



Méthanisation : quels impacts sur le sol, l'environnement et l'économie des exploitations ?

Les rendez-vous INRAE au SPACE / 16 septembre 2021

INRAE

> Introduction

Pascal Peu,

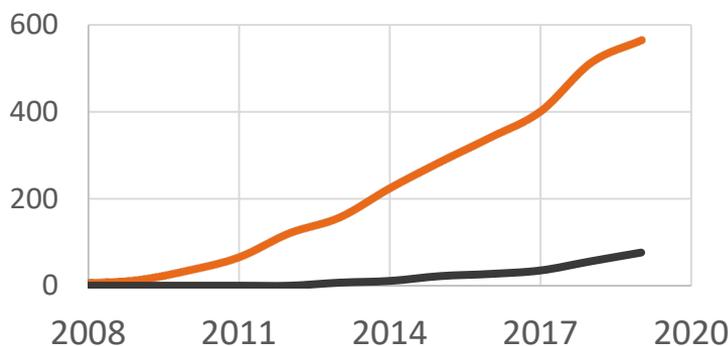
UR OPAALE, INRAE Bretagne-Normandie



Introduction : la méthanisation Agricole : état des lieux

Une filière en fort développement !

2008 : <10



2020 : > 1000



Cogénération
150 kWe

BG11 BG16, Injection...

Injection

120 Nm³/h

Effluents agricoles
Déchets (IAA, Coll.)

Effluents agricoles / **Exp° Céréalières**
Déchets (IAA, Coll.) / **CIVE**

10 ans :
modèle en évolution !

2 revues de presse, des points de vue qui s'entrechoquent !

2008

2020

« Pétrole vert »

« Energie trop chère »

« Réduit les émissions de GES »

« Responsable d'impacts env.
(odeurs, NH₃ etc.) »

« Diversification des revenus »

« Concurrence aliments énergie »

« Meilleure valorisation des effluents »

« Digestat responsable de pollution des eaux
... et ...Désastreux pour la fertilité des sols »



Biogazyl, du pétrole vert aux Herbiers

1/08/2008

En service depuis 4 mois, l'usine de méthanisation Biogazyl a été inaugurée. Outre la production d'électricité, de nombreux débouchés sont possibles : réseaux de chaleur, engrais ou biogaz...

C'est pas de la merde, c'est du pétrole », rappelle symboliquement Gabriel Bonnin, cofondateur de Biogazyl avec Sylvie Laignere, lors de l'inauguration de Biogazyl.

En service depuis le mois de mai, l'usine de méthanisation (voir l'article du 6 juin 2008) traite les effluents de canard de l'usine toute proche d'Euralis Gastronomie, ceux des éleveurs partenaires et bientôt les déchets d'autres industries.



« Notre installation de biogaz sera bientôt opérationnelle »

REUSSIR Lait

Je m'inscris à la newsletter



La méthanisation est-elle pour vous ?

Les unités de méthanisation peuvent être rentables en France, si elles traitent les déjections animales et des déchets agricoles et autres, et si elles valorisent au maximum la chaleur produite.

Publié le 9 mars 2008 - Par Costie Prulh

Produire de l'électricité et de la chaleur à partir de lisier et de déchets organiques : de quel cycle plus parfait pourrait rêver un éco-citoyen ? C'est ce que permet de faire la méthanisation, qui est la digestion de matières organiques par des micro-organismes, et qui émet un biogaz riche en méthane. Ce biogaz peut ensuite servir à faire tourner un moteur ou cogénérateur - qui produit électricité et chaleur, mais il peut aussi, après purification, servir de carburant ou de gaz de ville.

Jusqu'à présent, la méthanisation s'est surtout développée dans les décharges, les stations d'épuration et certaines industries. La méthanisation à la ferme, à partir d'effluents d'élevage, a surtout gagné du terrain en Allemagne, où les unités de méthanisation consomment aussi beaucoup de cultures énergétiques. Du coup, on a trop souvent entendu que cette méthanisation ne serait pas intéressante en France, où il n'y a ni les surfaces, ni l'incitation politique pour produire



Le 08/08/2020

Encouragée par le gouvernement, la méthanisation est-elle une énergie verte si écologique ?

L'accident du méthaniseur de Châteaulin, dans le Finistère, durant l'été 2020, a créé un précédent alimentant l'opposition à ces projets, pourtant encouragés par le gouvernement pour la transition énergétique.



La méthanisation : "Un système de Shadoks", selon Olivier Allain

Un an après l'accident du méthaniseur de Châteaulin, le Breton Olivier Allain nous livre sa vision sur cette énergie. Éleveur, il a coconstruit le programme agricole du candidat Macron en 2017. Elu, il a été en charge de l'agriculture à la Région et a exercé des responsabilités à la FDSEA.



Pollution de l'eau dans le Finistère : interrogations sur la méthanisation industrielle

La restriction de l'usage de l'eau dans 50 communes bretonnes résulte d'une pollution occasionnée par une installation de méthanisation. Un événement qui interroge sur le fort développement de la filière et les risques qu'il comporte.

Eau | 21 août 2020 | Laurent Radisson | Actua-Environnement.com



INRAE

Méthanisation : quels impacts sur le sol, l'environnement et l'économie des exploitations ?

Les rendez-vous INRAE au SPACE / 16 septembre 2021

Programme

Les performances environnementales de la filière méthanisation : entre mythe et réalité

Lynda Aissani, Ingénieure de recherche - INRAE Bretagne-Normandie

Impact de la méthanisation et des digestats sur la matière organique et la fertilité des sols

Sabine Houot, Directrice de recherche - INRAE Île-de-France - Versailles-Grignon

> 1^{er} temps d'échange avec la salle

Quels impacts de la méthanisation sur la qualité de l'eau ?

Armelle Damiano, Ingénieure, Directrice de l'Association Aile

Diversité des modèles économiques de méthanisation agricole

Alexandre Berthe, Chercheur, Université de Rennes

> 2^d temps d'échange avec la salle

INRAE

**➤ Les performances environnementales
de la filière méthanisation : entre mythe
et réalité**

Lynda Aissani, UR OPAALE, INRAE Bretagne-Normandie



➤ Les représentations sur la question des impacts environnementaux de la méthanisation

Méthanisation : faux départ pour vraie solution

En 2013, Stéphane Le Foll annonçait 1 500 méthaniseurs en France pour 2020. Trois ans plus tard, 58 unités seulement fonctionnent en Bretagne. L'énergie verte cherche encore sa voie.



Château-Renard

La méthanisation à la place des énergies fossiles

Le « gaz vert », c'est parti

Depuis mercredi 23 mars au matin, le « gaz vert » produit par Göttnais-Biogaz, à Château-Renard, circule dans les canalisations gaz GDF, distribuant dans le réseau local un gaz 100 % naturel et issu du recyclage des déchets organiques produits par les agriculteurs et éleveurs locaux.



la fin 2016, 100 d'ici 2018. Il y a quatre points essentiels dans le processus avant injection. D'abord la vérification indispensable de la qualité du gaz avec plus de 98 % de méthane. Deuxièmement son odorisation pour en assurer la sécurité car contrairement aux idées reçues, le gaz issu de la dégradation des matières organiques n'a

Environnement

Une unité de méthanisation : un avenir pour l'agriculture

L'installation, créée par des agriculteurs soutenus par la communauté de communes du Val de Galilée, devrait permettre de générer une vingtaine d'emplois indirects.

BAN-DE-LAVELINE

Il faut du temps pour mûrir un tel projet. Cinq années d'études, de recherche de financement. Et beaucoup d'énergie pour convaincre sinon les financeurs, au moins les banques, à prêter l'argent. Non sans avoir trouvé auprès du Pays de la Loire la nécessaire caution bancaire. Mais c'est fait. Avec le bon coup de main du sous-préfet de Saint-Dié, Christophe Sain, dont l'engagement a été salué avec insistance hier, le projet d'unité de méthanisation est en marche à Ban-de-Laveline.

