

---

# **2<sup>ÈME</sup> RENCONTRE FRANCILIENNE DE LA MÉTHANISATION**

PROMÉTHA – CERCLE FRANCILIEN DE LA MÉTHANISATION

**20 novembre 2022**

# Forum : Pratiques agronomiques

---

## Pratiques agronomiques : approches terrain et académique

Un forum ouvert aux échanges, aux témoignages, aux questions.  
N'hésitez pas à participer !

*Merci de présenter votre structure lors de vos prises de parole*

Un forum animé par :



Juliette FONTAINE  
*Chargée de mission filières forêt-bois et bioéconomie*



Julien TOLO  
*Conseiller Energie*

14h00 – 16h00

# Forum : Pratiques agronomiques

---

## ***Séquence introductive***

“Performances agronomiques et environnementales de la méthanisation agricole sans élevage”. (Étude DRIAAF- INRAE) - [Florent LEVAVASSEUR de l'INRAE](#)

## ***Séquence 1 : les digestats***

- Présentation du guide des bonnes pratiques d'épandage - [Sophie CARTON \(AgroParisTech Ferme de Grignon\)](#)
- Maitriser la volatilisation de l'azote ammoniacal lors des épandages organiques - [Cécile MANHES \(Chambre d'agriculture du Nord-Pas-de-Calais\)](#)
- Impact des digestats sur la qualité biologique et écologique des sols” - Méthabiosol [Sophie BOURGETEAU-SADET \(INRAE Dijon\)](#)

## ***Séquence 2 : conduite des CIVE***

- Valorisation du projet RECITAL : Produire des recommandations régionalisées sur les CIVE dans les systèmes de culture agro-écoLogiques - [Aurélie AUGIS \(Arvalis\)](#)
- Présentation à l'issu de la thèse “évaluation des bénéfices et des impacts environnementaux des CIVE” - [Sabine HOUOT \(INRAE\)](#)

2<sup>ème</sup> rencontre francilienne de la méthanisation

Saint-Ouen-sur-Seine, 20/11/2023

# Méthanisation agricole dans un contexte de grandes cultures céréalières (sans élevage) en Ile-de-France

Florent Levavasseur<sup>1</sup>, Sophie Carton<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR ECOSYS, Palaiseau

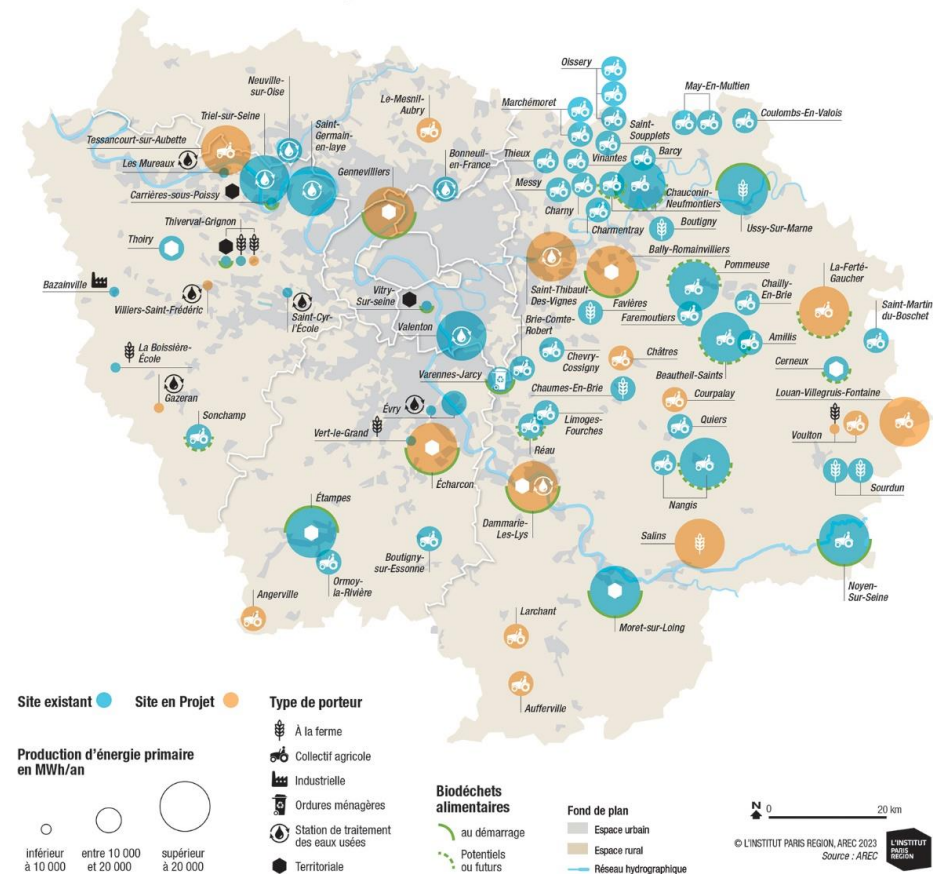
<sup>2</sup> Ferme de Grignon, AgroParisTech , Palaiseau



# Contexte

- Fort et récent développement de la méthanisation en IDF (injection), principalement basée sur les CIVE
- Questionnement sur les performances de systèmes de culture associées à ces méthaniseurs (stockage de C, pertes de N, pression phyto...)
- Etude pour la DRIAAF (2020-2021) :
  - Enquêtes des 11 méthaniseurs de CIVE en service début 2020
  - Caractérisation des digestats
  - Modélisation des performances
  - Elaboration de recommandations de bonnes pratiques et de recherches complémentaires

Les unités de méthanisation au 1<sup>er</sup> janvier 2023 / par type de porteurs



PROMETHA

# Principales caractéristiques des systèmes étudiés

- Une relative homogénéité des systèmes étudiés
- Les 11 méthaniseurs :
  - Mise en service : de 2014 à 2020
  - 1 à 5 exploitations agricoles (SAU totale  $\approx$  1000 ha)
  - Ration: CIVE de 15 à 70%, pulpes de betteraves, issues de silos, peu de cultures dédiées...
  - Temps de séjour long ( $>$  100 jours)
  - Peu de séparation de phase (2/11), stockage majoritairement en lagune non couverte (10/11) et capacité de stockage souvent  $\approx$  1 an
- Les exploitations associées (21 enquêtées) :
  - Grandes cultures et betteraves (+ légumes parfois)
  - SAU de 235 à 800 ha, parcellaire majoritairement groupé
  - Sols fertiles très majoritaires (limons profonds décarbonatés)
  - Certaines historiquement en agriculture de conservation



*Méthaniseur de CIVE*



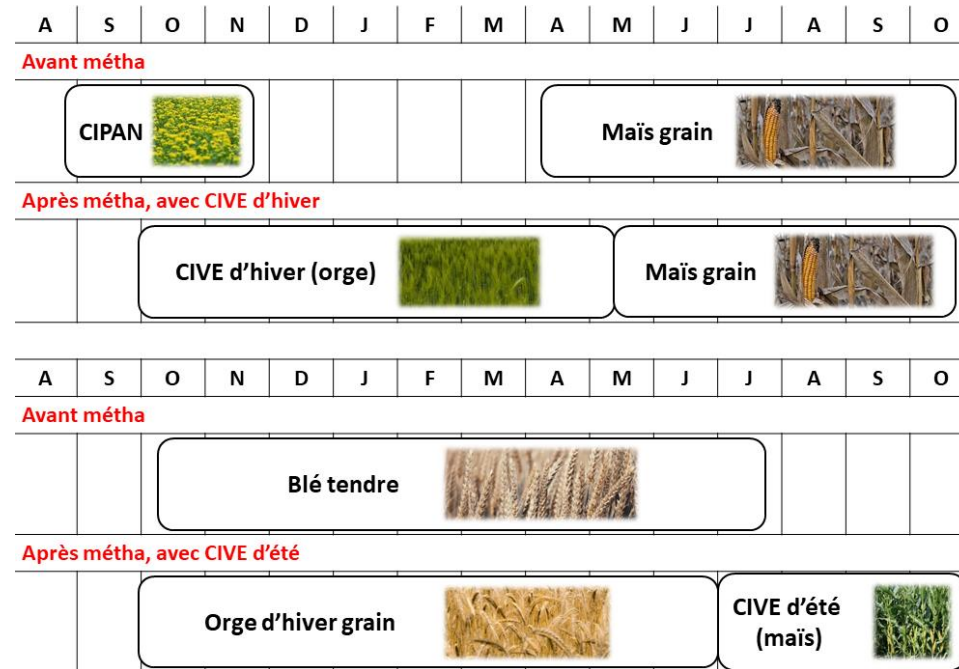
*Silos*



*Lagune de digestat*

# Changements de systèmes observés

- Principaux changements :
  - Couple orge d'hiver → maïs, alternativement CIVE
  - Moyenne de 35% de la SAU en CIVE (25% CIVE d'été, 10% CIVE d'hiver)
  - Forte substitution du blé d'hiver (parfois totale) par de l'orge d'hiver (suivi de CIVE d'été)
  - ↗ variable maïs grain (précédé de CIVE d'hiver) et ↘ colza



- Quelques particularités :
  - Seigle plutôt qu'orge en CIVE d'hiver (sorgho en CIVE d'été)
  - Synergie avec les systèmes légumiers (irrigation, cycle court des légumes)
  - Réintroduction de pois (précédent CIVE d'été) et de prairies (dédiées)...
  - CIVE « opportuniste » : mélange d'espèces (avec légumineuses) à bas coût ensilé si biomasse élevée

# Production des CIVE

- CIVE conduites de façon intensive → forte production de biomasse

	<b>Orge CIVE</b>	<b>Maïs CIVE</b>
Semis - récolte	Début octobre – début mai	Début juillet (strip-till) – mi oct
Fertilisation	Digestat + minéral (≈ 160 kg Neff/ha)	Minéral (≈ 100 kg Neff/ha)
Phyto	Herbicide, insecticide (fongicide) ≈ ½ IFT orge grain	Herbicide, (insecticide) ≈ ½ IFT maïs grain
Irrigation	Non (possible sur maïs suivant)	≈ 50% des enquêtes
Rendement	10 t MS/ha	6t MS/ha (0-12)
Impact culture suivante	- 20% sur maïs grain	Non

- Seigle conduit à peu près pareil que l'orge en CIVE d'hiver (- phyto ?)



*Récolte de CIVE*  
[www.bioenergie-promotion.fr](http://www.bioenergie-promotion.fr)



# Gestion du digestat

- Digestat (brut, liquide) majoritairement épandu
  - sur céréales (CIVE ou non) en sortie d'hiver (1er ou 2e apport),
  - avec épandeur à pendillard et sans tonne,
  - à une dose de 40 m<sup>3</sup>/ha (≈ 200 kg N total/ha, hypothèse de KEQ = 50-60%)
  - en sous-traitance
- Digestat (brut, liquide) parfois épandu en été sur CIPAN
- Digestat solide épandu en amendement l'été sur chaumes



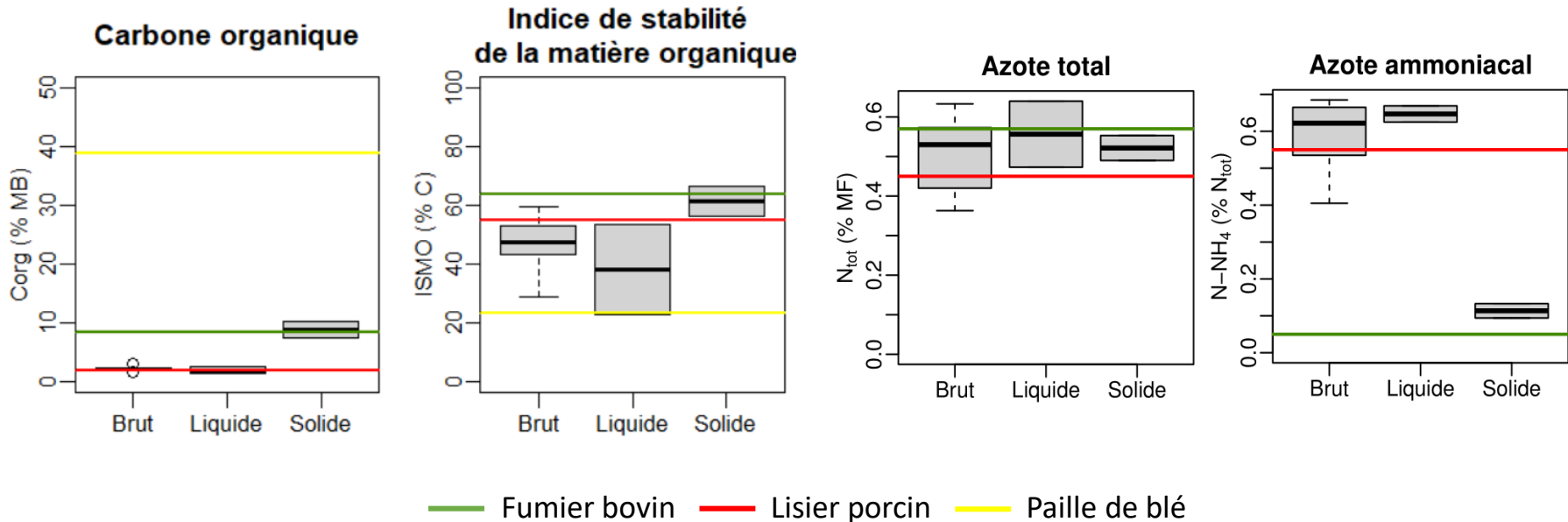
*Nathan Agri 22 (Youtube)*



*la-croix.com*

# Caractéristiques physico-chimiques des digestats

- Digestats bruts et liquides similaires, proches d'un lisier de porc :
  - Bon fertilisant N ( $\text{NH}_4$  principalement, car faible minéralisation du N organique)
  - Faible contribution à la MO du sol
- Digestat solide proche d'un fumier bovin (bon amendement organique)
- Une certaine variabilité, sans influence marquée des intrants
- Un apport de  $40 \text{ m}^3/\text{ha}$  de digestat brut =  $2,5 \text{ t MS}/\text{ha}$ ,  $1 \text{ t C}/\text{ha}$ ,  $199 \text{ kg N}/\text{ha}$ ,  $113 \text{ kg N-NH}_4/\text{ha}$ ,  $53 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ ,  $162 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{ha}$



# Performances modélisées des systèmes de culture

- Majorité des effets au champ positifs à neutres et production de biogaz
- Une bonne partie des effets positifs liée aux co-substrats méthanisés (import C, N, P, K)
- + digestat / ha = + économie d'engrais et stockage de C, mais + volatilisation d'ammoniac
- + CIVE = + pression phyto et – recharge nappes, mais bonne maîtrise de la lixiviation
- Bilan GES favorable au champ, mais à étudier à l'échelle ferme
- Résultats cohérents avec la littérature → assez robustes
- Des impacts non ou mal quantifiés (tassement, biodiversité...)

Critère		Scénario moyen
Diversité des rotations		≈ à ↘
Production de biomasse	Totale	↗
	Hors métha	≈ à ↘
Stockage de C à 30 ans		↗ (+2 t C/ha)
Fertilité des sols		≈ à ↗
Besoin engrais N min		↘ (-56 kg N/ha/an)
Besoin engrais PK		↘
Lixiviation NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		↘ à ≈ (si ferti ajustée)
Volat NH <sub>3</sub>		↗ (+ 3 kg N/ha/an)
Emissions de N <sub>2</sub> O		≈
Bilan GES (champ)		↘
Ressource en eau		↘ drainage (- 20 mm/an) et ↗ irrigation
Pression phyto		≈ à ↗ (possibles compensations)
Résultats économiques		?

