



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Gaz à Effet de Serre (GES) en méthanisation

Ce document est un extrait d'une formation à l'outil en ligne DIGES3 pour effectuer son bilan GES. Les diapos 2 à 21 présentent le contexte du réchauffement climatique puis à **partir de la diapo 22, les bonnes pratiques pour la gestion des GES sur son unité sont présentées. Ces pratiques permettent aussi des économies financières.**





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Dérèglement climatique et enjeux en agriculture

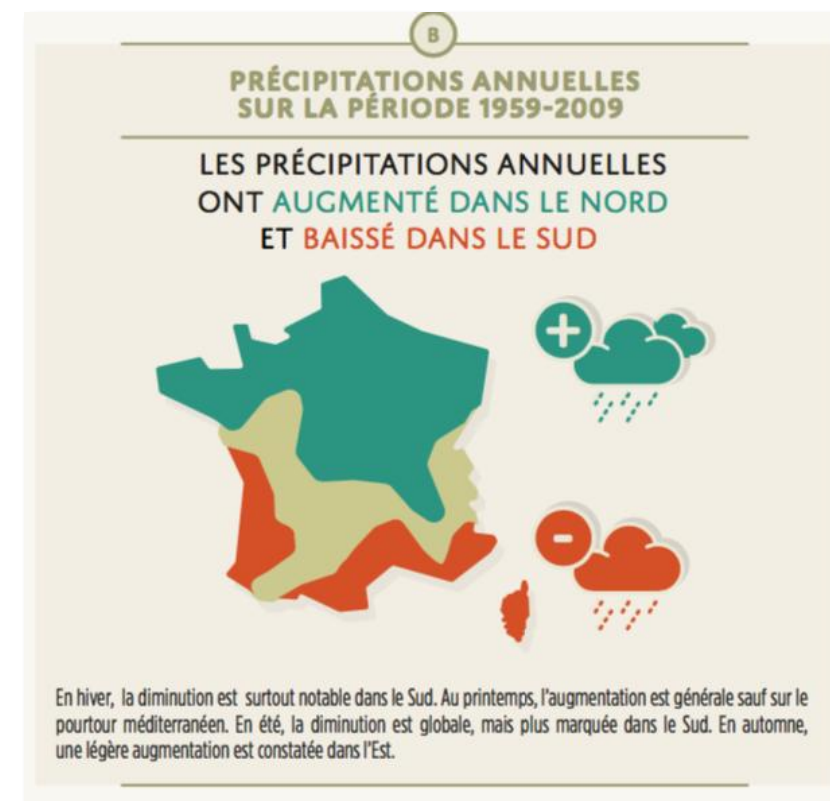
France : évolutions climatiques déjà constatées

Evolution de la température



Source : ONERC

Evolution de la pluviométrie



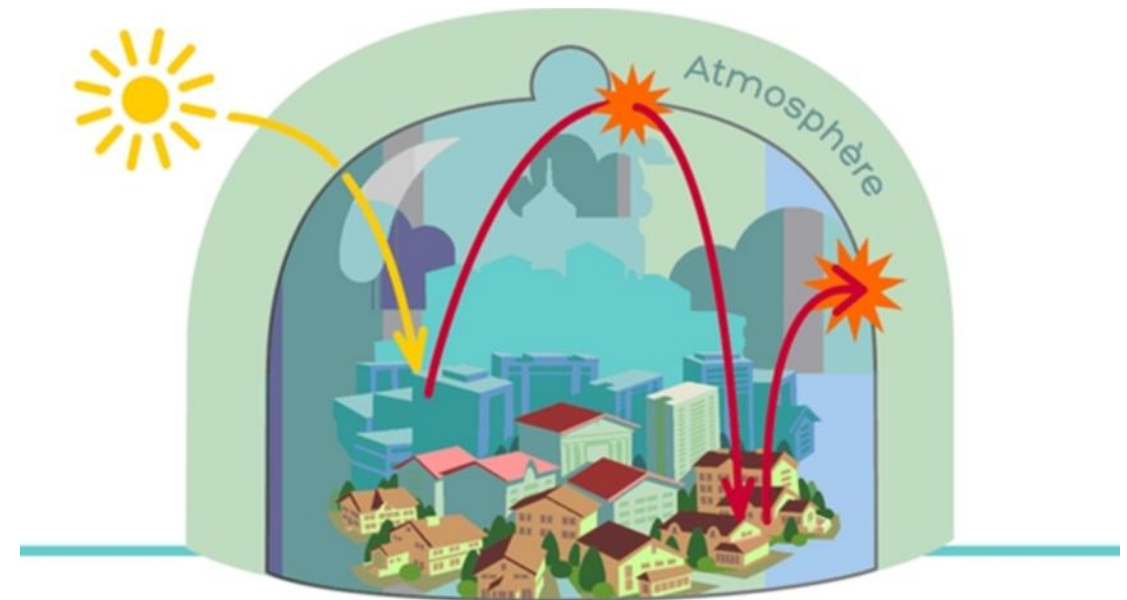
Source :
LACCAGE

Qu'est ce que l'effet de Serre ? Essentiel à la vie sur Terre

Grâce aux Gaz à effet de serre (GES) présents naturellement dans l'atmosphère (vapeur d'eau, dioxyde de carbone...), la Terre (atmosphère inclus) absorbe une partie de l'énergie qu'elle reçoit du Soleil, le reste étant renvoyé vers l'espace. Ce phénomène naturel, appelé effet de serre, rend la vie possible sur Terre.

La modification de la teneur en gaz à effet de serre dans l'atmosphère est donc de nature à altérer le bilan énergétique du système climatique terrestre.

Le changement de la teneur en aérosols dans l'atmosphère, du rayonnement solaire **et des propriétés de la surface du sol**, peuvent également avoir des conséquences similaires.



QUESTION CHANGEMENT CLIMATIQUE

**PARMI LES GAZ SUIVANTS, LEQUEL N'EST PAS UN GAZ À
EFFET DE SERRE ?**

LE MÉTHANE (CH₄)

LE PROTOXYDE D'AZOTE (N₂O)

LE DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

L'AMMONIAC (NH₃)

QUESTION CHANGEMENT CLIMATIQUE

**PARMI LES GAZ SUIVANTS, LEQUEL N'EST PAS UN GAZ À
EFFET DE SERRE ?**

LE MÉTHANE (CH₄)

LE PROTOXYDE D'AZOTE (N₂O)

LE DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

L'AMMONIAC (NH₃)

Explication

On distingue quatre grandes catégories de gaz à effet de serre (GES) : le **dioxyde de carbone**, le **méthane**, le **protoxyde d'azote** et les gaz fluorés. L'ammoniac est un polluant de l'air principalement émis par le secteur agricole (émissions par les animaux ou la fertilisation azotée), mais il ne contribue pas directement au réchauffement climatique.