Un projet initié par deux frères



au centre avec le préfet Gilbert Payet, est à l'origine, avec son frère, de la



Méthanisation : des affaires qui sentent le gaz

C'EST L'UNE des grandes énergies vertes de demain, et Macron l'a encore réaffirmé, fin 2018, devant le Haut Conseil pour le climat : grâce au biométhane, les paysans seront la force motrice de la transition énergétique. Autre heureux hasard : l'un des actionnaires de Methabaz est un certain Joachim Gaillot, l'un des vice-présidents de Cristal Union. Et son épouse, Danielle Gaillot, est la femme de la



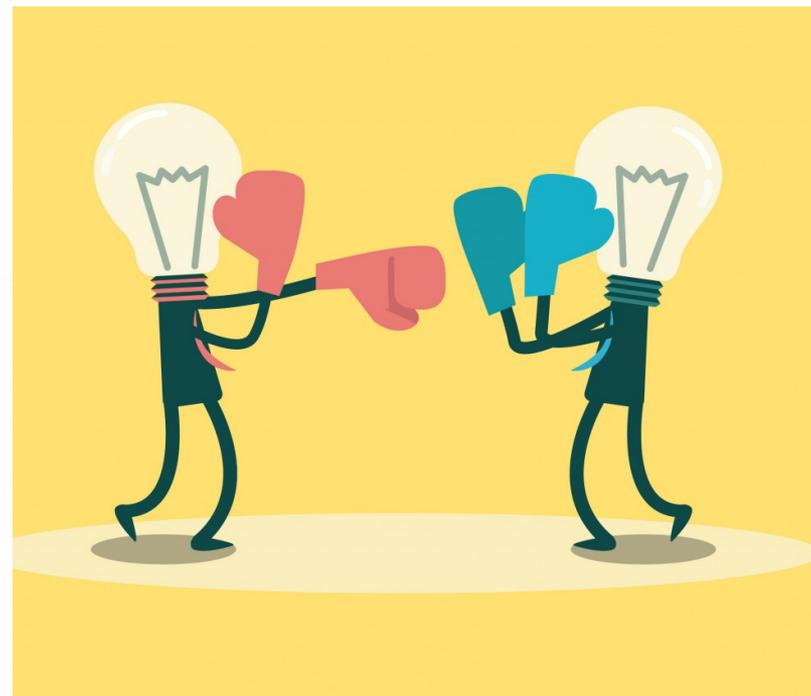
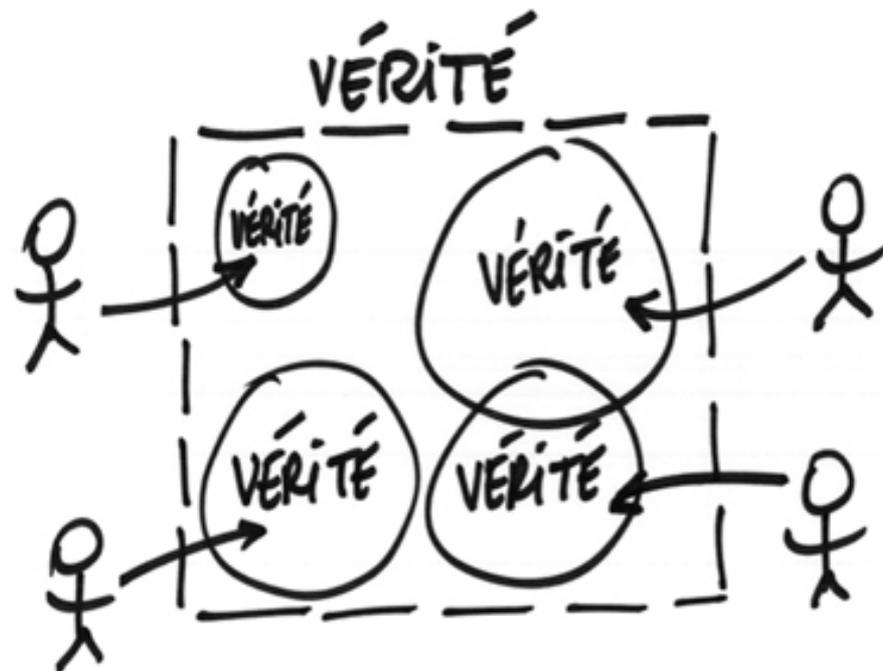
Le Républicain Lorrain

INRAE

Méthanisation : quels impacts sur le sol, l'environnement et l'économie des exploitations ?

Les rendez-vous INRAE au SPACE / 16 septembre 2021

➤ En résumé

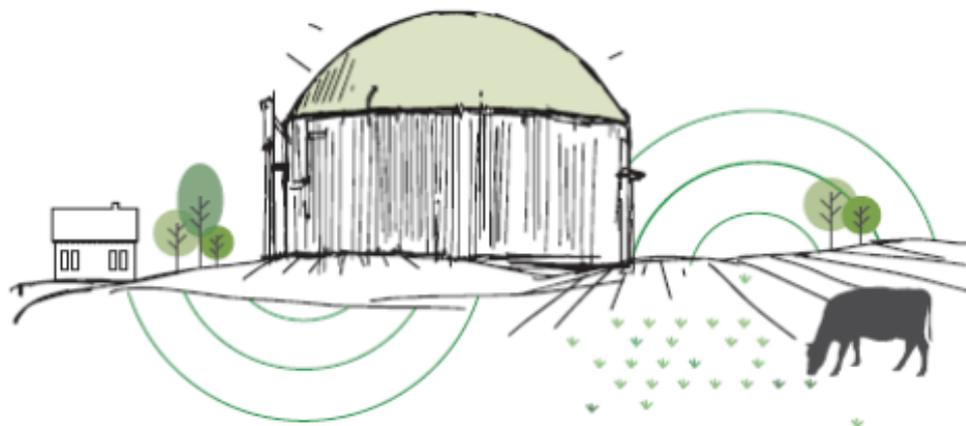


Comment peut-on contribuer à une meilleure vision des impacts et bénéfices environnementaux de la méthanisation ?

➤ Evaluation des performances et impacts environnementaux de la méthanisation

Une première complexité : la nécessaire vision globale

Une évaluation nécessairement dans un contexte donné



➔ La méthanisation insérée dans une filière

➤ Evaluation des performances et impacts environnementaux de la méthanisation

Une deuxième complexité : une vision large de l'environnement

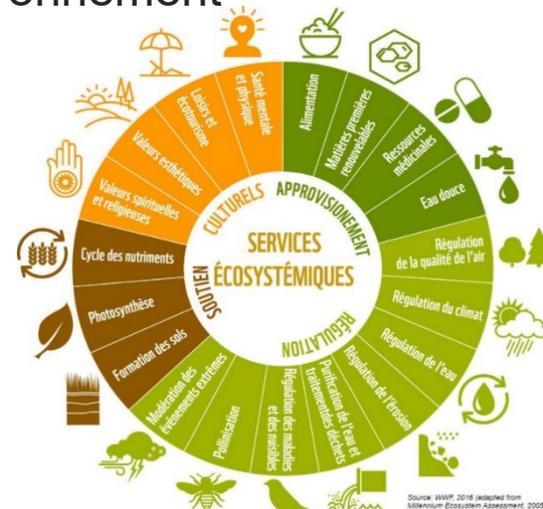
Les impacts sur l'environnement ne se limitent pas au changement climatique



Vision plurielle des impacts de la filière de méthanisation

➤ Une importante complexité

Pour s'assurer que les différents modèles de méthanisation engendrent plus de bénéfices que d'impacts sur l'environnement



➤ Un focus sur 3 aspects



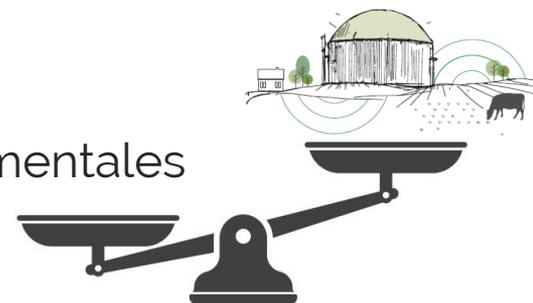
Ce qui peut dégrader fortement les performances : les fuites de biogaz

Ce qui est difficile à évaluer : le retour au sol du digestat

Ce qui est de l'ordre du potentiel : la substitution énergétique

➤ Les fuites de biogaz

Ce qui peut dégrader les performances environnementales



Fuites totales = fuites résiduelles (tuyau, joint,...) + fuites soupape (ouverture de la soupape)

- Fuites résiduelles généralement faibles
- Fuites soupapes potentiellement importantes, dépendantes du taux d'ouverture de la soupape (dysfonctionnement, suralimentation,...)

