022). Not quite cooking on gas: Understanding biogas plant failure and abandonment in Northern Tanzania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 165 112600
- Hijazi O., Munro S., Zerhusen B., Effenberger M. (2016). Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54 1291-1300
- Holly Michael A., Larson Rebecca A., Powell J. Mark, Ruark Matthew D., Aguirre-Villegas Horacio (2017). Greenhouse gas and ammonia emissions from digested and separated dairy manure during storage and after land application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **239**, 410-419
- Holmgren M.A., Hansen M.N., Reinelt T., Westerkamp T., Jorgensen L., Scheutz C., Delre A. (2015). Measurements of methane emissions from biogas production – Data collection and comparison of measurement methods. *Technical Report Energiforsk* **158**
- Horta Carmo, Carneiro João Paulo (2021). Phosphorus Losses to Surface Runoff Waters After Application of Digestate to a Soil Over Fertilised with Phosphorus. *Water, Air, & Soil Pollution* **232**, 439-450
- Hrad M., Huber-Humer M., Reinelt T., Spangl B., Flandorfer C., Innocenti F., Yngvesson J., Fredenslund A., Scheutz C. (2022). Determination of methane emissions from biogas plants, using different quantification methods. *Agricultural and Forest Meteorology* 326 109179
- Hrad M., Piringer M., Huber-Humer M. (2015). Determining methane emissions from biogas plants – Operational and meteorological aspects. *Bioresource Technology* 191 234-243
- Hrad M., Vesenmaier A., Flandorfer C., Piringer M., Stenzel S., Huber-Humer M. (2021). Comparison of forward and backward Lagrangian transport modelling to determine methane emissions from anaerobic digestion facilities. *Atmospheric Environment X* 12 100131
- Huerta J.D., Bose A., Wall D.M., Murphy J.D., O'Shea R. (2023). Assessing the cost variability of emissions abatement in small-scale on-farm anaerobic digestion. *DeCarbon* 1 100008
- Hultberg M., Oskarsson C., Bergstrand K.-J., Asp H. (2022). Benefits and drawbacks of combined plant and mushroom production in substrate based on biogas digestate and peat. *Environmental Technology & Innovation* 28 102740
- Ingabire H., M'arimi M.M., Kiriamiti K.H., Ntambara B. (2023). Optimization of biogas production from anaerobic co-digestion of fish waste and water hyacinth. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts* 16 110
- Iocoli G.A., Zabaloy M.C., Pasdevicelli G., Gómez M.A. (2019). Use of biogas digestates obtained by anaerobic digestion and co-digestion as fertilizers: Characterization, soil biological activity and growth dynamic of *Lactuca sativa* L.. *Science of The Total Environment* 647 11-19
- Jadhav P., Krishnan S., Kamyab H., bin Khalid Z., Bhuyar P., Zularism A.W., Nasrullah M. (2024). Characterisation of synthesised trimetallic nanoparticles and its influence on anaerobic digestion of palm oil mill effluent. *Chemosphere* 346 140512
- Jasim H., Ismail Z. (2022). Biogas Recovery from Refinery Oily Sludge by Co-Digestion Followed by Sustainable Approach for Recycling the Residual Digestate in Concrete Mixes. *Advances in Science and Technology Research Journal* 16 178-191
- Jasinska A., Grosser A., Meers E. (2023). Possibilities and Limitations of Anaerobic Co-Digestion of Animal Manure—A Critical Review. *Energies* 16 3885

- Jasinska A., Prasad R., Lisiecka J., Roszak M., Stoknes K., Mleczek M., Niedzielski P. (2022). Combined Dairy Manure-Food Waste Digestate as a Medium for *Pleurotus djamor*—Mineral Composition in Substrate and Bioaccumulation of Elements in Fruiting Bodies. *Horticulturae* **8** 934
- Jelínek M., Mazancova J., Dung D.V., Phung L.D., Banout J., Roubík H. (2021). Quantification of the impact of partial replacement of traditional cooking fuels by biogas on global warming: Evidence from Vietnam. *Journal of Cleaner Production* **292** 126007
- Jensen M.B. Møller J., Mønster J., Scheutz C. (2017). Quantification of greenhouse gas emissions from a biological waste treatment facility. *Waste Management* **67** 375-384
- Johansen A., Carter M.S., Jensen E.S., Hauggard-Nielsen H., Ambus P. (2013). Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO₂ and N₂O. *Applied Soil Ecology* **63** 36-44
- Jouany J.-P. (2023). Analyse des émissions de gaz à effet de serre au cours du cycle de vie d'un méthaniseur agricole. *Revue Francophone de Développement Durable* **21**, Mars
- Juanpera M., Ferrer-Martí L., Diez-Montero R., Ferrer I., Castro L., Escalante H., Garfi M. (2022). A robust multicriteria analysis for the post-treatment of digestate from low-tech digesters. Boosting the circular bioeconomy of small-scale farms in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **166** 112638
- Karanasiou A., Angistali K., Plakas K.V., Kostoglou M., Karabelas A.J. (2023). Ammonia recovery from anaerobic-fermentation liquid digestate with vacuum membrane distillation. *Separation and Purification Technology* **314** 123602
- Karimi B., Sadet-Bourgeteau S., Cannavacciuolo M., Chauvin C., Flamin C., Haumont A., Jean-Baptiste V., Reibel A., Vrignaud G., Ranjard L. (2022). Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters* **20** 3265-3288
- Karrabi M., Ranjbar F.M., Shahnavaz B., Seyedi S. (2023). A comprehensive review on biogas production from lignocellulosic wastes through anaerobic digestion: An insight into performance improvement strategies. *Fuel* **340** 127239
- Keller A.S., Jimenez-Martinez J., Mitrano D.M. (2020). Transport of Nano- and Microplastic through Unsaturated Porous Media from Sewage Sludge Application. *Environmental Science & Technology* **54** 911-920
- Kesenheimer K., Augustin J., Hegewald H., Köbke S., Dittert K., Rübiger T., Quinones T.S., Prochnow A., Hartung J., Fuß R., Stichnothe H., Flessa H., Ruser R. (2021). Nitrification inhibitors reduce N₂O emissions induced by application of biogas digestate to oilseed rape. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **120** 99-108
- Khalil M.A.K., Rasmussen R.A., Wang M.-X., Ren L. (1990). Emissions of trace gases from Chinese rice fields and biogas generators: CH₄, N₂O, CO, CO₂, chlorocarbons, and hydrocarbons. *Chemosphere* **20** 207-226
- Khoiyangbam R.S., Kumar S., Jain M.C., Gupta N., Kumar A., Kumar V. (2004). Methane emission from fixed dome biogas plants in hilly and plain regions of northern India. *Bioresource Technology* **95** 35-39
- Khoiyangbam R.S., Kumar S., Jain M.C., Kumar A., Kumar V. (2003). Methane emission from community biogas plant at Masudpur, Delhi. *Current Science* **84**(4) 499-501
- Koblenz B., Tischer S., Rücknagel J., Christen O. (2015). Influence of biogas digestate on density, biomass and community composition of earthworms. *Industrial Crops and Products* **66** 206-209
- Koszel M., Kocira A., Lorencowicz E. (2016). The evaluation of the use of biogas plant digestate as a fertiliser in alfalfa and spring wheat cultivation. *Fresenius Environmental Bulletin* **25** 3258-3264
- Koszel M., Przywara A., Sawicki T. (2021). The evaluation of the use of biogas plant digestate as a fertiliser in field cultivation of biennial plants. *Fresenius Environmental Bulletin* **30** 4163-4169
- Kovačević D., Manojlović M., Čabilovski R., Ilić Z.S., Petković K., Štrbac M., Vijuk M. (2022). Digestate and Manure Use in Kohlrabi Production: Impact on Plant-Available Nutrients and Heavy Metals in Soil, Yield, and Mineral Composition. *Agronomy* **12** 871
- Kovačić Đurđica, Lončarić Z., Jović J., Samac D., Popović B., Tišma M. (2022). Digestate Management and Processing Practices: A Review. *Applied Sciences* **12** 9216
- Kovalev A. A., Kovalev D. A., Nozhevnikova A. N., Zhuravleva E. A., Katraeva I. V., Grigoriev V.S., Littl Yu. V. (2021). Effect of low digestate recirculation ratio on biofuel and bioenergy recovery in a two-stage anaerobic digestion process. *International Journal of Hydrogen Energy* **46**(80), 39688-39699
- Krupa S.V. (2003). Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: a review. *Environmental Pollution* **124** 179-221
- Kubar A.A., Huang Q., Kubar K.A., Khan M.A., Sajjad M., Gul S., Yang C., Wang Q., Guo G., Kubar G.M., Kubar M.I., Wahocho N.A. (2022). Ammonium and Phosphate Recovery from Biogas Slurry: Multivariate Statistical Analysis Approach. *Sustainability* **14** 5617
- Kumar S., Posmanik R., Spataro S., Ujor V.C. (2022). Repurposing anaerobic digestate for economical biomanufacturing and water recovery. *Applied Microbiology and Biotechnology*
- Kuo J., Dow J. (2017). Biogas production from anaerobic digestion of food waste and relevant air quality implications. *Journal of the Air & Waste Management Association* **67** 1000-1011

- Kvist T., Aryal N. (2019). Methane loss from commercially operating biogas upgrading plants. *Waste Management* 87 295-300
- Lajdova Z., Lajda J., Bielik P. (2016). The impact of the biogas industry on agricultural sector in Germany. *Agricultural Economics (Zemědělská ekonomika), Czech Academy of Agricultural Sciences* 62 1-8
- Lanotte H., Rossi D. (2022). Résistance éclairée et émotions Comprendre l'opposition à l'implantation d'un méthaniseur industriel par les récits de vie. *Economie Rurale* 381 21-37
- Latini A., Fiorani F., Galeffi P., Cantale C., Bevivino A., Jablonowski N.D. (2021). Phenotyping of Different Italian Durum Wheat Varieties in Early Growth Stage With the Addition of Pure or Digestate-Activated Biochars. *Frontiers in Plant Science* 12, 782072
- Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J.-P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42 S3-S15
- Le Maréchal C., Druilhe C., Repérant E., Boscher E., Rouxel S., Roux S.L., Požévara T., Ziebal C., Houdayer C., Nagard B., Barbut F., Pourcher A.-M., Denis M. (2019). Evaluation of the occurrence of sporulating and nonsporulating pathogenic bacteria in manure and in digestate of five agricultural biogas plants. *MicrobiologyOpen* 8 e872
- Le Pera A., Sellaro M., Bencivenni E. (2022). Composting food waste or digestate? Characteristics, statistical and life cycle assessment study based on an Italian composting plant. *Journal of Cleaner Production* 350 131552
- Le Pham A., Luu K.D., Duong T.T., Dinh T.M.T., Nguyen S.Q., Nguyen T.K., Duong H.C., Le Q.P.T., Le T.P. (2022). Evaluation of Microalgal Bacterial Dynamics in Pig-Farming Biogas Digestate under Impacts of Light Intensity and Nutrient Using Physicochemical Parameters. *Water* 14 2275
- Lee M.-S., Urgun-Demirtas M., Shen Y., Zumpf C., Anderson E. K., Rayburn A. L., Lee D. (2021). Effect of digestate and digestate supplemented with biochar on switchgrass growth and chemical composition. *Biomass and Bioenergy* 144, 105928
- Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften (2012). Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen
- Li C., Le-Minh N., McDonald J.A., Kinsela A.S., Fisher R.M., Liu D., Stuetz R.M. (2022). Occurrence and risk assessment of trace organic contaminants and metals in anaerobically co-digested sludge. *Science of the Total Environment* 816 151533
- Li D., Manu M., Varjani S., Wong J.W. (2022). Mitigation of NH₃ and N₂O emissions during food waste digestate composting at C/N ratio 15 using zeolite amendment. *Bioresource Technology* 359 127465
- Li F., Yuan Y., Gong P., Imazumi Y., Na R., Shimizu N. (2023). Comparative effects of mineral fertilizer and digestate on growth, antioxidant system, and physiology of lettuce under salt stress. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*
- Li H., Song X., Wu D., Wei D., Ju X. (2023). Digestate induces significantly higher N₂O emission compared to urea under different soil properties and moisture. *Environmental Research* 117617
- Li L., Geng S., Li Z., Song K. (2020). Effect of microplastic on anaerobic digestion of wasted activated sludge. *Chemosphere* 247 125874
- Li X., Zhao Q., Li L., Mei W., Wang Z., Gao Q., Wang K., Zhou H., Wei L., Jiang J. (2024). Enhanced dewaterability of food waste digestate by biochar/potassium ferrate treatments: Performance and mechanisms. *Journal of Environmental Management* 354 120268
- Li Y., Azeem M., Luo Y., Peng Y., Feng C., Li R., Peng J., Zhang L., Wang H., Zhang Z. (2022). Phosphate capture from biogas slurry with magnesium-doped biochar composite derived from Lycium chinensis branch filings: performance, mechanism, and effect of coexisting ions. *Environmental Science and Pollution Research*
- Li Y., Liu H., Li G., Luo W., Sun Y. (2018). Manure digestate storage under different conditions: Chemical characteristics and contaminant residuals. *Science of the Total Environment* 639 19-25
- Liebetrau J., Clemens J., Cuhls C., Hafermann C., Friehe J., Weiland P., Daniel-Gromke J. (2010). *Engineering in Life Sciences* 10 595-599
- Liebetrau J., Reinelt T., Clemens J., Hafermann C., Friehe J., Weiland P. (2013). Analysis of greenhouse gas emissions from 10 biogas plants within the agricultural sector. *Water Science and Technology* 67 1370-1379
- Liu D., Cen R., Yuan A., Wu M., Luo C., Chen M., Liang X., He T., Wu W., He T., Tian G. (2024). Effects of continuous low-speed biogas agitation on anaerobic digestion of high-solids pig manure: Performance and microbial community. *Journal of Environmental Management* 354 120355
- Liu P., Pan Y. (2023). The Improvement of Rice Straw Anaerobic Co-Digestion with Swine Wastewater by Solar/Fe(II)/PS Pretreatment. *Sustainability* 15 6707
- Liu Y.-C., Ramiro-Garcia J., Paulo L.M., Braguglia C.M., Gagliano M.C., O'Flaherty V. (2023). Psychrophilic and mesophilic anaerobic treatment of synthetic dairy wastewater with long chain fatty acids: Process performances and microbial community dynamics. *Bioresource Technology* 380 129124
- Lubanska A., Kazak J.K. (2023). The Role of Biogas Production in Circular Economy Approach from the Perspective of Locality. *Energies* 16 3801

