JOURNÉE INTERRÉGIONALE DU BIOGAZ

19 novembre 2026 – Ploufragan (22)

AGIR BIOGAZ
EN BRETAGNE ET EN PAYS DE LA LOIRE

Cofinancé par l'Union européenne

Maîtriser les émissions de GES : un bénéfice économique et environnemental

Atelier - Journée interrégionale du Biogaz 2026
Romain GIRAULT (INRAe) et Jeanne LENCAUCHEZ (AILE)

Cofinancé par l'Union européenne

Programme de l’atelier

- Quelques notions de bases associées aux bilan GES
- Bilan GES de la méthanisation par les estimations de l’outil DIGES 3
- Du théorique à la pratique

  (1) Maîtriser les émissions de méthane au stockage des digestats

  (2) Les émissions de méthane lors de la digestion

Cofinancé par l’Union européenne



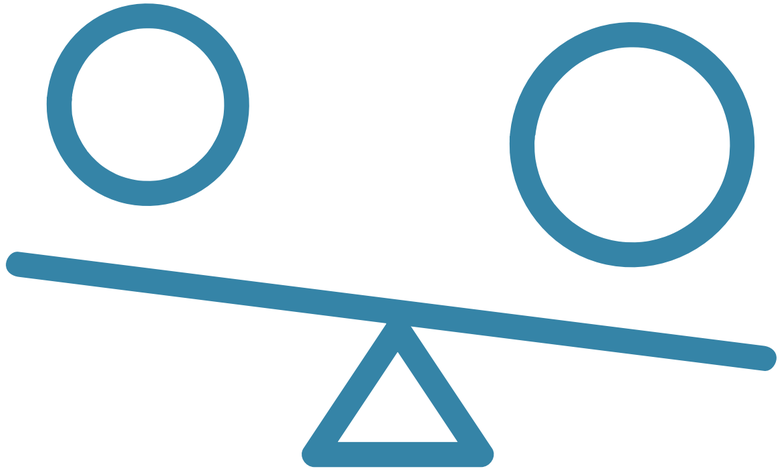
Quelques notions de bases associées aux bilans GES

initiatives énergie environnement
GRDF
natran
methetlantique
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ADEME
Région BRETAGNE
Cofinancé par l'Union européenne
RÉGION PAYS DE LA LOIRE

Bilan GES (Gaz à Effet de Serre)

ÉMISSIONS
ADDITIONNELLES

✓ *Fuites*
✓ *Consommations de carburants fossiles*
✓ *Infrastructure*
✓ *…*



ÉMISSIONS
ÉVITÉES

✓ *Production d'énergie,*
✓ *Gestion des effluents sans méthanisation*
✓ *Production de fertilisants*
✓ *…*

