

Méthanisation: Une Solution pour Aider le Climat et les Agriculteurs, ou Greenwashing ?

Daniel Chateigner

Professeur *Université de Caen Normandie*
Chercheur *Laboratoire CRISMAT-CNRS*
Coordonnateur du CSNM

CSNM
Collectif Scientifique National Méthanisation raisonnable



2023-11-14, France Nature Environnement Creuse, Guéret

CSNM

Création: Septembre 2018

30 scientifiques

Indépendants

- *Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (2012)*:
« Germany should not focus on bioenergy to reduce the consumption of fossil fuels and GHG emissions »
- *Techniques de l'Ingénieur (2012)*: La biomasse pourrait menacer les objectifs de réduction de CO₂ de l'UE. 17 avril.
- GREFFE: GRoupe scientifiquE de réFlexion et d'inFormation pour un développement durable: 30 scientifiques

Agronomie
Biochimie, Biologie, Biologie cellulaire
Chimie
Déchets
Ecologie des sols
Electronique
Environnement
Géochimie des eaux et des sols
Géographie physique
Géologie
Hydrogéologie
Médecine générale, Médecine de santé publique
Microbiologie
Physique
Patrimoine naturel historique, Préhistoire
Radiologie
Réseaux informatiques
Sols karstiques, Systèmes rayonnants
Toxicologie animale et environnementale
Vers de Terre

Almagro Sébastien	Maître de Conférences	Université de Reims	Biochimie, Biologie cellulaire
Astruc Jean-Guy	Docteur-Ingénieur retraité	BRGM	Géologie, Hydrogéologie
Aurousseau Pierre	Professeur des Universités	INRA Rennes, Agrocampus Ouest	Agronomie, Environnement
Bakalowicz Michel	Directeur de Recherches	CNRS, retraité	Hydrogéologie, 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, retraité	Physique, Biologie, Chimie
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	Université Pierre et Marie Curie, Sorbonne Université, Paris	Ecologue des Sols, spécialiste des vers de terre
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 Universités	Université de Bordeaux, retraité	Géographie Physique
Serreau Raphaël	Directeur de Recherches	Laboratoire PsychoMADD, AP-HP Université Paris Saclay	Médecin de Santé Publique, praticien hospitalier
Tarrisse André	Docteur Ingénieur	DDAF du Lot, retraité	Hydrogéologie
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

Les Fiches Pédagogiques du CSNM

- *Qu'est-ce que la méthanisation ?*
- *Le Pouvoir Méthanogène des intrants de méthanisation*
- *Biogaz et Biométhane ne sont pas Bio ! Et autres abus de langage ...*
- *Intrants de Méthanisation riches en N et S : Effets dépressifs sur les bactéries méthanogènes*
- *La méthanisation entraîne une accélération du cycle du carbone, un épuisement de la matière organique du sol, et plus de CO₂ atmosphérique*
- *Les fuites de gaz à effet de serre dans la méthanisation*
- *La méthanisation des lisiers n'est pas une solution aux excès d'azote*
- *La méthanisation produit des gaz irritants, toxiques et dangereux !*
- *Les prévisions de l'ADEME conduiraient à utiliser une part déraisonnable de la surface agricole pour la méthanisation*
- **Patrimoine inestimable en danger : Les grottes préhistoriques et touristiques menacées par les épandages**

<https://drive.google.com/drive/folders/1UV4iol0ySkE-QadMv1alp2SsaK3m0833?usp=sharing>

<https://www.cnvmch.fr/a-savoir-csnm>

Les Databases du CSNM, cartographies

- Database de méthaniseurs (> 2800 entrées, > 67000 données)
- Database d'accidentologie (445 évènements sur 276 sites)
https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1PtVRLb8cqaijStrw55KcCvqf_38QoZLS&usp=sharing
- Database de collectifs et associations de Riverains (333 collectifs sur 304 communes)
https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1PtVRLb8cqaijStrw55KcCvqf_38QoZLS&usp=sharing
- Database d'articles
- Database de Maires et Conseils Municipaux contre des projets de méthanisation (245 mairies)
https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1PtVRLb8cqaijStrw55KcCvqf_38QoZLS&usp=sharing

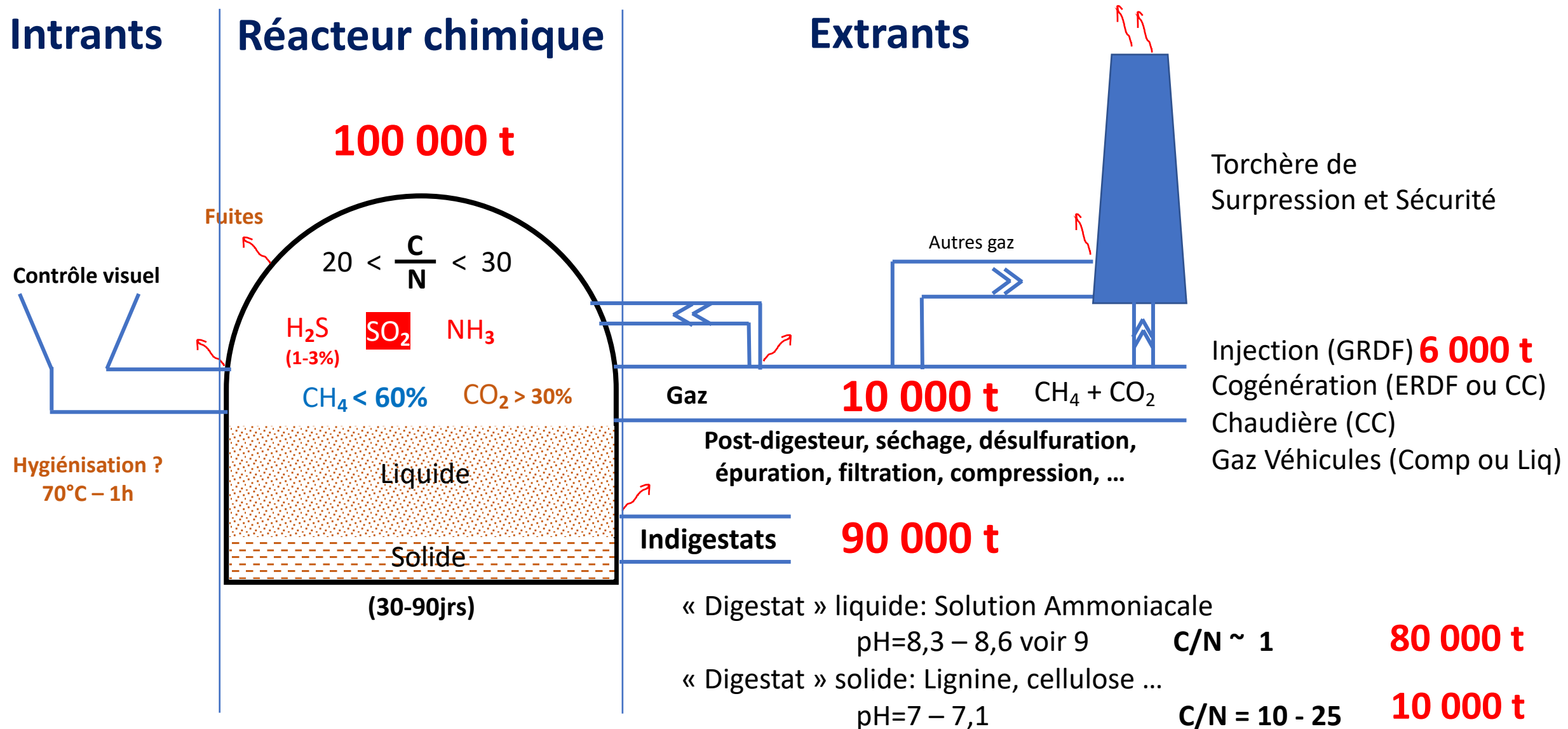
Actions principales du CSNM

- Expertise, aide aux riverains, élus ... formations ...
- Observations-recommandations lors des consultations publiques (Européennes, nationales, préfectorales ...)
- Auditions, contributions orales et écrites de commissions et comités
- Entretiens (cabinets min., conseils généraux, parlementaires, préfetures, journalistes)
- Conférences-débats, articles, publications diverses (web, radios, TV ...)

Méthanisation: Fonctionnement



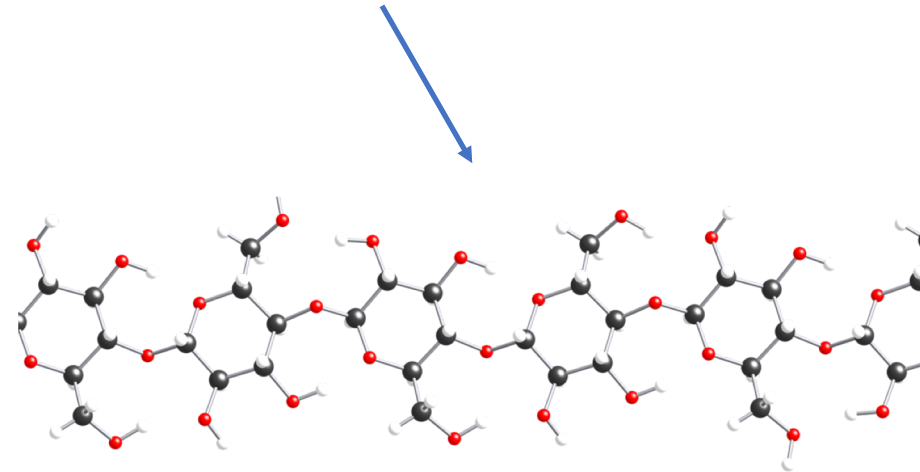
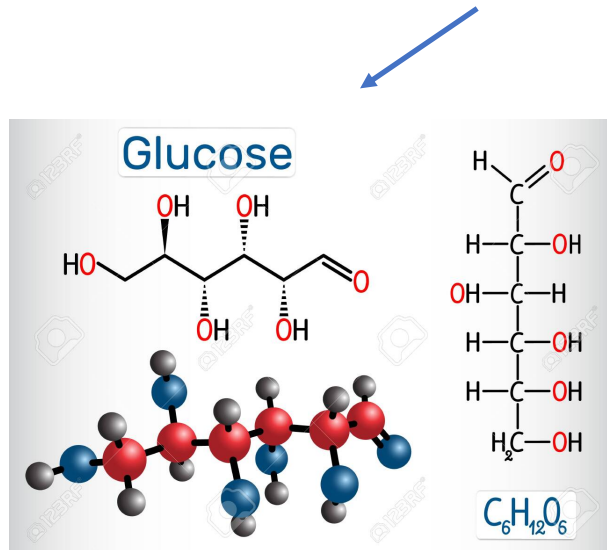
Méthanisateur en ultra bref !



Matière Organique: Intrants de méthanisation

CHONSP: Carbone Hydrogène Oxygène Azote Soufre Phosphore

Qui forment des « chaînes courtes » et des « chaînes longues »



Que décomposent: Bactéries et Champignons (aérobie)

Cultures:

- Résidus: Pailles, Betteraves, coupes, ...
- Culture Intermédiaire à Vocation Energétique (Ciboule, Tréfles, ..., Sorgho, **Maïs !**) **pas de limite**
- Dédiées (**Maïs**, Colza, ...) **15% max en France**

=> Si compostage naturel (pH Neutre, Carbone, μ -organismes, macro-organismes (vers, arthropodes, collemboles, insectes ...))

« Déchets » Organiques:

- Effluents d'élevages: Lisier, Fumier ...
- Biodéchets (résidus ménagers, Restauration, supermarchés, IAA, ...)
- Sous produits animaux (Déchets d'abattoirs, graisses, sang, ...)
- Boues de STEP industrielle ou territoriale

Epandage de digestats:

- Digestat brut ...
- Séparation de phase: Digestats liquide et solides
- Traitement par stripping ...

Gaz: (PRG sur 100 ans)

N_2O : Protoxyde d'azote (298)

SO_2 : Dioxyde de soufre

CO_2 : Dioxyde de carbone (1)

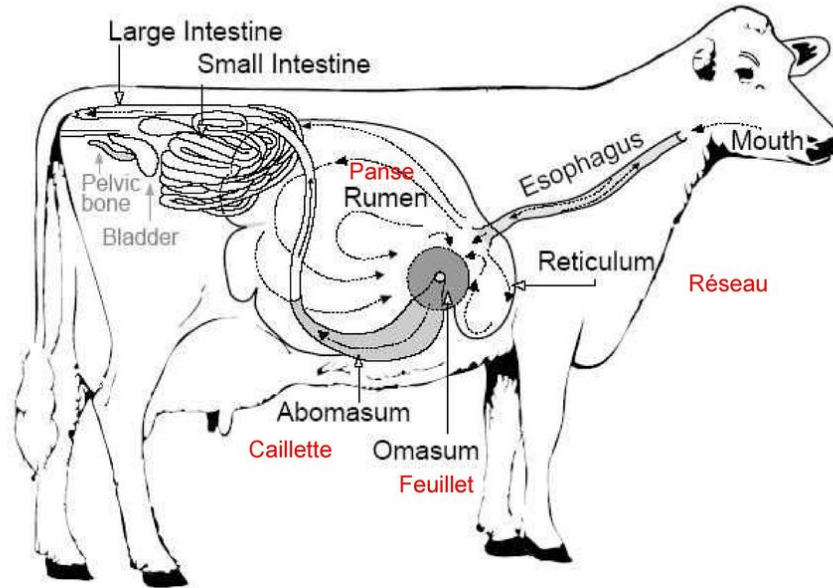
CH_4 : Méthane résiduel (32)

NO_x : Oxydes d'azote

H_2S : Sulfure d'hydrogène

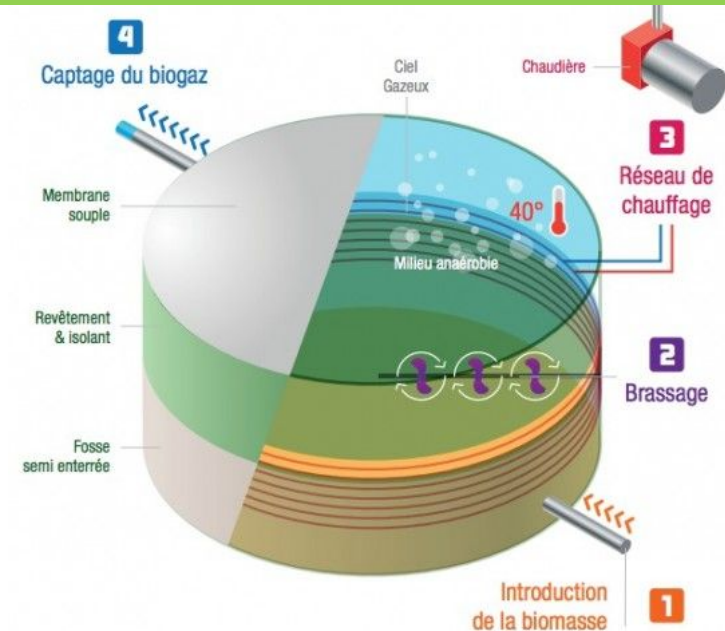
« comme la panse d'une vache » ?

Tube digestif du ruminant aérobie-anaérobie



Intrants	Végétaux uniquement Air (O_2 , N_2)
Sortants	Effluents liquides -lisier, $(NH_2)_2CO$ Effluents solides –fumier (Cellulose, hemic) Lait (glucose-galactose, CO_2 , N_2 , O_2 dissouts) Gaz (30% CH_4 , 70% CO_2)

Réacteur chimique à fermentation anaérobie

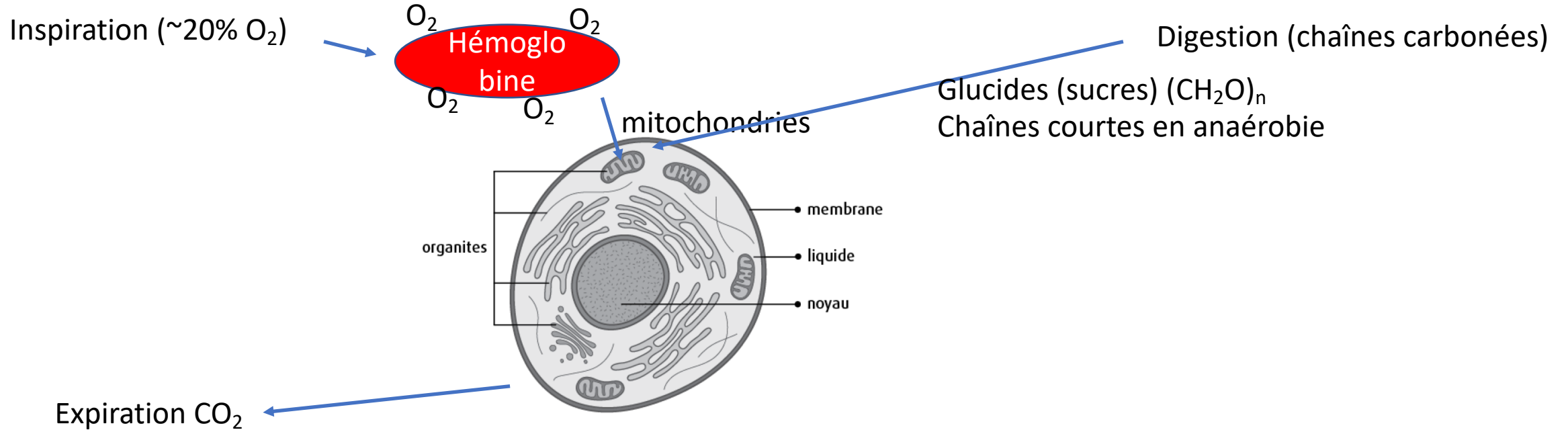


Végétaux, effluents, boues STEP, abattoirs, cantines, huiles usées, IAA, pharmaceutiques ...

Digestat liquide (NH_4-OH): 80%
Digestat solide (C, P, K, N): 10%
Gaz (60% CH_4 , 30% CO_2 , NH_3 , H_2S): 10%
Métaux Lourds, siloxanes ...

Ce n'est pas « comme la panse d'une vache » !

Car la circulation sanguine opère Et amène O_2 : aérobie !



L'Hb transporte O_2 qui transforme les nutriments issus de la digestion en énergie directement utilisable par les cellules

Bilan aérobie



L'énergie libérée profite à l'organisme (aux cellules)

Bilan anaérobie



L'énergie libérée sert à créer du gaz

Ce n'est pas « comme la panse d'une vache » !

Pouvoir Méthanogène

Fiche 2 du CSNM

- Le pouvoir méthanogène est très variable d'un intrant de méthanisation à un autre. Il varie de quelques m³/t pour les intrants les moins méthanogènes (lisiers par exemple), à quelques centaines de m³/t (huiles, graisses) pour les plus méthanogènes.
- Pourquoi ces différences ?
Pour produire le méthane (CH₄), les intrants les plus méthanogènes doivent contenir beaucoup de carbone (C) et d'hydrogène (H), comme les huiles ou les graisses. **Le lisier en contient très peu.**

Pouvoirs méthanogènes

Lisier de porc 10 m³/t

Maïs - CIVE

90 (pâteux) – 330 (paille)

Huile alimentaire 784 m³/t

- Pourquoi certains intrants diminuent la méthanisation ?

Certains intrants contiennent beaucoup d'eau (H₂O) et donc peu de carbone en proportion. Ils peuvent aussi être riches en azote (N) et soufre (S). C'est le cas des lisiers.

Avec N, S et H, et en absence d'oxygène (anaérobie), les gaz NH₃ (ammoniac) et H₂S (sulfure d'hydrogène) sont produits. Ces **gaz dangereux**, ont un **effet dépressif sur les bactéries méthanisantes**, c'est à dire qu'ils les empêchent de produire du méthane.

Méthanisation = procédé chimique, pas « Bio » ni « vert » !

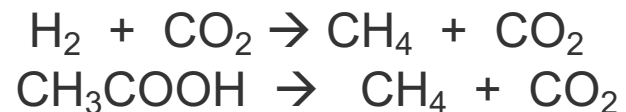
Fiche 4 du CSNM

Génie des Procédés Chimiques

Hydrolyse enzymatique et acidogénèse: les chaînes organiques complexes (**polymères:** protéines, lipides, polysaccharides) sont transformées en composés plus simples (**monomères:** acides gras, peptides, acides aminés, alcools, sucres)

acétogénèse : les **monomères** sont convertis en acétates, acides organiques, alcools et (H_2+CO_2) par les bactéries fermentaires et acétogènes

méthanogénèse : les acétates et (H_2+CO_2) sont transformés en méthane et en gaz carbonique par les archées méthanogènes



Pour quelle énergie ?

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (2012):

Germany should not focus on Bioenergy to reduce the consumption of fossil fuels and GHG emissions. This is the conclusion by the authors of this report after balancing all the arguments for and against the use of biomass as an energy source. Particularly, it should insist that the EU 2020 target of 10 per cent renewable content in road fuel energy is revisited. Rather, Germany should concentrate on other renewable energy sources such as solar heat, photovoltaics, and wind energy, whose area demand, GHG emissions, or other environmental impacts are lower than those of bioenergy. Energy conservation and energy efficiency improvements should have priority.

Promotion of bioenergy should be limited to those forms of bioenergy that: (a) do not reduce food availability or spur food-price increases due to competition for limited resources such as land or water; (b) do not have large adverse impacts on ecosystems and biodiversity; and (c) have a substantially (> 60 – 70 per cent) better GHG balance than the energy carriers they replace. The valuable range of services that ecosystems provide to the public also needs to be respected. All these items have to be considered when biomass or biomass products are imported for bioenergy purposes.

Quelques Grandeurs énergétiques

1 TWh = 1 000 GWh = 1 000 000 MWh = 1 000 000 000 kWh
Nous consommons en France plus de 2500 TWh chaque année !

PPE: **17% du Gaz Naturel russe sous forme de Biogaz: 80 TWh annuels**

Méthaniseur moyen: **11 GWh annuels**

Nombre de méthaniseurs: **80 000 GWh / 11 GWh ~ 7000 méthaniseurs !**

Pour: **25000 t x 7000 > 175 Millions de tonnes d'intrants !**

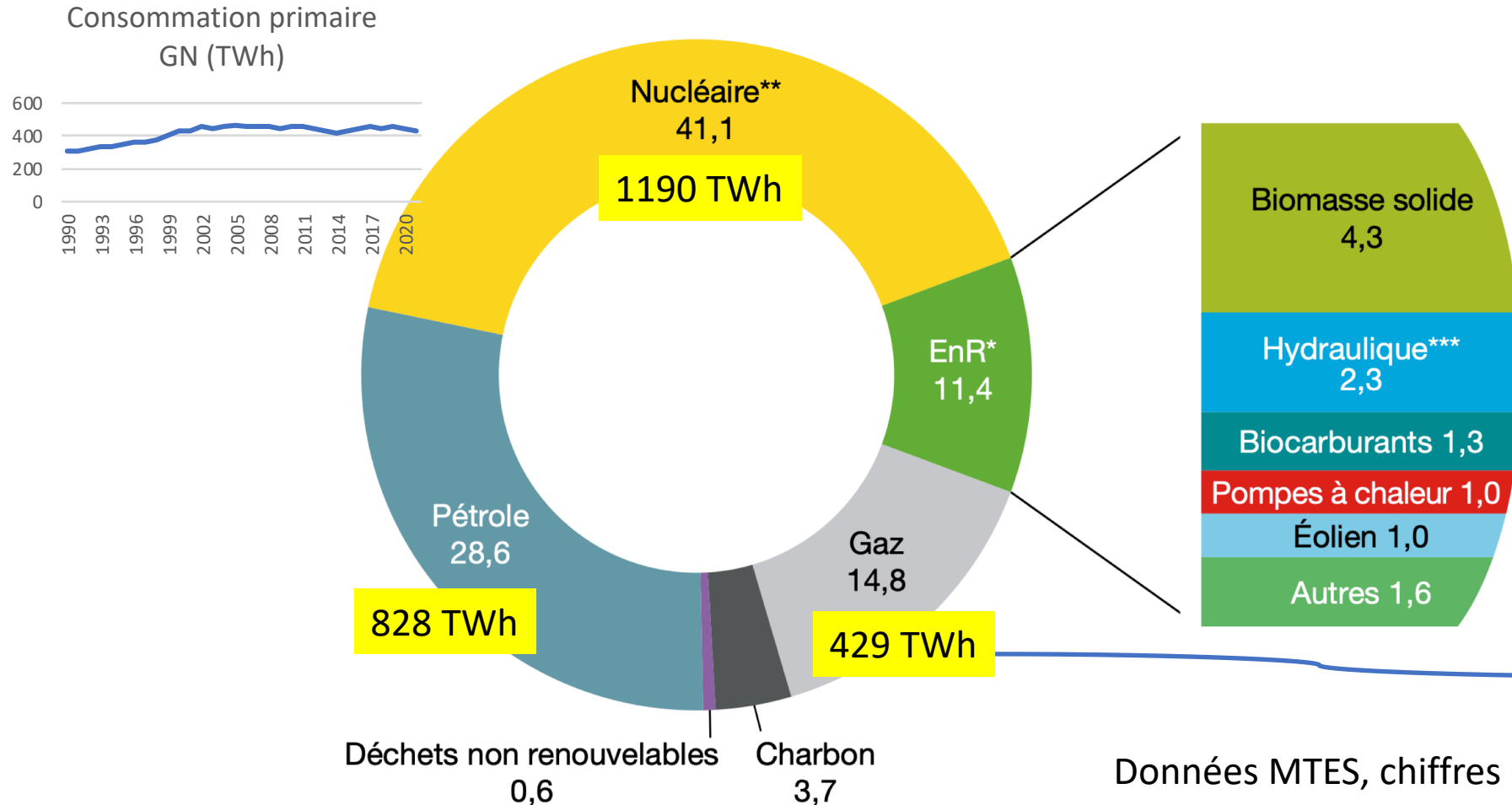
Et les + 4 ‰/an dans les sols ?