Pouvoir Réchauffant des GES – à horizon 100 ans

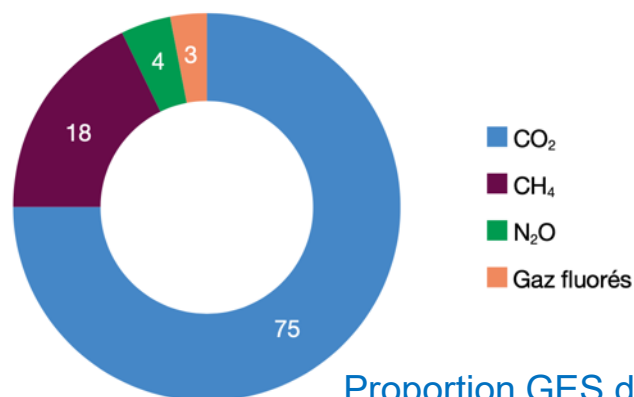
La contribution à l'effet de serre de chaque gaz se mesure grâce au pouvoir de réchauffement global (PRG).

Le PRG se définit comme le **forçage radiatif (c'est à dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol)**, cumulé **sur une durée** de 100 ans.

Indicateur exprimé en équivalent CO₂ qui a un PRG de 1.
1 kg de CH₄ émis a le même impact que 27 kg de CO₂ émis

	CO ₂ Dioxyde de carbone	CH ₄ Méthane	N ₂ O Protoxyde d'azote	HFC Hydrofluoro- carbures	PFC Perfluoro- carbures	SF ₆ Hexafluorure de soufre	NF ₃ Trifluorure d'azote
--	--	----------------------------	--	---------------------------------	-------------------------------	--	---

Pouvoir de réchauffement global (cumulé sur 100 ans)	1	27-30	273	[1,5 ;14 590] selon les gaz	[7 380 ; 12 400] selon les gaz	25 184	17 423
--	---	-------	-----	-----------------------------------	--------------------------------------	--------	--------



Proportion GES dans l'atmosphère

QUESTION CHANGEMENT CLIMATIQUE

**QUELLE EST LA PRINCIPALE CAUSE DES ÉMISSIONS DE GES
D'ORIGINE HUMAINE DANS LE MONDE?**

**LA COMBUSTION DES ÉNERGIES
FOSSILES**

L'AGRICULTURE

LA DÉFORESTATION

LES ZONES HUMIDES

QUESTION CHANGEMENT CLIMATIQUE

**QUELLE EST LA PRINCIPALE CAUSE DES ÉMISSIONS DE GES
D'ORIGINE HUMAINE DANS LE MONDE?**

**LA COMBUSTION DES
ÉNERGIES FOSSILES**

L'AGRICULTURE

LA DÉFORESTATION

LES ZONES HUMIDES

Explication

Si des facteurs naturels peuvent expliquer certaines évolutions du climat, les variations récentes sont dues en très grande partie aux **activités humaines**. La première cause des émissions de gaz à effet de serre est la combustion des énergies fossiles.

Les cause des émissions GES en FRANCE

- La combustion du charbon, du pétrole et du gaz produit du dioxyde de carbone et du protoxyde d'azote.
- L'abattage des forêts (déforestation).** Les arbres contribuent à réguler le climat en absorbant le dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère. Lorsqu'ils sont abattus, cet effet positif est perdu et le carbone stocké dans les arbres est libéré dans l'atmosphère, aggravant l'effet de serre.
- L'augmentation de l'élevage.** Les bovins et les ovins produisent de grandes quantités de méthane lorsqu'ils digèrent leur nourriture.
- Les engrais contenant de l'azote produisent des émissions de protoxyde d'azote.
- Les gaz fluorés sont émis par les équipements et les produits qui utilisent ces gaz. Ces émissions ont un effet de réchauffement considérable, jusqu'à 23 000 fois supérieur à celui du CO_2 .

Secteurs émetteurs



Activités par secteur

Transports = 136 Mt eqCO_2



Industrie = 84 Mt eqCO_2



Agriculture = 83 Mt eqCO_2



Bâtiments = 75 Mt eqCO_2 (79 Mt eqCO_2 après correction des variations météo)



Transformation d'énergie = 42 Mt eqCO_2



Déchets = 15 Mt eqCO_2



CO₂ biogénique - CO₂ fossile

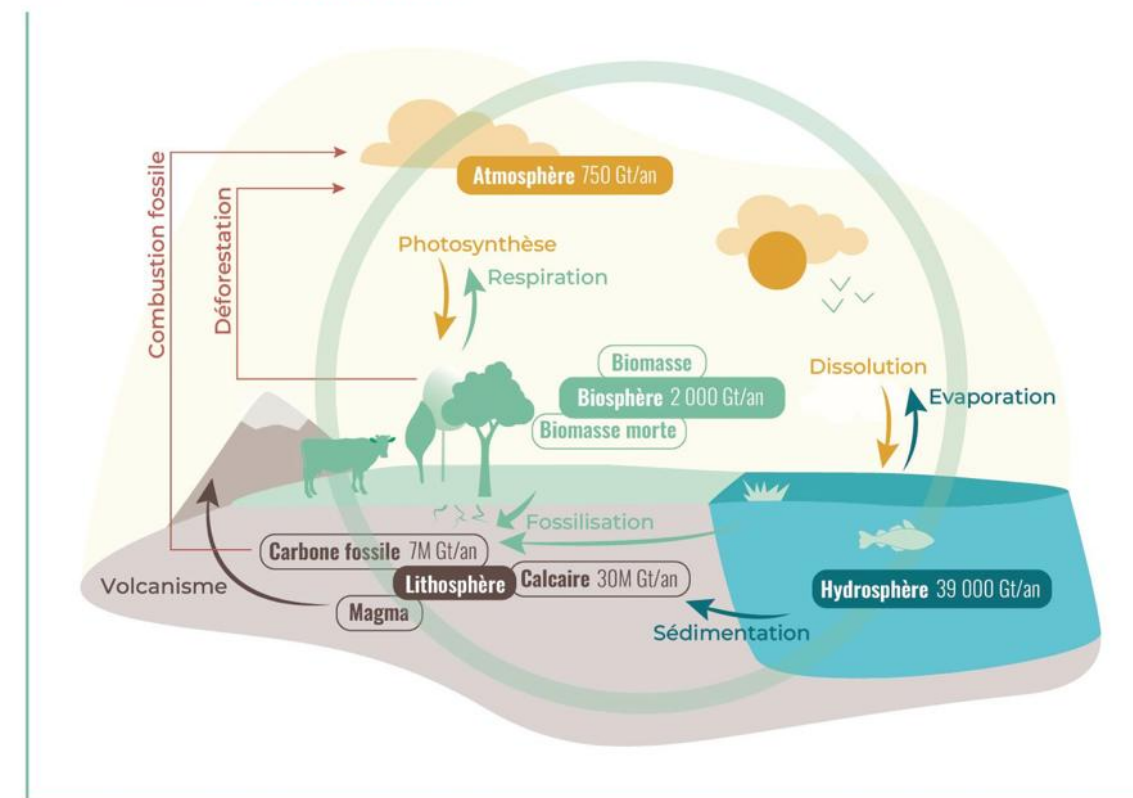
Depuis la première révolution industrielle dans les années 1980, la **teneur atmosphérique en CO₂ a augmenté de plus de 40 %** (niveau le plus élevé depuis 3 millions d'années).