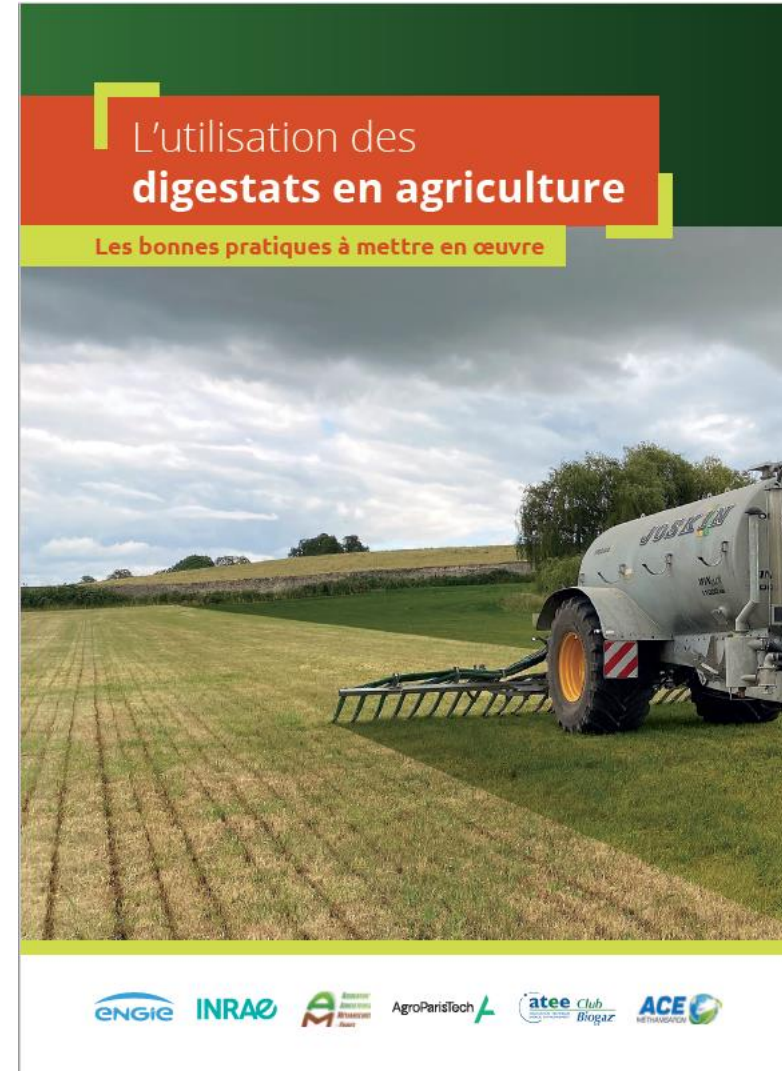
# Conclusion

- Des systèmes assez homogènes en IDF
    - A priori peu d'évolution depuis 2021
    - Assez représentatifs de la méthanisation sans élevage dans le bassin parisien (thèse Léa Boros en cours)
  - Principaux changements : épandage de digestat et production de CIVE, mais pas seulement
- Gestion du digestat et production des CIVE à optimiser pour maximiser les bénéfices de la filière

<https://agriculture.gouv.fr/performances-agronomiques-et-environnementales-de-la-methanisation-agricole-sans-elevage-analyse>

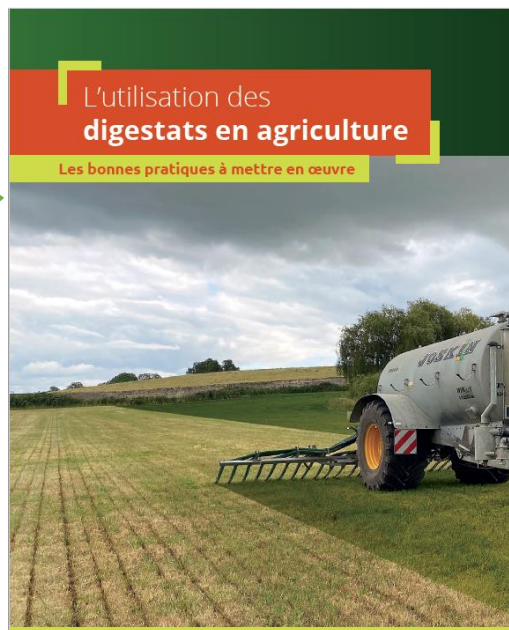


# Présentation du guide de bonnes pratiques d'épandage de digestat de méthanisation



# Un guide : pour qui, par qui, pourquoi, comment ?

## DES GUIDES TECHNIQUES SUR DES SUJETS CIBLES



ENGIE INRAE AEE AgroParisTech atee Club Biogaz ACE

## DES ENJEUX SPECIFIQUES

technique, technologique,  
économique, agronomique,  
sécuritaire, sanitaire,  
réglementaire,  
environnemental

## DES EXPERTS

AgroParisTech

ENGIE

INRAE

atee Club  
ASSOCIATION TECHNIQUE  
ENERGIE ENVIRONNEMENT  
Biogaz

A  
M  
ASSOCIATION  
AGRICULTEURS  
METHANISEURS  
DE FRANCE

ACE  
METHANISATION

# Le guide : structure et contenu



L'utilisation des digestats en agriculture  
**Les grands principes et enjeux**

## Fiche n°1

Les digestats de méthanisation  
et leurs intérêts agronomiques

## Fiche n°2

Le contexte réglementaire

## Fiche n°3

Enjeux environnementaux et  
technico-économiques  
liés à l'épandage de digestat

**5 FICHES ET 4  
VIDEOS SUPPORT**



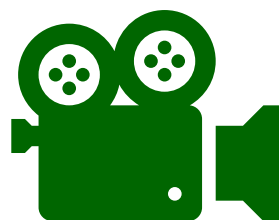
L'utilisation des digestats en agriculture  
**Les bonnes pratiques d'utilisation**

## Fiche n°4

Piloter les apports de digestat

## Fiche n°5

Utiliser le matériel adéquat



# Les bonnes pratiques : Calculer la fourniture d'azote

- Prendre en compte le digestat dans l'établissement du Plan Prévisionnel de Fumure

$$X = \frac{(Pf+Rf)}{\text{Besoins en azote}} - \frac{(Pi+Ri+Mh+Mhp+Mr+MrCi+Xa+Nirr)}{\text{Fournitures en azote}}$$

- Bien connaître son digestat

$$Xa (\text{digestat}) = \%N_{\text{digestat}} \times Keq \times Q_{\text{digestat}}$$

- analyses de digestat au plus proche de l'épandage
- se baser sur les valeurs de référence pour le Keq

# Les bonnes pratiques : Apporter au meilleur moment



ÉTÉ - AUTOMNE



HIVER - PRINTEMPS

**TRÈS  
RECOMMANDÉ**

Épandages sur colza (avant implantation, avec enfouissement).

Épandages sur céréales (sortie d'hiver) et sur prairies (sortie d'hiver ou après première coupe).

Épandages sur maïs (juste avant implantation et avec enfouissement)

**POSSIBLE**

Épandages sur prairies.

Selon réglementation, épandages sur CIPAN (sur végétation), si celle-ci lève correctement.

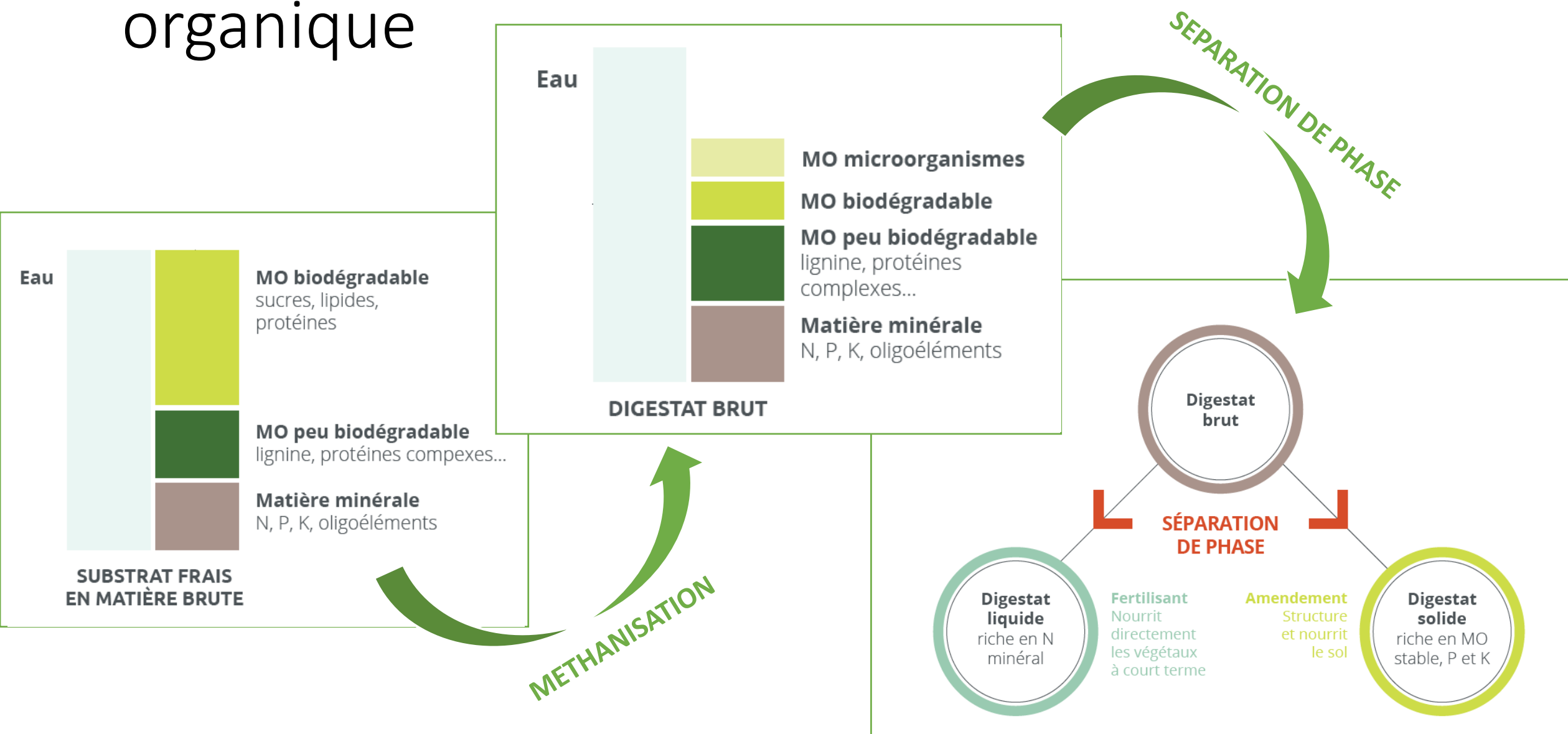
Épandages sur colza.

**À ÉVITER**

Épandages sur céréales.

Apports sur orge de printemps.

# Les bonnes pratiques : gérer la matière organique





# Les bonnes pratiques : utiliser le bon matériel pour épandre régulièrement

## Digestats solides



**Matériels d'épandage de digestat solide en fonction de la régularité transversale d'épandage**

*(Adapté des données du projet SUN et de la FRCUMA Ouest)*

## Digestats bruts et liquides

- Homogénéisation : broyeur / répartiteur
- Débit proportionnel à l'avancement
- Guidage satellite
- Coupure de tronçon
- Mesure instantanée de la teneur en azote du digestat

# Les bonnes pratiques : utiliser le bon matériel pour éviter la volatilisation de l'azote



## Enfouisseurs de cultures, à dents ou à disques

Réalisation simultanée de l'incorporation du digestat et du travail du sol

S'utilisent généralement en l'absence de culture

Force de traction importante

Pertes par volatilisation (en % de l'azote ammoniacal)

< 5%



Epandeurs avec éléments d'injection à disques espacés de 20 cm. Créent un sillon étroit de 4 à 6 cm de profondeur où est injecté le digestat

Spécifique aux prairies

Largeur de travail limitée (6 à 9 m) - Débit de chantier assez faible

5-10%



Rampes à patin avec des sabots plaqués au sol qui écartent la végétation pour placer le digestat (ou le lisier) au sol

Sur cultures ou prairies

Envergure de de 7,5 à 30 m  
Bon débit de chantier  
Peu de puissance de traction supplémentaire par rapport aux modèles à pendillard

10-15%



Rampes à pendillards

Apports sur cultures

Grande envergure, jusqu'à 36 m  
Débit de chantier élevé

15-20%





# Les bonnes pratiques : utiliser le bon matériel pour éviter les tassements

- Importance du tassement dépend :
  - du volume à épandre,
  - du type de matériel (épandage avec/sans tonne, taille du tracteur, largeur des pneus),
  - de la période d'intervention (portance du sol),
  - de la nature du sol et de la topographie.
- Attention à l'épandage à la tonne à lisier : adaptation du montage des pneus, surveillance du poids, télégonflage.
- L'épandage sans tonne : une solution qui permet un trafic moins important sur la parcelle.





CHAMBRE  
D'AGRICULTURE  
NORD-PAS-DE-CALAIS

# Maitriser la volatilisation lors des épandages organiques

Rencontres franciliennes de la  
méthanisation

20 novembre 2023



- Qu'est-ce que la volatilisation lors des épandages organiques ?
- Pourquoi maîtriser la volatilisation lors des épandages organiques ?
- Comment maîtriser la volatilisation lors des épandages organiques ?

# Ordre du jour





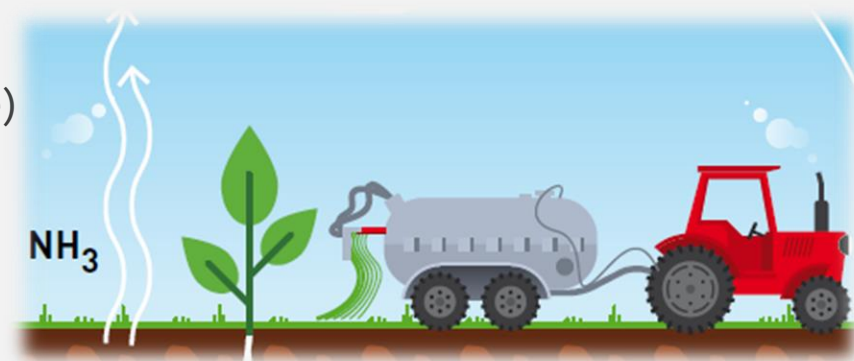
# Qu'est ce que la volatilisation lors des épandages organiques ?

# Qu'est-ce que la volatilisation lors des épandages organiques?

**Définition :** Perte d'azote, à partir du sol ou d'une matière fertilisante, par dégagement direct dans l'atmosphère de  $N_2$ , d'oxyde d'azote ou d'ammoniac  $NH_3$ . *UNIFA*

La volatilisation de l'azote lors des épandages d'engrais est influencée par de nombreux paramètres :

- conditions météorologiques : vent,  $T^\circ$ , pluviométrie...
- propriétés du sol : chimique (pH, CEC), physique (battance)
- nature de l'engrais (proportion azote ammoniacal, pH, teneur en matière sèche)
- méthode et matériel d'épandage
- surface et durée de contact entre l'air et le produit



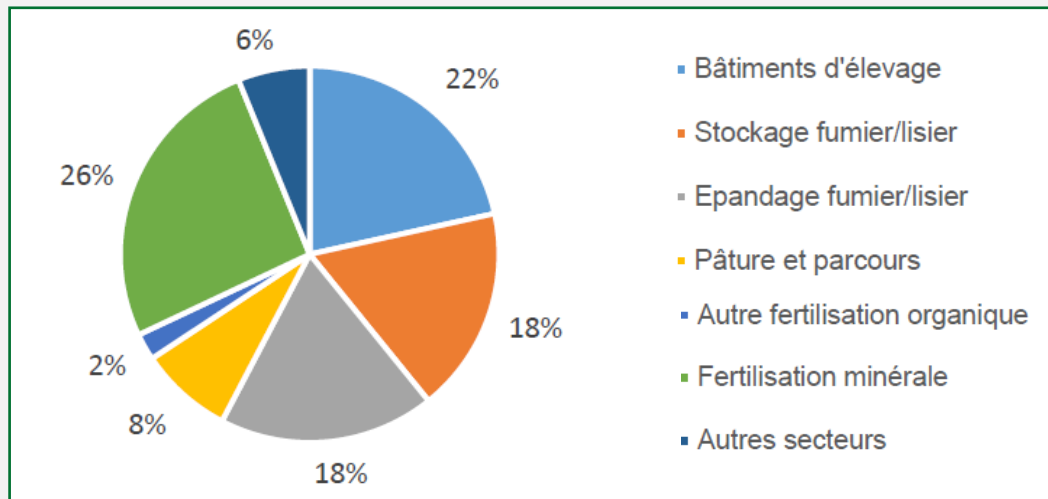
# Qu'est-ce que la volatilisation lors des épandages organiques?

Une estimation de la perte d'azote par volatilisation est possible en utilisant les Facteurs d'Emissions.

Il s'applique sur la part ammoniacale du produit considéré

*Exemple:* Pour un épandage de 30 m<sup>3</sup>/ha de lisier bovin, il peut y avoir une perte par volatilisation de 16 U d'azote.