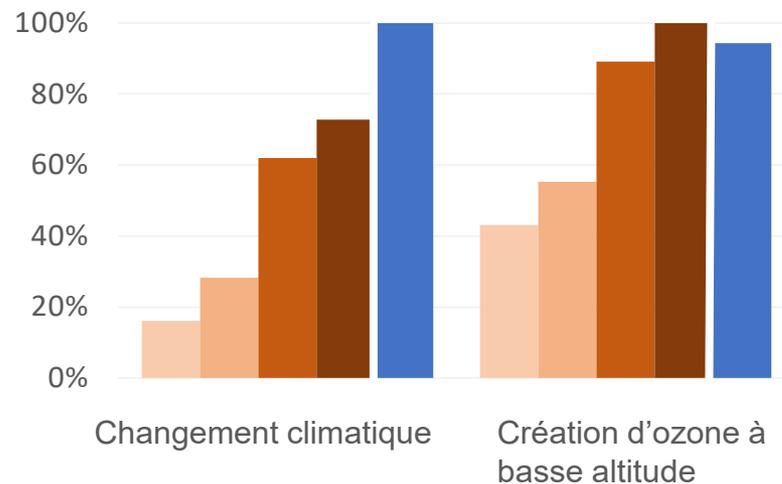
Scénario Idéal : uniquement les fuites résiduelles : 0,3%

Scénario Normal : ouverture de la soupape à 23% du temps : 5%

Scénario Problématique : ouverture à 76% du temps : 18%

Scénario Extrême : ouverture à temps plein, taux calculé : 22%

Scénario de référence : sans méthanisation

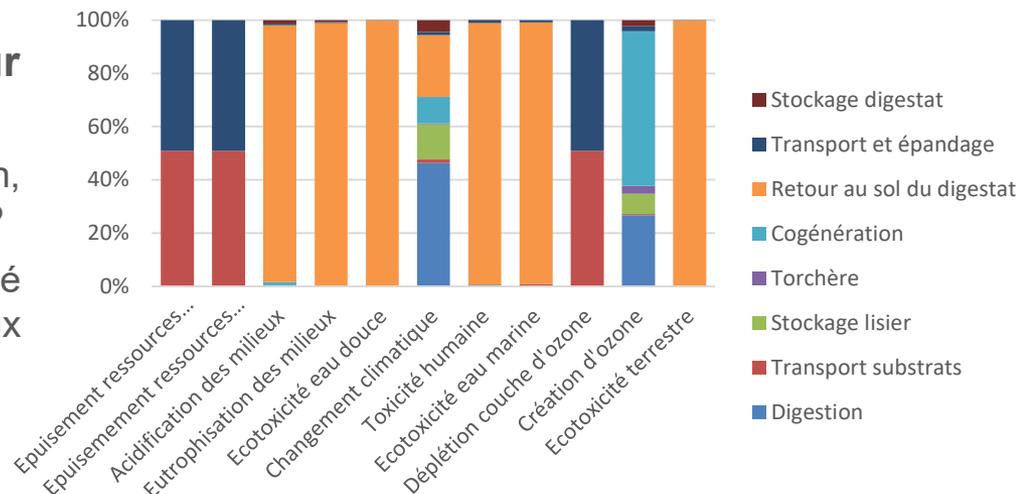


➤ Le retour au sol du digestat

Ce qui est difficile à évaluer...

Des impacts inévitables car un retour au sol :

- Contribution aux impacts eutrophisation, acidification du fait de la présence de N et P
- Contribution aux impacts toxicité/écotoxicité des milieux du fait de la présence de métaux lourds



MAIS

Des bénéfices pas faciles à évaluer :

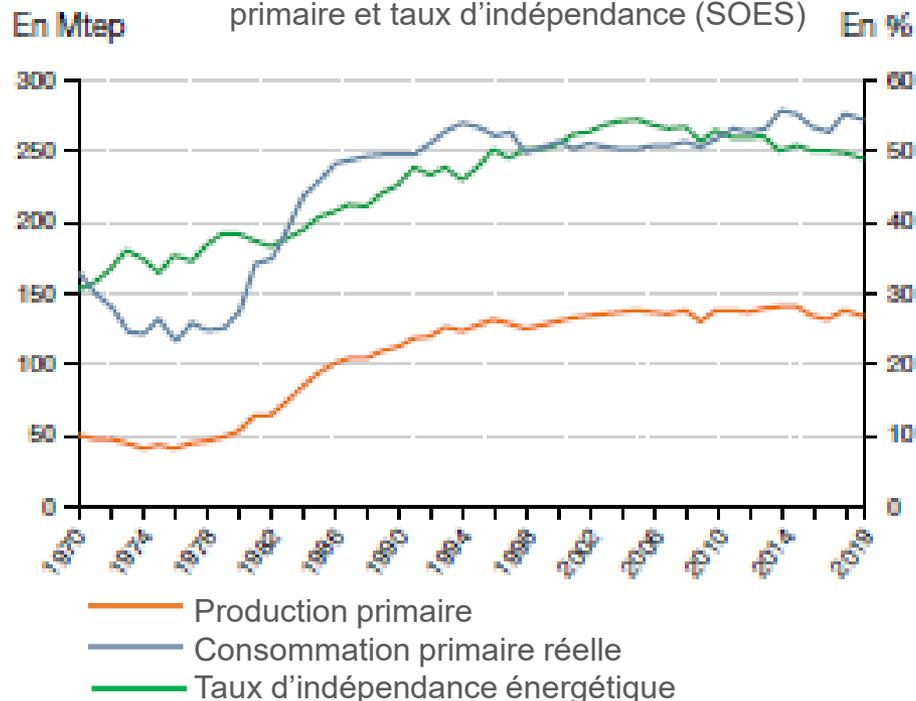
- Remplacement partiel des engrais minéraux
- Impact sur la stabilité des agrégats du sols
- Stockage du carbone
- Impact sur la biodiversité
- ...



➤ La valorisation du biogaz

Ce qui reste de l'ordre du potentiel...

Consommation primaire, production primaire et taux d'indépendance (SOES)



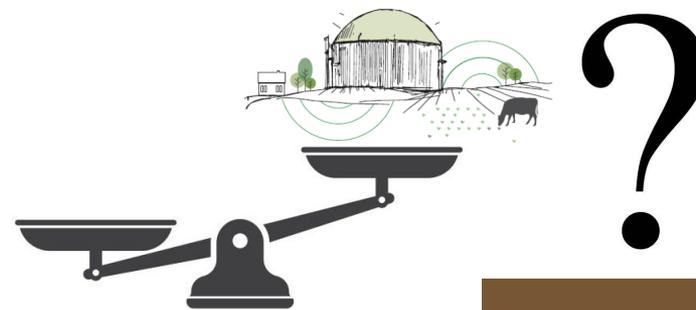
Production d'une énergie renouvelable locale :

- Substituable à d'autres sources d'énergies (fossiles ou minérales)
- Augmentation de la part de renouvelable dans le bouquet énergétique
- Production décentralisée

MAIS

Dépendance à l'hypothèse de croissance, décroissance de la consommation énergétique :

- Hypothèse décroissance : substitution
- Hypothèse statut quo : substitution possible
- Hypothèse croissance : pas de substitution



➤ En conclusion.....Entre mythe et réalité



Des forces clairement identifiées qui s'expriment dans certains contextes :

- Vers une autonomie des territoires en termes d'azote et d'énergie
- L'existence de services écosystémiques



Des points d'attention à ne pas oublier et à travailler :

- Fuites de biogaz
- Emissions de métaux lourds et d'azote lors du retour au sol



Du potentiel de substitution pas totalement garanti :

- Effectivité des substitutions en termes d'engrais et d'énergie
- Dépend des substrats méthanisés et de leurs filières alternatives



➤ Impact de la méthanisation et des digestats sur la matière organique et la fertilité des sols