La **teneur atmosphérique en méthane (CH₄) a augmenté de 162 %** depuis l'ère industrielle (niveau le plus élevé depuis 800 000 ans)

CO₂ fossile : dioxyde de carbone émis à partir de la combustion de ressources fossiles, c'est-à-dire du pétrole, du charbon ou de gaz naturel – cycle long de plusieurs millions d'années = sa combustion a impact négatif sur le réchauffement climatique

CO₂ biogénique : désigne tout le carbone émis ou stocké dans l'atmosphère qui provient de sources biologiques ou de matières organiques – cycle court de stockage de C par les plantes via la photosynthèse – 1 à 30 ans = sa combustion a un impact neutre sur le réchauffement climatique (le C est naturellement émis lors de la dégradation de la biomasse)

LE CYCLE DU CARBONE



QUESTION IMPACTS AGRICOLES

L'ÉCHAUDAGE EST UN STRESS MAJEUR POUR LES CÉRÉALES À PAILLE. DANS LES 30 PROCHAINES ANNÉES, COMMENT CET ALÉA POURRAIT ÉVOLUER?

DIMINUER DE 25 %

RESTER IDENTIQUE

AUGMENTER DE 25 %

AUGMENTER DE 50 %

QUESTION IMPACTS AGRICOLES

L'ÉCHAUDAGE EST UN STRESS MAJEUR POUR LES CÉRÉALES À PAILLE. DANS LES 30 PROCHAINES ANNÉES, COMMENT CET ALÉA POURRAIT ÉVOLUER?

DIMINUER DE 25 %

RESTER IDENTIQUE

AUGMENTER DE 25 %

AUGMENTER DE 50 %

Explication

Toutes choses égales par ailleurs (variétés, date de semis, ...), le risque d'échaudage augmenterait de plus **50% en France**. Cela se traduirait par une importante augmentation du nombre de jours chauds (température > 25°C.) en fin de cycle des céréales.

QUESTION IMPACTS AGRICOLES

LE STRESS HYDRIQUE ESTIVAL EST UN ALÉA MAJEUR POUR LES CULTURES DE PRINTEMPS (BETTERAVE, MAÏS, ...). DANS LE FUTUR PROCHE, QUELLE SERAIT LA FRÉQUENCE DES ANNÉES PRÉSENTANT UN DÉFICIT HYDRIQUE TRÈS SÉVÈRE EN ÉTÉ ?

1 ANNÉE SUR 6

1 ANNÉE SUR 4

1 ANNÉE SUR 3

1 ANNÉE SUR 2

QUESTION IMPACTS AGRICOLES

LE STRESS HYDRIQUE ESTIVAL EST UN ALÉA MAJEUR POUR LES CULTURES DE PRINTEMPS (BETTERAVE, MAÏS, ...). DANS LE FUTUR PROCHE, QUELLE SERAIT LA FRÉQUENCE DES ANNÉES PRÉSENTANT UN DÉFICIT HYDRIQUE TRÈS SÉVÈRE EN ÉTÉ ?

1 ANNÉE SUR 6

1 ANNÉE SUR 4

1 ANNÉE SUR 3

1 ANNÉE SUR 2

Explication

Dans le futur proche, le déficit hydrique (différence entre les Précipitation et l'évapotranspiration potentielle), calculé entre mai et août, dépasserait **une année sur trois**, le seuil de - 350 mm dans le Nord-Est de la France et de - 500 mm dans le Sud-Ouest de la France.

QUESTION IMPACTS AGRICOLES

**LA ZONE DE CONFORT THERMIQUE DES BOVINS SE SITUE ENTRE 10 ET 20 °C.
QUEL SERAIT L'IMPACT D'UN VAGUE DE CHALEUR MODÉRÉE SUR LA
PRODUCTION DE LAIT?**

PAS D'IMPACT

**RÉDUCTION DE LA PRODUCTION À
MOINS DE 10 %**

**RÉDUCTION DE LA PRODUCTION
DE 10 À 20 %**

**RÉDUCTION DE LA PRODUCTION
DE 20 À 30 %**

QUESTION IMPACTS AGRICOLES

**LA ZONE DE CONFORT THERMIQUE DES BOVINS SE SITUE ENTRE 10 ET 20 °C.
QUEL SERAIT L'IMPACT D'UN VAGUE DE CHALEUR MODÉRÉE SUR LA
PRODUCTION DE LAIT?**

PAS D'IMPACT

**RÉDUCTION DE LA PRODUCTION À
MOINS DE 10 %**

**RÉDUCTION DE LA PRODUCTION
DE 10 À 20 %**

**RÉDUCTION DE LA
PRODUCTION DE 20 À
30 %**

Explication

Une vague de chaleur modérée (5 jours consécutifs à plus de 30°C.) peut entraîner une baisse de 20 à 30% de la production journalière de lait. En cas de stress thermique les ruminants vont chercher en premier lieu à réduire leur métabolisme alimentaire (producteur de beaucoup de chaleur) et par la même réduiront leur production de lait.

QUESTION ADAPTATION

PARMI CES PROPOSITIONS, QUELS SONT SELON VOUS LES 3 LEVIERS MAJEURS DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

LA DIVERSIFICATION

L'EXTENSIFICATION

L'IRRIGATION

LA QUALITÉ ET LA SANTÉ DU SOL

QUESTION ADAPTATION

PARMI CES PROPOSITIONS, QUELS SONT SELON VOUS LES 3 LEVIERS MAJEURS DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?