SCÉNARIO DE
RÉFÉRENCE

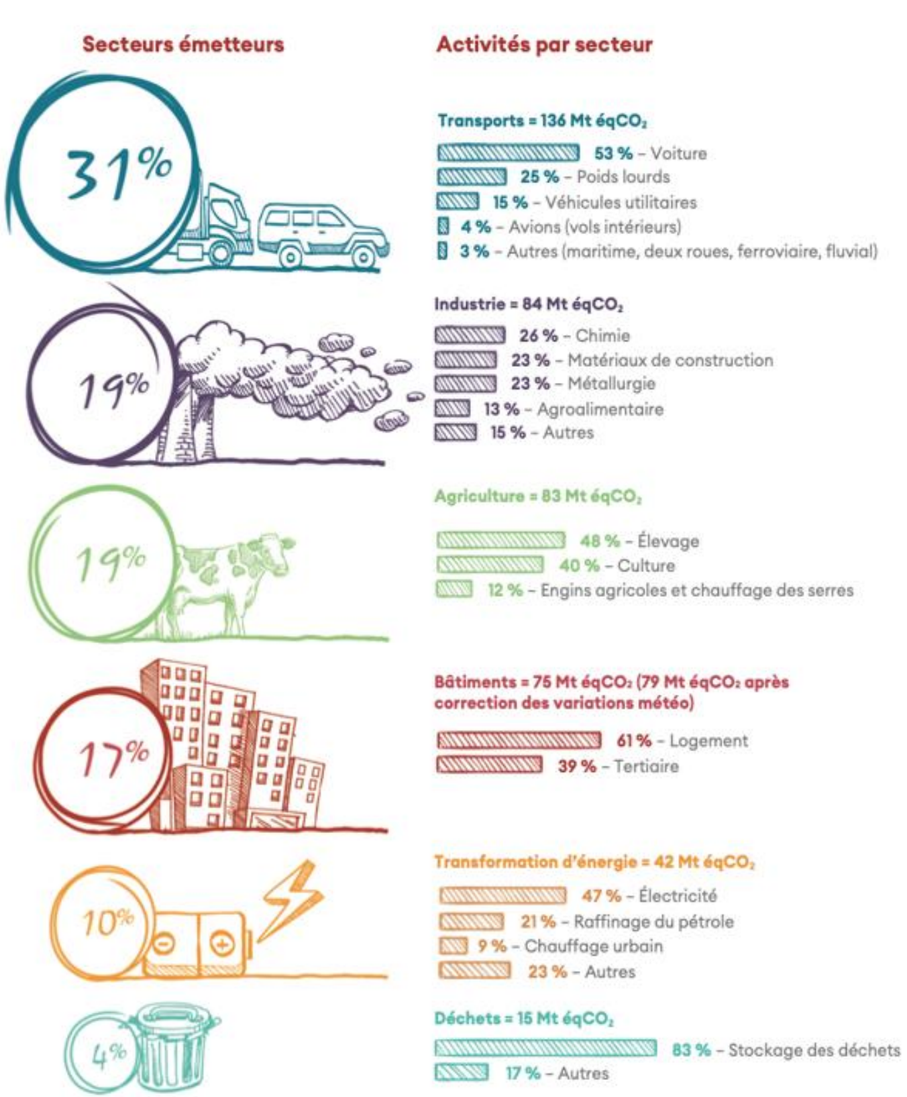
Exemple

Electricité produite = le mix électrique français

Biométhane = utilisation de gaz naturel

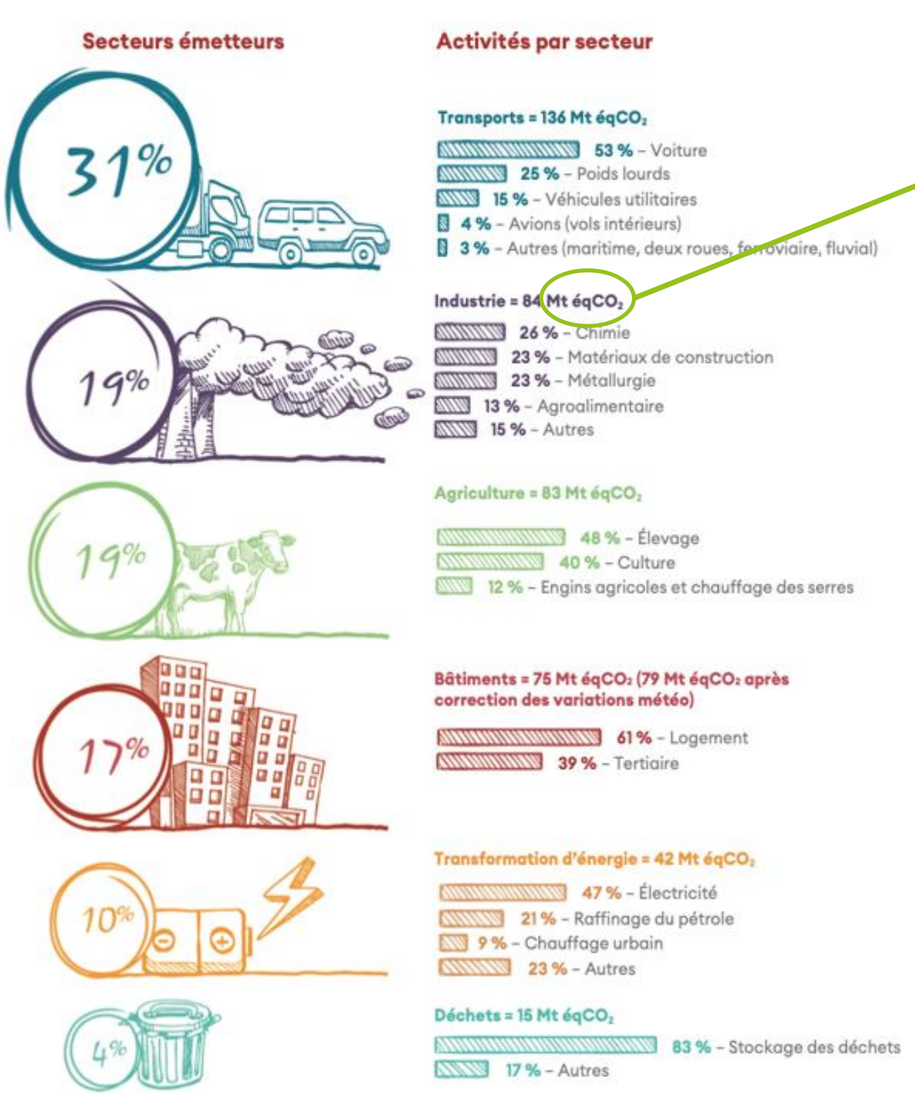
Métrique CO2 et PRG

Exemple de document sur les gaz à effet de serre



Métrique CO_2 et PRG

Exemple de document sur les gaz à effet de serre



Tous les GES n'ont pas la même capacité de réchauffement

CO2 < CH4 < N2O < gaz fluorés

Le CO2 est défini comme métrique

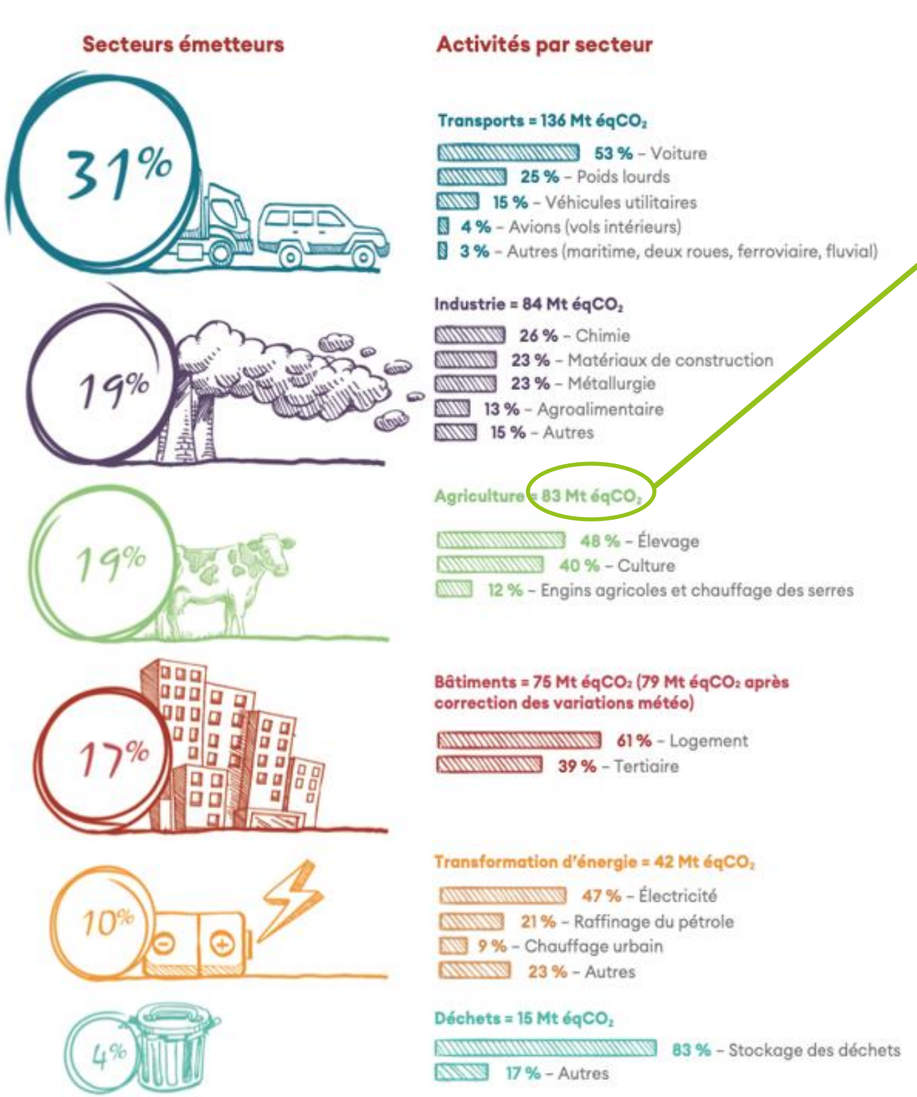
Indicateur qui vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de toutes les substances

Pouvoir (ou potentiel) de réchauffement global (PRG)

La masse de CO_2 équivalente pour obtenir les mêmes effets cumulés sur le climat qu'un kg du gaz considéré.

Métrique CO2 et PRG

Exemple de document sur les gaz à effet de serre



Tous les GES n'ont pas la même capacité de réchauffement
CO2 < CH4 < N2O < gaz fluorés

Le CO2 est défini comme métrique

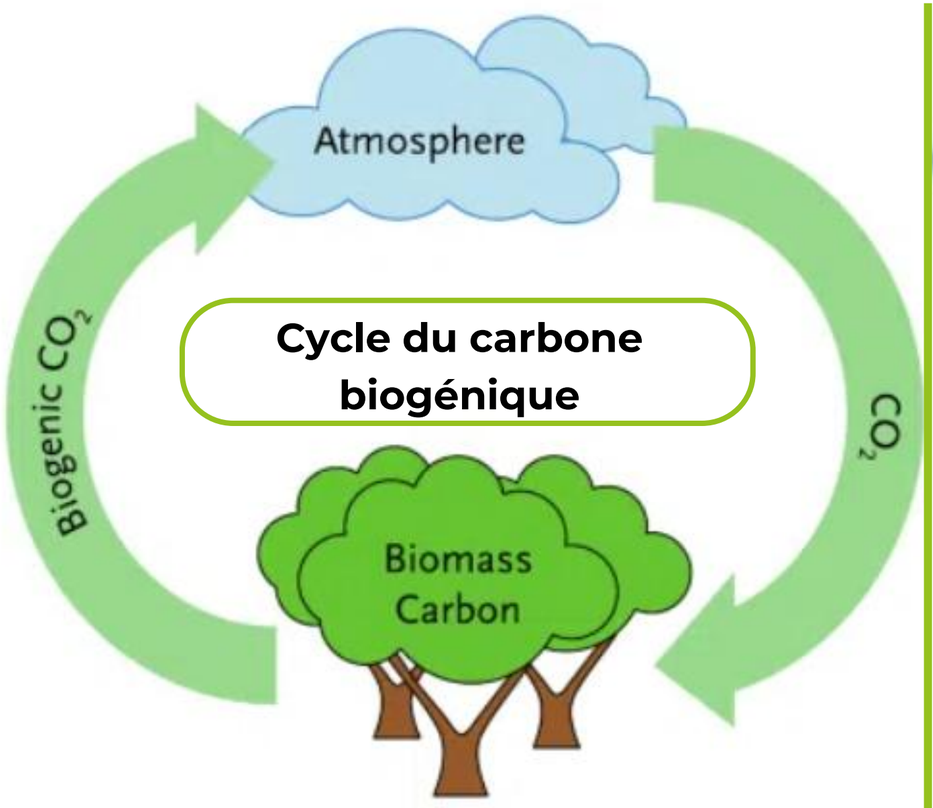
	DIGES 3 : Changement climatique à horizon 20 ans	DIGES 3 : Changement climatique à horizon 100 ans
IPCC	2021	2021
CO_2 fossile	1	1
CO_2 biogénique	0	0
CH_4 fossile	82,5	29,8
N_2O	273	273

Biogénique ? 20 ans ?

100 ans

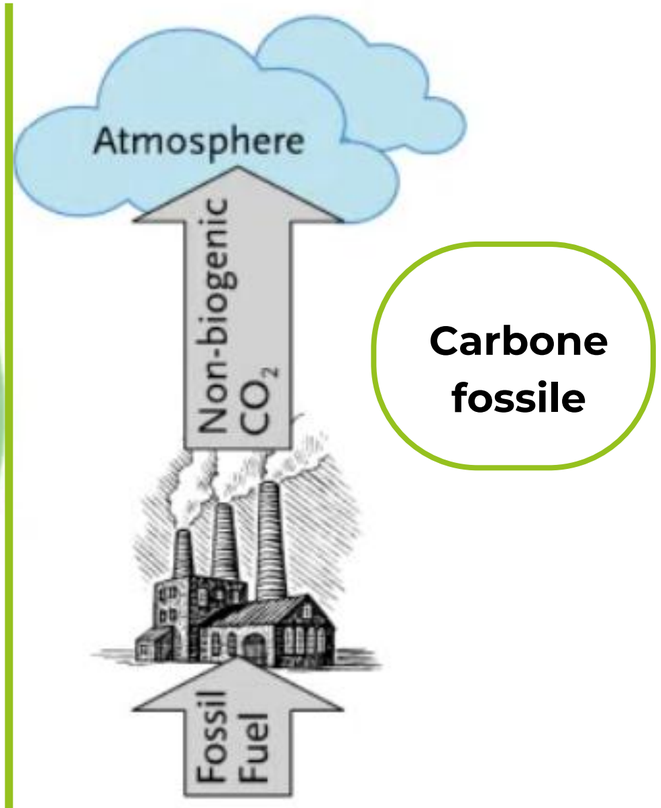
Kesako ???

Métrique CO_2 et PRG – Le CO2 biogénique ?



CO2 prélevé par la photosynthèse
Puis rejeté lors de la dégradation du végétal.
Bilan Nul

CO2 biogénique = 0



CO2 stocké depuis des millions d'années dans le sol (hydrocarbures), puis rejeté par la combustion des énergies fossiles

CO2 fossile = 1

Méthanisation = cycle court du carbone.

Début identique
Le CO2 est capté par une plante

- Valorisation 1 :

Manger par une vache -> excrément -> excrément valorisé en méthanisation

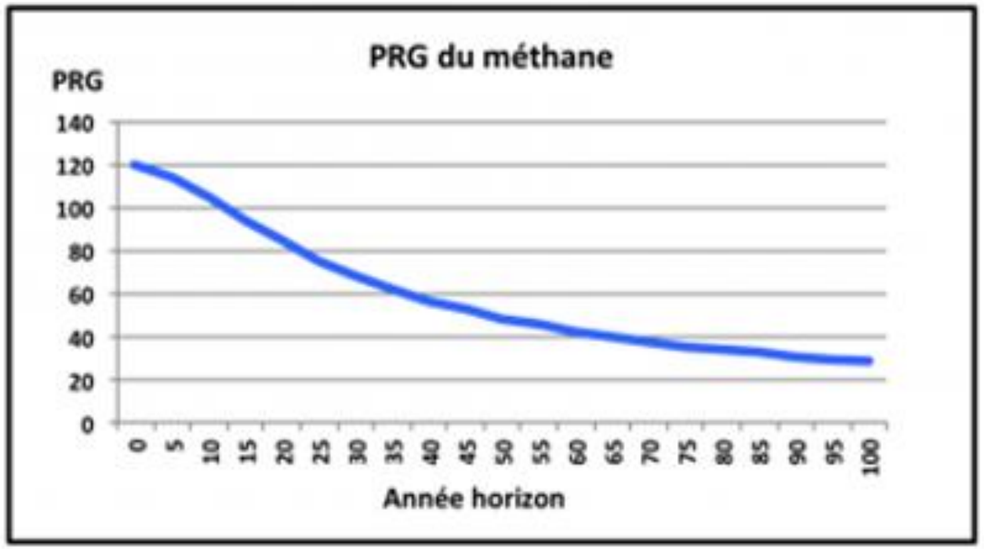
- Valorisation 2 : Valorisé en méthanisation (CIVE)

Fin identique

production de méthane -> méthane brulé par combustion et rejeté sous forme de CO2

Métrique CO2 et PRG – L'importance de l'horizon temporel considéré

Exemple du PRG du CH4 en fonction de l'horizon temporel considéré



Source : Global Change

Impact de la durée de vie d'un gaz dans l'atmosphère (méthane : 12 ans)

à **RETENIR** n°1 : un PRG est toujours associé à une temporalité

Dans cette présentation, PRG 100 ans

On retient

Pour comparer les GES entre eux, la métrique CO2 est utilisée. Dans la plupart des travaux cette métrique est à 100 ans. Cette métrique s'appelle le PRG_{100}. (même si des alternatives existent)

Ne pas confondre du CO2 biogénique du CO2 fossile → l'un a un bilan neutre sur l'atmosphère, l'autre a un ajout direct sur l'atmosphère

Bilan GES agriculture :

- Contribution importante de l'élevage bovin via les émissions de méthane
- Contribution importante de la fertilisation, via des émissions de N_20, voir de CO_2 pour la fabrication des engrais de synthèse



Bilan GES de la méthanisation par les estimations de l'outil DIGES 3

Retour sur la campagne de 100 bilans

Aile initiatives énergie environnement
GRDF GAZ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE
natran
methetlantique
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ADEME
Région BRETAGNE
Cofinancé par l'Union européenne
RÉGION PAYS DE LA LOIRE

Comité de pilotage

Comité technique

Création d'un outil librement téléchargeable sur la librairie ADEME, dont méthodologie

https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/6776-outil-diges-3-evaluation-environnementale-d-une-unite-de-methanisation.html

Chargés du déploiement de l'outil

Comité de pilotage

Comité technique

Objet de la présentation

Création d'un outil librement téléchargeable sur la librairie ADEME, dont méthodologie

https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/6776-outil-diges-3-evaluation-environnementale-d-une-unite-de-methanisation.html

Chargés du déploiement de l'outil

100 bilans réalisés

Non exhaustif
les principales

Les émissions considérées

Additionnelles



Construction (béton, métal, carburant, etc.)