Combien consomme-t-on en France ?

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE EN FRANCE

TOTAL : 249 Mtep en 2018

En % (données non corrigées des variations climatiques)



En 2019: 440 TWh de GN, 2-3 TWh de biogaz

En 2020: 479 TWh de GN, 5-6 TWh de biogaz et 26 TWh de biogaz en projet:

Le nombre de méthaniseurs ne comble même pas 20% de l'augmentation de consommation de gaz

2023: on importe du GNL !

34 000 méthaniseurs ?

Données MTES, chiffres Clefs de l'Energie 2019 et 2022

Un rendement énergétique extrêmement faible

A la surface terrestre

1 kW/m² (Eclairement énergétique)

→ **88 GWh/ha** reçus annuellement

Méthanisation avec ça:

0,03 GWh/ha

PhotoVoltaïque avec ça:

$88/2 \times 0,1 = 4,4$ GWh/ha

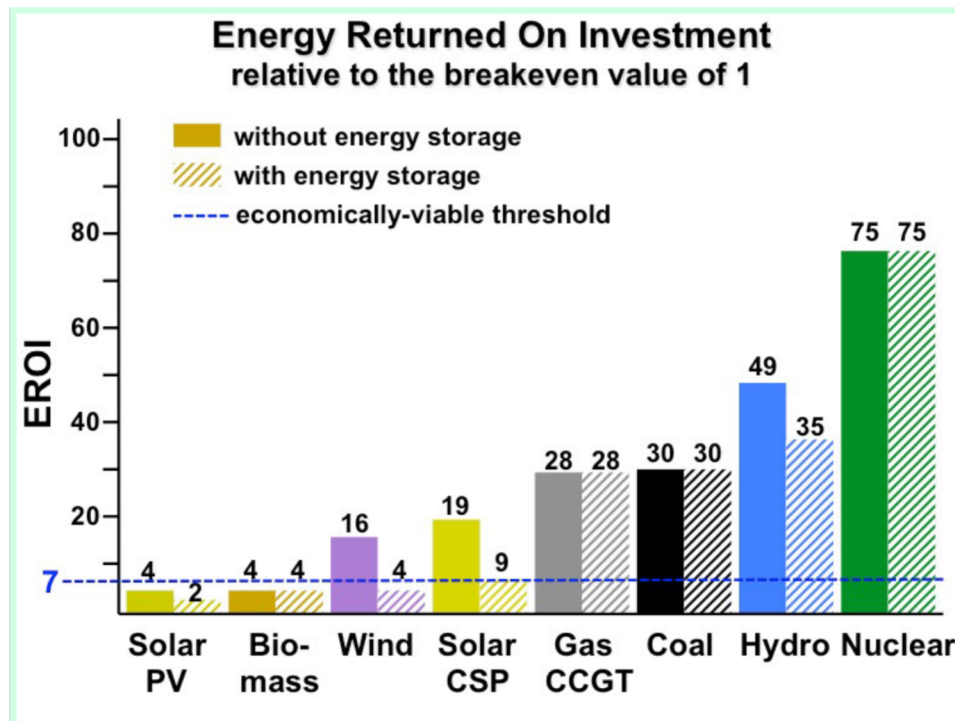
(le jour seulement, avec 10% de rendement)

Soit **$4,4/0,03 = 146$**

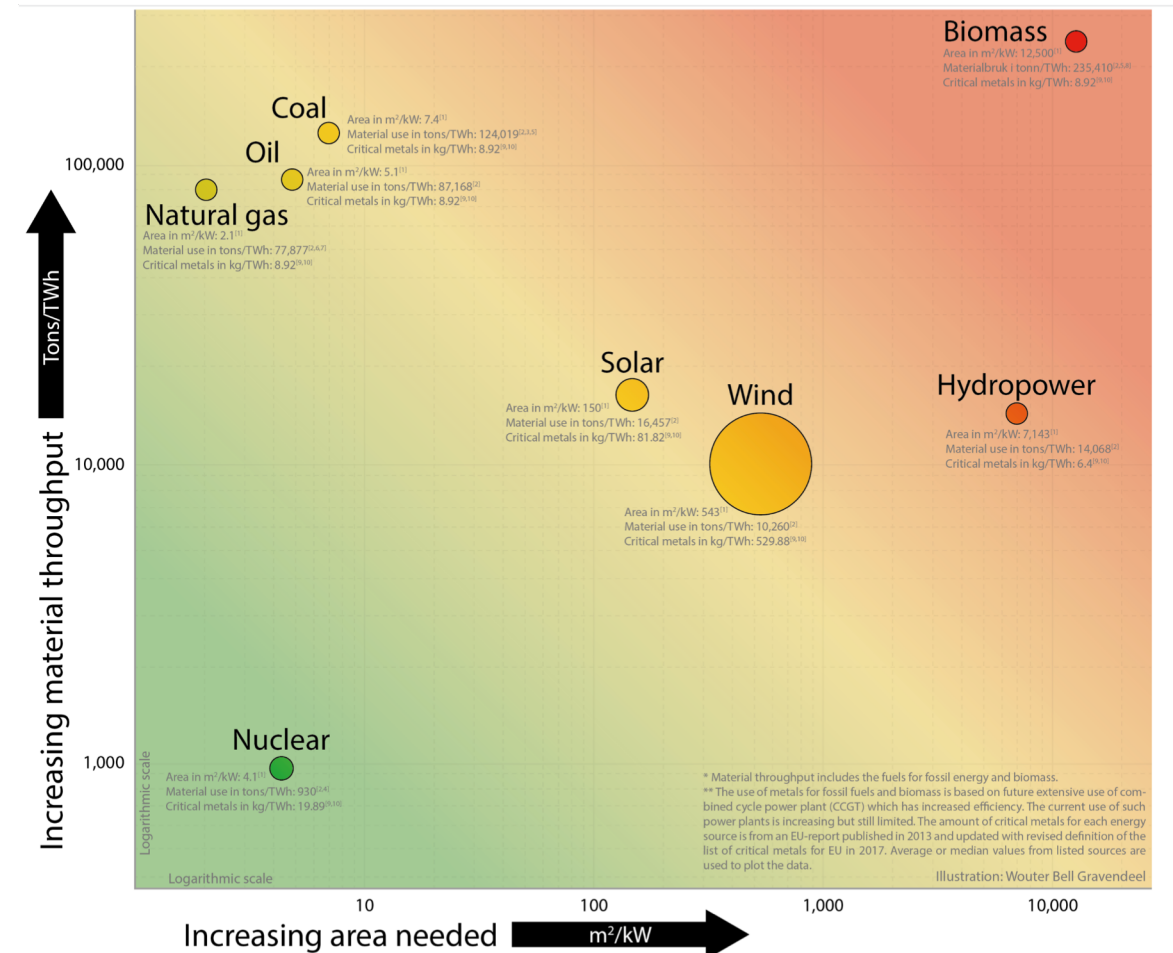
Même les panneaux photovoltaïques font 100-200 fois mieux !!

Taux de Retour Energétique TRE (EROEI)

$$\text{TRE} = \frac{\text{Energie libérée (utile)}}{\text{Energie consommée pour cette libération}}$$

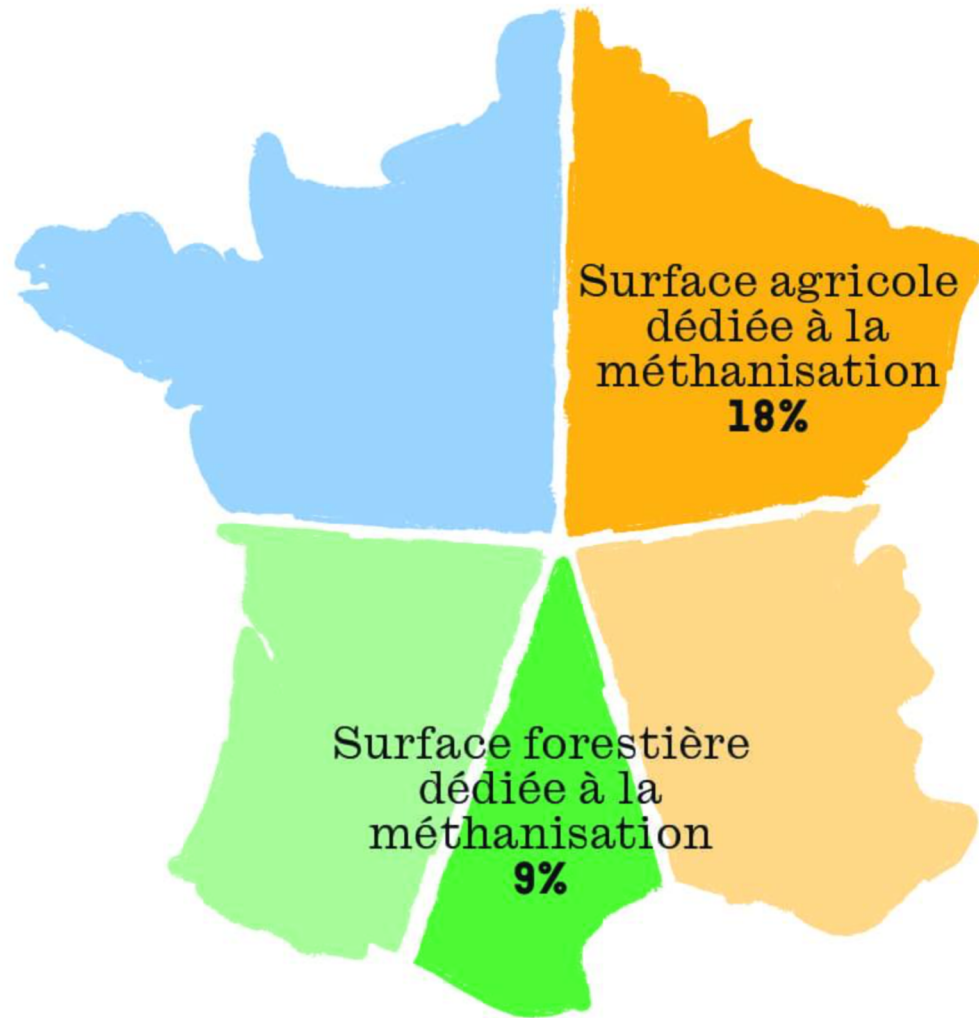


Weißbach et al., Energy, 2013, 52:210–221.



Jonny Hesthammer, Prof Univ Bergen

Le nouveau delirium tremens
De l'ADEME ?



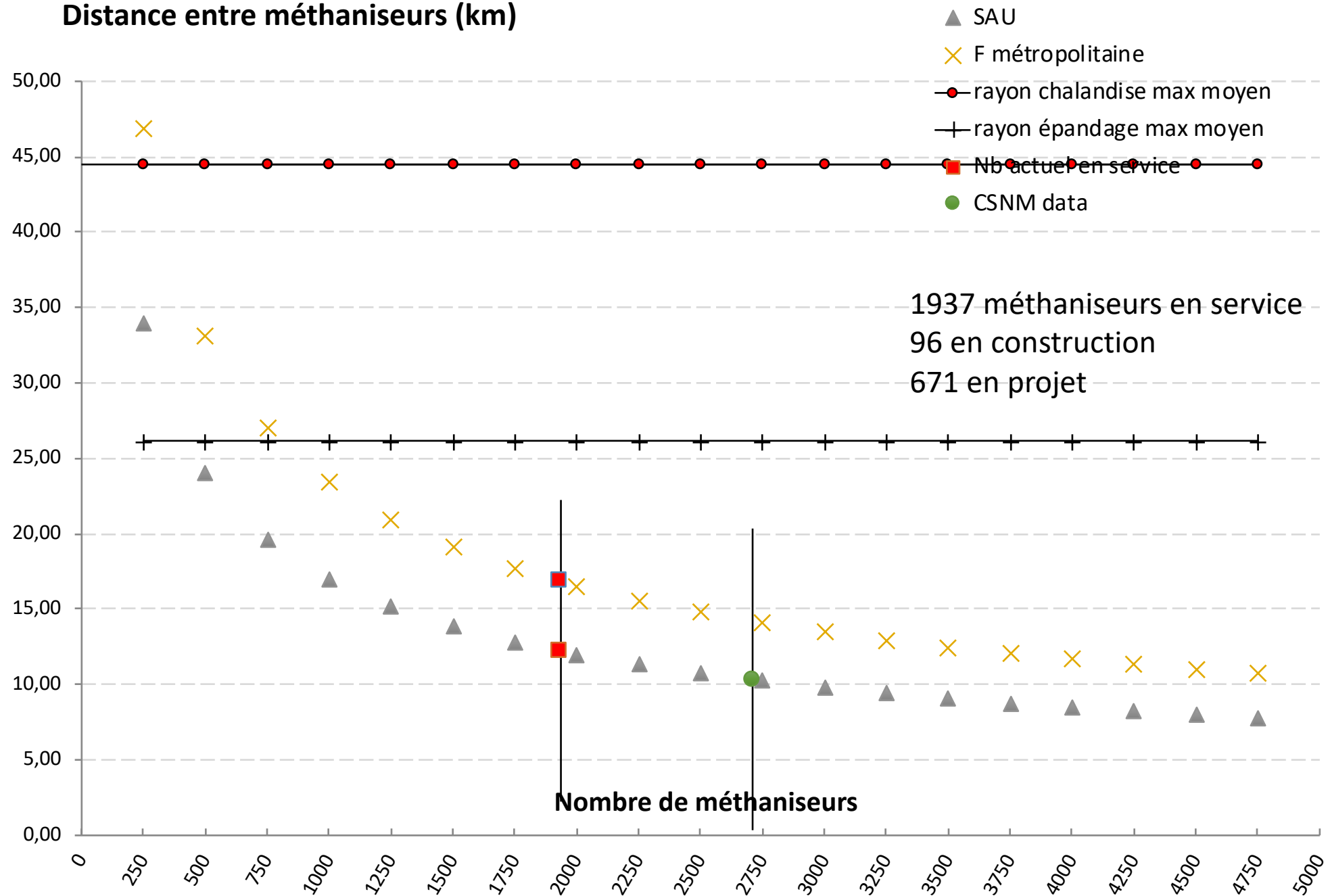
**SELON L'ADEME, PRÈS DE 1/2 DE LA SURFACE AGRICOLE
ET 1/3 DES FORÊTS SERONT NÉCESSAIRES
À L'ALIMENTATION DES MÉTHANISEURS EN 2050.**

Une concurrence déjà marquée

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

Au détriment des agriculteurs et éleveurs et au profit des multinationales du gaz
(Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24, Ouest-France 2023-03-09, Reporterre 2022-09-14 Républicain Lorrain
2021-08-31)

Distance entre méthaneiseurs (km)



Une concurrence déjà présente

Accaparement de la biomasse :

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

Concurrence halieutique et cynégétique : Pollutions aquatiques, extensions des surfaces cultivées: baisse de biodiversité et de ressources (L'Union 2022-05-20, Voix du Jura 2022-05-27).

Concurrence aux épandages : Difficulté croissance à trouver des terres pour épandre les digestats (Le Télégramme 2022-06-05).

Concurrence financière :

- Rentabilité subventionnée du méthaniseur > et mieux garantie que celle de élevage ou d'une culture sur le court terme, les compétitions financières sont là (Courrier Picard 2023-02-01, Grands Troupeaux 2020-11-14, La Montagne 2022-02-21, Mediapart 2022-09-15) :
- 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)
- Hausse des prix (fourrage, paille, pulpes de betteraves, luzerne, déchets de l'IAA , co-produits (drèches, fanes)...) (France 3 2020-07-16, L'Usine Nouvelle 2022-10-24, Le Républicain Lorrain 2023-01-24, Ouest-France 2021-05-05, Ouest-France 2021-11-30, Ouest-France 2022-08-09, Réussir 2020-10-18, Réussir 2022-07-18). Le prix de la luzerne va jusqu'à doubler dans le département de l'Orne (QP 2023-09-07).
- Promouvant une meilleure rentabilité du gaz que de la viande ou que du lait (Réussir 2022-09-02)
- Impactant jusqu'aux coopératives productrices d'aliments pour animaux et produits pharmaceutiques (L'Est Eclair 2023-07-03)

Concurrence hydrique :

- De moins en moins d'eau: à quoi doit-elle servir ? Alimentation humaine et animale ou cultures qui tassent les sols pour moins de rétentions hydriques ? Des CIVE par exemple ?
- La concurrence hydrique entre cultures vivrières et énergétiques est de plus en plus prégnante (L'Oise Agricole 2022-05-19, Le Courrier Picard 2022-08-13, Le Journal du Pays Yonnais 2022-10-24)
- La résultante, l'épandage de digestat menace les réserves hydriques (Actu Lot 2023-04-01)

Concurrence culturelle:

- Les CIVE sont épuisantes (Réussir 2021-04-05): 1 265 000 t de CIVE alimentent aujourd'hui les méthaniseurs. > 3 500 000 t prévues à terme. Les responsables de méthaniseurs poussent aux apports de cultures énergétiques tellement les effluents sont peu méthanogènes, et commencent à déstabiliser les élevages alentours (Ouest-France 2023-03-09). Certains évaluent déjà à 30% de biomasse de perdue pour leur élevage (Référence Agro 2023-05-22).
- Les résidus IAA, autrefois valorisés en alimentation animale → méthaniseur (Sud-Ouest 2023-10-11)

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)

Accaparement de la SAU :

- Construction des méthaniseurs: artificialisation de 5400 ha de terres
- 23,3 m²/kW installé, en accord avec celui estimé sur le territoire italien (Ferrari *et al.* 2021)
- Cultures dédiées: 370 000 ha, soit la SAU de plus d'un département moyen métropolitain, pour seulement 6-7 TWh de biogaz ! (Réussir 2022-09-29)
- Projection ADEME: «**À l'horizon 2050, entre 11,5 et 14,3 millions d'hectares de sols agricoles et forestiers pourront être nécessaires pour répondre aux besoins en biomasse énergétique**» (Actu Environnement 2023-08-02). Soit quasiment la moitié de la SAU métropolitaine !
- Pour 80 TWh de méthane (équivalent gaz russe): surface totale d'environ 8 départements métropolitains (sans routes, villes, fleuves ...), soit la SAU de 16 départements, et épandre sur la SAU de plus de 50 départements

Quelle surface nécessaire ?

Fiche 5 du CSNM

1 département métropolitain moyen français: 6400 km²

Sur la base ADEME 2013: 50 TWh annuels (10% du Gaz Naturel fossile)

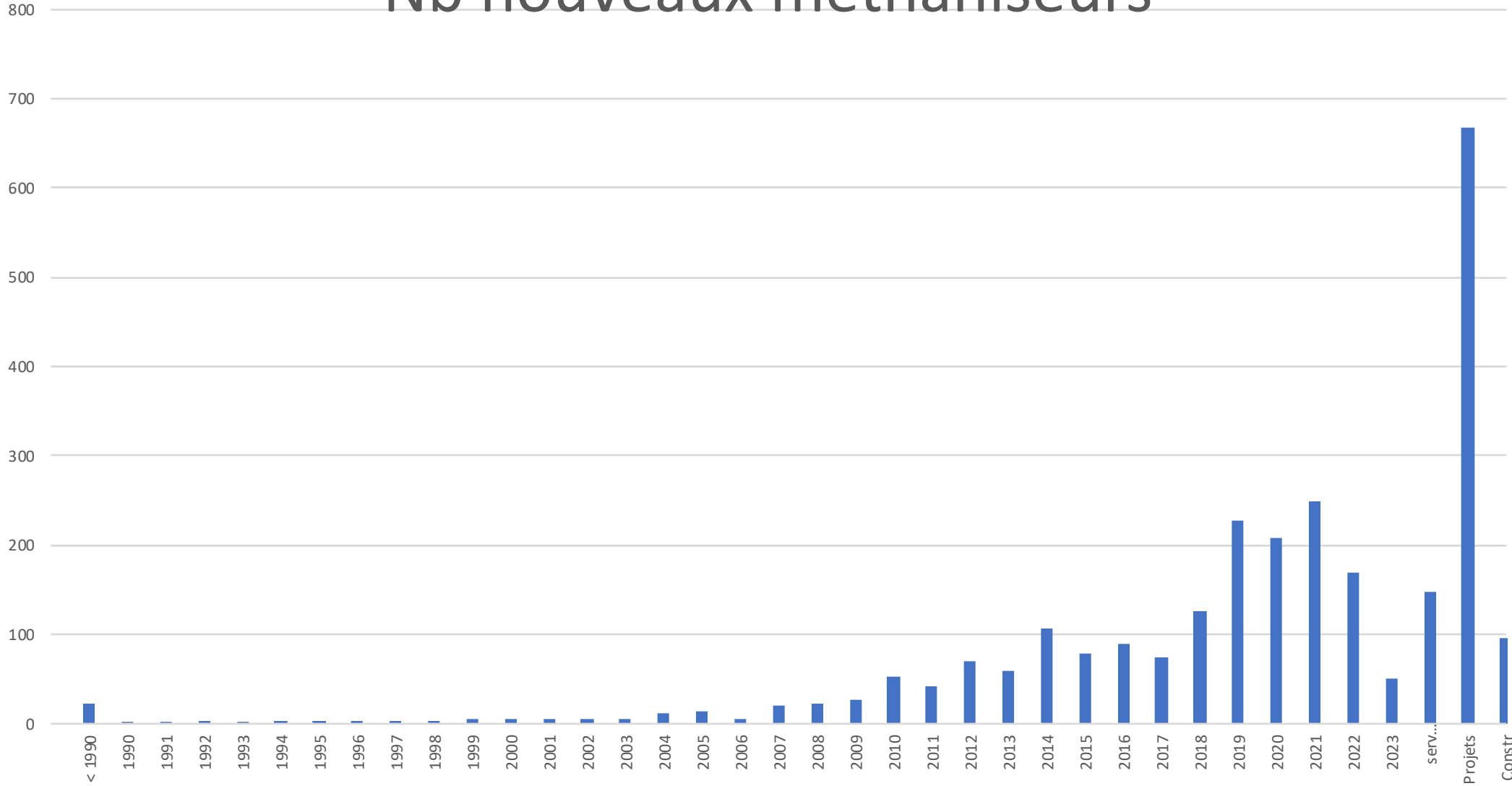
3 à 6 départements Français !

Combien pour produire 100 % du Gaz Naturel fossile ?

Solagro, GRDF et ADEME: 10 000 méthaniseurs ...

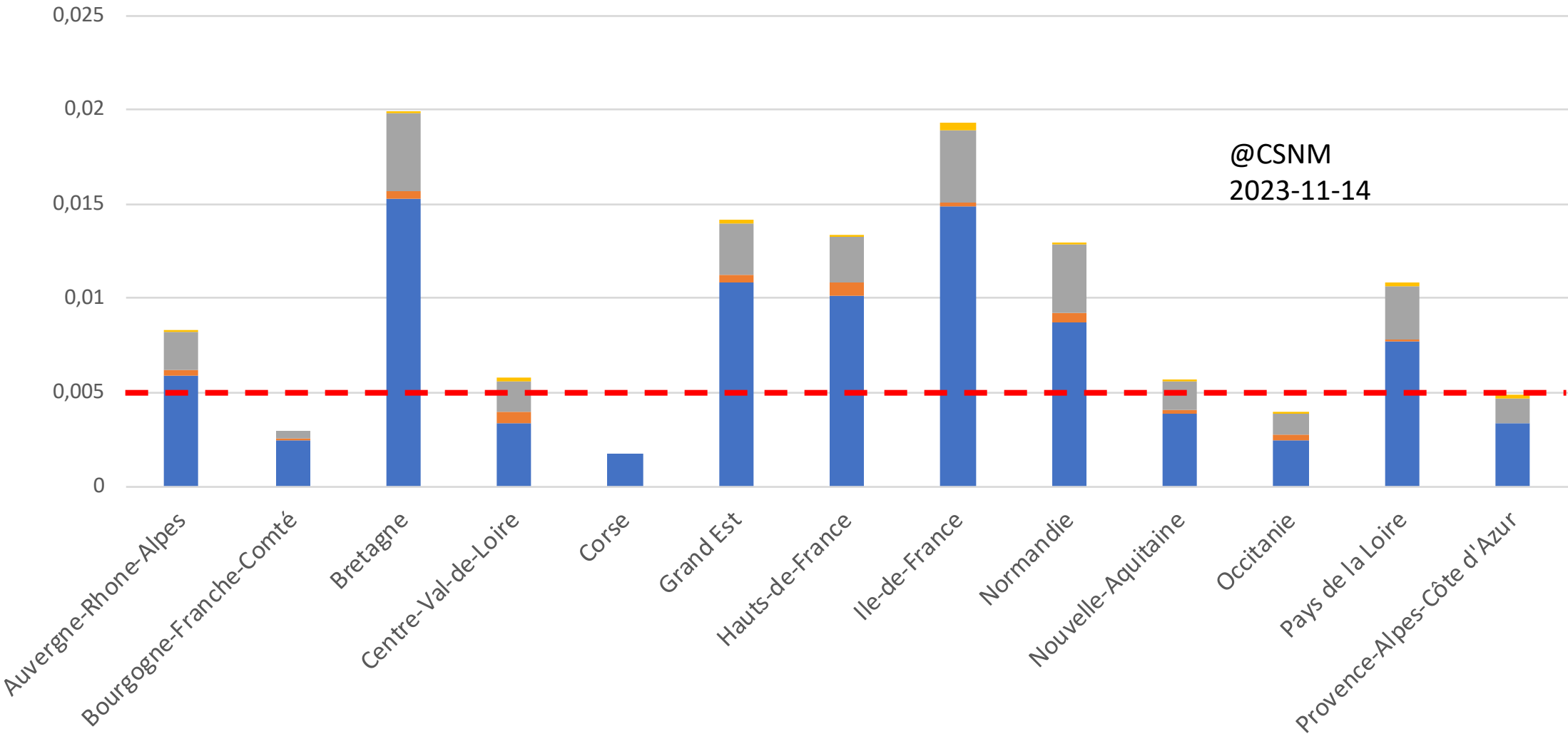
C'est pas nouveau ! Les biocarburants c'était pareil ! Avec un PCS plus élevé ...