LA DIVERSIFICATION

L'EXTENSIFICATION

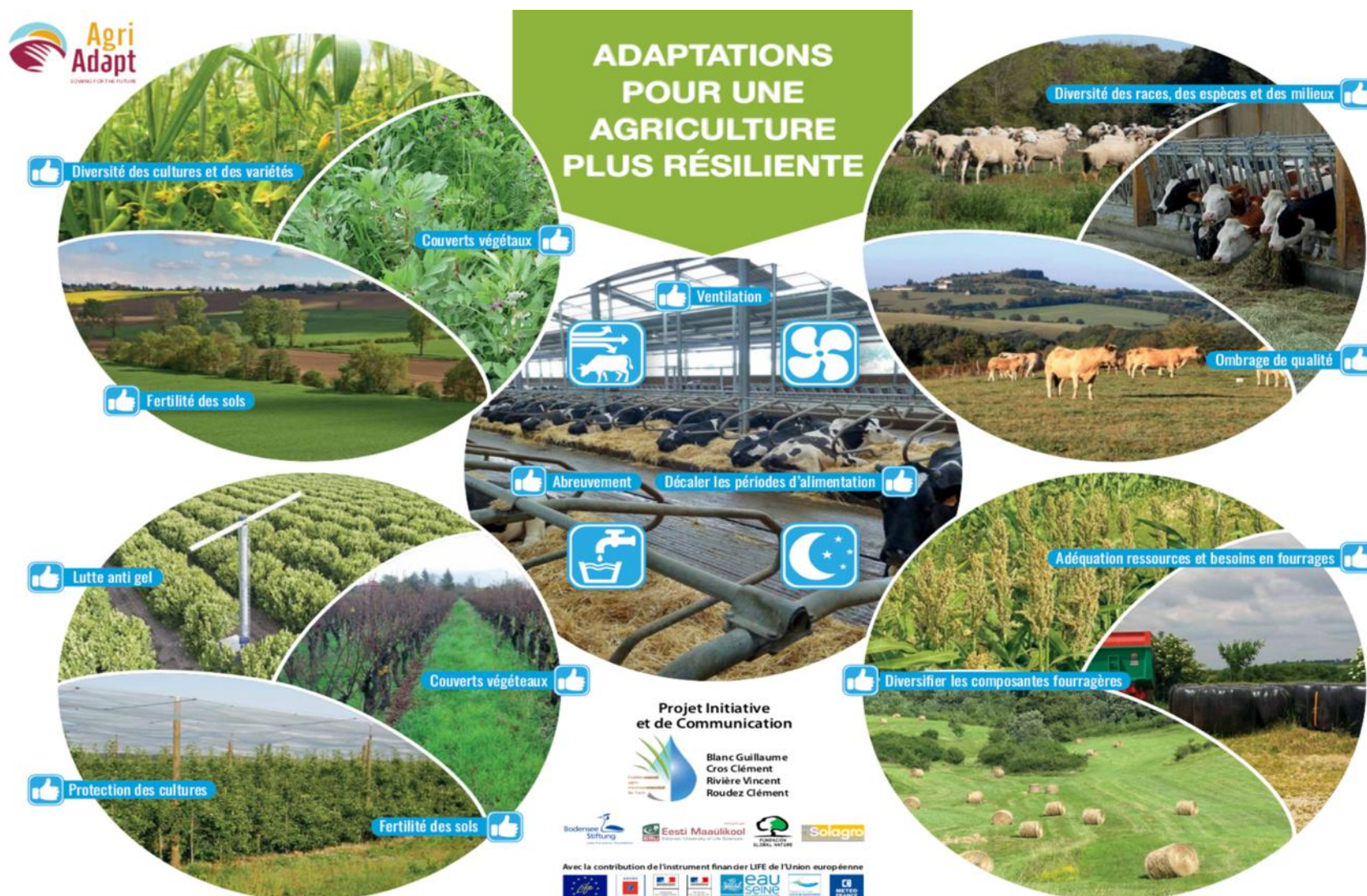
L'IRRIGATION

**LA QUALITÉ ET LA SANTÉ
DU SOL**

Explication

Le plus grand défi de l'adaptation aux changements climatiques réside dans l'**augmentation de la variabilité intra et inter annuelle**. Les 3 concepts clés de l'adaptation sont : **diversification** (ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier), **extensification** (ne pas miser sur de hauts rendements), **les sols** (capables de tamponner certains excès).

Imaginer des mesures d'adaptation



Bonnes pratiques d'exploitation

A votre avis, quelles sont les pratiques qui influencent le bilan GES de l'unité de méthanisation ?

I / Bien dimensionner ses flux et ses infrastructures

① Préserver le BMP au stockage

I / Bien dimensionner ses flux et ses infrastructures

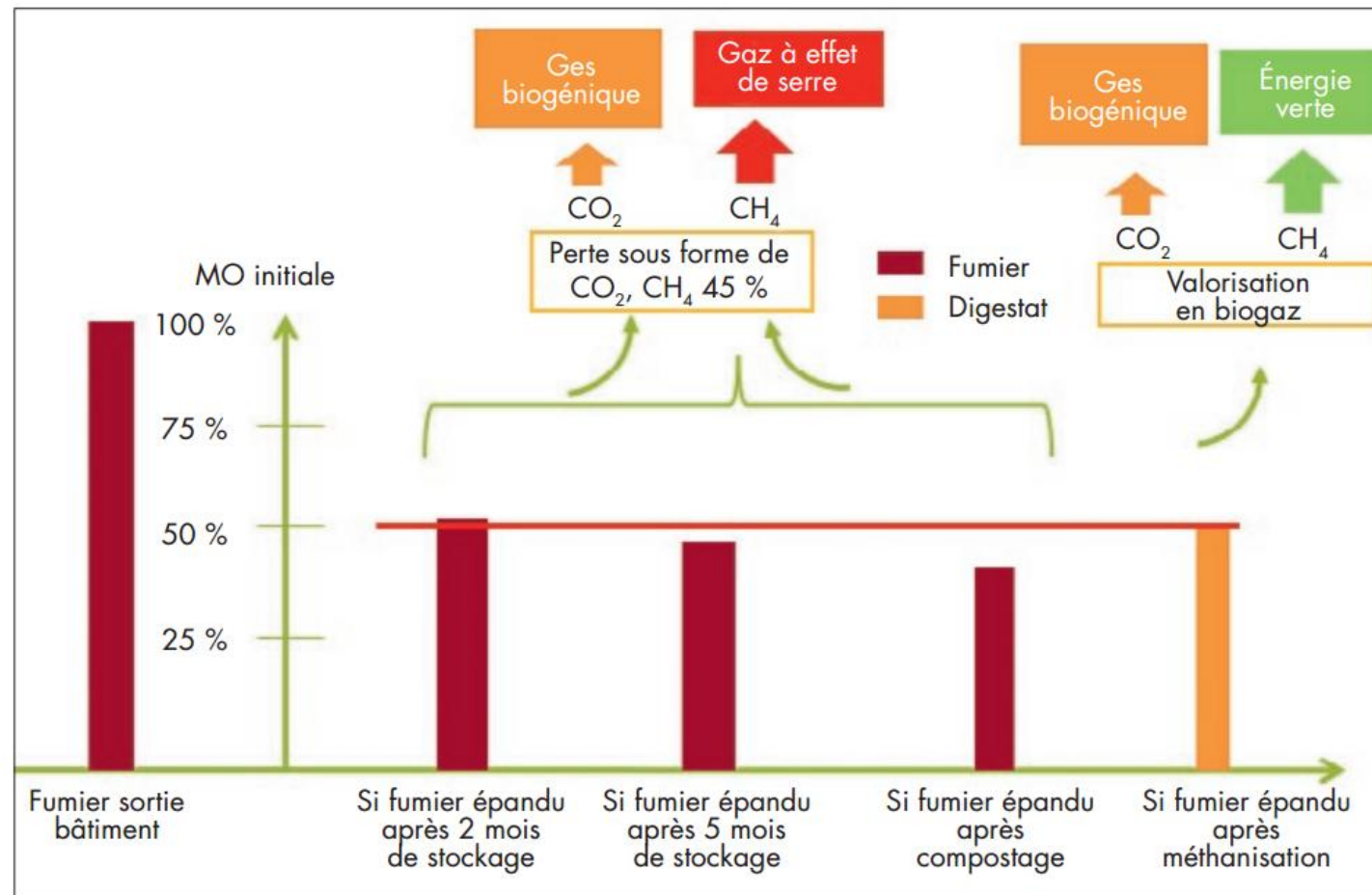
- 1 Réduire le temps de stockage de ces effluents d'élevage

Réduire le temps de stockage amont des effluents

Plus le temps de stockage amont est important, plus la dégradation de la matière organique s'opère en dehors de la méthanisation

**= rejet de méthane = perte économique =
dommage environnemental**

Filière BOVINE	Evolution d'un <u>fumier pailleux</u> à l'issu d'un stockage de 63 j			Evolution d'un <u>fumier de raclage</u> à l'issu d'un stockage de 70 j		
	Initial	63 jours	Evolution	Initial	70 jours	Evolution
Masse brute (kg)	1000	623	-38 %	1000	764	-24 %
MO (kg)	183	98	-47 %	154	112	-27 %
PM (Nm3 CH4/tMO)	281	201	-28 %	323	288	-11 %
RM (Nm3 CH4/t fumier frais)	51,5	19,6	-62 %	49,7	32,2	-35 %



Dimensionner le front d'attaque du silo en fonction de ses besoins

🔍 La surface du front d'attaque, c'est-à-dire la surface d'ensilage en contact avec l'air au niveau de la zone de prélèvement, impacte très significativement les pertes par échauffements.