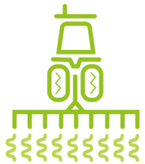
Energie pour fonctionner



Carburant pour les transports des matières et la production des cultures méthanisées



Fuites de biogaz du process
Emissions au stockage de digestat



Emissions à l'épandage de digestat

Évitées



Substitution d'énergie fossile



Emissions de la gestion des effluents d'élevage au stockage et des autres déchets



Substitution d'engrais minéraux

...En comparaison de l'utilisation de gaz naturel ou du mix électriques français dans la situation de référence

Les chiffres clés des unités enquêtées

102 bilans ont été réalisés

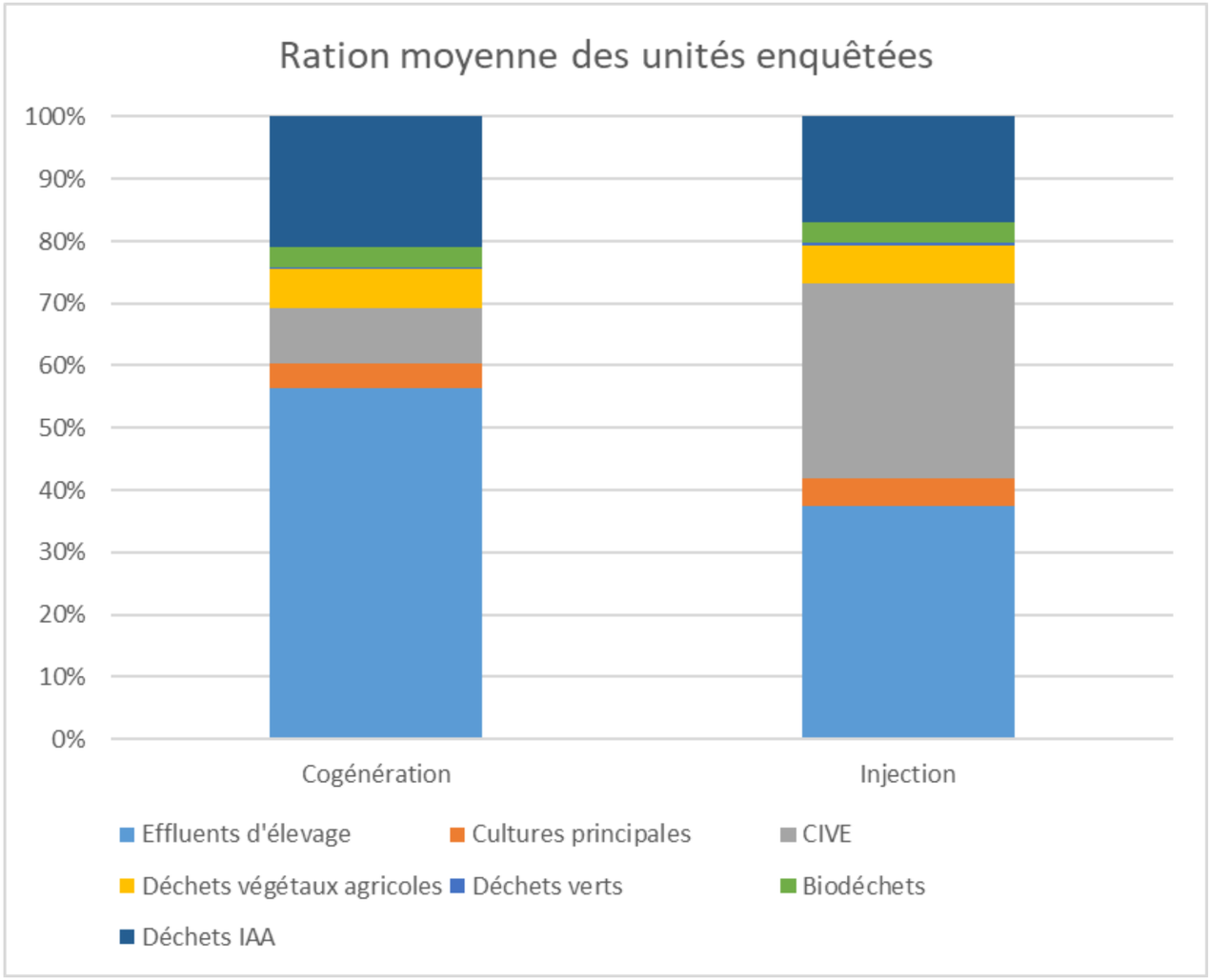
82 exploitables
- 28 en cogénération
- 54 en injection

Typologie agricole ou territoriale
Hors petite méthanisation

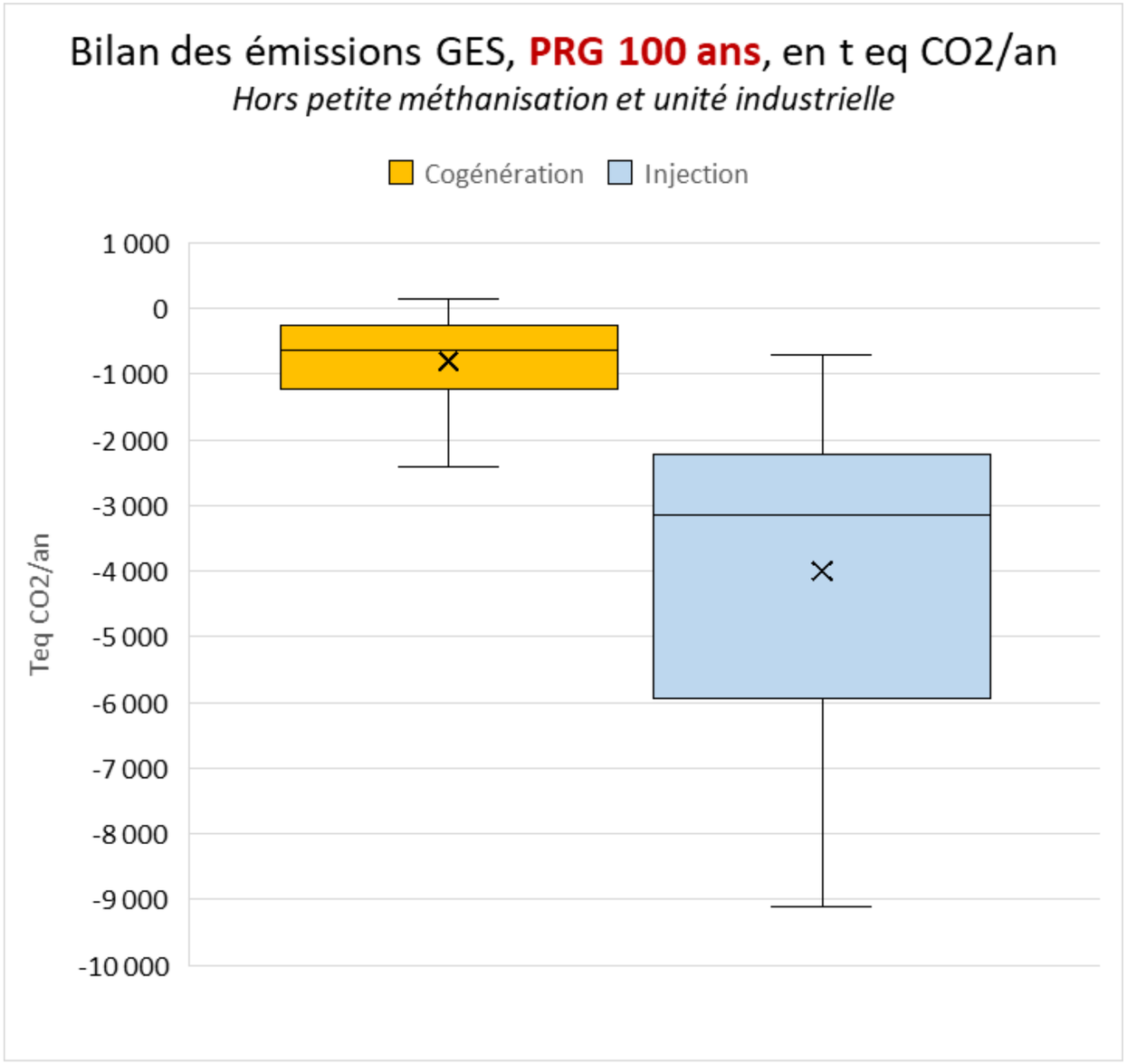
Moyenne tonnage :
- Cogénération ≈ 15 000 t MB
- Injection ≈ 24 000 t MB

11 régions différentes

Région	Bilans réalisés	Unité en fonctionnement	%
BFC	5	94	**5%**
HDF	10	186	**5%**
IDF	8	67	**12%**
Bretagne	26	267	**10%**
Normandie	8	184	**4%**
PDL	13	136	**10%**
NA	6	135	**4%**
AURA	2	150	**1%**
CVDL	4	66	**6%**
GE	15	362	**4%**
OCC	5	60	**8%**



Les bilans GES injection et cogénération



- Dans 100 % des situations étudiées, la production de biométhane a un impact climatique meilleur que l'utilisation de gaz fossile - bilan GES moyen des injections **≈ 3 900 t eq CO2 évitées/an**

- 93 % des unités en cogénération de l'échantillon étudié ont des bilans GES négatifs : même dans un mix électrique français bas carbone, la cogénération est pleinement concurrentielle avec en moyenne **≈ 900 t eq CO2 évitées/an par unité**

- **Pourquoi tant de variabilité** ?

Il y a un effet taille, mais pas seulement, cela dépend aussi des pratiques.

Non exhaustif
les principales

Les émissions considérées

Additionnelles



Construction (béton, métal, carburant, etc.)