	Kg N / t ou m <sup>3</sup> SATEGE	Proportion forme ammoniacale SATEGE	FE (kg N-NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> ) EMEP 2016
Lisier bovin	2,2	0,45	0,55
Fumier bovin	6,6	0,07	0,79
Lisier porcin	3,6	0,61	0,4
Fumier porcin	9	0,33	0,8
Volaille	22	0,16	0,69
Digestat brut liquide	4,8	0,54	-



Répartition des émissions de NH<sub>3</sub>

Sur une exploitation, le poste EPANDAGE n'est pas le seul poste émetteur de NH<sub>3</sub>



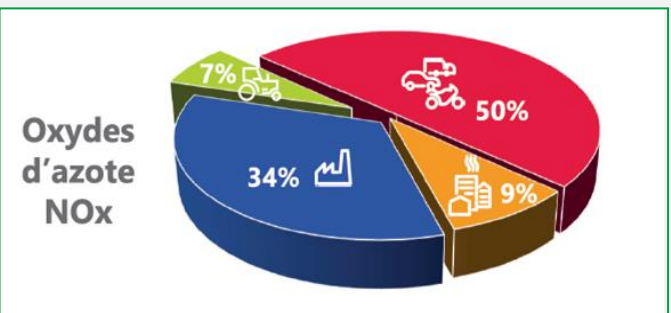
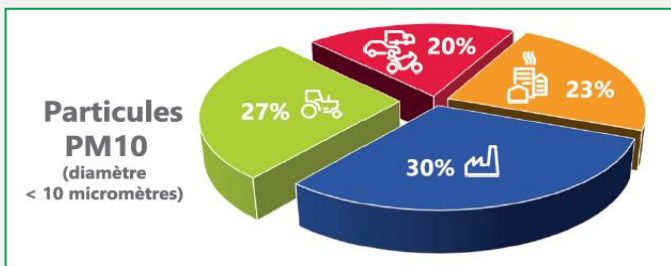


Pourquoi maîtriser la  
volatilisation lors des  
épandages organiques ?

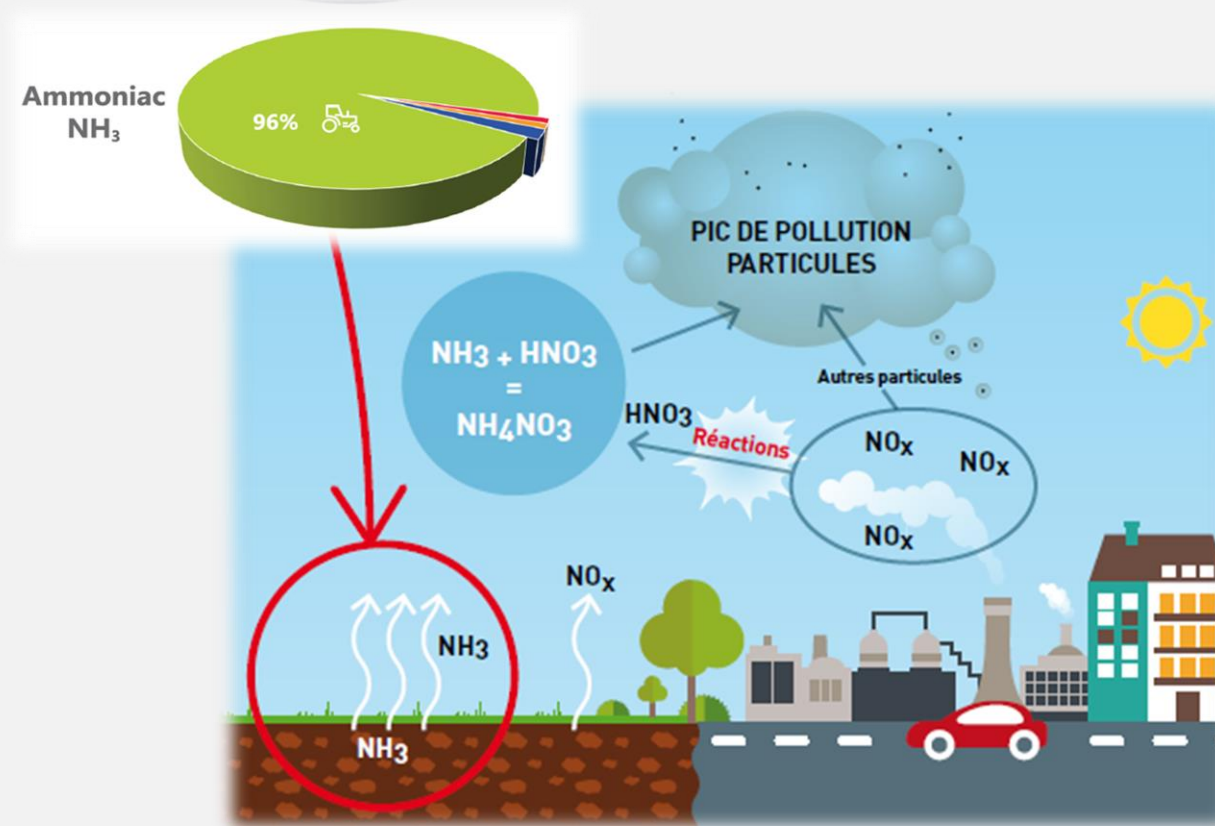
# Pourquoi maîtriser la volatilisation lors des épandages organiques ?

- Optimiser les apports d'engrais
- Contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air

Les activités agricoles, comme d'autres secteurs, sont à l'origine de l'émission de polluants dans l'air mais elles sont également impactées par cette même pollution



Source de différents polluants en Hauts de France





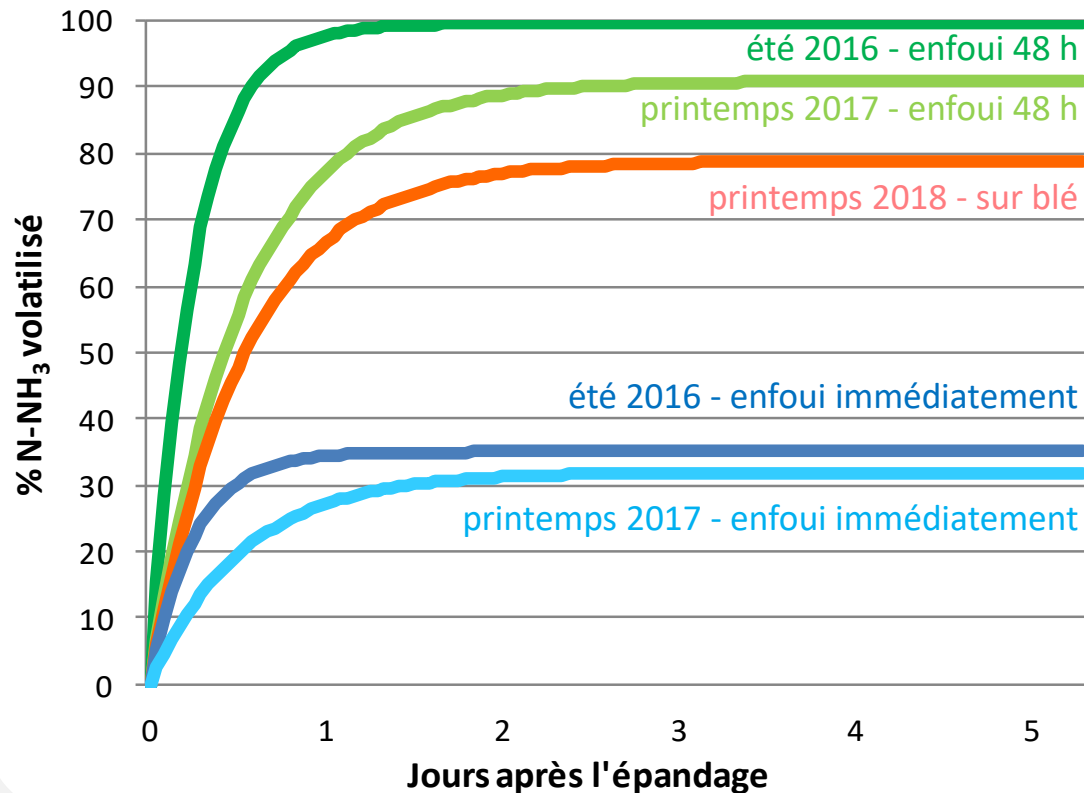


# Comment maîtriser la volatilisation lors des épandages organiques ?

# Essai épandage de digestat

digestat brut liquide : 7 % MS, 6 kgN/t (60 % N-NH<sub>4</sub>), pH 8,2

## Cinétiques de volatilisation de N-NH<sub>3</sub>



→ Sur sol nu : enfouir

→ et agir vite !

Si je perds 50 % de l'azote ammoniacal du digestat liquide par volatilisation, cela correspond à une perte de 40 kgN pour un apport de 160 kgN total épandu

Température et vitesse du vent le jour de l'épandage :

Été 2016 : 24°C à 28°C – 15 à 20 km/h

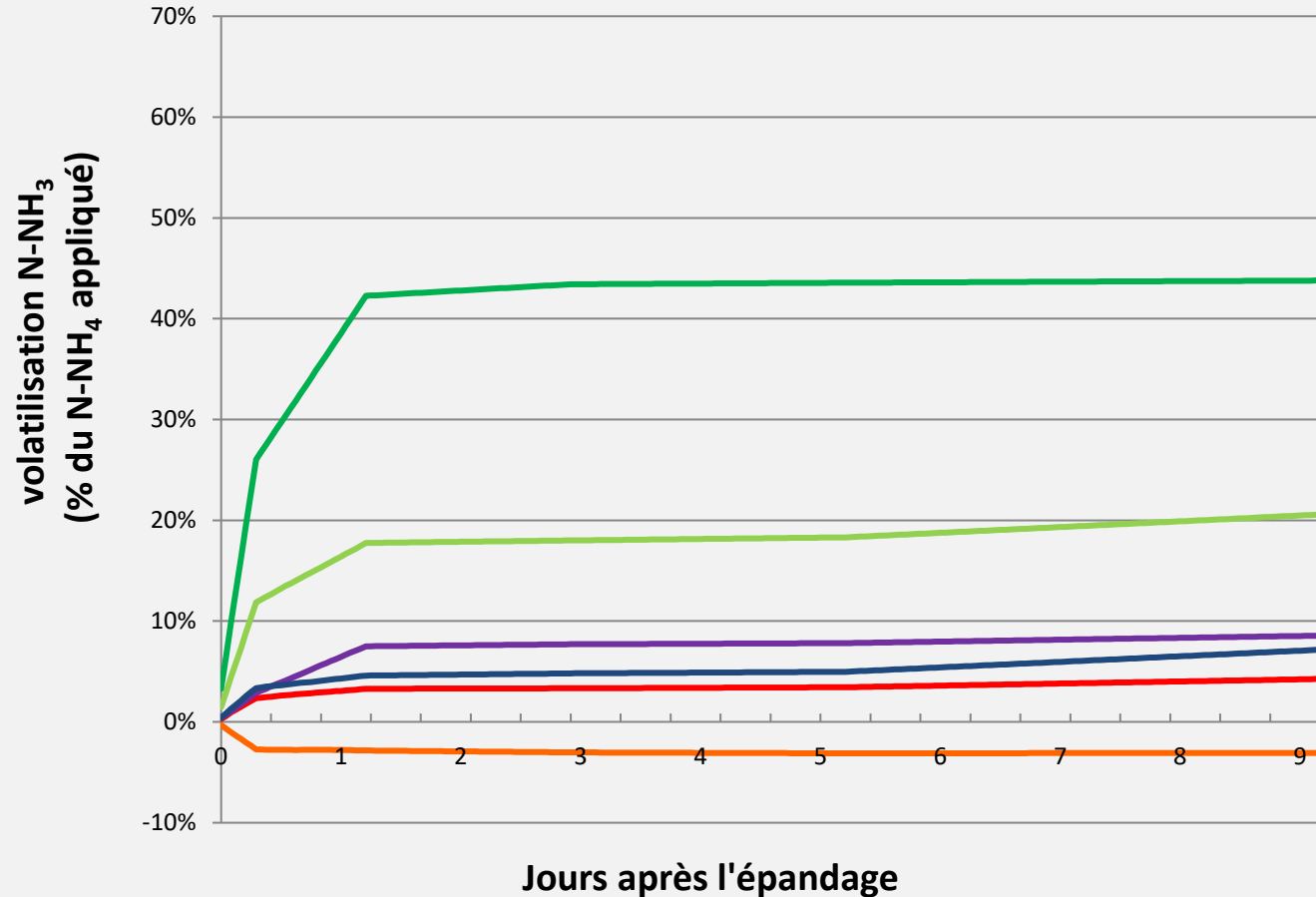
Printemps 2017 : 12 °C – 12 à 17 km/h

Printemps 2018 : 9°C – 18 km/h

Épandage réalisé avec un pendillard à patin

Sans enfouissement, la quasi-totalité de l'azote ammoniacal peut volatiliser  
La volatilisation a lieu dans les heures suivant l'épandage !

# Essais réalisés lors du projet EPAND'AIR



**Pendillard - enf 48 h  
sol nu non travaillé**

**Epaneur à disques « de prairie »  
sol nu non travaillé**

**Pendillard – sol nu pré-travaillé  
Pendillard enf immédiat – sol nu non travaillé**

**Pendillard – couvert  
Epaneur à dents sol nu non travaillé**






**Automne 2018**

**Epandage :**  
N total : 71 à 74 kg  
N NH<sub>4</sub> : 34 à 36 kg

**lisier de porcs : 2,8 kgN/t (48 % N-NH<sub>4</sub>), pH 7,8**



## LES ENGRAIS ORGANIQUES LIQUIDES

Épandage (lisier)	Enfouissement (via un travail du sol)	Pendillard	Épandeur à disques
<p>Perte d'azote potentielle par volatilisation</p> <p><b>25%</b></p> 	<p><b>Dans les 12h</b></p> <p>Diminution de <b>50%</b> de la volatilisation</p> <p><b>Immédiat</b></p> <p>Diminution de <b>70%</b> de la volatilisation</p> 	<p>Diminution de <b>30%</b> de la volatilisation</p> <p><b>sur couvert ou sol pré-travaillé</b></p> <p>Diminution de <b>70%</b> de la volatilisation</p> 	<p>Diminution de <b>70%</b> de la volatilisation</p>  <p><b>Épandeur à dents</b></p> <p>Diminution de <b>80%</b> de la volatilisation</p> 

« Je déchaume avant d'épandre mon lisier. Cela permet de faciliter l'infiltration dans le sol et donc de diminuer la volatilisation ». ”

**Vincent Roussel**  
- polyculture, élevage

« Nous avons investi en CUMA dans un épandeur à disques. C'est un outil qui demande plus de force de traction mais il donne tout à fait satisfaction ». ”

**Xavier Louchet et Eric Casiez**  
- polyculture, élevage

Source: scénarisation Epand'air basée sur les éléments du CITEPA 2016

✓ Organisation des chantiers d'épandage pour enfouissement rapide

✓ Investissement matériel spécifique + impact puissance supplémentaire nécessaire

Pendillard: 22 000 € pour rampe de 12m - Disques: 28000€ - Dents: 24000€

## LES ENGRAIS ORGANIQUES SOLIDES

### Épandage (fumier bovin)



6% de perte d'azote potentielle  
par volatilisation

### Enfouissement (via un travail du sol)



Dans les 12h



Diminution de 50%  
de la volatilisation

Immédiat

Diminution de 70%  
de la volatilisation

« Lorsque j'épands des engrais organiques, réaliser un enfouissement rapidement est une priorité pour moi. »

**Bertrand Evrard** - polyculture, élevage

Source: scénarisation Epan'd'air basée sur les éléments du CITEPA 2016

✓ Organisation des chantiers d'épandage pour enfouissement rapide



# Merci de votre attention

Cécile MANHES 

06 45 16 19 40 

[cecile.manhes@npdc.chambagri.fr](mailto:cecile.manhes@npdc.chambagri.fr) 

[hautsdefrance.chambre-agriculture.fr](https://hautsdefrance.chambre-agriculture.fr) 