Sabine Houot, Florent Levavasseur, INRAE Île-de-France -
Versailles-Grignon



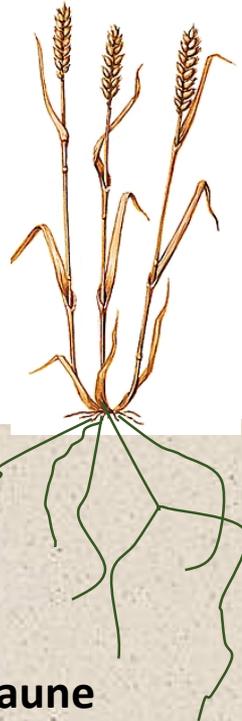
➤ Rôle clé de la MO dans les sols

- **Rôle environnemental: stockage C**
- **Fertilité** chimique, physique des sols; **Activité biologique**

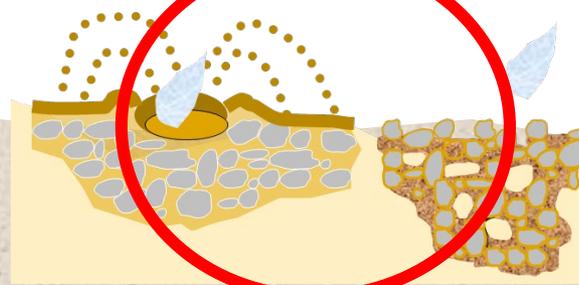


Apports
PRO

Résidus
de récolte



Stabilisation des agrégats,
résistance à la battance



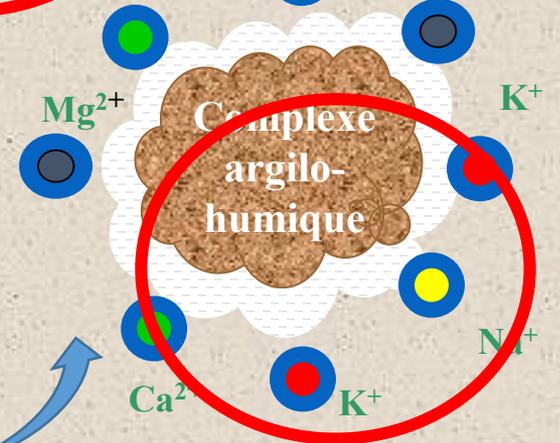
Nutrition des
plantes



Faune
Microflore

MO active

MO stable



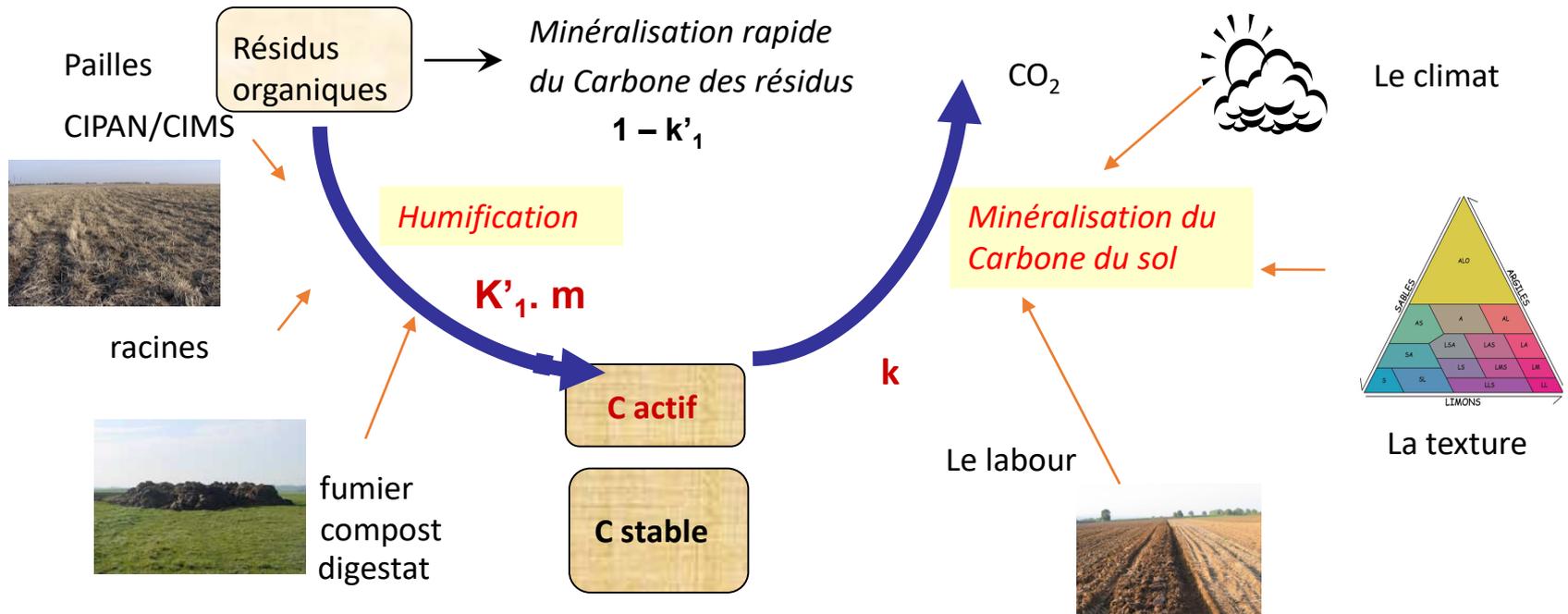
Stockage C

➤ **Quels impacts des digestats sur la matière organique des sols**

- **Rappel sur la dynamique des matières organiques dans les sols**
- **Capacité des digestats à entretenir la matière organique des sols**
- **Bilan de la méthanisation sur la matière organique des sols**
 - importation d'intrants dans le méthaniseur
 - Quel effet de la méthanisation sur l'efficacité des intrants à entretenir la MO des sols
 - CIPAN et CIVES
- **Effet sur la fertilité des sols : biologie, les propriétés physiques**

➤ Dynamique de la matière organique dans les sols

Un modèle simple de prédiction de l'évolution des stocks de MO: AMG (Andriulo, Mary, Guerif, 1999)



Les principes du calcul: $C_a \approx 33\% C_{org}$

$$dC/dt = k'_1 \cdot m - k \cdot C_a$$

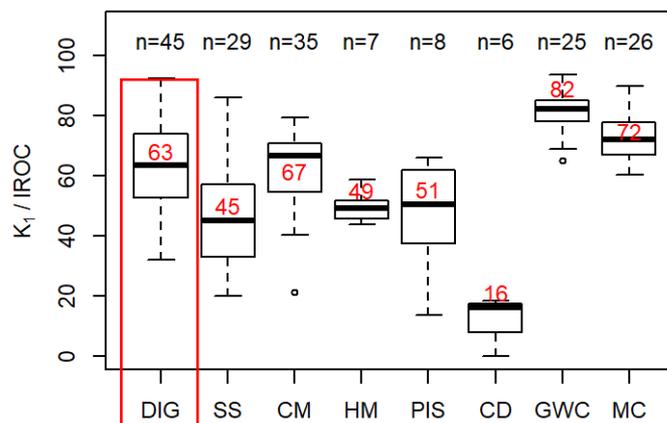
$k = 0.02$ à 0.06 fonction teneur argile, calcaire, travail du sol

➤ Valeur amendante des digestats

- Valeur amendante (capacité à augmenter la MO du sol), dépend :
 - Teneur en carbone organique du digestat
 - Stabilité du carbone
- Perte de carbone pendant la méthanisation : réduction de 50 % environ de la teneur en carbone par rapport aux intrants
- Peu (pas ?) de données d'essais au champ longue durée pour caractériser l'efficacité de stockage du carbone des digestats
- Estimation de la stabilité du carbone basée sur des analyses labo: ISMO
 - Variable et intermédiaire entre boues et composts
 - Résultats similaires entre différentes fractions (brut, solide, liquide)

Coefficient isohumique de différentes matières organiques ≈ fraction de carbone qui intègre la matière organique du sol au bout d'un an
Indicateur ISMO

Levavasseur et al (2020)