➡ On parle d'1 à 3 % de perte/jour de contact, pour un silo bien fait et bien prélevé !

Pour limiter les pertes au maximum, la vitesse d'avancement d'un silo est de

- ❄️ 15 cm/jour en hiver
- ☀️ 25 cm/jour en été

Prenons l'exemple d'une unité qui incorpore 6 tonnes de CIVE par jour. Si son silo mesure 3-4 m de haut (standard), sa largeur idéale est d'environ 10 m (à ajuster pour être un multiple de la largeur de l'outil de prélèvement).

Dans ces conditions, choisir un silo de 20 m de large c'est voir partir en fumée 5.000 € de chiffre d'affaires par an. 🇩🇪

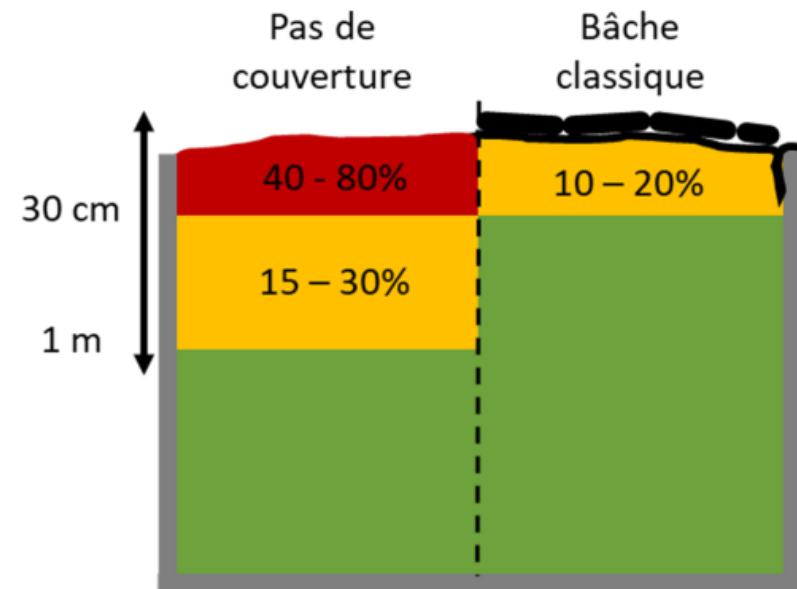


Crédit photo : Arvalis

➤ Bien stocker les CIVE pour la méthanisation : les points clés à retenir

Dégradations aérobies : limiter l'exposition à l'air !

- Après une semaine d'exposition à l'oxygène, la réduction du potentiel méthanogène peut atteindre 40%
- Une couverture hermétique des silos d'ensilage est essentielle à leur bonne préservation. Attention à l'exposition au désilage !



Exposition à l'air : facteur majeur de dégradation de l'ensilage

I / Bien dimensionner ses flux et ses infrastructures

- 2 Adapter le temps de séjour aux matières méthanisés

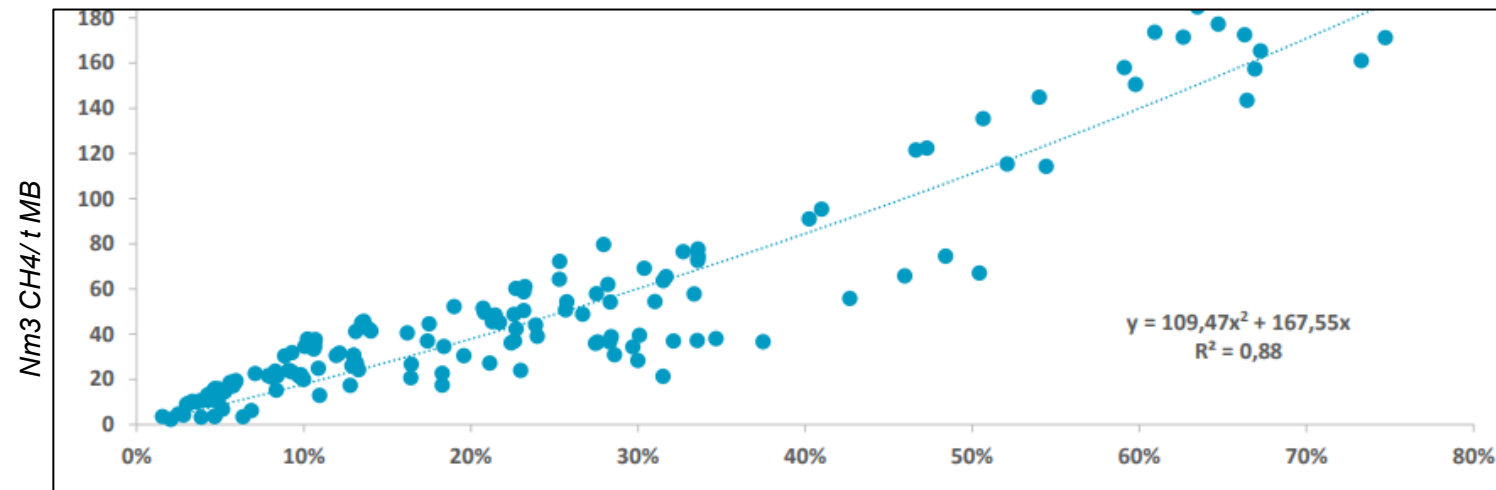
Adapter le temps de séjour aux matières méthanisés

1

Connaître a minima sa matière sèche
≈ 50 € / analyse



Lien entre la MS et le BMP



2

Un pouvoir méthanogène c'est bien mais il faut aussi connaître le temps qu'il met pour s'exprimer *Taux de MS*

Jour	Potentiel biogaz (m3biogaz/tMO)	Potentiel méthane (m3CH4/tMO)
0	0,00	0,00
4	156,84	86,01
7	280,67	160,46
11	364,05	209,05
15	457,13	261,88
17	512,06	#N/A
24	597,23	340,91
31	657,22	374,96