# Metha-BioSol

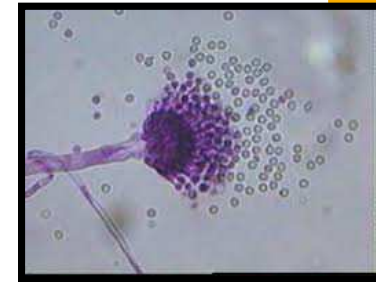
## Impact des digestats de méthanisation sur la qualité microbiologique des sols agricoles

20 Novembre 2023

# La microbiologie des sols



1g de sol



Bactéries (1-2  $\mu\text{m}$ )  
Organismes Procaryotiques

*1 milliard / g de sol*  
*1 million d'espèces*

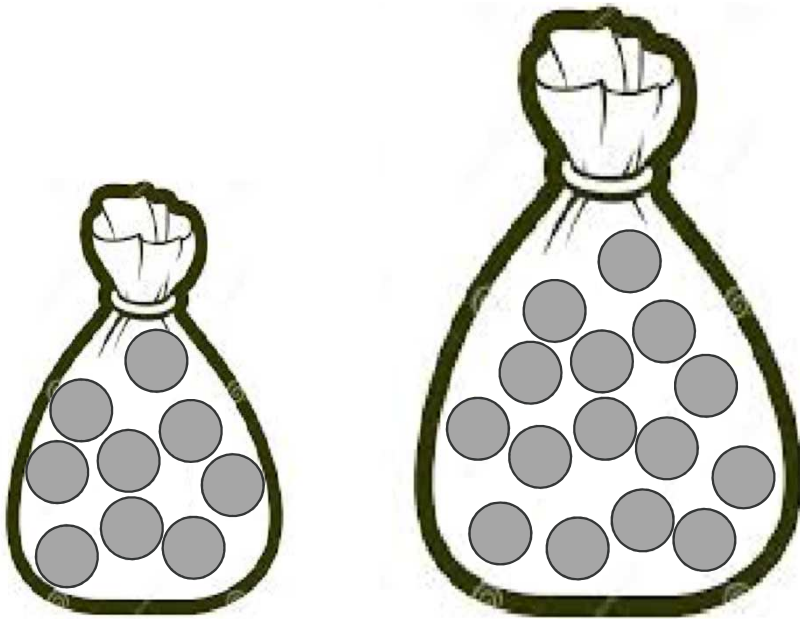
Champignons (>10  $\mu\text{m}$ )  
Organismes Eucaryotiques

*1 million / g de sol*  
*100 000 espèces*

*Les organismes les plus abondants et les plus diversifiés du sol*  
*Rôle central dans le fonctionnement biologique du sol*  
*Bioindicateurs pertinents de la qualité du sol*

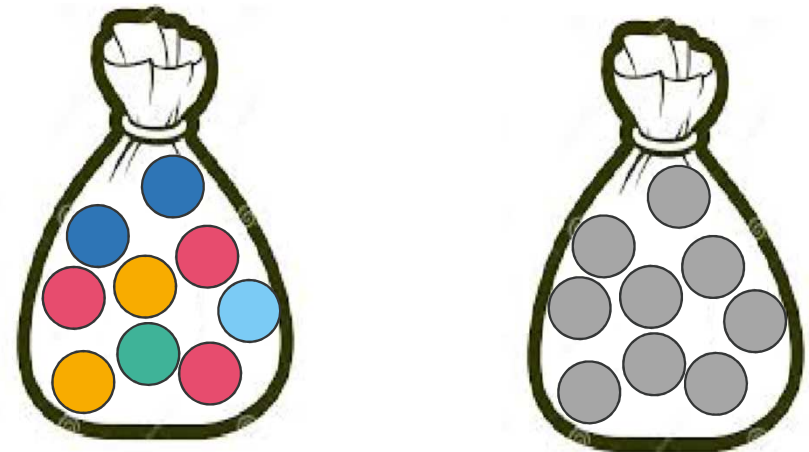


# Indicateurs de la qualité microbiologique des sols



Quantité de microorganismes dans le sol  
(Biomasse microbienne)

*Taille du sac de billes*



Diversité de microorganismes dans le sol  
(Diversité microbienne)

*Couleur des billes dans le sac*

*Les mieux: Un gros sac avec plein de billes de couleur différentes  
= Biomasse microbienne ++ et Diversité ++*

2ème rencontre francilienne de la méthanisation - 20 novembre 2023

# Diversité microbienne et fonctions des sols

Maron et al., 2012-2020  
Abis et al., 2020



Implication dans de nombreuses fonctions

↘ 30% de la diversité



Structuration du sol

Minéralisation matière organique,  
recyclage carbone, nutriments

Qualité de l'air

Lutte contre les  
pathogènes

↘ 50% stabilité structurale

↘ 40% Minéralisation MO

↗ X10 émission de  
COV (Polluants  
atmosphériques)

↗ X3 temps de survie des  
pathogènes



# Sensibilité aux pratiques agricoles



Travail du sol



Amendement Organique  
(Classique : Fumier...)



➔ Digestats?



Fertilisation minérale



Couverture végétale (Diversité de rotation /  
Interculture)

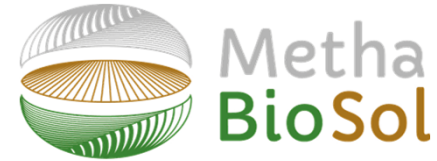


Protection des culture (Pesticides)

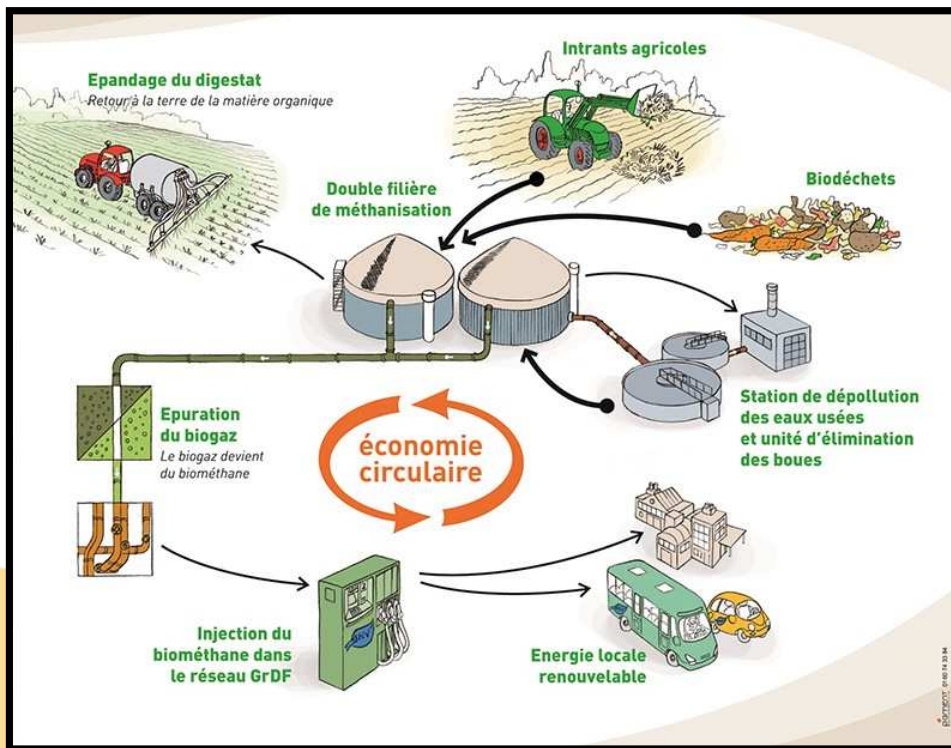


?

# Un Projet de Recherche



La méthanisation un cycle vertueux permettant de faire de l'énergie à partir de déchets et de retourner au sol de la MO?



Agriculteurs  
Citoyens

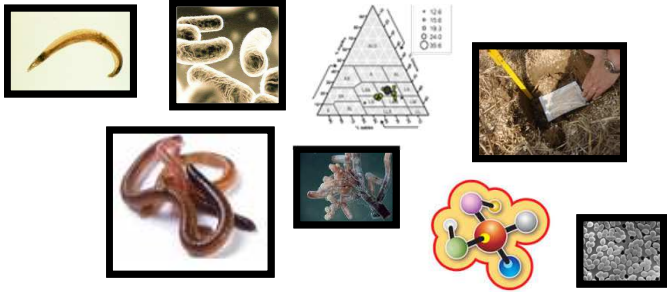


Impact sur la qualité  
biologique des sols?



Peu de données pour objectiver  
(conditions expérimentales particulières qui  
ne permettent pas d'avoir des données  
génériques pour statuer)

# Un Projet de Recherche



## Un objectif principal

Evaluer l'impact des pratiques d'épandage de digestats de méthanisation sur la **qualité biologique** des sols agricoles



Test en laboratoire



Test sur des sites expérimentaux



Réseau de fermes



Maîtrise des aléas du terrain

Réalité de terrain

# Première partie du projet: Laboratoire

Impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols

Apport unique /  
Court terme



Pathogènes  
Communautés microbiennes des sols  
Physico-chimie des sols



Dégradation de la MO  
Nématofaune  
Lombriciens  
Physico-chimie des sols



42 jours d'incubation

4 Digestats (Fumier, Lisier, MIN) X 3 Types de sols

Digestats et fumier : 25 T/ha  
MIN: 120 kg/ha

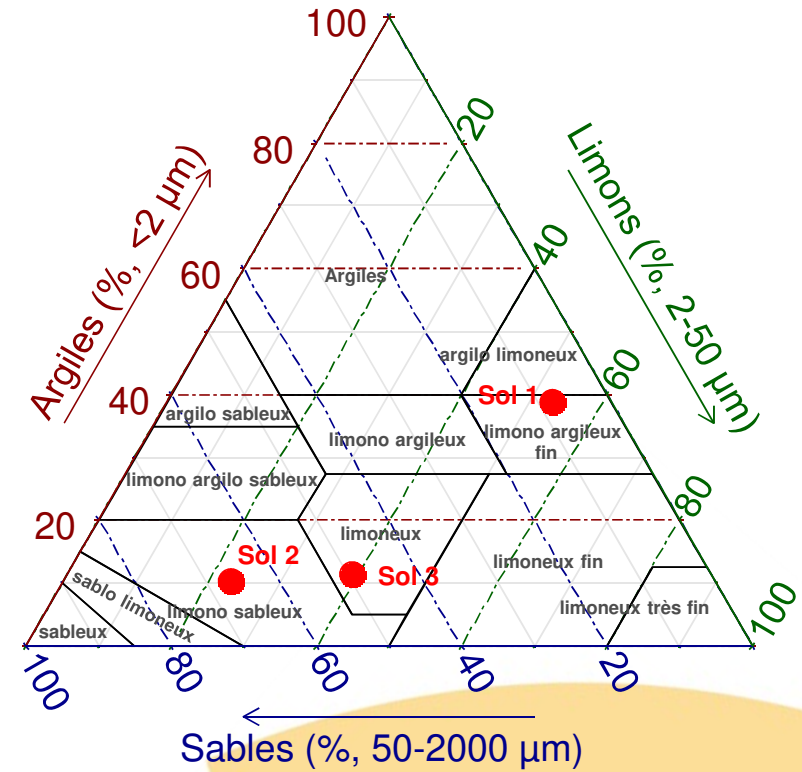
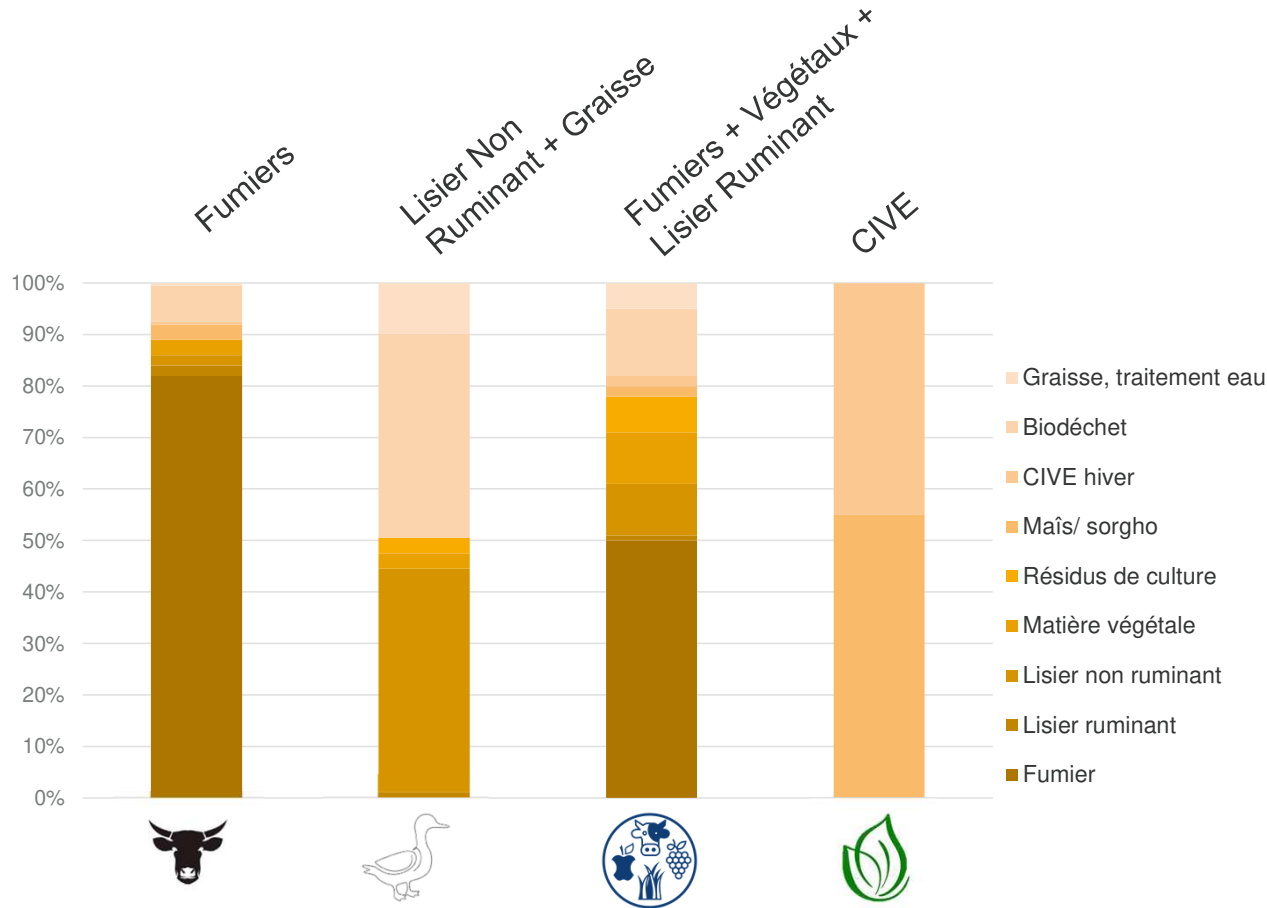


Hypothèses :





- 1) Les impacts sont différents en fonction du contexte pédoclimatique,
- 2) Les impacts sont différents en fonction de la nature des digestats



# Première partie du projet: Laboratoire



# Première partie du projet: Laboratoire





Typologie		pH	C/N	COT (kg/ha)	Azote total (kg/ha)	Azote ammoniacal (kg/ ha)	NH4+ /Ntot (%)
Lisier Porc		7,7	1,5	14,3	55,1	37,4	68
Fumier bovin		8,9	18,3	144,5	79,6	11,3	14,2
<b>DIGESTATS</b>	Fumier de bovin 	8,8	6,3	74,3	112,2	39,7	35,4
	Fumiers + Végétaux + Lisier Ruminant 	8,3	2,8	60,6	126,5	57,4	45,4
	CIVE 	8	4,5	45,7	75,5	24,2	32,1
	Lisier Non Ruminant + Graisse 	8,4	0,8	20,2	138,8	93	67





Apports  Biomasse

 Diversité

### Digestats

Apport unique / Court terme (42 jours)

							
Biomasse Microbienne	Fumier	Lisier Non Ruminant + Graisse	Fumiers + Végétaux + Lisier Ruminant	CIVE	Fumier-Brut	Lisier	MIN
Limono-argileux	=	=	=	=	=	=	=
Limoneux	+	-	+/-	-	+/-	-	+/-
Limono-Sableux	+	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-
	<b>Durable</b>	<b>Précoce</b>		<b>Précoce</b>		<b>Précoce</b>	
Diversité	Fumier	Lisier Non Ruminant + Graisse	Fumiers + Végétaux + Lisier Ruminant	CIVE	Fumier-Brut	Lisier	MIN
Limono-argileux	=	=	=	=	=	=	=
Limoneux	=	=	=	=	=	=	=
Limono-Sableux	+/-	+/-	-	+	+/-	+/-	+/-
		<b>Durable</b>		<b>Précoce</b>			

							
Biomasse Microbienne	Fumier	Lisier Non Ruminant + Graisse	Fumiers + Végétaux + Lisier Ruminant	CIVE	Fumier-Brut	Lisier	MIN
Limono-argileux	=	=	=	=	=	=	=
Limoneux	+	-	+/-	-	+/-	-	+/-
Limono-Sableux	+	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-

Diversité	Fumier	Lisier Non Ruminant + Graisse	Fumiers + Végétaux + Lisier Ruminant	CIVE	Fumier-Brut	Lisier	MIN
Limono-argileux	=	=	=	=	=	=	=
Limoneux	=	=	=	=	=	=	=
Limono-Sableux	+/-	+/-	-	+	+/-	+/-	+/-

➔ Pas d'effet significatif des modalités de traitement pour le sol limono-argileux

➔ Effet « flush » de certains types d'apport (CIVE, Digestats avec C/N faible) pour les sols légers (limoneux et sableux)

**En conclusion:** l'impact des apports à C/N faibles est davantage marqué pour les sols légers / sols argileux



# A retenir!

Tous les digestats ne se valent pas.