Nb nouveaux méthaneiseurs



Nb de Méthaniseurs / km2 de SAU

■ En service ■ En construction ■ En projet ■ Indéfini



@CSNM
2023-11-14

----- Boscaro et al. 2015 J. Agricultural Engineering

Agricole ou industrielle ?

Méthanisation: Agricole ou industrielle ?

Domestique (nanométha): contrôles ? Risques ?

Microméthanisation: 1000-3000 t/an, 50 kW typiquement (bachage des fosses)
pas d'injection

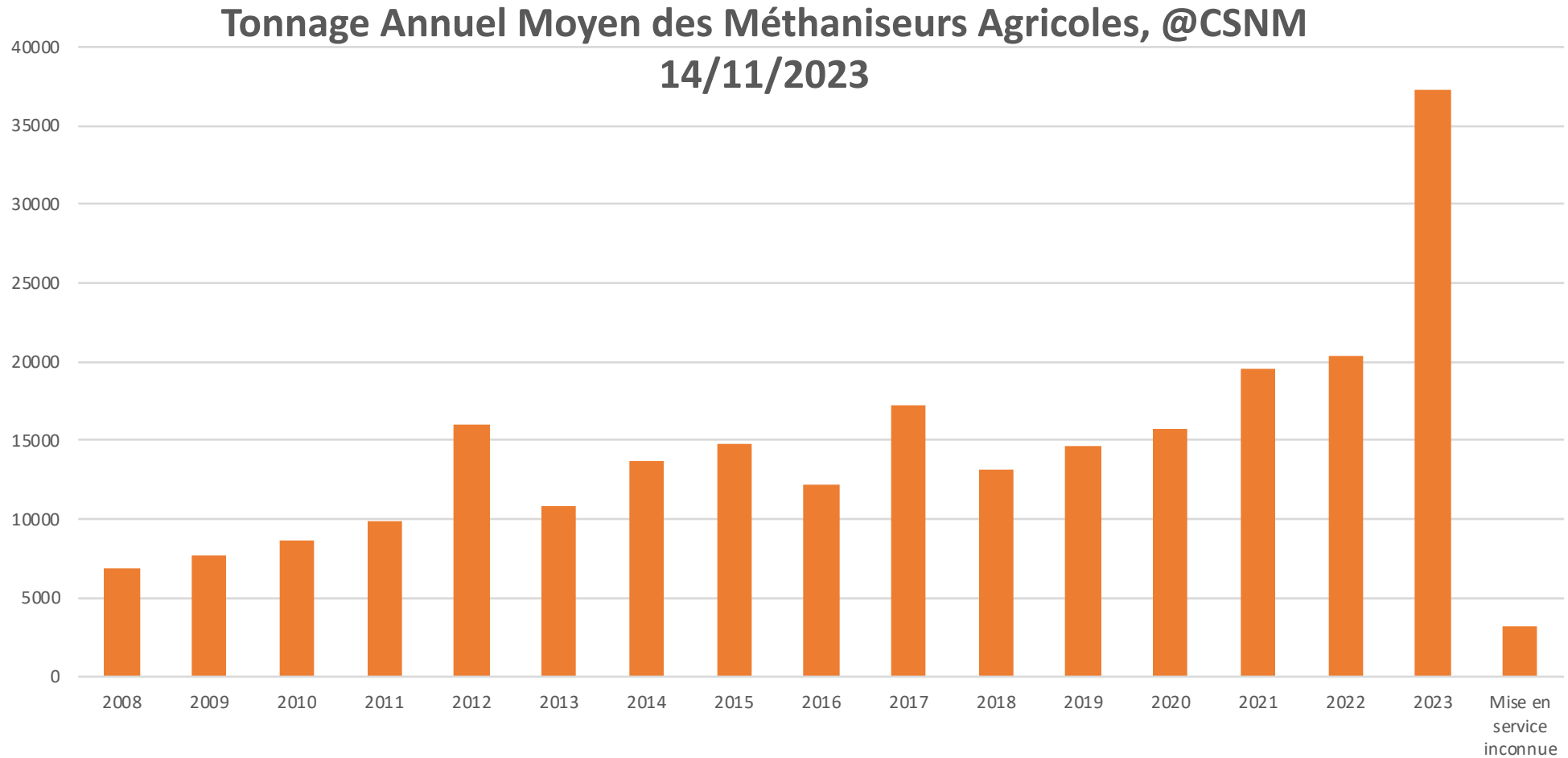
A la ferme, agricole: idem, 100 kW, quasiment pas d'injection

Agricole Collectif: 150-1000 kW, ou injection, jusqu'à 200 exploitations

Territoriale (ISDND, STEP): hist du biogaz principalement, poussées à l'injection

Industrielle: économies d'énergie du procédé local

Une industrialisation manifeste



Nouvelle Aquitaine

Nouvelle Aquitaine	en service	164				constru	7				projets	63				Indéterminés	
	Agri	Terr	STEP	ISDND	Indus	Agri	Terr	STEP	ISDND	Indus	Agri	Terr	STEP	ISDND	Indus		Somme départe ment
16-Charente	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	9
17-Charente-Maritime	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	1	15
19-Corrèze	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	11
23-Creuse	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	11
24-Dordogne	10	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	25
33-Gironde	9	0	7	3	15	0	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	39
40-Landes	8	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15
47-Lot-et-Garonne	5	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	2	20
64-Pyrénées Atlantique	10	2	1	3	1	1	0	0	0	0	0	3	1	0	1	1	24
79-Deux-Sèvres	15	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	28
86-Vienne	10	2	0	4	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	24
87-Haute-Vienne	13	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	19
Total	99	8	12	20	25	4	2	1	0	0	0	48	7	1	2	5	240

> **108 M€** de subventions à la construction; Un méthaniseur tous les **7 km de SAU** à terme

Subventions justes ?

Subvention moyenne par méthaniseur (en M€)

Database CSNM, ADEME + Régions + ...
2023-10-04

Construction: > 1 000 000 €/emploi direct créé

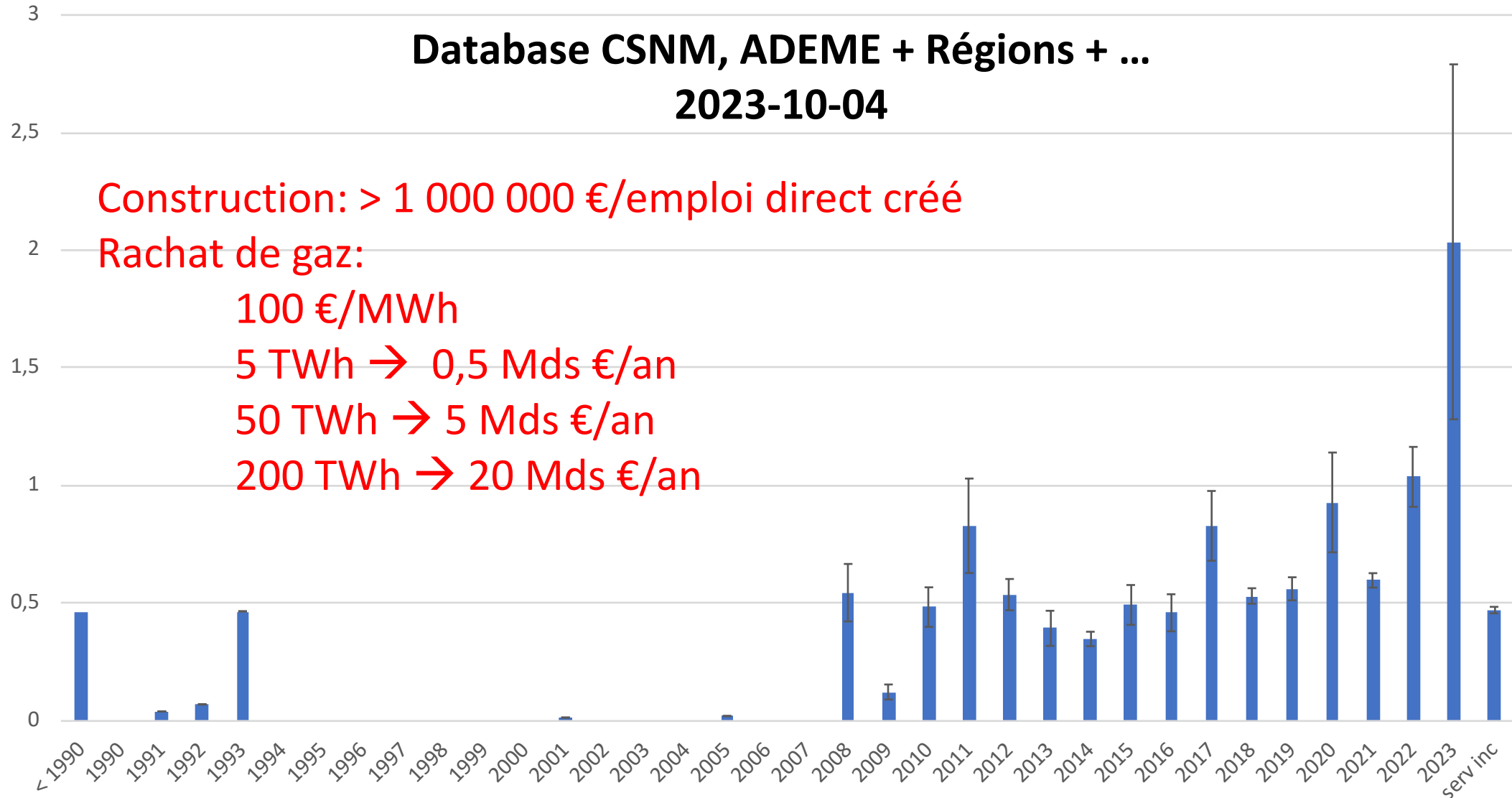
Rachat de gaz:

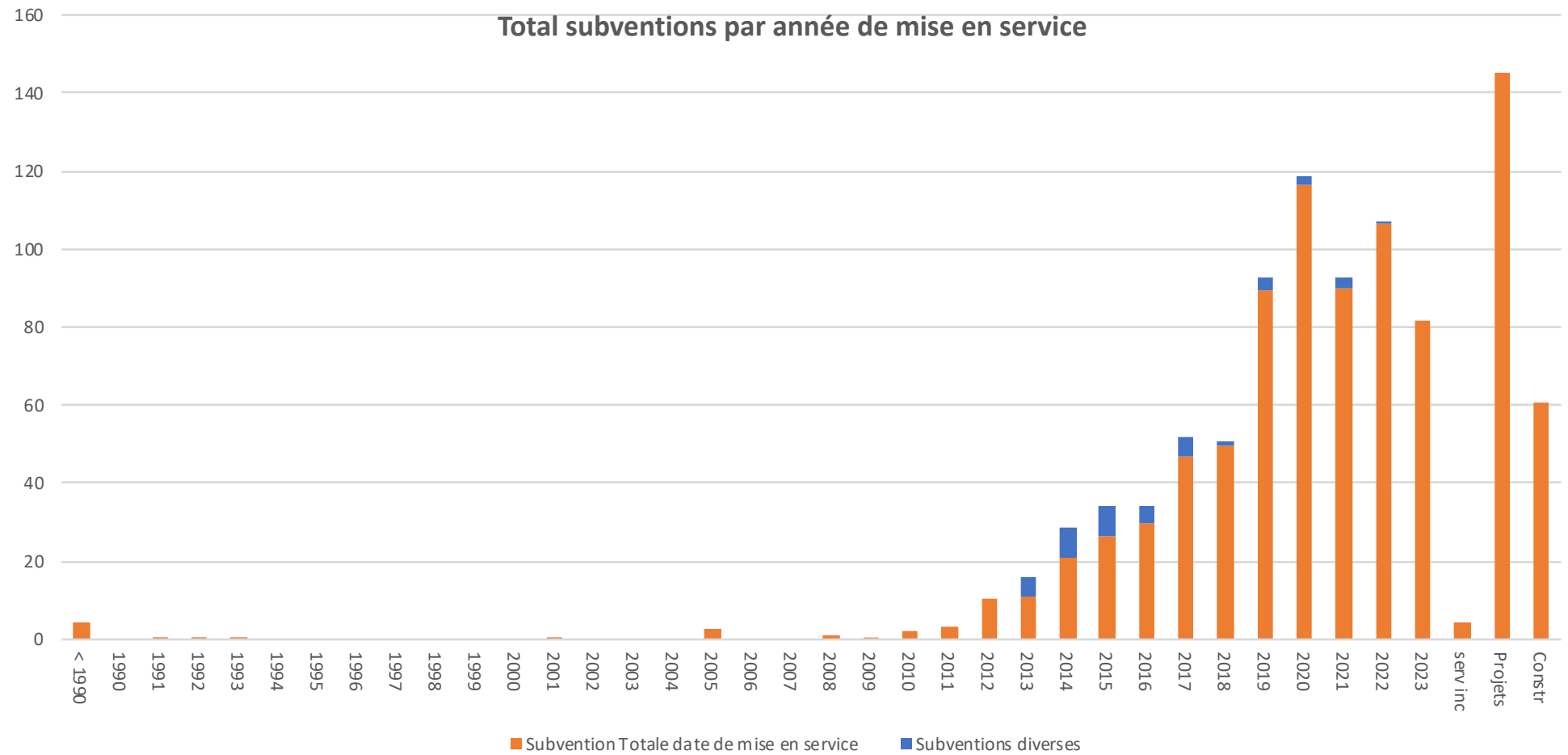
100 €/MWh

5 TWh → 0,5 Mds €/an

50 TWh → 5 Mds €/an

200 TWh → 20 Mds €/an





Plus de 2 Mds d'€ de subventions à la construction des méthaniseurs

Rachat du gaz: 100 €/MWh, rehaussé à 135 récemment (sinon la filière est mise en difficulté)

Faible énergie délivrée:

- beaucoup plus raisonnable d'affecter de telles subventions aux isolations des passoires thermiques
- éminemment plus soutenables sur le long terme
- envisager des approvisionnements énergétiques plus pérennes que la méthanisation
- Relocaliser les subventions sur les agriculteurs « vertueux »: emplois

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

Est-ce juste de distribuer ces subventions principalement aux grosses structures ?

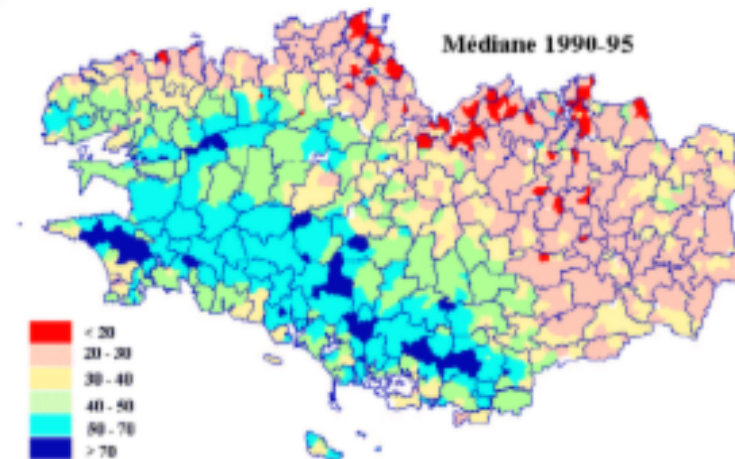
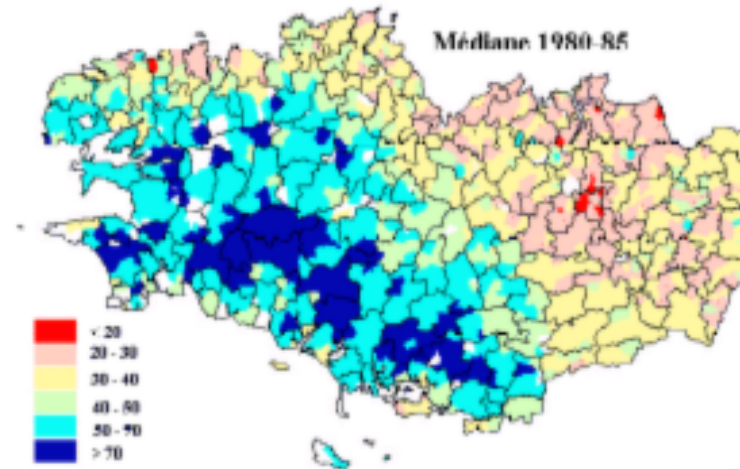
Agronomie

Pourquoi le COS a diminué ?

Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale plusieurs mécanismes sont déjà intervenus qui ont contribué à diminuer le taux de COS et de matière organique des sols :

- le retournement des prairies
- l'approfondissement des labours
- la fertilisation minérale
- la substitution des fumiers par les lisiers

De manière générale l'intensification de l'agriculture



Hypothèse:

Couverture partielle des besoins en azote par l'azote des digestats. Avec un apport de 70 kg N par ha apportés sous forme de digestat avec un C/N de 2:

Soit un apport de 140 kg de C/ha seulement (carbone du digestat)

Pour minéraliser 70 kg de N/ha, les micro-organismes ont besoin d'un C/N de 7 au minimum:

Soit 490 kg de C/ha

Il va leur manquer $490 - 140 \text{ kg} = 350 \text{ kg de carbone par ha}$, qui va être prélevé sur la matière organique des sols

Au total :

Diminution de la restitution en carbone sur les sols : 130 kg de C/ha (accélération du cycle du carbone, pour 3,8 Mt de C de la SAU)

Faim en carbone : 350 kg de C/ha

Total : 480 kg de C/ha et par an de carbone par an,

Soit 830 kg de MO/ha en moins en un an

Sur un stock de $3500 \text{ t} \times 0,025 = 87 \text{ t}$

En 10 ans : diminution de 8 t sur 87 t, soit 10% du taux de MO

Est-ce mesurable rapidement ?

La diminution du taux de carbone du sol ou du taux de MO des sols n'est pas identifiable expérimentalement avant plusieurs années.

Par exemple dans l'hypothèse de calcul présentée il n'est pas possible d'identifier une baisse de 415 kg par an (350 + 65) sur un stock de 87 tonnes/ha.

Il faut au moins 5 ou 10 ans pour que ce soit mesurable avec les incertitudes de mesures:

5 ans : 2 tonnes sur 87 tonnes

10 ans : 4,15 tonnes sur 87 tonnes

En conséquence on peut dire que les études menées sur de courtes périodes (quelques années) qui concluent que la méthanisation n'a pas d'impact sur la teneur en COS et MO des sols ne sont pas crédibles.

La baisse du taux de COS et MO des sols en cas d'épandage de digestat suit le même mécanisme qu'en cas d'épandage de lisiers (Urée $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$: C/N = 0,5) ou de fertilisation purement minérale (sans apport simultané de fumier par exemple).

Une augmentation de C/N même en méthanisant ?

Imaginons 10 000 t d'intrants de méthanisation récoltés sur 10 000 ha: soit 1 000 t de digestat solide avec C/N = 10.

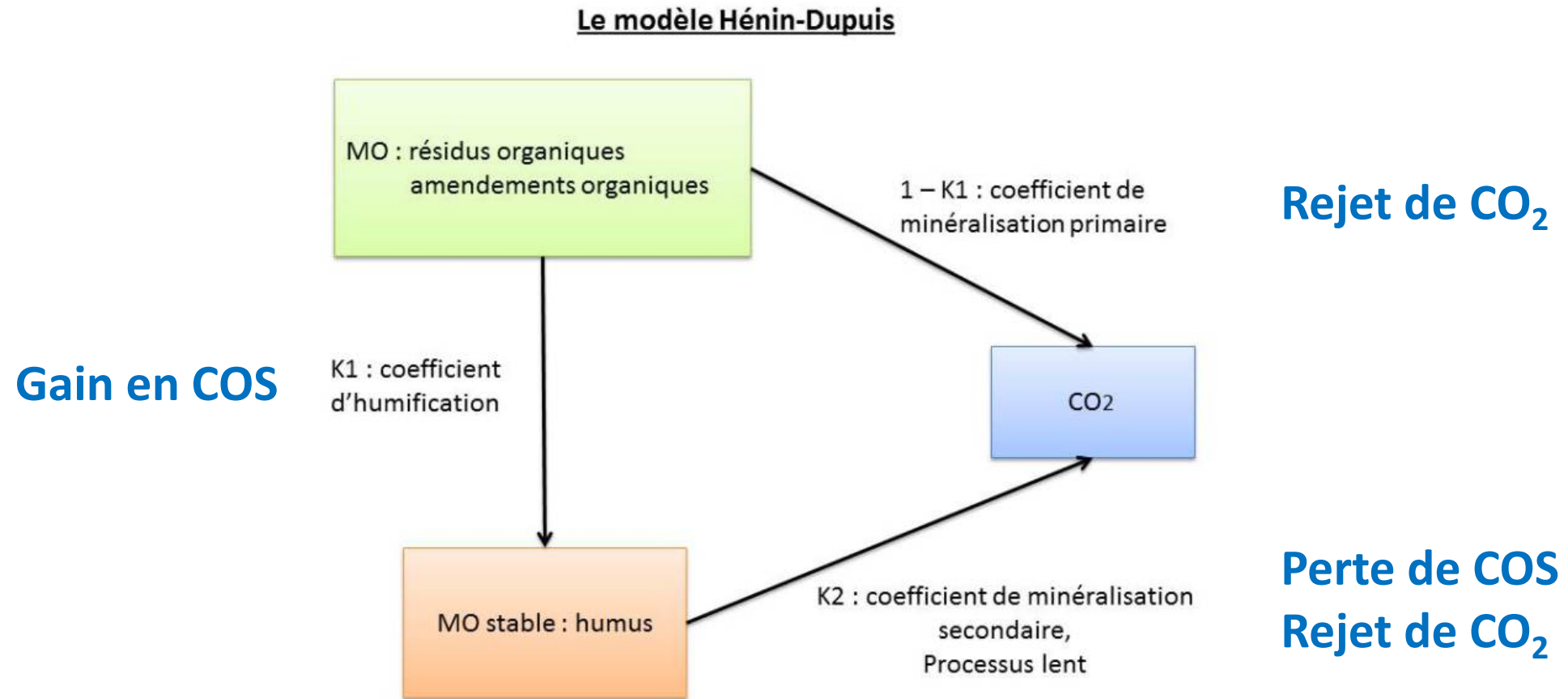
Imaginons d'épandre ces 1 000 t sur 1000 ha:

- Si le sol est à C/N = 10, l'épandage de digestat solide ramène autant de C/N, par effet de concentration de surface.
- Si le sol est à C/N < 10, on peut même imaginer une augmentation due à l'épandage de digestat solide.

Mais:

- Qui accepterait de donner des intrants et ne recevoir que des digestats liquides (8 000 t) ?
- Les digestats solides ne possèdent plus de chaînes carbonées courtes, les bactéries et champignons du sol auront faim quand même.
- Au niveau global (sur la surface initiale de chalandise), en moyenne le C/N a bien baissé (mais chez les voisins)

La SAU Française sans méthanisation

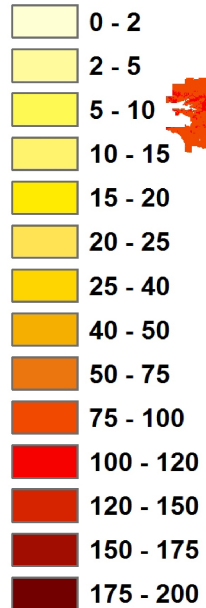


Un sol naturel gagne en humus: il séquestre CO₂

Bilan COS-CO₂ sans méthanisation

Estimation des stocks de carbone organique de 0 à 30 cm de profondeur

Stocks de C
Tonnes/ha



Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.