- Luo Longzao, Li Miao, Luo Shuang, Awasthi Mukesh Kumar, Lin Xiaoi, Liao Xing, Peng Changsheng, Yan Binghua (2022). Enhanced removal of humic acid from piggery digestate by combined microalgae and electric field. *Bioresource Technology*, 126668
- Luo Y., Chavez-Rico V.S., Sechi V., Bezemer T.M., Buisman C.J.N., ter Heijne A. (2023). Effect of organic amendments obtained from different pretreatment technologies on soil microbial community. *Environmental Research* 232 116346
- Lwanga E.H., Gertsen H., Gooren H., Peters P., Salánki T., van der Ploeg M., Besseling E., Koelmans A.A., Geissen V. (2016). Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology* 50 2685-2691
- Lwiza F., Mugisha J., Walekhwa P.N., Smith J., Balana B. (2017). Dis-adoption of Household Biogas technologies in Central Uganda. *Energy for Sustainable Development* 37 124-132
- Lyng K.-A., Modahl I.S., Møller H., Morken J., Briseid T., Hanssen O.J. (2015). The BioValueChain model: a Norwegian model for calculating environmental impacts of biogas value chains. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20 490-502
- Ma S., Li L., Ren X., Zhu W., Wang H. (2022). A green pretreatment strategy using CO₂ and acidogenesis liquid digestate as reagents for biomethane enhancement from corn stover. *Industrial Crops and Products* 189 115844
- Malabad A.M., Zapata-Carbonell J., Maurice N., Ciadamidaro L., Pfendler S., Tatin-Froux F., Ferrarini A., Fornasier F., Toussaint M.-L., Parelle J., Chalot M. (2022). Digestate improved birch (*Betula pendula*) growth and reduced leaf trace element contents at a red gypsum landfill. *Ecological Engineering* 185 106815
- Maldaner L., Wagner-Riddle C. VanderZaag A.C., Gordon R., Duke C. (2018). Methane emissions from storage of digestate at a dairy manure biogas facility. *Agricultural and Forest Meteorology* 258 96-107
- Mang S.M., Trotta V., Scopa A., Camele I. (2022). Metagenomic Analysis of Bacterial Community Structure and Dynamics of a Digestate and a More Stabilized Digestate-Derived Compost from Agricultural Waste. *Processes* 10 379
- Manthos G., Zagklis D., Zafiri C., Kornaros M. (2024). Techno-Economic Assessment of Anaerobic Digestion for Olive Oil Industry Effluents in Greece. *Sustainability* 16 1886
- Manu M.K., Wang C., Li D., Varjani S., Wong J.W.C. (2022). Impact of zeolite amendment on composting of food waste digestate. *Journal of Cleaner Production* 133408
- Matin H.H.A., Syafrudin S., Suherman S. (2022). Effect of Cow Manure on Biogas Production Based on Rice Husk Waste in SSAD Conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1098 012075
- Mazurkiewicz J., Sidoruk P., Dach J., Szumacher-Strabel M., Lechniak D., Galama P., Kuipers A., Antkowiak I.R., Cieslak A. (2023). Leverage of Essential Oils on Faeces-Based Methane and Biogas Production in Dairy Cows. *Agriculture* 13 1944
- Mbah J.T., Chmist-Sikorska J., Szoszkiwicz K., Czekala W. (2021). The effects of inflow of agricultural biogas digestate on bivalves' behavior. *Environmental Science and Pollution Research* 28 67385-67393
- Mbareche, Veillette, Dubuis, Bakhiyi, Marchand, Zayed, Lavoie, Bilodeau, Duchaine (2018). Fungal bioaerosols in biomethanization facilities. *Journal of the Air & Waste Management Association* 68 1198
- Mendoza-Tinoco T.P., Sánchez-Vázquez V., del Carmen Fajardo-Ortiz M., González I., Beristain-Cardoso R. (2023). How does a low-magnitude electric field influence anaerobic digestion in wastewater treatment? A review. *Chemosphere* 325 138402
- Meng X., Ma C., Petersen S.O. (2022). Sensitive control of N₂O emissions and microbial community dynamics by organic fertilizer and soil interactions. *Biology and Fertility of Soils* 58 771-788
- Merico E., Grasso F.M., Cesari D., Decesari S., Belosi F., Manarini F., Nuntii P.D., Rinaldi M., Gambaro A., Morabito E., Contini D. (2020). Characterisation of atmospheric pollution near an industrial site with a biogas production and combustion plant in southern Italy. *Science of The Total Environment* 717 137220
- Meyer-Aurich A., Schattauer A., Hellebrand H.J., Klauss H., Plöchl M., Berg W. (2012). Impact of uncertainties on greenhouse gas mitigation potential of biogas production from agricultural resources. *Renewable Energy* 37 277-284
- Meyer-Aurich A., Lochmann Y., Klauss H., Prochnow A. (2016). Comparative Advantage of Maize- and Grass-Silage Based Feedstock for Biogas Production with Respect to Greenhouse Gas Mitigation. *Sustainability* 8 617
- Mickan B.S., Ren A.-T., Buhmann C.H., Ghadouani A., Solaiman Z.M., Jenkins S., Pang J., Ryan M.H. (2022). Closing the circle for urban food waste anaerobic digestion: The use of digestate and biochar on plant growth in potting soil. *Journal of Cleaner Production* 347 131071
- Mo Z., Tan Z., Liang J., Zhang L., Li C., Huang S., Sun S., Sun Y. (2023). Iron-rich digestate biochar toward sustainable peroxymonosulfate activation for efficient anaerobic digestate dewaterability. *Journal of Hazardous Materials* 443 130200
- Moinard V., Redondi C., Etiévant V., Savoie A., Duchene D., Pelosi C., Houot S., Capowiez Y. (2021). Short- and long-term impacts of anaerobic digestate spreading on earthworms in cropped soils. *Applied Soil Ecology* 168 104149

- Molino G., Gandiglio M., Fiorilli S., Lanzini A., Drago D., Papurello D. (2022). Design and Performance of an Adsorption Bed with Activated Carbons for Biogas Purification. *Molecules* 27 7882
- Mønster J., Kjeldsen P., Scheutz C. (2019). Methodologies for measuring fugitive methane emissions from landfills – A review. *Waste Management* 87 835-859
- Mønster J., Samuelsson J., Kjeldsen P., Scheutz C. (2015). Quantification of methane emissions from 15 Danish landfills using the mobile tracer dispersion method. *Waste Management* 35 177-186
- Moreno V.C., Cozzani V. (2015). Major accident hazard in bioenergy production. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 35 135-144
- Moreno V.C., Papisidero S., Scarponi G.E., Guglielmi D., Cozzani V. (2016). Analysis of accidents in biogas production and upgrading. *Renewable Energy* 96 1127-1134
- Morey L., Fernández B., Tey L., Biel C., Robles-Aguilar A., Meers E., Soler J., Porta R., Cots M., Riau V. (2023). Acidification and solar drying of manure-based digestate to produce improved fertilizing products. *Journal of Environmental Management* 336 117664
- Mothe S., Sukesh M.J., Rao P.V., Sridhar P. (2024). Rice straw anaerobic co-digestion: Comparing various pre-treatment techniques to enhance biogas production. *Bioresource Technology Reports* 101788
- Moure-Abelenda A., Semple K.T., Herbert B.M.J., Aggidis G., Aiouache F. (2022). Dataset on the solid-liquid separation of anaerobic digestate by means of wood ash-based treatment. *Data in Brief* 44 108536
- Nag R., Whyte P., Markey B.K., O'Flaherty V., Bolton D., Fenton O., Richards K.G., Cummins E. (2020). Ranking hazards pertaining to human health concerns from land application of anaerobic digestate. *Science of The Total Environment* 710 136297
- Nag R., Auer A., Nolan S., Russell L., Markey B.K., Whyte P., O'Flaherty V., Bolton D., Fenton O., Richards K.G., Cummins E. (2021). Evaluation of pathogen concentration in anaerobic digestate using a predictive modelling approach (ADRISK). *Science of The Total Environment* 800 149574
- Naja G.M., Alary R., Bajeat P., Bellenfant G., Godon J.-J., Jaeg J.-P., Keck G., Lattes A., Leroux C., Modelon H., Moletta-Denat M., Ramalho O., Rousselle C., Wenisch S., Zdanevitch I. (2011). Assessment of biogas potential hazards. *Renewable Energy* 36 3445-3451
- Nascimento G., Villegas D., Cantero-Martinez C. (2023). Crop diversification and digestate application effect on the productivity and efficiency of irrigated winter crop systems. *European Journal of Agronomy* 148 126873
- Natalio A.I.M., Back M., Richards A., Jeffery S. (2021). The effects of saline toxicity and food-based AD digestate on the earthworm *Allolobophora chlorotica*. *Geoderma* 393 115005
- Ndiaye N.A., Maiguizo-Diagne H., Diadhio H.D., Ndiaye W.N., Diedhiou F., Cournac L., Gaye M.L., Fall S., Brehmer P. (2020). Methanogenic and fertilizing potential of aquaculture waste: towards freshwater farms energy self-sufficiency in the framework of blue growth. *Reviews in Aquaculture* 12 1435-1444
- Nesse A.S., Aanrud S.G., Lyche J.L., Sogn T., Kallenborn R. (2022). Confirming the presence of selected antibiotics and steroids in Norwegian biogas digestate. *Environmental Science and Pollution Research*
- Nguyen V.H., Topno S., Balingbing C., Nguyen V.C.N., Röder M., Quilty J., Jamieson C., Thornley P., Gummert M. (2016). Generating a positive energy balance from using rice straw for anaerobic digestion. *Energy Reports* 2 117-122
- Nikolaidou C., Mola M., Papakostas S., Aschonitis V. G., Monokrousos N., Kougias P.G. (2024). The effect of anaerobic digestate as an organic soil fertilizer on the diversity and structure of the indigenous soil microbial and nematode communities. *Environmental Science and Pollution Research*
- Nkoa R. (2014). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34 473-492
- Nnorom M.-A., Saroj D., Avery L., Hough R., Guo B. (2023). A review of the impact of conductive materials on antibiotic resistance genes during the anaerobic digestion of sewage sludge and animal manure. *Journal of Hazardous Materials* 446 130628
- Nurgaliev T., Koshelev V., Müller J. (2022). Simulation Model for Biogas Project Efficiency Maximization. *BioEnergy Research*
- Nweke C.N., Nwabanne J.T. (2021). Anaerobic Digestion of Yam Peel for Biogas Production: A Kinetic Study. *Journal of Engineering and Applied Sciences* 18 275-286
- O'Connor J., Mickan B.S., Siddique K.H.M., Rinklebe J., Kirkham M.B., Bolan N.S. (2022). Physical, chemical, and microbial contaminants in food waste management for soil application: A review. *Environmental Pollution* 300 118860
- O'Shea R., Lin R., Wall D.M., Browne J.D., Murphy J.D. (2022). A comparison of digestate management options at a large anaerobic digestion plant. *Journal of Environmental Management* 317 115312
- Olugbemide A.D., Likozar B. (2022). Assessment of Liquid and Solid Digestates from Anaerobic Digestion of Rice Husk as Potential Biofertilizer and Nutrient Source for Microalgae Cultivation. *Processes* 10 1007
- Orner K.D., Smith S., Nordahl S., Chakrabarti A., Breunig H., Scown C.D., Leverenz H., Nelson K.L., Horvath A. (2022). Environmental and Economic Impacts of Managing Nutrients in Digestate Derived from Sewage Sludge and High-Strength Organic Waste. *Environmental Science & Technology* 56 17256-17265