Ceux riches en  $\text{NH}_4^+$  et/ou avec un C/N faible ne permettent pas une modification durable de la microbiologie du sol → Bras de levier pour améliorer la qualité des sols?

Quid d'un apport répété? Effet sur le long terme?

Les sols sableux sont plus sensibles à l'apport de digestat.



A confirmer au champs!





Merci de votre attention

Pour plus d'informations sur le projet:

<https://www6.inrae.fr/metha-biosol/>



Save the Date

Colloque de restitution du projet

25 juin 2024

Institut Agro Dijon

Accueil

### Edito

Le projet Metha-BioSol vise à évaluer l'impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique et écologique des sols en utilisant des bio-indicateurs opérationnels (c'est-à-dire : diversité des méso et micro-organismes, dynamique du carbone (C) et état sanitaire (pathogènes) des sols). Ce projet répondra à des interrogations de plus en plus nombreuses d'agriculteurs engagés dans des démarches de méthanisation en tant qu'utilisateurs de digestats. Il sera constitué de deux parties : 1) Evaluer, via des mesures en conditions contrôlées, l'impact des digestats en tenant compte du type de sol, du type de digestat et de la répétition des apports ; et 2) Mettre en place un réseau national de fermes agricoles et effectuer un diagnostic de l'impact de l'apport de digestats associé à diverses pratiques agronomiques et dans des contextes pédoclimatiques variés. L'ensemble des résultats générés sera ensuite analysé et transféré aux agriculteurs afin d'améliorer, si nécessaire, leurs pratiques.

**Projet Metha-BioSol**

- Présentation du projet Metha-BioSol
- Tableau de bord des indicateurs permettant d'évaluer la qualité biologique des sols
- Typologie des digestats
- Impact de différents types de digestats sur la qualité biologique des sols à court terme
- Impact de différents types de digestats sur la qualité biologique des sols à moyen terme
- Impact des pratiques agronomiques liées à l'épandage de digestats sur un réseau de fermes agricoles

**Partenaires**

- Partenaires

### Actualités

**Désassemblage des dispositifs expérimentaux**  
Fin Avril, les dispositifs expérimentaux ont été désassemblés  
[Lire la suite](#)

**Début des expériences au laboratoire en méso et microcosmes**  
Les expérimentations en conditions contrôlées ont commencé  
[Lire la suite](#)

# 2<sup>EME</sup> RENCONTRE FRANCILIENNE DE LA MÉTHANISATION

PROMETHA – CERCLE FRANCILIEN DE LA METHANISATION

## Pratiques agronomiques et conduites des CIVE

Aurélie Augis – Ingénieure Régionale Centre – ARVALIS

[a.augis@arvalis.fr](mailto:a.augis@arvalis.fr)

# Quels choix stratégiques pour la conduite des CIVE ?

- Quelle(s) espèce(s) et variété(s) de CIVE choisir ?
- Quand semer une CIVE en région Ile-de-France ?
- Quand récolter une CIVE en région Ile-de-France ?
- Comment trouver le bon compromis entre production de biomasse et production alimentaire ?

→ Retour sur les enseignements du projet

Recital

ARVALiS

CAVAC  
POSITIVE  
AGRICULTURE!

euràlis  
NOURRIR VOTRE CONFIANCE

ASSOCIATION  
AGRICULTEURS  
MÉTHANISEURS  
DE FRANCE

OXYANE  
INSPIRER L'AVENIR

Aile  
initiatives  
énergie  
environnement

AGRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHAMBRES D'AGRICULTURE

ENGIE

Avec le soutien de



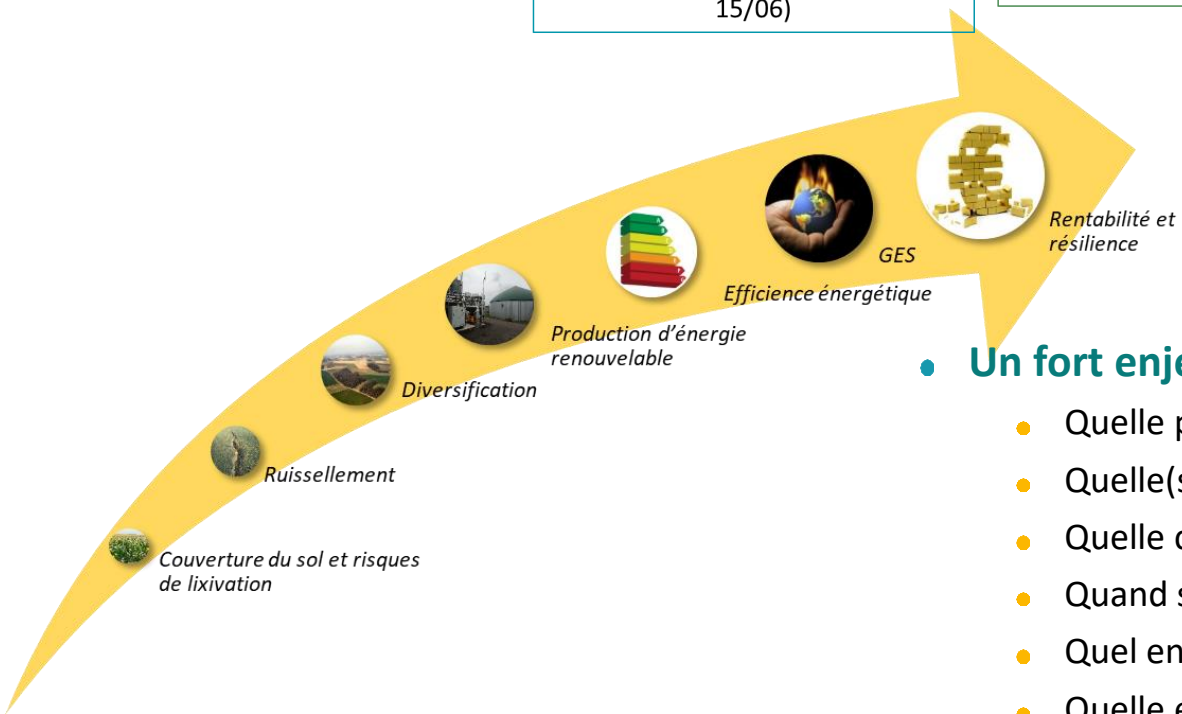
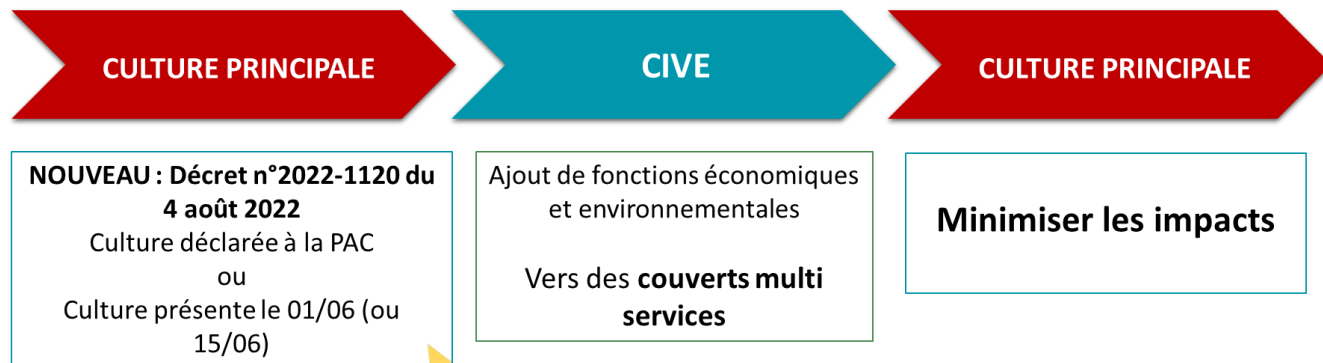
Et la participation de





# CIVE : à la recherche de l'optimum des services d'une interculture récoltée

Conception de séquences de 3 cultures en 2 ans

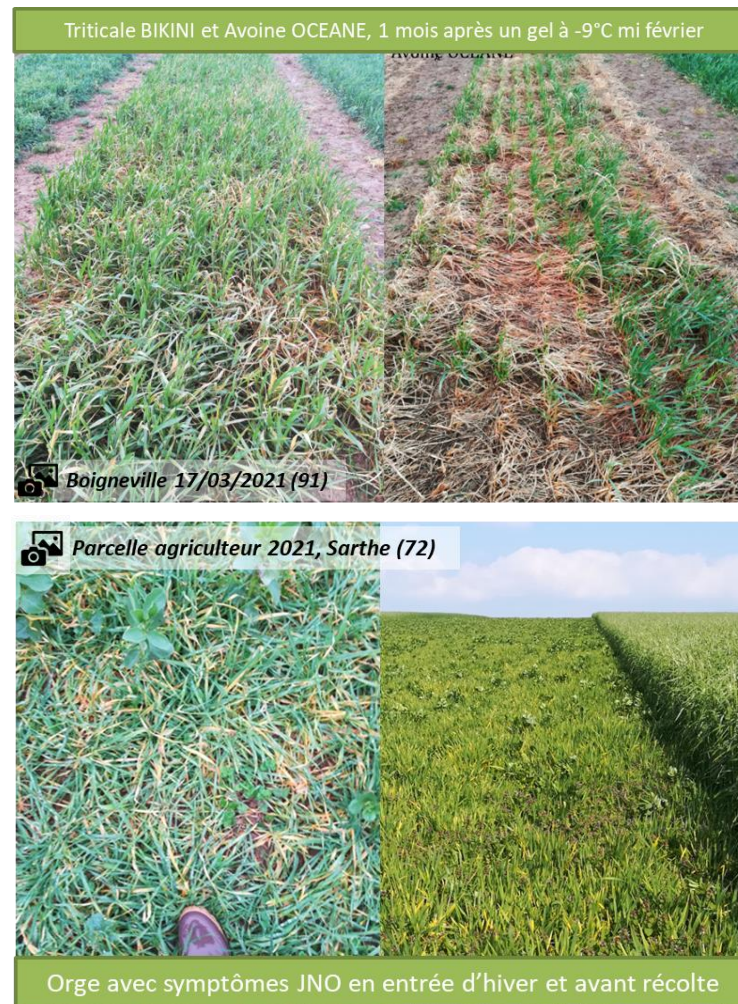
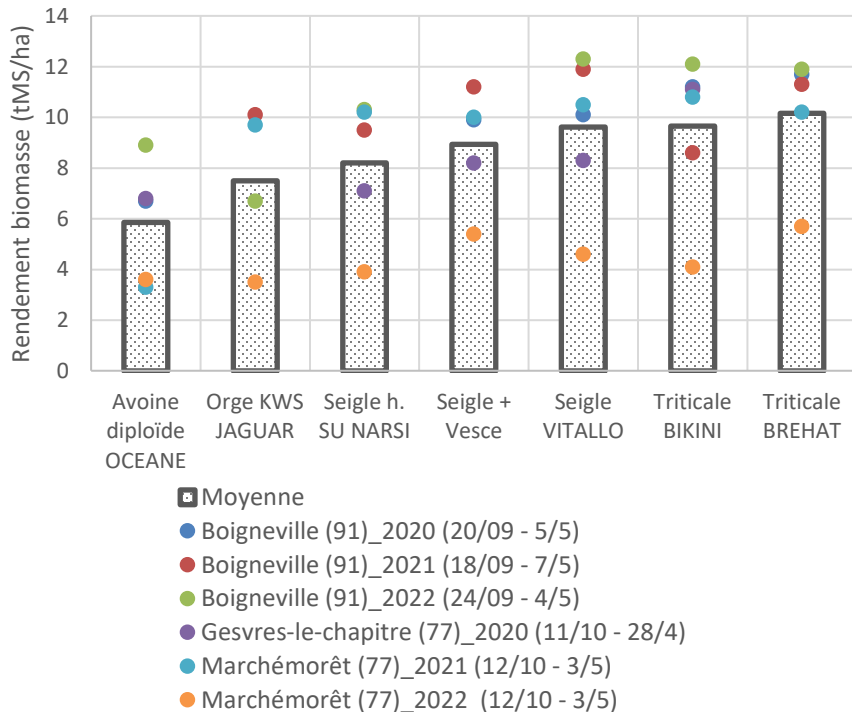


## • Un fort enjeu régional :

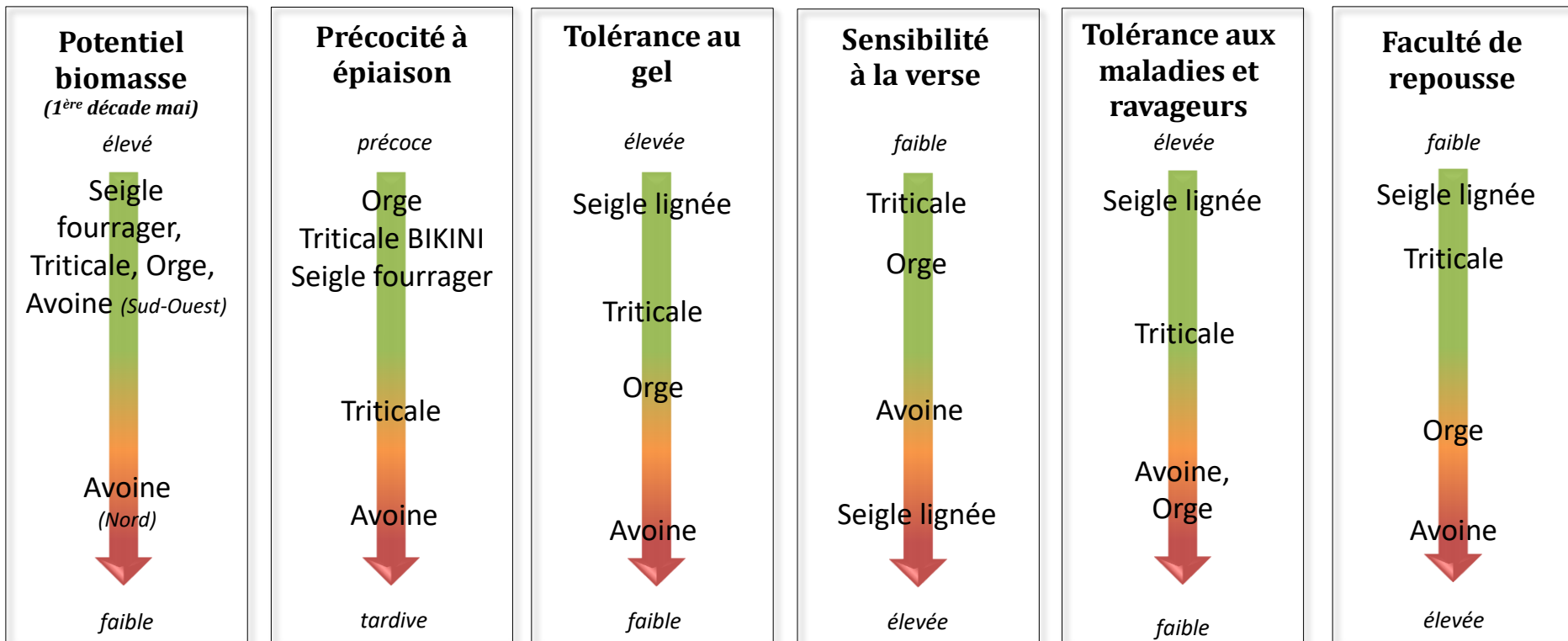
- Quelle place dans la succession ?
- Quelle(s) espèce(s), quelle(s) variété(s) ?
- Quelle conduite de culture ?
- Quand semer et récolter ?
- Quel enjeu économique et environnemental ?
- Quelle équilibre CIVE + culture suivante ?