+43,5 Millions de tonnes
de C apporté au sol par an

+21,75 Millions de tonnes de C
humifié (K1) par an

-21,75 Millions de tonnes de C
Minéralisé (K2) par an

79,75 Mt de CO₂ par an

A l'équilibre
Sans culture intensive
159,5 Mt/an de CO₂

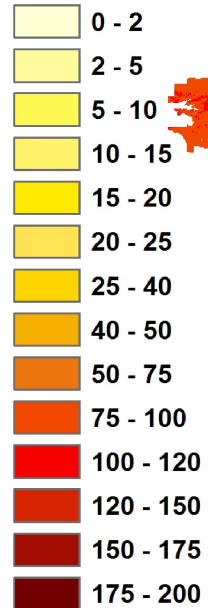
79,75 Mt de CO₂ par an

1450 Millions de tonnes de COS dans la SAU métropolitaine

Bilan COS-CO₂ avec méthanisation

Estimation des stocks de carbone organique de 0 à 30 cm de profondeur

Stocks de C
Tonnes/ha



Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.



+39,69 Mt/an
de C apporté au sol

+19,84 Mt/an de C
humifié (K1)

-21,75 Millions de tonnes de C
Minéralisé (K2) par an

3,81 Mt de C vers méthaniseurs par an
Pour 50 TWh
-> 13,97 Mt de CO₂

72,76 Mt/an de CO₂

A l'équilibre
Sans culture intensive
166,5 Mt/an de CO₂
+ 4% d'émission CO₂
- 0,13% de COS

1450 Millions de tonnes de COS dans la SAU métropolitaine

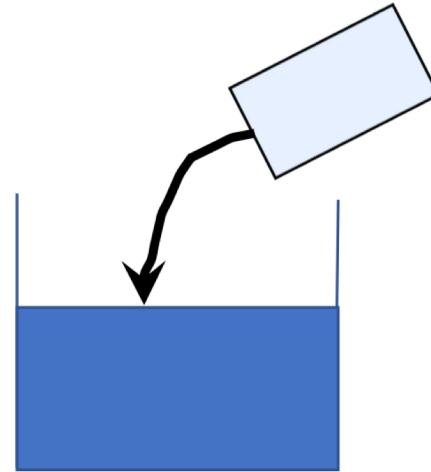
79,75 Mt de CO₂ par an

Les bactéries ont faim dans le sol !

$C/N < 7$
Faim en carbone (C)

$C/N > 7$
Faim en azote (N)

SOL



Que se passe-t-il si j'ajoute un sirop dilué
Dans un sirop concentré ?



Sol à $C/N = 7$ + Digestat ($C/N = 1,5$) → sol à $C/N < 7$

Et trouvent donc ce qu'elles peuvent Du COS !

- 0,8% de COS (50 TWh annuels)

COS et bilans humiques

Sols épandus de digestats solides et liquides: peu de différence par rapport à des sols non fertilisés sur deux années (Slepetiene *et al.* 2022, Slepetiene *et al.* 2022a)

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)

Proportion de chaînes carbonées stables restant dans le sol à long terme inférieure après méthanisation ou digestion naturelle (environ 14% de baisse) comparée au retour simple de la biomasse au sol (Thomsen *et al.* 2013)

Il faut 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).

Apport de digestat: tend à diminuer le rapport C/N du sol épandu comparé au sol sans épandage (Brtnicky *et al.* 2022)

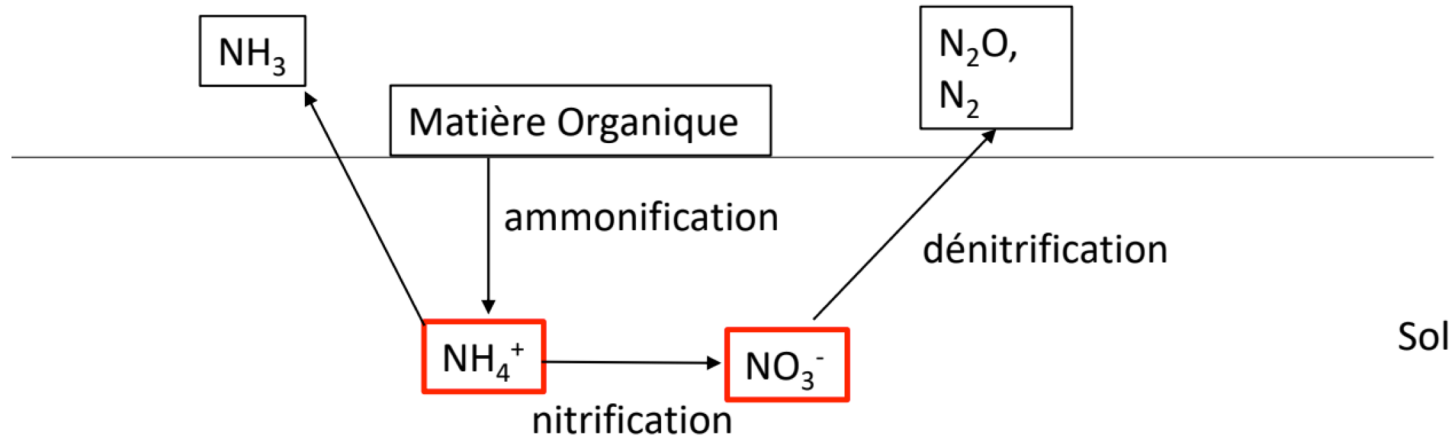
Digestat d'effluents bovins: ne peut pas être considéré comme un amendement (Vitti *et al.* 2021, Vu *et al.* 2015)

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).

Assimilation de l'azote: nitrates ou ammonium ?

(hors fixation symbiotique de N_2)



- Dans les sols tempérés plus de NO_3^- que de NH_4^+
- Accumulation d'ammonium dans les sols où la nitrification est inhibée (sols acides, hypoxiques) ou par excès d'engrais
- Plantes cultivées tolèrent généralement moins bien l'ammonium que les plantes sauvages

Absorption de l'ammonium

Ammonium source d'azote mais toxique à de fortes concentrations :

Syndrome ammoniacal

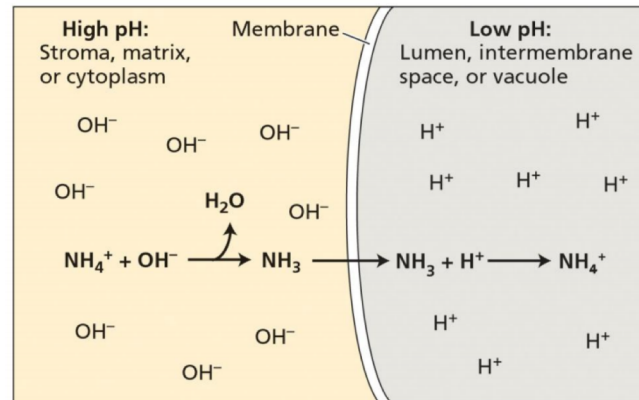
Croissance et rendements diminués, perturbations ioniques et du gradient de pH, chloroses, stress oxydatif

Augmente la photorespiration et la respiration

Perturbations hormonales, modifications de l'architecture racinaire

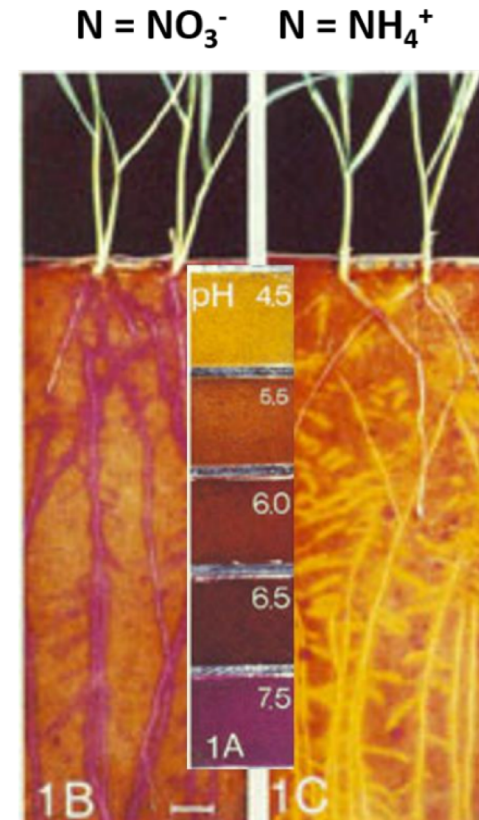
Toxicité de l'ammonium

Suppression du gradient de pH



A pH alcalin ($\text{pK NH}_4^+ / \text{NH}_3 = 9.25$):
 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \Rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\Rightarrow$ Consomme OH^- = baisse pH

pH acide : NH_3 réagit avec H^+
pour former NH_4^+
 $\Rightarrow$ consomme H^+ = montée pH



Hessini *et al.* (2019), Plant physiol. Biochem.; Krapp (2015) Curr. Opin. Plant Biol.; Li *et al.* (2017) J. Exp Bot Liu & von Wiren (2017) J. Exp Bot; Noguero & Lacombe (2016) Frontiers Plant Sci.; Sarasketa *et al.* (2014) J. Exp Bot; Xuan *et al.* (2017) Curr. Opin. Plant Biol.; Zhang *et al.* (2018) Eur. J. soil. Science; Zhao & Shen (2018) Frontiers Plant Sci. ; Esteban *et al* (2016) Plant Science

Digestat bon fertilisant ?

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, Piccoli *et al.* 2023, Ran *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022, Tshikalange *et al.* 2022, Vu *et al.* 2015, Zilio *et al.* 2022)

voire plutôt en faveur de l'utilisation des ammonitrates avec moins d'azote résiduelle dans le sol (Petraityte *et al.* 2022, Saju *et al.* 2022)

Utilisation répétée de digestat sur la culture de maïs: → décroissance de rendement en maïs grain sur trois ans (Przygocka-Cyna *et al.* 2020)

Application d'urée et de DCD (inhibiteur d'uréase): → plus d'activité photosynthétique et de prise de biomasse que l'utilisation de digestat sur l'olivier commun (*Olea europaea*) (Chatzistathis *et al.* 2022).

Digestat de fumier équin composté ou non + paille de blé: → diminue le rendement en champignons (*Agaricus bisporus* et autres espèces *Agaricus*) (Savoie *et al.* 2011)

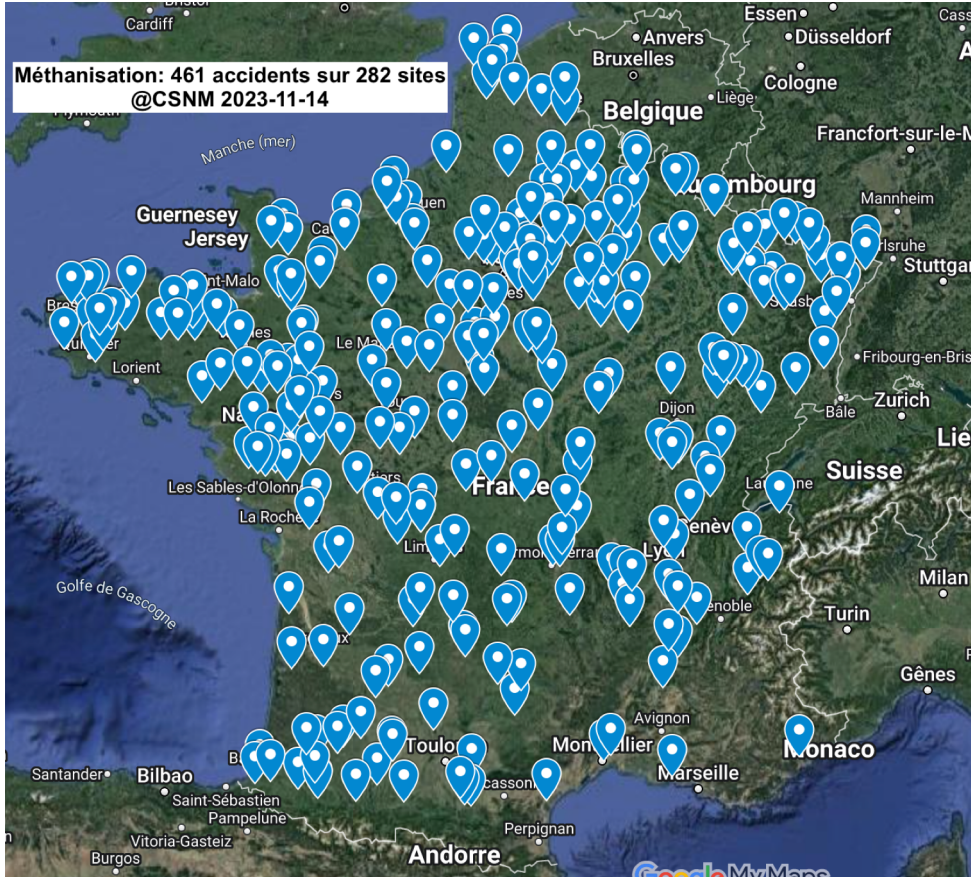
Compostage de digestat liquide + pailles de céréales: → effet négatif sur la croissance du noisetier et mitigé sur l'olivier (Calisti *et al.* 2023)

A peine 0,1% N → effet inhibiteur sur la croissance du bouleau (*Betula pendula*) et son taux de survie (Malabad *et al.* 2022)

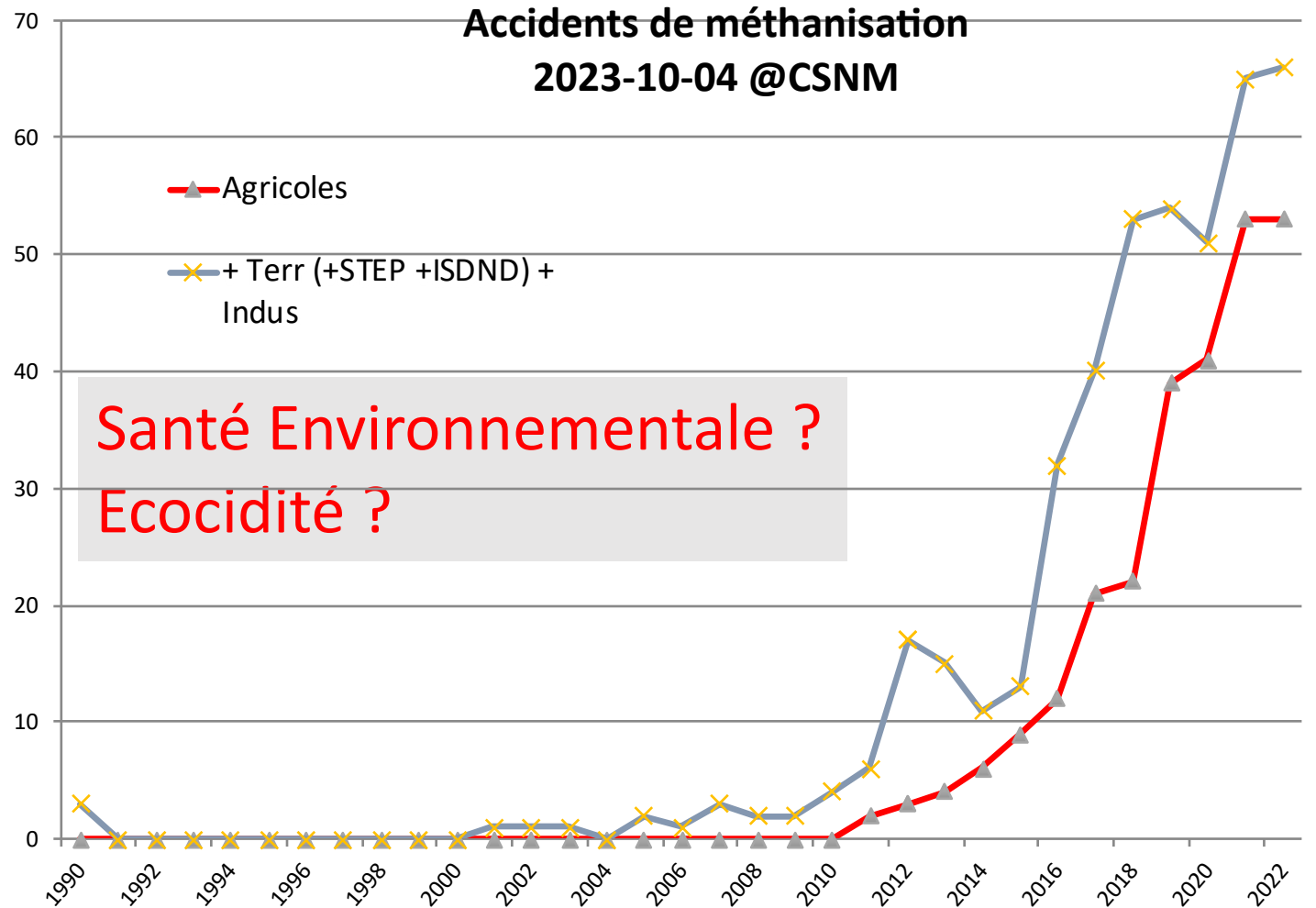
Addition de 15% de digestat solide: → aucun effet significatif sur la croissance des pleurotes (*Pleurotus ostreatus*) alors même que la teneur en N, P et K du digestat est très supérieure ! (Zuffi *et al.* 2023).

Accidentologie

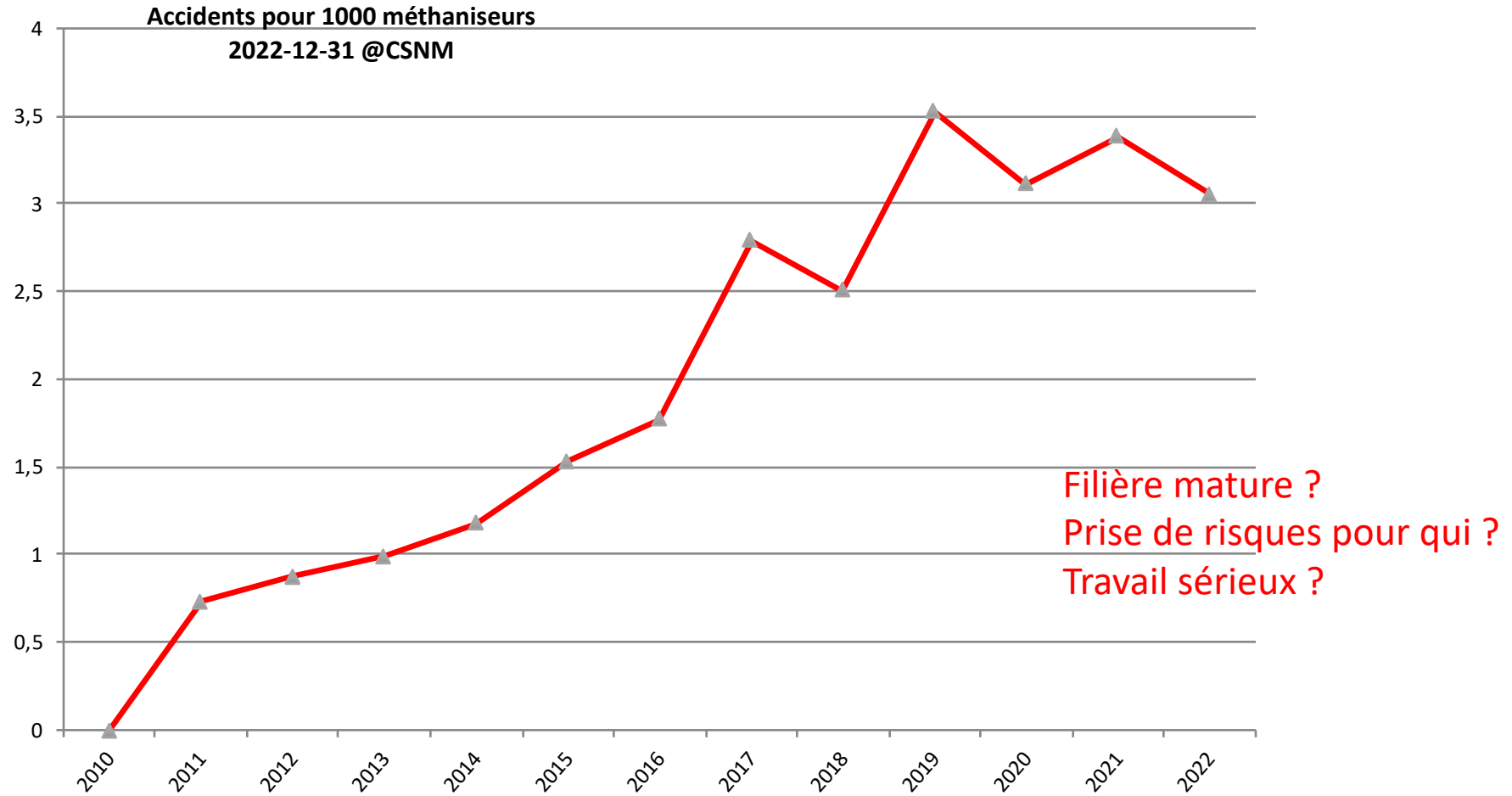
Répartition géographique et temporelle



Jusqu'en 2014: 5,6 incident/1000 méthaniseur/an
Depuis 2015: 45,5 incident/1000 méthaniseur/an



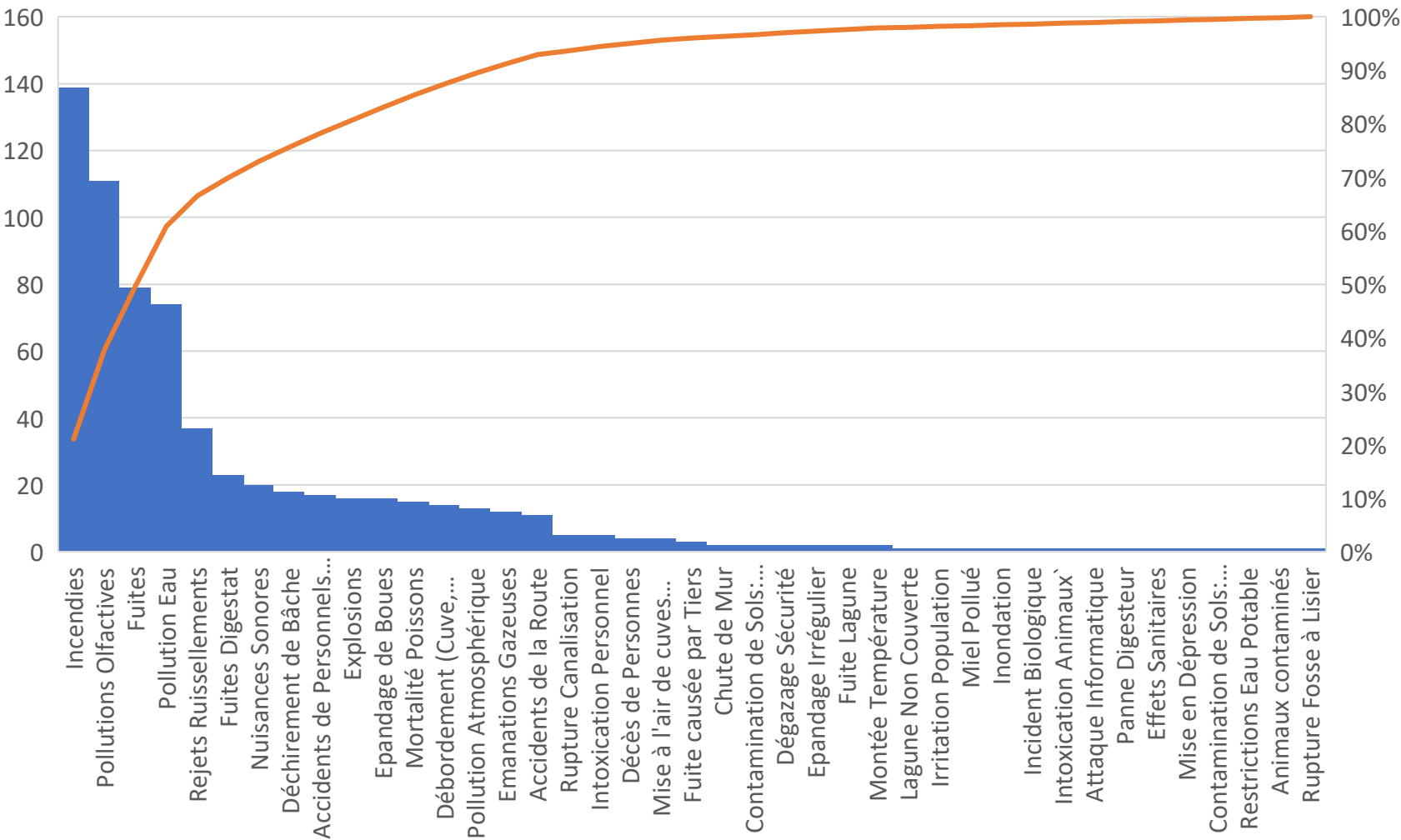
Nb d'accidents pondéré par le nb de méthaniseurs en service