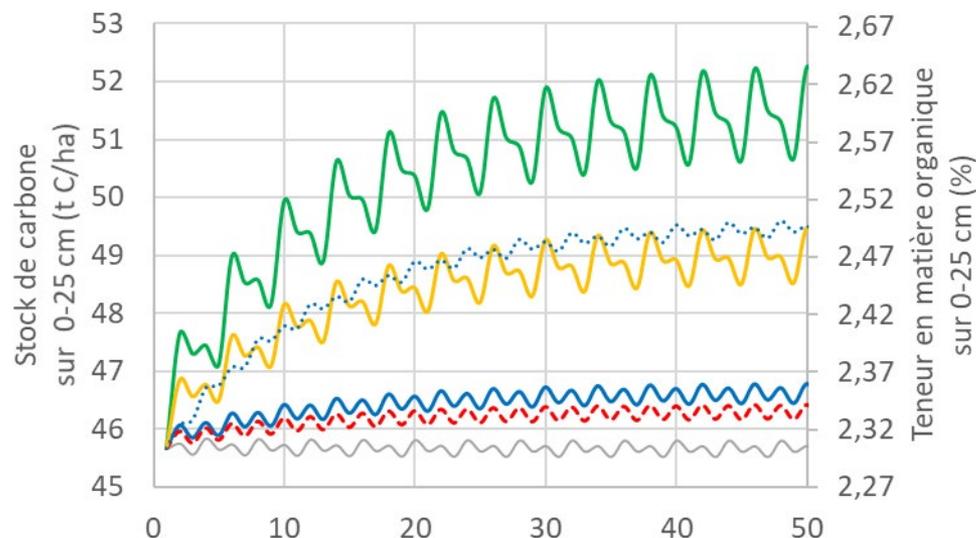


DIG : Digestat
SS : Boue d'épuration
CM : Fumier bovin
HM : Fumier de cheval
PIS : Lisier porcin
CD : Fientes
GWC : Compost déchets verts
MC : Compost de fumier

➤ Valeur amendante des digestats: simulation d'apports répétés

| traitements | Fréquence (an ⁻¹) | Teneur C (% MB) | K ₁ | Dose par apport | | |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| | | | | Matière brute (t MB/ha) | Carbone (t C/ha) | Carbone humifié (t C/ha) |
| Témoin sans apport | - | - | - | - | - | - |
| Compost de déchets verts | 0,25 | 12 | 0,82 | 20 | 2,40 | 1,97 |
| Digestat territorial brut | 0,25 | 2,7 | 0,60 | 20 | 0,54 | 0,32 |
| Digestat territorial liquide | 0,25 | 1,5 | 0,73 | 20 | 0,30 | 0,22 |
| Digestat territorial solide | 0,25 | 9,8 | 0,58 | 20 | 1,96 | 1,14 |
| Digestat territorial brut | 1 | 2,7 | 0,60 | 20 | 0,54 | 0,32 |

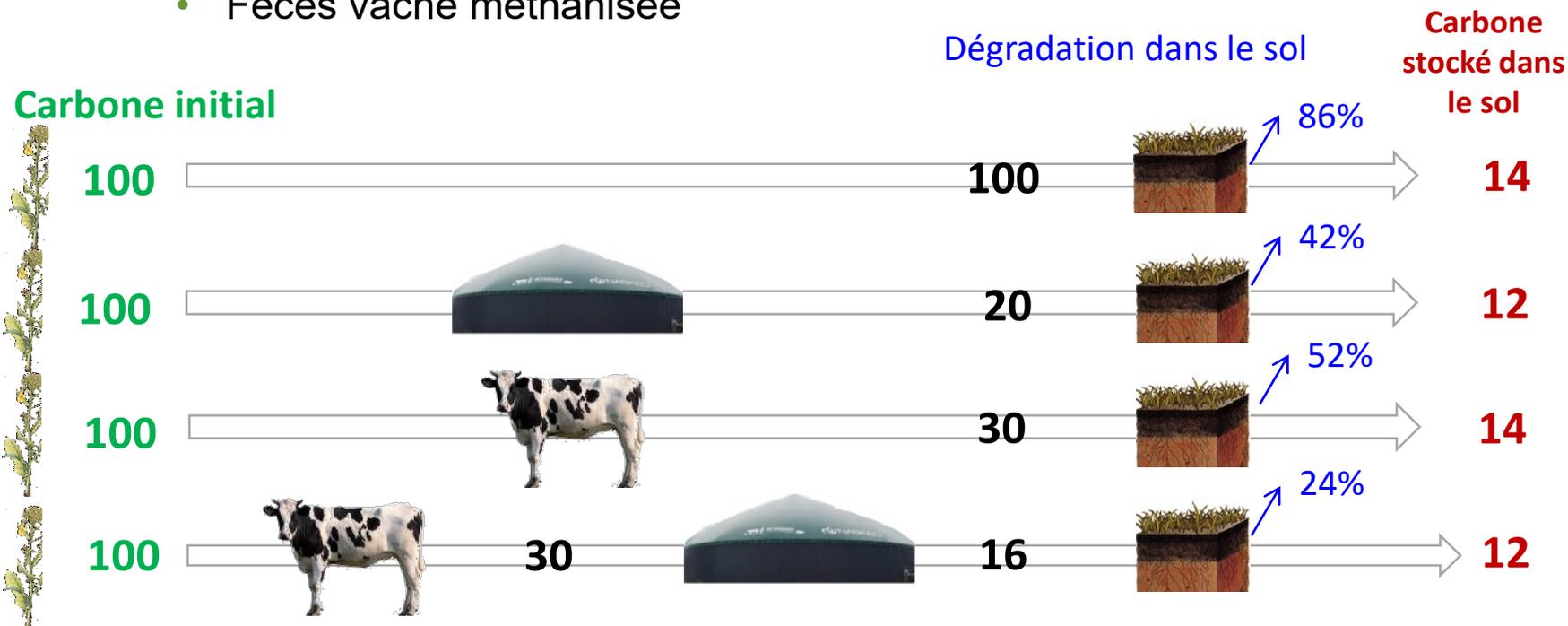
- Témoin sans apport
- Compost de déchets verts 1 an/4
- Digestat territorial brut 1 an/4
- - - Digestat territorial liquide 1 an/4
- Digestat territorial solide 1 an/4
- Digestat territorial brut tous les ans



➤ Bilan de la matière organique sur toute la filière

Comparaison de 4 scénarios de retour au sol (*Thomsen et al., 2013*)

- Biomasse végétale brute
- Biomasse végétale méthanisée
- Fèces vache (biomasse végétale digérée)
- Fèces vache méthanisée

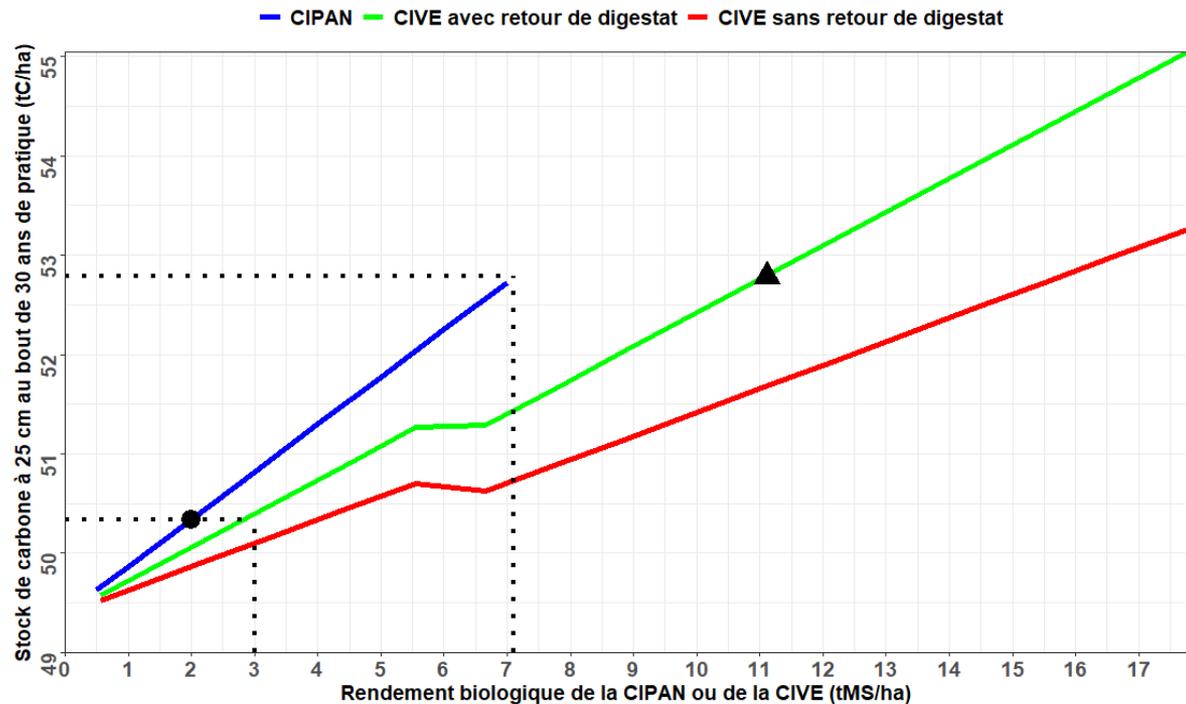


En considérant les pertes de carbone lors de la digestion des ruminants et/ou la méthanisation, peu de différences sur le C stocké dans le sol