# Quelle(s) espèce(s) et variété(s) choisir ?

## Rendement des principales espèces et variétés de CIVE d'hiver de 5 essais régionaux Centre – Ile-de-France conduits par Arvalis et Valepi pour des récoltes entre le 28/04 et le 7/05



# Quelle(s) espèce(s) et variété(s) choisir ?



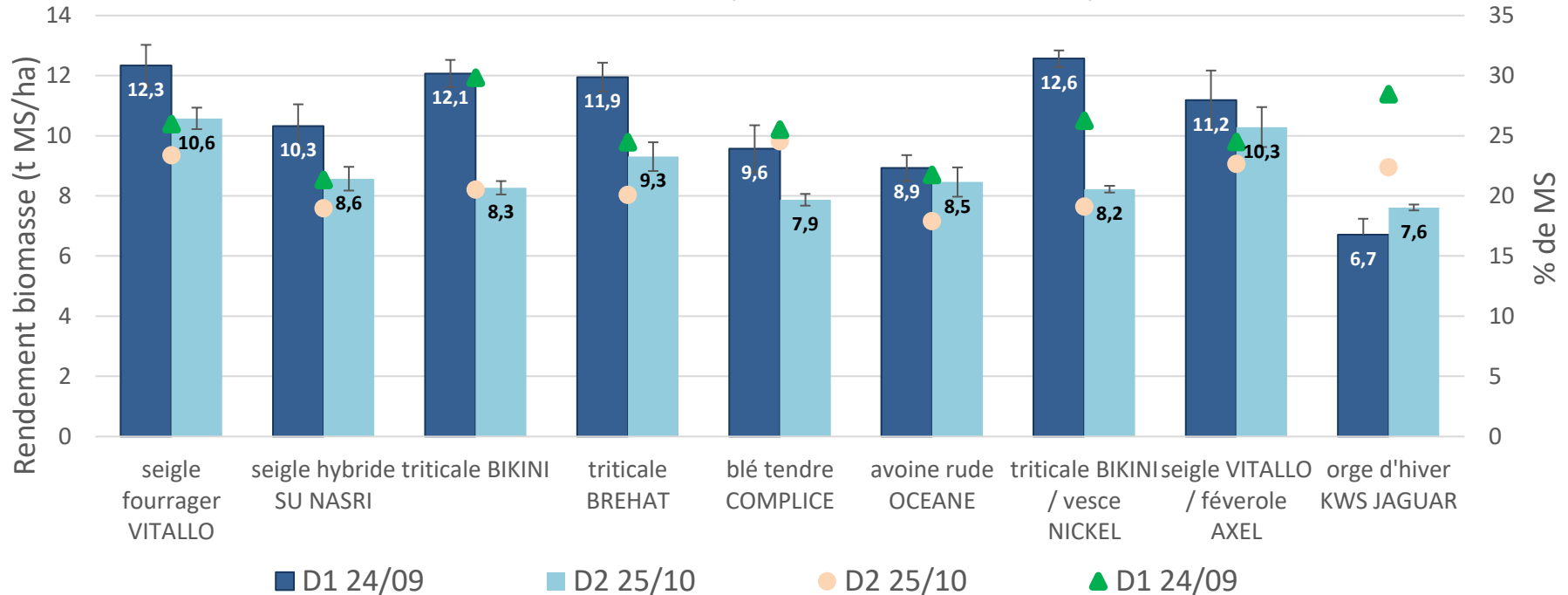
- Toutes les espèces ont du potentiel à l'échelle nationale → certaines sont plus adaptées régionalement

## ○ Critères de choix

- Variétés précoces à épiaison
- Résistances aux maladies (JNO, rouille naine)
- Sensibilité à la verse : vigilance pour les seigles
- Le pouvoir méthanogène n'est pas un critère

# Quand semer ?

Effet date de semis (récolte le 4/05/2022)

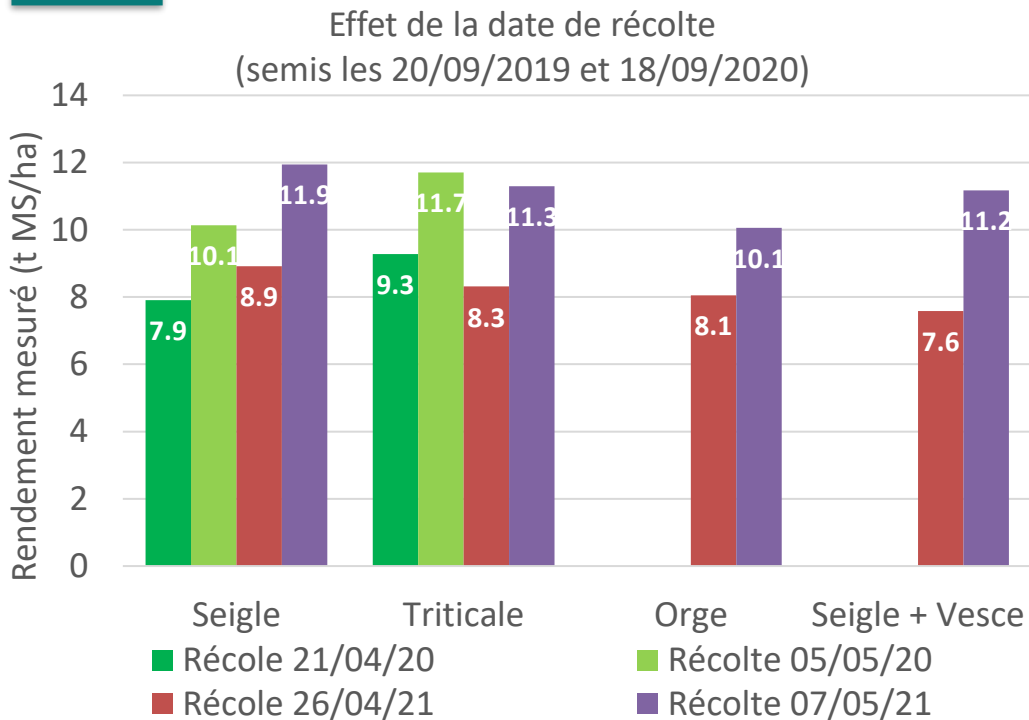


**+ 1 t MS/ha pour le semis précoce (fin septembre VS fin octobre)**

- Privilégier un semis précoce entre le 15 septembre et le 15 octobre
- Soigner le semis pour favoriser une bonne implantation
- A moduler selon enherbement de la parcelle et pression bioagresseurs



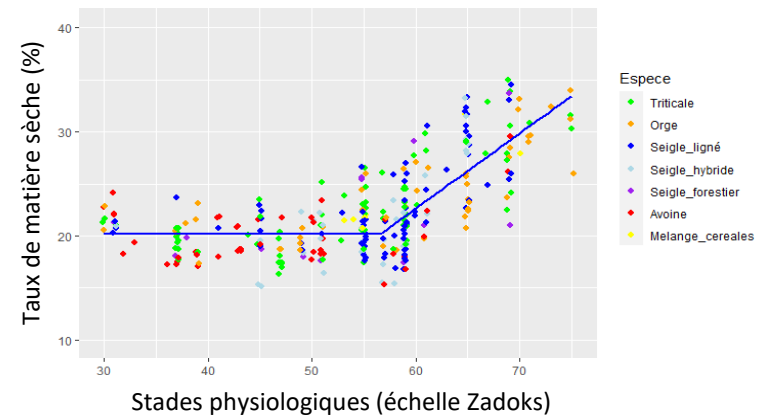
# Quand récolter ?



- Le stade floraison est un indicateur du taux de MS et un bon repère pour assurer la chaîne de récolte et limiter la production de jus au silo
- Avant, un préfanage peut être nécessaire

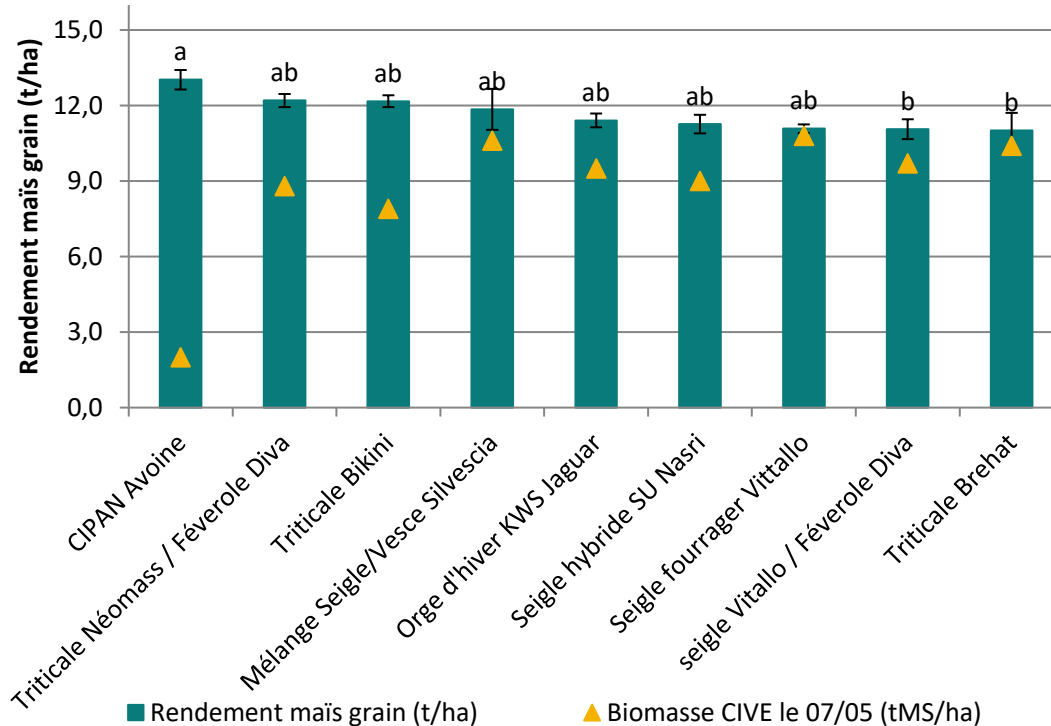
**+ 1 à 2 t MS/ha par semaine entre fin avril et début mai**

- Pas d'optimum
- Mais un compromis entre rendement biomasse CIVE et rendement culture suivante
- Récolter 1<sup>ère</sup> décade de mai : biomasse à 8 t MS/ha tout en limitant risques d'échecs culture suivante
- Au-delà du 15 mai : fort impact sur la culture suivante



Taux de Matière sèche en fonction du stade physiologique des CIVE

# L'impact sur la culture suivante ne dépend pas de l'espèce de CIVE

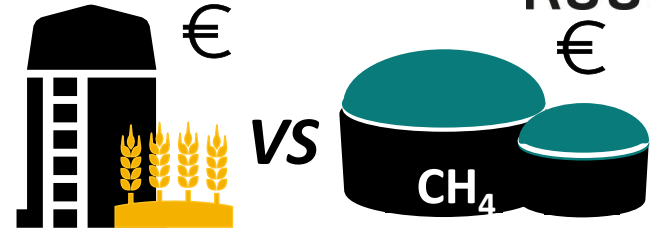


Boigneville (91) 2021 (année favorable au maïs)

Destruction CIPAN 05/01 – semis G1 le 13/04  
Récolte de la CIVE 07/05 – semis G0 le 08/05  
Maïs conduite non limitante (irrigation, ferti N)

- Pas de différence significative entre espèce ou mélange de CIVE.
- Pas d'effet négatif des seigles par rapport aux autres espèces.
- Perte de 12% de rendement par rapport à l'implantation classique (après CIPAN) et 2 points d'humidité.

# Marge nette : trouver le bon compromis entre CIVE et culture principale (Cas Centre – Ile-de-France)



## Hypothèses de rendement de la CIVE et du maïs en fonction des dates de récolte de la CIVE

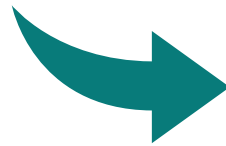
Date de récolte de la CIVE	Rendement CIVE (t MS/ha)	Rendement maïs grain (t/ha)
15 avril (référence)	3	11.6
25 avril	6	11
5 mai	8	10.4
15 mai	10	8.7

Pour optimiser la marge nette de la succession CIVE puis culture suivante, les producteurs peuvent :

- Jouer sur la date de semis de la culture suivante en la retardant +/- par rapport à une référence sans CIVE
- Et donc sur la date de récolte de la CIVE

*Hypothèse : Date de récolte de la CIVE = date de semis de la culture suivante*

**Estimation du nombre de jours maximum de décalage entre la date de semis de référence de la culture principale (le 15/04) et la date de semis après une CIVE pour maximiser la marge nette de la succession CIVE + culture suivante**

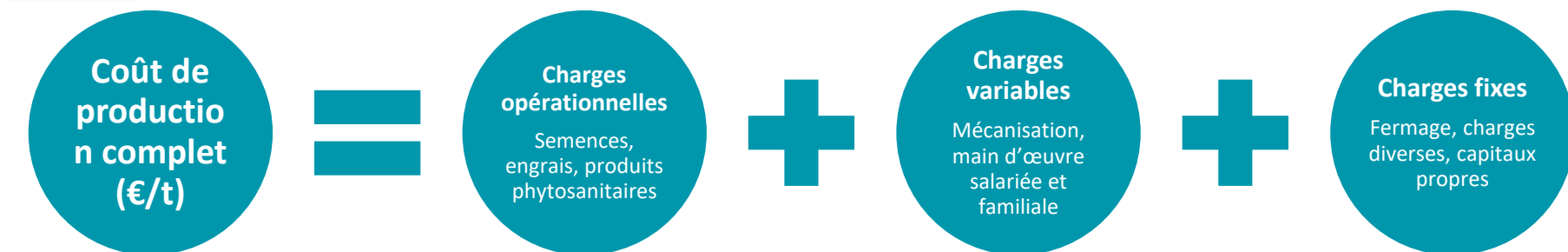


### Bilan :

- Scénarios de prix alimentaire bas : possibilité de retarder la récolte de la CIVE (si prix CIVE stable)
- Scénarios de prix alimentaire haut : ne pas retarder la récolte de la CIVE

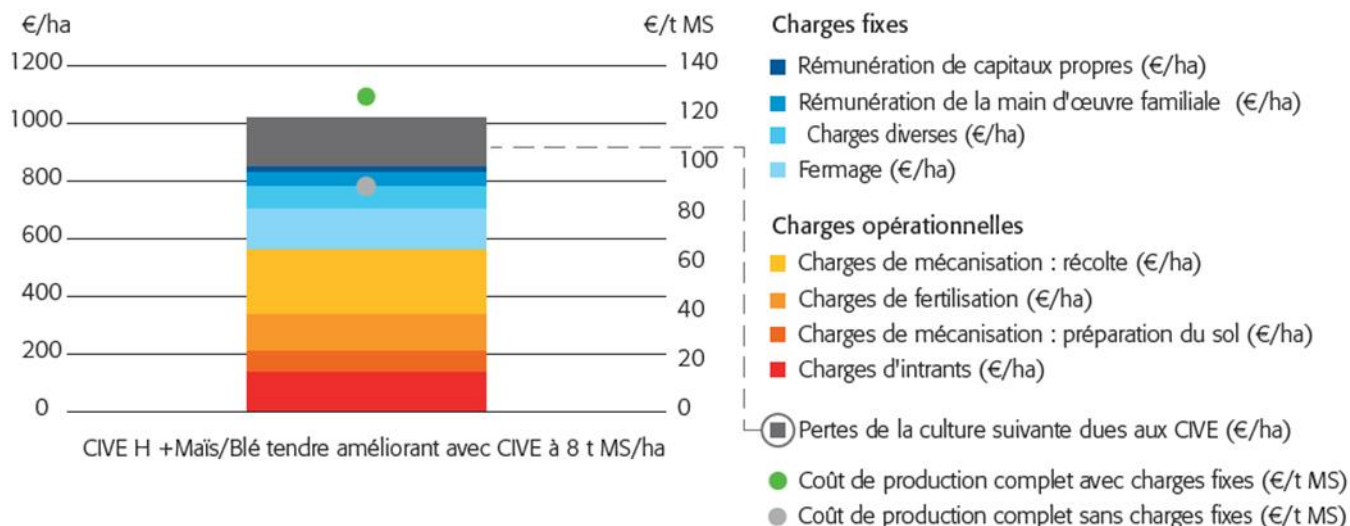
Prix CIVE (€/t)	Prix maïs (€/t)					
	110	130	150	170	190	210
70	21	19	17	15	14	13
80	22	20	18	17	15	14
90	24	22	20	18	17	16
100	25	23	21	20	18	17
110	26	24	22	21	19	18
120	27	25	24	22	21	19
130	28	26	25	23	22	20
140	29	27	25	24	23	21

# Combien coûte la production d'une CIVE ?



Une CIVE s'inscrit dans un système de production. Ainsi une CIVE conduite de la même manière dans deux exploitations différentes n'aura pas le même coût de production.

