https://twitter.com/CSNM9

https://cnvmch.fr

csnmraison@gmail.com

CSNM
Collectif Scientifique National Méthanisation raisonnable

Observations du CSNM

Vis-à-vis de la méthanisation en général

17 novembre 2022

Nous assistons à un développement de la filière méthanisation sans précédent. Présentée par les lobbies de l'énergie comme une solution de la transition énergétique, environnemental 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.

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, et par là même de ce projet, 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 demeures Préfectorales 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 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)
- Alors que plus de 1600 méthaniseurs sont en service, la consommation de gaz naturel 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 330 accidents relevés, il y a eu au moins une pollution aquatique par mois en 2021
- L'**écocidité** de la méthanisation est avérée : champignons et micro-organismes des sol, leur biodiversité, insectes, poissons, crustacés, mollusques, vers de terre, … tous sont affectés
- L'**accidentologie en hausse** de la méthanisation, est passée de 6 accidents par an pour 1000 méthaniseurs avant 2015, à 38 (un facteur 6 !) depuis 2015. Ceci est dû à un **subventionnement hors normes** en regard de l'énergie délivrée, et des modifications règlementaires tendant à l'autocontrôle en mode « juge et partie »
- Les subventions représentent i) pour la **construction** des méthaniseurs, en moyenne **700 000 € 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, 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 moléculaes 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 première consiste à renvoyer en permanence du CO_2 vers l'atmosphère lorsque les secondes le séquestre dans le sol.
- Les plus grosses structures méthanisantes sont les plus accidentogènes.
- 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 au systèmes agricoles intensifs (cultures et élevages), délétères pour les sols et la souveraineté alimentaire à long terme. Leur attribution correspond à un système **injuste**.

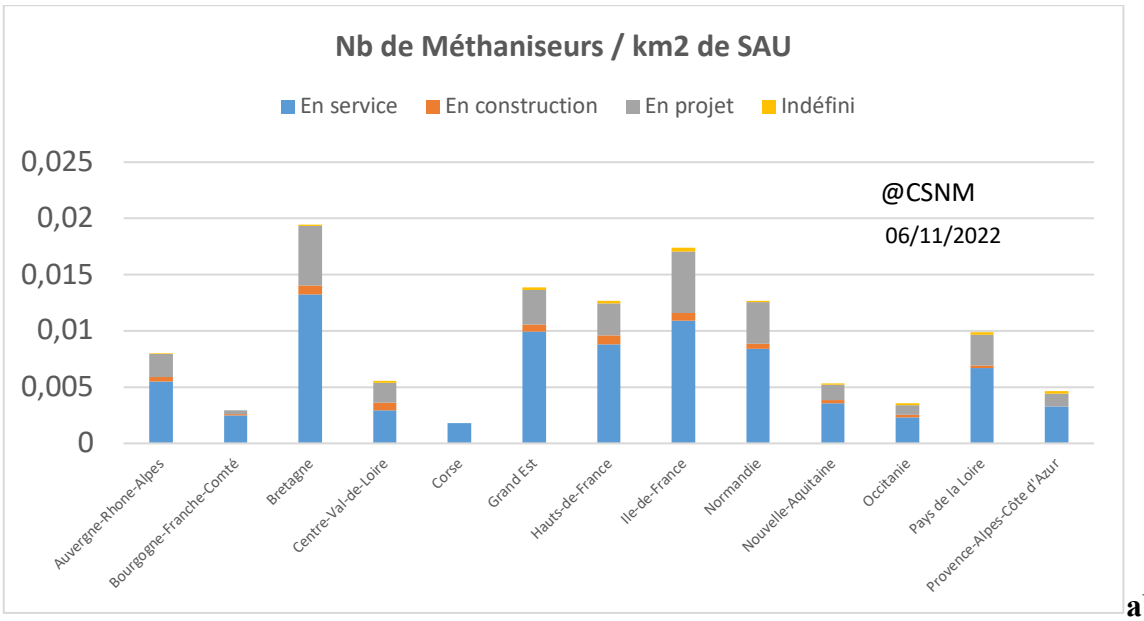
0- Densité galopante, risques inconsidérés

01- Densité de méthaniseurs insoutenable

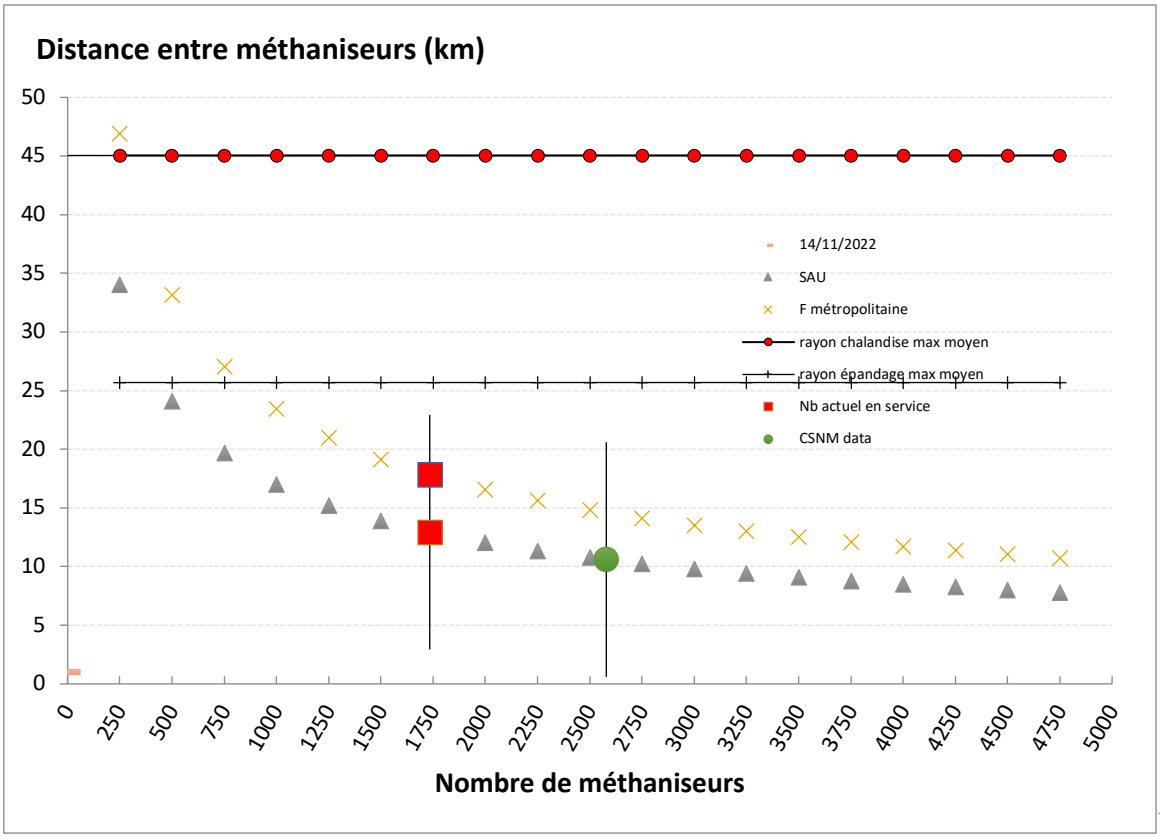
Toutes les régions (sauf la Corse) affichent une densité de méthaniseurs déjà en fonctionnement élevée, de 0,0025 à 0,013 méthaniseurs/km^2 de SAU (Figure 1a). Vu les projets en instance, dans toutes ces régions et au niveau national (Figure 1b) des concurrences à la surface et des déplacements déraisonnables 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, , 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 14 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 1b), 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/km^2, en Italie par exemple (Boscaro *et al.* 2015).



a)



b)

Figure 1

02- Risques associés inconsidérés

a) Risques physiques

Ces usines ATEX représentent un danger pour les exploitants ainsi que pour les riverains. Depuis 2015 et encore récemment, des études scientifiques (Soltanzadeh *et al.* 2022, Stolecka *et al.* 2021, Trávniček *et al.* 2015, Trávniček *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, Ouest-France 2019-04-05,

- Intoxications, Blessures : La Dépêche 2018-06-07, La Nouvelle République 2013-08-03, Le Courrier de l'Ouest 2019-01-22, Le Télégramme 2019-06-27, Le Télégramme 2015-04-10.