➤ CIPAN versus CIVES

- Cultures intermédiaires piège à nitrates, multi-services (CIPAN, CIMS)
- Cultures intermédiaires à vocation énergétique

- Utilisation du modèle AMG
- A production similaire, le stockage de C est supérieur avec des CIPAN
- En général le rendement des CIVES est supérieur à celui des CIPAN → stockage de C supérieur avec les CIVES



➤ **Quels impacts des digestats sur la matière organique des sols: synthèse (1)**

- **Capacité des digestats à entretenir la matière organique des sols:**
 - Potentiel amendant dépend des fréquences d'apport et des caractéristiques des digestats
- **Bilan de la méthanisation sur la matière organique des sols**
 - Bilan des pertes au cours de la méthanisation puis dans le sol
 - Importance des flux totaux de matière organique vers le méthaniseur: cas de l'importation de matières organiques
 - Conduite des cultures: CIMS/CIVES (exportation partielle mais rendement supérieur en racine....
 - Changement des successions de cultures: un bilan à faire des flux de matières organiques restituées au sol
- **Besoin de références à long terme: essais au champ**
- **Mieux prendre en compte les changements de pratiques associés à l'introduction d'un méthaniseur**

Conséquences sur la fertilité des sols

- **Augmentation de la matière organique → augmentation de la fourniture en azote par les sols**
 - Substitution accrue des engrais
- **Effet sur la biologie du sol**
- **Propriétés physiques des sols**

➤ Effet des apports de digestats sur la biologie des sols: cas des vers de terre (MétaMétha)

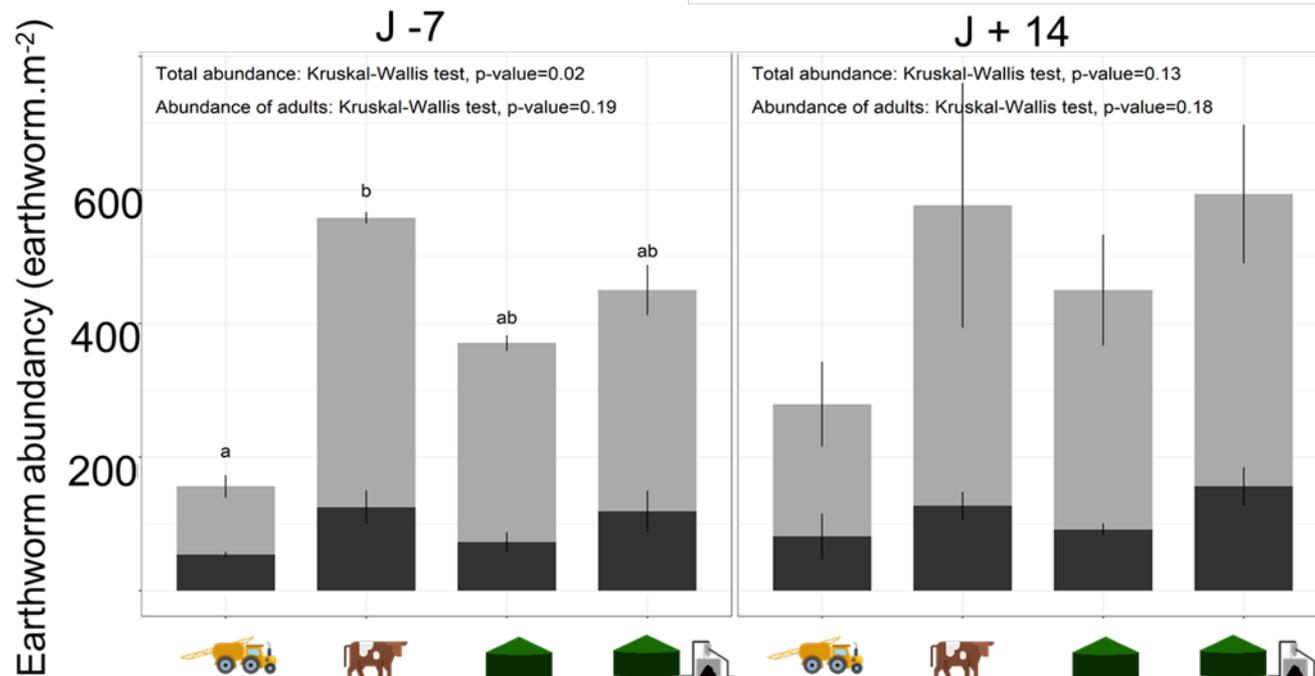
Effet positif à moyen terme

J-7 : échantillonnage

J0 : épandage

J14 : échantillonnage

Mortalité de surface surface (1h): lisier et digestat liquide
0,5% à 2% des adultes (1 vers.m⁻²)



(Moinard et al., 2021)

Programme en cours pour approfondir: Methabiosol, INRAE Dijon et CA Pays de Loire

➤ Effets sur les propriétés physiques des sols

- Risque de **compaction**: Même problématique qu'avec les autres apports de PRO
 - Mesures pour limiter la compaction :
 - Sol le + sec possible
 - Epandage sans tonne
 - Pneumatique adapté
 - Fractionner les apports avec des petites tonnes ?



Duaferti (Entraid.com)

- **Stabilité des agrégats et de la structure**
 - Peu d'études
 - Pas de dégradation de la structure, voire amélioration de la stabilité des agrégats (Möller , 2015; Beghin-Tanneau, 2020)
 - Thèse en cours sur le sujet INRAE Rennes (Menasseri et Girault)

➤ **Quels impacts des digestats sur la matière organique des sols: synthèse (2)**

- **Capacité des digestats à entretenir la matière organique des sols**
- **Bilan de la méthanisation sur la matière organique des sols**
- **Effet sur la fertilité biologique et chimique des sols**
 - Fourniture en N accrue via augmentation MO
 - Biologie: effet matière organique et augmentation de la vie du sol
 - Impact négatif transitoire lié aux fortes teneurs en NH_4 , vrai aussi pour les lisiers
- **Effet sur les propriétés physiques des sols:**
 - Même risques qu'avec effluents liquides
 - Amélioration de la stabilité des agrégats
 - Risques de salinisation?
- **Besoin de références à long terme: essais au champ**
- **Mieux prendre en compte les changements de pratiques associés à l'introduction d'un méthaniseur**

INRAE

**➤ Quels impacts de la méthanisation
sur la qualité de l'eau ?**

Armelle Damiano, Association Aile



➤ Impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau

Cadre et objectifs de l'étude

Etude réalisée dans le cadre de l'Action « Quantification et monétisation des externalités de la filière méthanisation » du Contrat Stratégique de Filière Nouveaux Systèmes Energétique



Objectifs :

- ➔ Approfondir et caractériser le lien entre méthanisation et qualité de l'eau, en réponse à l'absence de consensus sur le sujet
- ➔ S'appuyer sur l'expertise et les travaux scientifiques existants pour constituer un socle de connaissances commun
- ➔ Mener une réflexion sur les leviers de valorisation de l'externalité qualité de l'eau

➤ Composition du groupe de travail

Une majorité d'experts du monde académique, et issus d'organisations spécialisées

Pilotage :



A. Damiano
L. Rosin



➤ Méthode de travail

Le groupe a travaillé à la réalisation d'une note de synthèse sur les connaissances scientifiques sur la problématique

Constat :

- Absence de consensus sur le sujet du lien entre méthanisation et qualité de l'eau
- Retours terrains très différents sur cette thématique
- Absence de document présentant une vision synthétique et systémique du sujet

Actions mises en œuvre :