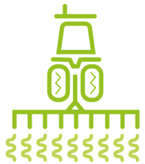
Energie pour fonctionner



Carburant pour les transports des matières et la production des cultures méthanisées



Fuites de biogaz du process
Emissions au stockage de digestat



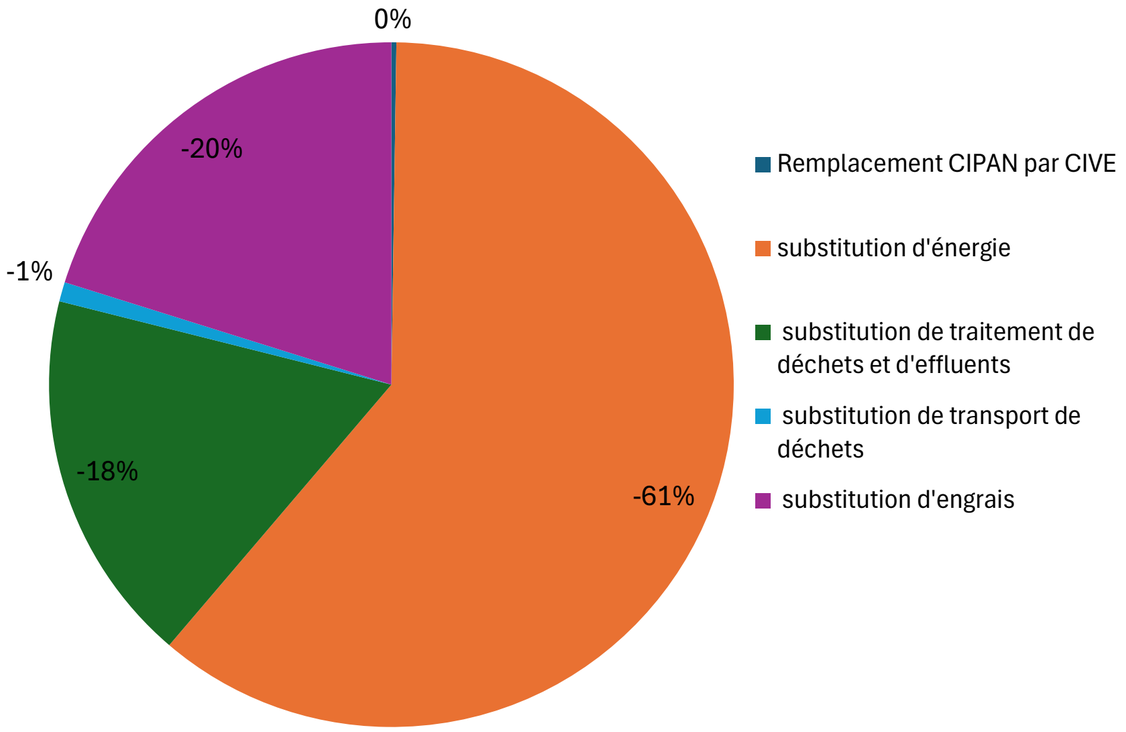
Emissions à l'épandage de digestat

Message conclusif à retenir d'ores-et-déjà

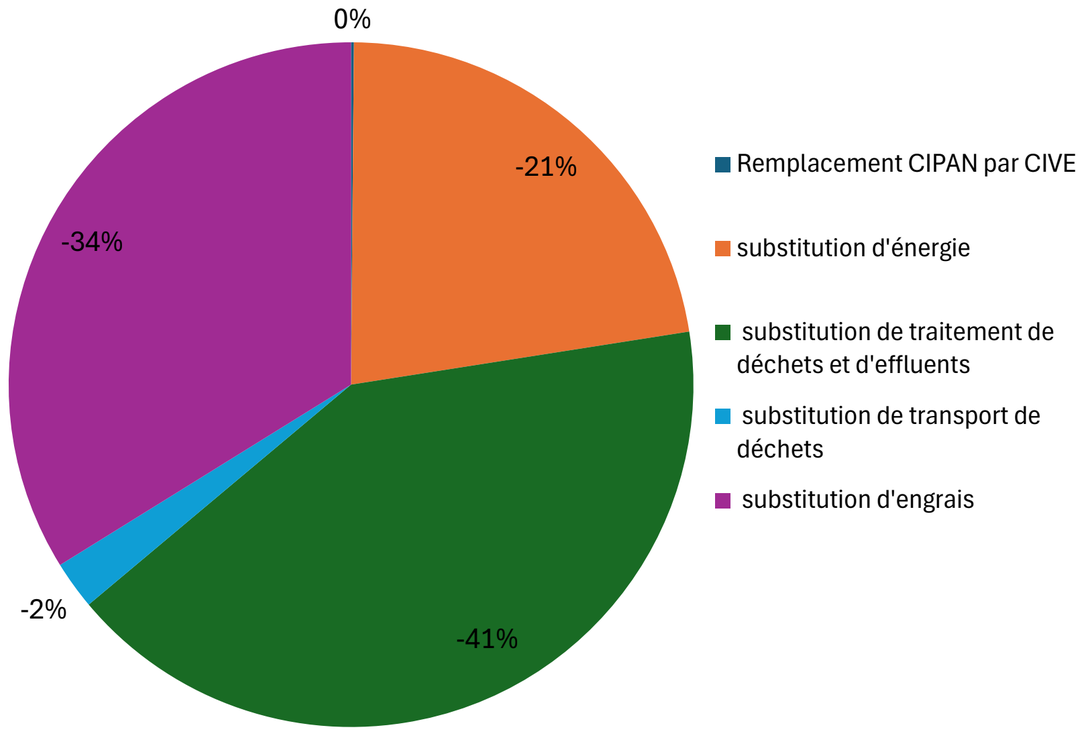
Il **n'existe pas UN bilan GES** de la méthanisation, mais **DES bilan GES,** dont **l'intensité carbone** dépend des **émissions additionnelles ...** donc des **pratiques d'exploitation**