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 (Total, Engie, Shell, BP). Ceci mettra les agriculteurs méthaniseurs et les projets territoriaux en difficulté au moindre problème.

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 Mayenne 2022-08-20, 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 (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 CO_2 (Caposciutti *et al.* 2020), même en acceptant l'idée fausse 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 la consommation électrique et de chaleur de la station a été totalement assurée par la méthanisation.

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).

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. On parle d'ailleurs de remédiation du digestat (Eraky *et al.* 2022), par de multiples techniques (micro-flore indigène, phycoremédiation, évaporation sous vide, stripping des ions ammonium, bioélectricité, production de protéïnes, compostage aérobic, entomoremédiation, bioraffinement (production de bioéthanol, de biodiesel, de biochar et biohuile, hydrochar …). Toutes ces filières iront dans le sens de ne plus retourner les digestats au sol.

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 (Le Pham *et al.* 2022, Li D. *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2022, 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, gazeïfication, carbonisation hydrothermale, pyrolyse, filtration membranaire, précipitation de struvite, évaporation … Il ressort que le compostage est le plus adapté ! (Kovacic *et al.* 2022). 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.

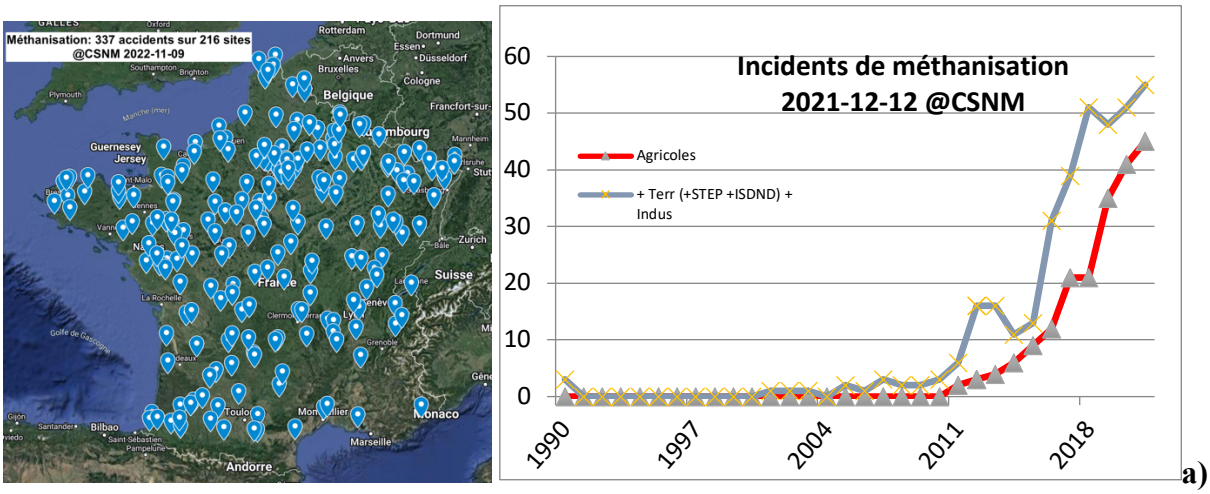
14- Surveillance, contrôles, accidentologie

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.



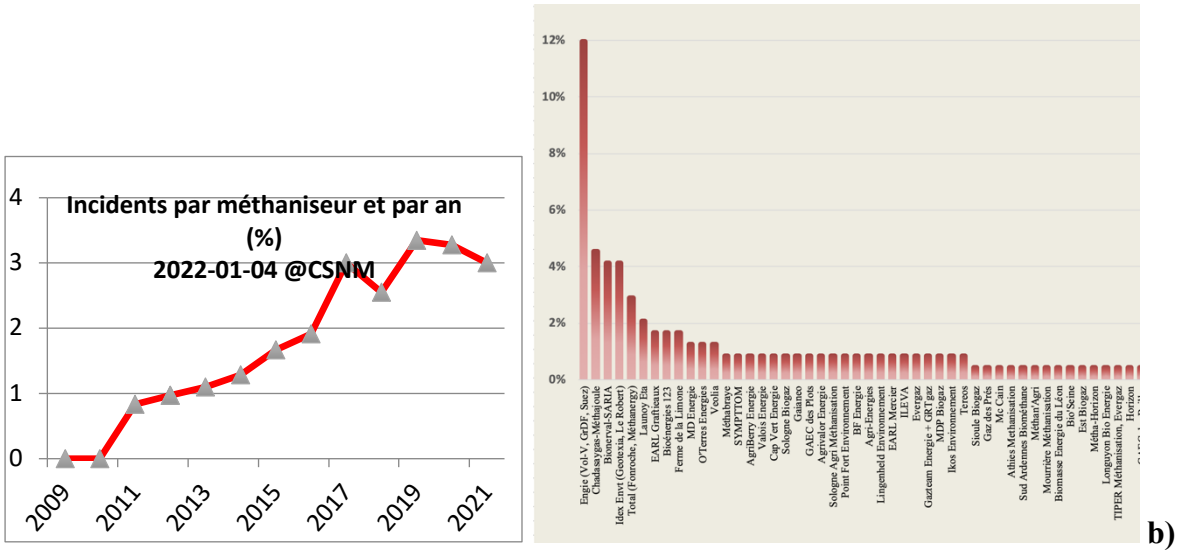
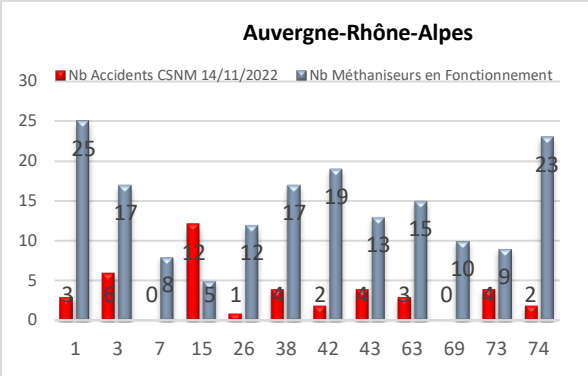


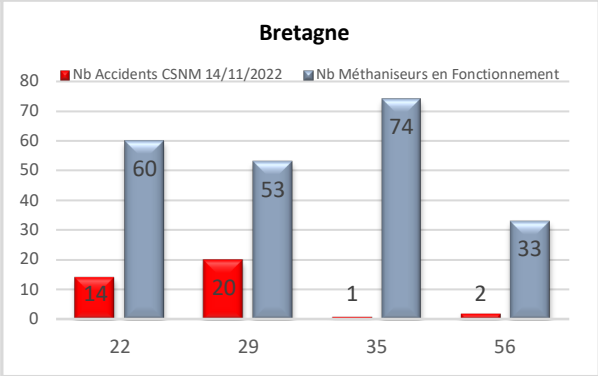
Figure 2 : a) Cartographie (gauche) et nombre d'accidents en France depuis 1990 (droite) et **b)** nombre d'accidents pondéré par le nombre de méthaniseurs en service chaque année (gauche) et pourcentage d'accidents générés par les acteurs (droite). Nous sommes passés de 6 accidents par an pour 1000 méthaniseurs, à 38 depuis 2015 !

