



# LA MÉTHANISATION AGRICOLE QUELS MODÈLES ?

5 MARS 2022 - MARS

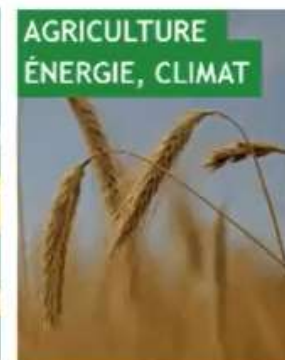
Christian Couturier

Association au service des transitions  
énergétique, agroécologique et alimentaire, depuis 1981

200 adhérents, 40 salariés

3 métiers : Ingénierie-conseil, Recherche/prospective,  
Formation/Publication

7 activités :



## Typologie de la « méthanisation rurale »

Le projet est porté une ferme

Couverture d'une fosse existante à l'aide d'un gazomètre pour valoriser le biogaz pour le chauffage de bâtiments d'élevage



## DONNÉES CLEFS

Technologie	Cogénération
Nombre de vache	150 vaches laitières
Volume cuve	4500 m <sup>3</sup>
Investissement	260 000 €
Puissance cogénération	36 kWe
Tarif d'achat	220 €/MWh e
Chaleur	Chauffage poulaillers

## VISUEL



Le projet est porté par l'exploitation, MPEI, CA et une coopérative agricole

Au sein de la SAS, l'agriculteur détient la majorité du capital social

250 Nm<sup>3</sup>/h



Les exploitations se situent dans un rayon de 15 km

## DONNÉES CLEFS

Technologie	Cogénération
Date de connexion	2018
Production de biométhane	22 400 MWh PCS
Tarif d'injection	99 euros/MWh
Intrants valorisés	27 000 tonnes/an
Investissements - CAPEX	9 630 k€
CA 2022	2 217 k€

## VISUEL

Voie piston





**Le projet est porté par 9 exploitations,  
la commune et Energie Partagée**

**Au sein de la SAS, les agriculteurs  
détiennent 60% du capital social**

80 Nm<sup>3</sup>/h



**Les exploitations  
se situent dans un  
rayon de 7 km**

## DONNÉES CLEFS

Technologie	Injection directe de biométhane
Date de connexion	Avril 2022
Production de biométhane	7 140 MWh PCS
Tarif d'injection	111 euros/MWh
Intrants valorisés	10 900 tonnes/an
Investissements - CAPEX	4 195 k€
CA 2022	792 k€

## Le groupe



**113 exploitations (20% des fermes du territoire)**  
**229 actionnaires**

**SAS constituée en 2011**  
**60% du capital détenu par les agriculteurs**

**3 600 kWe**



Les exploitations  
se situent dans un  
rayon de 25 km

## DONNÉES CLEFS

Technologie	Injection directe de biométhane
Date de connexion	2022
Production de biométhane	3,6 MW électrique
Tarif d'injection	
Intrants valorisés	139 000 tonnes/an
Investissements - CAPEX	25 M€
CA 2022	

## VISUEL



Au sein de la SAS, la coopérative détient 100% du capital social

200 Nm<sup>3</sup>/h

Les exploitations se situent dans un rayon de 7 km



## DONNÉES CLEFS

Technologie	Injection directe de biométhane
Date de connexion	Septembre 2022
Production de biométhane	18 900 MWh PCS
Tarif d'injection	93 euros/MWh
Intrants valorisés	21 000 tonnes/an
Investissements - CAPEX	7 174 k€
CA 2022	1 750 k€

## VISUEL





## PREMIÈRE PARTIE

# ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES IMPACTS AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Un processus de transformation de la matière organique complexe en molécules simples

- Absence d'oxygène : procédé « anaérobie »
- Phénomène naturel : gaz de marais, de fumier, intestin : « digestion »
- Les archées sont aussi présentes dans plusieurs microbiotes humains (flore intestinale et orale, peau, nombril)



**Les voies aérobies :**

- $MO + \text{microorganismes (bactéries aérobies)} + O_2 \rightarrow CO_2$  (forme oxydée du carbone) + chaleur
  - **Compostage, aération pour traitement des eaux usées en station d'épuration, décomposition de la matière organique dans le sol**

**Les voies anaérobies :**

- $MO + \text{microorganismes (archées)} \rightarrow CH_4$  (forme réduite du carbone) + peu de chaleur
  - $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{énergie}$
- => La méthanisation permet de récupérer de l'énergie sous une forme exploitable : le gaz méthane

## Bilan énergétique et bilan GES

Titre étude	Auteur	Année	Méthodologie ACV	Valeur g CO <sub>2</sub> e/ kWh PCI	g CO <sub>2</sub> e/ MJ PCI
FE Gaz naturel France continentale - Base Carbone®	GRTgaz, TIGF, STORENGY, GRDF, ELENGY)	2015	Extraction/production de gaz jusqu'à utilisation chez le consommateur en France métropolitaine	227,0	63,1
Emissions des combustibles de référence - Usage <b>Chaleur</b> RED 2	CE	2020		288,0	80
Emissions des combustibles de référence - Usage <b>Transport</b> RED 2	CE	2020		338,4	94
Bilan GES d'un mix moyen biométhane mis à jour pour la Base Carbone®	Quantis, ENEA	2017	Affectation des impacts entre produits (allocation économique)	44,1	<b>12,2</b>
Bilan GES d'un mix moyen biométhane mis à jour pour la Base Carbone®	Quantis, ENEA	2017, MAJ 2020	Substitution de produits alternatifs	23,0	<b>6,4</b>

## Informations administratives

Statut Valide générique  
 Contributeur GRDF  
 Création Avril 2020

Transparence ★★★★★ 4/4  
 Qualité ★★★★★ 4.0/4  
 Représentativité technique Bonne  
 Représentativité géographique Très bonne  
 Représentation temporelle Très bonne  
 Complétude Bonne  
 Précision Bonne  
 Homogénéité Bonne

## Objectif ENR selon RED 2 :

**< 33 g CO<sub>2</sub>/MJ PCI MES après 2021 (usage transport)**  
**< 24 g CO<sub>2</sub>/MJ PCI entre MES 2021 et 2025 (usage chaleur)**  
**< 16 g CO<sub>2</sub>/MJ PCI MES après 2025 (usage chaleur)**





## Analyse du cycle de vie du biométhane agricole - "Quels impacts sur l'environnement ? "



Mardi 25 janvier 2022 - de 13h à 14h - WEBINAIRE

Organisateur : **Solagro, INRAE Transfert**

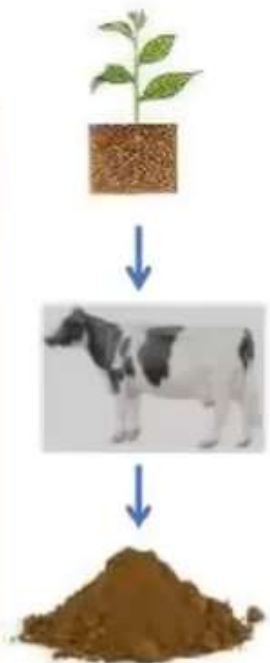
Date limite d'inscription : **25/01/2022**

[https://solagro.org/agenda/acvbiomethane\\_2022](https://solagro.org/agenda/acvbiomethane_2022)

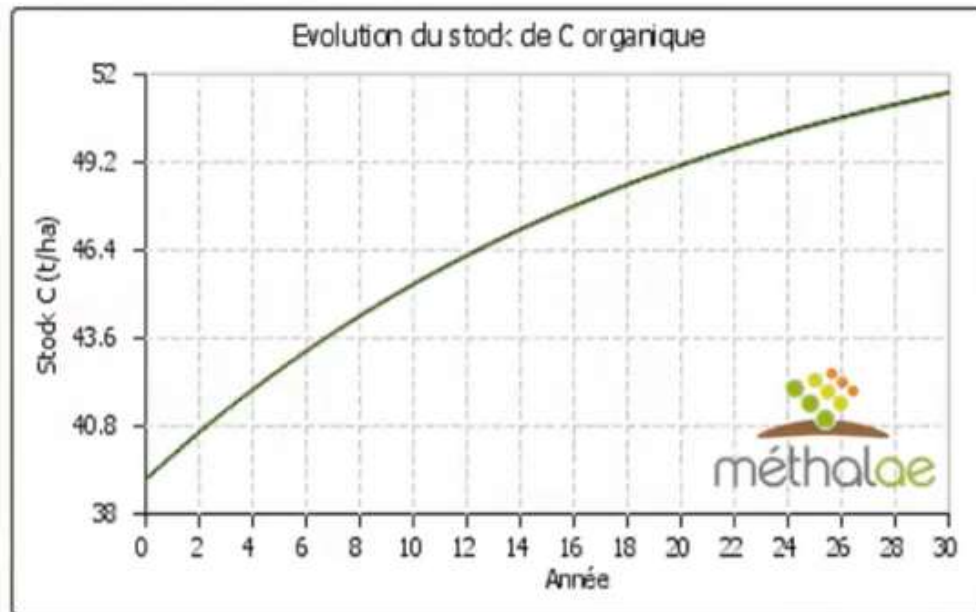
## Qualité agronomique et matière organique

S. Houot,  
D'après Thomsen, 2013

Fourrage incorporé directement au sol      Fourrage digéré par des animaux et restitué au sol sous forme d'effluents      Fourrage digéré via méthanisation et restitué au sol sous forme de digestat      Fourrage digéré par des animaux et effluents d'élevage digérés via méthanisation



Carbone restitué au sol	100%	30%	20%	16%
Carbone dégradé dans le sol	86%	52%	42%	24%
ISMO	14%	48%	58%	76%
Carbone humifié	14%	14%	12%	12%



- Scénario avant méthanisation
- Scénario après méthanisation

## Systeme :

- Maïs/Blé/Orge printemps
- Sol limono-argileux
- Labour : 2 ans/3
- MO : 2,3 - 2,6 %

## Situation initiale

- Fumier b. pailleux 1an/2

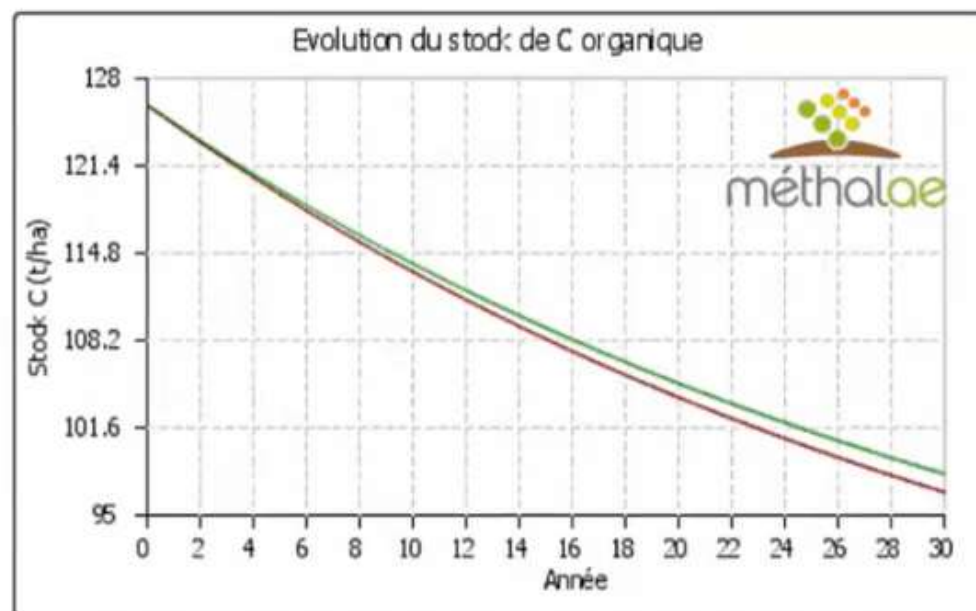


## Situation après méthanisation

- Digestat solide 1an/2

✓ Pas d'impact du changement d'engrais organique





- Scénario avant méthanisation
- Scénario après méthanisation

## Systeme :

- Colza/Blé/Orge/Pois protéa
- Sol argilo limoneux calcaire
- Labour 25 cm 1an/2
- CIPAN
- MO : 5,1 - 5,6 %