- Otto P., Alipoursarbani M., Torrent D., Latorre-Pérez A., Paust T., Albert A., Abendroth C. (2023). Microbiome Characterization after Aerobic Digestate Reactivation of Anaerobically Digested Sewage Sludge. *Fermentation* 9 471
- Owamah H.I., Dahunsi S.O., Oranusi U.S., Alfa M.I. (2014). Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste Management* 34 747-752
- Pajak M., Brus G., Kimijima S., Szmyd J.S. (2023). Enhancing Hydrogen Production from Biogas through Catalyst Rearrangements. *Energies* 16 4058
- Palakodeti A., Azman S., Dewil R., Appels L. (2022). Ammonia Recovery from Organic Waste Digestate via Gas-Liquid Stripping: Application of the Factorial Design of Experiments and Comparison of the Influence of the Stripping Gas. *Sustainability* 14 17000
- Paolini V., Petracchini F., Segreto M., Tomassetti L., Naja N., Cecinato A. (2018). Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 53 899-906
- Paramonova K., Mazancová J., Roubíř H. (2023). Dis-adoption of small-scale biogas plants in Vietnam: what is their fate? *Environmental Science and Pollution Research* 30 2329-2339
- Pasciucco F., Francini G., Pecorini I., Baccioli A., Lombardi L., Ferrari L. (2023). Valorization of biogas from the anaerobic co-treatment of sewage sludge and organic waste: Life cycle assessment and life cycle costing of different recovery strategies. *Journal of Cleaner Production* 401 136762
- Pastorelli R., Casagli A., Rocchi F., Tampio E., Laaksonen I., Becagli C., Lagomarsino A. (2024). Effects of Anaerobic Digestates and Biochar Amendments on Soil Health, Greenhouse Gas Emissions, and Microbial Communities: A Mesocosm Study. *Applied Sciences* 14 1917
- Pawlak-Kruczek H., Urbanowska A., Niedzwiecki L., Czerep M., Baranowski M., Aragon-Briceño C., Kabsch-Korbutowicz M., Arora A., Seruga P., Wnukowski M., Mularski J., Bramer E., Brem G., Pozarlik A. (2023). Hydrothermal Carbonisation as Treatment for Effective Moisture Removal from Digestate—Mechanical Dewatering, Flashing-Off, and Condensates' Processing. *Energies* 16 5102
- Peng W., Wang Z., Shu Y., Lü F., Zhang H., Shao L., He P. (2022). Fate of a biobased polymer via high-solid anaerobic co-digestion with food waste and following aerobic treatment: Insights on changes of polymer physicochemical properties and the role of microbial and fungal communities. *Bioresour. Technol.* 343 126079
- Peng W., Zhang H., Lü F., Shao L., He P. (2022). From food waste and its digestate to nitrogen self-doped char and methane-rich syngas: Evolution of pyrolysis products during autogenic pressure carbonization. *Journal of Hazardous Materials* 424 127249
- Perazzolo F., Mattachini G., Tambone F., Calcante A., Provolo G. (2016). Nutrient losses from cattle co-digestate slurry during storage. *Journal of Agricultural Engineering* 47 94
- Petraityte D., Arlauskienė A., Ceseviciene J. (2022). Use of Digestate as an Alternative to Mineral Fertilizer: Effects on Soil Mineral Nitrogen and Winter Wheat Nitrogen Accumulation in Clay Loam. *Agronomy* 12 402
- Petrova I.P., Pekrun C., Möller K. (2021). Organic Matter Composition of Digestates Has a Stronger Influence on N₂O Emissions than the Supply of Ammoniacal Nitrogen. *Agronomy* 11 2215
- Piccoli I., Francioso O., Camarotto C., Vedove G.D., Lazzaro B., Giandon P., Morari F. (2022). Assessment of the Short-Term Impact of Anaerobic Digestate on Soil C Stock and CO₂ Emissions in Shallow Water Table Conditions. *Agronomy* 12 504
- Piccoli I., Grillo F., Longo M., Furlanetto I., Ragazzi F., Obber S., Bonato T., Meneghetti F., Ferlito J., Saccardo L., Morari F. (2023). A farm-scale sustainability assessment of the anaerobic digestate application methods. *European Journal of Agronomy* 146 126811
- Pivato A., Vanin S., Raga R., Lavagnolo M.C., Barausse A., Rieple A., Laurent A., Cossu R. (2016). Use of digestate from a decentralized on-farm biogas plant as fertilizer in soils: An ecotoxicological study for future indicators in risk and life cycle assessment. *Waste Management* 49 378-389
- Pivato A., Lavagnolo M.C., Manachini B., Raga R., Beggio G., Vanin S. (2018). Acute toxicity tests using earthworms to estimate ecological quality of compost and digestate. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 20 552-560
- Pizzera A., Scaglione D., Bellucci M., Marazzi F., Mezzanotte V., Parati K., Ficara E. (2019). Digestate treatment with algae-bacteria consortia: A field pilot-scale experimentation in a sub-optimal climate area. *Bioresour. Technol.* 274 232-243
- Platen R., Glemnitz M. (2016). Does digestate from biogas production benefit to the numbers of springtails (Insecta: Collembola) and mites (Arachnida: Acari)? *Industrial Crops and Products* 85 74-83
- Pleissner D., Händel N. (2023). Reduction of the Microbial Load of Digestate by the Cultivation of *Galdieria sulphuraria* Under Acidic Conditions. *Waste and Biomass Valorization*
- Pommeresche R., Løes A.-K., Torp T. (2017). Effects of animal manure application on springtails (Collembola) in perennial ley. *Applied Soil Ecology* 110 137-145
- Przygocka-Cyna K., Grzebisz W. (2018). Biogas digestate – benefits and risks for soil fertility and crop quality – an evaluation of grain maize response. *Open Chemistry* 16 258-271

- Przygocka-Cyna K., Grzebisz W. (2020). The Multifactorial Effect of Digestate on the Availability of Soil Elements and Grain Yield and Its Mineral Profile—The Case of Maize. *Agronomy* 10 275
- Purohit P., Kandpal T.C. (2007). Techno-economics of biogas-based water pumping in India: An attempt to internalize CO₂ emissions mitigation and other economic benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 1208-1226
- Ramirez-Islas M.E., Güereca L.P., Sosa-Rodriguez F.S., Cobos-Peralta M.A. (2020). Environmental assessment of energy production from anaerobic digestion of pig manure at medium-scale using life cycle assessment. *Waste Management* 102 85-96
- Ran Y., Bai X., Long Y., Ai P. (2022). Yield and Quality of Rice under the Effects of Digestate Application. *Agriculture* 12 514
- Ravina M., Genon G. (2015). Global and local emissions of a biogas plant considering the production of biomethane as an alternative end-use solution. *Journal of Cleaner Production* 102 115-126
- Reinelt T., Liebetrau J., Nelles M. (2016). Analysis of operational methane emissions from pressure relief valves from biogas storages of biogas plants. *Bioresource Technology* 217 257-264
- Reinelt T., Delre A., Westerkamp T., Holmgren M.A., Liebetrau J., Scheutz C. (2017). Comparative use of different emission measurement approaches to determine methane emissions from a biogas plant. *Waste Management* 68 173-185
- Reinelt T., Liebetrau J. (2020). Monitoring and Mitigation of Methane Emissions from Pressure Relief Valves of a Biogas Plant. *Chemical Engineering & Technology* 43 7-18
- Reinelt T., McCabe B.K., Hill A., Harris P., Baillie C., Liebetrau J. (2022). Field measurements of fugitive methane emissions from three Australian waste management and biogas facilities. *Waste Management* 137 294-303
- Reuland G., Sigurnjak I., Dekker H., Sleutel S., Meers E. (2022). Assessment of the Carbon and Nitrogen Mineralisation of Digestates Elaborated from Distinct Feedstock Profiles. *Agronomy* 12 456
- Reza, M. T.; Coronella, C.; Holtman, K. M.; Franqui-Villanueva, D. & Poulson, S. R. (2016). Hydrothermal Carbonization of Autoclaved Municipal Solid Waste Pulp and Anaerobically Treated Pulp Digestate. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 4 3649-3658
- Riaño B., Molinuevo-Salces B., Vanotti M.B., Garcia-González M.C. (2021). Ammonia Recovery from Digestate Using Gas-Permeable Membranes: A Pilot-Scale Study. *Environments* 8 133
- Ricco C.R., Finzi A., Guido V., Riva E., Ferrari O., Provolo G. (2021). Evaluation of ammonia emissions from filtration of digestate used for fertigation. *Journal of Agricultural Engineering* 52 1187
- Riewklang K., Polprasert C., Nakason K., Polprasert S., Kwonpongsagoon S., Mahasandana S., Panyapinyopol B. (2023). Enhancing chemical phosphorus precipitation from tapioca starch anaerobic digestion effluent in a modified pilot-scale fluidized bed reactor. *Environmental Research* 231 116277
- Risberg K., Cederlund H., Pell M., Arthurson V., Schnürer A. (2017). Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure – Chemical composition and effects on soil microbial activity. *Waste Management* 61 529-538
- Rivera F., Muñoz R., Prádanos P., Hernández A., Palacio L. (2022). A Systematic Study of Ammonia Recovery from Anaerobic Digestate Using Membrane-Based Separation. *Membranes* 12 19
- Rivera-Montenegro L., Valenzuela E.I., González-Sánchez A., Muñoz R., Quijano G. (2022). Volatile Methyl Siloxanes as Key Biogas Pollutants: Occurrence, Impacts and Treatment Technologies. *BioEnergy Research*
- Rizzioli F., Bertasini D., Bolzonella D., Frison N., Battista F. (2023). A critical review on the techno-economic feasibility of nutrients recovery from anaerobic digestate in the agricultural sector. *Separation and Purification Technology* 306 122690
- Rollett A.J., Bhogal A., Nicholson J.S.F.A., Taylor M.J., Williams J.R. (2021). The effect of field application of food-based anaerobic digestate on earthworm populations. *Soil Use and Management* 37 648-657
- Romanowska-Duda Z., Janas R., Grzesik M., van Duijn B. (2023). Valorization of sorghum ash with digestate and biopreparations in the development biomass of plants in a closed production system of energy. *Scientific Reports* 13 18604
- Ross C.-L., Wilken V., Krück S., Nielsen K., Sensel-Gunke K., Ellmer F. (2017). Assessing the impact of soil amendments made of processed biowaste digestate on soil macrofauna using two different earthworm species. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63 1939-1950
- Rossi G., Beni C., Benedetti A., Felici B., Neri U. (2023). Effect of Mineral or OFMSW Digestate Fertilization on Ryegrass and Nitrogen Leaching. *Agronomy* 13 1316
- Russell L., Whyte P., Zintl A., Gordon S.V., Markey B., de Waal T., Nolan S., O’Flaherty V., Abram F., Richards K., Fenton O., Bolton D. (2022). The Survival of Salmonella senftenberg, Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes, Enterococcus faecalis and Clostridium sporogenes in Sandy and Clay Loam Textured Soils When Applied in Bovine Slurry or Unpasteurised Digestate and the Run-Off Rate for a Test Bacterium, Listeria innocua, When Applied to Grass in Slurry and Digestate. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6 806920

- Sailer G., Comi J., Empl F., Silberhorn M., Heymann V., Bosilj M., Ouardi S., Pelz S., Müller J. (2022). Hydrothermal Treatment of Residual Forest Wood (Softwood) and Digestate from Anaerobic Digestion—Influence of Temperature and Holding Time on the Characteristics of the Solid and Liquid Products. *Energies* **15** 3738
- Saju A., Ryan D., Sigurnjak I., Germaine K., Dowling D.N., Meers E. (2022). Digestate-Derived Ammonium Fertilizers and Their Blends as Substitutes to Synthetic Nitrogen Fertilizers. *Applied Sciences* **12** 3787
- Salomon E., Tidåker P., Bergström Nilsson S. (2022). Flows and budgets of nutrients and potentially toxic elements on four Swedish organic farms using digestate from agricultural residues. *Organic Agriculture* **12** 279-292
- Samoraj M., Mironiuk M., Izydorczyk G., Witek-Krowiak A., Szopa D., Moustakas K., Chojnacka K. (2022). The challenges and perspectives for anaerobic digestion of animal waste and fertilizer application of the digestate. *Chemosphere* **295** 133799
- Samuelsson, J.; Delre, A.; Tumlin, S.; Hadi, S.; Offerle, B. & Scheutz, C. (2018). Optical technologies applied alongside on-site and remote approaches for climate gas emission quantification at a wastewater treatment plant. *Water Research* **131** 299-309
- Sánchez-Martín L., Romero M.O., Llamas B., del Carmen Suárez Rodríguez M., Mora P. (2023). Cost Model for Biogas and Biomethane Production in Anaerobic Digestion and Upgrading. Case Study: Castile and Leon. *Materials* **16** 359
- Sánchez-Quintero Á., Leca M.-A., Bennici S., Limousy L., Monlau F., Beigbeder J.-B. (2023). Treatment and Valorization of Agro-Industrial Anaerobic Digestate Using Activated Carbon Followed by *Spirulina platensis* Cultivation. *Sustainability* **15** 4571
- Savoie J.-M., Vedier R., Blanc F., Minvielle N., Rousseaut T., Delgenès J.-P. (2011). Biomethane digestate from horse manure, a new waste usable in compost for growing the button mushroom, *Agaricus bisporus*? *Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7) 2011*
- Schaum C., Fundneider T., Cornel P. (2016). Analysis of methane emissions from digested sludge. *Water Science and Technology* **73** 1599-1607
- Scheutz C., Fredenslund A.M. (2019). Total methane emission rates and losses from 23 biogas plants. *Waste Management* **97** 38-46
- Searchinger T., James O., Dumas P., Kastner T., Wirseniuss S. (2022). EU climate plan sacrifices carbon storage and biodiversity for bioenergy. *Nature* **612** 27-30
- Sempere F., Sánchez C., Baeza-Serrano Á., Montoya T. (2022). Anoxic desulphurisation of biogas from full-scale anaerobic digesters in suspended biomass bioreactors valorising previously nitrified digestate centrate. *Journal of Hazardous Materials* **439** 129641
- Shao Z., Chen H., Zhao Z., Yang Z., Qiu L., Guo X. (2022). Combined effects of liquid digestate recirculation and biochar on methane yield, enzyme activity, and microbial community during semi-continuous anaerobic digestion. *Bioresource Technology* **364** 128042
- Shapovalov Y.B., Usenko S.A., Salyuk A.I., Tarasenko R.A., Shapovalov V.B. (2022). Sustainability of biogas production: using of Shelford's law. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **1049** 012023
- Shevidi A., Lizasoain J., Wlcek B., Frühauf S., Gronauer A., Bauer A. (2023). Biogas Production from Steam-Exploded Maize Stover: Results from Continuous Anaerobic Tank Bioreactor Tests. *Fermentation* **9** 339
- Skrzypczak D., Trzaska K., Mikula K., Gil F., Izydorczyk G., Mironiuk M., Polomska X., Moustakas K., Witek-Krowiak A., Chojnacka K. (2023). Conversion of anaerobic digestates from biogas plants: Laboratory fertilizer formulation, scale-up and demonstration of applicative properties on plants. *Renewable Energy* **203** 506-517
- Slameršak A., Kallis G., O'Neill D.W. (2022). Energy requirements and carbon emissions for a low-carbon energy transition. *Nature Communications* **13** 6932
- Slepeliene A., Kochiieru M., Jurgutis L., Mankeviciene A., Skersiene A., Belova O. (2022). The Effect of Anaerobic Digestate on the Soil Organic Carbon and Humified Carbon Fractions in Different Land-Use Systems in Lithuania. *Land* **11** 133
- Slepeliene A., Kochiieru M., Skersiene A., Mankeviciene A., Belova O. (2022a). Changes in Stable Organic Carbon in Differently Managed Fluvisol Treated by Two Types of Anaerobic Digestate. *Energies* **15** 5876
- Soltanzadeh A., Mahdinia M., Golmohammadpour H., Pournabaki R., Mohammad-Ghasemi M., Sadeghi-Yarandi M. (2022). Evaluating the potential severity of biogas toxic release, fire and explosion: consequence modeling of biogas dispersion in a large urban treatment plant. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 1-12
- Song S., Lim J.W., Lee J.T.E., Cheong J.C., Hoy S.H., Hu Q., Tan J.K.N., Chiam Z., Arora S., Lum T.Q.H., Lim E.Y., Wang C.-H., Tan H.T.W., Tong Y.W. (2021). Food-waste anaerobic digestate as a fertilizer: The agronomic properties of untreated digestate and biochar-filtered digestate residue. *Waste Management* **136** 143-152
- Steinbrecher T., Bonk F., Scherzinger M., Lütke O., Kaltschmitt M. (2022). Fractionation of Lignocellulosic Fibrous Straw Digestate by Combined Hydrothermal and Enzymatic Treatment. *Energies* **15** 6111