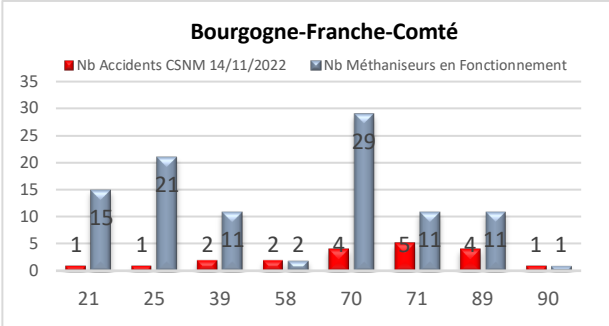
Est-il besoin de rappeler les principales nuisances occasionnées autour des sites de méthanisation en France (Figure 3a) ? Toutes les Régions sont accidentogènes en ce qui concerne la méthanisation (Figure 3b).

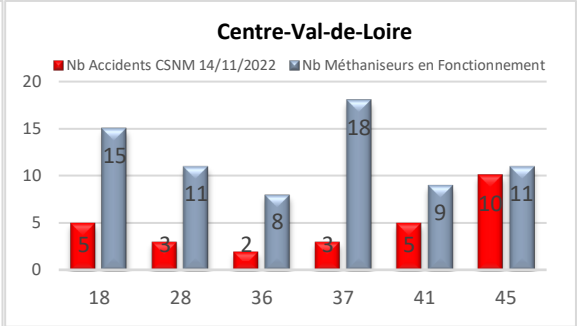
Distribution par Types

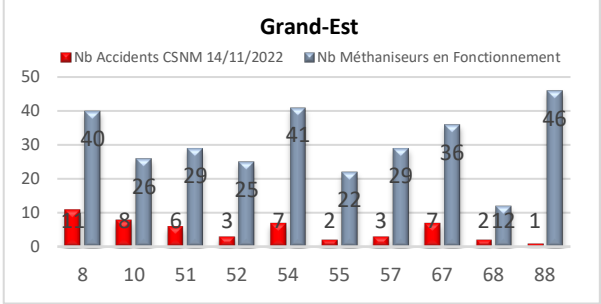
14/1

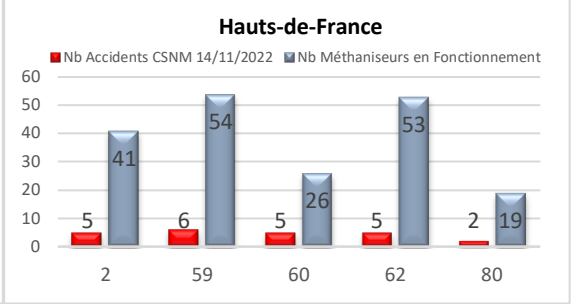


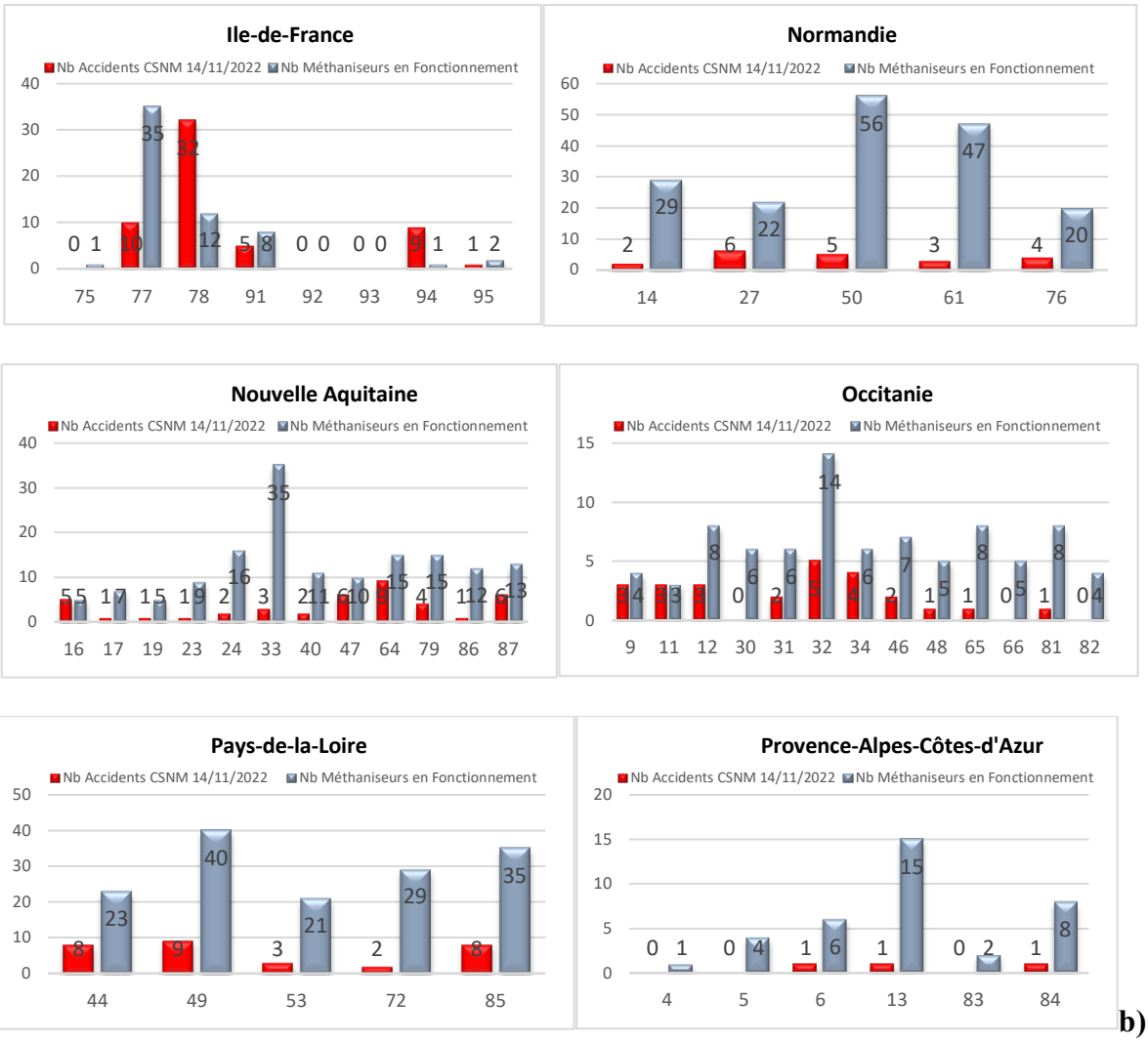












b)

Figure 3

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 chaine de production. Par exemple, NH_3 est émis principalement à partir des zones de stockages d'intrants et de digestats (Awiszus *et al.* 2018, Bell *et al.* 2016), 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 17 cessations d'activités décelées (Figure 4), 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.