## Situation initiale

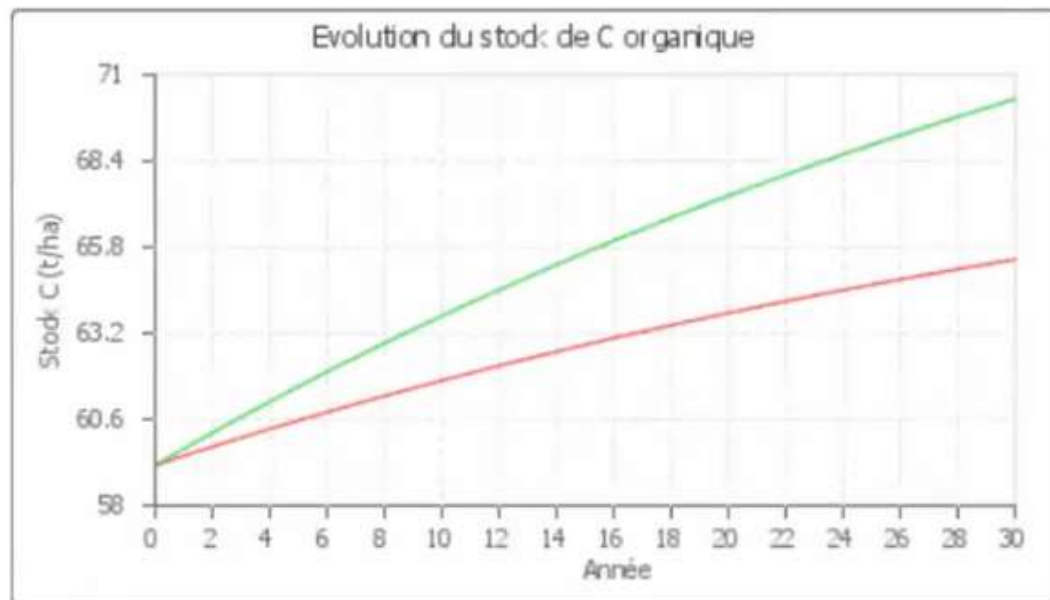
- Compost de fumier 1an/2



## Situation après méthanisation

- Digestat solide 1an/2

- ✓ Déstockage du C orga dû à la forte quantité de départ, le travail du sol régulier et l'exportation systématique des pailles
- ✓ Moins de perte de MO par la méthanisation que le compostage



- Scénario avant méthanisation
- Scénario après méthanisation

## Système :

- Colza/blé/tournesol/blé
- Sol argileux
- TCS : 2 ans/3
- MO : 2,3 - 2,6 %

## Situation initiale

- Rotation céréale de 4 ans
- CIPAN avant tournesol
- Apport de fiente de volaille avant colza



## Situation après méthanisation

- Remplacement CIPAN par CIVE
- Implantation sarrazin à la place de tournesol
- Retour de digestat en échange de la CIVE

- ✓ Malgré l'export des parties aériennes de la CIVE, Chaumes + racines > MS de la CIPAN
- ✓ Retour du digestat suite à la digestion de la CIVE

## Stabilité structurale du sol

**JRI**  
2022

## Conclusions

- L'effet des digestats différents peut varier significativement et permet l'établissement d'une typologie d'effet
- Pour tous les digestats mis en incubation, il n'y avait aucun effet négatif significatif
- Le post-traitement et le degré de stabilisation (anaérobie et aérobie) sont des facteurs déterminants

### Perspectives

- Des essais comprenant des digestats (bruts) encore plus diversifiés pourraient mieux révéler l'effet des intrants en méthanisation
- Des essais sont en cours pour valider les résultats au champs et étudier l'interaction avec d'autres facteurs (type du sol, climat, culture)
- Il conviendrait de prendre en compte l'impact de la méthanisation sur la modification des systèmes de culture (CIVES, pratiques agricoles, rotations, etc.) qui vont indirectement impacter la stabilité structurale des sols



INRAE UR OPAALE  
UMR SAS

apivale

l'institut Agro  
agriculture • alimentation • environnement



### Impact des digestats sur la stabilité structurale des sols – une première typologie

J. COOKE<sup>1,2\*</sup>, S. MENASSERI<sup>2</sup>, S. BUSNOT<sup>2</sup>, A. TREMIER<sup>1</sup>, R. GIRAULT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAE UR1466 OPAALE, 17 avenue de Cucillé CS 64427, 35042 RENNES cedex, France  
<sup>2</sup> INRAE UMR1069 SAS, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 RENNES, France.



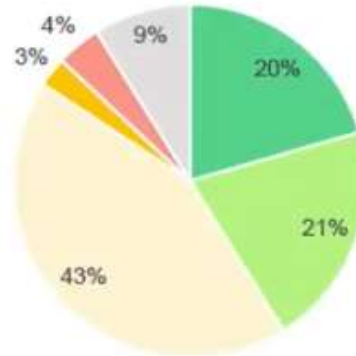
## Microbiologie du sol

**JRI**  
2022

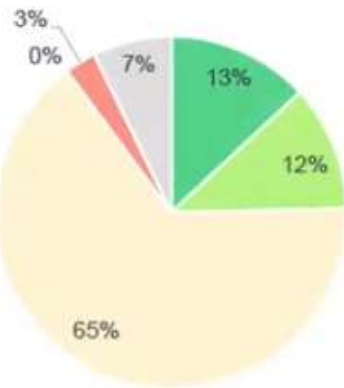
## Impact des digestats sur la qualité microbiologique des sols

Sur 66 études publiées :

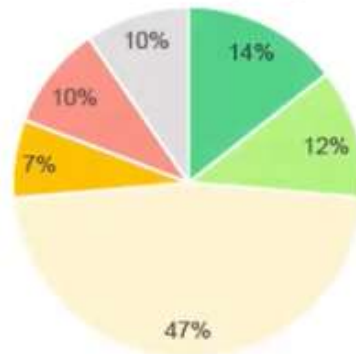
Digestats versus aucun apport  
(146 résultats analysés)



→ Impact net : globalement positif ou nul mais délétère dans 7% des certains cas



Digestats versus fertilisation minérale de synthèse  
(69 résultats analysés)



Digestats versus autre fertilisation organique  
(125 résultats analysés)

→ Dans 1 cas sur 6, digestats moins bénéfiques que ferti organique classique



- 
- 
- 
- Avec le soutien de
- 
- 

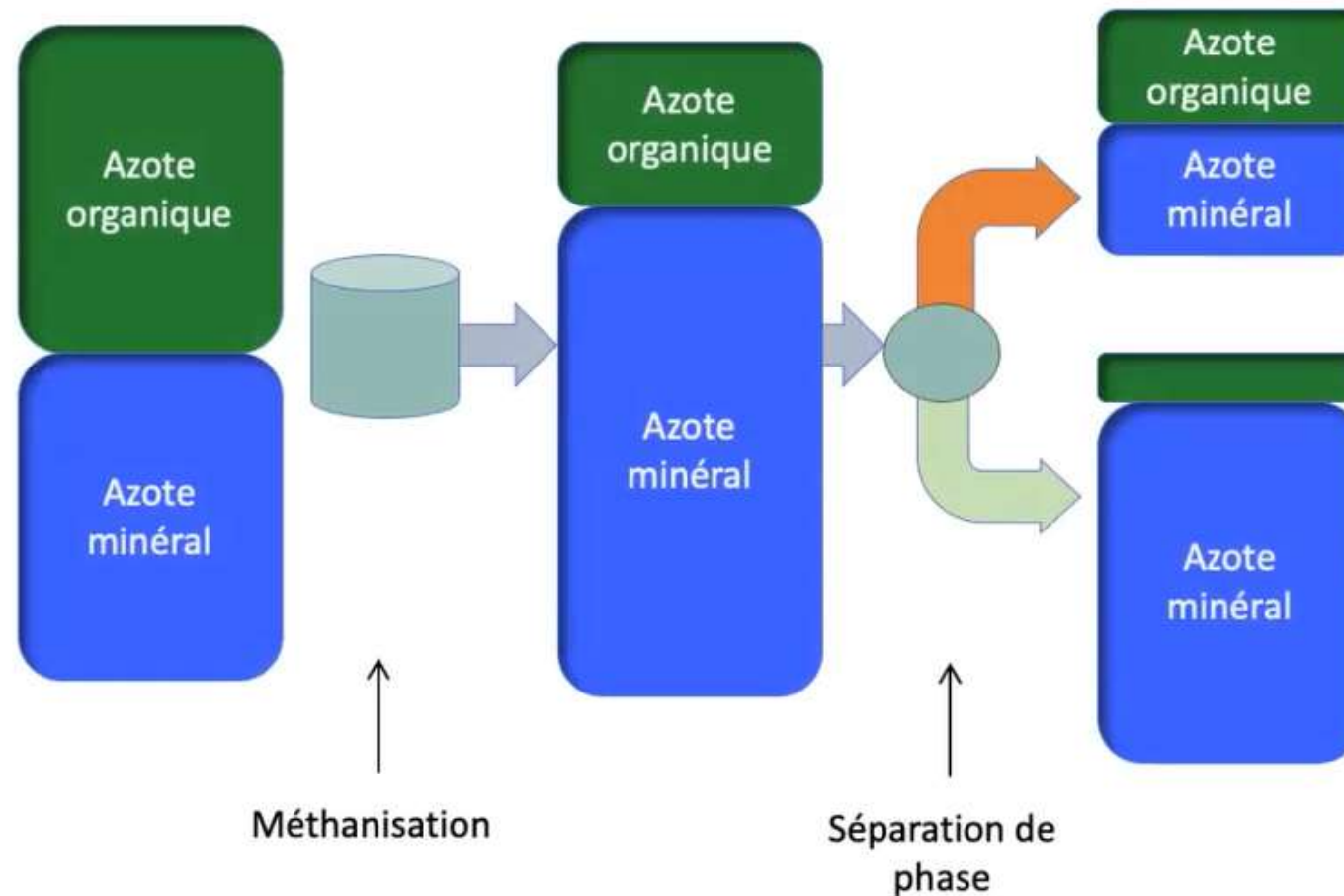
MethaREV : groupe de réflexion autour de l'impact de l'épandage de digestats sur la qualité des sols

→ Focus sur la qualité biologique des sols



## Cycle des nutriments

*Les matières minérales sont intégralement conservées au cours de la méthanisation. Elles évoluent vers des formes plus solubles, qui peuvent encore être modifiées lors des étapes de traitement des digestats.*