La filière n'est pas propagée en bénéficiant des erreurs passées

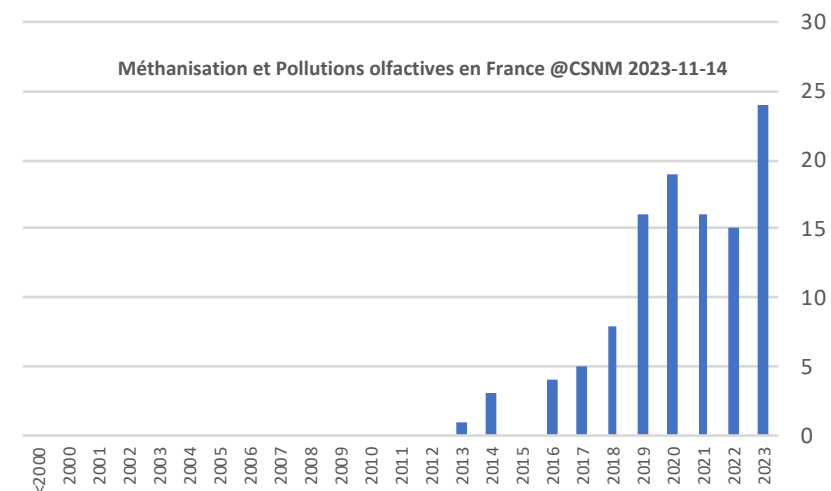
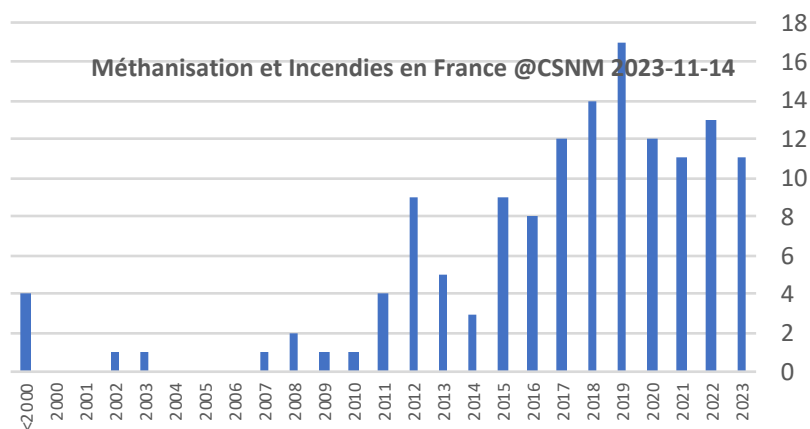
Distribution par Types d'Accidents @CSNM

14/11/2023



Incendies: fonctionnement courant et zones de

stockages. Avant même exploitation Actu Oise 2023-06-27, Dernières Nouvelles d'Alsace 2023-05-28, France 3 Normandie 2023-08-26, France 3 Région 2023-06-27, L'Aisne Nouvelle 2022-12-22, L'Alsace 2023-09-12, L'Est Républicain 2023-05-24, Le Courrier Cauchois 2023-08-31, Le Courrier Indépendant 2023-05-14, Le Parisien 2023-06-27, Oise Hebdo 2023-06-27

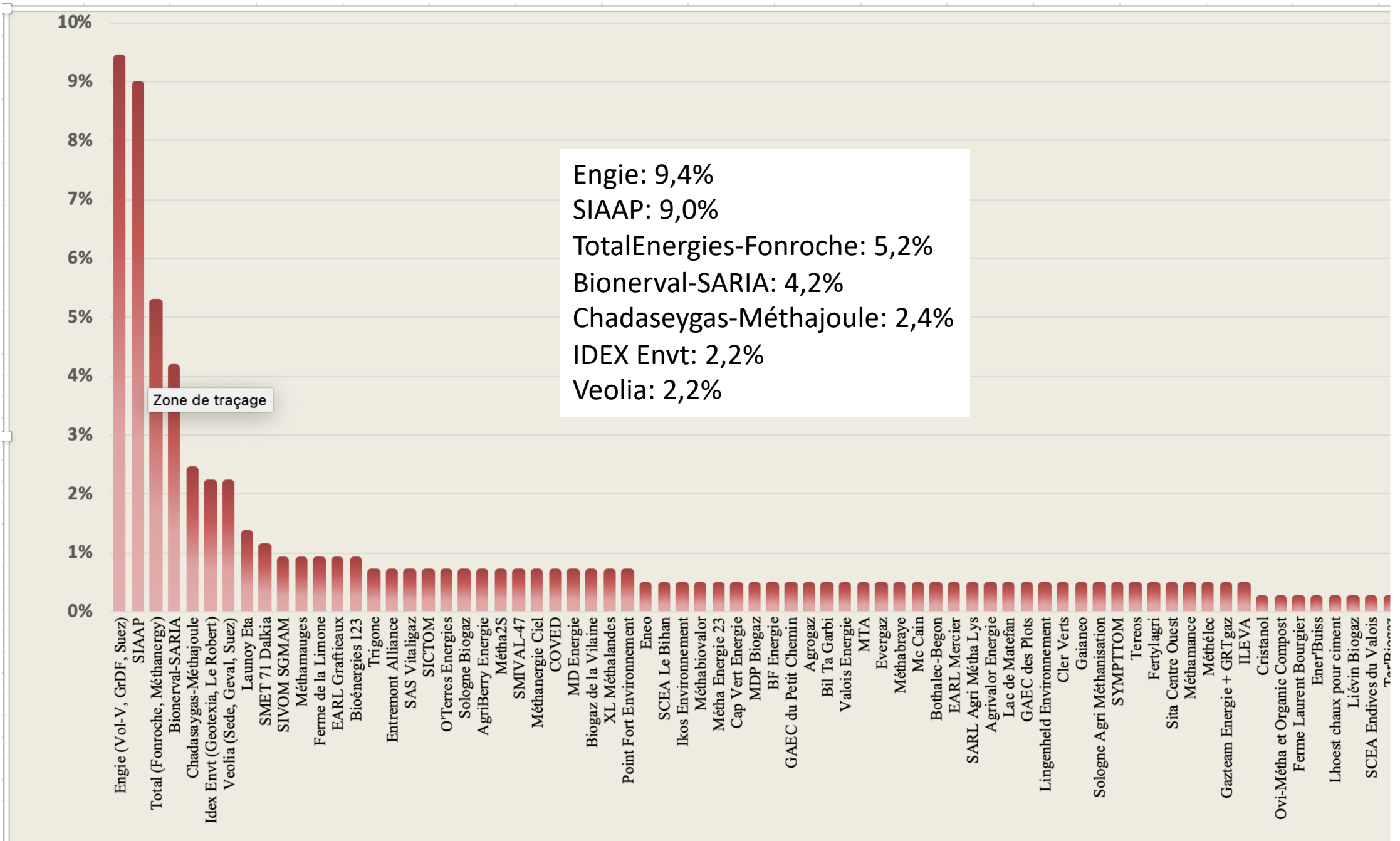


Pollutions olfactives: zones de stockages et épandages

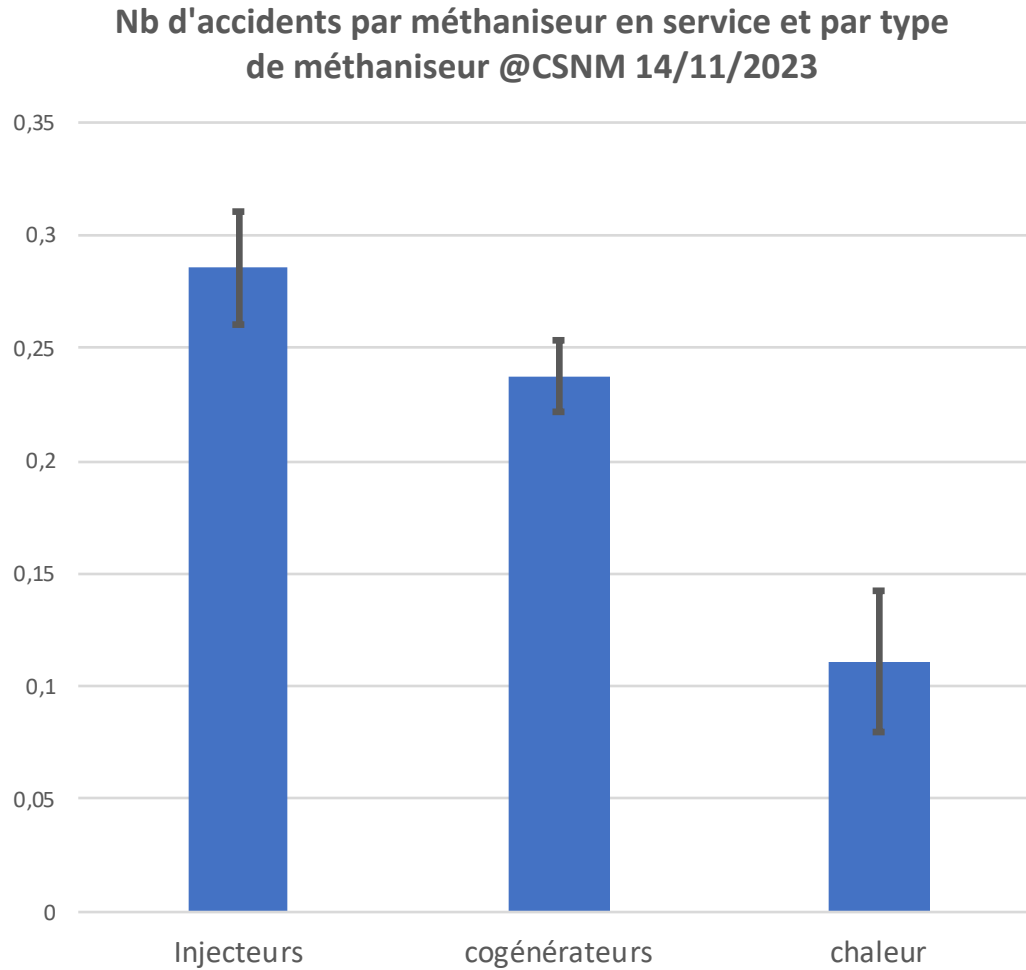
(ActuOrléans 2023-09-26, Dernières Nouvelles d'Alsace 2023-05-19, L'Eclairer 2019-09-13, L'Union 2020-09-04, L'Union 2023-02-06, La République du Centre 2023-10-05, Le Courrier de l'Eure 2023-10-05, Le Journal de Saone et Loire 2023-09-14, Ouest-France 2019-03-04, Ouest-France 2020-09-18, Ouest-France 2021-07-30, RI 2023-03-08, Sud-Ouest 2023-08-10 par exemple).

Bâchage des intrants et digestats (recommandation internationale)

souvent absent Awiszus *et al.* 2018, Bell *et al.* 2016, Krupa 2003, Werkneh 2022



Injecteurs plus accidentogènes

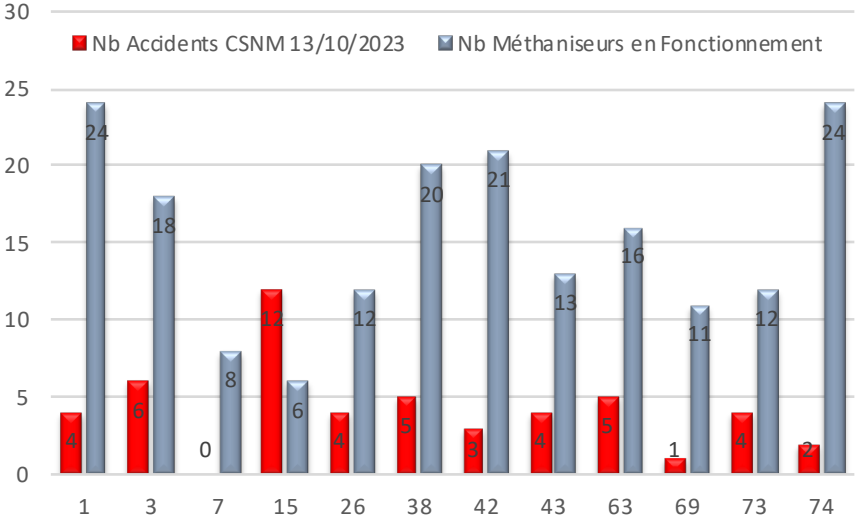


En service:

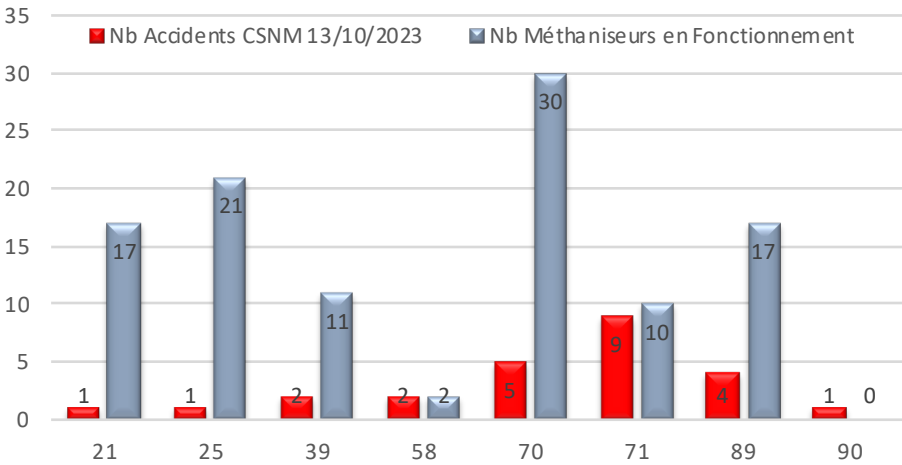
585 injecteurs
1170 cogénérateurs
126 chaudières

Répartition par régions et départements

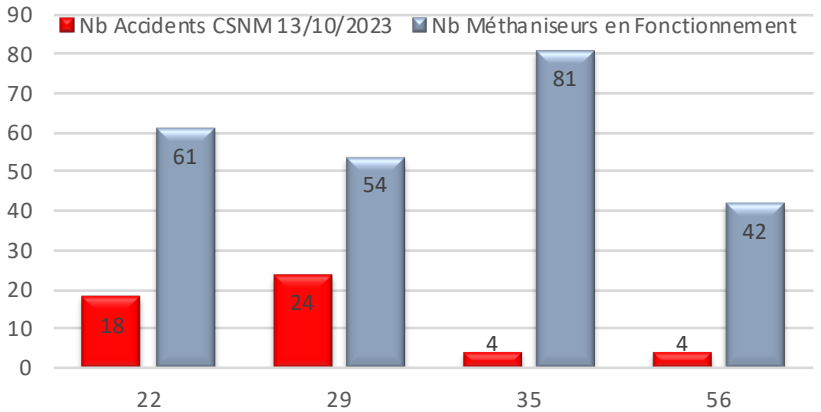
Auvergne-Rhône-Alpes



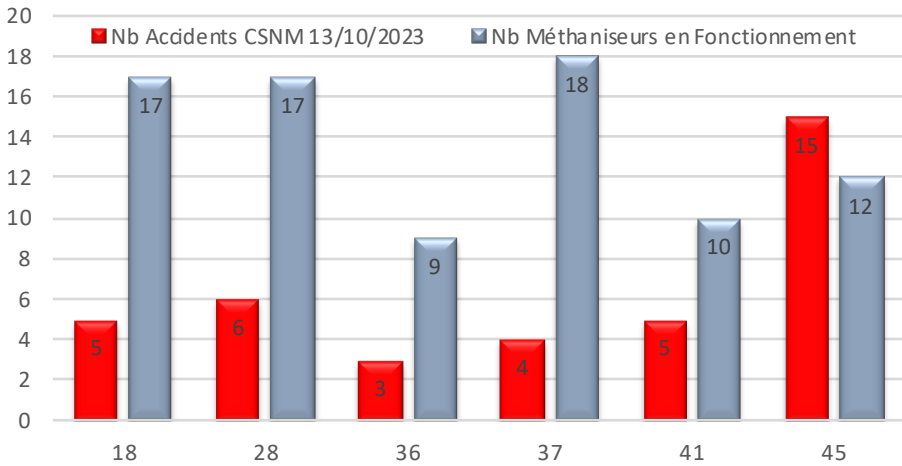
Bourgogne-Franche-Comté



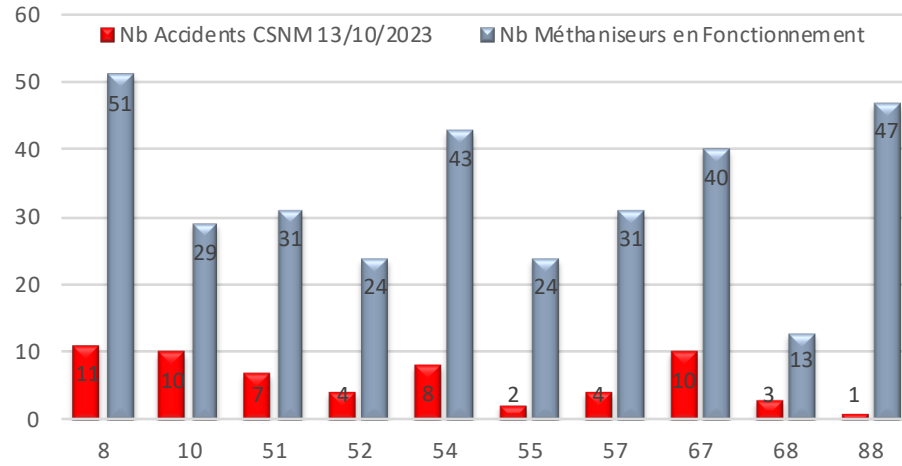
Bretagne



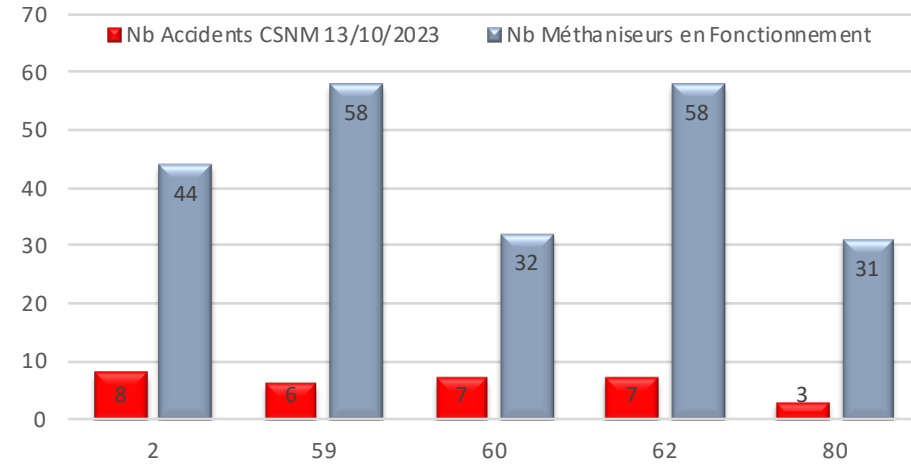
Centre-Val-de-Loire



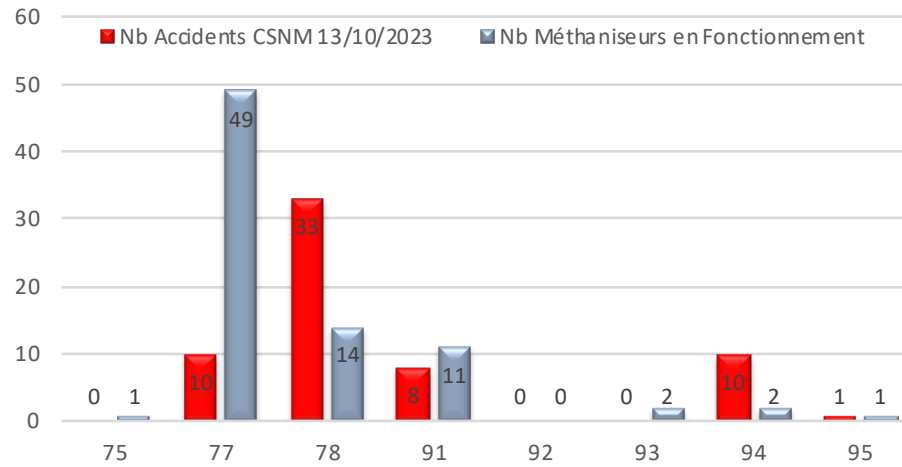
Grand-Est



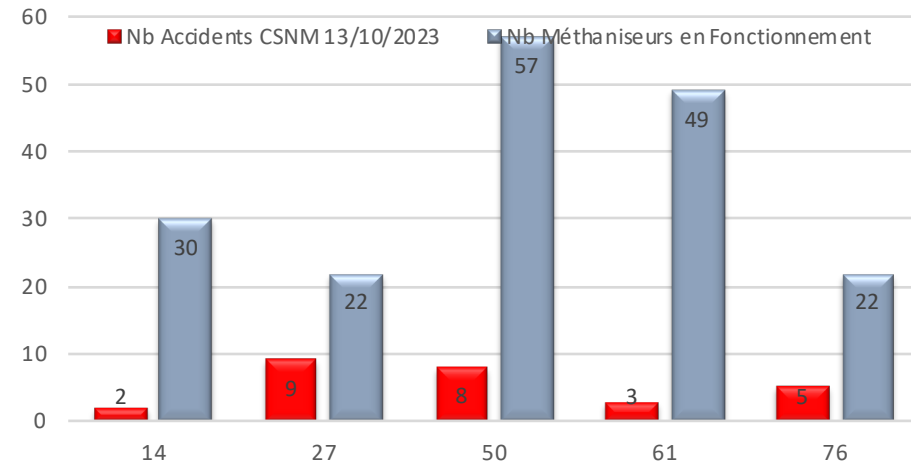
Hauts-de-France



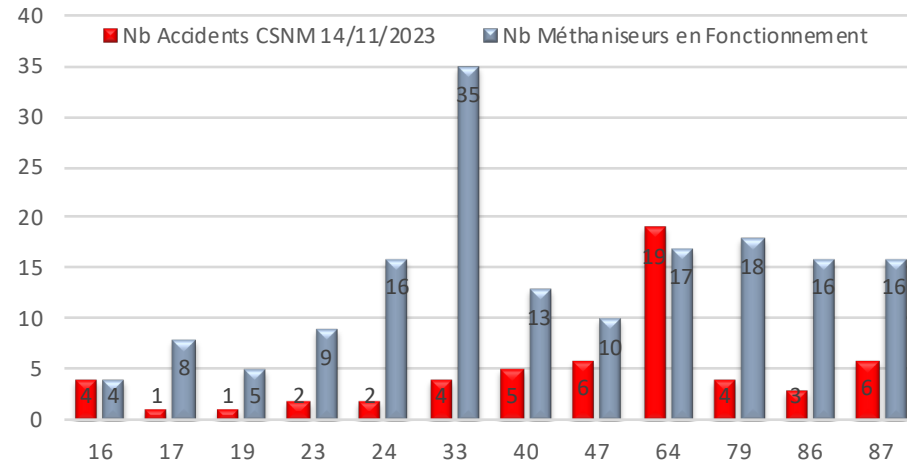
Ile-de-France



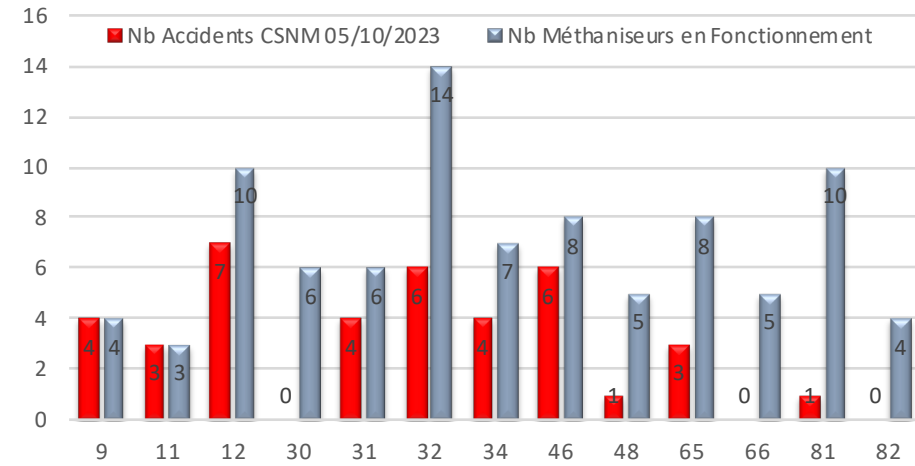
Normandie



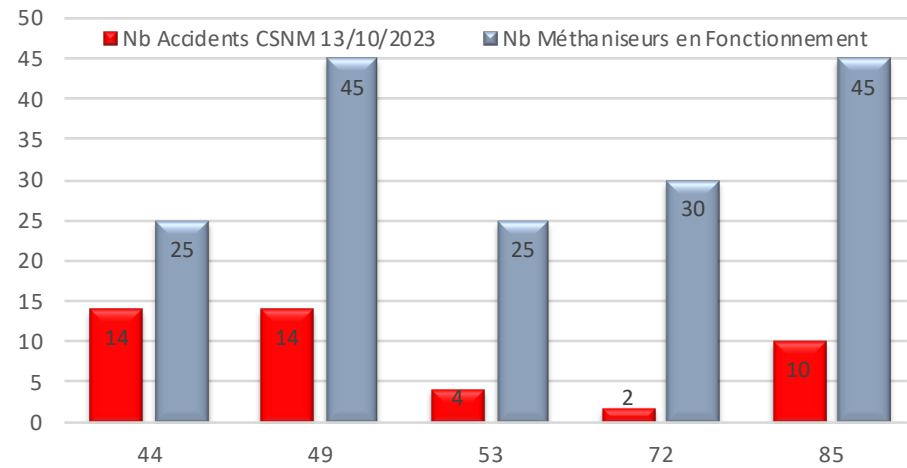
Nouvelle Aquitaine



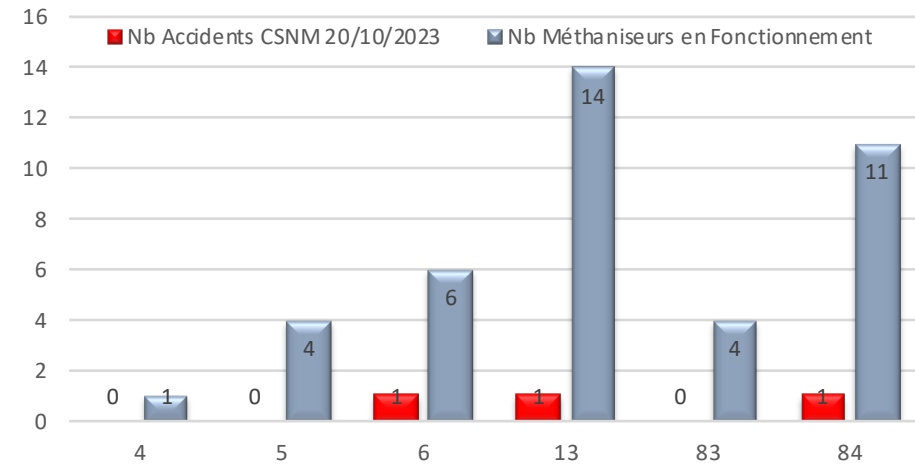
Occitanie



Pays-de-la-Loire



Provence-Alpes-Côtes-d'Azur



Une répartition géographique homogène des accidents sur tout le territoire (et à l'étranger)

On travaille mal partout ? Intrinsèque à la technique ?