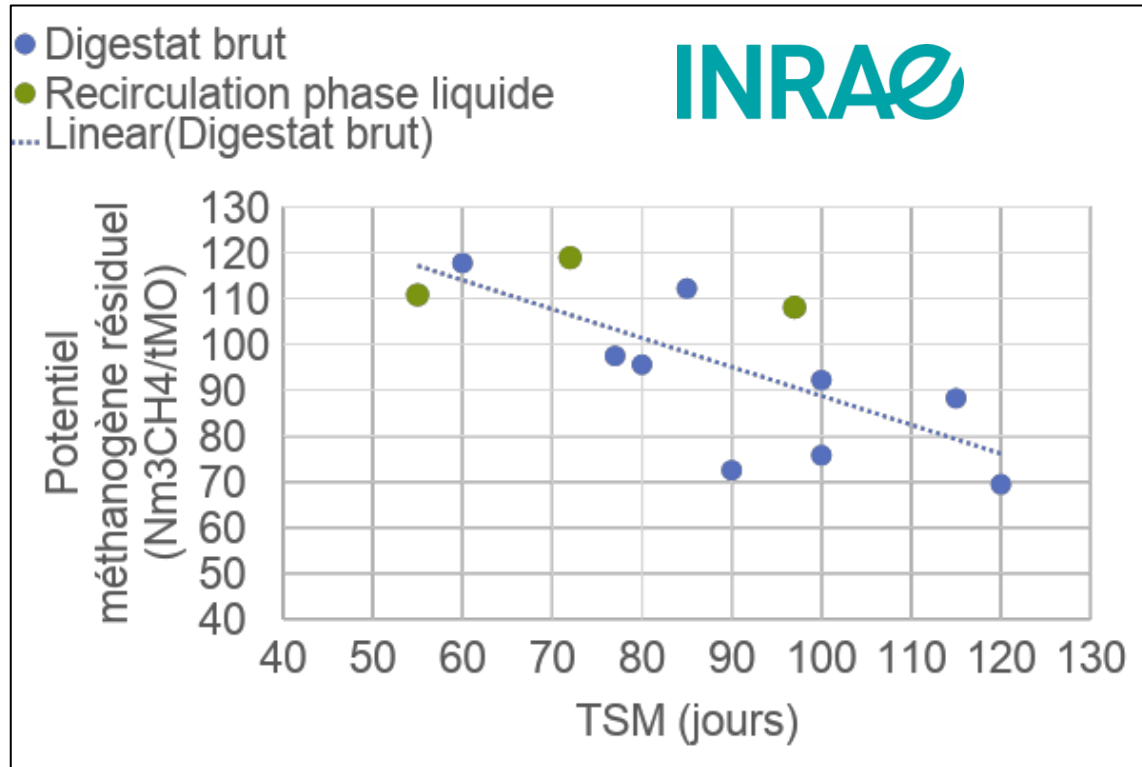
Exemple pour une CIVE ≈ 50 j en condition réelle

Jour	Potentiel biogaz (lbiogaz/kgMO)	Potentiel méthane (lCH4/kgMO)	%
0	0,00	0,00	
1	16,77	7,98	
2	56,27	32,47	
5	147,58	93,51	
9	212,32	133,98	
12	257,95	160,95	
15	302,07	186,24	
19	350,10	213,12	
22	397,54	239,95	
29	479,05	284,66	
37	528,58	310,79	
54	594,71	346,53	

Exemple pour un fumier ≈ 80 j en condition réelle

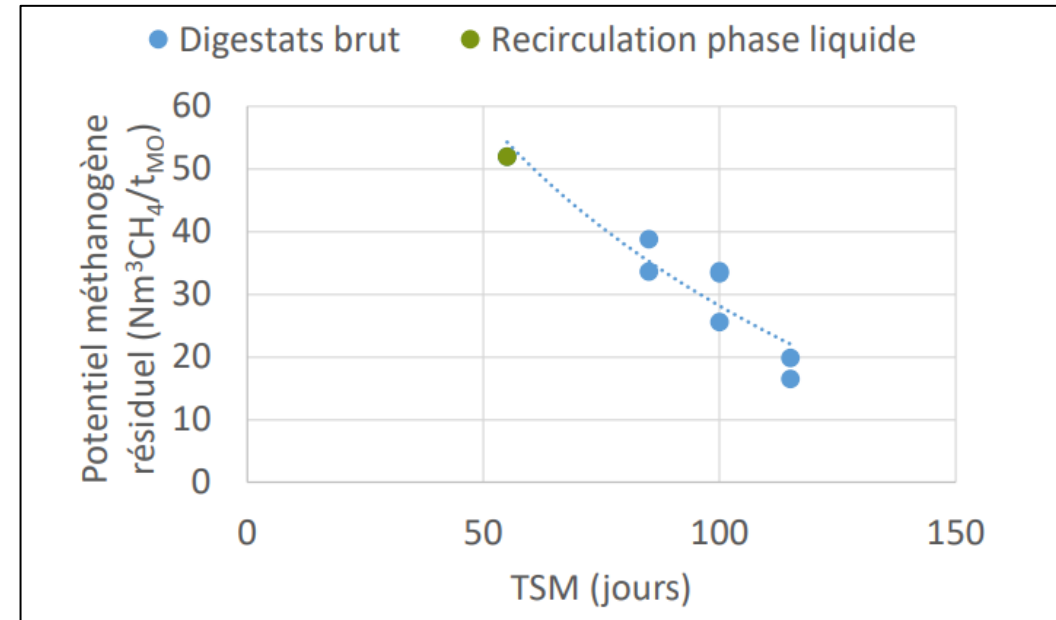
Adapter le temps de séjour aux matières méthanisés

Pouvoir méthanogène résiduelle des digestats en fonction de temps de séjour



Un BMP résiduelle qui se traduit par des émissions de méthane au stockage

Emissions de méthane pendant 1 an de stockage



Bon équilibre économique entre expression du BMP et temps de séjour sur un méthanisation agricole ≈ 80 jours.

Adapter le temps de séjour aux matières méthanisés

Exemples d'indicateurs de suivis pour déterminer si l'expression du pouvoir méthanogène est performante

1

Contrôler le taux MO/MS du / des digestat(s)

- Valeurs cibles digestat liquide/brut : 60-75 %
- Valeurs cibles digestat solide : 75-80 %

→ Faire une analyse de pouvoir méthanogène du digestat

2

Trop d'intrants par rapport au volume utile des cuves

3

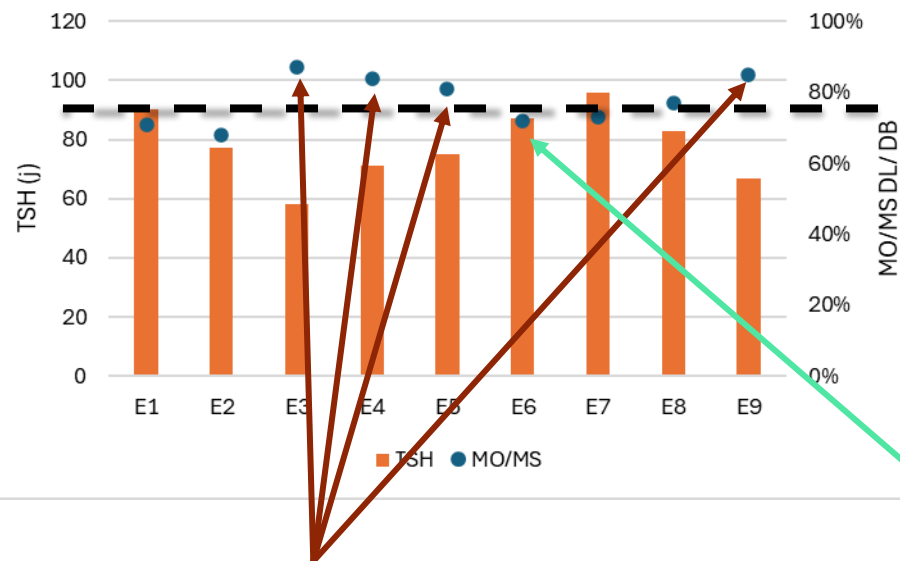
Sédimentation - un curage est-il nécessaire ?