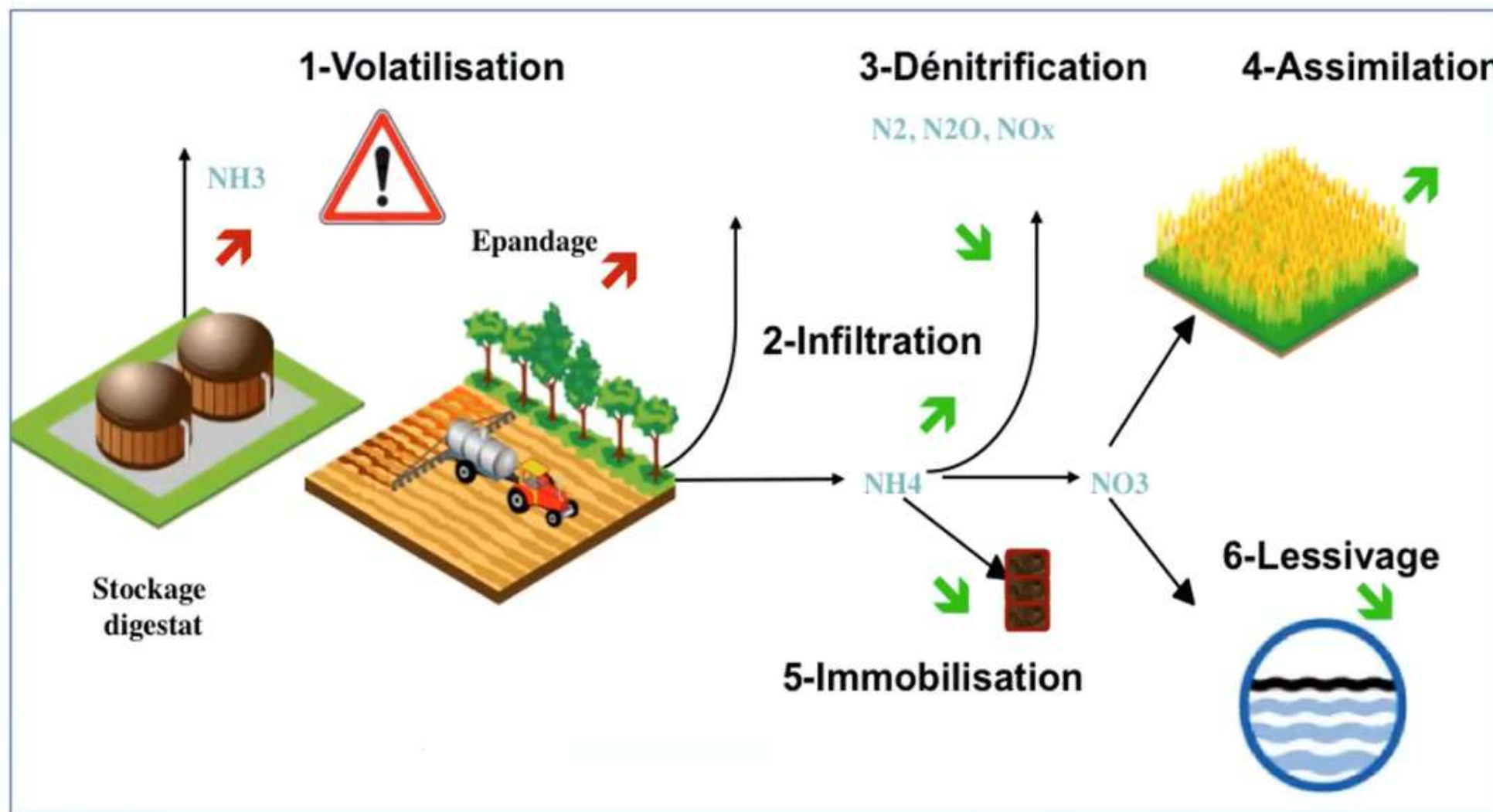


Illustration des l'augmentation et la réduction des risques d'émissions de polluants liés à la méthanisation



- 46 fermes enquêtées
- 23 méthaniseurs de 30 kW à 2,1 MW
- 19 unités individuelles et 4 collectives
- Mise en service entre 2006 et 2013

- **Moins de recours à la fertilisation minérale** : - 20 % en moyenne sur l'ensemble du groupe (soit une économie de 17 kg/ha)
- **Baisse moyenne des pertes par volatilisation constatée de 8 kg/ha/an** avec des disparités
  - 2 EA ont dégradé significativement les pertes par volatilisation :
    - L'une a changé son atelier volaille (mode de gestion des effluents et augmentation du cheptel de 15 %),
    - L'autre fait des apports en digestat largement supérieurs aux apports de fumiers/lisiers de référence
- **Baisse moyenne du solde d'azote de 8 kg/ha**, soit -10 %
  - Malgré des rendements culturaux parfois mauvais en 2015 et 2016 (donc baisse des exportations végétales)
  - Dans le cas de rendements « normaux » : ¾ des exploitations auraient vu leur solde s'améliorer

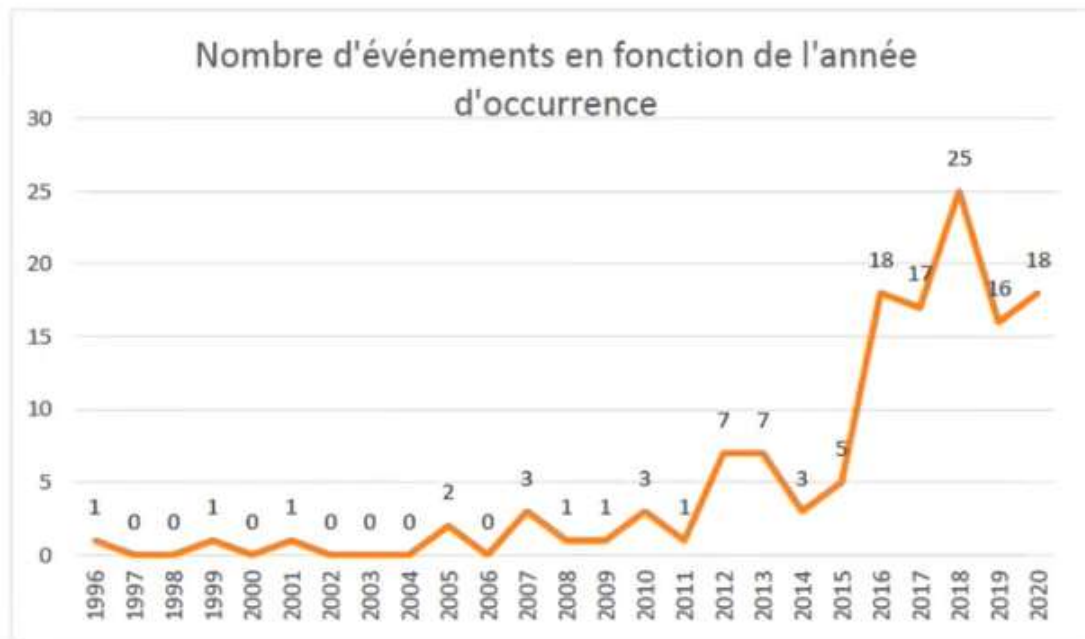
## Impacts et risques



Synthèse

| Septembre 2021 |

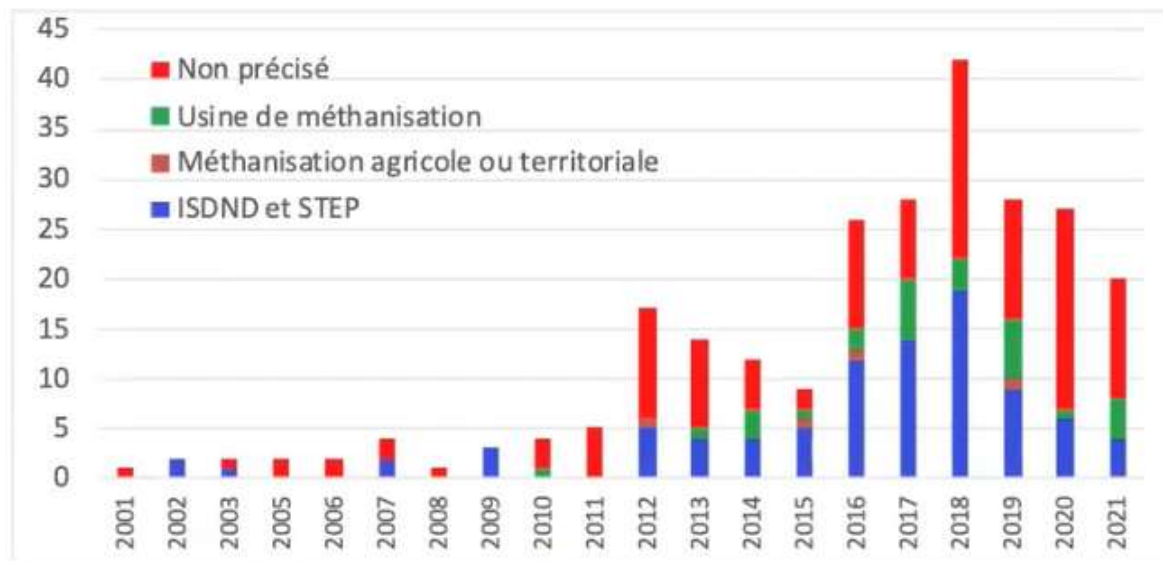
## Accidentologie du secteur de la méthanisation



<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/synthese/accidentologie-du-secteur-de-la-methanisation/>

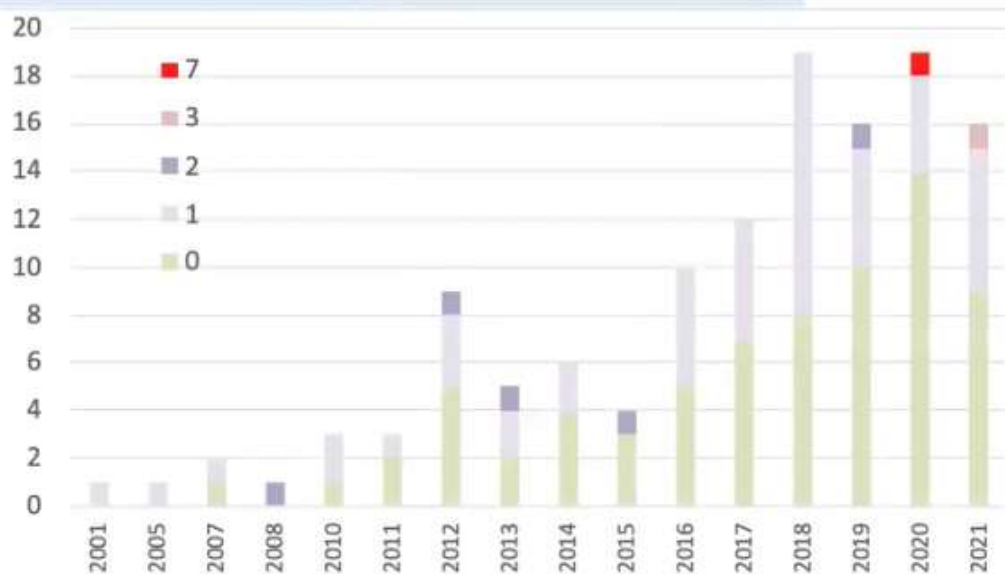


- plus de la moitié concernent des installations non agricoles (traitement de déchets, boues et eaux usées)
- « non précisé » = probablement majorité d'installations agricoles, mais non exclusivement



Selon le type d'installation

## Selon le degré de gravité (hors STEP et ISDND)



## Degré de gravité (1 à 6) :

- Matières dangereuses relâchées
- Conséquences humaines et sociales
- Conséquences environnementales
- Conséquences économiques

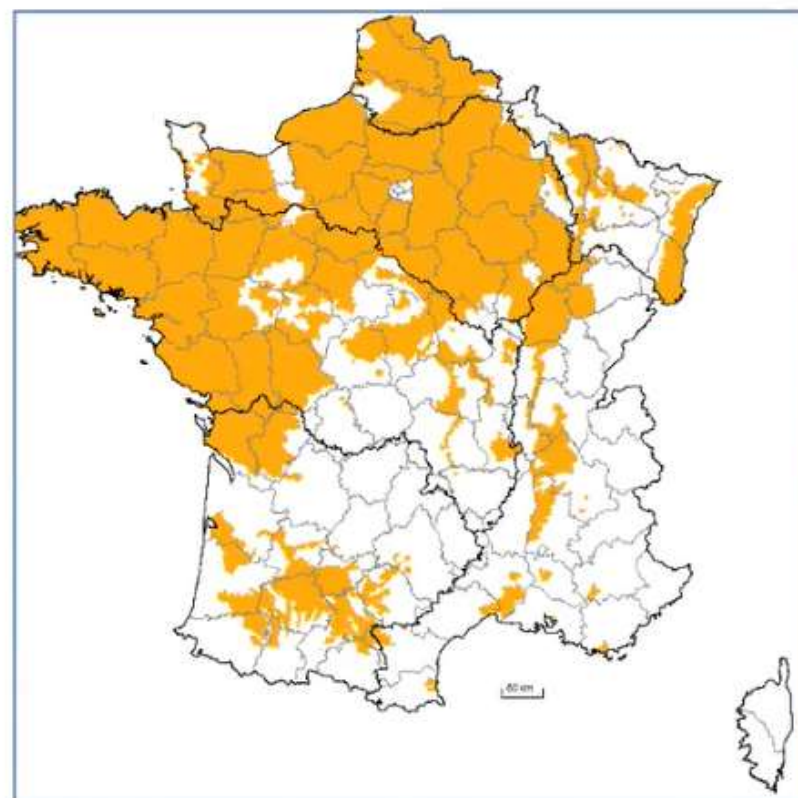
⇒ note cumulée

- Majorité d'incidents (note 0) ou faible gravité (1)
- 2020 : Châteaulin
- 2021 : rupture fosse à lisier existante, méthaniseur en cours de construction