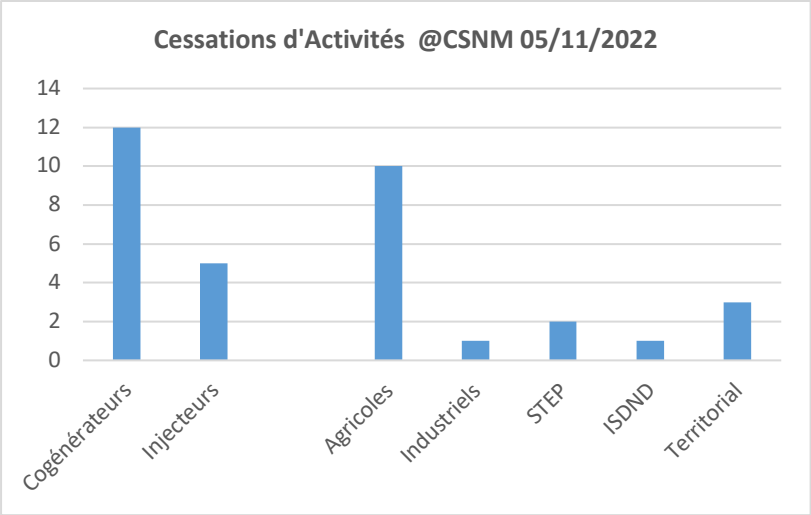


Figure 4

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, Barcauskaité 2019, Golovko *et al.* 2022, Kuo *et al.* 2017, O'Connor *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, 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, Le Pera *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2018, Li C. *et al.* 2022, Nkoa 2014, O'Connor *et al.* 2022, Pivato *et al.* 2016, Sailer *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Tshikalange *et al.* 2022, 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, notamment en Cd et Pb pour le maïs grains (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, *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, Garbini *et al.* 2022). Les digestats doivent donc être post-traités pour ne pas représenter un risque important pour la santé et dans les sols (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 résistances 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).

e) Nano-, Micro- et Macro-plastiques

Les digestats les plus sujets à contenir des plastiques (Polyéthylène, Polypropylène, Polyuréthane, Polyéthylène Téréphtalate, Polychlorure de Vinyl, Polystyrène …) sont ceux provenant d'intrants déchets ménagers, en raison d'un tri amont souvent insuffisant. 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 (Keller *et al.* 2020, O'Connor *et al.* 2022, 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). Ces présences médicamenteuses ont tendance à développer une faune bactérienne résistance aux antibiotiques, notamment à l'amoxicilinne et à la péniciline G (Nesse *et al.* 2022).

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 fausse à moins de remettre en question les travaux du GIEC, dont le dernier rapport est pour le moins alarmant en ce qui concerne CH_4 et CO_2. Mme Valérie Masson-Delmotte, co-présidente du groupe 1 du GIEC, est très claire sur ce constat (https://onedrive.live.com/?authkey=%21AJtXTMixtzIFm8c&cid=0FB6E53A7F4B61E7&id=FB6E53A7F4B61E7%2128062&parId=FB6E53A7F4B61E7%2126770&o=OneUp).

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 CH_4 (qui donne CO_2) dans le bilan GES. Mais on comprend bien que si cette combustion a lieu en continu, alors CO_2 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 CH_4 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).

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 CO_2, CH_4 et N_2O ou à effets sanitaires tels que NH_3, H_2S, NO_x, CO, composés organiques volatiles (COV) …, ne peut pas être positive pour de multiples raisons.

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. Il faut prendre en compte :

a) les fuites de méthane sur sites et en lignes, avec les PRG corrects des gaz CH_4 et N_2O sur la durée de vie des méthaniseurs qui n'est jamais mentionnée. Nous mesurons 9,4 ans à cessation d'activité, soit un PRG(CH_4) d'au moins 86 (Grubert *et al.* 2019) ! Des estimations de cycles de vie prennent 15 à 20 ans de durée de vie seulement (Nurgaliev *et al.* 2022, Valenti *et al.* 2016).

Les fuites de méthane sur sites (agricoles, STEP et ISDND, mais aussi microméthaniseurs et méthaniseurs de ménages), 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, Bowman *et al.* 2022, Bühler *et al.* 2022, Burrow 2019, Daniel-Gromke *et al.* 2015, Delre *et al.* 2017, Feng et al. 2018, Flesch *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, 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 CH_4, jusqu'à plus de 21% du total produit (Bakkaloglu *et al.* 2022, 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 CH_4 produit (Bakkaloglu *et al.* 2022, Kvist *et al.* 2019), à cause des valves de sécurité, des systèmes de ventilation et aération, pompes, membranes ...

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 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).

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±0,6% du total produit (établie sur 78 sites mesurés, Figure 5). Ce qui pour la France représente aujourd'hui une émission équivalente de plus de 8 Mt de CO_2 chaque année. Il est donc absolument nécessaire de contrôler périodiquement les émissions de CH_4 et de prendre des mesures correctives efficientes (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 !

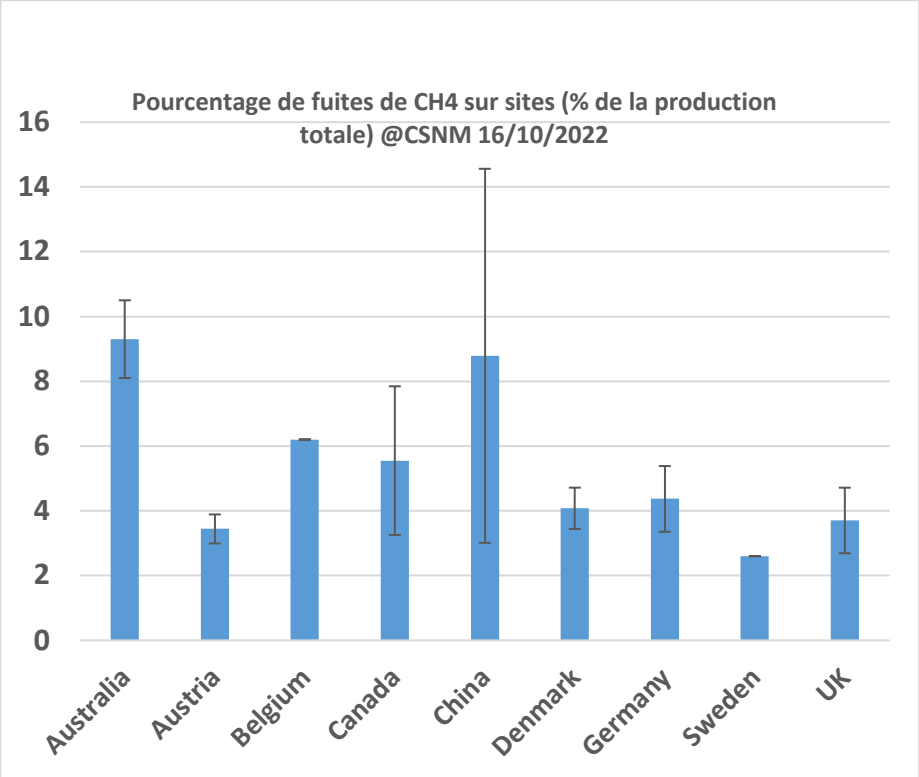


Figure 5

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). 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 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) 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). 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 CO_2) que les sols naturels (Häfner et al. 2022).

d) 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).

e) 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 CH_4 et de N_2O que le compostage des mêmes biodéchets bruts (Dietrich *et al.* 2021).

32- Gaz à Effet Sanitaires

Concernant les émissions de gaz à effets sanitaires (NH_3 créant particules fines, COV, cancérigènes, CO …) :

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, 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 CH_4/m^3/jour, et de l'ammoniac (NH_3), précurseur de particules fines, à raison de plus de 5 g/m^2/semaine. Selon les conditions de température, les pertes de NH_3 peuvent s'étendre de 10 à 45% de l'azote total des digestats en à peine un mois (Perazzolo *et al.* 2016). 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 NH_3 (Finzi *et al.* 2019).

La filtration des digestats est également source d'émissions de NH_3, 0,3% en moyenne (Ricco *et al.* 2021).

Pas moins de 49 COV différents sont détectés dans les émanations de digestats (Figure 6) (Zhang *et al.* 2019). Les émissions sur sites montrent la présence de COV dangereux tels que terpènes, cétones, toluène, siloxanes … (Gomez *et al.* 2016, 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 NH_3 ! (Szymanska *et al.* 2022).