Les émissions évitées

Evitées à 100 ans en Injection



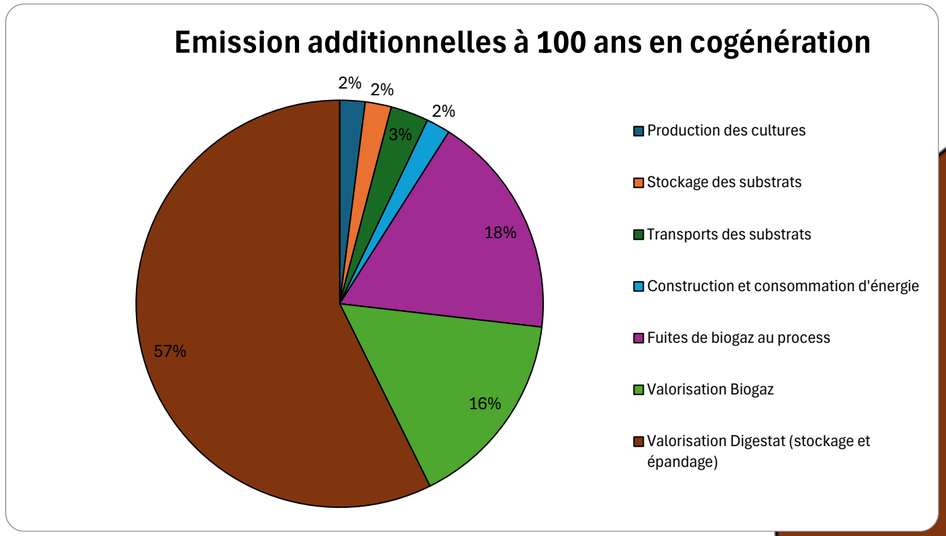
Evitées à 100 ans en Cogénération

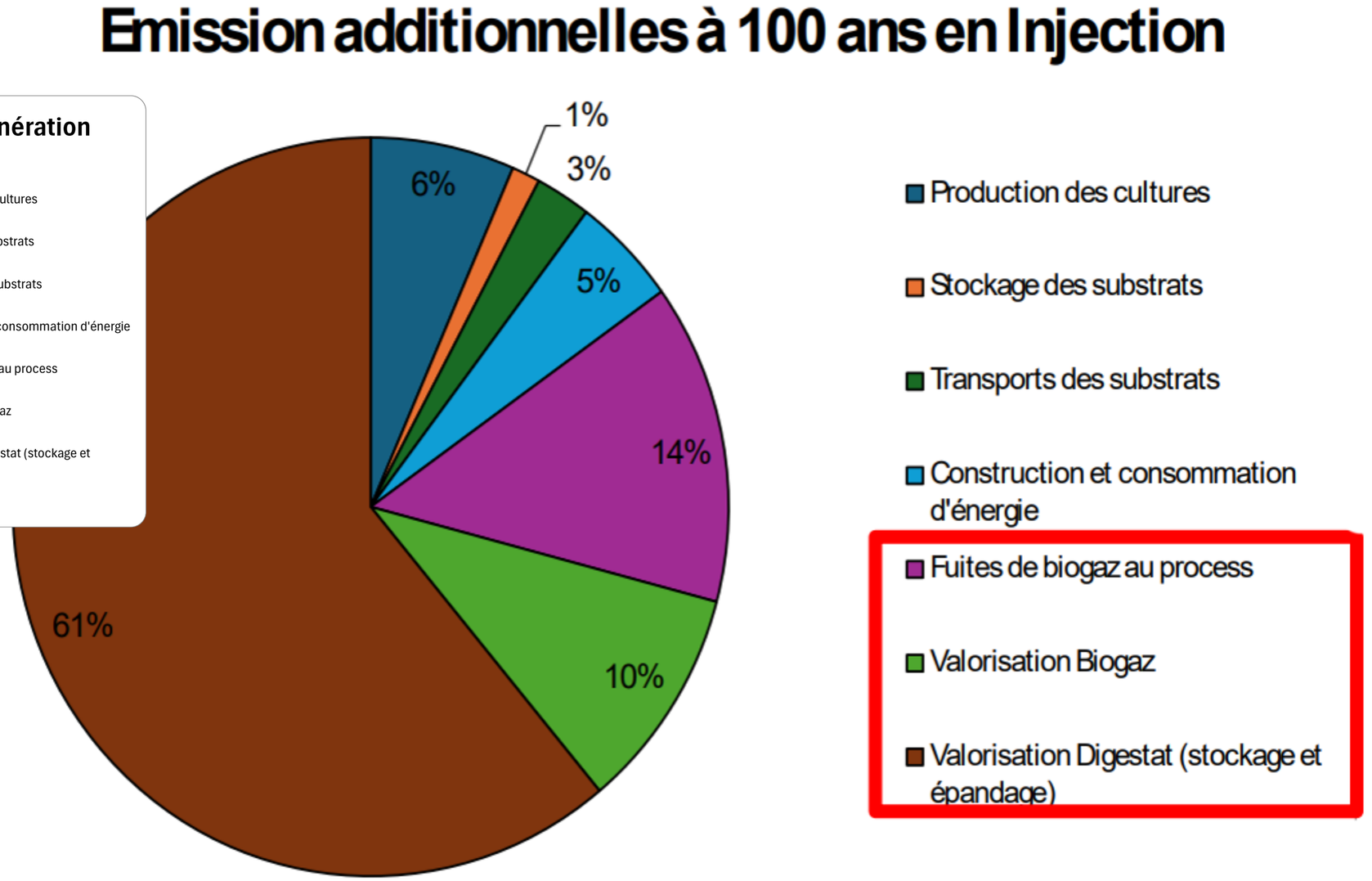


Scénario de référence injection = utilisation de gaz naturel

Scénario de référence cogénération = le mix électrique français

Estimations des émissions additionnelles

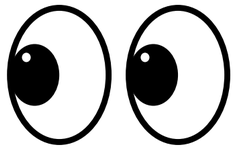




Estimations des émissions additionnelles

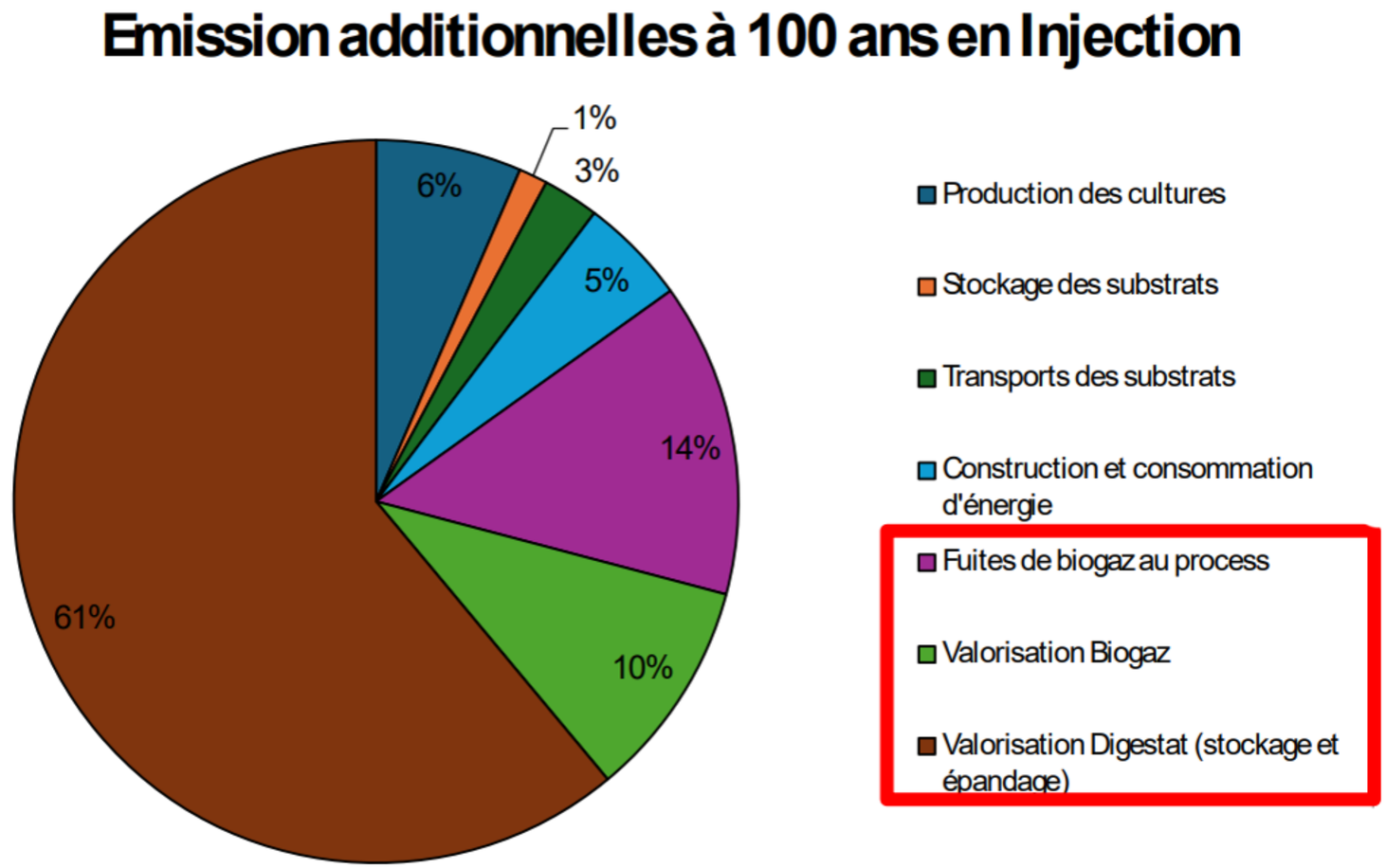
85 %

des émissions additionnelles sont imputées à 3 postes d'émissions



Ce que l'on voit (transport, production des cultures, etc.), ce n'est pas ce qui compte vraiment

Répartition moyenne des émissions additionnelles estimées par l'outil DIGES3 des 54 unités de méthanisation en injection

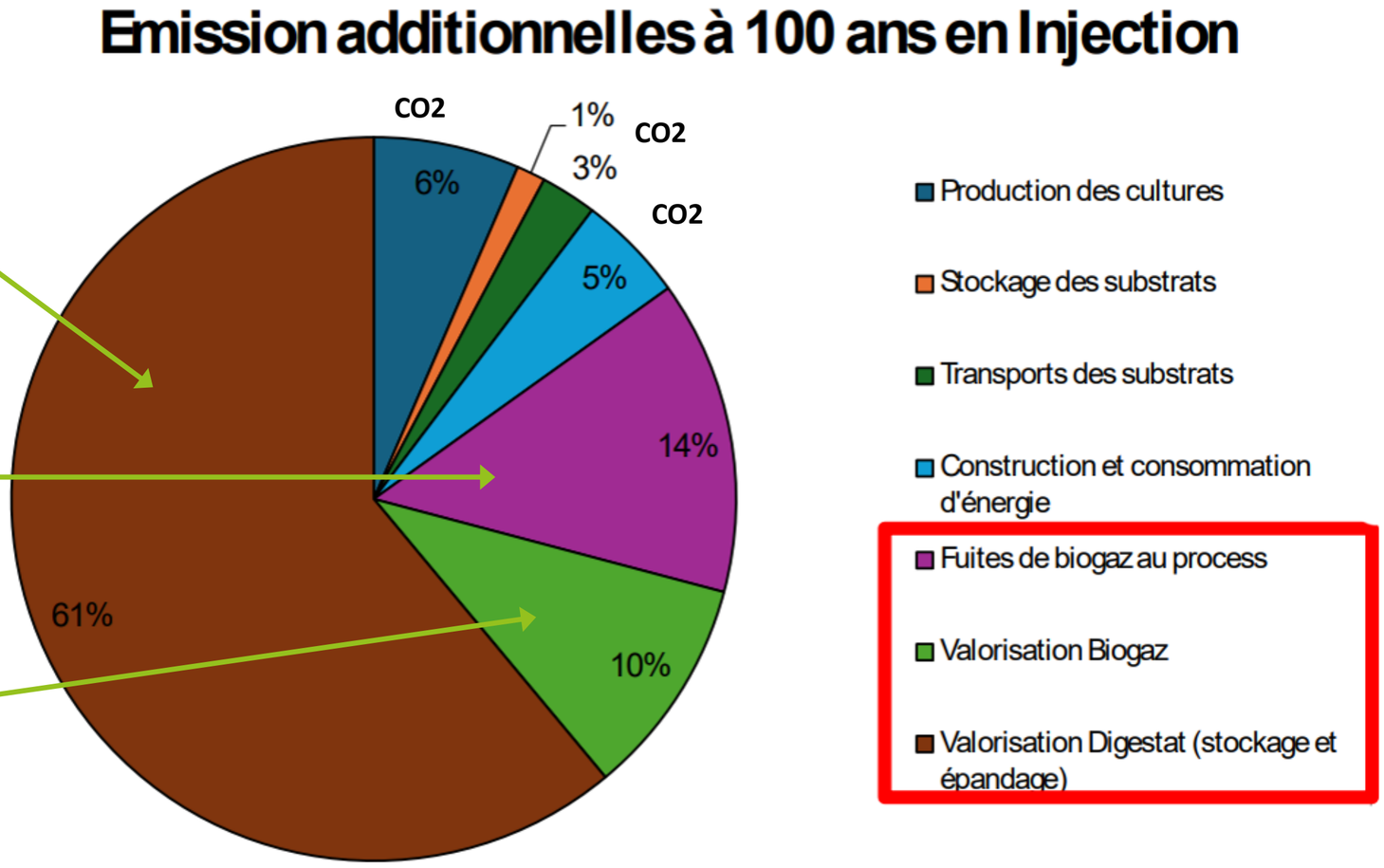


Les émissions additionnelles

Emissions de **CH4** au stockage du digestat + Emissions de **N2O** à l'épandage

Emissions de **CH4** par les fuites de biogaz

Emissions de **CH4** à l'épuration



Ici ration moyenne 25 % de CIVE
Dans les méthaniseurs 100 % végétaux, la production des cultures est plus importante que sur ce graphique