# Les CIVE

*Une culture intermédiaire est une culture semée après la récolte de la culture annuelle principale et qui remplit différentes fonctions agro-environnementales (piégeage de l'azote résiduel, lutte contre l'érosion) ou économiques (production de biomasse récoltable).*

- **Couverts végétaux : éviter que le sol reste nu après la récolte :**
  - Réduire les phénomènes d'érosion,
  - Réduire développement des mauvaises herbes (les adventices)
  - Réduire lessivage des minéraux ;
  - Améliorer la structure du sol et le stockage de carbone par leur système racinaire ;
  - Augmenter la biodiversité
- **CIPAN : obligation dans certaines zones**
- **CIVE : fonction supplémentaire de production de biomasse**
- **CIMS : Culture intermédiaire multi-services**



Carte des zones vulnérables 2012 (developpement-durable.gouv.fr)





**CIVE d'ÉTÉ**  
Pousse pendant l'été

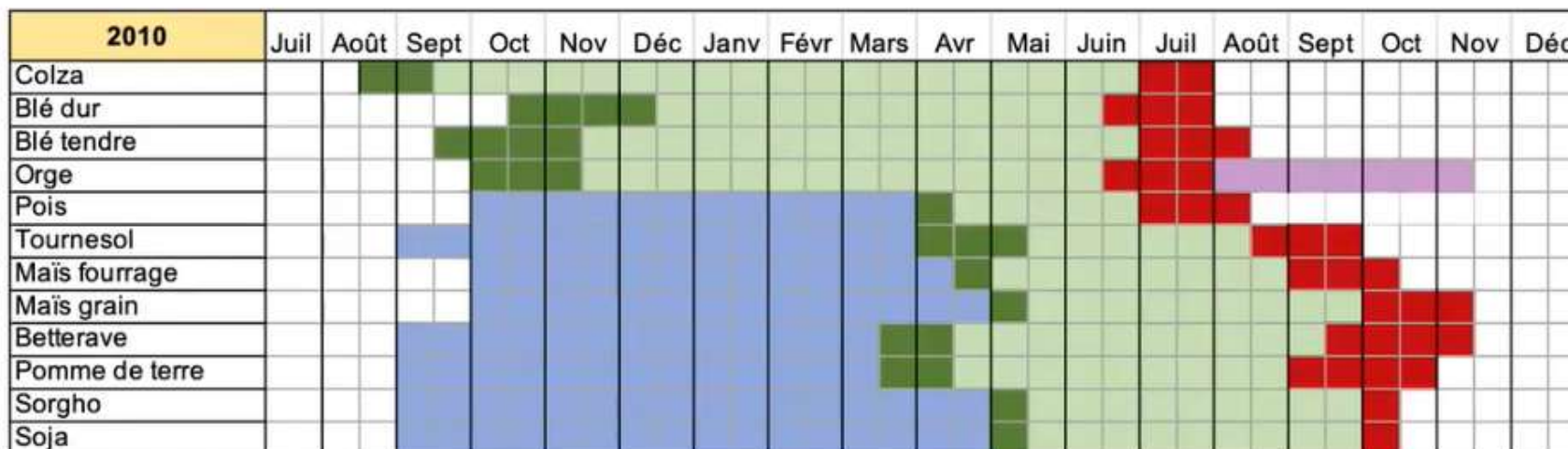
**CIVE d'HIVER**  
Pousse pendant l'hiver

Hypothèses 2050 :

- Cultures d'hiver récoltées 1 mois plus tôt ce qui autorise plus de surfaces en CIVE d'été

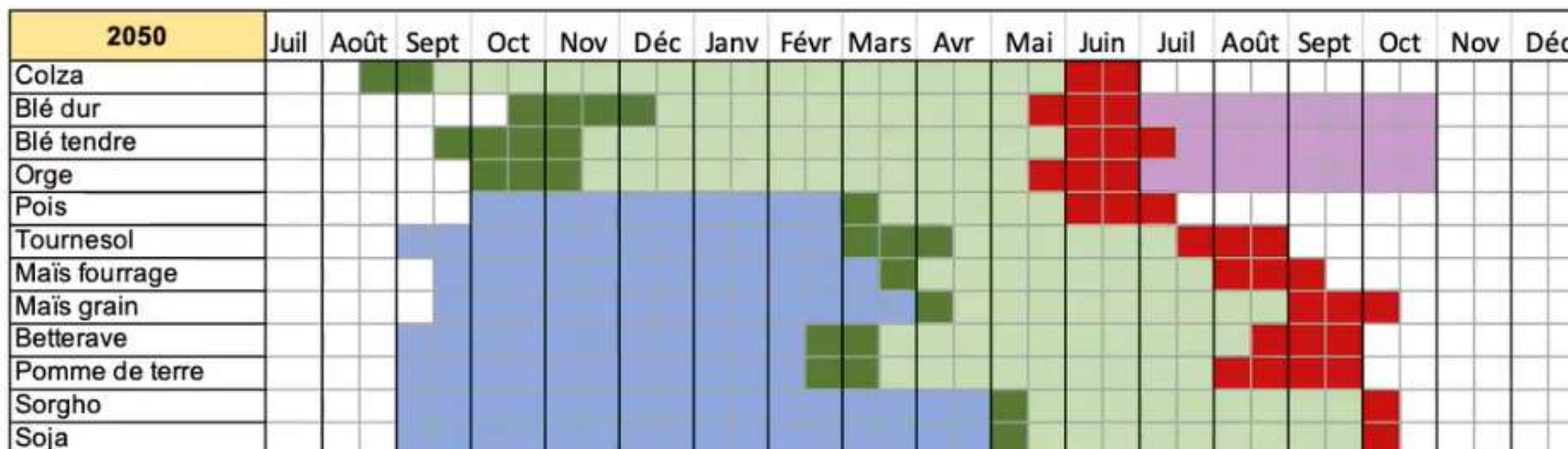
CIVE d'été : après une culture d'hiver (céréales...)

CIVE d'hiver : AVANT une culture de printemps (maïs, tournesol...)



10 Mha  
x 7 tMS/ha  
x 10 %

4 Mha  
x 6 tMS/ha  
x 50%



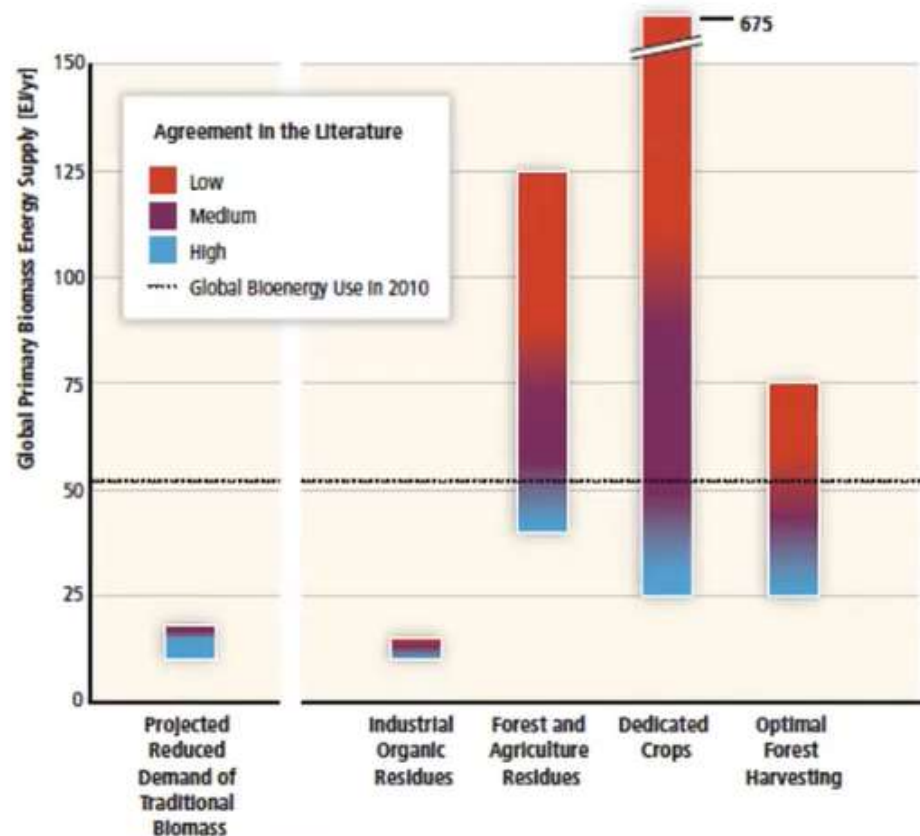


# SECONDE PARTIE

## PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

## **Le rôle du biogaz dans la transition énergétique selon les scénarios négaWatt et Afterres**

<b>Actuel</b>	<b>1.2 Gtep</b>	<b>(50 EJ)</b>
<b>Potentiel</b>	<b>1 à 7 Gtep</b>	<b>(40-312 EJ)</b>
<b>Large consensus</b>	<b>2.5 Gtep</b>	<b>(100 EJ)</b>
<b>Consensus assez élevé</b>	<b>3.5 Gtep</b>	<b>(150 EJ)</b>
<b>Médiane des scénarios</b>	<b>3.7 Gtep</b>	<b>(154 EJ)</b>



ipcc\_wg3\_ar5\_chapter11, p.870/871

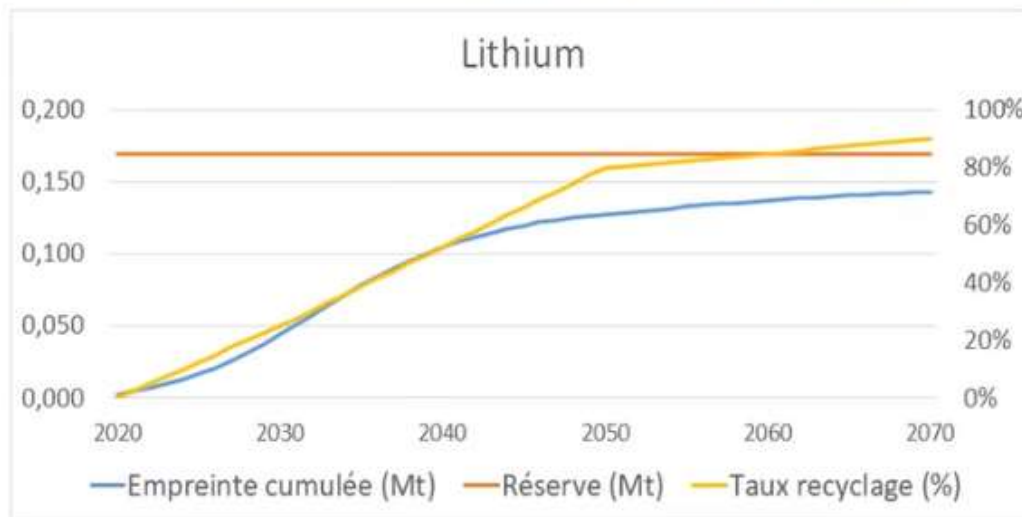


## Le lithium aujourd'hui :

- Empreinte : 674 t/an
- pour des accumulateurs importés à 98%
- Non recyclé car exige une pureté de 99,99%