- Steiner T., Leitner L., Zhang Y., Möller J.N., Löder M.G.J., Greiner A., Laforsch C., Freitag R. (2024). Detection and specific chemical identification of submillimeter plastic fragments in complex matrices such as compost. *Scientific Reports* **14** 2282
- Stolecka Katarzyna, Rusin Andrzej (2021). Potential hazards posed by biogas plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **135** 110225
- Studer I., Boeker C., Geist J. (2017). Physicochemical and microbiological indicators of surface water body contamination with different sources of digestate from biogas plants. *Ecological Indicators* **77** 314-322
- Suksaroj C., Jearat K., Cherypiew N., Rattanapan C., Suksaroj T.T. (2023). Promoting Circular Economy in the Palm Oil Industry through Biogas Codigestion of Palm Oil Mill Effluent and Empty Fruit Bunch Pressed Wastewater. *Water* **15** 2153
- Sumardiono S., Matin H.H.A., Hartono I.I., Choiruly L., Budiyo (2022). Biogas production from corn stalk as agricultural waste containing high cellulose material by anaerobic process. *Materials Today: Proceedings* **63** S477-S483
- Sun H., Bjerketorp J., Levenfors J.J., Schnürer A. (2020). Isolation of antibiotic-resistant bacteria in biogas digestate and their susceptibility to antibiotics. *Environmental Pollution* **266** 115265
- Sun Z.-F., Zhao L., Wu K.-K., Wang Z.-H., Wu J.-T., Chen C., Yang S.-S., Wang A.-J., Ren N.-Q. (2022). Overview of recent progress in exogenous hydrogen supply biogas upgrading and future perspective. *Science of The Total Environment* **848** 157824
- Szymanska M., Ahrends H.E., Srivastava A.K., Sosulski T. (2022). Anaerobic Digestate from Biogas Plants—Nuisance Waste or Valuable Product? *Applied Sciences* **12** 4052
- Tallou A., Aziz F., Garcia A.J., Salcedo F.P., Minaoui F.E.E., Amir S. (2022). Bio-fertilizers issued from anaerobic digestion for growing tomatoes under irrigation by treated wastewater: targeting circular economy concept. *International Journal of Environmental Science and Technology* **19** 2379-2388
- Tamburini E., Gaglio M., Castaldelli G., Fano E.A. (2020). Is Bioenergy Truly Sustainable When Land-Use-Change (LUC) Emissions Are Accounted for? The Case-Study of Biogas from Agricultural Biomass in Emilia-Romagna Region, Italy. *Sustainability* **12** 3260
- Tampio E., Laaksonen I., Rimhanen K., Honkala N., Laakso J., Soine H., Rasa K. (2024). Effect of manure co-digestion on methane production, carbon retention, and fertilizer value of digestate. *Science of The Total Environment* **927** 172083
- Tan V.W.G., Chan Y.J., Arumugasamy S.K., Lim J.W. (2023). Optimizing biogas production from palm oil mill effluent utilizing integrated machine learning and response surface methodology framework. *Journal of Cleaner Production* **414** 137575
- Tang K.H.D. (2024). Occurrence and Fate of Microplastics in Anaerobic Digestion of Dewatered Sludge. In “*Management of Micro and Nano-plastics in Soil and Biosolids*”, Springer Nature Switzerland 325-341
- Tauber J., Parravicini V., Svardal K., Krampe J. (2019). Quantifying methane emissions from anaerobic digesters. *Water Science and Technology* **80** 1654-1661
- Tawfik A., Eraky M., Alhajeri N.S., Osman A.I., Rooney D.W. (2022). Cultivation of microalgae on liquid anaerobic digestate for depollution, biofuels and cosmetics: a review. *Environmental Chemistry Letters*
- Techniques de l'Ingénieur (2012). La biomasse pourrait menacer les objectifs de réduction de CO2 de l'UE. 17 avril 2012 <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/la-biomasse-pourrait-menacer-les-objectifs-de-reduction-de-co2-de-lue-6828/>
- Thapa Ajay, Park Jun-Gyu, Yang Hyeon-Myeong, Jun Hang-Bae (2021). In-situ biogas upgrading in an anaerobic trickling filter bed reactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **9(6)**, 106780
- Thomsen I.K., Olesen J.E., Møller H.B., Sørensen P., Christensen B.T. (2013). Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biology and Biochemistry* **58** 82-87
- Tigrini V., Franchino M., Bona F., Varese G.C. (2016). Is digestate safe? A study on its ecotoxicity and environmental risk on a pig manure. *Science of The Total Environment* **551-552** 127-132
- Trávníček P., Kotek L. (2015). Risks associated with the production of biogas in Europe. *Process Safety Progress* **34** 172-178
- Trávníček P., Kotek L., Junga P. (2017). Modelling of Consequences of Biogas Leakage from Gasholder. *Journal of Central European Agriculture, Journal of Central European Agriculture* **18** 15-28
- Trom, D. (1999). De la réfutation de l'effet NIMBY considérée comme une pratique militante. Notes pour une approche pragmatique de l'activité revendicative. *Revue française de science politique* **49** 31-50
- Tsachidou B., Scheuren M., Gennen J., Debbaut V., Toussaint B., Hissler C., George I., Delfosse P. (2019). Biogas residues in substitution for chemical fertilizers: A comparative study on a grassland in the Walloon Region. *Science of The Total Environment* **666** 212-225
- Tsapekos P., Khoshnevisan B., Zhu X., Treu L., Alfaro N., Kougias P.G., Angelidaki I. (2022). Lab- and pilot-scale anaerobic digestion of municipal bio-waste and potential of digestate for biogas upgrading sustained by microbial analysis. *Renewable Energy* **201** 344-353

- Tshikalange B., Ololade O., Jonas C., Bello Z.A. (2022). Effectiveness of cattle dung biogas digestate on spinach growth and nutrient uptake. *Heliyon* 8(3) e09195
- Ulukardesler A.H. (2023). Anaerobic co-digestion of grass and cow manure: kinetic and GHG calculations. *Scientific Reports* 13 6320
- Uzinger N., Szécsy O., Szucs-Vásárhelyi N., Padra I., Sándor D.B., Lončarić Z., Draskovits E., Rékási M. (2021). Short-Term Decomposition and Nutrient-Supplying Ability of Sewage Sludge Digestate, Digestate Compost, and Vermicompost on Acidic Sandy and Calcareous Loamy Soils. *Agronomy* 11 2249
- Valenti G., Arcidiacono A., Ruiz J.A.N. (2016). Assessment of membrane plants for biogas upgrading to biomethane at zero methane emission. *Biomass and Bioenergy* 85 35-47
- Van Midden C., Harris J., Shaw L., Sizmur T., Pawlett M. (2023). The impact of anaerobic digestate on soil life: A review. *Applied Soil Ecology* 191 105066
- Van Puffelen J.L., Brienza C., Regelink I., Sigurnjak I., Adani F., Meers E., Schoumans O. (2022). Performance of a full-scale processing cascade that separates agricultural digestate and its nutrients for agronomic reuse. *Separation and Purification Technology* 297 121501
- Van Vlierberghe C., Escudié R., Bernet N., Santa-Catalina G., Frederic S., Carrere H. (2022). Conditions for efficient alkaline storage of cover crops for biomethane production. *Bioresource Technology* 348 126722
- Vargas-Estrada L., Hoyos E.G., Méndez L., Sebastian P.J., Muñoz R. (2023). Boosting photosynthetic biogas upgrading via carbon-coated zero-valent iron nanoparticle addition: A pilot proof of concept study. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 31 100952
- Vautrin F., Piveteau P., Cannavacciuolo M., Barré P., Chauvin C., Villenave C., Cluzeau D., Hoeffner K., Mulliez P., Jean-Baptiste V., Vrignaud G., Tripied J., Dequiedt S., Maron P., Ranjard L., Sadet-Bourgeteau S. (2024). The short-term response of soil microbial communities to digestate application depends on the characteristics of the digestate and soil type. *Applied Soil Ecology* 193 105105
- Velechovský J., Malík M., Kaplan L., Tlustoš P. (2021). Application of Individual Digestate Forms for the Improvement of Hemp Production. *Agriculture* 11 1137
- Vergote T.L.I., Bode S., Dobbelaere A.E.J.D., Buysse J., Meers E., Volcke E.I.P. (2020). Monitoring methane and nitrous oxide emissions from digestate storage following manure mono-digestion. *Biosystems Engineering* 196 159-171
- Vitti A., Elshafie H.S., Logozzo G., Marzario S., Scopa A., Camele I., Nuzzaci M. (2021). Physico-Chemical Characterization and Biological Activities of a Digestate and a More Stabilized Digestate-Derived Compost from Agro-Waste. *Plants* 10 386
- Vu Q.D., de Neergaard A., Tran T.D., Hoang Q.Q., Ly P., Tran T.M., Jensen L.S. (2015). Manure, biogas digestate and crop residue management affects methane gas emissions from rice paddy fields on Vietnamese smallholder livestock farms. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 103 329-346
- 141** 231-239
- Vuolo M.R., Acutis M., Tyagi B., Boccasile G., Perego A., Pelissetti S. (2023). Odour Emissions and Dispersion from Digestate Spreading. *Atmosphere* 14 619
- Wang D.-H., Zhu M.-Y., Lian S.-J., Zou H., Fu S.-F., Guo R.-B. (2022). Conversion of Renewable Biogas into Single-Cell Protein Using a Combined Microalga- and Methane-Oxidizing Bacterial System. *ACS ES&T Engineering* 2 2317-2325
- Wang J., Zhao N., Zhang X., Jiang L., Kang Y.-R., Chu Y.-X., He R. (2022). Additional ratios of hydrolysates from lignocellulosic digestate at different hydrothermal temperatures influencing anaerobic digestion performance. *Environmental Science and Pollution Research*
- Wang N., Chen Q., Zhang C., Dong Z., Xu Q. (2022). Improvement in the physicochemical characteristics of biochar derived from solid digestate of food waste with different moisture contents. *Science of the Total Environment* 819 153100
- Wang N., Huang D., Bai X., Lin Y., Miao Q., Shao M., Xu Q. (2022). Mechanism of digestate-derived biochar on odorous gas emissions and humification in composting of digestate from food waste. *Journal of Hazardous Materials* 434 128878
- Wang Q., Cheronis J., Higgins B. (2021). Acclimation of an algal consortium to sequester nutrients from anaerobic digestate. *Bioresource Technology* 342 125921
- Wang S., Wen Y., Shi Z., Niedzwiecki L., Baranowski M., Czerep M., Mu W., Kruczek H.P., Jönsson P.G., Yang W. (2022). Effect of hydrothermal carbonization pretreatment on the pyrolysis behavior of the digestate of agricultural waste: A view on kinetics and thermodynamics. *Chemical Engineering Journal* 431 133881
- Wang W., Chang J.-S., Lee D.-J. (2023). Anaerobic digestate valorization beyond agricultural application: Current status and prospects. *Bioresource Technology* 373 128742
- Wang, X., Chang V.W.-C., Li Z., Song Y., Li C., Wang Y. (2022). Co-pyrolysis of sewage sludge and food waste digestate to synergistically improve biochar characteristics and heavy metals immobilization. *Waste Management*

- Wang X., Xiang B., Li J., Zhang M., Frostegard A., Bakken L., Zhang X. (2023). Using adaptive and aggressive N₂O-reducing bacteria to augment digestate fertilizer for mitigating N₂O emissions from agricultural soils. *Science of The Total Environment* 903 166284
- Wang Z., Sun G., Zhang L., Zhou W., Sheng J., Ye X., Olaniran A.O., Kana E.B.G., Shao H. (2022). Aging Characteristics and Fate Analysis of Liquid Digestate Ammonium Nitrogen Disposal in Farmland Soil. *Water* 14 2487
- Wang Z., He P., Huang Y., Zhang N., Qiu J., Zhang H., Lü F. (2022a). Molecular Behavior of Dissolved Organic Matter in Liquid Digestate from Biogenic Waste during Electrodialysis Treatment: Reserve, Transfer, or Foul the Membrane? *ACS EST Water*
- Wang Z.-W., Wei C.-H., Yu H.-R., Qu F.-S., Rong H.-W., He J.-G., Liu G.-L., Huang X., Ngo H.H. (2023). Preparation and mechanism of carbon felt supported iron trioxide and zero-valent iron for enhancing anaerobic digestion performance. *Chemical Engineering Journal* 468 143565
- Weckerle T., Ewald H., Guth P., Knorr K.-H., Philipp B., Holert J. (2022). Biogas digestate as a sustainable phytosterol source for biotechnological cascade valorization. *Microbial Biotechnology*
- Wei C., Xu Y., Xu L., Liu J., Chen H. (2023). Comparative life-cycle assessment of various harvesting strategies for biogas production from microalgae: Energy conversion characteristics and greenhouse gas emissions. *Energy Conversion and Management* 289 117188
- Wei Yufang, Lan Yanyan, Li Xiujin, Gao Minghan, Yuan Shuai, Yuan Hairong (2021). Effect of wheat straw pretreated with liquid fraction of digestate from different substrates on anaerobic digestion performance and microbial community characteristics. *Science of The Total Environment*, 151764
- Weissbach D., Herrmann F., Ruprecht G., Huke A., Czarski K., Gottlieb S., Hussein A. (2018). Energy intensities, EROI (energy returned on invested), for electric energy sources. *The European Physical Journal Web of Conferences* 189, 16
- Weithmann N., Möller J.N., Löder M.G.J., Piehl S., Laforsch C., Freitag R. (2018). Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Science Advances* 4 8060
- Weldon S., Rivier P.-A., Joner E.J., Coutris C., Budai A. (2022). Co-composting of digestate and garden waste with biochar: effect on greenhouse gas production and fertilizer value of the matured compost. *Environmental Technology* 1-11
- Werkneh A.A. (2022). Biogas impurities: environmental and health implications, removal technologies and future perspectives. *Heliyon* 8 e10929
- Whelan M.J., Everitt T., Villa R. (2010). A mass transfer model of ammonia volatilization from anaerobic digestate. *Waste Management* 30 1808-1812
- Wiater J. (2022). Sequential Analysis of Phosphorus Compounds Contained in the Substrates and the Digestate. *Water* 14 3655
- Wolak I., Bajkacz S., Harnisz M., Stando K., Męcik M., Korzeniewska E. (2023). Digestate from Agricultural Biogas Plants as a Reservoir of Antimicrobials and Antibiotic Resistance Genes—Implications for the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20 2672
- Xiang Y., Xiong W., Yang Z., Xu R., Zhang Y., Jia M., Peng H., He L., Zhou C. (2024). Microplastics provide new hotspots for frequent transmission of antibiotic resistance genes during anaerobic digestion of sludge containing antibiotics. *Chemical Engineering Journal* 486 149979
- Xiaohua W., Chonglan D., Xiaoyan H., Weiming W., Xiaoping J., Shangyun J. (2007). The influence of using biogas digesters on family energy consumption and its economic benefit in rural areas—comparative study between Lianshui and Guichi in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 1018-1024
- Xie M., Cai X., Xu Z., Zhou N., Yan D. (2022). Factors contributing to abandonment of household biogas digesters in rural China: a study of stakeholder perspectives using Q-methodology. *Environment, Development and Sustainability* 24 7698-7724
- Xie T., Herbert C., Zitomer D., Kimbell L., Stafford M., Venkiteshwaran K. (2023). Biogas conditioning and digestate recycling by microalgae: Acclimation of *Chlorella vulgaris* to H₂S-containing biogas and high NH₄-N digestate and effect of biogas: Digestate ratio. *Chemical Engineering Journal* 453 139788
- Xie X., Peng C., Song X., Peng N., Gai C. (2022). Pyrolysis kinetics of the hydrothermal carbons derived from microwave-assisted hydrothermal carbonization of food waste digestate. *Energy* 123269
- Xu S., Gu X., Wu Q., Gao Y., Cai Y., Ma S., Zheng Z., Wang X. (2023). An ecological and economic approach to enhancing the agronomic quality of anaerobic digestate: Effects of adding agricultural Jiaosu on metabolism and the microbial community. *Chemical Engineering Journal* 468 143648
- Xu Y., Russell J., Algahtani G.S.M., Oatley-Radcliffe D.L. (2022). Valorising Nutrient-Rich Digestate as a Waste-Based Media for Microalgal Cultivation: Bench-Scale Filtration Characterisation and Scale-Up for a Commercial Recovery Process. *Energies* 15 5976
- Yang Z., Lü F., Hu T., Xu X., Zhang H., Shao L., Ye J., He P. (2022). Occurrence of macroplastics and microplastics in biogenic waste digestate: Effects of depackaging at source and dewatering process. *Waste Management* 154 252-259