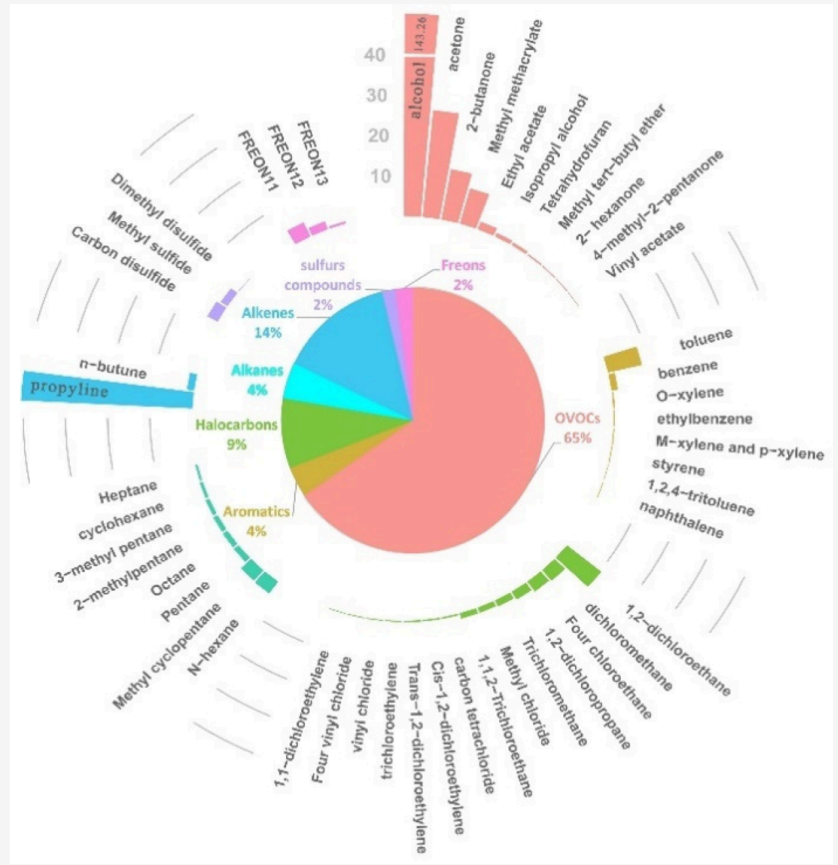


Figure 6 (Zhang *et al.* 2019)

4- Carbone Organique des Sols, amendement

Le bénéfice carbone pour les sols et leur équilibre grâce à la méthanisation est une affirmation qui ne peut être que fausse 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 chaines 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).

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).

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

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 directement.

D'ailleurs les études à court terme utilisent souvent comme référence celle des engrais « traditionnels » et ne montrent pas de différence remarquable (Asp *et al.* 2022, Chatzistathis *et al.* 2022, 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 avec moins d'azote résiduelle dans le sol (Petraityte *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022). 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). 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).

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 et des épandages (Figure 7). Le déversement de digestat dans les eaux douces modifient 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.

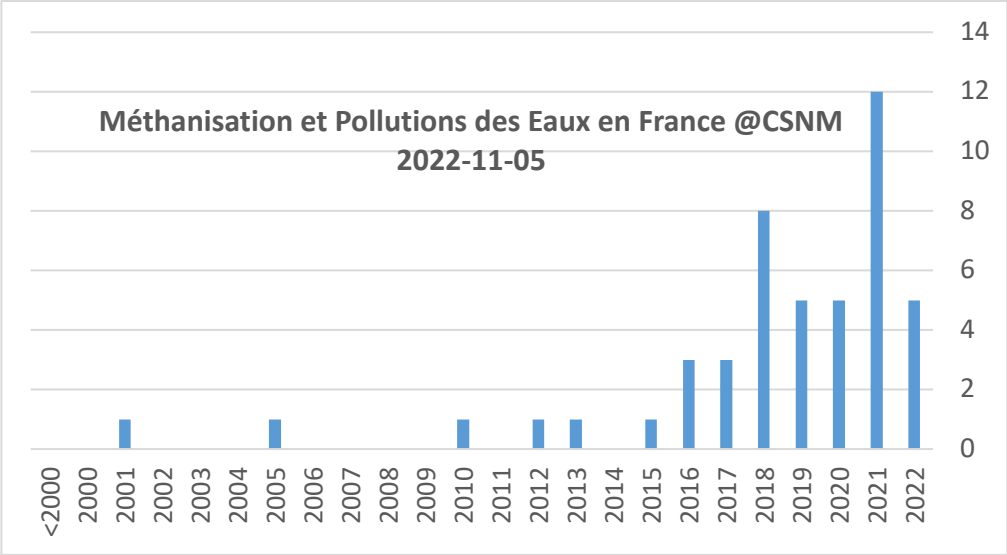


Figure 7

Quelques références de pollutions aquatiques en France (AP 2022-DCL-BENV-547, L'Ardennais 2022-08-23, L'Eveil 2021-04-27, La Gazette du 50, du 35 et du 53 2022-07-25 ; La Nouvelle République 2021-12-28, L'Est Républicain 2022-01-02, L'Est Républicain 2022-06-02, Le Journal du Pays Yonnais 2021-07-30, Le Progrès 2022-06-08, Le Républicain Lorrain 2022-03-26, Le Télégramme 2021-07-18, Le Télégramme 2021-12-27 ; Ouest-France 2020-08-26, Ouest-France 2021-12-20 ; 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, La France Agricole 2022-09-09, Réussir 2022-09-02).

Quel que soit le projet de méthanisation, il n'y a aucune garantie formalisée de non-accaparement des terres au détriment des cultures vivrières, de non-intensification de méthanisation (donc de cultures dédiées et d'élevages), ni de non-incorporation d'intrants moins contrôlés dans le futur. L'accaparement se fait au détriment des agriculteurs et au profit des multinationales du gaz (Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24, Reporterre 2022-09-14).

Accaparement de la biomasse :

- Le fourrage, la paille, les triages de céréales commencent à manquer aux éleveurs, bergers et haras, surtout en période de sécheresse (France 3 2020-07-16, L'Est Républicain 2020-11-26, La France Agricole 2022-08-25, Le Télégramme 2022-08-09, Mediapart 2022-09-15, Ouest-France 2021-05-05, Ouest-France 2022-08-09, Réussir 2022-09-02)
- Les méthaniseurs limitrophes cherchent des « déchets » en France (L'Ardennais 2020-10-07, La Montagne 2022-02-21, La Voix du Nord 2019-06-14)
- Certains méthaniseurs vont chercher de la paille à des centaines de km
- Les quantités projetées d'intrants ne sont pas réalisables, entrainant des problèmes de rentabilité financière (Le Dauphiné Libéré 2022-07-28)

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 (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, déchets de l'agroalimentaire …) (France 3 2020-07-16, L'Usine Nouvelle 2022-10-24, Ouest-France 2021-05-05, Ouest-France 2021-11-30, Ouest-France 2022-08-09).
- promouvant une meilleure rentabilité du gaz que de la viande ou que du lait (Réussir 2022-09-02)

Accaparement de la SAU :

- La construction des méthaniseurs en service aujourd'hui a nécessité l'artificialisation de 5400 ha de terres.
- Nous estimons à 23,3 m^2/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).
- 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 …).

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 (Le Courrier Picard 2022-08-13, Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24).

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 croissance 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 :

L'effet négatif de l'implantation des CIVE se fait déjà sentir (Réussir 2021-04-05), avec une estimation de 950 000 t de CIVE alimentant aujourd'hui les méthaniseurs en service (plus de 3 300 000 t prévues si tous les méthaniseurs programmés entrent en service).

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.

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 40% (Figure 8), et ne dépend pas de la région (La semaine de l'Allier 2019-10-17, L'Eclaireur de Châteaubriand 2020-10-06, Le Maine Libre 2021-10-14). 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).