## Le lithium en 2050 :

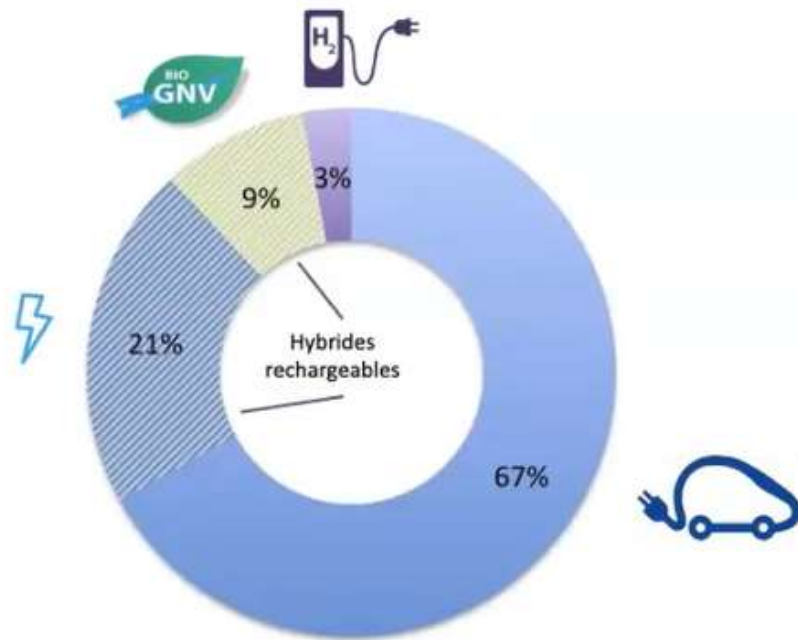
- Empreinte : 5 950 t/an
- Batteries NMC811 et LFP supposées fabriquées en France



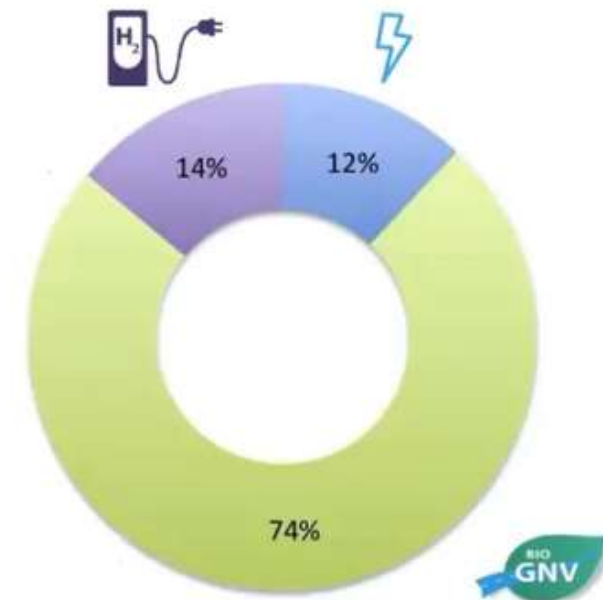
## La réserve n'est pas atteinte grâce à :

- une mobilité adaptée et sobre et 25% de voitures citadines
- un mix entre électrique et bioGNV
- un recyclage très poussé



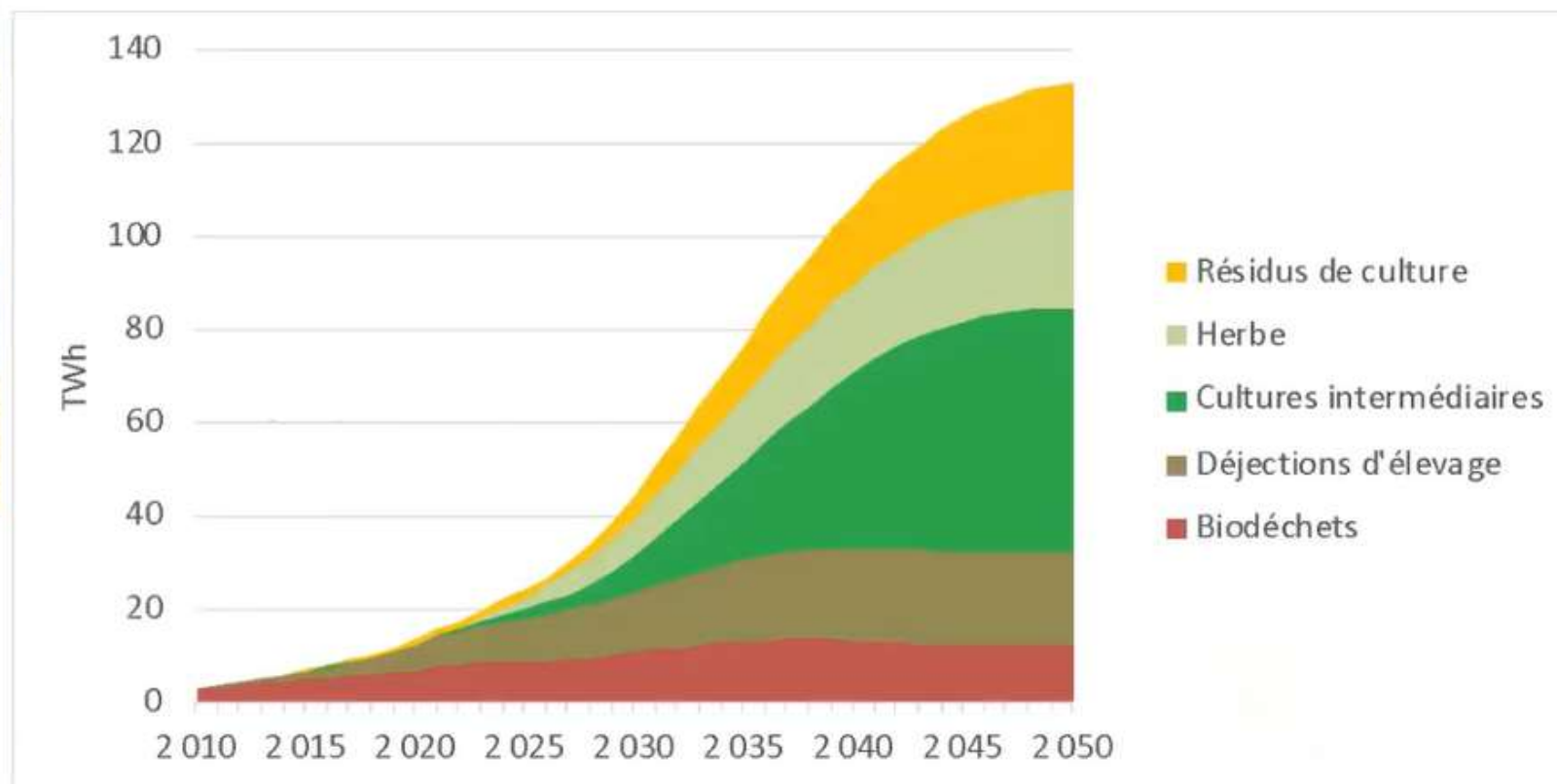


Répartition des motorisations des voitures en 2050



Répartition des motorisations des poids lourds en 2050

## Scénarios de développement (Afterres / négaWatt)



## Bilan fourrager

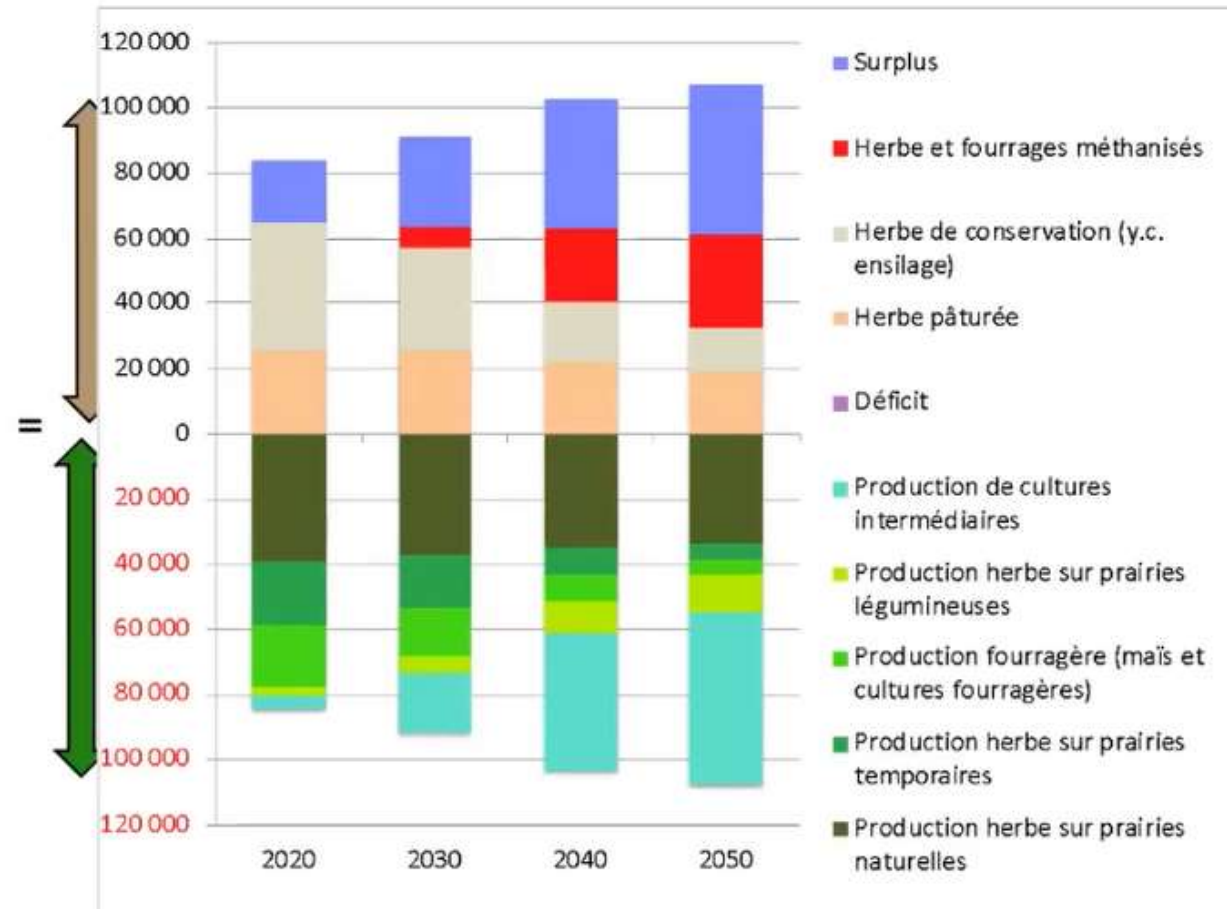
milliers de tonnes (matières sèches) / an

### Emplois :

- Herbe pâturée
- Herbe conservée (foin, ensilage)
- Herbe et fourrages méthanisés
- 'Surplus' calculé dont engrais verts

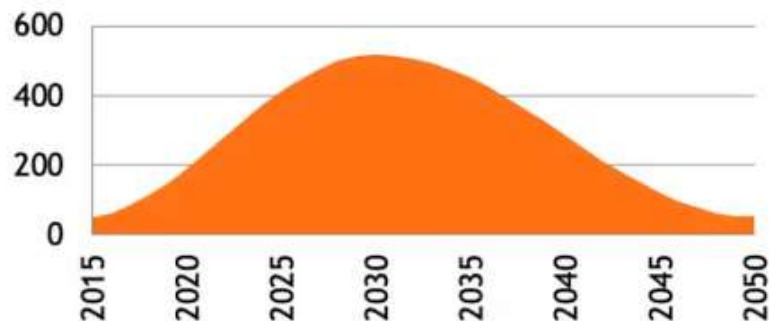
### Ressources = production

- Surfaces toujours en herbe : prairies permanentes
- Terres arables :
  - o prairies temporaires de graminées
  - o prairies légumineuses
  - o cultures fourragères (maïs ensilage)
- Cultures intermédiaires (sur grandes cultures)
- 'Déficit' calculé