- Yoshida H., Mønster J., Scheutz C. (2014). Plant-integrated measurement of greenhouse gas emissions from a municipal wastewater treatment plant. *Water Research* **61** 108-118
- Yu X.-Y., Zhu Y.-J., Jin L., Wang B.-T., Xu X., Zou X., Ruan H.-H., Jin F.-J. (2022). Contrasting responses of fungal and bacterial communities to biogas slurry addition in rhizospheric soil of poplar plantations. *Applied Soil Ecology* **175** 104427
- Zaffar N., Ferchau E., Heilmeyer H., Boldt C., Salcedo L.D.P., Reitz T., Wiche O. (2023). Enrichment and chemical fractionation of plant nutrients, potentially toxic and economically valuable elements in digestate from mesophilic and thermophilic fermentation. *Biomass and Bioenergy* **173** 106779
- Zeng D., Jiang Y., Schneider C., Su Y., Hélix-Nielsen C., Zhang Y. (2023). Recycling of acetate and ammonium from digestate for single cell protein production by a hybrid electrochemical-membrane fermentation process. *Resources, Conservation and Recycling* **188** 106705
- Zeng J., Xu R., Sun R., Niu L., Liu Y., Zhou Y., Zeng W., Yue Z. (2020). Evaluation of methane emission flux from a typical biogas fermentation ecosystem in China. *Journal of Cleaner Production* **257** 120441
- Zeng Q., Zhen S., Liu J., Ni Z., Chen J., Liu Z., Qi C. (2022). Impact of solid digestate processing on carbon emission of an industrial-scale food waste co-digestion plant. *Bioresource Technology* 127639
- Zerback T., Schumacher B., Weinrich S., Hülsemann B., Nelles M. (2022). Hydrothermal Pretreatment of Wheat Straw—Evaluating the Effect of Substrate Disintegration on the Digestibility in Anaerobic Digestion. *Processes* **10** 1048
- Zhang M., Zhu Q., Yu P., Wang H., Guo X. (2023). Influence of attapulgite on biogas production and the evolution of dissolved organic matter during anaerobic digestion. *Industrial Crops and Products* **202** 116979
- Zhang Y., Zhang H., Dong X., Yue D., Zhou L. (2022). Effects of oxidizing environment on digestate humification and identification of substances governing the dissolved organic matter (DOM) transformation process. *Frontiers of Environmental Science & Engineering* **16**
- Zhao W., Hu T., Ma H., He S., Zhao Q., Jiang J., Wei L. (2023). Deciphering the role of polystyrene microplastics in waste activated sludge anaerobic digestion: Changes of organics transformation, microbial community and metabolic pathway. *Science of The Total Environment* **901** 166551
- Zhang Y., Zhu Z., Zheng Y., Chen Y., Yin F., Zhang W., Dong H., Xin H. (2019). Characterization of Volatile Organic Compound (VOC) Emissions from Swine Manure Biogas Digestate Storage. *Atmosphere* **10** 411
- Zheng X., Zou D., Wu Q., Wang H., Li S., Liu F., Xiao Z. (2022). Review on fate and bioavailability of heavy metals during anaerobic digestion and composting of animal manure. *Waste Management* **150** 75-89
- Zielińska M., Cydzik-Kwiatkowska A. (2024). Effect of Emerging Micropollutants on the Anaerobic Digestion of Sewage Sludge. *Energies* **17** 1033
- Zilio Massimo, Pigoli Ambrogio, Rizzi Bruno, Herrera Axel, Tambone Fulvia, Geromel Gabriele, Meers Erik, Schoumans Oscar, Giordano Andrea, Adani Fabrizio (2022). Using highly stabilized digestate and digestate-derived ammonium sulphate to replace synthetic fertilizers: The effects on soil, environment, and crop production. *Science of The Total Environment*, 152919
- Zuffi V., Puliga F., Zambonelli A., Trincone L., Sanchez-Cortes S., Francioso O. (2023). Sustainable Management of Anaerobic Digestate: From Biogas Plant to Full-Scale Cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Agronomy* **13** 950
- Zupančič G.D., Lončar A., Ranilović J., Šubarić D., Panjičko M. (2024). The Influence of Polyphenolic Compounds on Anaerobic Digestion of Pepper Processing Waste during Biogas and Biomethane Production. *Processes* **12** 913

Articles de presse nationale

- 2024-05-22 *Zone Bourse* : Air Liquide : adopte une charte élaborée avec WWF France
- 2024-05-15 *L'Ardenais* : Gros déploiement de pompiers autour du méthaniseur de This, un agriculteur et un apprentis blessés. Par Camille Gaubert
- 2024-05-02 *La République du Centre* : Un méthaniseur prend feu dans une ferme près de Montargis. Par Japhet Blanpain
- 2024-04-21 *Réseau International* : Renouvelables, biogaz, tout électrique : série d'échecs. Par Henry Bonner
- 2024-04-20 *Métropolitain* : Hérault : à Florensac, l'agriculture met les gaz sur la méthanisation. Par Gil Martin
- 2024-04-17 *Ouest-France* : A côté de la sucrerie, ce méthaniseur « géant » produit du biogaz à partir des betteraves. Par Guillaume Le Du
- 2024-04-17 *L'Usine Nouvelle* : En attendant le décret sur les certificats de production de biogaz, Engie enchaîne les acquisitions en europe. Par Aurélie Barbaux
- 2024-04-16 *Placeco* : Méthanisation : coup de pouce de la Région pour pérenniser le modèle de Méthalayou. Par David Morel
- 2024-04-16 *Le Journal de Haute-Marne* : Conseil municipal : les taux d'imposition sont maintenus pour 2024.

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2024-04-13 *Pleinchamp* : Méthanisation : « La fin du contrat aidé, un véritable Big-Bang ». Par Raphaël Lecocq
- 2024-03-29 *La Dépêche* : Onet-le-Château. Quand les jeunes imaginent l'énergie de demain
- 2024-03-12 *Le Messenger* : Pourquoi le méthaniseur de Vinzier pose tant de problèmes. Par Juliette Barot
- 2024-03-04 *La Voix du Nord* : Agriculture : Tereos cesse la vente de pulpe de betterave à certains éleveurs qui se retrouvent sans solution.
- 2024-03-08 *Ouest-France* : Odeurs pestilentielles entre Bocage et Gâtine : le groupe Suez s'explique. Par Fabien Gouault
- 2024-03-05 *Le Dauphiné Libéré* : Haute-Savoie. Méthaniseur : « On le vend ou on le ferme ! ».
- 2024-03-01 *France3 Normandie* : Pollution. Une rivière de l'Orne contaminée par les rejets d'un méthaniseur. Par Pauline Saint
- 2024-02-29 *Réussir* : TotalEnergies s'associe à Cristal Union pour produire du biogaz à partir de pulpes de betteraves. Par Valérie Godement
- 2024-02-28 *Le Blog de Mediapart*: La face cachée de la méthanisation. Par Yves Faucoup
- 2024-02-23 *Environnement Magazine*: Méthanisation: un guide pour une filière plus durable, par le WWF et GRDF
- 2024-02-01 *Food & Water Watch* : The proof is in the pluming: factory farm biogas has no place in the low carbon fuel standard. Research Brief February 2024,
- 2024-02-08 *Presse Océan* : Les odeurs du méthaniseur dérangent encore. Par Emilie Plantard
- 2024-01-28 *La Nouvelle République* : Indre-et-Loire : une rivière polluée après la fuite d'une cuve à lisier à Louans. Par Julien Coquet
- 2024-01-22 *La Dépêche* : Plusieurs centaines de m3 de matières organiques partent en fumée dans un bâtiment agricole à Saint-Michel.
- 2024-01-19 *La République du Centre* : Prés de Loches : des odeurs nauséabondes liées à des travaux sur le site de la Coved. Par Bruno Bouchet
- 2024-01-10 *Actu Environnement* : Tarif d'achat du biogaz : les règles d'indexation sont modifiées pour limiter l'impact de l'inflation. Par Sophie Fabrégat
- 2024-01-10 *La France Agricole* : Un méthaniseur condamné à 20 000 € d'amende pour pollution.
- 2024-01-08 *France 3 Nouvelle-Aquitaine* : Méthanisation. « Ils ont vu leurs bêtes dépérir petit à petit » : une usine condamnée pour pollution en Haute-Vienne. Par Nicolas Chigot et Antoine Jégat
- 2024-01-06 *La Dépêche* : Un feu de bâtiment agricole mobilise plus d'une trentaine de pompiers gersois en pleine nuit à Saint-Michel.
- 2023-12-22 *Ouest-France* : Méthaniseur à Courceboeufs : la décision du tribunal administratif invalide le projet.
- 2023-12-21 *L'Observateur* : Monchecourt : l'usine de méthanisation épinglée par la préfecture. Par Issa Khreichi
- 2023-12-17 *France Bleu* : Aubervilliers : un car roulant au biogaz prends feu dans un dépôt RATP, 7 véhicules détruits. Par Valentin Bertrand
- 2023-12-07 *L'Oise Agricole* : Le nombre de nouvelles unités en chute libre. Par Eglantine Puel
- 2023-11-22 *Environnement Magazine* : Méthanisation : la Normandie suspend ses aides suite à des dérives. La Rédaction
- 2023-11-22 *Le Réveil Normand* : Gel des subventions à la méthanisation en Normandie : « la prise de conscience est tardive ». Par Vincent Guerrier
- 2023-11-21 *Entraid* : Enquête sur les performances économiques de la méthanisation. Par Vincent Demazel
- 2023-11-17 *Le Progrès Jura* : Energie : La méthanisation « n'est pas aussi rentable que prévue ». Par Arnaud Bastion
- 2023-11-16 *France3 Bretagne* : Méthaniseur de Chateaulin. Engie condamné à 150 000 euros d'amende pour « négligence ». Par Stéphane Grammont
- 2023-11-15 *Actualités du Droit* : Obligation de restitution de certificats de biogaz : un décret est en cours de consultation. Par Aude Sany
- 2023-11-03 *Le Républicain Lorrain* : Augny. Les élus dénoncent « une nouvelle pollution » du ruisseau Saint-Pierre. Par G.I.
- 2023-10-26 *Le Figaro* : Pyrénées-Atlantique : la « puanteur » issue d'un méthaniseur de TotalEnergies excède les riverains
- 2023-10-25 *L'Alsace* : A Ungersheim, le méthaniseur n'est déjà plus en odeur de sainteté. Par Michel Hartmann
- 2023-10-24 *Terre-Net* : Pour un approvisionnement durable des méthaniseurs agricoles. Par Sophie Guyomard
- 2023-10-22 *La Presse de la Manche* : Manche. A l'arrêt, le moteur de cette usine de traitement de déchets mis en vente. Par Gilles Patry
- 2023-10-18 *L'Est Républicain* : Molay : un tracteur se renverse et déverse « au moins 15000 litres » de purin dans la rivière Rigotte.
- 2023-10-17 *L'Usine Nouvelle* : La France va manquer de biomasse pour se décarboner. Par Aurélie Barbaux
- 2023-10-13 *Cultivar* : FELEAKS traque les fuites dans les unités de méthanisation. Par Thomas Francoual