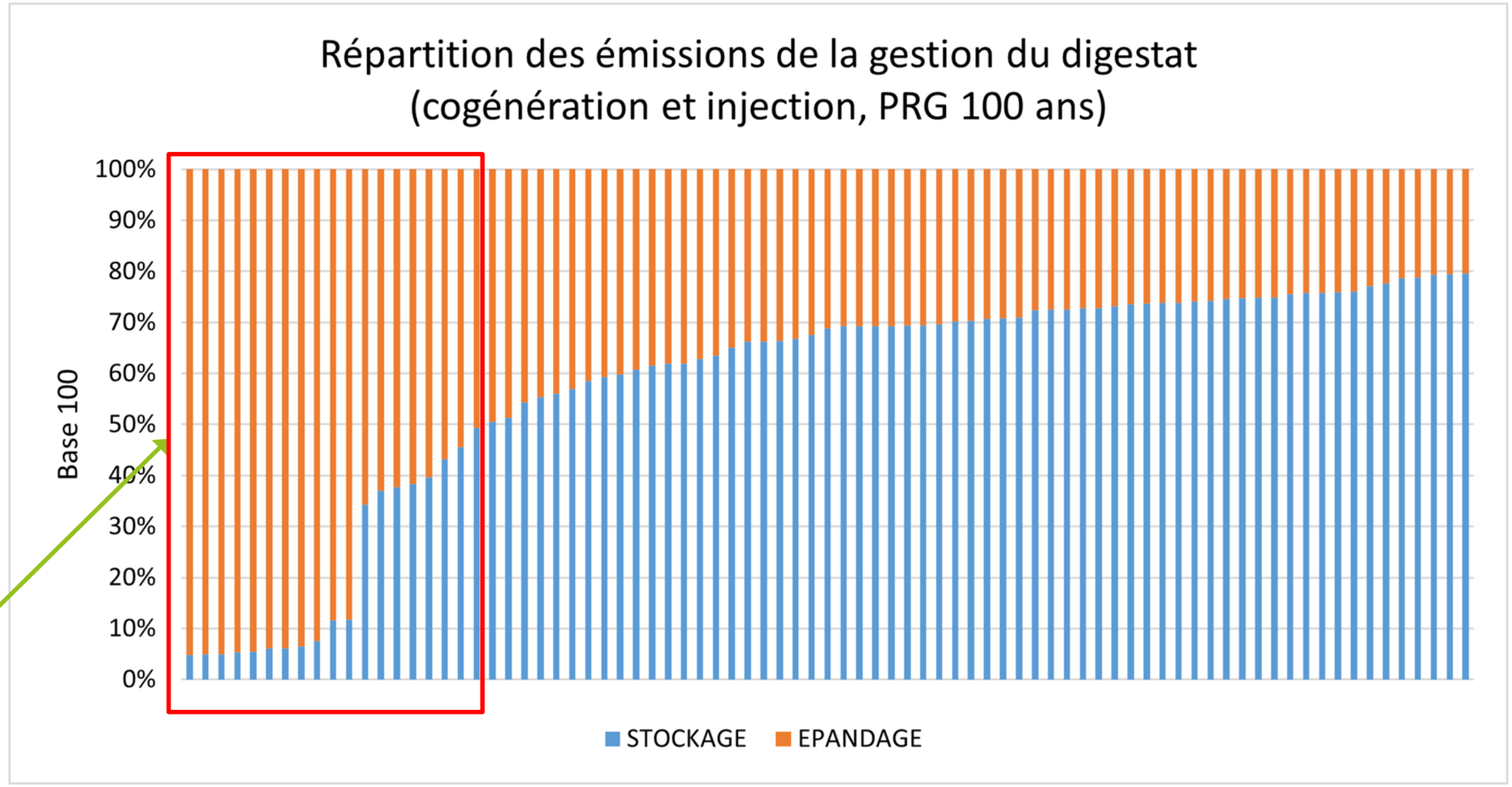
Limiter les émissions fugitives

Tableau 3. Pourcentage maximal et minimal de pertes de biogaz via les émissions fugitives structurelles, et pourcentage d'abattement suivant les pratiques mises en place

Type de culture	Pratique réalisée	Unité de méthanisation avec torchère manuelle	Unité de méthanisation avec torchère automatique de capacité suffisante
Valeur de départ du % d'émissions fugitives		**15%**	**5%**
% d'abattement selon la pratique réalisée	Passage annuel d'une caméra IR ?	- 3,3%	- 1,5%
	Passage hebdomadaire d'un renifleur de méthane ?	- 1%	- 1%
	Utilisation d'un outil de pilotage permettant une bonne gestion de l'alimentation du digesteur ?	- 3,3%	0%
	Maintenance et suivi quotidien des soupapes ?	- 3,3%	0%
	Ronde journalière sur les éléments clés ?	- 1,5%	- 1%
	Graissage annuel des passages de câbles ?	- 1,5%	- 1%
Valeur de final du % d'émissions fugitives si application de toutes les pratiques		**1%**	**0,5%**

En cas d'installation sans passages de câbles apparents, l'utilisateur pourra sélectionner « non concerné ».

Focus sur les émissions liées à la gestion du digestat



Stockage avec récupération de biogaz total ou partiel

Ce que l'on retient des émissions additionnelles

Priorité 1 + **GESTION DU DIGESTAT** Avoir une couverture avec récupération de biogaz au stockage

Pour l'injection, ordre de grandeur de réduction des émissions **additionnelles** pour les sites équipés de stockeur, tout ou partie couvert, avec récupération de biogaz, dans le panel des 54 sites étudiées **≈ -40 %**

Ce que l'on retient des émissions additionnelles

Priorité 1 ++ **GESTION DU DIGESTAT** — Avoir une couverture de biogaz au stockage

Priorité 2a **GESTION DES REJETS PROCEDE** — Faire passer une caméra de détection suite au moins 1x/an
Equiper (et former et étalonner) les sites avec des renifleurs biogaz dans une détection au moins une fois par semaine

Les fuites potentielles au niveau des organes de digestion sont estimées par DIGES selon les pratiques des exploitants

- En cogénération : 2,1 % de fuites
- En injection : 1,5 % de fuites

(En % du biogaz produit)

Les niveaux de fuites ci-dessous annuleraient le bénéfice environnemental de l'unité :

- En cogénération : 6,6 % de fuites
- En injection : 13 % de fuites

Très variable en fonction de la quantité d'effluents d'élevage !

Ce que l'on retient des émissions additionnelles

Priorité 1 ++	**GESTION DU DIGESTAT**	Avoir une couverture de biogaz au stockage
Priorité 2a	**GESTION DES REJETS PROCEDE**	Faire passer une caméra de détection suite au moins 1x/an Equiper (et former et étalonner) les sites avec des renifleurs biogaz dans une détection au moins une fois par semaine

Des fiches conseils pratico-pratiques pour savoir où chercher des fuites sur son site

FEELeaks

UN PROJET DE RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT
POUR MIEUX QUANTIFIER
LES ÉMISSIONS FUGITIVES DE BIOGAZ EN MÉTHANISATION

Ce que l'on retient des émissions additionnelles

Priorité 1 ++	**GESTION DU DIGESTAT**	Avoir une couverture de biogaz au stockage
Priorité 2a	**GESTION DES REJETS PROCEDE**	Faire passer une caméra de détection suite au moins 1x/an Equiper (et former et étalonner) les sites avec des renifleurs biogaz dans une détection au moins une fois par semaine
Priorité 2b	**PRODUCTION DE BIOGAZ**	Moins de levier *(rendement épuratoire et gaz imbrulés cogénération)* Sauf pour les sites en injection avec des épurateurs PSA *(rendement 96-98 %)* Sauf pour les sites avec des torchères manuelles

Ce que l'on retient des émissions additionnelles

Priorité 1 ++	**GESTION DU DIGESTAT**	Avoir une couverture de biogaz au stockage
Priorité 2a	**GESTION DES REJETS PROCEDE**	Faire passer une caméra de détection suite au moins 1x/an Equiper (et former et étalonner) les sites avec des renifleurs biogaz dans une détection au moins une fois par semaine
Priorité 2b	**PRODUCTION DE BIOGAZ**	Moins de levier *(rendement épuratoire et gaz imbrulés cogénération)* Sauf pour les sites en injection avec des épurateurs PSA *(rendement 96-98 %)* Sauf pour les sites avec des torchères manuelles

Et ensuite Réduire la distance de transport, réaliser un audit énergétique, optimiser la quantité de béton sur le site, etc.

Nb : Pour les unités à forte dominance de CIVE, l'optimisation de la fertilisation est aussi une priorité 2

QUESTIONS – REPONSES

Atelier - Journée interrégionale du Biogaz 2026

Cofinancé par l'Union européenne



Du théorique à la pratique

(1) Maîtriser les émissions de méthane au stockage des digestats

Aile initiatives énergie environnement
GRDF GAZ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE
natran
methetlantique
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ADEME
Région BRETAGNE
Cofinancé par l'Union européenne
RÉGION PAYS DE LA LOIRE

Les émissions de méthane lors de la gestion des digestats … comment ça marche?

Quels sont les principaux facteurs de contrôle de la production de méthane au stockage des digestats?

Quantité de matière biodégradable restant dans le digestat



Température du digestat stocké

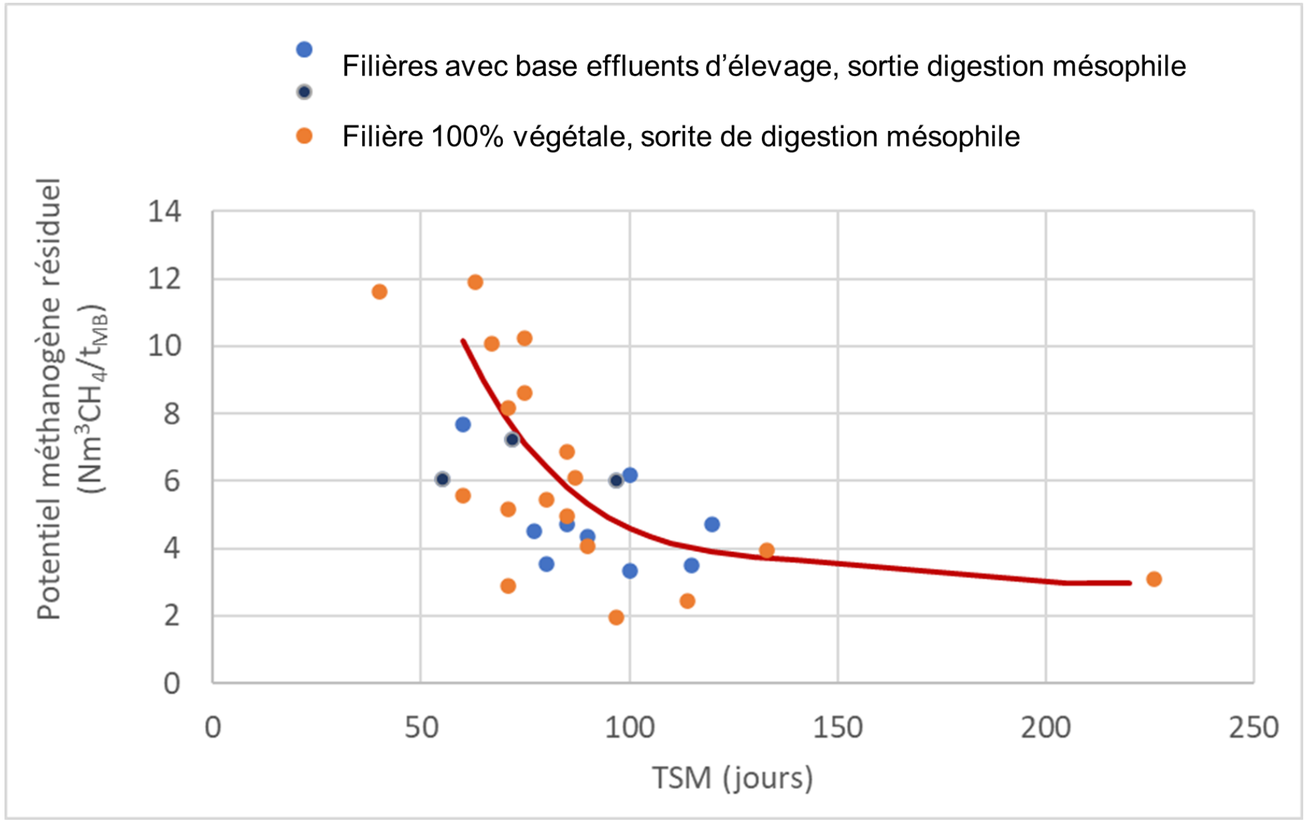
Volume stockés/durée moyenne de stockage

Quel potentiel de production reste t'il dans le digestat en sortie de digesteur ?