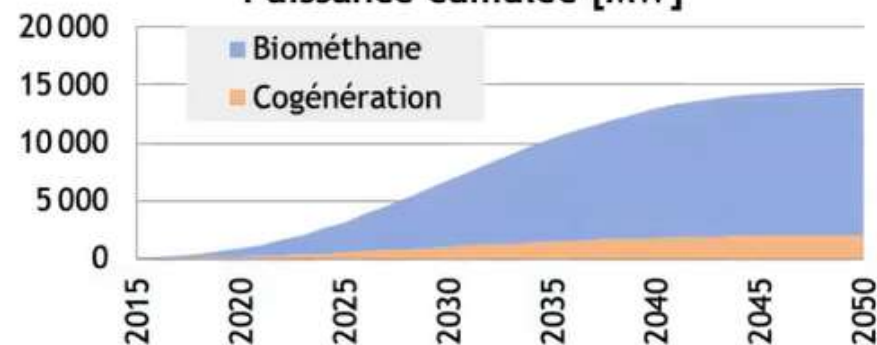




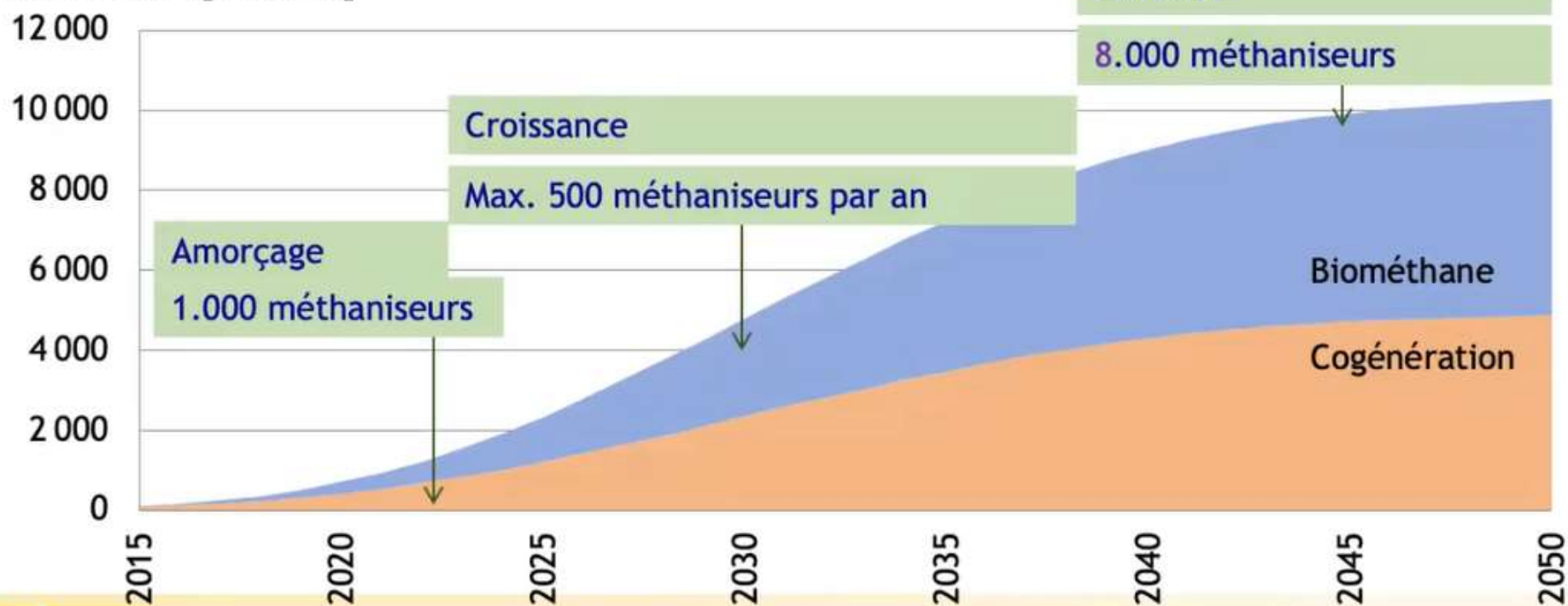
Nombre de nouvelles unités par an



Puissance cumulée [MW]



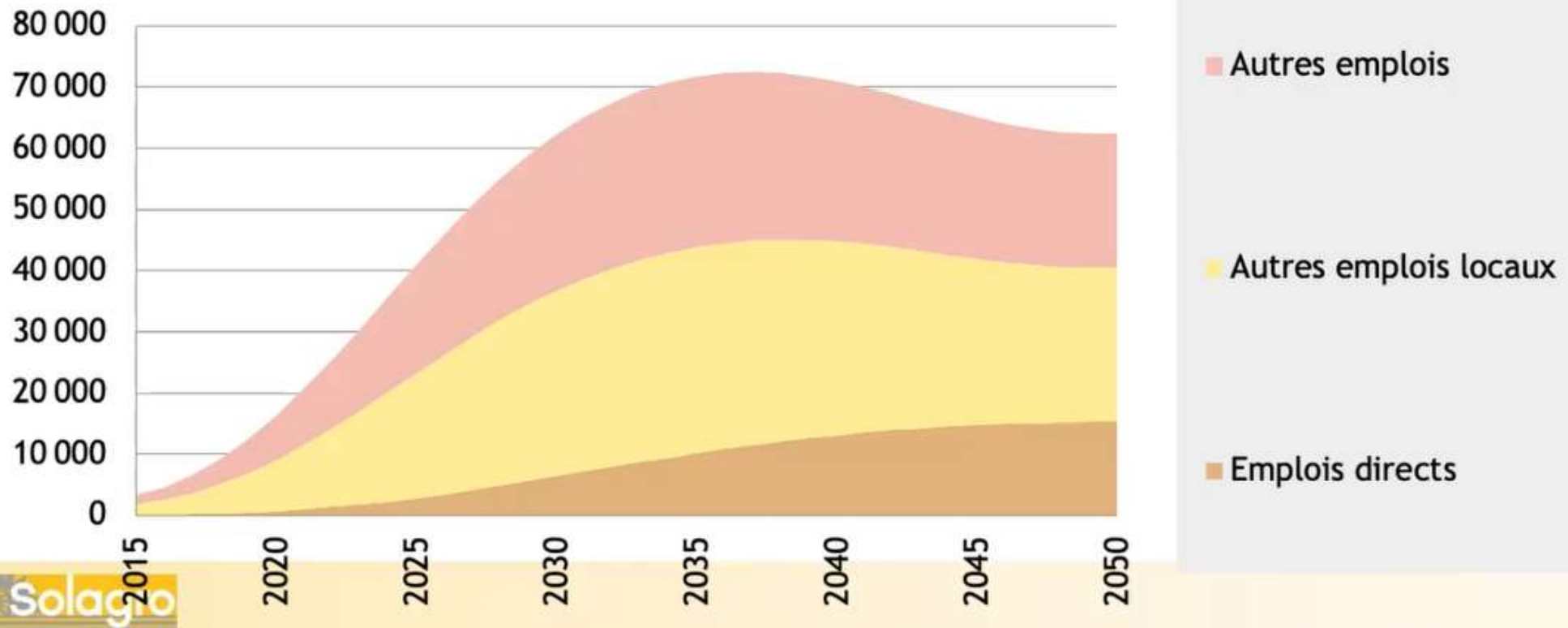
Parc cumulé [Nombre]



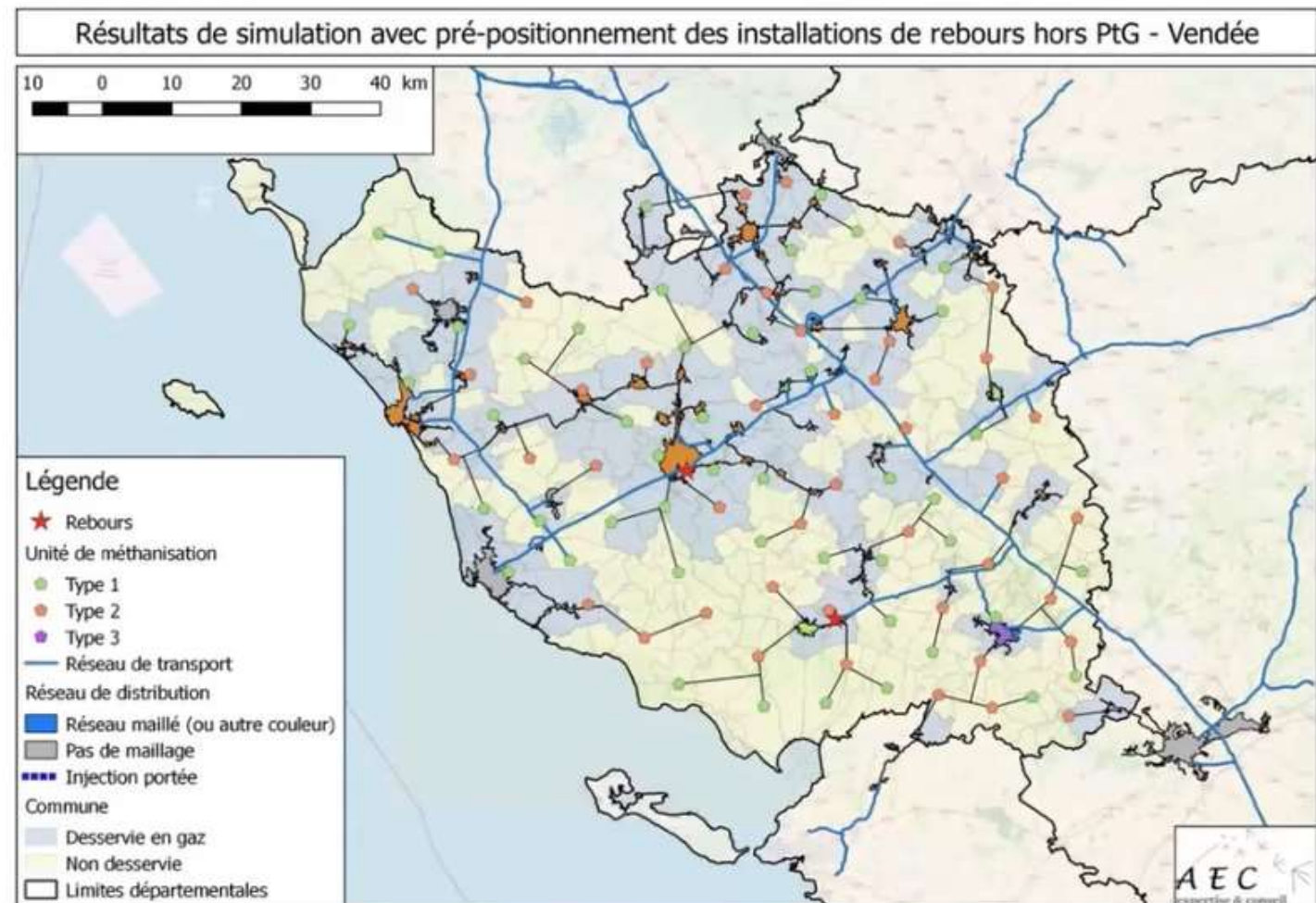
- Un secteur d'activité qui pèsera 5 milliards d'euros par an
- Equivalent à 8% du chiffre d'affaire de l'agriculture

Secteur (pour comparaison)	Milliers ETP
Fabrication de produits laitiers	58
Fabrication de boissons	41
Transformation et conservation de la viande de boucherie	44
Travail du bois	52
Industrie du papier et du carton	61

Emplois [Nombre ETP]



Intérêt de la planification du développement des réseaux avec mutualisation des coûts de développement ( S3REnR gaziers )