- Constitution d'un groupe de travail constitué des experts scientifiques sur le sujet
- Réalisation d'un état de l'art détaillé du sujet
- Revue de littérature (FR et international)
- Organisation d'entretiens avec des organismes spécialisés (en plus des GT)

- ➔ Rédaction d'une note de synthèse
- ➔ Avis d'un comité scientifique (7 experts) sur le rapport



Synthèse d'une 20aine de pages

➤ Structuration de la note

Consensus / débats, organisé par thème

| | | Consensus / débat | |
|--------|--|---------------------|------------------|
| | | Points de consensus | Points de débats |
| Thèmes | Impact du type de Produit Résiduaire Organique (PRO) sur la lixiviation de l'azote | | |
| | Influence des pratiques d'épandage | | |

➤ Principales conclusions

1/2

Le sujet de l'impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau est un sujet :

- Complexe, très dépendant des contextes (pratiques, contexte pédoclimatique, etc.),
- Nécessitant des travaux d'approfondissement

Des travaux scientifiques doivent être menés pour résoudre les débats :

- L'épandage du digestat (éventuellement couplé avec un couvert d'inter-culture) permet-il de diminuer le salissement des parcelles ?
- Quelle est l'évolution du solde azoté global dans le cas des unités de méthanisation avec une forte proportion de CIVE ?
- Une CIVE est-elle aussi efficace qu'une CIPAN pour limiter la lixiviation de l'azote en inter-culture ?
- De manière plus globale sur les changements de pratiques agricoles et d'épandages liés à l'implantation d'un méthaniseur (retournement de prairies au profit de cultures dédiées à la méthanisation ?, augmentation de l'assolement en maïs ?)

➤ Principales conclusions

2/2

Certains liens de cause à effet ont toutefois été mis en évidence et font l'objet d'un consensus :

- A pratique d'épandage similaire et à quantité d'azote efficace identique, les digestats présentent globalement un risque de lixiviation similaire aux PRO classiques.
- Les risques de lixiviation sont surtout influencés par les pratiques agricoles ;
- L'introduction d'une unité de méthanisation est susceptible de modifier les pratiques d'épandage dans la zone concernée ;
- Il est admis que la couverture du sol en hiver est efficace pour limiter la lixiviation de l'azote.
- En France, la méthanisation peut favoriser l'introduction de CIVE contribuant ainsi à diversifier les assolements dans les exploitations agricoles.

 **Les travaux scientifiques ne sont pas nécessairement le reflet des pratiques de terrain**, qui peuvent générer des impacts positifs ou négatifs sur la qualité de l'eau, au même titre que les pratiques agricoles en général.



Rapport complet à télécharger sur [gazrenouvelables.fr](https://www.gazrenouvelables.fr)

➤ Et pour la suite ?

Quelques travaux scientifiques en cours ou qui démarrent :

- Thèse de Camille Launay : INRAE Toulouse et Grignon – GrDF : Evaluation et optimisation des bilans d'eau, d'azote et de carbone dans les systèmes de culture incluant des cultures intermédiaires à vocation énergétique et le retour au sol de digestats de méthanisation.
- Metha3G, piloté par INRAE et financé par l'ADEME, lancement à l'automne 2021 : Proposer des scénarios de systèmes d'agri-méthanisation innovants (système de culture + unité de méthanisation) répondant au mieux aux objectifs de la double transition énergétique et agro-écologique.
- Recital, piloté par Arvalis et financé par l'ADEME : Capitaliser les informations issues des expérimentations sur les Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique (CIVE) et les valoriser à l'échelle nationale avec des préconisations régionalisées.

INRAE

➤ Diversité des modèles économiques de méthanisation agricole

Alexandre Berthe

LiRIS, Université Rennes 2



Chercheur associé au LIED, Université de Paris



➤ Les spécificités de la méthanisation dans le domaine des énergies renouvelables

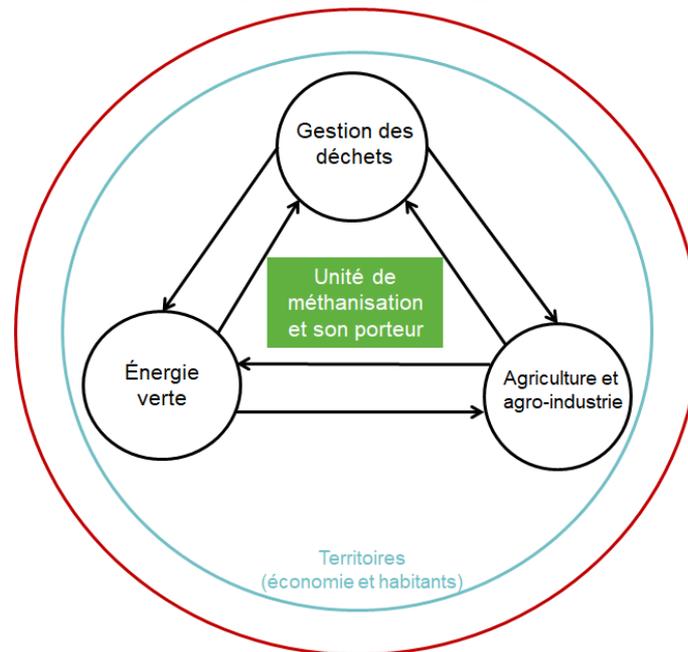
1. Une énergie difficile à promouvoir (risque / déchets) avec pourtant beaucoup d'attraits

2. Insertions dans des filières et des territoires multiples

| Porteur | Lutte contre le CC et réduction des émissions de GES | Réduction des consommations d'énergie fossile | Augmentation de la production d'EnR | Réduction du volume de déchets éliminés, incinérés | Pérennisation des systèmes de production agricole | Réduction des risques de conflit d'usage des sols | Réduction de la dépendance de l'agriculture aux éléments minéraux |
|--|--|---|-------------------------------------|--|---|---|---|
| Méthanisation | ● | ● | ● | ● | ● | Variable selon les filières | ● |
| FILIÈRE ALTERNATIVE DE GESTION DE DÉCHETS : | | | | | | | |
| Compostage | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | ● |
| Stockage d'effluents | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Incinération | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ |
| Combustible solide de récupération (CSR) | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ |
| FILIÈRES ALTERNATIVES À LA VALORISATION DU BIOGAZ : | | | | | | | |
| Biomasse énergie, autres EnR, H ₂ | ● | ● | ● | ○ | ○ | Variable selon les filières | ○ |
| Énergies fossiles | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ |
| FILIÈRES ALTERNATIVES À LA VALORISATION DU DIGESTAT : | | | | | | | |
| Épandage direct de boues et d'effluents d'élevage | ● | ○ | ○ | ● | ● | ○ | ○ |
| Fertilisants chimiques | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ● |

● impact favorable ● impact défavorable ○ sans impact

Enjeux nationaux et européens de la chaîne de valeur en construction



3. Il existe non pas « une méthanisation », mais « des méthanisations » qui ne répondent pas aux mêmes enjeux, et ne présentent pas les mêmes problématiques

Diversité d'intrants, de financeurs, de porteurs, de taille, de débouchés, d'effets-retours, etc.

➤ Pourquoi est-ce un sujet en sciences sociales ?