Mais pas en typologie

- Les grosses structures sont plus accidentogènes (Engie, STEP ...)
- Les injecteurs sont plus accidentogènes

Le moteur principal est subventionnel, donc politique

« On me poussait à mettre n'importe quoi dans le méthaniseur. A dépasser les 15%.
A dépasser l'autorisation. J'ai démissionné, pourtant j'y croyais » Un agriculteur vers
Limoges

« On nous a poussés à faire des méthaniseurs, et aujourd'hui on est complètement laissés
tombés » Sylère Adam, AAMF, France 3 Champagne-Ardenne 2023-10-11

Effets législatifs

Surveillance renforcée indispensable: bonne efficacité de l'usine = balance environnementale (Lyng *et al.* 2015). Cette surveillance doit s'opérer en toute indépendance, comme pour toute usine correctement gérée. L'accidentologie croissante est scientifiquement documentée (Moreno *et al.* 2015, Moreno *et al.* 2016)

Réponse du législateur

Août 2019: création de 3 régimes méthanisation:

- simple déclaration jusqu'à 30 t/j (régime inexistant auparavant)
- autorisation **préfectorale** entre 30 et 100 t/j
- consultation publique et ICPE à partir de 100 t/j (au lieu de 60 auparavant)

Contrôles:

- Autocontrôles en déclaration: **juges et parties**
- 1 contrôle par an sur les 3 premières années, puis ...: par les DREAL (**Préfets**)
- dépassements conciliés sur trois ans !

Les Mairies ne donnent plus qu'un avis consultatif (les **Préfets** tranchent)

Modification des décrets « digestats »: DIG AGRI: sortie des « déchets », acceptés en « bio »

Le digestat n'est plus un déchet, donc la biomasse non plus ?!

Gaz à Effets de Serre (GES)

Méthanisation, ensemble industriel intensivement émissif

Intrants de méthanisation

Cultures énergétiques

Vivrières
Intermédiaires

Elevages augmentés

Effluents
Refus
Pailles

Industrie

IAA
Procédés
Déchets d'abattoirs

Résidus Urbains

STEP
Gde Distribution
Déchets ménagers
Déchets verts

Transports

Intrants de cultures

Phyto
Semences

Cultures

Labours
Récoltes

Intrants de métha

Digestats

Extrants (100%)

Digestats

Liquides (80%)
Solides (10%)

Gaz (10%)

CH₄, CO₂,
NH₃, H₂S
Transports
Torchères
Stockages

Fuites

Stockages
Méthaniseur
Transports
Distribution

Autres

COV
Particules fines

Stockages

Intrants

Digestats

Autres

Fluides
Gaz

Distributions

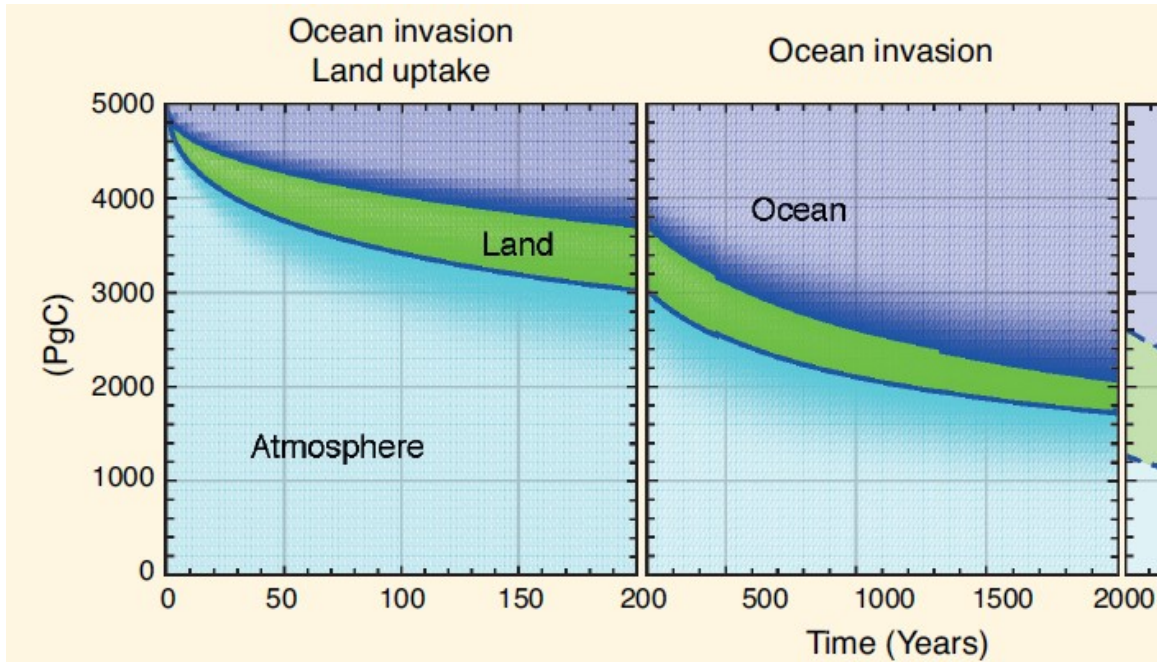
Lignes électriques

Gazoducs

Stations GV

Utilisation locale

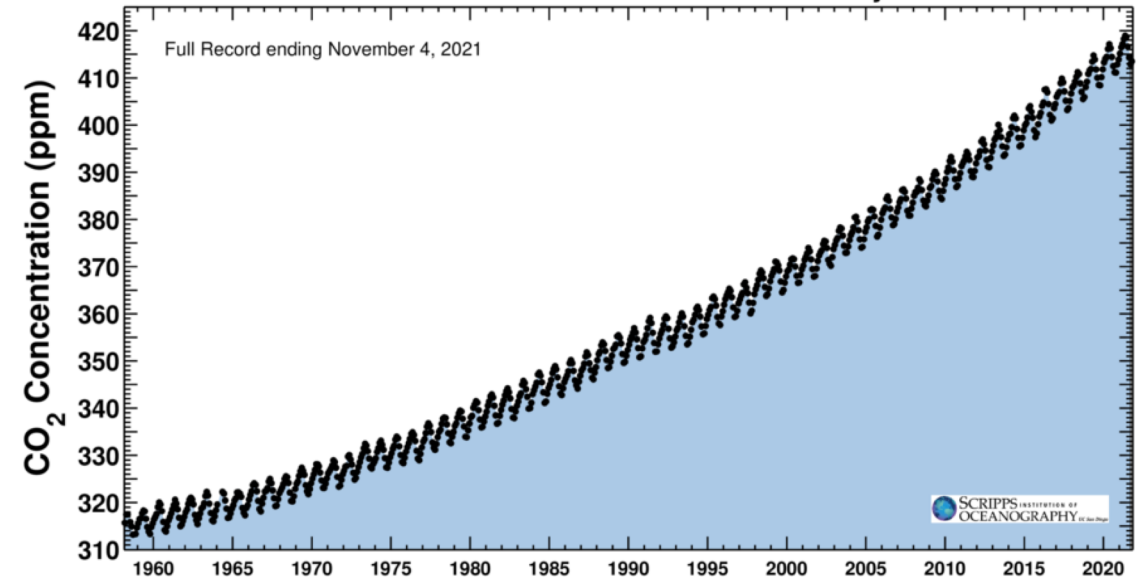
CO₂: GES



Mesures de Keeling

November 04, 2021

Carbon dioxide concentration at Mauna Loa Observatory



Rapports annuels du GIEC (V. Masson-Delmotte):

**Diminuer émissions de CO₂ et CH₄
Tout de suite !**

Neutralité carbone ?

Biomasse -> CH₄ -> CO₂ -> plantes -> biomasse ...

EFFET de SERRE

Atmosphère GES

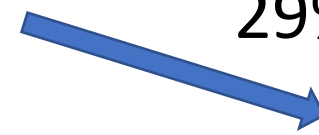
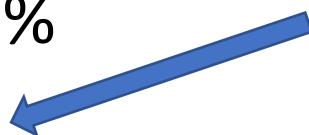
44%



CO₂

29%

27%



Océans

Acidification

Ecosystèmes terrestres

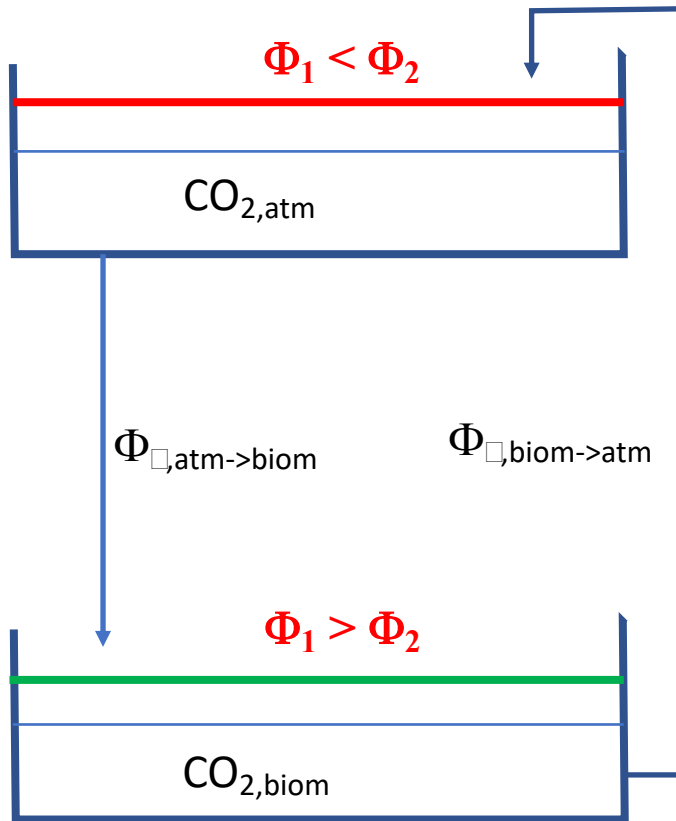
Pluies acides

Industries, méthanisation, respirations

Forêts
Prairies, montagnes
SAU (40%)
Dont Élevage (80%)

Photosynthèse (0,5-2% rendement)

Neutralité carbone mais pas **neutralité climatique** !



Si à chaque instant il pousse autant d'eqCO2 biomasse que ce que l'on utilise d'énergie:

$$\Phi_1 = \Phi_2$$

Hiver: rien ne pousse sous nos latitudes: $\Phi_1 = 0$; Φ_2 élevé

Printemps: Φ_1 croissant; Φ_2 décroissant plus légèrement

Eté: Φ_1 légèrement croissant ou nul; Φ_2 au plus faible mais pas nul

Automne: Φ_1 décroissant vers zéro; Φ_2 de plus en plus fort

Bilan: la différence entre ces deux flux sur une année:

$$\Phi_1 - \Phi_2 < 0$$

on accumule dans l'atmosphère

$$dm_1/dt < dm_2/dt$$

Equation d'un système non conservateur

Allemagne et Italie, il y a 10 ans: mix énergétique très carboné: la méthanisation n'est pas favorable d'un point de vue GES (Fusi *et al.* 2016, Meyer-Aurich *et al.* 2012, Meyer-Aurich *et al.* 2016)

« neutralité carbone »: prétexte pour ne pas comptabiliser la combustion de CH₄ (qui donne CO₂) dans le bilan GES.

Mais si cette combustion a lieu en continu, alors CO₂ est en permanence dans l'atmosphère où il force les radiations terrestres. **« Neutralité carbone » ne veut pas dire « neutralité climatique »**. Il faut comptabiliser la combustion du méthane.

Mais admettons: CH₄ est GES-free: en ACV, les résultats sont très contrastés et montrent des gains en GES très éloignés de tout effet significatif (Breunig *et al.* 2019, Le Pera *et al.* 2022, Ravina *et al.* 2015).

De plus, aujourd'hui **les méthaniseurs créent intentionnellement du méthane**, les déchets vrais ne suffisant pas. Ceci les fait entrer en compétition avec d'autres énergies moins émettrices de GES et par conséquent augmente les émissions par rapport à un scénario sans méthanisation (Grubert 2020). Cet effet est bien entendu accentué dès lors que des fuites apparaissent, même faibles (et elles ne le sont pas !), et nous ne pouvons que conclure que la méthanisation augmente les GES considérablement (Grubert 2020). Les fuites ne sont pas prises en compte dans les ACV.

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

GES de la méthanisation

- Gaz Naturel (base carbone ADEME): 227 kg CO₂eq/MWh PCI
- Biométhane
Combustion 60% CH₄ + 40% CO₂ = 327 kg CO₂eq/MWh PCI

Jean-Pierre Jouany
Directeur de Recherches honoraire
INRA
CSNM et GREFFE

*Revue Française du Développement
Durable, Mars 2023*

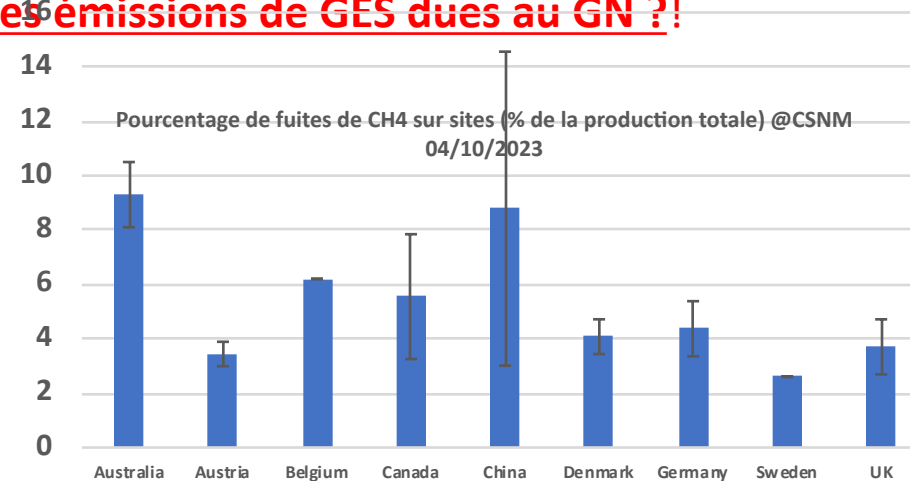
Construction-installation du site, Cultures, Broyage, Chauffage, agitation, capteurs, Gestion auto, Purification, Pertes (fuites) de CH₄, Collecte + épandage des digestats, cultures dédiées

2-3 fois + importantes que les émissions de GES dues au GN ?!

- Fuites

85% des méthaniseurs fuient
En moyenne (78 mesures): **4,8%** du total produit

→ **8,4 Mt/an eq CO₂** pour la France



Quel PRG pour CH₄ ? À 100 ans ? À 20 ans ? DIGES 2 ? Quel N₂O émis ?

GRDF, Solagro et ADEME (sans calcul détaillé): de 23 à 48 g-eqCO₂/kWh

CSNM: de 400 à 700, selon les prises en compte, voire bien plus en incluant les fuites (Jouany 2023)

D'autres organismes par exemple 490 (Delaware State News 2022-11-25)

Il est impératif de prendre en compte tous les GES, y compris les GES non-CO₂ (Harmsen *et al.* 2023)

Fuites

Prendre les PRG corrects de CH₄ et N₂O (sur la durée de vie des méthaniseurs). Nous mesurons 9,4 ans à cessation d'activité, soit un PRG(CH₄) d'au moins 86 (Grubert *et al.* 2019) ! ACV et business plans: 15 à 25 ans de durée de vie (Nurgaliev *et al.* 2022, Purohit *et al.* 2007, Valenti *et al.* 2016)

Sur sites: émissions CH₄ considérables et mesurées (Bakkaloglu *et al.* 2021, Bakkaloglu *et al.* 2022, Baldé *et al.* 2016, Baldé *et al.* 2022, Börjesson *et al.* 2006, Bowman *et al.* 2022, Bühler *et al.* 2022, Burrow 2019, Daniel-Gromke *et al.* 2015, Delre *et al.* 2017, Feng *et al.* 2018, 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, Khalil *et al.* 1990, Khoiyangbam *et al.* 2003, Khoiyangbam *et al.* 2004, Kvist *et al.* 2019, Liebetrau *et al.* 2010, Liebetrau *et al.* 2013, Merico *et al.* 2020, Mønster *et al.* 2015, Mønster *et al.* 2019, Reinelt *et al.* 2016, Reinelt *et al.* 2017, Reinelt *et al.* 2020, Reinelt *et al.* 2022, Samuelsson *et al.* 2018, Schaum *et al.* 2016, Scheutz *et al.* 2019, Tauber *et al.* 2019, Vergote *et al.* 2020, Yoshida *et al.* 2014, Zeng *et al.* 2020).

Stockage des digestats: la source la plus importante d'émissions de CH₄, jusqu'à plus de 21% du total produit (Bakkaloglu *et al.* 2022, Börjesson *et al.* 2006, Bowman *et al.* 2022, Daniel-Gromke *et al.* 2015, Liebetrau *et al.* 2013), les stockages à ciel ouvert émettant évidemment plus que les zones couvertes, mais ces dernières restent des émetteurs importants. **AAMF et Solagro n'ont pas soutenu les couvertures lors des propositions de modifications de décrets AMPG 2781 !**

Production de biogaz: 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).

Epuration du biogaz en biométhane: jusqu'à 5,5% (Bakkaloglu *et al.* 2022, Huerta *et al.* 2023, Kvist *et al.* 2019). En cause: valves de sécurité, systèmes de ventilation et aération, pompes, membranes, produits d'addition et réactifs, pressurisation ...

Stockage d'intrants lisiers-fumiers: de 1 à 48%! (Feng *et al.* 2018). Plus fortes pertes de CH₄ sur méthaniseurs domestiques (non représentatifs de la moyenne des méthaniseurs français). Une valeur maximale de 3,1% du total produit découle d'analyses plus appropriée (Bakkaloglu *et al.* 2022). Signalons que les zones de stockages sont le siège de fermentations anaérobies allant jusqu'à l'auto-inflammation et le déclenchement d'incendies (L'Aisne Nouvelle 2022-12-22 par exemple).

En lignes de distribution, lors des 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).

Épandages: souvent oubliées (Cuéllar *et al.* 2018, Fantin *et al.* 2015), pourtant avérées (Kesenheimer *et al.* 2021).

Le fumier épandu émet moins de CO₂ qu'un digestat solide (Piccoli *et al.* 2022)

Un fertilisant classique minéral montre des émissions de N₂O plus faibles qu'un digestat solide (Petrova *et al.* 2021).

Lorsque des émissions plus faibles de CH₄ 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).

Épuration, pressurisation et injection:

Retirer CO₂, H₂S et autres c'est émettre de façon directe ou indirecte (Molino *et al.* 2022, Bas *et al.* 2022, Orner *et al.* 2022)

Faim en carbone des sols, effets LUC et ILUC:

LUC: la méthanisation des cultures énergétiques, même les plus méthanogènes, émet plus de GES que les simples coupes de prairies naturelles (Meyer-Aurich *et al.* 2016)

Pour la seule implantation de l'usine, nous estimons à 23,3 m²/kW installé la surface nécessaire pour une puissance nominale installée de 1 kW électrique, en accord avec celui estimé sur le territoire italien (Ferrari *et al.* 2021)

Avec ILUC, la balance GES devient vite négative (Tamburini *et al.* 2020)

Les digestats sont plus minéralisés (donc émettent plus de CO₂) que les sols naturels (Häfner *et al.* 2022).

Cultures énergétiques (trajets + stockages):

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 !

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,

sans tenir compte des facteurs négligés cités ci-dessus, la balance GES de la méthanisation est déjà supérieure à celle du gaz naturel (Bakkaloglu *et al.* 2022) et le gain par rapport à l'utilisation de véhicules fuel est extrêmement faible, de l'ordre de 0,18 g eq-CO₂/kWh (Sanchez-Martin *et al.* 2022)

Compostage de digestat: Il est démontré que le compostage de digestats de biodéchets émet plus de CH₄ et de N₂O que le compostage des mêmes biodéchets bruts (Dietrich *et al.* 2021, Orner *et al.* 2022).

Combien évite-t-on de CO₂ ?

Bilan net mondial émissions : autour de 20 Gt eqCO_{2,atm} par an.

Chaque année, l'atmosphère retient 20 Gt de plus de CO_{2,atm}. Soit 20 000 000 000 de tonnes

6000 t eqCO₂/an/méthaniseur: 3-4 millions de méthaniseurs au monde pour éviter ces émissions.

148 million de km² de terres émergées: 47 km², ou un méthaniseur tous les 7 km

Soit 6000 / 20 000 000 000, **chaque méthaniseur contribue pour 0,000 000 3 % à la réduction de CO_{2,atm}**. Evidemment s'il fonctionne sans problème, sans ILUC.

Et comme pour augmenter la température moyenne du globe de 0,63°C il faut 1000 Gt de CO₂ supplémentaire dans l'atmosphère en moyenne (GIEC), on voit que chaque méthaniseur permet d'induire une décroissance de température de :

$$0,63 \times 6000 / 1000.10^9 = \mathbf{0,000\ 000\ 000\ 4\ ^\circ C}$$

Même le méthaniseur le plus gros en projet en France, celui de Corcoué-sur-Logne prévu pour 680 000 t/an d'intrants (qui affiche une réduction de 59 000 t/an de CO_{2,atm}) n'aurait qu'un impact de 0,000 000 04 °C sur la température moyenne, **si la neutralité carbone est assumée** ...

Au fait les CIVES ?

Ne jouent pas le rôle de CIPAN !:

- elles prennent du N dans le sol pour pousser
- le N revient dans le sol via le DL, avec moins de C

Entrent en concurrence avec les cultures vivrières

Pour pousser un peu l'hiver, et beaucoup début printemps:

- il faut des engrais ... avec N ...

Pour pousser l'été, il faut de l'eau ! Et des engrais ...

Elles maintiennent CO₂ en haut, pas en bas ! : c'est du **néo méthane fossile** !

C'est un CIPAN qui renforce la concentration en N, et baisse C ...

des Cultures Intensificatrices Vers un Epuisement des Sols (2 cultures par an !)