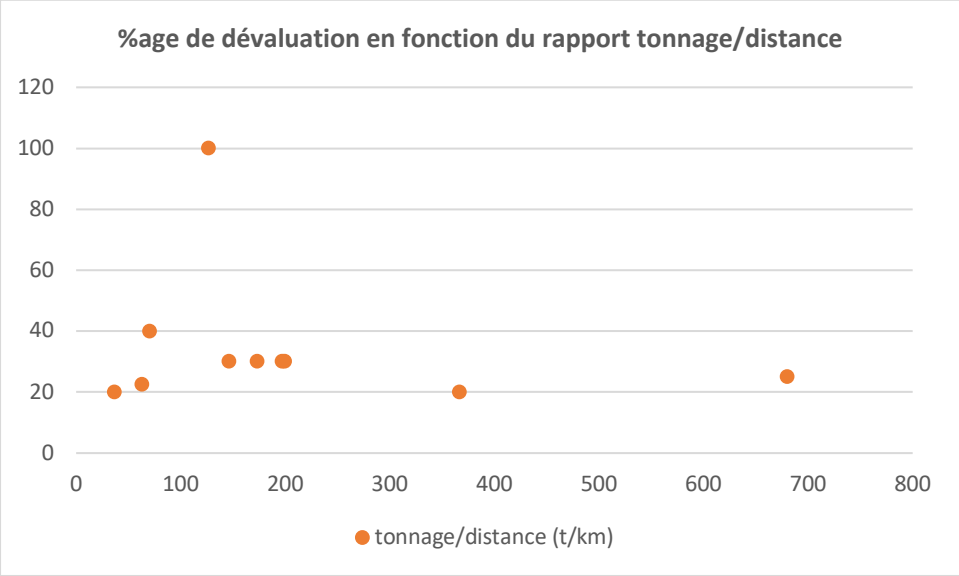


Figure 8

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 CH_4.

10- Cycle de vie, Taux de Retour Energétique, Viabilité

L'analyse du cycle de vie total du méthaniseur n'est pas détaillé. Son bilan énergétique n'est donc pas vérifiable. 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.

Ainsi, la viabilité économique des méthaniseurs est très fragile, car toute fluctuation de tarifs d'achat ou de revente annule potentiellement tout bénéfice, créant une contrainte supplémentaire sur les exploitations (La Nouvelle République 2022-10-31, Web-Agri 2022-10-31).

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.

- *Vers de terre*

L'effet des épandages de digestats sur la décroissance des populations de vers de terre et la répartition entre espèces est avéré (Koblenz *et al.* 2015, 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 (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 dés 15% (Pivato *et al.* 2016).

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 létal supplémentaire pour les populations de vers de terre, tels que *Lumbricus terrestris* (Lwanga *et al.* 2016).

- *Champignons du sol*

L'effet nocif des digestats d'effluents bovins sur les champignons du sol, 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

(ectomyccorhyzes) 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).

- 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. La biodiversité de la rhyzosphère 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).

- 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'Eclaireur 2018-05-02).

- 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).

- 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).

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, 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).

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 9), 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.

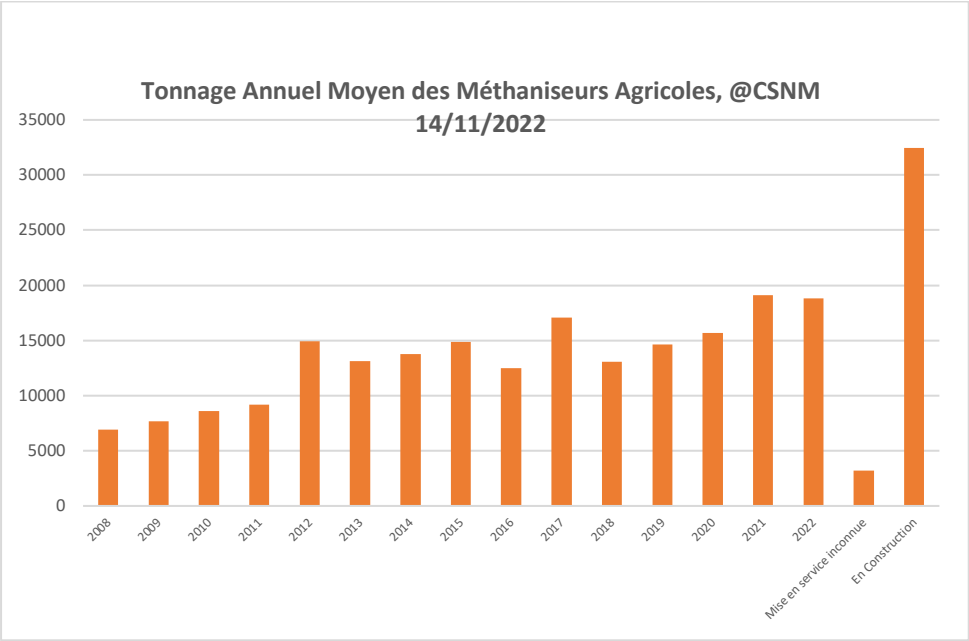


Figure 9

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.

Dans cette voie, au sein même de la filière méthanisation, certaines équipes de recherche travaillent déjà à prétraiter ou retraiter les digestats (liquides et solides) par différentes techniques et additifs (pyrolyse, synthèse hydrothermale, carbonisation hydrothermale, hydroponie, biochar …). Mais il existe aussi des voies différentes, annoncées comme compléments à la méthanisation pour produire du méthane, comme la pyrogazeification, la gazeïfication 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.

a) Dérives en filière Méthanisation

Des méthodes pour extraire toujours plus de méthane et/ou d'agrocarburant 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 *et al.* 2022, He *et al.* 2022a, Kovalev *et al.* 2021, Luo *et al.* 2022, Ma *et al.* 2022, 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, Wang X. *et al.* 2022, Wang S. *et al.* 2022, Wei *et al.* 2021, Xie *et al.* 2022)

Le traitement à la chaux des cultures stockées en attente de méthanisation est aussi développé pour augmenter la production de biogaz (Van Vlierberghe *et al.* 2022) !

Et d'autres qui feront que les digestats solides et liquides ne retourneront pas aux sols comme amendement et fertilisant (Eraky *et al.* 2022) :

- utilisation des fibres contenues dans les digestats solides comme renforts de matériaux composites (Gebhardt *et al.* 2021)
- combinaison du digestat avec du biochar obtenu par pyrolyse de maïs, de résidus de bois, de diverses espéces 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 CO_2 pour décomposer les tiges de maïs (Ma *et al.* 2022)
- extraction du phosphore, des ions ammonium, de l'azote et autres nutriments ou molécules organiques pour utilisations ultérieures, par des procédés bio-physico-chimiques consommateurs d'énergie (Bach *et al.* 2022, Béji *et al.* 2022, Bertasini *et al.* 2022, Carucci *et al.* 2022, Chong *et al.* 2022, Guruchandran *et al.* 2022, Kubar *et al.* 2022, Kumar *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2022, Van Puffelen *et al.* 2022, Wang *et al.* 2022a)
- 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, Tawfik *et al.* 2022, Wang Q. *et al.* 2021)
- assécher le biogaz de H_2S (Sempere *et al.* 2022)
- être utilisés comme précurseurs de fabrication dans d'autres filières (Chaturvedi et al. 2019)
- être envisagés comme combustible en incinération ! (Benedetti *et al.* 2022, Dutta *et al.* 2021, Dziedzic *et al.* 2021, Dziedzic *et al.* 2022, Ghavami *et al.* 2022, Peng Zhang *et al.* 2022).

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 (Li Y. *et al.* 2022)
- de pastiller ou assécher pour le transport à cause du surplus d'épandage (Ablieieva *et al.* 2022, Szymanska *et al.* 2022, Van Puffelen *et al.* 2022)
- pour tenter d'en abattre la toxicité (Celletti *et al.* 2021, Guruchandran *et al.* 2022)
- par électrodialyse (Wang *et al.* 2022a).