Le potentiel méthanogène résiduel, un indicateur du potentiel de production restant dans le digestat

Mesuré à 38° durant 60 jours

Attention aux variabilités de protocoles…

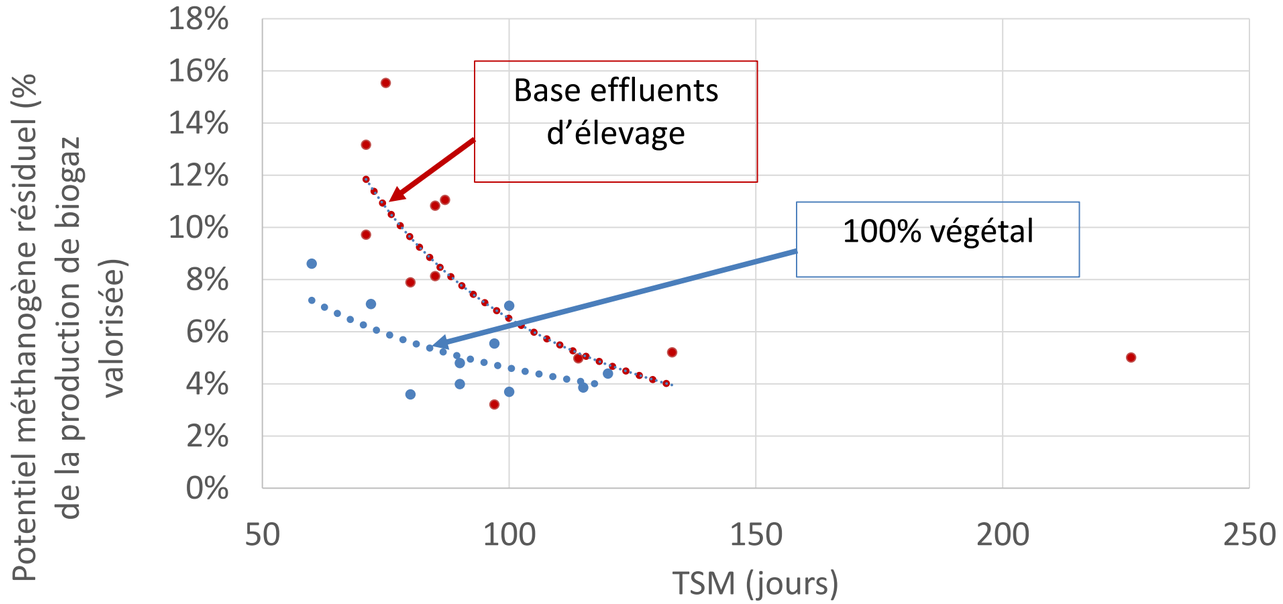


Potentiel méthanogène mesuré en fonction du temps de séjour des matières moyen en conditions mésophiles. Source : étude CRUST et Predigem)

Quel potentiel de production reste t'il dans le digestat en sortie de digesteur ?

Le potentiel méthanogène résiduel, un indicateur du potentiel de production restant dans le digestat

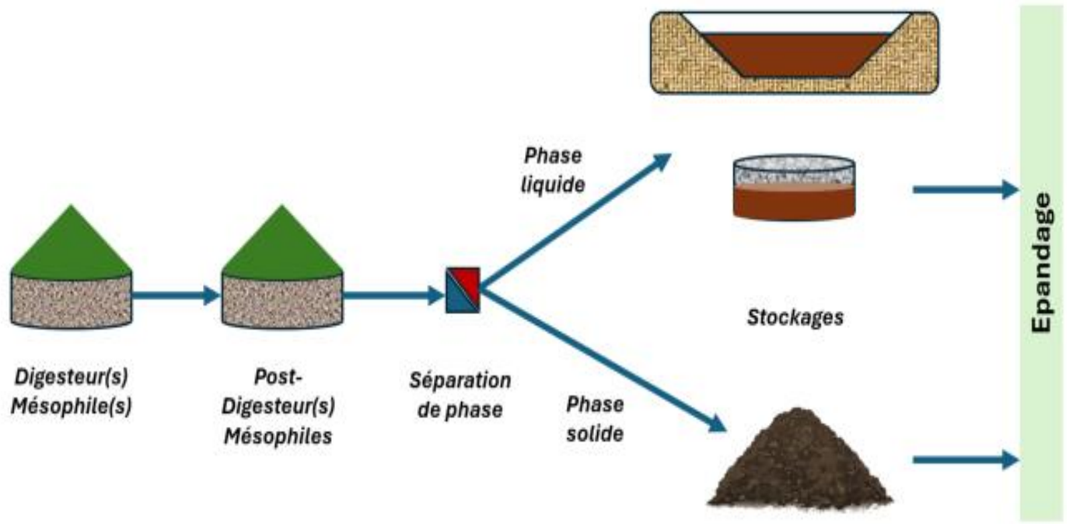
Mesuré à 38° durant 60 jours

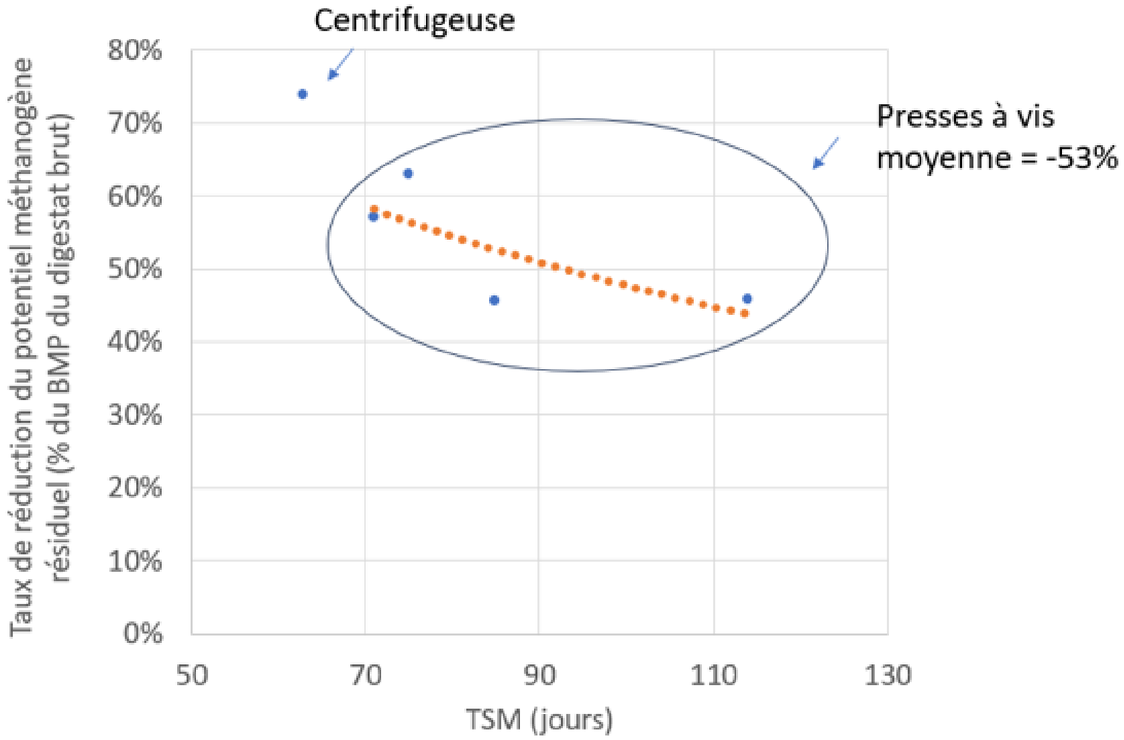


Attention aux variabilités de protocoles…

Potentiel méthanogène mesuré en fonction du temps de séjour des matières moyen en conditions mésophiles (en % de la production de méthane valorisée).(Source : étude CRUST et Predigem)

Quel effet de la séparation de phase ?



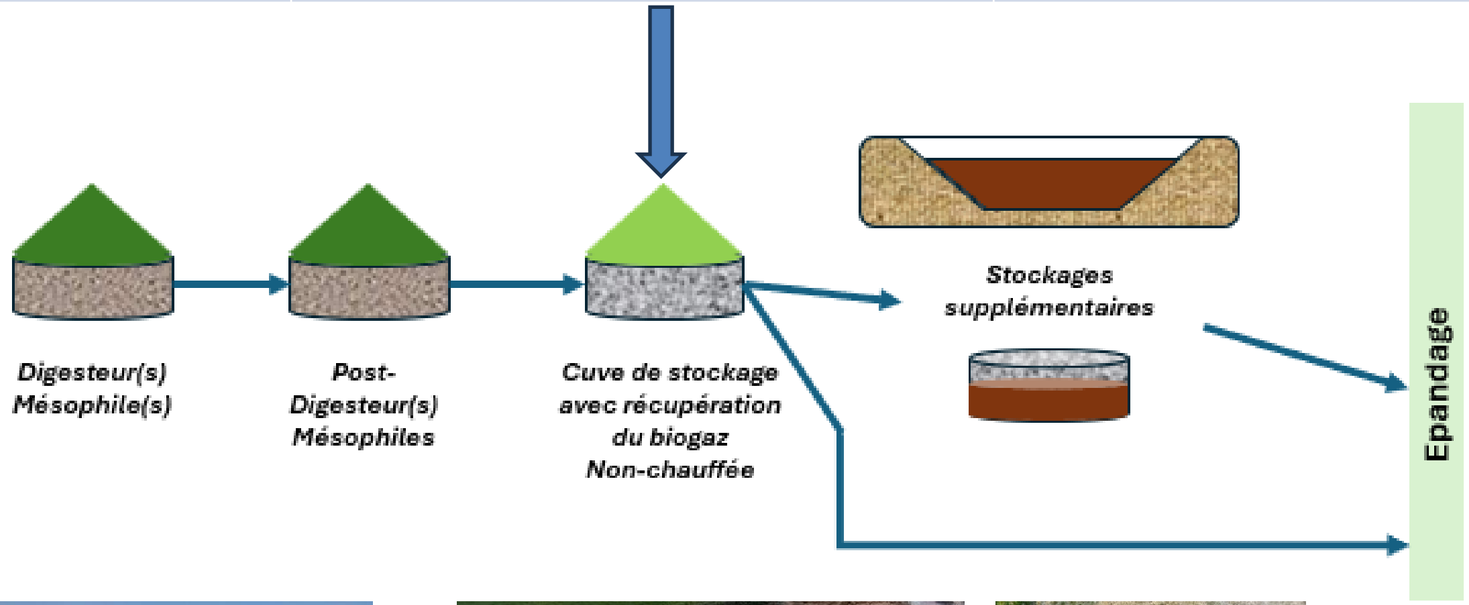


Taux de réduction du potentiel méthanogène résiduel observé entre le digestat brut et la phase liquide (Source : Programme Prédigem)

Mais risque de transfert d'émission vers du N_2O….