Constat 1 : des projets solides d'un point de vue technico-économique ne fonctionnent pas

Et **constat 2** : des territoires similaires en matière d'intrants ne développent pas en même temps ou de la même manière des unités de méthanisations

→ **déterminants sociaux, des territoires et des filières expliquant le développement de la méthanisation en France à identifier**

Constat 3 : la mise en place de l'activité de méthanisation modifie les activités des acteurs, leurs relations et les territoires des projets

→ **nécessité de comprendre :**

- **comment les agriculteurs changent leurs activités en lien avec la méthanisation,**
- **qui choisit cette stratégie d'innovation et pourquoi ? (acteurs subordonnés ?)**
- **comment les jeux d'acteurs évoluent (rapports de force, coopérations, etc.) dans les chaînes de valeur concernées**

Constat 4 : toutes les méthanisations ne se valent pas :

→ **nécessité d'identifier les différents types de méthanisation**

→ **nécessité de comprendre les atouts et les inconvénients d'un point de vue économique (revenus), social et environnemental des méthanisations pour les porteurs de projet, les territoires, le pays d'implantation, etc.**

➤ Nos méthodes pour identifier les évolutions des méthanisations agricoles

Réalisation d'entretiens semi-directifs auprès d'acteurs en méthanisation agricole

Une centaine d'entretiens réalisés en France, notamment dans le Grand-Est, la Seine-et-Marne et le Sud-Ouest (52 agriculteurs rencontrés / 1h30 par entretien)

Terrain en cours de lancement en Bretagne : prochaine session d'entretiens en novembre

Analyse statistique des caractéristiques des unités de méthanisation et de leur bilan économique

Travail notamment sur les revenus issus des unités : difficile à isoler de l'activité agricole

Analyse des modifications des activités agricoles par la mise en place de l'unité et de la situation des agriculteurs dans les chaînes de valeur concernées

Réalisé au sein du projet Métha'Revenus en partenariat avec le ministère de l'Agriculture et de la méthanisation

➤ Typologie des unités de méthanisation agricole en France

| Modèles d'activité de méthanisation | Internalisation et symbiose | Externalisation partielle et technologie générique | Céréaliier en injection | Petits collectifs d'agriculteurs |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|--|
| Porteurs des projets | Éleveurs individuels | Éleveur (+ quelques associés) | Céréaliier (+ quelques associés) | Céréaliiers et/ou éleveurs (5-10 associés) |
| Début des projets | Début des années 2010 | Fin des années 2010 | | |
| Technologie | Cogénération | Cogénération | Injection | Injection ou cogénération |
| RCAI/kWe | 580 à 850€/an | -510 à 80 €/an | 400 à 700€/an | 450 à 650€/an |

➤ Typologie des unités de méthanisation agricole en France

T1 : internalisation et symbiose

RCAI/kWe : +580 à +850 €/an ; maîtriser le coût de la maintenance en l'internalisant ; peu de main-d'œuvre salariée (temps de travail personnel accru) ; spécialisation agricole accrue ; faible coût des substrats ; UM en cogénération avec optimisation des effets-retours sur la filière agricole

- se diversifier et réduire les risques de fluctuation sur le marché agricole
- ***agriculteurs portés par des logiques de résilience de leurs exploitations***

T2 : Externalisation partielle et technologie générique

RCAI/kWe : -510 à +80 €/an ; forte dépendance vis-à-vis du constructeur ; peu de main-d'œuvre salariée (temps de travail personnel accru) ; fort coût de fonctionnement lié à l'usage de substrats à fort pouvoir méthanogène compatible avec la technologie utilisée mais peu compatible avec les caractéristiques de l'exploitation (élevage) ; UM en cogénération avec recherche d'effets-retours mais non optimisés

- se diversifier et réduire les risques de fluctuation sur le marché agricole.
- ***agriculteurs contraints par les détenteurs de la technologie***

➤ Typologie des unités de méthanisation agricole en France

T3 : Céréalier des régions de grandes cultures en injection

RCAI/kWe : +400 à +700 €/an ; UM individuelle ; coût élevé des achats de substrats, rémunérant l'exploitant céréalier lui-même ; création d'emploi salarié; faible modification de l'organisation productive de l'exploitation ; retrait progressif de la firme dans la CGV « agro-industrielle » ;

- volonté d'occuper une position de « leader » dans la CGV « méthanisation »
- ***agriculteurs portés par des logiques de prise de leadership sur la nouvelle technologie et de développement d'une activité d'énergiculteur***

T4 : Petit collectif d'agriculteurs

RCAI/Kwe : +400 à +650 €/an ; coût élevé des achats de substrats en lien avec des contraintes des financeurs et la volonté de rechercher le pouvoir méthanogène des substrats ; forte complémentarité dans la mobilisation des compétences lorsque le groupe associe des éleveurs et des céréaliers (gestion du méthaniseur et technique d'épandage du digestat)

- ***agriculteurs portés par des logiques de résilience de leurs exploitations et la recherche de nouveaux modes d'organisation du travail***

➤ Les mutations de l'activité agricole : l'exemple des unités de méthanisation ardennaise

Upgrading de produit

Passage au bio (1 sur 8)

Upgrading de process

Utilisation du digestat comme engrais (meilleur rendement et moins odorant)

Utilisation de la chaleur (séchage du grain + chauffage des bâtiments)

Upgrading fonctionnel

Spécialisation agricole (6 sur 8) : lait ou viande

Gain de temps pour les agriculteurs

Gain pour les agriculteurs dans la CGV agro-industrielle ?

De valeur ajoutée : innovation de quelques-uns dont les gains de productivité sont difficilement captables par les autres acteurs de la chaîne de valeur

De pouvoir, parfois, par exemple : négociation de prix de nourriture pour les animaux en échange d'aides ponctuelles pour la méthanisation de déchets agro-industriels

➤ La méthanisation agricole, pourquoi cette innovation ?

Quels sont les déterminants de l'innovation de type « unité de méthanisation agricole » en France ?

« Demand – pull innovation » = innovation tirée par les consommateurs, la demande sociale...

« Technology – push innovation » = innovation tirée par les acteurs de la technologie (R&D, ingénieurs, constructeurs d'unité de méthanisation)

« Regulatory – push/pull innovation » = innovation tirée par la politique industrielle au niveau local ou à d'autres échelles

Une lecture qui cache une conception en termes de « chaîne de valeur » de l'innovation

Quid de la place des stratégies portées par la firme innovante elle-même et pour elle-même ?

« Resilient firm or firm pull/push innovation ? »

➤ La méthanisation agricole, le rôle des pouvoirs publics

Les politiques de soutien à l'investissement

ADEME via le fonds Chaleur et le fonds Déchets

Régions

Agence de l'Eau

Importance des « soutiens » des banques pour l'investissement (prêt)

Critères dépendent des banques

Les tarifs de rachat

Existent sur le biométhane et l'électricité

Conditionné au type d'unité (notamment prime d'effluent d'élevage, taille)

Au-delà, des contraintes légales qui peuvent conditionner le développement de la filière (cultures dédiées/différence avec l'Allemagne) et des projets de territoire (par exemple Pacte Ardennes)

Vers une diminution des aides...

Question de la baisse des tarifs de rachat se pose de plus en plus : comment cela pourrait-il reconfigurer la production ? Qui/quoi tirerait/pousserait alors la filière ?

Mais aussi, du niveau des tarifs en fonction des caractéristiques de l'unité

➤ **Vers quel modèle de méthanisation dans le futur ? Un retour du rôle de la technologie ?**

Risque de basculement d'une logique d'innovation stratégique des agriculteurs à une innovation contrainte par des acteurs extérieurs à l'agriculture

De plus, des acteurs de l'agro-industrie émergent

- Réduction des coûts (économies d'échelle ; gains de productivité ; professionnalisation)
- Risque d'orienter la technologie vers des caractéristiques non compatibles avec l'agriculture
- Agriculteurs simples fournisseurs de substrats et de terres ?
- Modèle joint investisseurs de l'énergie-coopératives agricoles ?

La cogénération et plus globalement la méthanisation à taille réduite pourra-t-elle demeurer une stratégie ?

- Voir microméthanisation et innovation frugale (innover à l'envers)

➤ Vers quel modèle de méthanisation dans le futur ? Un retour du rôle de la technologie ?

Quel rôle des pouvoirs publics ?

La politique publique environnementale peut-elle être fine, c'est-à-dire ne pas traiter de la même manière toutes les méthanisations

- Deux unités différentes qui se développent, ce n'est pas toujours les mêmes conséquences pour les territoires, les agriculteurs, la planète...
- Et, c'est aussi le cas pour deux unités identiques !

Efficace, équitable, et bon pour l'environnement, est-ce toujours le même projet ?

Quid des autres acteurs ? Citoyens, consommateurs, résidents, etc.

Quelques ressources sur le projet :



- Le rapport : Grouiez P. (dir.), Berthe A., Fautras M., Issehnane S., 2020, **Déterminants et mesure des revenus agricoles de la méthanisation et positionnement des agriculteurs dans la chaîne de valeur « biomasse-énergie »**, rapport scientifique pour le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 84 p. (voir site du ministère)
- [Vidéos de la journée MéTSHS 2020](#)
- Site web : metshs.hypotheses.org

Merci pour votre attention !

Contact : alexandre.berthe@univ-rennes2.fr

INRAE

> Conclusion

Romain Girault, INRAE Bretagne-Normandie