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

b) Pyrogazéification

L'énergie utilisée pour le procédé de pyrogazeïfication des intrants comme des digestats est considérable et ne fait qu'amoindrir encore l'efficacité globale de l'approche énergétique.

c) Méthanation

Combiner CO_2 et H_2 pour former CH_4 peut paraître une bonne méthode pour réutiliser le GES CO_2 issu en grande quantité de la méthanisation. Hélas, cela requiert de l'énergie. Mais surtout, pourquoi ne pas utiliser H_2, gaz utilisable comme carburant qui ne forme aucun GES à son utilisation, au lieu de CH_4, GES puissant ? C'est pourtant ce que fait la méthanation, par l'intermédiaire de procédés divers (Sun *et al.* 2022).

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 ou à l'absence totale d'apport de fertilisant, mais pas au retour au sol naturel ou raisonnable de biomasse (Brtnicky *et al.* 2022, Chatzistathis *et al.* 2022, Dubis *et al.* 2022, Kovačević *et al.* 2022, Mickan *et al.* 2022, Ran *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022, Slepetiene *et al.* 2022a, Velechovsky *et al.* 2021, Weldon *et al.* 2022, Zilio *et al.* 2022).
- 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 entraine 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).
- 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 10) sont hors de toute raison en comparaison du peu d'énergie recueillie par ce procédé.

- Nous relevons plus de 840 M€ distribués en France pour la construction des méthaniseurs, soit 720 000 € par méthaniseur, a minima (Nous estimons à 1,8 Mds d'€ les subventions totales allouées à la construction).
- 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.

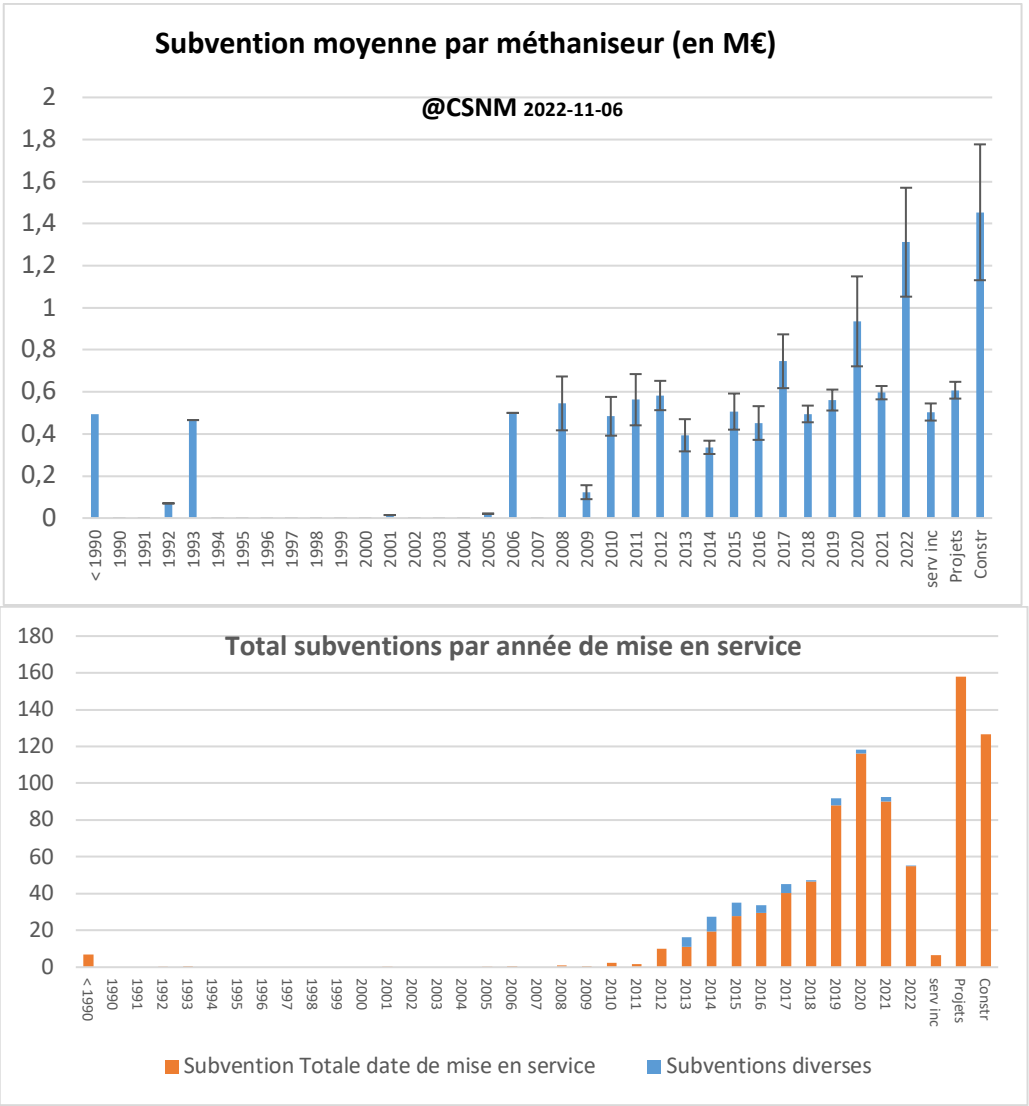


Figure 10

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 (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).

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 *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 11), 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.

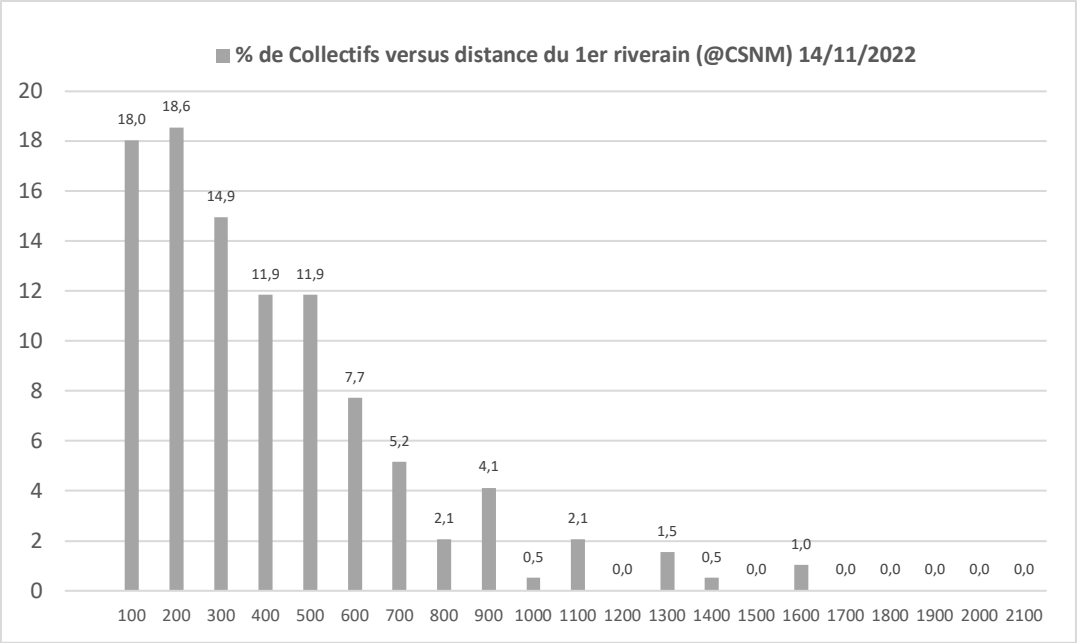


Figure 11

17- Illégalités, irrégularités, condamnations, intimidations : faits

Du simple fait d'intimidation aux condamnations conséquentes, en passant par des irrégularités donnant lieu à mises en demeures 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)
- 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)
- 42 925 € d'amende pour pollution de rivière et réparations (La Commère 2022-03-07)
- 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)

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 préfectures 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).

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 … (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).