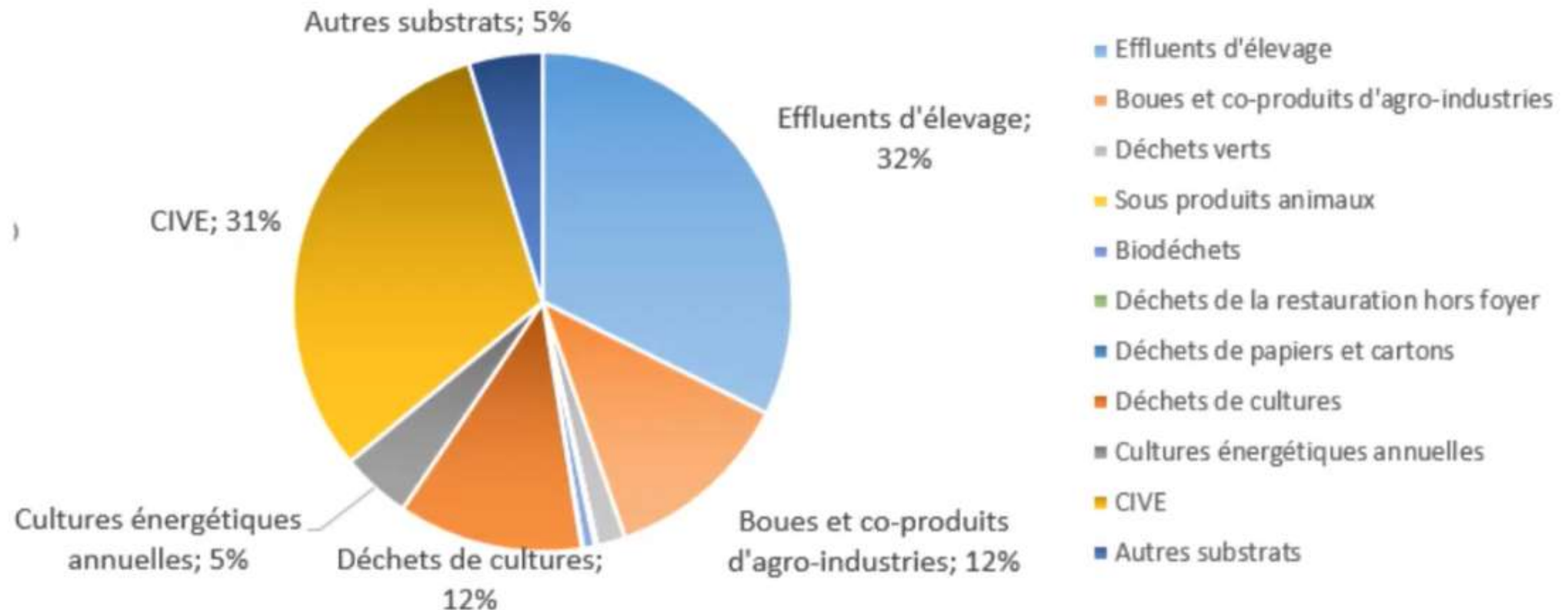


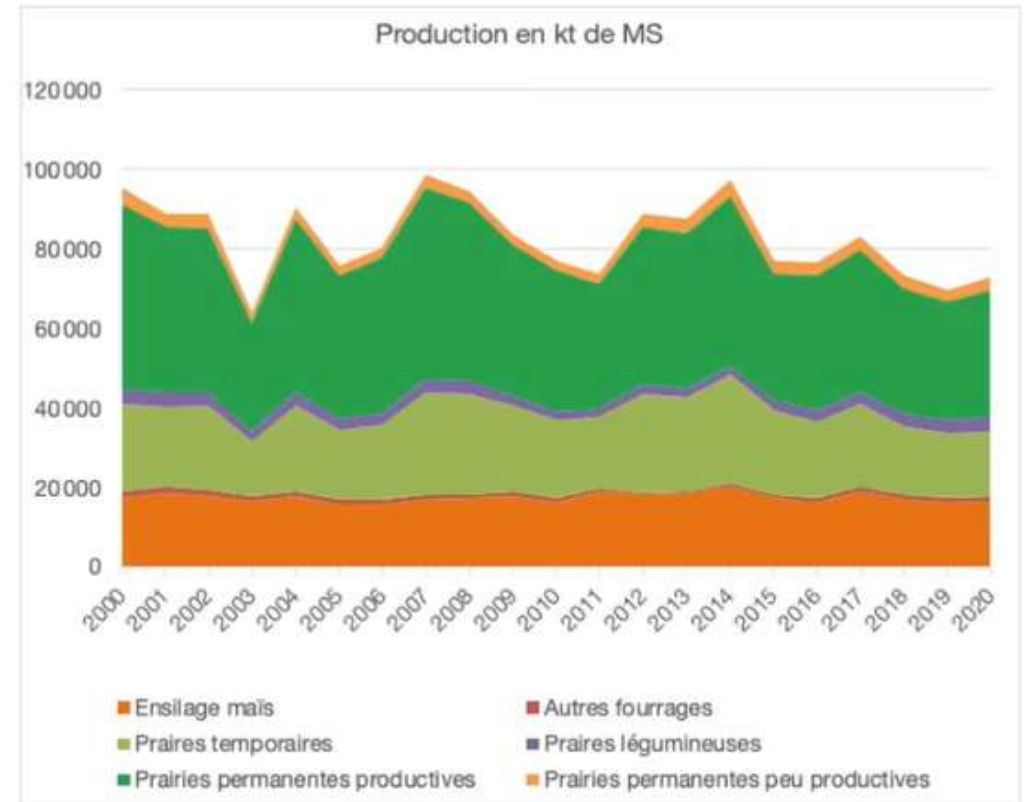
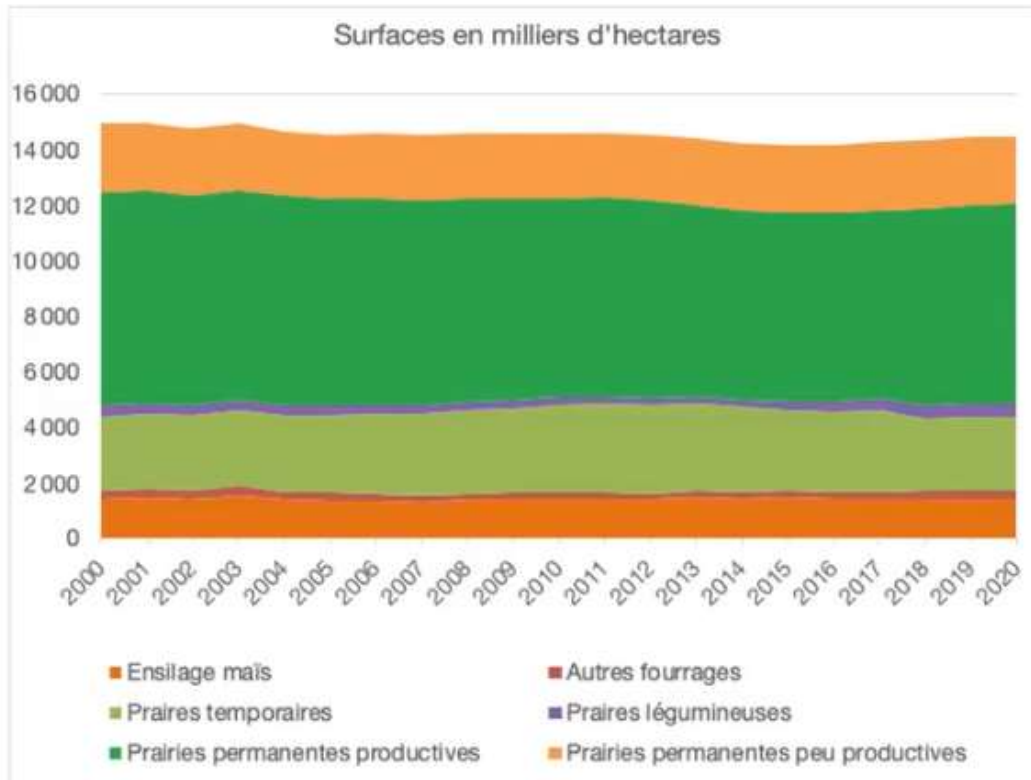
## Concurrences avec l'alimentation et les fourrages

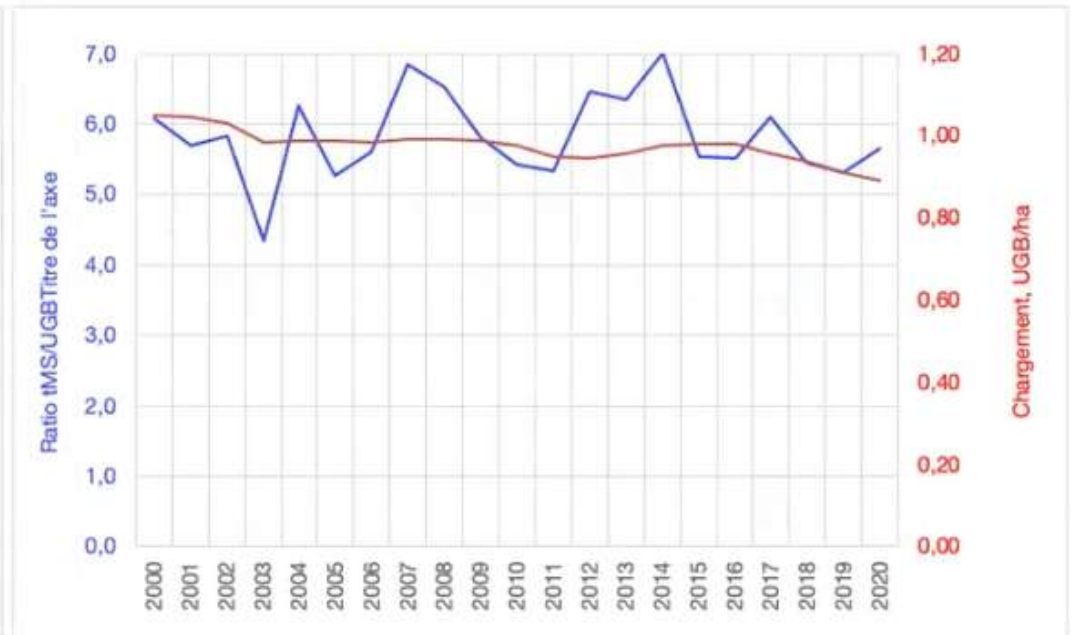
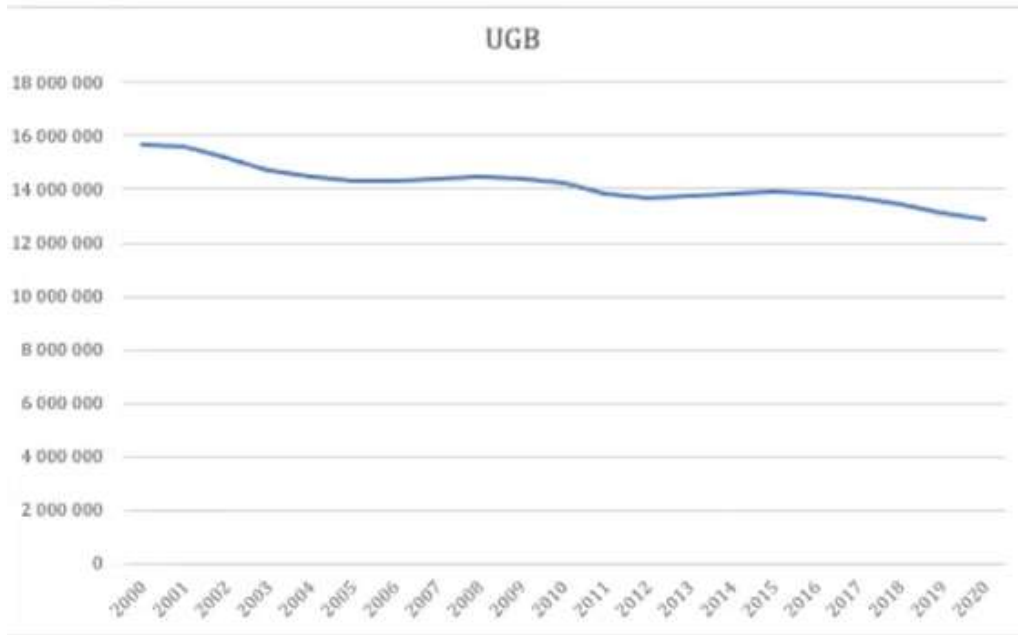


Caractéristiques de l'alimentation des installations d'injection (ferme et centralisées), en service et en projet sous identification ADEME (en % du tonnage total)