Plus de 370 000 ha de CIVEs sont cultivées en France (FranceAgriMer)

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

European J. of Agronomy)

Gaz à effets sanitaires

NH₃ créant particules fines, COV, cancérigènes, CO, NO_x, SO₂ ... émis à distances variables du site de production et des sites d'épandages. Il faut couvrir les zones de stockages d'intrants et de digestats ! (Daniel-Gromke *et al.* 2015, Börjesson *et al.* 2006, Fantin *et al.*, Hijazi *et al.* 2016, Li Y. *et al.* 2018, Maldaner *et al.* 2018, Paolini *et al.* 2018, Perazzolo *et al.* 2016, Reinelt *et al.* 2017, Whelan *et al.* 2010)

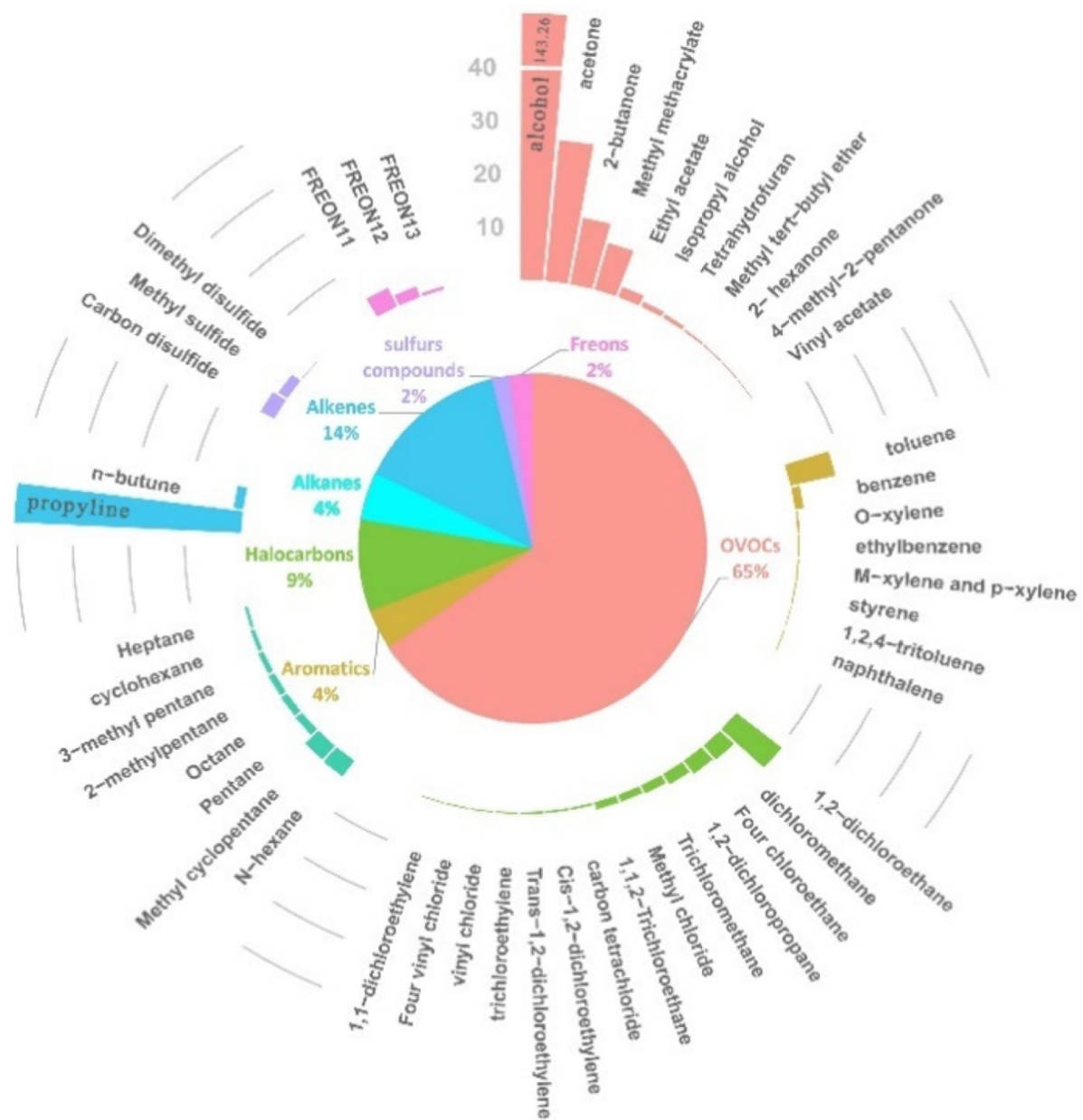
Lagunes de digestat non couvertes: émettent de 1 à 9 g CH₄/m³/jour, et NH₃ à plus de 5 g/m²/semaine → pertes de NH₃ de 10 à 45% du N total en à peine un mois (Perazzolo *et al.* 2016)

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

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

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

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



COV: Zhang *et al.* 2019

Risques pour les agriculteurs

Des impacts pour les agriculteurs avant tout !



Des risques réels d'accidents

Usines ATEX: danger pour les exploitants, riverains et SDIS.

Sur site: doses létales atteintes, à des distances concernant les riverains (Soltanzadeh *et al.* 2022, Stolecka *et al.* 2021, Trávniček *et al.* 2015, Trávniček *et al.* 2017)

Emanations d'aérosols sur et autour des sites (Mbareche *et al.* 2018, Merico *et al.* 2020, Naja *et al.* 2011, Zhang *et al.* 2019)

Pollutions des sols après épandages (Bian *et al.* 2015) à des niveaux de risques élevés

problèmes sanitaires à plus ou moins longs termes

Routiers

Cadences imposées (approvisionnements, épandages, manutentions) = accidents (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)

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

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

Des risques financiers réels

Etude récente 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). Une analyse de filière des dynamiques de revenus de la méthanisation agricole. *Notes et Etudes Socio Economiques* **49**, 41-61).

En cas de problème de viabilité, que feront les grandes firmes de l'énergie pour venir en aide aux agriculteurs ?

« J'en suis de 500 000 € de ma poche, mon frère de 100 000 €, GRDF n'a rien fait, un agriculteur de l'AURA »

Les équipementiers « historiques » de la méthanisation sont rachetés progressivement par de grands industriels, multinationales de l'énergie (Total, Engie, Shell, BP, ENI, Véolia, Suez, Exxon ...).

Ceci mettra les agriculteurs méthaniseurs et les projets territoriaux en difficulté au moindre problème.

Faible TRE = fluctuations tarifaires diverses remettant en cause la **stabilité** (Huerta *et al.* 2023). Déjà prégnants en France pour les agriculteurs méthaniseurs (France 3 Champagne-Ardenne 2023-10-11)

NGF Nature Energy – 2017



In November 2017, Pioneer signed an agreement to acquire via privatisation the largest producer of biogas in Denmark, Nature Energy, which produces green gas that is injected directly to the European grid from farm and food waste. The company has 10 large scale operational plants (including the world's largest waste-derived biomethane plant, Korskro) and is expanding 4 and building 3 new plants. The company currently produces c. 100 million m³ of green gas per annum and expects to double this once all expansions and new plants are operational.

Nature Energy is the European leader in the emerging green gas to grid sector, and sits at the intersection of green energy production, the circular economy in waste management, and sustainable farming. Green gas injected into the



Investor consortium acquires Denmark's largest biogas producer



Bioenergy International

Markets & Finance

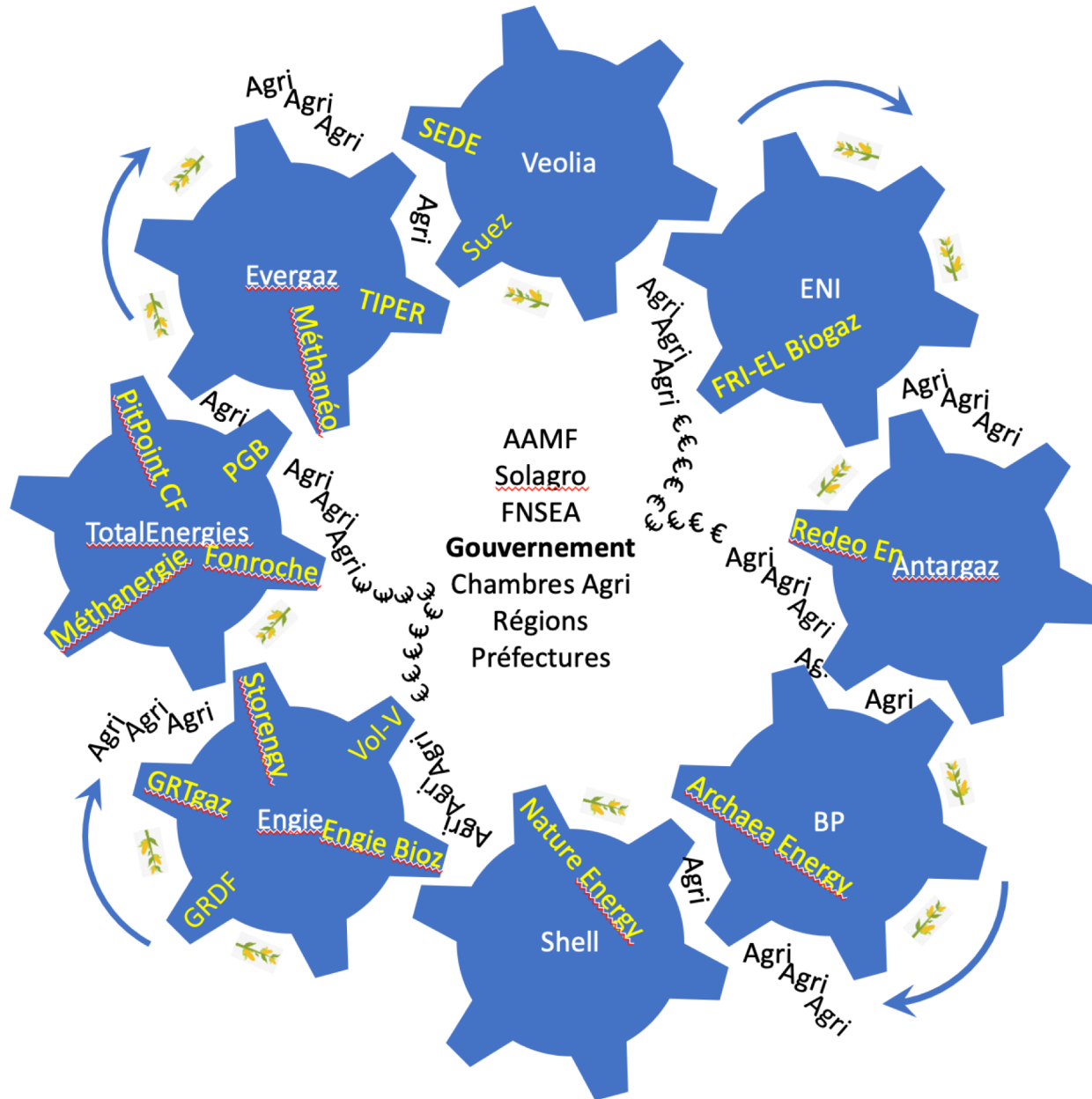
March 16, 2018

Denmark's largest producer of biogas, Nature Energy A/S has been acquired by an investor consortium comprised of European private equity energy investment specialists Pioneer Point Partners, global investment firm Davidson Kempner Capital Management (DKCM), and Denmark's third largest pension fund Sampension.

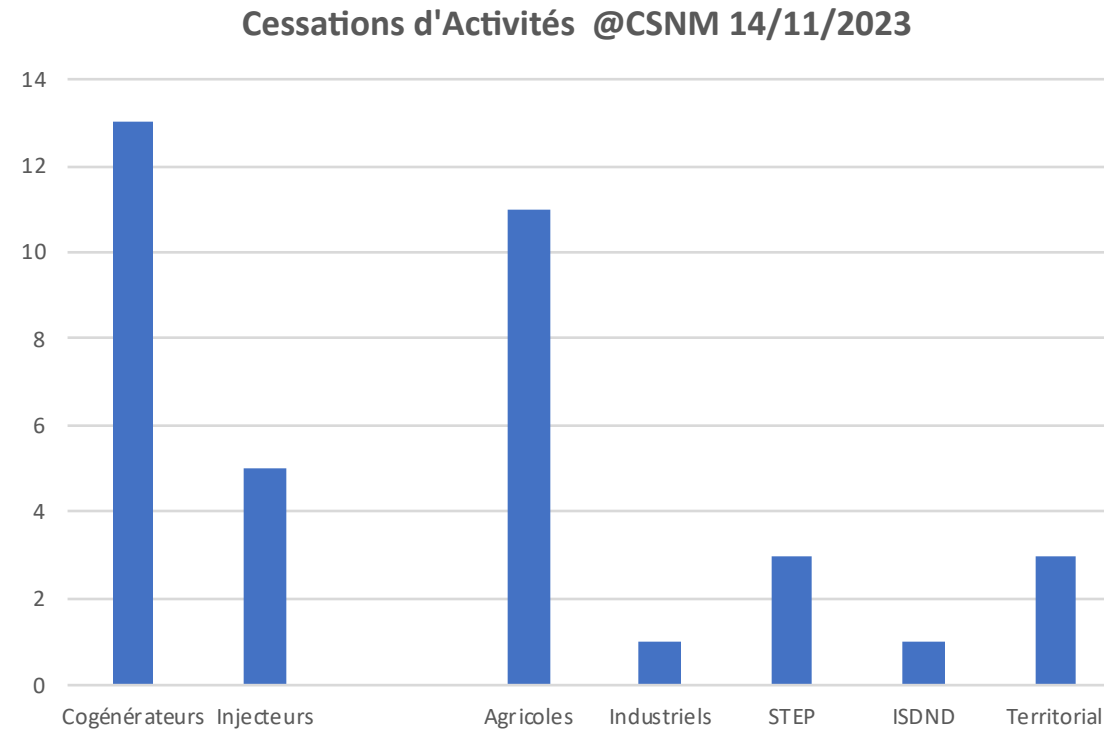
Nature Energy A/S, the largest producer of biogas in Denmark, and the leading producer of green gas to grid in Europe from farm and food waste, was acquired March 14 by a consortium comprised of European private equity energy investment specialists Pioneer Point Partners, global investment firm Davidson Kempner Capital Management and a leading Danish pension fund Sampension.

<https://bioenergyinternational.com/markets-finance/investor-consortium-acquires-denmarks-largest-biogas-producer>

Des agriculteurs au Service de multinationales



Rotations culturales – méthanisation @CSNM



- en proportion, les injecteurs donnent lieu à plus d'arrêt d'activité
- dans les pays ayant développé des méthaniseurs domestiques (très petits volumes), l'abandon de leur utilisation est également fréquente (Hewitt *et al.* 2022, Lwiza *et al.* 2017, Paramonova *et al.* 2023, Xie M. *et al.* 2022)

Condamnations :

- 200 000 € d'amende pour Salers Biogaz pour faits de pollutions (Réussir 2022-02-02)
- 113 500 € d'amende pour la SAS Bod-Fao Energie (50 000€ avec sursis) pour pollution de cours d'eau (Le Télégramme 2023-06-29)
- 74 077 € d'amende pour Biogasy (Les Herbiers) pour faits de pollutions aquatiques et mortalité piscicole (TJ de La Roche-sur-Yon du 13/12/2022)
- 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 de la société Mathéos Gardhailac (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)
- Condamnation de la SARL Moulins de Kérollet à 3000 € pour pollution de cours d'eau et mortalité de poissons (TGI de Vannes du 15/01/2018)
- Condamnation de la SCEA Le Bihan à 2500 € pour pollution de cours d'eau (Le Courrier Indépendant 2023-05-17)

Biodiversité - Ecocidité



L'entreprise Biogasyt a comparu devant le tribunal de La Roche-sur-Yon jeudi 29 juillet pour avoir pollué un cours d'eau en mars 2019. ©Gwendoline Kervella



Des morceaux de plastique après l'épandage de digestat, photographié le 27 novembre 2019 à La Haye-Aubrée (Eure). (THOMAS BAIETTO / FRANCEINFO)



al de méthanisation tue les abeilles:
ces usines-killer de biodiversité !



Vers de terre

Importance des vers de terre sur la santé des sols et leur fertilité: ils contribuent en moyenne à 6,5% de la production de grains et à 2,3% celle de légumes au monde ! (Fonte et al. 2023).

Effet des épandages de digestats: décroissance des populations et de la répartition entre espèces avérés (Koblenz et al. 2015, Rollett et al. 2021). 30% de décroissance en plus 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).

Mortalité importante de *Eisenia fetida*, pourtant connu pour être une espèce résistante, au dessus de 30% d'incorporation de digestat, et une suppression de la reproduction de cette espèce dès 15% (Pivato et al. 2016).

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

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

Il y a digestat et digestat: quid des digestats territoriaux (déchets ménagers) ?

Champignons macro- et microscopiques du sol

Effet nocif des digestats d'effluents bovins sur les micromycètes, organismes essentiels à leur équilibre, mesuré (Vitti *et al.* 2021).

Epandage 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).

Usage de digestats d'effluents équins pour la culture des espèces macromycètes *Agaricus* : également reporté comme néfaste à leur croissance (Savoie *et al.* 2011).

Si les champignons sont mis à mal, qui fera le travail de décomposition dans le sol ?

Biodiversité microbienne

La biodiversité microbienne du digestat est plus faible que celle du même digestat composté (Mang *et al.* 2022).

Trop grande stabilité du digestat épandu (ISME): 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.

Biodiversité de la rhyzosphère de tomates en pots: également affectée par épandage de digestat de déchets de nourriture, avec ou sans biochar (Mickan *et al.* 2022).

Présence d'antibiotiques dans le digestat: diminue la diversité microbienne du sol épandu au profit des espèces résistantes dont *Clostridium sp.* (Garbini *et al.* 2022, Nesse *et al.* 2022).

Les composts permettent de conserver une plus grande biodiversité dans les sols que les digestats (Luo *et al.* 2023).

Comment un sol se comporte avec moins de biodiversité ?

Insectes

Destruction d'habitats sur les lieux de construction des méthaniseurs et de semis-récoltes: met en danger des espèces protégées ([Rue 89 2022-06-23](#)).

A l'inverse, prolifération d'insectes à cause de zones d'intrants non couvertes assez fréquente: gênes chez l'habitant ([Ouest-France 2019-03-04](#)). Mouches seulement !

Mammifères

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](#)).

Les pollutions aquatiques entraînent également le décès d'espèces en danger comme les castors ([France 3 Grand-Est 2022-08-24](#)).

Mollusques

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

Oiseaux

Fauchage des cultures pour alimenter certains méthaniseurs: 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-Crustacées

Mortalité poissonnière suite à écoulements, épandages, déversements, accidents ... de digestats dans des cours d'eaux: fait récurrent malheureusement fréquent ([plus d'1 fois par mois depuis 2021 !](#)).

Mortalité sur des kilomètres fréquemment, avec des centaines de kg de poissons morts, impactant très fortement les ressources halieutiques ([quelsues exemples: AP 2022-DCL-BENV-590](#), [France Bleu 2023-07-25](#), [L'Ardennais 2022-08-23](#), [La Gazette du 50](#), [du 35 et du 53 2022-07-25](#) ; [Le Journal du Pays Yonnais 2021-07-30](#), [Le Télégramme 2021-07-18](#), [Ouest-France 2020-08-26](#), [Sud-Ouest 2021-03-17](#), [Voix du Jura 2022-05-27](#)). Observé à l'étranger aussi !

Végétaux

Si de petites quantités d'éléments chimiques et composés sont indispensables à la bonne physiologie végétale, leur toxicité est flagrante à des taux trop élevés. Par exemple, NH_3 , un des gaz émis par méthanisation, peut donner lieu à des altérations de croissance foliaire, des déficits de floraison et de fruits ... (Krupa 2003).

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

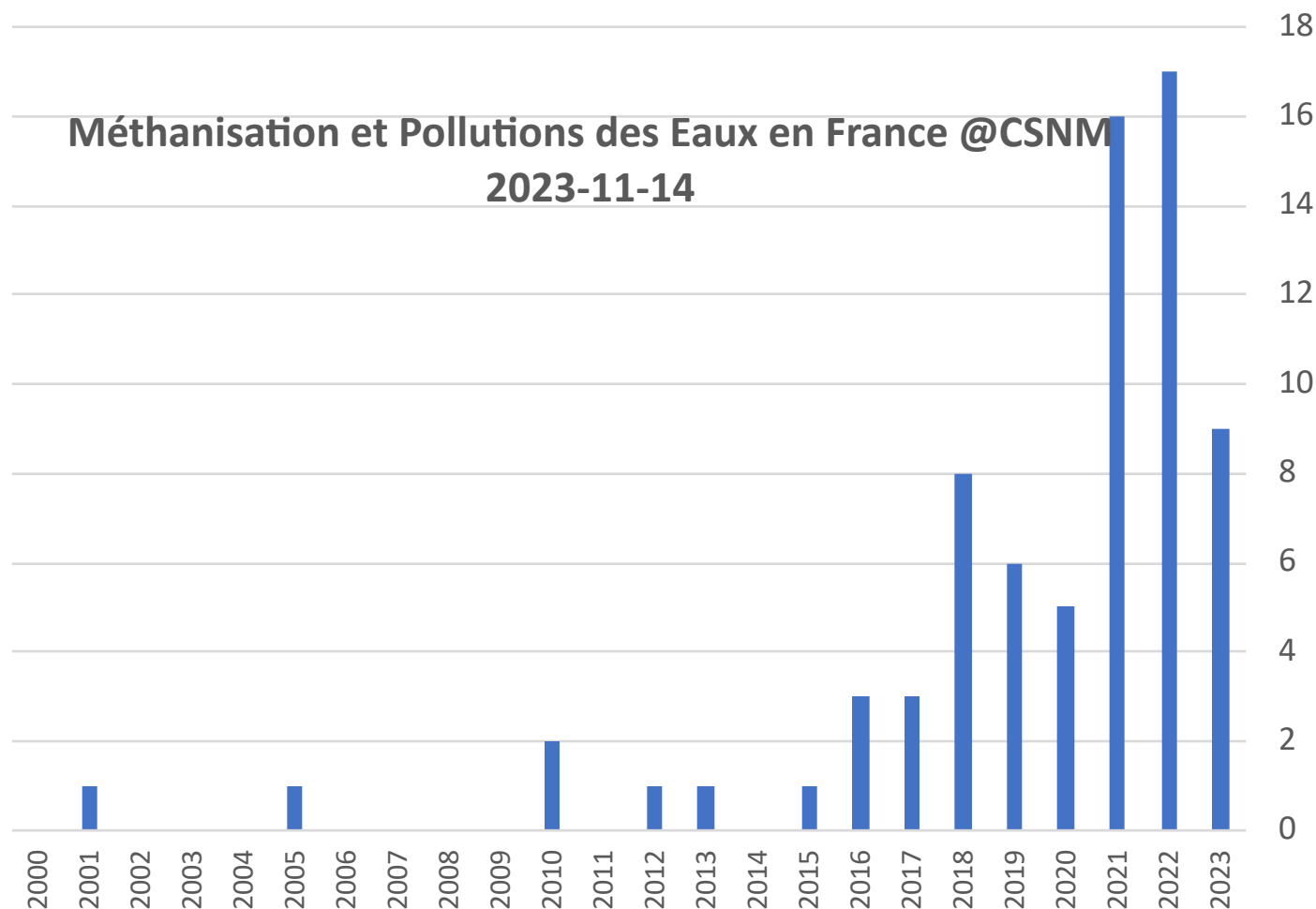
Digestats de déchets ménages: moins bonne croissance de ray-grass, par contre un plus fort lessivage de N (Rossi *et al.* 2023).

Il y a digestat et digestat:

- Charge pathogène et médicamenteuse
- Métaux lourds
- Plastiques
- ...

Les intrants de méthanisation ne sont pas assez contrôlés !

Des cours d'eau et l'eau potable menacés



Mignéville (2023-07), Fontrailles (2023-03),
Mauges-sur-Loire (2023-02), Comanna
(2023-01), Saint-Aignan (2023-01), Chavagné
(2023-01, 2022-12), Plaintel (2022-09),
Girondelle (2022-08), Mortain-Bocage (2022-
07), Rothônay (2022-05), Mayseroi (2022-
02), Plougar (2021-12), Combrand (2021-12),
Rarécourt et Froidos (2021-11), Lusigny-sur-
Barse (2021-11), Rougeux (2021-08),
Loscouet-sur-Meu (2021-06), Tence (2021-
04), La Mesnière (2021-03), Aire-sur-l'Adour
(2021-03), Volckerinkove (2021-02),
Andelnans, Vihiers, Méry-sur-Seine,
Dampierre, Châteaulin, Sainte-Eulalie ...

Déversement de digestat dans les eaux douces:

- modifie le pH, la conductivité électrique, la concentration en ions ammonium, le potentiel redox et surtout la communauté microbienne des eaux (Studer *et al.* 2017) pendant quelques jours
- Entraîne une mortalité de poissons sur des kilomètres

Quelques références de pollutions aquatiques en France (AP 2022-DCL-BENV-547, France Bleu 2023-07-25, L'Ardennais 2022-08-23, L'Eveil 2021-04-27, La Gazette du 50, du 35 et du 53 2022-07-25; La Nouvelle République 2021-12-28, L'Est Républicain 2022-01-02, L'Est Républicain 2022-06-02, Le Courrier Indépendant 2023-03-14, Le Journal du Pays Yonnais 2021-07-30, Le Progrès 2022-06-08, Le Républicain Lorrain 2022-03-26, Le Télégramme 2021-07-18, Le Télégramme 2021-12-27, Le Télégramme 2023-02-15, Le Télégramme 2023-02-16, Ouest-France 2020-08-26, Ouest-France 2021-12-20, Ouest-France 2023-02-22, Sentinelles de la Nature 2023-01-11, Sud-Ouest 2021-03-17, Voix du Jura 2022-05-27).

Le ou les digestats ?