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,
    - des **épandages irréguliers :** surnuméraires ou sur surfaces interdites ou trop importantes, en périodes interdites,
    - des **absences :** de plan d'épandage, de mesures de reliquat azoté, de couvertures de 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'étancheité 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,
    - des **défauts** ou **insuffisance :** de torchères, de la maintenance, des capacités de stockages, d'étanchéité de zones d'intrants, de clotures de lagunes, de zone de rétention de digestat,
    - 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,
    - de **rejets polluants :** de lixiviats et digestats sur voiries et en milieux naturels, de pollutions olfactives, de fuites de biogaz, …

  (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 2021-05-05, 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-2019-08-01, AP 2019-05-13, L'Eclaireur 2019-09-13, L'Union 2020-09-04, Ouest-France 2019-03-04, Ouest-France 2020-09-18, Ouest-France 2021-07-30).
- 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, PC 051075 18 K0008-M02).

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 …). A l'heure où l'Allemagne se désengage de la méthanisation, il serait inopportun que la France s'y enlise.

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

Sincèrement,

Pour le CSNM
D. Chateigner
Coordonnateur CSNM

Références scientifiques

- Ablieieva I., Berezhna I., Berezhnyi 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-Mallahi 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
- 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
- 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
- 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., Burtt 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 ofpolychlorinated biphenyls in compostsamples from different origin. *Waste Management & Research* 37 556-562
- 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
- Bertasini D., Binati R.L., Bolzonella D., Battista F. (2022). Single Cell Proteins production from food processing effluents and digestate. *Chemosphere* **296** 134076

- 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
- 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
- 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 molecularmarkers. *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. (**2007**a). 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
- 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 anaerobicdigestate: 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 it's 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
- 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*
- 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 inSoil Microbial Fuel Cells. *Water* 14 2752
- Czubaszek R., Wysocka-Czubaszek A. (**2018**). Emissions of carbon dioxide and methane from fields fertilized with digestatefrom 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., Foereid B. (**2021**). Anaerobic digestion affecting nitrous oxide and methane emissions from the composting process. *Bioresource Technology Reports* 15 100752
- 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 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., Łapczy'nska-Kordon B., Jurczyk M., Wróbel M., Jewiarz M., Mudryk K., Pająk T. (**2022**). Solid Digestate - Mathematical Modeling of Combustion Process. *Energies* 15 4402
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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*
- 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
- 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

- 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*
- 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., Sörengård 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 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*
- 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*
- 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. *Bioressource Technology* **344**, 126395
- 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
- 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

- 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
- 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
- Juanpera M., Ferrer-Marti 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
- 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., Räbiger 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
- 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
- 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
- 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., Litti 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
- 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., Spatari 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 émotionsComprendre l'opposition à l'implantationd'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
- Le Maréchal C., Druilhe C., Repérant E., Boscher E., Rouxel S., Roux S.L., Poëzévara 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* 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 NH_3 and N_2O emissions during food waste digestate composting at C/N ratio 15 using zeolite amendment. *Bioresource Technology* 359 127465
- 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
- Luo Longzao, Li Miao, Luo Shuang, Awasthi Mukesh Kumar, Lin Xiaoai, Liao Xing, Peng Changsheng, Yan Binghua (2022). Enhanced removal of humic acid from piggery digestate by combined microalgae and electric field. *Bioresource Technology*, 126668
- 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 lessigreaterLumbricus terrestrisless/igreater (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology* 50 2685-2691
- 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
- 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
- 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
- Mbah J.T., Chmist-Sikorska J., Szoszkiewicz K., Czekała 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
- Merico E., Grasso F.M., Cesari D., Decesari S., Belosi F., Manarini F., Nuntiis 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., Buhlmann 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
- 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
- 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., Papasidero S., Scarponi G.E., Guglielmi D., Cozzani V. (**2016**). Analysis of accidents in biogas production and upgrading. *Renewable Energy* 96 1127-1134
- 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
- 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*
- Nkoa R. (**2014**). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34 473-492
- Nurgaliev T., Koshelev V., Müller J. (**2022**). Simulation Model for Biogas Project Efficiency Maximization. *BioEnergy Research*
- 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
- 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
- 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
- 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. *Bioresource Technology* 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., Arlauskiene 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
- 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 CO_2 Emissions in Shallow Water Table Conditions. *Agronomy* **12** 504
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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 38olatilizat using two different earthworm species. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63 1939-1950
- 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
- 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
- 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
- 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
- Slepetiene 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
- Slepetiene A., Kochiieru M., Skersiene A., Mankeviciene A., Belova O. (**2022**a). Changes in Stabile Organic Carbon in Differently Managed Fluvisol Treated by Two Types of Anaerobic Digestate. *Energies* 15 5876
- Soltanzadeh A., Mahdinia M., Golmohammadpour H., Pourbabaki 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

- 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
- 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
- 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
- Tigini 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
- Trávniček P., Kotek L. (**2015**). Risks associated with the production of biogas in Europe. *Process Safety Progress* 34 172-178
- Trávniček 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
- 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
- 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 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
- Velechovský J., Mal\ik 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
- Vlierberghe C. V., 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
- 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

- 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., Cherones 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, 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 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. (**2022**a). Molecular Behavior of Dissolved Organic Matter in Liquid Digestate from Biogenic Waste during Electrodialysis Treatment: Reserve, Transfer, or Foul the Membrane? *ACS EST Water*
- 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
- 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 40olatilization from anaerobic digestate. *Waste Management* 30 1808-1812
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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

Articles de presse nationale

- 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
- 2022-10-31 *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
- 2022-09-29 *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 illgale 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 *La France Agricole* : « Le fourrage doit aller en priorité aux animaux », pas aux méthaniseurs
- 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* : Sècheresse 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 Aeimen Benallouche
- 2022-07-28 *Le Dauphiné Libéré :* Eau d'Evian. Mal conçu, le méthaniseur pollue et coûte cher.
- 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
- 2022-06-23 *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 Jourdant
- 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 Orianne 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 Orianne 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.
- 2021-07-30 *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
- 2021-05-06 *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 *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
- 2021-03-10 *La Dépêche-Le Petit Meunier* : Produits cellulosiques _ 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.
- 2020-11-14 *Grands Troupeaux* : Le biogaz contre les éleveurs. « Trop de fourrages finissent dans les méthaniseurs »
- 2020-10-07 *L'Ardennais* : Sud Ardennes. La méthanisation fait débat. Par Sylvain Falize
- 2020-10-06 *L'Eclaireur 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'Eclaireur* : 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.
- 2019-07-09 *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
- 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
- 2019-01-22 *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
- 2018-09-27 *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'Eclaireur* : Soudan : Le site de compostage pollué ?
- 2016-01-14 *France Bleu Berry* : Feux : La méthanisation pas en odeur de sainteté. Par Michel Benoît
- 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)

- 2022-10-24 (PC 051075 18 K0008-M02) : arrêté du 24 oct. 2022, Préfecture de Seine-et-Marne. SAS Méthabaz-Engie
- 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
- 2022-02-28 : 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
- 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
- 2021-08-12 : arrêté du 12 août 2021 52-2021-08-00071, Préfecture de la Haute-Marne. SAS Méthamance
- 2021-06-15 : arrêté du 12 juin 2021, Préfecture des Côtes d'Armor. GAEC de la Croix Pierre
- 2021-05-05 : arrêté du 5 mai 2021 PCICP2021125-0001, Préfecture de l'Aube. SAS Launoy ETA
- 2021-04-13 : arrêté du 13 avril 2021, Préfecture du Lot. SAS Bioquercy
- 2020-12-24 : arrêté du 24 décembre 2020, Préfecture du Morbihan. SAS Kersinergie
- 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
- 2019-08-01 : 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 Biogasyl-SARIA

Les 30 membres du Collectif Scientifique National Méthanisation raisonnable

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
Serreau Raphaël	Directeur de Recherches	Laboratoire PsycoMADD, AP-HP Université Paris Saclay	Médecin de Santé Publique, praticien hospitalier
Tarrisse André	Docteur Ingénieur	DDAF du Lot, retraité	Hydrogéologie
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