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2023-10-11 *France 3 Grand-Est* : 19/20 Champagne-Ardenne, Les méthaniseurs moins rentables en Haute-Marne.
- 2023-10-11 *Sud-Ouest* : Dordogne : Les déchets de Mademoiselle Desserts filent désormais dans une station de méthanisation toute proche. Par Hélène Rietsch
- 2023-10-05 *La République du Centre* : Griselles. Le point sur les projets de méthaniseurs.
- 2023-10-05 *Le Courrier de l'Eure* : A Sainte-Colombe-La-Commanderie, les riverains se plaignent des fortes odeurs. Par Thomas Guilbert
- 2023-09-29 *La Voix Le Bocage* : Méthanisation dans le Calvados : ces élus s'opposent à une expérimentation. Par Nathan Blouin
- 2023-09-26 *ActuOrléans* : Marigny-les-Usages : la nouvelle centrale biogaz va alimenter 2000 foyers de l'agglomération. Par Yohann Desplat
- 2023-09-25 *API Ouest-France* : Agripower : chiffre d'affaires en forte baisse et pertes en vue sur 2022/2023.
- 2023-09-14 *Le Journal de Saone et Loire* : Les mauvaises odeurs leur empoisonne la vie depuis 20 ans. Par Renaud Lambolez
- 2023-09-12 *L'Alsace* : Ungersheim : début de feu à l'unité de méthanisation.
- 2023-08-31 *Le Courrier Cauchois* : Saint-Jean-de-Folleville. Opération d'ampleur ce matin, une entreprise de biogaz en feu, des salariés évacués. Par Adrien Verger
- 2023-08-26 *France 3 Normandie* : Un feu se déclare sur un site de méthanisation, à Etréville dans l'Eure. Par Myriam Libert et Mickaël Goavec
- 2023-08-10 *Sud-Ouest* : Mourenx : des riverains dénoncent les odeurs générées par l'usine BioBéarn, TotalEnergies va bâcher les tas de broyats. Par Florent Heib
- 2023-08-06 *ESSOR Loire* : Roanne : des lycées de Roanne participent au challenge Méth'Agri Camp.
- 2023-08-03 *Techniques de l'Ingénieur* : Coup de boost pour le biométhane. Par Stéphane Signoret
- 2023-07-28 *Presse Agence, la lettre économique et politique de PACA* : Avignon : des lycéens participent au challenge Méth'Agri Camp. Par Floriane
- 2023-07-25 *France Bleu* : Une quantité « impressionnante » de poissons morts dans une rivière à Mignéville. Par Marie Roussel
- 2023-07-24 *Sud-Ouest* : Biogaz : « la filière doit faire disparaître les moutons noirs qui font mal au secteur ». Par Bastien Souperbie
- 2023-07-11 *Actu Environnement* : Mieux maîtriser les émissions fugitives de biométhane dans les exploitations. Par Fanny Bénard
- 2023-07-07 *Le Dauphiné Libéré* : A Veihy-Foncenex, nos détritiques se renouvellent en biogaz. Par Jade Lacroix
- 2023-07-06 *Ouest-France* : Une boule de feu atteint la pelleuse, une personne brûlée hélicoptérée à l'hôpital en Bretagne.
- 2023-07-03 *L'Est Eclair* : Forêts, lacs, terres en Champagne : des zones à identifier pour les énergies renouvelables. Par Christophe Ruszkiewicz
- 2023-06-29 *Le Télégramme* : Pollutions de la Flèche : un agriculteur condamné à 113 500 € d'amende.
- 2023-06-27 *France 3 Région* : Un incendie se déclare sur le chantier d'un méthaniseur dans l'Oise. Par Lucie Caillieret
- 2023-06-27 *Actu Oise* : Une unité de méthanisation en construction touchée par un incendie près de Compiègne.
- 2023-06-27 *Oise Hebdo* : Explosion sur le site en construction du méthaniseur de Saint-Etienne-Roilaye. Par Fabrice Alves-Teixeira
- 2023-06-27 *Le Parisien* : Dans l'Oise, l'incendie sur le chantier d'un méthaniseur ravive les craintes des opposants. Par Hervé Sénamaud
- 2023-06-21 *Paris Normandie* : La centrale biométhane Caux Vallée de Seine produit du gaz vert pour 1700 foyers. Par Anne-Marie Quéméner
- 2023-05-28 *Dernières Nouvelles d'Alsace* : Valff. Incendie au méthaniseur du Piémont des Vosges.
- 2023-05-24 *L'Est Républicain* : Gourgeon. Un feu de digesteur se déclare à l'usine de méthanisation agricole.
- 2023-05-22 *Référence Agro* : Alimentation animale et méthanisation, une concurrence de plus en plus vive. Par Eloi Pailloux
- 2023-05-19 *Dernières Nouvelles d'Alsace* : Ritteshoffen. L'unité de méthanisation épinglée pour des non-conformités. Par Alexandre Rol
- 2023-05-17 *Le Courrier Indépendant* : Pollution de l'eau en Centre-Bretagne : deux petites amendes pour cet éleveur.
- 2023-05-14 *Le Courrier Indépendant* : Côtes d'Armor : un incendie dans une usine de méthanisation. Par Yann Scavarda
- 2023-05-11 *La Tribune Bordeaux* : La filière biogaz en panne malgré la belle dynamique régionale. Par Pierre Cheminade
- 2023-05-09 *Sud-Ouest* : Nérac : le Hackathon des lycéens remplit ses objectifs. Par Hervé Vannier

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2023-04-30 *Ouest-France* : Méthanisation dans le Morbihan. Pourquoi, comme à Grand-Champ, tous les projets n'aboutissent pas. Par Julie Schittly et Patrick Groguenec
- 2023-04-19 *Réussir* : Pulpes de betteraves et drêches de blé : Cristalco n'aura pas plus de 500 000 t en 2023/2024. Par Yanne Boloh
- 2023-04-01 *Actu Lot* : Lot. Pourquoi les agriculteurs ont-ils gâché l'inauguration de la maison du parc ? Par Jean-Claude Bonnemère
- 2023-03-15 *Web-Agri* : Les pulpes de betteraves, un co-produit de plus en plus rare ? Par Alice Peucelle
- 2023-03-14 *Le Courrier Indépendant* : Pollution de cours d'eau : un éleveur du centre Bretagne convoqué au tribunal.
- 2023-03-13 *Mediapart* : Douze députés, six sénateurs et trois ministres sont actionnaires de TotalEnergies. Par Mickaël Correia, Ilyies Ramdani et Antton Rouget
- 2023-03-09 *Le Dauphiné Libéré* : Ces riverains d'une unité de méthanisation vivent un enfer : « dès qu'il y a du vent du sud, ça pue ». Par A.H.
- 2023-03-09 *Ouest-France* : Ce méthaniseur de l'Anjou est une menace pour l'élevage, dit la confédération paysanne.
- 2023-03-02 *Le Courrier Cauchois* : Terres de Caux. Au collège les déchets finissent en biogaz.
- 2023-03-02 *Reporterre* : « Non à l'usine à gaz » : la lutte contre les méthaniseurs s'intensifie. Par Léa Dang
- 2023-03-01 *Ouest-France* : Près de Cholet, le méthaniseur de Bioénergie est vertueux, mais devra s'adapter pour survivre. Par Vincent Danet
- 2023-02-22 *Ouest-France* : Saint-Aignan. Un habitant alerte sur la pollution d'un ruisseau.
- 2022-02-21 *Les Echos* : Charwood Energy a réalisé un chiffre d'affaires 2022 moins bon que prévu. Par Stanislas du Guerny
- 2023-02-16 *Le Télégramme* : Pollution d'un affluent du Mougau : le conseiller départemental Kévin Faure réclame un dépôt de plainte.
- 2023-02-16 *La Dépêche* : Verniolles. Les écoliers ont découvert les secrets de production du « gaz vert ».
- 2023-02-15 *Le Télégramme* : A Commana, la pollution d'un affluent du Mougau attribuée au GAEC Tourmel. Par Gwendal Hameury et Monique Kéromnès
- 2023-02-14 *La France Agricole* : « Si ça continue, on va enterrer la méthanisation agricole ». Par Corinne le Gall
- 2023-02-06 *L'Union* : Le Préfet de la Marne met en demeure Méthabaz, vaste site de méthanisation proche de Reims. Par Guillaume Lévy
- 2023-02-01 *Courrier Picard* : Les pulpes de betteraves partent dans les méthaniseurs, l'éleveur de Lignière-Chatelain s'apprête à vider ses hangars. Par Benoît Delespierre
- 2023-01-30 *Web-Agri* : En Bretagne. La méthanisation se bat pour son avenir. Par Cécile Julien
- 2023-01-24 *Le Républicain Lorrain* : Schalback. La Chaleur : l'utile sous-produit de la méthanisation.
- 2023-01-17 *Le Télégramme* : Un coup de frein à la méthanisation agricole. Par Jean Le Borgne
- 2023-01-16 *France Bleu Mayenne* : Les méthaniseurs « sont beaucoup moins voire plus rentables » en Mayenne à cause de la crise de l'énergie. Par Marcellin Robine
- 2023-01-16 *Ouest-France* : Pollution d'un ruisseau aux Herbiers : Biogazyl doit indemniser la Fédération de Pêche. Par Roselyne Séné
- 2023-01-15 *L'Usine Nouvelle* : La bataille pour les biodéchets fait rage. Par Pierre-Henri Girard Claudon
- 2023-01-11 *Sentinelles de la Nature* : Alerte n°25319, <https://sentinellesdelanature.fr/alerte/25319/>
- 2023-01-07 *Web-Agri* : Méthanisation. Face à la Flambée de l'Energie, les agri méthaniseurs appelés à la vigilance.
- 2023-01-05 *Ouest-France* : Nantes. Le développement des microcentrales biogaz de Naoden coupé dans son élan. Par Yasmine Tigoé
- 2022-12-22 *L'Aisne Nouvelle* : Un feu sans gravité à Bourguignon-sous-Coucy, au sein d'une entreprise de méthanisation. Par Vincent Guille
- 2022-12-17 *Ouest-France* : Méthanisation du Point Fort dans la Manche : la médiation patine, les déchets restent. Par Christophe Leconte
- 2022-12-16 *Réussir* : Les bioénergies sont une fausse bonne idée si l'usage des sols est ignoré selon le Cirad. Par Valérie Godement
- 2022-12-06 *La Voix du Nord* : Métropole Lilloise : quand des récoltes de maïs et de betteraves alimentent les méthaniseurs belges.
- 2022-11-25 *Delaware State News* : Guest commentary: Biogas energy will “exacerbate climate change”. Par Greg Layton
- 2022-11-24 *Le Nouvel Economiste* : Deux millions d'Euros pour le méthaniseur du zoo de Thoiry. Par A.T.
- 2022-11-23 *Le Télégramme* : Méthaniseur : le Conseil Municipal de La Chapelle-Neuve ouvert au public. Par Riwan Marhic
- 2022-11-21 *L'Union* : Les prix de l'électricité menacent le futur des méthaniseurs. Par Maxime Mascoli

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2022-11-21 *Ouest-France* : Accident du travail : Electrocuté, un homme grièvement brûlé dans le Maine-et-Loire. Par Cyprien Mercier
- 2022-11-15 *Réussir* : Méthanisation : quel bilan entre les disponibilités en biomasse et les besoins ? Par Sophie Bourgeois
- 2022-11-11 *La Nouvelle République* : Loir-et-Cher : la difficile équation du méthaniseur de Lamotte-Beuvron. Par Pierre Calmeilles
- 2022-11-08 *L'Union* : Près de Reims, un gros site de méthanisation retoqué par le Préfet et refusé par un Maire. Par Guillaume Lévy
- 2022-11-01 *Clés de la Transition* : Méthanisation à la ferme : assez de biomasse disponible ? Par Aude Fabre
- 2022-10-31 *La Nouvelle République* : Dans les Deux-Sèvres, des méthaniseurs bien implantés, mais en perte de vapeur.
- 2022-10-31 *Web-Agri* : Méthanisation. Hausse des charges : il y a de l'eau dans le gaz pour les méthaniseurs. Par Delphine Scohy
- 2022-10-24 *Le Journal du Pays Yonnais* : Dompierre-sur-Yon : les agriculteurs : « Dans tout cela ... où est la transition écologique ? »
- 2022-10-24 *L'Usine Nouvelle* : Avec le bon du nombre de méthaniseurs, la bataille fait rage en France pour capter les déchets de l'agroalimentaire. Par Pierre-Henry Girard-Claudon
- 2022-10-05 *Le Messager* : Méthaniseur de Vinzier : après le fiasco financier, l'intercommunalité va reprendre la main. Par Juliette Barot
- 2022-09-29 *Réussir* : Méthanisation : la filière biogaz consomme 370 000 hectares de cultures (étude). Par Christian Gloria
- 2022-09-22 *La Gazette du Morbihan* : Transparence Chapelle-Neuve 56. Pétition interdite sur le marché.
- 2022-09-15 *Mediapart* : Denrées alimentaires : l'insatiable appétit des méthaniseurs. Par Raphaël Baldos
- 2022-09-14 *Reporterre* : Méthanisation : Les géants du gaz dépouillent les agriculteurs. Par Julie Lallouet-Geffroy
- 2022-09-12 *Actu Environnement* : D'ici à 2050, une concurrence entre méthanisation et besoins d'élevage est à prévoir. Par Félix Gouty
- 2022-09-09 *La France Agricole* : Des déséquilibres de biomasse au niveau régional. Par Laurine Mongenier
- 2022-09-09 *La république des Pyrénées* : Un camion d'une unité de méthanisation se renverse sur la D24. Par N. Sabathier
- 2022-09-09 *Cultivar* : La disponibilité des substrats à surveiller avec l'essor de la méthanisation. Par Cultivelle
- 2022-09-06 *Rue 89* : La présidente de la commission environnement du Grand-Est coupable de prise illégale d'intérêts. Par Thibault Vetter
- 2022-09-05 : *La Nouvelle République* : Idec, méthaniseur : Le Maire contre-attaque. Par Pierre Calmeilles
- 2022-09-02 *Réussir* : La méthanisation concurrence-t-elle l'élevage ? L'exemple Breton.
- 2022-08-30 *Chassons.com* : Invasion de pigeons au Neubourg (Eure) : les chasseurs autorisés à utiliser des carabines à plombs
- 2022-08-27 *France 3 Normandie* : Face à la prolifération des pigeons, la ville du Neubourg dans l'Eure autorise leur chasse. Par Julie Howlett
- 2022-08-25 *L'Union* : Anguilcourt-le-Sart : le dirigeant est décédé en sauvant son ouvrier. Par Philippe Robin
- 2022-08-25 *La France Agricole* : « Le fourrage doit aller en priorité aux animaux », pas aux méthaniseurs
- 2022-08-24 *France 3 Grand-Est* : Ardennes : le bassin d'un méthaniseur déborde, pollution d'une rivière sur 4,5 km. Par Vincent Ballester
- 2022-08-23 *L'Ardennais* : Girondelle : une pollution de la rivière Sormonne sur 4,5 km. Par Nicolas Perrin
- 2022-08-22 *L'Union* : Un ouvrier dans un état d'urgence absolue après s'être intoxiqué dans une usine de méthanisation à Anguilcourt-le-Sart. Par Yves Klein
- 2022-08-22 *Le Courrier Picard* : Grave intoxication dans un méthaniseur : un homme en urgence absolue dans l'Aisne. Par Yves Klein
- 2022-08-20 *France Bleu Mayenne* : Une tonne à lisier de 20000 litres tombe dans un fossé à Landivy. Par Marcellin Robine
- 2022-08-13 *La Voix du Nord* : Unité de méthanisation : des banderoles du collectif volées et dégradées, « un climat pas serein ». Par Christelle Jeudy
- 2022-08-13 *Le Courrier Picard* : Bien gérer son eau, un impératif. Par Lisa Rodrigues
- 2022-08-09 *Le Télégramme* : Sécheresse : « Les éleveurs avant les méthaniseurs », réclame la FDSEA 35
- 2022-08-09 *Ouest-France* : Sécheresse en Ille-et-Vilaine : du maïs pour les bêtes, moins pour les méthaniseurs. Par Laurent Le Goff
- 2022-08-05 *La Dépêche* : Gers : à Castelnau-Barbarens, un projet de méthaniseur fait grincer des dents. Par Aïmen Benallouche
- 2022-07-28 *Le Dauphiné Libéré* : Eau d'Evian. Mal conçu, le méthaniseur pollue et coûte cher.