Prélèvement		
N° Echantillon :	101758	Date de réception : 28/06/20
Nature :	Digestat solide	
Référence :		
Echantillon prélevé chez :		
Paramètres	Résultats	Unités
<i>Paramètres physico-chimiques</i>		
Matière Seche	42.7	%
Matières Minérales (Calcination)	380.3	g/kg
Matière Organique	46.7	g/kg
Azote Kjeldahl NTK	10.23	g/kg
Phosphore	7.36	g/kg P2O5
Potasse	7.03	g/kg K2O
Chaux	7.25	g/kg CaO
Magnésie	2.89	g/kg MgO
Azote Ammoniacal	3.10	g/kg
(e.c.) = en cours d'analyse N.M. = non mesuré		
Pour les lisiers : 1 g/l correspond à : 1 U/m3		
Pour les fumiers : 1 g/kg correspond à : 1 U/T		

Adapter le temps de séjour aux matières méthanisés

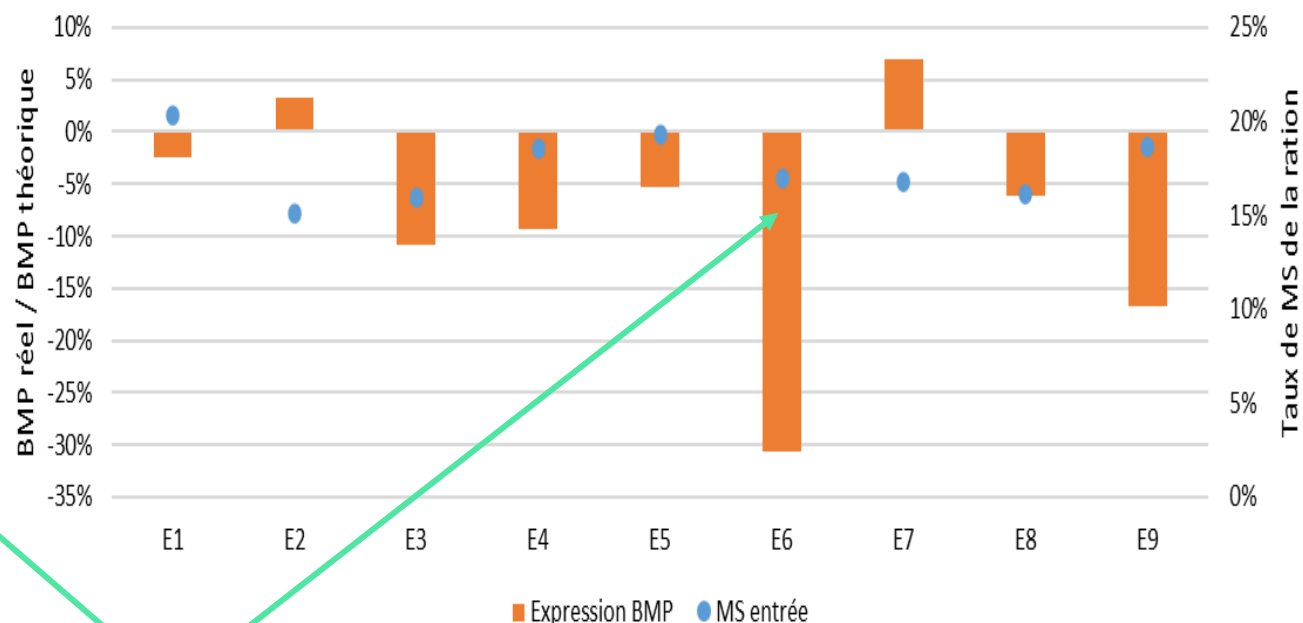
Exemple concret de suivi de 9 sites – Cogénération ; base effluent élevage fumier ; ≈ 250 KWé

Taux MO/MS en fonction du TSH



TSH possiblement trop court

Expression du pouvoir méthanogène



Toujours avoir une vision transversale des indicateurs

→ Exemple E6 : TSH semble adapté + bonne dégradation MO/MS dans analyse digestat brut

MAIS

Mauvaise expression du pouvoir méthanogène à la vue de l'énergie injectée Pourquoi ?

On garde cette question pour plus tard



I / Bien dimensionner ses flux ses infrastructures

3 Couvrir les fosses de stockage

Couverture de fosse – étanche eau

En comparaison d'un stockage à l'air libre, une couverture fosse (étanche eau) permet de :

- Réduire de **60 à 80 % les pertes d'azote** au stockage
- Éviter la dilution du digestat par la pluie (de 500 mm à 1700 mm selon les zones) – 10 à 20 tonnes à digestat de pluie par an



RENTABILITÉ

Exemple pour un stockage de 6 mois de 5000 m³, coûts 2024

Temps de retour sur investissement :

- 5 à 7 ans avec un épandage en enfouisseur
- 8 à 12 ans avec un épandage en pendillard



Crédit photo AILE

Emission totale moyenne annuelle estimée de $1,9 \pm 0,6\%$



Estimation de la chronique des émissions des stockages du site à partir des séquences de mesures et de la logistique de digestat

Origine des émissions de méthane (% de la production de biométhane injectée moyenne annuelle)

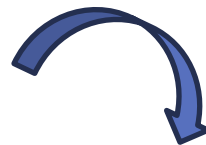


Concentré sur les 20 premiers jours de stockage

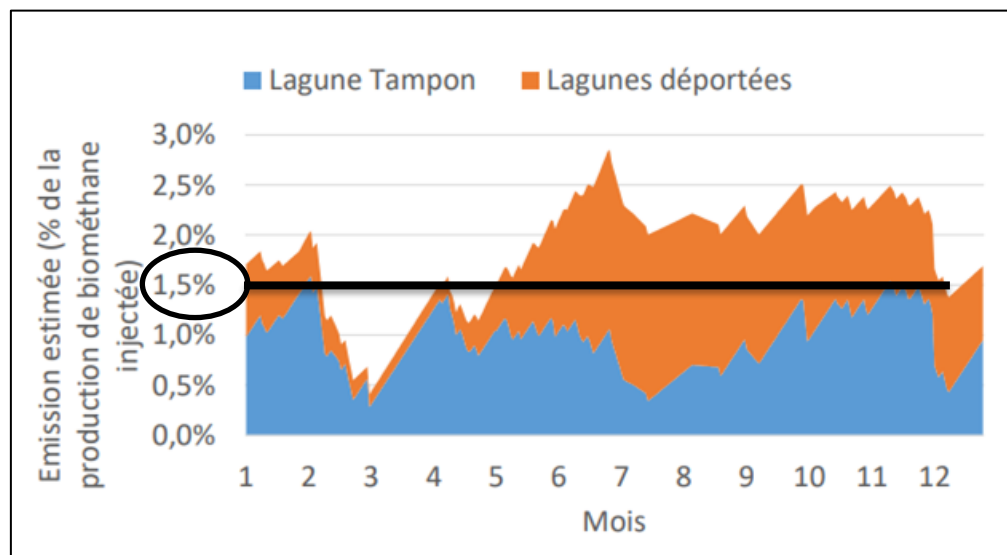
Couverture de fosse – étanche eau

En comparaison d'un stockage à l'air libre, une couverture fosse (étanche eau) permet de :