## Exemple pour une CIVE d'hiver ayant produit 8 t MS/ha et récoltée la 1<sup>ère</sup> décade de mai





# Pour aller plus loin : les livrables à votre disposition



## 4 Vidéos prochainement disponibles sur ARVALIS TV

- Impacts techniques et environnementaux des CIVE
- Comment calculer le coût d'une CIVE
- Analyse de Cycle de vie d'unités de méthanisation avec CIVE
- CIVE et impact sur le carbone organique du sol



Intégrer une Cive dans la rotation : quel impact technique et environnemental ? - ARVALIS.fr

ArvalisTV • 593 vues • il y a 3 semaines

Temps de travail supplémentaire, pression phytosanitaire, efficacité énergétique... voici quelques exemples d'indicateurs techniques et environnementaux de rotation qui incluent des cultures...



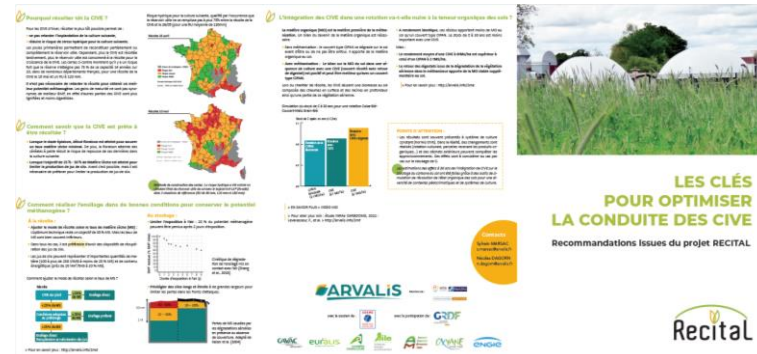
Quel impact de la récolte d'une Cive sur l'état organique d'un sol ? - ARVALIS.fr

ArvalisTV • 252 vues • il y a 3 semaines

Les résultats du projet CarboCims illustrent l'impact de la récolte d'une culture intermédiaire à vocation énergétique (Cive) sur la matière organique des sols par rapport à un...

## Des plaquettes : imprimées et disponibles en ligne

- **Nationale** : définition, réglementation, Récolte conservation, méthode de fertilisation, atlas agroclimatique...
- **Régionales** : espèces variétés, fertilisation, évaluations technico-économiques et environnementales



## Un espace dédié sur le site ARVALIS, Rubrique « Recherche et innovation »

<https://www.arvalis.fr/recherche-innovation/nos-travaux-de-recherche/recital>

- Plaquettes
- Articles
- Résultats complémentaires



# MERCI POUR VOTRE ATTENTION AVEZ-VOUS DES QUESTIONS ?



**ARVALIS**

**CAVAC**  
POSITIVE AGRICULTURE!

**eurälis**  
NOURRIR VOTRE CONFIANCE

**AGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRES D'AGRICULTURE

**A** ASSOCIATION  
AGRICULTEURS  
**M** MÉTHANISEURS  
DE FRANCE

**OXYANE**  
INSPIRER L'AVENIR

**Aile**  
initiatives  
énergie  
environnement

**ENGIE**

Avec le soutien de



Et la participation de



**ARVALIS**



# Méthanisation sans élevage: production potentielle de CIVEs et évaluation environnementale des systèmes de culture associés

*Camille Launay<sup>1,2,3</sup>, **Sabine Houot**<sup>2</sup>; Vincent Jean-Baptiste<sup>3</sup>,  
Hélène Raynal<sup>1</sup>, Julie. Constantin<sup>1</sup>*

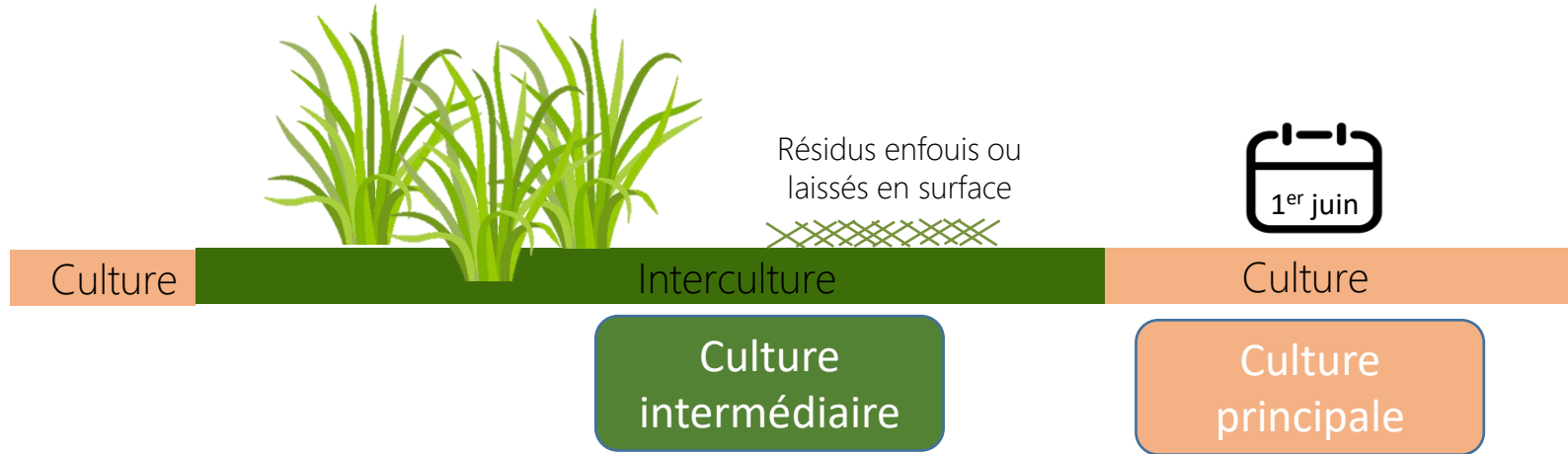
<sup>1</sup> *Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31320, Castanet-Tolosan, France*

<sup>2</sup> *Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Ecosys, F-78850, Thiverval-Grignon, France*

<sup>3</sup> *GRDF, F-75009, Paris, France*

Contexte

# Culture intermédiaire



Culture intermédiaire : culture implantée entre la récolte d'une culture principale et le semis de la culture principale suivante pendant une période appelée interculture

<https://dicoagroecologie.fr>



# Culture intermédiaire et ses déclinaisons

CIPAN

## Culture Intermédiaire Piège à Nitrate. (Catch Crop)

Culture intermédiaire à croissance rapide non récoltée dont l'objectif est de réduire la lixiviation du nitrate. Obligatoire dans les zones vulnérables telles que définies dans la Directive Nitrate Européenne depuis 1991.

CIMS  
(MSCC)

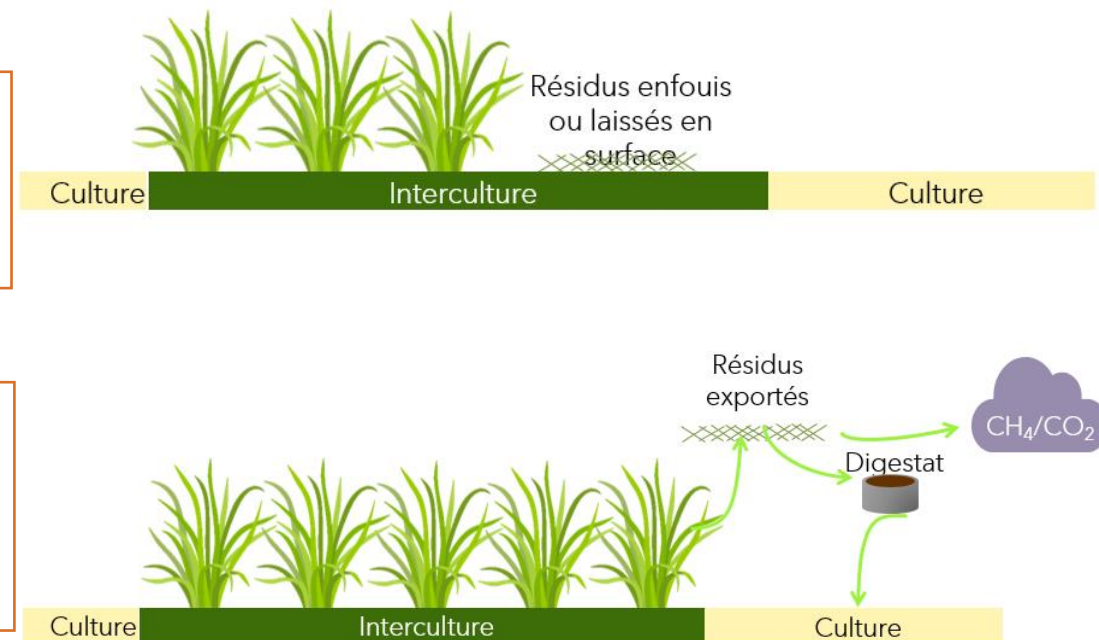
## Culture intermédiaire multi-services (Multi Service Cover Crop)

fournir un bouquet de **services écosystémiques**

CIVE  
(ECC)

## Culture intermédiaire à vocation énergétique (Energy Cover Crop)

fournir le service de **production d'énergie**.  
Gérées pour max la production de biomasse ( choix des espèces, possiblement fertilisation et irrigation)



**Scénarios ADEME du développement du biogaz: en 2050, 35 à 63% du gaz proviendrait de la méthanisation, dont 50% à partir de CIVEs (51-61 TWh)**

# Objectifs

- **Nouvelle méthode d'estimation de la production de biomasse par les CIVES.**
  - basée sur de la simulation de modèles
  - prenant en compte la diversité des sols, des climats et des systèmes de culture, à une haute résolution spatiale.
- **Estimer l'impact de l'extension des CIVES** sur:
  - la production à destination alimentaire
  - l'environnement (GHG, stockage du C, consommation eau, usage en fertilisants, et perte d'N)

# Matériel et méthode

- **Approche expérimentale → Calage modèles**

- Essai au champ: 2 ans
- Comparaison: sol nu – CIMS – CIVE
- Mesures: volatilisation  $\text{NH}_3$ , suivi N minéral, rendements, ...
- Essai labo : méthanisation

- **Construction de la chaine de modélisation**

- **Scenarios de modélisation : impact de l'extension de CIVEs sur**

- la production à destination alimentaire
- sur l'environnement (GHG, stockage du C, consommation eau, usage en fertilisants, et perte d'N)

# 4 Scénarios

## Ligne de base

- **CIPAN en zones vulnérables nitrate**
- En interculture d'hiver, de 2 à 6 mois (destruction mi-nov à mi-mars, pas après maïs et betterave)
- Espèces les plus utilisées en 2011 (moutarde, ray grass)

## Insertion de CIVEs

- En interculture d'hiver avant le 15 octobre
- En interculture d'été avant le 20 juillet
- Orge d'hiver et sorgho
- Fertilisation des CIVEs avec de l'engrais minéral et digestat épandu sur la culture suivante
- Seuil de récolte à 5 t MS/ha
- 33% de chaumes

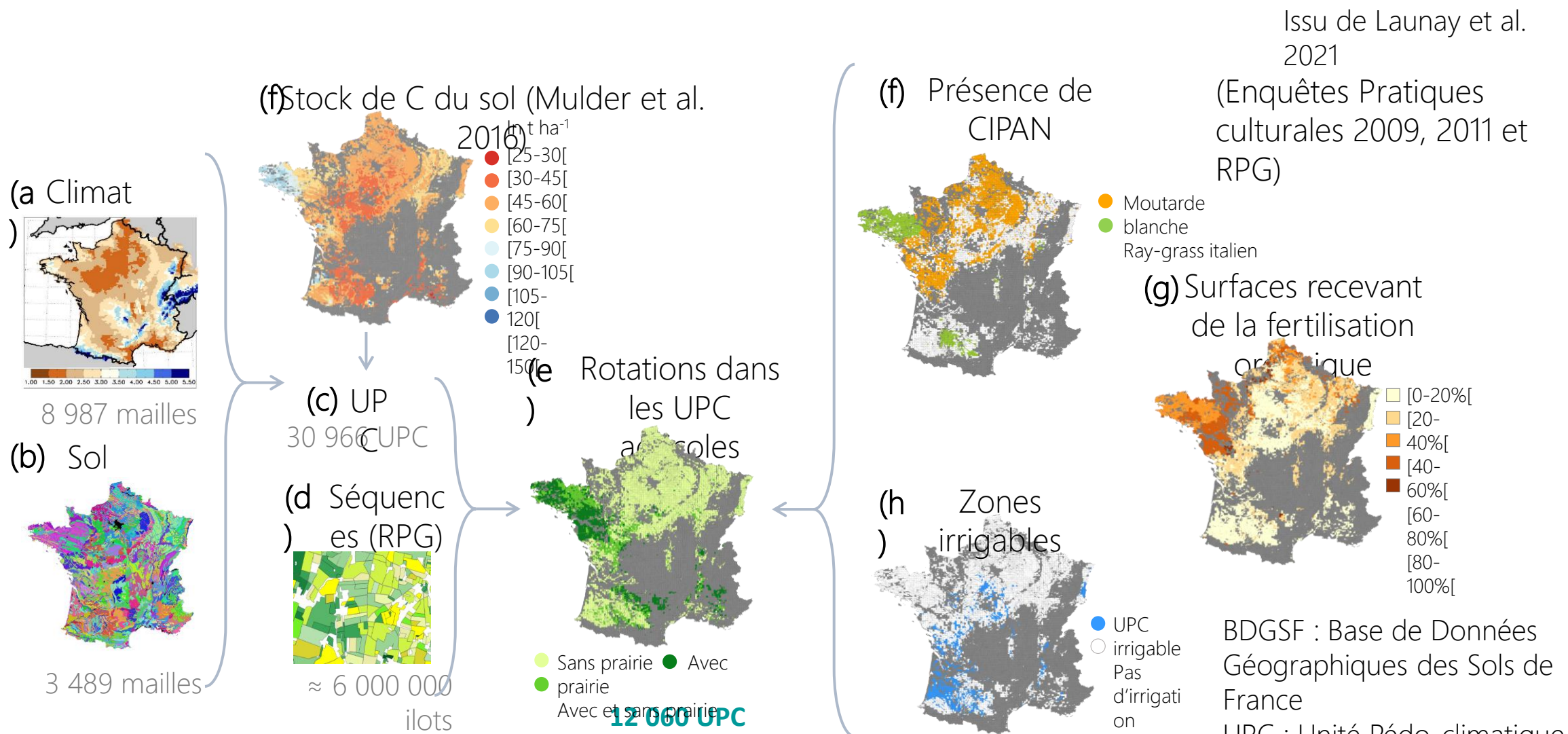
## Extension des CIMS

- **CIMS dans les intercultures de plus de 2 mois**
- En interculture d'hiver et d'été avant le 20 juillet
- Légumineuses et espèces non gélives
- Irrigation autorisée pour la levée

## Extension des CIVEs

- Mêmes règles et mêmes espèces que précédemment
- Avancement de la précocité du maïs et du tournesol
- Substitution de colza par du tournesol, substitution de blé par du maïs ou de l'orge