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2022-07-25 *La Gazette de la Manche, d'Iles et Vilaine et de la Mayenne* : Pollution : 400 kg de poissons retrouvés morts dans l'étang communal de Lapenty. Par Corentin Gouriou
- 2022-07-18 *Réussir* : Coproduits pour l'alimentation des bovins : un gisement de plus en plus convoité. Par Cyrielle Delisle
- 2022-06-23 *Rue 89* : Près de Mulhouse un méthaniseur menace l'habitat d'un papillon rare et protégé. Par Danae Corte
- 2022-06-07 *Le Progrès* : Pollution de la Doye et du Valouson : des scientifiques tirent la sonnette d'alarme. Par Karine Jourdan
- 2022-06-05 *Le Télégramme* : En pays de Douarnenez, qui veut épandre des boues sur ses parcelles ?
- 2022-06-02 *L'Est Républicain* : Hameau de Leupe : Le prérapport confidentiel de l'expert international confirme la pollution agricole. Par Christine Rondot
- 2022-05-27 *Voix du Jura* : Jura. Une catastrophe écologique pour les rivières du Valouson et la Doye en petite montagne. Par Cédric Perrier
- 2022-05-20 *L'Union* : L'impact de la méthanisation sur la perdrix grise à l'étude pour un an dans l'Oise. Par Oriane Maerten
- 2022-05-19 *L'Oise Agricole* : La plaine manque d'eau et l'inquiétude gagne les agriculteurs : «*Alain Gille craint aussi la concurrence entre les éleveurs et les détenteurs d'unités de méthanisation sur les pulpes de betteraves*»
- 2022-05-19 *Le Courrier Picard* : L'impact de la méthanisation sur la perdrix grise à l'étude pour un an dans l'Oise. Par Oriane Maerten
- 2022-03-26 *Le Républicain Lorrain* : L'unité de méthanisation divise : la première adjointe démissionne
- 2022-03-07 *La Commère 43* : Tence : un accord trouvé avec l'agriculteur responsable d'une pollution au lisier dans la rivière.
- 2022-02-21 *La Montagne* : Dans le bocage du sud du Berry, en mutation : «*On gagne plus en faisant du gaz que de la viande*». Par Antoine Perrot
- 2022-02-02 *Réussir* : 200 000 € : forte amende pour grand projet. La taille des unités de méthanisation en question. Par MA. Carré
- 2022-02-02 *Sud-Ouest* : Saint-Astier : visite politique dans une installation de méthanisation. «*Le digestat de Saint-Astier, par exemple, est envoyé à des céréaliers de l'est de la France. En échange, les exploitants astériens reçoivent de la paille*»
- 2022-01-04 *Ouest-France* : Pourquoi la filière équine peine à trouver de la paille
- 2022-01-02 *L'Est Républicain* : Rarécourt. Un mois sans eau : La méthanisation pointée du doigt. Par Richard Raspes
- 2021-12-28 *La Nouvelle République* : La fuite à l'unité de méthanisation de Combrand interroge riverains et agriculteurs. Par Maëva Bay
- 2021-12-27 *Le Télégramme* : Une pollution de la Flèche constatée à Plougar. Par Laura Baudier
- 2021-12-20 *Ouest-France* : Près de Bressuire. Unité de méthanisation : à Combrand, du digestat se déverse dans un ruisseau. Par Justine Brichard
- 2021-11-30 *Ouest-France* : Sarthe. Méthanisation : «*Les agriculteurs ont un défi à relever*». Par Isabelle Julien
- 2021-10-14 *Le Maine Libre* : Courceboeufs. Les opposants à la méthanisation demandent le soutien des élus.
- 2021-08-31 *Républicain Lorrain* : Méthanisation : intéressant mais pour qui ? Par Philippe Besancenet
- 2021-07-30 *Le Journal du Pays Yonnais* : Vendée : une entreprise devant le tribunal pour pollution de l'eau.
- 2021-07-30 *Ouest-France* : Vendée. La pollution d'un cours d'eau jugée à La Roche-sur-Yon.
- 2021-07-23 *L'Ardennais* : Le jeune Jean Minon, originaire de Coucy, est décédé ce vendredi midi dans un accident de moto. Par Pauline Godart
- 2021-07-18 *Le Télégramme* : La rivière La Flèche de nouveau polluée entre Plougar et Saint-Derrien. Par Monique Kéromnès
- 2021-05-11 *Réussir L'Agriculteur Normand* : Méthascope, l'outil pour se faire son avis. Par Sandrine Bossière
- 2021-05-06 *La Charente Libre* : Saint-Maurice-des-Lions : Une tonne à lisier se couche dans le fossé.
- 2021-05-05 *Ouest-France* : Ille et Vilaine. Méthanisation : Craintes des jeunes agriculteurs, hausse des prix du fourrage
- 2021-04-27 *L'Eveil* : Importante pollution au lisier sur la Sérigoule à Tence.
- 2021-04-05 *Réussir* : Méthanisation : «*J'ai arrêté les CIVE d'été épuisantes pour les sols*» (GAEC Chiron). Par Christian Gloria
- 2021-03-27 *La Gazette du Centre Morbihan* : Pourquoi la justice enquête-t-elle sur Liger à Locminé ?
- 2021-03-17 *Le Pays Briard* : Seine-et-Marne : d'où venait cette forte odeur de soufre sentie hier par les habitants d'Ussy-sur-Marne ? Par Margaux Desdet
- 2021-03-17 *Sud-Ouest* : Landes : pollution au digestat dans le lac de Lourden, à Aire-sur-l'Adour. Par Karen Bertail et Charles Latterrade
- 2021-03-12 *L'Union* : A Bourgogne-Fresnes le Maire constate deux irrégularités dans le chantier du méthaniseur. Par Antoine Pardessus

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2021-03-10 *La Dépêche-Le Petit Meunier* : Produits celluloseux _ Concurrence entre nutrition animale et méthanisation concernant les écarts de triage des céréales
- 2020-11-30 *Ouest-France* : Durtal. De vifs échanges autour de la méthanisation.
- 2020-11-26 *L'Est Républicain* : Biomasse. Le CESER freine les ardeurs de la Région. Par X.B.
- 2020-11-23 *L'Est Républicain* : Eau polluée au hameau de Leupe : la crainte de risques pour la santé humaine. Par Christine Rondot
- 2020-11-14 *Grands Troupeaux* : Le biogaz contre les éleveurs. « Trop de fourrages finissent dans les méthaniseurs »
- 2020-10-18 *Réussir* : Les unités agricoles avec effluents ne font pas flamber le prix du maïs. Par C.P.
- 2020-10-07 *L'Ardennais* : Sud Ardennes. La méthanisation fait débat. Par Sylvain Falize
- 2020-10-06 *L'Eclair de Châteaubriand* : Loire-Atlantique : A Puceul, le projet de méthanisation industrielle grandit et divise toujours plus. Par Cécile Rossin
- 2020-09-29 *Le Parisien* : Méthanisation dans l'Oise : « Ça fleurit dans tous les sens, on a du mal à voir la cohérence »
- 2020-09-29 *L'Est Eclair Libération-Champagne* : Les éleveurs de moutons s'inquiètent de la concurrence des méthaniseurs dans l'Aube
- 2020-09-18 *Ouest-France Bretagne/Finistère* : La centrale biogaz épinglée dès le printemps. Par Carole Tymen
- 2020-09-04 *L'Union* : A Athies-sous-Laon, l'association ARIVELAC dénonce un chantier non conforme. Par Yves Klein
- 2020-08-26 *Ouest-France* : Agriculture. La méthanisation agricole à la française inquiète.
- 2020-08-25 *Le Télégramme* : A Beuzec-Cap-Sizun, le méthaniseur veut s'étendre avec des dispositifs de sécurité renforcés.
- 2020-07-18 *Le Dauphiné Libéré* : Méthaniseur à Montagnieu : une banderole qui dérange ?
- 2020-07-16 *France 3* : En deux Sèvres la pénurie de paille devient récurrente. Par Stéphane Hamon
- 2020-03-03 *Le Télégramme* : L'extension de l'unité de méthanisation de Cap Métha fait débat en Conseil Municipal.
- 2020-02-08 *Ouest-France* : Plouha. Face à face tendu entre manifestants et agriculteurs contre les projets de méthaniseurs.
- 2020-01-07 *La Dépêche* : Le Garric. Des banderoles contre le méthaniseur au Garric vandalisées.
- 2019-10-17 *La Semaine de l'Allier* : A Hauterive, ils disent non au méthaniseur. Par Denis Chervaux
- 2019-09-16 *La Montagne* : Une benne se renverse sur la route de Saint-Flour, à Brioude : la circulation coupée. Par Eglantine Ferey.
- 2019-09-13 *L'Eclair* : Prés de Châteaubriand, la Préfecture prend un arrêté de mise en demeure contre l'usine de méthanisation Valdis.
- 2019-09-02 *La Dépêche* : Eure. Le projet de méthanisation à Prey : une consultation pour rien ? Par Ch. G.
- 2019-08-14 *La Voix du Nord* : A Morbecque, une pétition pour dénoncer les mauvaises odeurs de l'unité de méthanisation.
- 2019-08-04 *L'Impartial* : A Gaillon, dans l'Eure, l'usine Biogaz va devoir réduire les mauvaises odeurs. Par Jean-Paul Gosselin
- 2019-07-18 *L'Impartial* : Des travaux pour supprimer les odeurs. Le Préfet met en demeure « Biogaz »
- 2019-07-09 *L'Ardennais* : Accident mortel sur le chantier de l'usine de méthanisation, à Herpy l'Arlésienne. Par Sylvain Falize
- 2019-06-27 *Le Télégramme* : Plouvorn. Explosion dans une cuve de méthanisation
- 2019-06-14 *La Voix du Nord* : Arrageois-Ternois – la méthanisation agricole, une énergie agricole en plein essort. Les méthaniseurs à la frontière viennent chercher leurs « déchets » en France. Par Lisa Lasselin
- 2019-04-18 *Biogaz World (Web)* : Risques et mesures de sécurités liés aux installations de méthanisation. Par Marjolaine
- 2019-04-05 *Ouest-France* : Orne, après une chute de 6 mètres, le jeune ouvrier décède. Par Jennifer Chainay
- 2019-03-26 *La Voix du Nord* : Bailleul : Les agriculteurs vont proposer un autre terrain pour le méthaniseur. Par Simon Caenen
- 2019-03-14 *L'Est Eclair* : Méthanisation dans le Grand-Est : les soupçons du Canard Enchaîné.
- 2019-03-13 *Le Canard Enchaîné* : Méthanisation : des affaires qui sentent le gaz. Par Christophe Labbé
- 2019-03-04 *Ouest-France* : Le Teilleul. Unité de méthanisation : des travaux exigés. Par Hélène Hiriart
- 2019-02-19 *La Dépêche* : Mauvaises odeurs : Le méthaniseur de Gramat bloqué par des gilets jaunes et des agriculteurs. Par Laëtitia Bertoni
- 2019-02-06 *La Dépêche* : Lot : Les habitants d'un village vivent dans la puanteur à cause d'une usine de méthanisation. Par Rémi Buhagiar
- 2019-01-22 *Le Courrier de l'Ouest* : Ombrée d'Anjou, incendie à Méta Bio Energies : quatre hospitalisations
- 2018-10-12 *L'Union* : La DREAL Grand-Est fait le ménage sur son site internet. Par Guillaume Lévy
- 2018-10-05 *La Dépêche* : BioQuercy : l'appel pressant de V. Labarthe.