Digestats: ne possèdent pas les caractéristiques de la biomasse naturellement décomposée et assimilée par les sols: pas d'utilisation massive, contrôles particuliers.

On parle d'ailleurs de remédiation du digestat (Eraky *et al.* 2022, Jasinska *et al.* 2023), par micro-flore indigène, phycoremédiation, évaporation sous vide, centrifugation, stripping des ions ammonium, bioélectricité, production de protéines, compostage aérobic, entomoremédiation, bioraffinement (production de bioéthanol, de biodiesel, de biochar et biohuile, hydrochar ...), traitement au charbon actif, séchage solaire et acidification ...)

Combien en reste-t-il pour le sol ?

Ruissellements chargés en N et P encore mal étudiés (Horta *et al.* 2021)

Nécessitent souvent une réduction du taux de NP (Cusick *et al.* 2014, Le Pham *et al.* 2022, Li D. *et al.* 2022, Li Y. *et al.* 2022, Pizzera *et al.* 2019, Van Puffelen *et al.* 2022)

Les ions ammonium (NH_4^+) des digestats liquides se transforment en quelques jours en nitrates (NO_3^-) dans le système hydrique (Wang Z. *et al.* 2022)

Stabilisation des digestats nécessaire pour conserver un certain potentiel fertilisant-amendement: compostage, stripping de l'ammonium, séchage thermique, gazeïfication, échange ionique, carbonisation hydrothermale, pyrolyse, filtration membranaire, précipitation de struvite, évaporation, oxydation chimique ... Il ressort que le **compostage est le plus adapté !** (Jasinska *et al.* 2023, Kovacic *et al.* 2022, Le Pera *et al.* 2022, Rizzioli *et al.* 2023), notamment car il **conserve une plus grande biodiversité** des sols (Luo *et al.* 2023).

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.

Taux de P disponible pour les plantes modifié par méthanisation: avec intrants comportant du Ca, jusqu'à 30% de transfert du P labile disponible vers des phosphates de Ca, stables et indisponibles comme nutriment (Wiater 2022).

Digestats de biodéchets de ménages: à considérer de façon particulière, vu l'aspect sanitaire inhérent à ces intrants. Post-traitements particuliers à appliquer, par exemple un traitement acide (Skrzypczak *et al.* 2023), au détriment de la rentabilité globale.

Rotations culturales (blé-triticales-pois-colza) associées à des épandages de digestat augmentent le N résiduel dans les sols, plus que l'utilisation d'un fertilisant minéral (Nascimento *et al.* 2023).

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

Quelle Surface d'épandage nécessaire ?

PPE 2019: **7% du Gaz Naturel sous forme de Biogaz** en 2028: 31,5 TWh/an

Surface moyenne d'épandage: **2500** ha / méthaniseur

Nb de méthaniseurs (proj + service): **2700**

Soit: **$2700 \times 2323 / 29\,000\,000 > 20\%$ de la SAU !**
ou la surface totale de 10 départements

C'est pour cela que nos amis des pays méthaniseurs limitrophes cherchent à épandre en France

Que trouve-t-on dans les digestats ?

Tout ce qui rentre ressort ! Sauf une grande partie de C ...

Contaminants et Composés Organiques Volatiles

Teneurs et compositions variables avec les intrants (Ali *et al.* 2019, Barcauskaitė 2019, Golovko *et al.* 2022, Kuo *et al.* 2017, Molino *et al.* 2022, O'Connor *et al.* 2022, Rivera-Montenegro *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Werkneh 2022, Zhang *et al.* 2019) :

Pesticides, PCBs, PAHs, PFAS.

Concentrations bien supérieures à des traces: carcinogènes, perturbateurs endocriniens, immuno-suppresseurs, perturbateurs de reproduction, neurotoxiques, mutagènes, tératogènes, perturbateurs thyroïdiens, dérégulateurs insulinaires : Anthracène, Benzène, Benzènes aromatiques, Bromopropylate, Chlorpyrifos, DDT, Dioxines, Endosulfan, Ethion, Fluoranthène, Furanes, Phenanthrène, Propène, Pyrène, Siloxanes, Méthyl-solixanes, Tetradifon, Terpènes, Toluène, Vinclozoline, ...

Concentrations dans des sols suisses épandus: 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).

Phytosanitaires

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

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, Morey *et al.* 2023, Nkoa 2014, O'Connor *et al.* 2022, Pivato *et al.* 2016, Sailer *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022, Tshikalange *et al.* 2022, Wolak *et al.* 2023, Zheng *et al.* 2022)

Sols épandus: peuvent dépasser largement les seuils admissibles (Bian *et al.* 2015, Li Y. *et al.* 2018, Zheng *et al.* 2022) à force d'accumulations successives: **effet de concentration des polluants**

Certains digestats pourtant agricoles présentent également du chrome hexavalent et de l'arsenic pentavalent hors norme ! (Pivato *et al.* 2016, Zheng *et al.* 2022)

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

Persistence de pathogènes dangereux

Digestats non pasteurisés: pas d'abattement prononcé de pathogènes sévères (Coliformes, Helminthes, novovirus, parvovirus porcin, *Salmonella* (*enterica* et *senftenberg*), *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium* (*botulinum*, *difficile*, *perfringens*), *Cryptosporidium parvum*, *Mycobacterium sp.*) plus qu'avec utilisation d'effluents simples

Montrent des effets phytotoxiques, donc **risque environnemental et de santé** (Bonetta *et al.* 2014, Chioti *et al.* 2023, Garbini *et al.* 2022)

Donc les digestats doivent: être post-traités pour abattre le risque (Chioti *et al.* 2023, Cucina *et al.* 2021, Le Maréchal *et al.* 2019, Owamah *et al.* 2014, Russell *et al.* 2022, Tawfik *et al.* 2022)

Digestats pasteurisés: risque principal à cause (et à surveiller) (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).

Boues de STEP: montrent des populations accrues de gènes de bactéries antibiorésistantes comparé à des boues non méthanisées. Même avec un traitement hydrothermal à des températures de l'ordre de 140°C (Haffiez *et al.* 2022) → **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).

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

Traces médicamenteuses

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'amoxiciline et à la pénicilline G (Nesse *et al.* 2022). Les stérols et stéroïdes ne sont pas décomposés par la méthanisation (Weckerle *et al.* 2022).

Risques élevés de propagations

Risque élevé de contamination des sols en métaux lourds et en gènes résistants aux antimicrobiens et aux antibiotiques, par épandage: la forte concentration des digestats en éléments génétiques mobiles fait craindre une dissémination de gènes résistants aux antibiotiques (Wolak *et al.* 2023).

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 → **second tri contrôlé** avant incorporation

Les plastiques sont très peu décomposés par méthanisation: digestats épandus

Nano- et 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'agissent que sur la répartition des plastiques entre les différents digestats, seul un tri à la source est efficace (Yang *et al.* 2022)

Méthanisation thermophile: certaines bactéries (*Brevundimonas*, *Sphingobacterium*) dégradent certains macro-plastiques (le PLA et le PBAT) → **micro- ou nano-plastiques** dont les effets sur les sols sont **encore plus risqués** (Peng Wang *et al.* 2022)

En Suisse: 70 t/an de plastiques sont déversés dans les sols par méthanisation (Bowman *et al.* 2022)

Remarque: $T_{\text{digestion anaérobie}} < T_{\text{compostage}}$ et sans effets d'irradiation UV: **moins bonne dégradation des plastiques** (Weithmann *et al.* 2018)

**Les riverains dans tout ça ?
dont les agriculteurs font partie ...**

Une riveraine le 20 avril 2021

Nous habitons St Romain de Surieu, en Isère.

Une unité de méthanisation a été construite à côté de chez nous (une cinquantaine de mètres en limite de propriété ; environ 70 mètres entre les cuves et notre maison).

Depuis la mise en route de l'installation, nos conditions de vie se sont considérablement dégradées. La nuisance principale est le bruit mais il y a également le trafic routier, les odeurs, les fuites de digestat, la mare asséchée.....

Les non-respect des prescriptions générales de ces installations sont nombreuses...

Nous doutons que le tonnage déclaré soit bien respecté.

Nos différentes démarches nous ont conduit à solliciter les services de l'Etat et à nous renseigner sur la méthanisation.

Nous avons écrit aux différents services de l'Etat, mais aussi au Préfet, au Sous Préfet, au Ministre de l'Intérieur et à la ministre de la Transition écologique (sans réponse des ministres).

Pour le moment, nos démarches n'ont pas permis de trouver de solution au problème.

Nous avons constaté le non respect du permis de construire (dimensions, emplacement, cuves semi-enterrées, problème de distance par rapport à notre habitation....)

Un Collègue Danois (2021):

Everything is not great. The company is making a fortune producing biogas based on primarily slurry. **The business is only rentable due to public support** (the taxpayers). The company itself has confirmed that to me. In my research i found out, that Nature Energy's nine danish filials in 2018 got more than half a billion danish Kroner (**roughly 68 million Euro**) in **public support**. They will get the same public support every year until 2032. The parliament has observed that the rules are too lucrative and has changed the public support for newcomming biogas companies. I guess Nature Energy has the same strategy for their investments in France. **Their strategy is to grow big in all Europe**. Maybe they also can find ways to "milk" the EU for money?

One of the problems producing biogas is the smell. **There has been quite a lot af complaints from neighbours to the biogas plants**. Nature Energy say, that they have solved the problems. I don't know if they are right. But maybe they can solve it. In my hometown, Kolding the protests against the smell pressed the local council to change the decision to allow the company build a biogas plant.

Nature Energy is mostly owned by the **foreign equity fund, Gosford Capital Designated Activity Company based in Dublin**. Which is again owned by an **american** equity fund, **Davidson and Kemper** and an **english** equity fond, **Pioneer Point Partners**. Why do they have an address in low tax Ireland?

The danish Pension company "Sampension" owns 20%. They have 9 local filials in which they go together with local farmers, but Nature Energy has the deciding influence.

Des prétextes erronés

Neutralité carbone



énergie carbonée, forts GES

Démontrons-nous l'inverse du GIEC ? Processus lents (Atmosphère + sol) ?

Energie

Méthanisation $\rightarrow$ CH_4 (60%) + CO_2 (40%)

TRE (EROEI) ?

Transition énergétique

900 MW x 8760 h = 7,9 TWh

<métha> $\rightarrow$ 0,012 TWh nominal

2% du GN (>1800 méthaniseurs)

Environnement

GES méthanisation $\rightarrow$ CH_4 (60%) + CO_2 (40%): 40% de + de GES / kWh transformé

GN $\rightarrow$ CH_4 (> 90%) + alcanes (< 10%)

NH_4^+ moins bio-assimilable que NO_3^- :

PRG sur 20 ans $\text{PRG}(\text{CH}_4) = 86$?

engrais faible, amendement faible

$1/86 = 1,16\%$

fuites 0,5-10% sur site, 0,1-1% en ligne ...

moyenne 4,8%

Réduction des déchets

90% des « déchets » restent à épandre :

25 Mt $\rightarrow$ 5 départements

2,7 Mha d'épandages (9% SAU)

5-6 TWh efficace (1% du GN)

Dérive: création de faux déchets via des « cultures dédiées »

CIVE > 1 500 000 t > 3 800 000 t

maïs > 260 000 t > 390 000 t

370 000 ha de cultures en Nov 2022 ! (FranceAgriMer): la SAU d'1 dept

Pourquoi le CSNM ? Des externalités occultées

Impacts variés et négatifs: www.cnvmch.fr

- Baisse du COS
- Baisse de biodiversité
- Concurrence souveraineté alimentaire
- Pollutions eaux-air-sols - GES +++
- Dépréciation Immobilière
- Nuisances (odeurs, sanitaires, transports, bruit)

Pour:

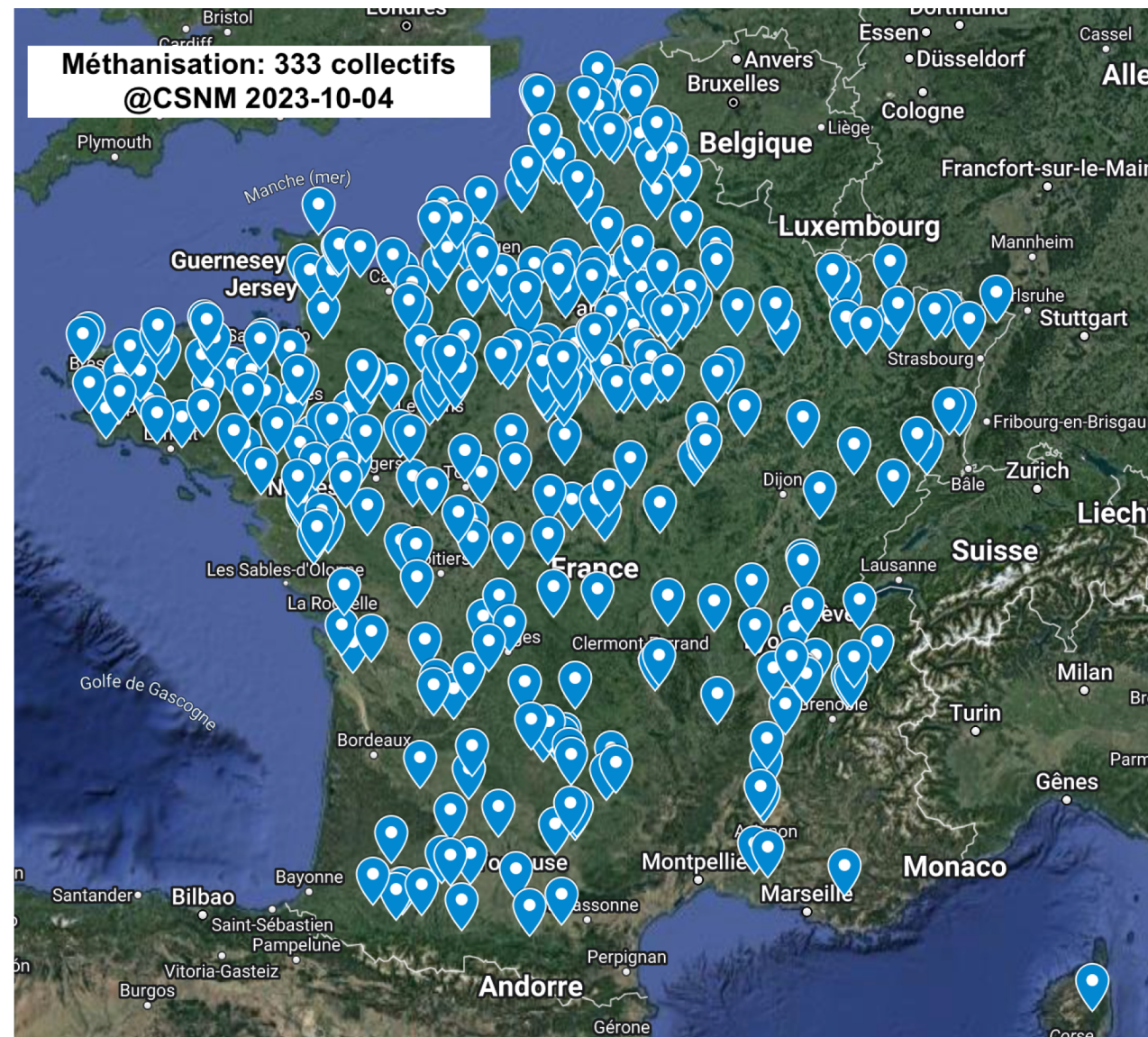
Très peu d'énergie !

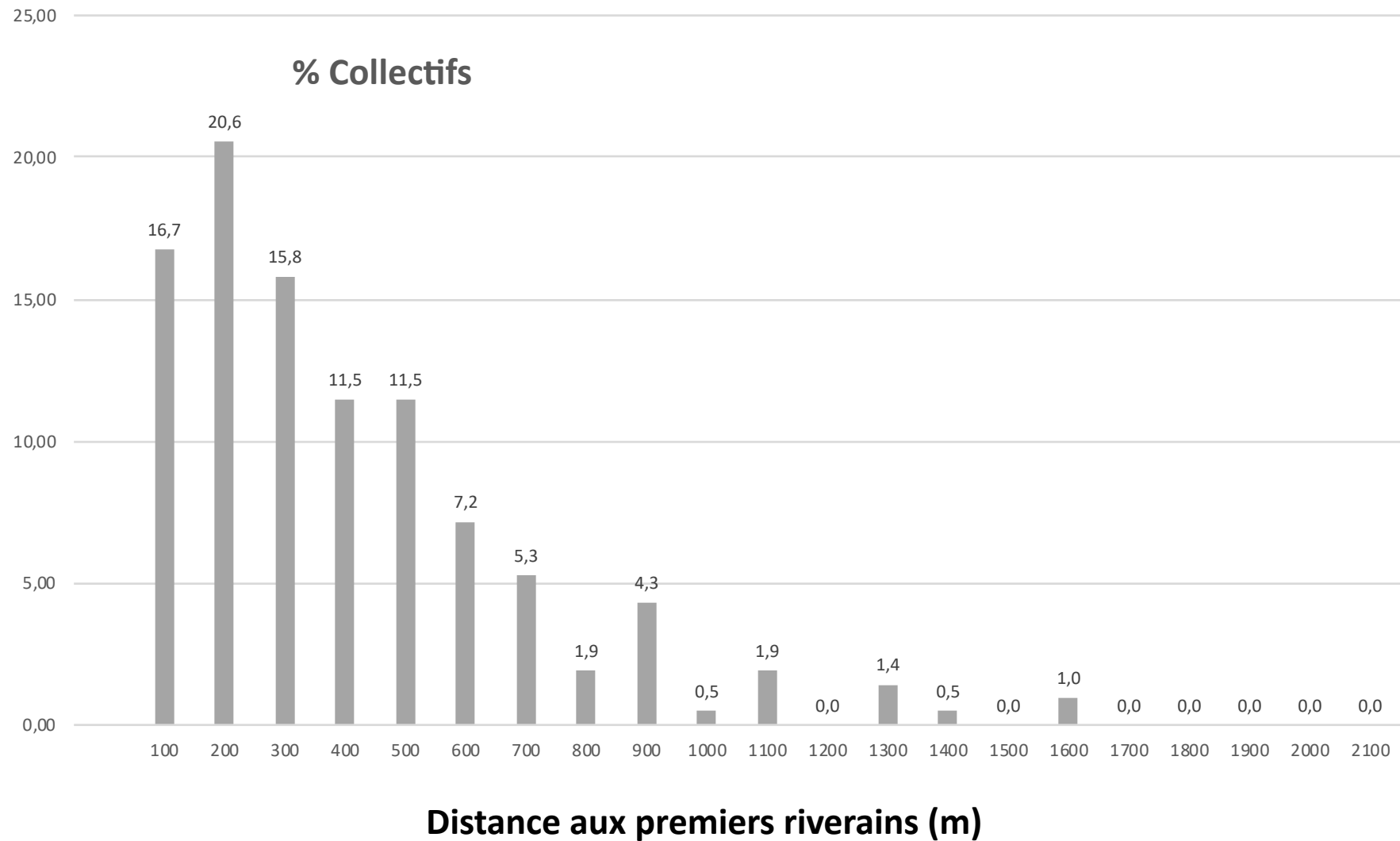
Stress accru pour les paysans

Viabilité incertaine

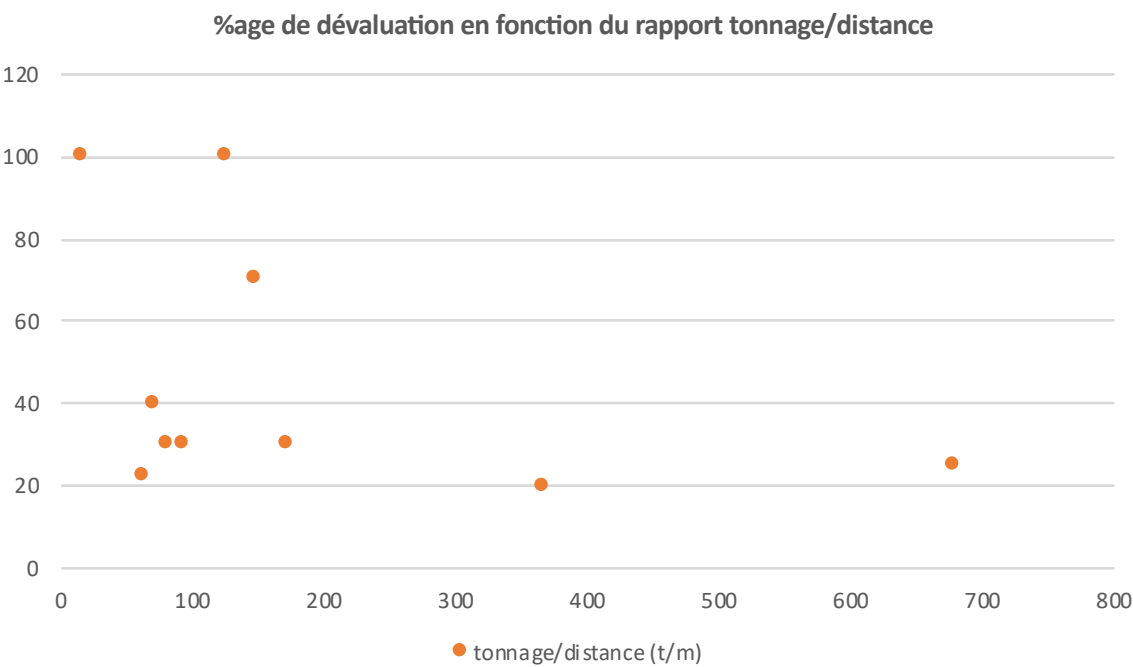
Financièrement non soutenable et injuste

→ + de 470 000 signatures de pétitions





Dépréciations immobilières



Quelles Conséquences Sociétales ?

Comment peut-on accepter que nos agriculteurs soient mieux rémunérés en produisant du gaz qu'en donnant à manger à la population ? C'est immoral !

Allemagne: augmentation du prix des terres
 augmentation du prix des fourrages

Danemark, UK, USA ... problèmes dus à la méthanisation

Donc mise en compétition des agriculteurs-éleveurs entre eux à brève échéance

Mise en compétition avec les grosses multinationales du gaz ...

Sortie des digestats du cadre de déchets: arrêtés DigAgri2 et 3, puis CDC Dig

Dérives sous-jacentes proches

Les forêts ne se méthanisent pas bien
Le CO₂ émis est un problème d'image

Pyrogazéification (100 TWh)

Gazéification hydrothermale

Méthanation (40 TWh)

pression, Température, H₂

Quels TRE ?

Des faux-déchets méthanisés

- amidon de tapioca (Riewklang *et al.* 2023) : alimentation, agent épaississant, friture
- balles de riz (Matin *et al.* 2022)
- déchets de poissons (Ingabire *et al.* 2023) : farines, engrais
- déchets de desserts industriels (Sud-Ouest 2023-10-11) : alimentation animale
- drêches d'orge et malt, pot ale (Hackula *et al.* 2023) : alimentation animale
- épluchures d'ignames (Nweke *et al.* 2021) : alimentation animale, compost
- fumiers équins : fertilisation et amendement des sols
- jacinthes d'eau (Ingabire *et al.* 2023) : compost, systèmes d'épuration
- lactoserum (Dinuccio *et al.* 2010): alimentation bétail
- marcs de pommes (Ampese *et al.* 2022), de raisins (Dinuccio *et al.* 2010)
- pailles (Paris Normandie 2023-06-21) d'orge (Dinuccio *et al.* 2010), de riz (Dinuccio *et al.* 2010, Liu *et al.* 2023, Nguyen *et al.* 2016) : litières, isolation, mytiliculture et fertilisation naturelle
- palmes (rafles, fibres, effluents) (Tan *et al.* 2023) : épandages, compostages pour retour au sol
- pelouses (Ulukardesler 2023) : fertilisant naturel
- pulpes de betteraves (Web-Agri 2023-03-15) : alimentation animale
- résidus de nourriture à base de poulets (Hasan *et al.* 2018) : alimentation pour animaux
- tiges et résidus de maïs (Dinuccio *et al.* 2010, He *et al.* 2019, Sumardiono *et al.* 2022) : litières, construction
- tomates (peaux, graines) (Dinuccio *et al.* 2010) : alimentation élevage

Méthanisation oui ! Mais:

- Pour **déchets-vrais** uniquement
- **Energie utilisée en Circuits courts** et autoconsommation
- Intrants et extrants appropriés
- Avec **contrôles** réels, bien échantillonnés
- **Substitution** à une énergie plus carbonée
- Utilisation-conditionnement des extrants selon nature et conditions pédologiques
- Subordination des subventions au gain environnemental
- Ne pas comparer aux mauvaises pratiques !

Merci de votre attention !

Les Fiches Pédagogiques du CSNM: cnvmch.fr/a-savoir-csnm



<https://twitter.com/CSNM9>



www.linkedin.com/groups/8732104/



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

forum-cnvmch-csnm@googlegroups.com



Preuves en images:

https://drive.google.com/file/d/16Hnx_oXGNle_yK4v8y9l8AHQcAr2M3F_/view?usp=sharing

Parlementaires et élus refusant les alertes CSNM 2023-05-31