Récupérer la production de biogaz au stockage du digestat

3 options techniques		
Couverture totale des stockages avec récupération du biogaz	Cuve de stockage tampon avec récupération du biogaz (1,5-2,5 mois de capacité)	Utilisation du post-digesteur avec niveau variable pour qu'il contribue au stockage

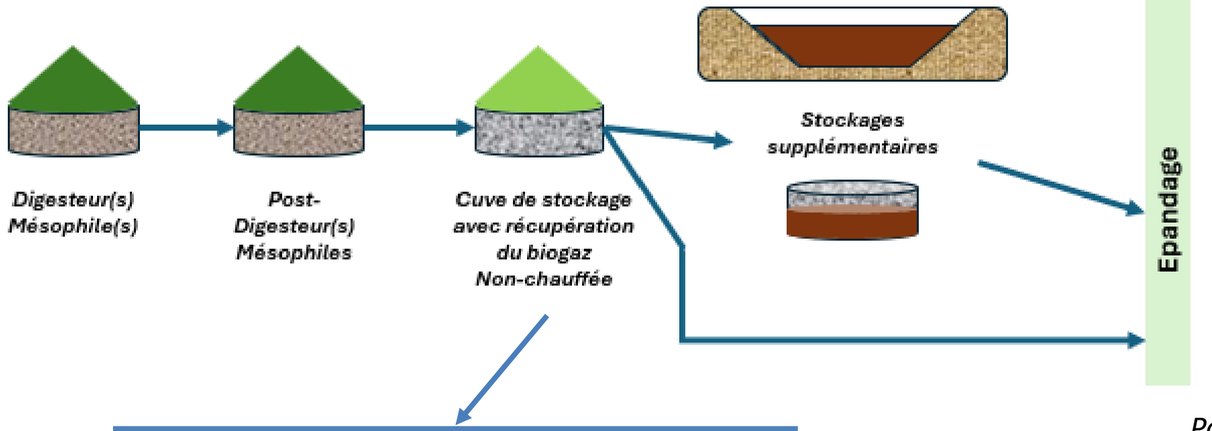



Crédits : Agrotel

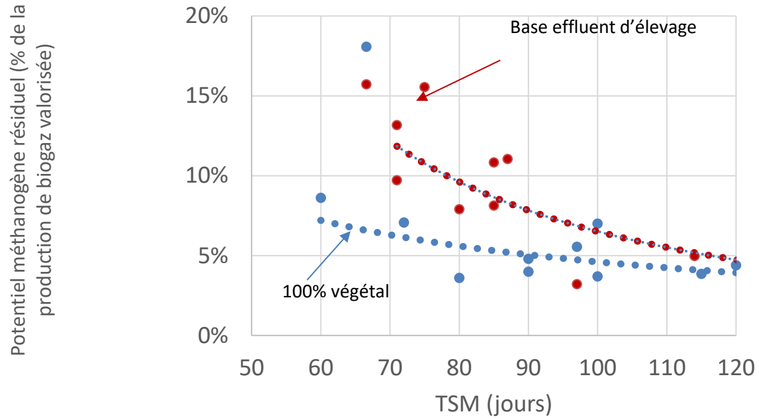

Crédits : Auvinet



Récupérer la production de biogaz au stockage du digestat… oui mais pour quelle production ?



Origine du Biogaz récupéré	
Produit lors du ralentissement de la réaction	Produit par allongement du TSM



Potentiel méthanogène mesuré en fonction du temps de séjour des matières moyen en conditions mésophiles (en % de la production de méthane valorisée).(Source : étude CRUST et Predigem)

Ordre de grandeur des taux d'expression du BMP résiduel au stockage : 25-50%

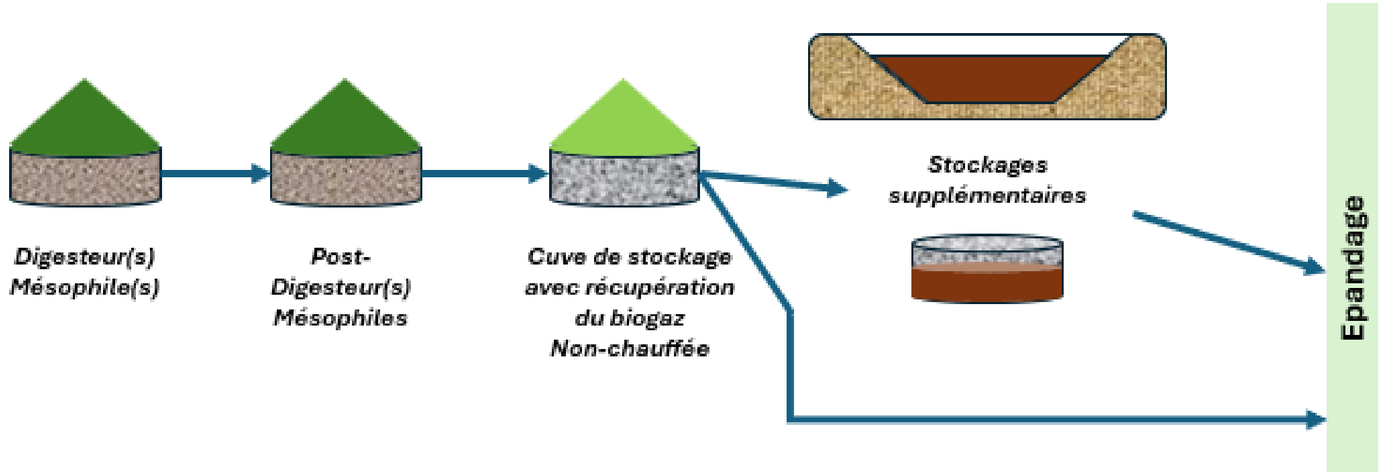
TSM mésophile = 80 jours

2-6% de production de biogaz supplémentaire si TSM < 80 jours
(Données Nénufar synthétisées par Aile)

Production supplémentaire

- Filière 100% végétale : 1,5-2,5%
- Filière avec base effluents : 2,5-5%

Récupérer la production de biogaz au stockage du digestat… oui mais pour quelle production ?



Origine du Biogaz récupéré	
Produit lors du ralentissement de la réaction	Produit par allongement du TSM

2-6% de production de biogaz supplémentaire si TSM < 80 jours (Données Nénufar synthétisées par Aile)

Principaux facteurs de contrôle :

- ✓ TSM en amont + la typologie de substrats
- ✓ Le taux de remplissage moyen de la cuve (stratégie d'exploitation)
- ✓ Températures du digestat stocké => cuves enterrées ou semi-enterrées moins souises aux variations hivernales
- ✓ Brassage (effets peu documentés mais contraintes d'exploitation à prendre en compte)

Principaux atouts de la récupération du biogaz au stockage des digestats



VERSUS



Production de biogaz supplémentaire

Un des principaux leviers pour améliorer significativement le bilan GES

Réduction des émissions d'ammoniac

Réduction des quantités d'eau de pluie épandues

Par rapport à une solution 100% non-couverte (lagunes)

Principaux points de vigilance associés à la récupération du biogaz au stockage des digestats



VERSUS



Bilan économique à effectuer en fonction des configurations des sites

Sensibilité du digestat au croûtage et incidence sur les volumes de biogaz stockés à considérer dans les choix de technologies

Consommations énergétiques (brassage) à optimiser pour limiter les coûts de fonctionnement

Nécessite une optimisation de la logistique des digestats pour maximiser la proportion du digestat stocké dans les infrastructures couvertes avec récupération.

Attention aux impacts indirects des émissions d'ammoniac sur le bilan GES des installations

Que faire pour limiter les pertes par volatilisation ?

Couverture des stockages



Enfouissement



Travail du sol rapide



Enfouissement direct

Choix de conditions d'épandage peu émissives

- ✓ Températures fraîches, peu d'ensoleillement
- ✓ Humidité de l'air et du sol
- ✓ Absence de vent
- ✓ Les sols couverts réduisent le risque



Du théorique à la pratique

(2) Les émissions de méthane lors de la digestion

Aile initiatives énergie environnement
GRDF GAZ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE
natran
methetlantique
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ADEME
Région BRETAGNE
Cofinancé par l'Union européenne
RÉGION PAYS DE LA LOIRE

Détection des fuites

Une obligation réglementaire ICPE

Réaliser les contrôles périodiques nécessaires (réglementaires - tous les 6 mois - ou recommandés par le constructeur), notamment les contrôles sur les appareils à pression ; Consigner vos passages sur un document spécifique à montrer à l'administration.

Un besoin de matériel

Assurer des rondes régulières par l'exploitant :

- Ronde avec un analyseur multigaz portable et son renifleur
- Environ 650€ à l'achat
- Consigner vos passages



©Illustration CH4Process

Un besoin de prestation



©CH4Process

Un besoin de connaissance

FICHES FELEAKS
[téléchargeables ici]

FELeaks
UN PROJET DE RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT POUR MIEUX QUANTIFIER LES ÉMISSIONS FUGITIVES DE BIOGAZ EN MÉTHANISATION

Bonnes pratiques

- Avoir un renifleur sur site (ou à proximité immédiate), qui soit correctement étalonné
- Faire des campagnes de détection 1 à 2 fois par an

Régler et entretenir sa soupape

Bonnes pratiques de réglage et d'entretien des SOUPAPES de sécurité

- Vérification de la cascade de déclenchement

P sortie gazomètre vers valorisation < P déclenchement torchère < P déclenchement soupape
Suivi de la P du gazomètre

- Procédure maintenance soupape dans la ronde quotidienne

Attention aux événements extraordinaires notamment de mousse (exemple fiche BARPI)



1. Localisation des soupapes

N°	Ouvrage concerné	Détails localisation	Photo
1	Digesteur 1	Côté rampe d'accès	
2			
3			
4			
5			

2. Règles à respecter

- Les digesteurs et réservoirs de stockage de biogaz doivent être équipés de dispositifs de sécurité qui empêchent une surpression ou dépression trop importante.
- Les gaz dégagés par les soupapes doivent être déportés au-dessus des installations par une cheminée.
- Les soupapes doivent être protégés du gel.
- Dans le cas de dispositifs hydrauliques, il est nécessaire que le liquide mis en œuvre ne déborde pas en cas de dépression ou de surpression et que lorsque celles-ci disparaissent, il reflue automatiquement.

3. Procédure de maintenance des soupapes

Surveillance (Contrôle visuel) : A réaliser lors de la ronde de l'installation (préciser fréquence)

Quoi	Quand	Qui

Piloter son site

Bonnes pratiques de réglage et d'entretien de la TORCHERE

- Vérification que le torchage soit possible en même temps que la valorisation d'énergie
- Torchère correctement dimensionnée, même après une évolution de site
- Avoir une torchère automatique



Bonnes pratiques de pilotage du SITE

- Remplissage gazomètre entre 40 et 60 % (sauf excès H2S)
- Objectif plage fonctionnement 90-100 % pour les épurateurs. Les dépassements diminuent le rendement épuratoire.
- Répartir autant que possible les intrants les plus méthanogènes dans le temps
  = ANTICIPER

Source : https://opaale.rennes.hub.inrae.fr/recherche/projets-de-recherche/feleaks
Crédit photo : AILE

QUESTIONS – REPONSES

Atelier - Journée interrégionale du Biogaz 2026

Cofinancé par l'Union européenne