- 2018-09-27 *L'Union* : Projets de méthanisation : une institution appelle à « repérer et isoler les opposants ». Par Guillaume Lévy
- 2018-06-07 *La Dépêche* : Un employé de 35 ans en urgence absolue après un accident du travail
- 2018-05-31 *Courrier de l'Ouest* : Treize exploitations autour du Tremblay. Par Marie-Hélène Moron
- 2018-05-02 *L'Eclair* : Soudan : Le site de compostage pollué ?
- 2016-01-14 *France Bleu Berry* : Feux : La méthanisation pas en odeur de sainteté. Par Michel Benoît
- 2015-07-20 *Contrepoints* : Méthanation, réalité ou fiction ? Par Michel Gay
- 2015-04-10 *Le Télégramme* : Saint-Gilles-du-Mené. Incendie à l'usine de méthanisation
- 2013-08-03 *La Nouvelle République* : Deux intoxications au gaz issu des boues d'abattoir

Arrêtés Préfectoraux, de Mises En Demeures et d'Urgence (AP) et de Permis de Construire (PC), Rapports d'Inspection (RI)

- 2024-02-13 (AP) : Arrêté Préfectoral de mise en demeure, Préfecture de Haute-Marne, SAS Méthanobois, Marbéville
- 2024-01-12 (RI 2024-0260) : Rapport d'Inspection des installations classées, DDPP de Loire-Atlantique, Biogaz de l'Isac, Blain
- 2023-12-29 (RI E/23-3107) : Rapport d'Inspection des installations classées, DRIEAT de Seine-et-Marne, SAS Biogaz du Multien, May-en-Multien
- 2023-12-22 : arrêté de mise en demeure PCICP2023356-0001, Préfecture de l'Aube. SAS Launoy ETA
- 2023-12-13 : arrêté de mise en demeure, Préfecture de Normandie, société Valor'Caux
- 2023-11-06 (AP 2023/DRIEAT/UD77/135) : arrêté de mise en demeure, Préfecture de Seine-et-Marne, société Equimeth
- 2023-09-08b (AP 2023/ICPE/324) : arrêté de mise en demeure, Préfecture de Loire-Atlantique, SARL Brigitte et Thierry
- 2023-09-08a (AP 2023/ICPE/300) : arrêté de mise en demeure, Préfecture de Loire-Atlantique, société Valdis à Issé
- 2023-07-15 (AP 2023/DDPP/02415) : arrêté de mise en demeure, Préfecture de Loire-Atlantique, société Méetha, Sede-Veolia, à Soudan
- 2023-06-27 (AP 12-2023-06-27-00006) : arrêté de mise en demeure, Préfecture de l'Aveyron suite à visite du 11 mai 2023. SAS Prometer à Montbazens
- 2023-06-08 (AP n°52-2023-06-00076) : arrêté du 8 juin 2023, Préfecture de Haute-Marne, après constats du 22 février 2023. SAS Mouzon Energies, Sommerécourt
- 2023-05-29 (AP E-2023-156) : arrêté du 6 mai 2023, de prescription de mises en sécurité et mesures immédiates, suite à visite d'inspection du 30-05-2023. Société Bioquercy, TotalEnergies à Gramat
- 2023-04-21 (AP 2023/ICPE/159) : arrêté de mise en demeure du 21 avril 2023, Préfecture de Loire-Atlantique, suite à visite d'inspection du 7 mars 2023. SAS Métha des Côteaux, à Pouillé-les-Côteaux
- 2023-03-22 (AP) : arrêté de mise en demeure du 22 mars 2023, Préfecture du Loiret, suite à visite d'inspection du 21 juin 2022. SARL Beets Agri-Energie, à Saint-Germain-des-Prés
- 2023-03-08 (RI 0003013591/NK/AG) : Rapport d'inspection des installations classées, DREAL du Bas-Rhin, visite d'inspection du 08-03-2023. Métha 2S à Rittershoffen
- 2023-03-06 (AP n°2023/DRIEE/UD77/032) : arrêté du 6 mars 2023, Préfecture de Seine-et-Marne. SAS Plaine de France Energies
- 2023-01-25 (RI) : Rapport d'inspection du 25 janvier 2023, Préfecture de Haute-Marne. Agri NRJ Langres
- 2023-01-17 (AP n°12-2023-01-17-00003) : arrêté du 17 janvier 2023, Préfecture de l'Aveyron. EARL Lac de Matefan
- 2022-10-24 (PC 051075 18 K0008-M02) : arrêté du 24 oct. 2022, Préfecture de Seine-et-Marne. SAS Méthabaz-Engie
- 2022-06-30 (AP DCAT/BEPE/n°2022-122) : arrêté de mise en demeure du 30 juin 2022, Préfecture de Moselle. SAS Méthabiovalor
- 2022-06-07 : arrêté du 7 juin 2022, Préfecture du Morbihan. SARL Moulin du Kérollet
- 2022-05-04 : (AP n°12-2022-05-04-00001) : arrêté du 4 mai 2022, Préfecture de l'Aveyron. EARL Lac de Matefan
- 2022-DCL-BENV-590 : arrêté du 23 mai 2022, Préfecture de Vendée. SCEA Les Grives aux Loups
- 2022-DCL-BENV-547 : arrêté du 6 mai 2022, Préfecture de Vendée. SCEA Les Grives aux Loups
- 2022-03-17 (RI) : rapport de visite d'inspection SAS AgriFYL's Energie du 10 mars 2022, Préfecture de Haute-Marne
- 2022-02-28 : arrêté du 28 février 2022 DDPP-SE-2022-02-28, Préfecture de l'Isère. SAS de la Limone
- 2021-12-30 : arrêté du 30 décembre 2021 20212323, Préfecture du Puy-de-Dôme. SAS Méthélec

Méthanisation : Observations du CSNM

- 2021-12-27 : arrêté du 2è décembre 2021 AP-2021-70-DREAL, Préfecture du Jura. Agro Energie des Collines
- 2021-11-22 : arrêté du 22 novembre 2021 PCICP2021326-0001. Préfecture de l'Aube. SAS Launoy ETA
- 2021-11-09 : arrêté du 9 novembre 2021, Préfecture du Morbihan. SARL Biowatt
- 2021-11-03 : arrêté du 3 novembre 2021, Préfecture du Puy-de-Dôme. SAS Méthélec
- 2021-09-02 : arrêté du 2 septembre 2021 52-2021-09-0006, Préfecture de Haute-Marne. MDP Biogaz, Chamouilley
- 2021-08-12 : arrêté du 12 août 2021 52-2021-08-00071, Préfecture de la Haute-Marne. SAS Méthamance, Rougeux
- 2021-06-15 : arrêté du 12 juin 2021, Préfecture des Côtes d'Armor. GAEC de la Croix Pierre
- 2021-05-17 : arrêté de mise en demeure du 17 mai 2021, Préfecture du Calvados. SAS Energie Digard & Co
- 2021-05-05 : arrêté du 5 mai 2021 PCICP2021125-0001, Préfecture de l'Aube. SAS Launoy ETA
- 2021-04-13 : arrêté de mise en demeure du 13 avril 2021, Préfecture du Lot. SAS Bioquercy
- 2020-12-24 : arrêté du 24 décembre 2020, Préfecture du Morbihan. SAS Kersinerie
- 2020-11-06 : arrêté du 6 novembre 2020 PCICP2020311-0003, Préfecture de l'Aube. Bio'Seine
- 2020-09-17 : arrêté du 17 septembre 2020 959, Préfecture de la Côte d'Or. SARL Métha Gauthier
- 2020-09-17 : arrêté de mesure d'urgence DDCSPP-PPP-2020261-0001, arrêt d'exploitation, Préfecture de l'Aube. SAS Dampierre Energies Renouvelables
- 2020-08-27 : arrêté du 27 août 2020 905, Préfecture de la Côte d'Or. SARL Métha Gauthier
- 2020-08-24 : arrêté du 24 août 2020 2020-1955, Préfecture de la Meuse. SAS Méthagri Meuse
- 2020-08-12 : arrêté du 12 août 2020, Préfecture du Finistère. Centrale Biogaz de Kastellin
- 2020-07-24 : arrêté du 24 juillet 2020 449/2020/DREAL/U88, Préfecture des Vosges. SAS EV6 Energies
- 2020-07-20 : arrêté du 20 juillet 2020 DDPP-IC-202007-19, Préfecture de l'Isère. SAS de la Limone
- 2020-06-05 : arrêté du 5 juin 2020, dossier 10306D-IC/2020/096, Préfecture de l'Aisne. Athies Méthanisation
- 2020-05-04 : arrêté (mise en demeure et astreinte) du 4 mai 2020, Préfecture du Loiret. Beauce Gâtinais Biogaz
- 2019-12-19 : arrêté du 19 décembre 2019, dossier 2019-1722, Préfecture du Cantal. SAS Salers Biogaz
- 2019-10-11 : arrêté du 11 octobre 2019, Préfecture de Loire-Atlantique. SAS Méthawald, ex Méthavenir
- 2019-08-27 : arrêté du 27 août 2019, Préfecture du Loiret. Beauce Gâtinais Biogaz
- 2019-08-13 : arrêté de mise en demeure n° 2019/ICPE/212, Préfecture de Loire-Atlantique. Société Valdis, SARIA
- 2019-08-01 : arrêté du 1 août 2019, Préfecture du Finistère. SAS Biomasse Energie du Léon
- 2019-05-13 : arrêté du 13 mai 2019 19-DRTCAJ/1-222, Préfecture de Vendée. SAS Biogasy-SARIA
- 2018-05-01 (AP 2018/DDPP/) : arrêté de mise en demeure, Préfecture de Loire-Atlantique, société Méetha, Sede-Veolia, à Soudan

Questions écrites et orales de parlementaires et d'Elus

- 2024-03-25 Question orale – Assemblée Plénière Région Normandie, de Mr Guillaume Hédouin (Conseiller Régional de Normandie, Normandie Ecologie) : Question relative à la méthanisation en Normandie
<https://normandie-ecologie.fr/assemblee-pleniere-lundi-25-mars-question-orale-de-guillaume-hedouin-relative-a-la-methanisation-en-normandie/>
- 2023-09-07 Question écrite n°08314 – 16^{ième} législature, de Mme Nathalie Goulet (Sénatrice de l'Orne, Union Centriste) : Dérèglement des cours des intrants lié aux pratiques de la méthanisation « XXL »
<https://www.senat.fr/basile/visio.do?id=qSEQ230908314&idtable=SEQ230908314&rch=qs&date=dateJORRep&c=déchets+animaux&al=true>
- 2023-05-26 Question écrite n°21-00262 – 16^{ième} législature, de Mme Cécile Untermaier (Députée de Saône-et-Loire, Socialistes et apparentés, intergroupe NUPES)
- 2022-09-27 Question écrite n°1455 – 16^{ième} législature, de Mme Cécile Untermaier (Députée de Saône-et-Loire, Socialistes et apparentés, intergroupe NUPES) : Conséquences et contrôles de la méthanisation industrielle
- 2020-09-22 Question écrite n°32260 – 15^{ième} législature, de Mme Patricia Lemoine (Députée de Seine-et-Marne, Agir Ensemble) : Poids des délibérations communales en matière d'installation de méthaniseurs
- 2020-06-30 Question écrite n°30693 – 15^{ième} législature, de Mme Cécile Untermaier (Députée de Saône-et-Loire, Socialistes et apparentés) : Nécessité d'encadrer et clarifier règles fonctionnement méthaniseurs industriels
- 2018-05-15 Question écrite n°8242 – 15^{ième} législature, de Mr Dominique Potier (Député de Meurthe-et-Moselle, Socialistes et apparentés)
- 2013-04-16 Question écrite n°24031 – 14^{ième} législature, de Mr Eric Alauzet (Député du Doubs, Ecologiste) : Déchets agricoles, méthanisation, perspectives

Les 31 membres du Collectif Scientifique National Méthanisation raisonnable

Méthanisation : Observations du CSNM

Almagro Sébastien	Maître de Conférences	Université de Reims	Biochimie, Biologie cellulaire
Astruc Jean-Guy	Docteur-Ingénieur	BRGM, retraité	Géologie, Hydrogéologie
Aurousseau Pierre	Professeur des Universités	INRA Rennes, Agrocampus Ouest	Agronomie, Environnement
Bakalowicz Michel	Directeur de Recherches	CNRS, retraité	Hydrogéologie, spécialiste des sols karstiques
Bourguignon Claude	Ingénieur Agronome	LAMS	Microbiologie
Bourguignon Emmanuel	Ingénieur Agronome	LAMS	Microbiologie
Bourguignon Lydia	Ingénieure Agronome	LAMS	Microbiologie
Brenot Jean-Claude	Maître de Conférences, HDR	Université Paris-Sud, retraité	Physique, Electronique
Chateigner Daniel	Professeur des Universités	Université de Caen Normandie	Physique
Chorlay Eric	Docteur en Médecine	Faculté de Lille	Médecine Générale
Courtois Pierre	Ingénieur-Physicien	Institut Laue-Langevin	Physique
Demars Pierre-Yves	Chargé de Recherches	CNRS, retraité	Préhistoire
Fruchart Daniel	Directeur de Recherches Emérite	CNRS	Physique-Chimie
Hamet Jean-François	Professeur des Universités	Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen	Chimie
Jouany Jean-Pierre	Directeur de Recherches	INRAE de Theix, retraité	Biologie, Chimie, Physique
Kammerer Martine	Professeur des Universités	Ecole Vétérinaire de Nantes	Toxicologie animale et environnementale
Langlais Mathieu	Chargé de Recherches	CNRS, Laboratoire PACEA, Université de Bordeaux	Préhistoire
Lasserre Jean-Louis	Ingénieur Chercheur	CEA, retraité	Electronique et Systèmes Rayonnants
Lavelle Patrick	Académicien des Sciences , Professeur Emérite des Universités	Pierre et Marie Curie Paris VI, Sorbonne Université	Ecologie des Sols, Sciences de l'Environnement
Le Lan Jean-Pierre	Professeur des Universités	Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, Angers, retraité	Electronique, réseaux informatiques, Environnement, prévention des déchets
Lorblanchet Michel	Directeur de Recherches	CNRS, retraité	Préhistoire, spécialiste des grottes ornées
Morales Magali	Maître de Conférences, HDR	Université de Caen Normandie	Physique
Murray Hugues	Professeur émérite des Universités	Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen	Physique
Raveau Bernard	Académicien des Sciences , Professeur des Universités	Université de Caen Normandie	Chimie
Réveillac Liliane	Médecin Hospitalier	Hôpital de Cahors	Radiologie
Salomon Jean-Noël	Professeur des Université	Université de Bordeaux, retraité	Géographie Physique

Méthanisation : Observations du CSNM

Serreau Raphaël	Directeur de Recherches	Laboratoire PsychoMADD, AP-HP Université Paris Saclay	Médecin de Santé Publique, praticien hospitalier
Tarrisse André	Docteur Ingénieur	DDAF du Lot, retraité	Hydrogéologie
Texier Hervé	Professeur des Universités	Université de Caen Normandie, retraité	Biochimiste-Géochimiste
Viers Jérôme	Professeur des Universités	Observatoire Midi- Pyrénées	Géochimie des Eaux et des Sols
Vinci Doriana	Chercheuse	LASER Européen à électrons libres et Rayons X, Hambourg	Chimie Minérale, Cristallographie