# Construction des systèmes de culture actuels : étude 4p1000



Issu de Launay et al. 2021

(Enquêtes Pratiques culturelles 2009, 2011 et RPG)

BDGSF : Base de Données Géographiques des Sols de France

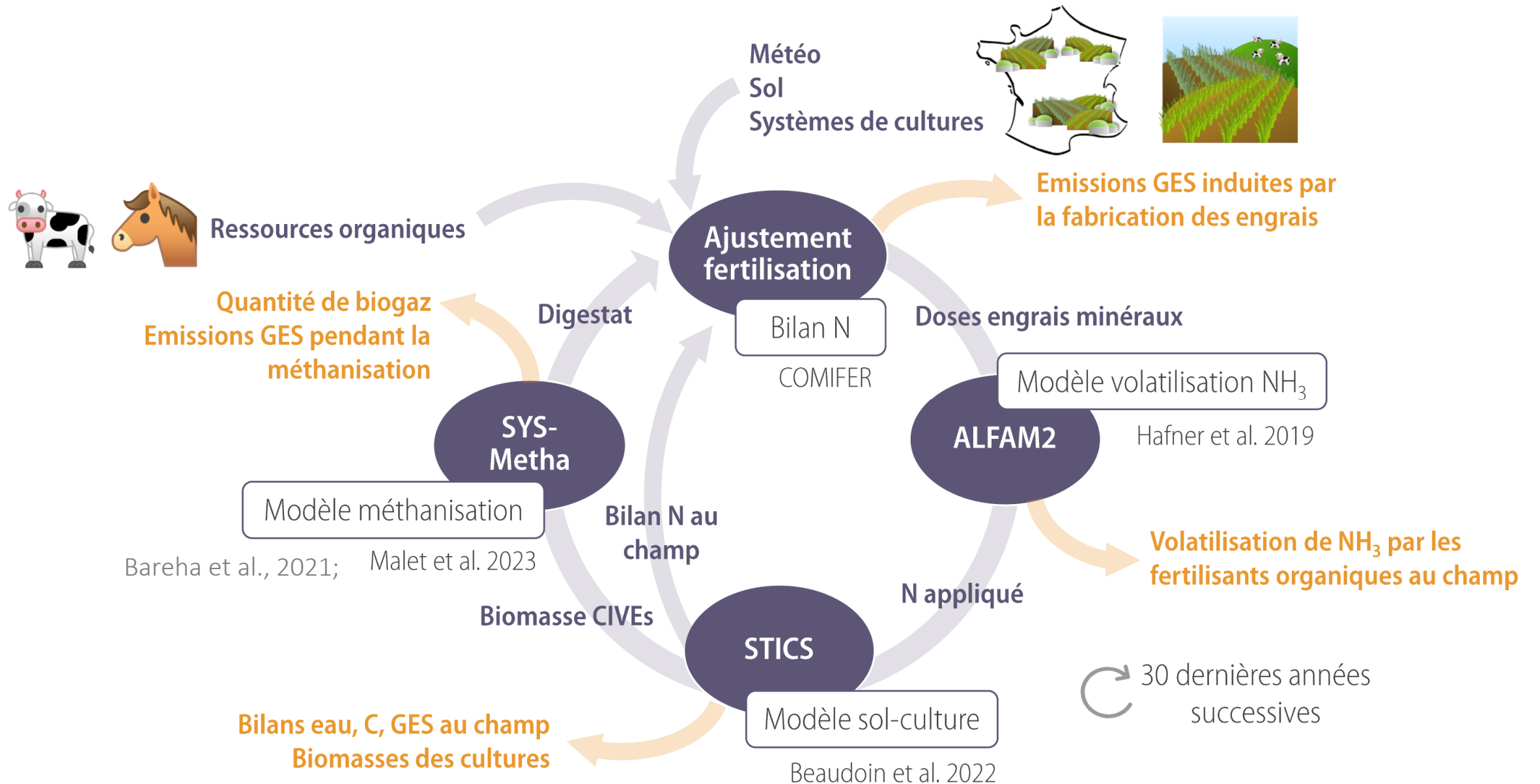
UPC : Unité Pédo-climatique

RPG : Registre Parcellaire Graphique

- Représente  $\frac{3}{4}$  de la surface arable française de 2009 = 14 Mha



# Chaine de simulation



Résultats

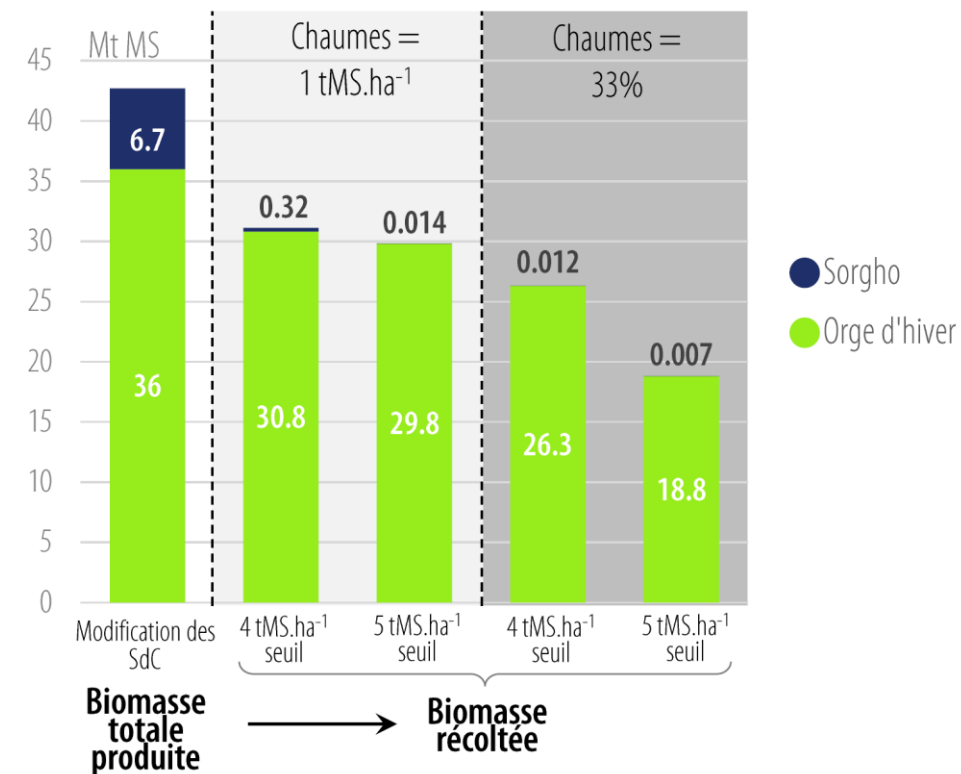
# Production de biomasse pour le biogaz

- Surfaces de cultures intermédiaires
- Biomasse totale en Mt de MS sur l'ensemble de la zone simulée dans les différents scenarios

	Ligne de base	Extension CIMS	Introduction CIVES	Extension CIVES
<b>Surface (Mha)</b>	<b>1.6</b>	<b>4.1</b>	<b>4.2</b>	<b>6.8</b>
<b>Biomasse totale (Mt MS)</b>	<b>2.5</b>	<b>10.5</b>	<b>17.8</b>	<b>42.9</b>

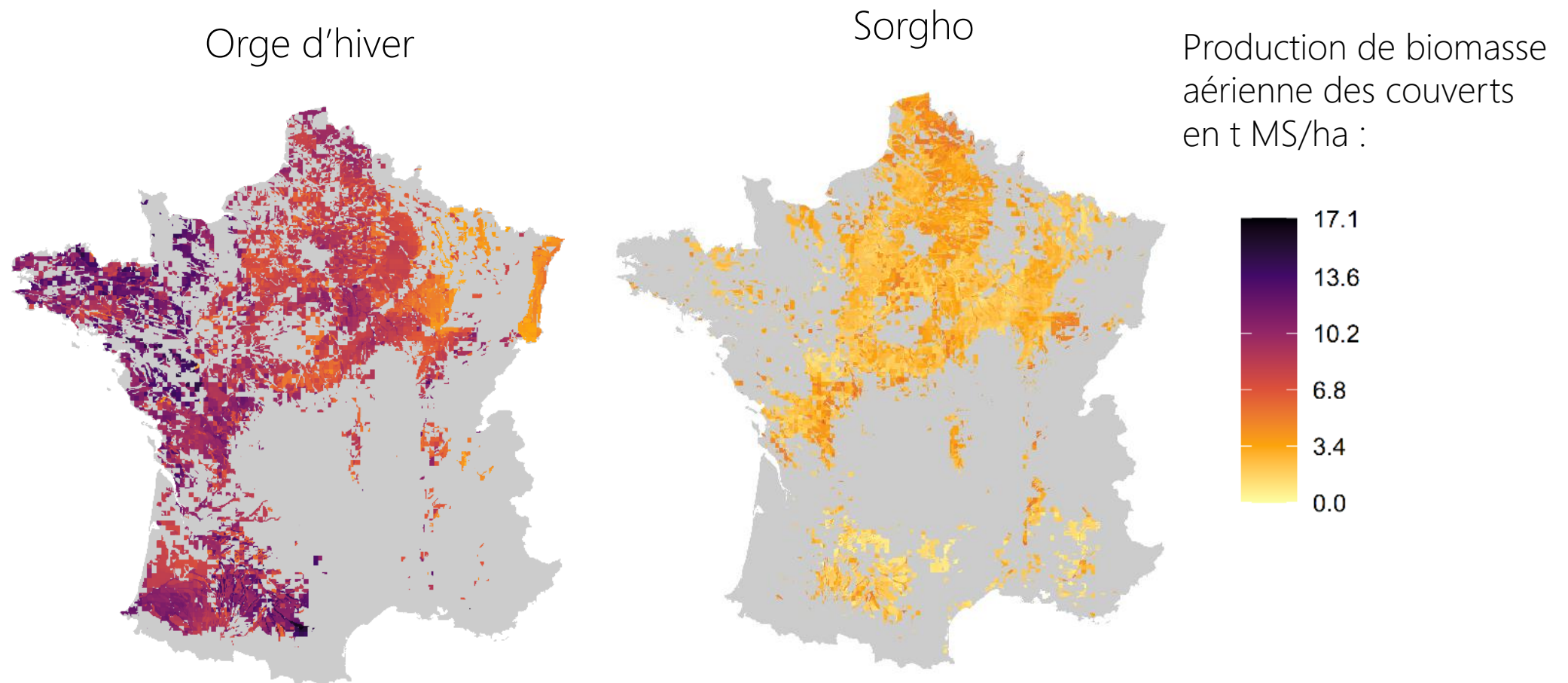
- **Biomasse exportée dépend des hypothèses de récolte**
- **Extension des CIVES: 4.4 à 31.1 Mt MS = 17 à 115 TWh → 4 à 27% de la consommation de gaz en 2021 (plus que les estimations ADEME)**

## Extension des CIVES







# Cartographie de production des CIVES (Scénario Extension des CIVES)

- Les CIVES d'hiver plus productives que les CIVES d'été
- Extension possible des CIVES d'hiver dans le sud-ouest et le Bassin Parisien



# Production de biomasse énergétique au léger détriment de la biomasse alimentaire

*Modification des rendements par rapport à la ligne de base :*

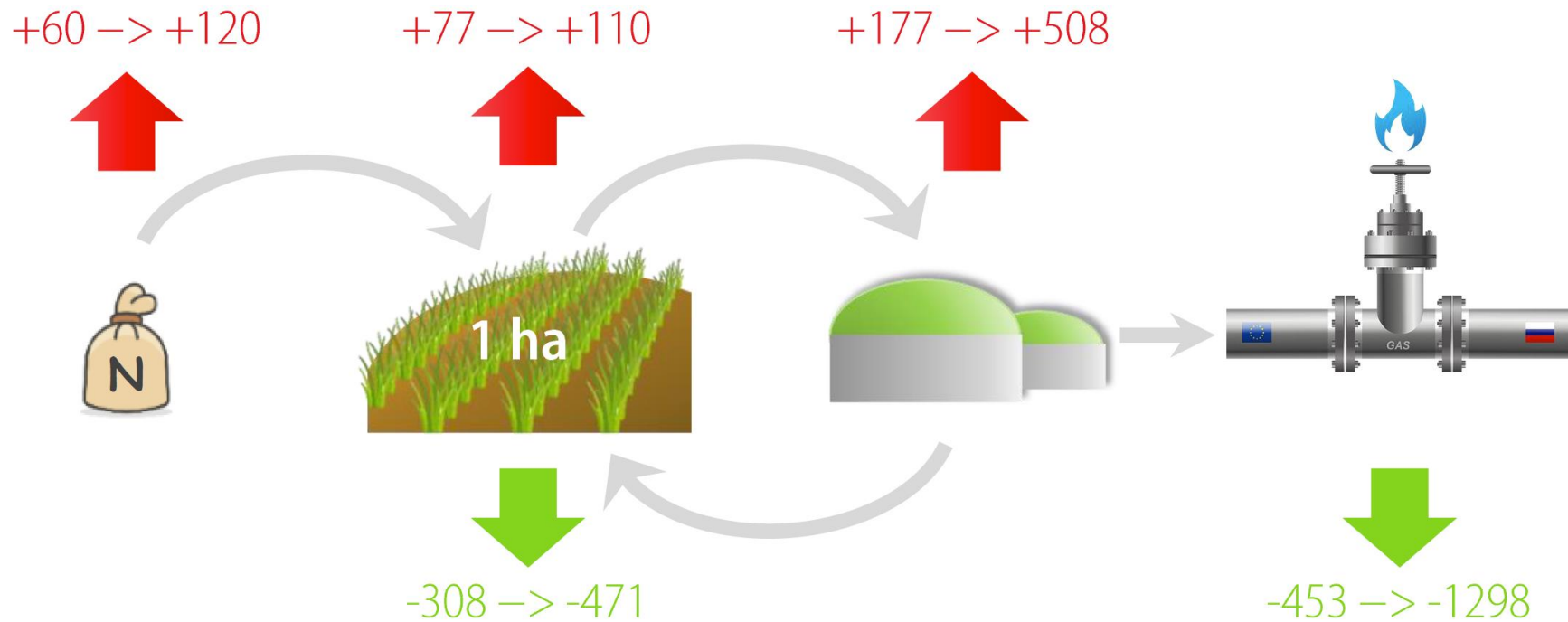
				
Extension des CIMS	+2,3 → +3,1 %		-6,5 → -9,8 %	
Insertion des CIVEs	+2,6 → +3,9 %		-8,9 → -17,3 %	
Extension des CIVEs	+2,7 → +8,6 %		-9,5 → -14,8 %	

- **Stress hydrique** après les CIMS et les CIVEs d'hiver (récolte ou destruction quelques jours avant le semis de la culture suivante)
- **Stress azoté** après les CIVEs d'hiver



# Contribution à l'atténuation du changement climatique

*Différences entre les émissions GES des deux scénarios CIVEs et la ligne de base en kg CO<sub>2</sub>e/ha/an :*



- Le **stockage de C** dans les sols et la **substitution de gaz fossile** permettent d'améliorer le bilan GES dans les systèmes sans élevage: de **26 à 58%** d'émission en moins

Conclusion

# Conclusions sur les CIVEs

## 1. Quelle quantité de biomasse et d'énergie pourraient-elles produire en France ?

- Elles pourraient assurer jusqu'à 27 % de nos besoins en gaz actuels grâce aux CIVEs d'hiver implantées très largement avec un bon rendement (sauf dans l'Est de la France).

## 2. Quels sont les impacts sur les cycles du carbone, de l'azote et de l'eau ?

- Elles améliorent le bilan GES des systèmes actuels, mieux que les CIMS le feraient, grâce au stockage de carbone et à la substitution de gaz fossile.
- La consommation d'engrais augmente (explorer les associations avec légumineuses en CIVEs, limiter la fertilisation des CIVEs) et conduit à une augmentation de la volatilisation de  $\text{NH}_3$  (bonnes pratiques d'épandage, acidification des digestats). Mais les CIVEs sont globalement aussi efficaces que les CIMS pour réduire la lixiviation (effet espèce).
- Les CIVEs et les CIMS conduisent de la même façon à une réduction du drainage (conséquence sur les nappes ?).

## 3. Quels sont les impacts sur la production alimentaire ?

- Les CIVEs réduisent un peu plus le rendement des cultures printemps que les CIMS mais l'effet n'est pas systématique (gérer la date de destruction et la fertilisation, adapter l'espèce suivante).

Merci pour votre attention