309 installations / 2,9Mt substrats / avril 2019







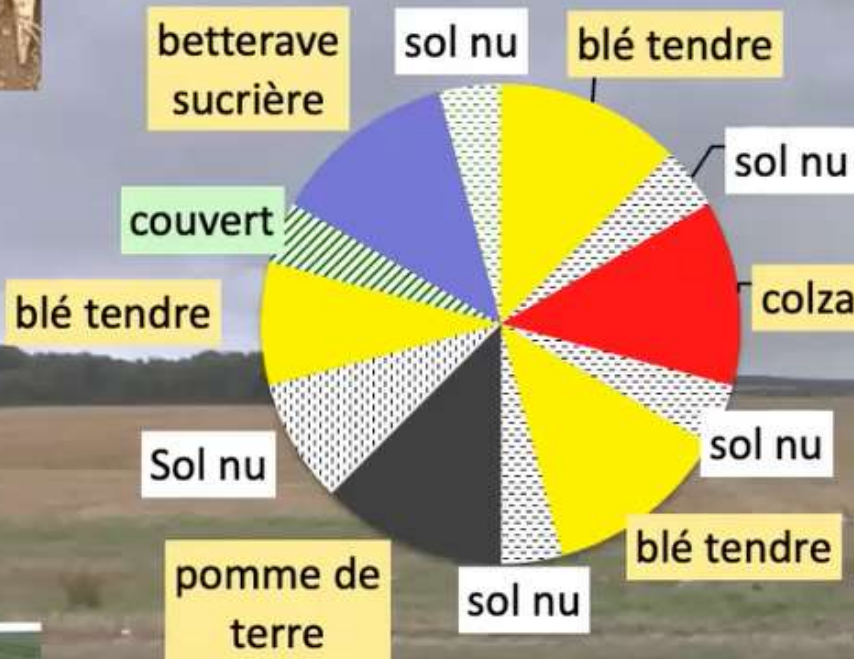
## **La méthanisation dans des stratégies de reconception des systèmes de production**



## Guillaume Rocquecourt

- Près de Montdidier, Somme
- 170 ha de grandes cultures







# 2015 : passage à l'agriculture de conservation



Bandes enherbées fleuries (infrastructures agro-environnementales)



Engrais vert



Azote symbiotique





- Valorisation des couverts et de la luzerne : stockage carbone, fixation azote
- Optimisation recyclage azote et phosphore : diminution engrais, maintien rendement
- Elimination graines d'adventice (menues pailles) : réduction besoins de désherbage



20% paille  
50% couverts  
100% luzerne  
Collets betterave, issues de silos...



Méthanisation  
Energie

Nutriments







Azote, phosphore, énergie, phytosanitaires

2015



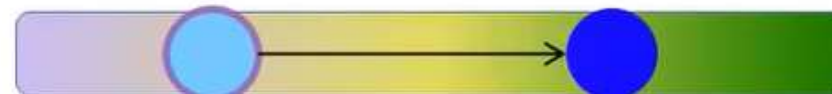
Afterres2050



Production primaire



Fonctionnalités naturelles



Intrants (NPK, énergie)



Résilience changement climatique



Impacts environnementaux



Diversification et synergies



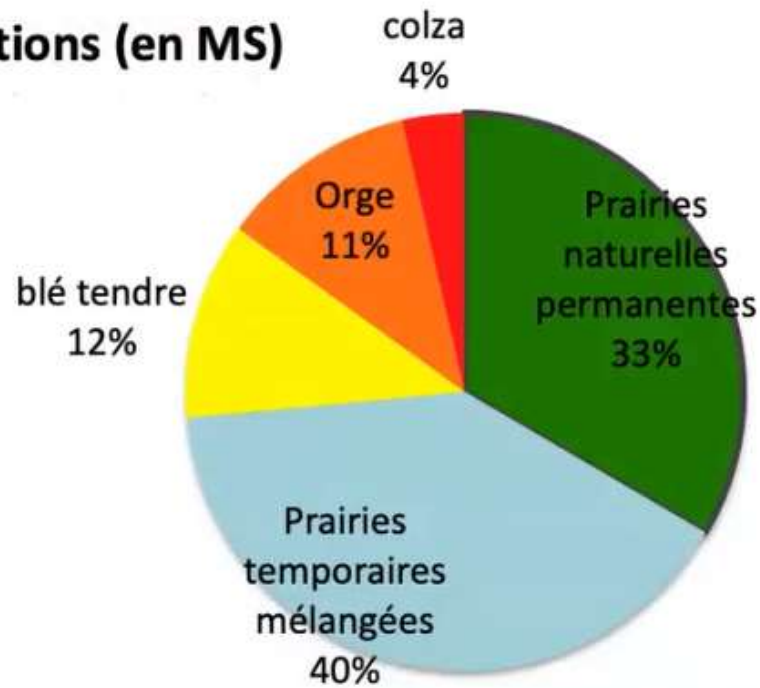
## Aurélie et Nicolas Robin

- 70 Charolaises,
- 125 ha de cultures et prairies, 1/3 de prairies naturelles





## Productions (en MS)



Viande



Cultures de vente (céréales)



42 ha prairie permanente + 42 ha de prairie temporaire	
22 ha	Ensilage
20 ha	Foin ou ensilage   pâture
12 ha	Foin   pâture
30 ha	pâture
	M A M J J A S O



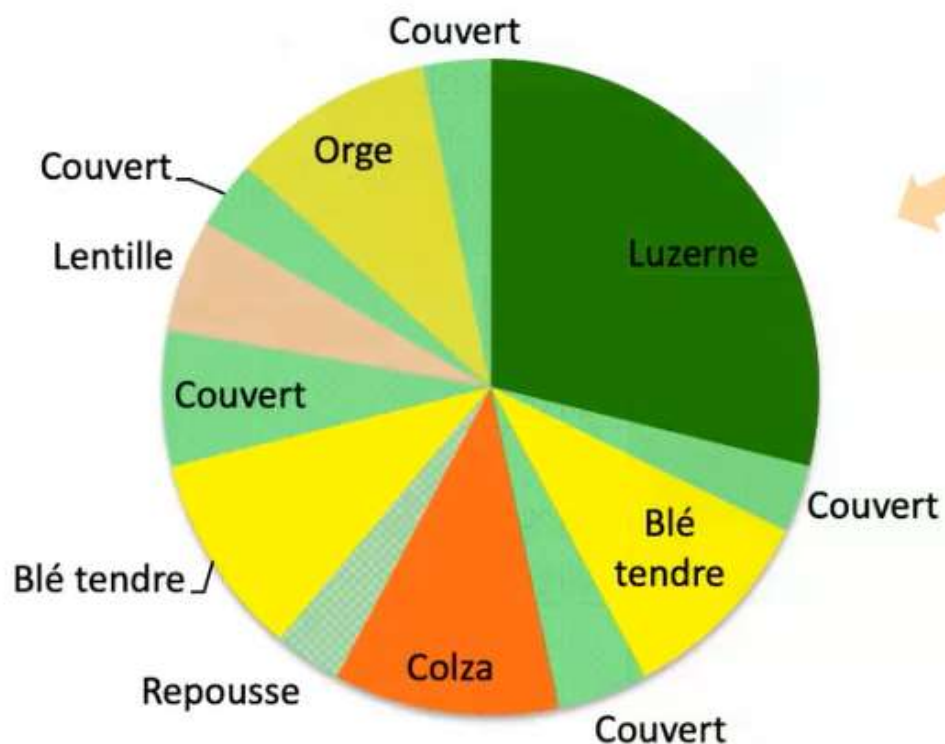


- Division par 2 du nombre de vaches allaitantes
- Maintien de la surface de prairies permanentes
- Terres arables : conversion partielle des prairies temporaires en cultures
- Conversion AB

## Assolement

Prairies permanentes  
33%

Terres arables  
67%





# Une autre gestion du système fourrager



- Augmentation durée pâturage et optimisation gestion de l'herbe
- Suppression concentrés et diminution fourrages
- Mais les étés secs...
- ...imposent de constituer des stocks d'herbe de conservation...
- ...qui sont utilisés soit comme fourrages soit pour la méthanisation selon le contexte

Viande

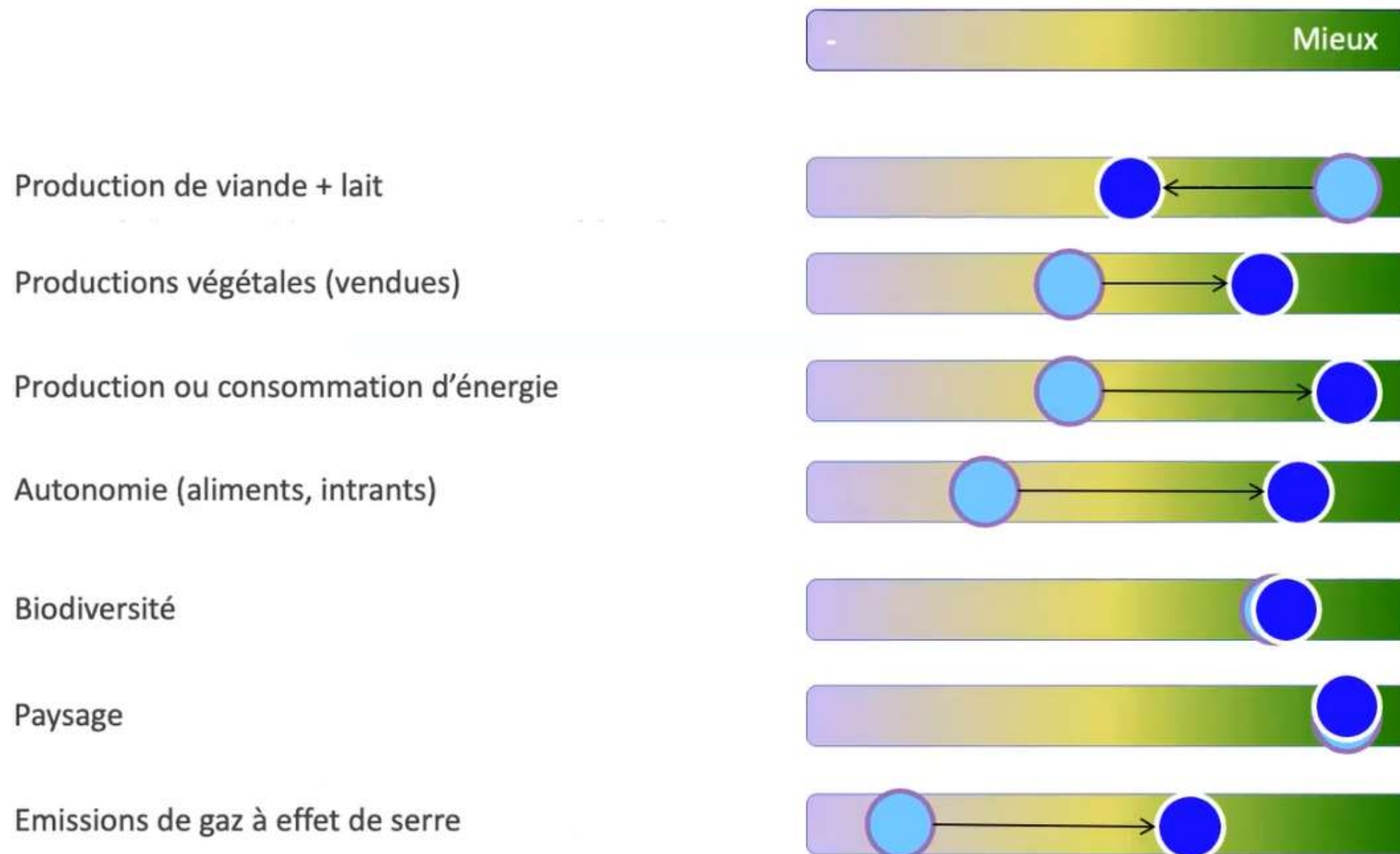
Cultures de vente (céréales)



42 ha prairie permanente + 20 ha de luzerne dans la rotation												
20 ha	Luzerne											
8 ha	Foin							Foin				
8 ha								pâture				
26 ha	pâture											
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N		



Apports en méthanisation	tMB
Fumier	150
Paille	64
Herbe	100
CIVE	400
<b>Total</b>	<b>710</b>



**Merci pour votre attention.**