- Réduire de **60 à 80 % les pertes d'azote** au stockage
- Éviter la dilution du digestat par la pluie (de 500 mm à 1700 mm selon les zones) – 10 à 20 tonnes à digestat de pluie par an
- Capturer le biogaz résiduel émis au stockage



RENTABILITÉ



Exemple d'estimation des émissions de méthane au stockage d'un site

BUDGET MOYEN POUR FOSSE CIRCULAIRE	Pour fosse de 20 à 40 m de diamètre	Exemple : fosse de 31	Exemple : fosse de 34 m de
Couverture avec traitement antistatique ($\leq 5,10 \times 10$ ohm)	de 53 710 € à 115 650	84 910 €	94 330 €
Ligne de transfert du biogaz de Nénufar vers le digesteur	7 à 9000 € selon dista	8 000 €	8 000 €
Brassage : brasseurs + potence inox + échelle avec crinoline et passerelle d'accès	Selon taille de la fosse	86 400 €	98 800 €
Total	90 à 250 k€	179 310 €	201 130 €

« Forcément variable d'une installation à l'autre en fonction de ce qui se passe en amont du digesteur. Nos retours d'expérience montre qu'on peut capter de 70 à 350 m³ de biogaz par jour. 350 m³/j sur digestat brut, 70 sur digestat filtré. Le plus souvent, on est entre 100 à 200 m³ de méthane capté par jour en moyenne sur l'année. Il y a de variabilité saisonnière en fonction de la température, du niveau de remplissage de la fosse, de la séparation de phase ou non du digestat (qui peut aussi être évolutive dans l'année) »

I / Bien dimensionner ses flux et ses infrastructures

④ Transport par canalisation

Transport par canalisation

Retour d'expérience – Méthanisation 60 000 tonnes / an – 40 exploitations agricoles

La SAS a choisi de transporter son digestat par un réseau de canalisation. Les poches sur site et celles déportées sont connectées entre elles grâce un réseau de 13 kms. Le transport est ainsi réduit, afin de :

- Réduire les nuisances sur les riverains
- Améliorer le bilan gaz à effet de serre
- Diminuer les coûts de transport

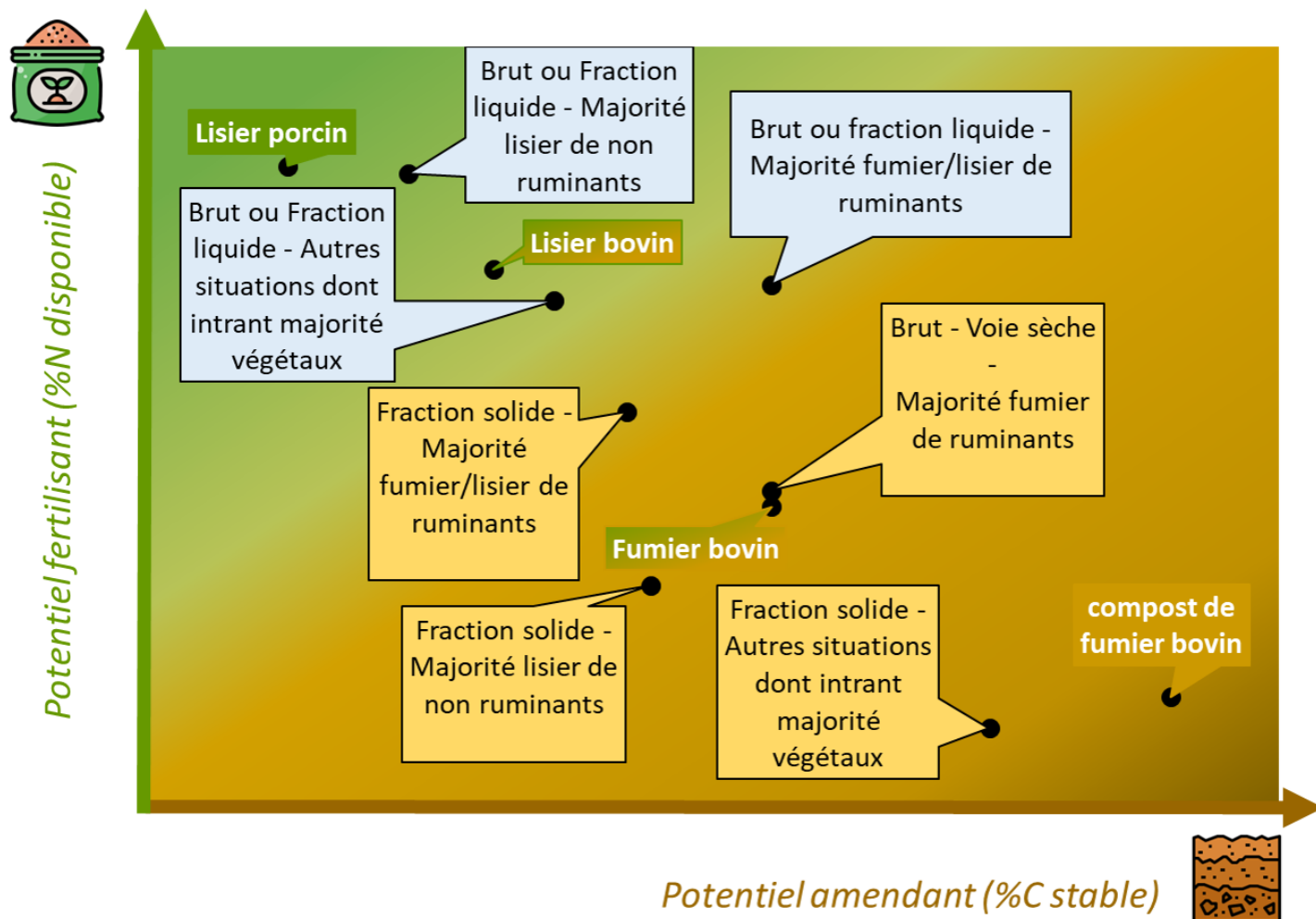
Le retour sur investissement a été de 4 ans.



II / Bien investir son digestat

1 Connaitre son digestat

Connaitre son digestat

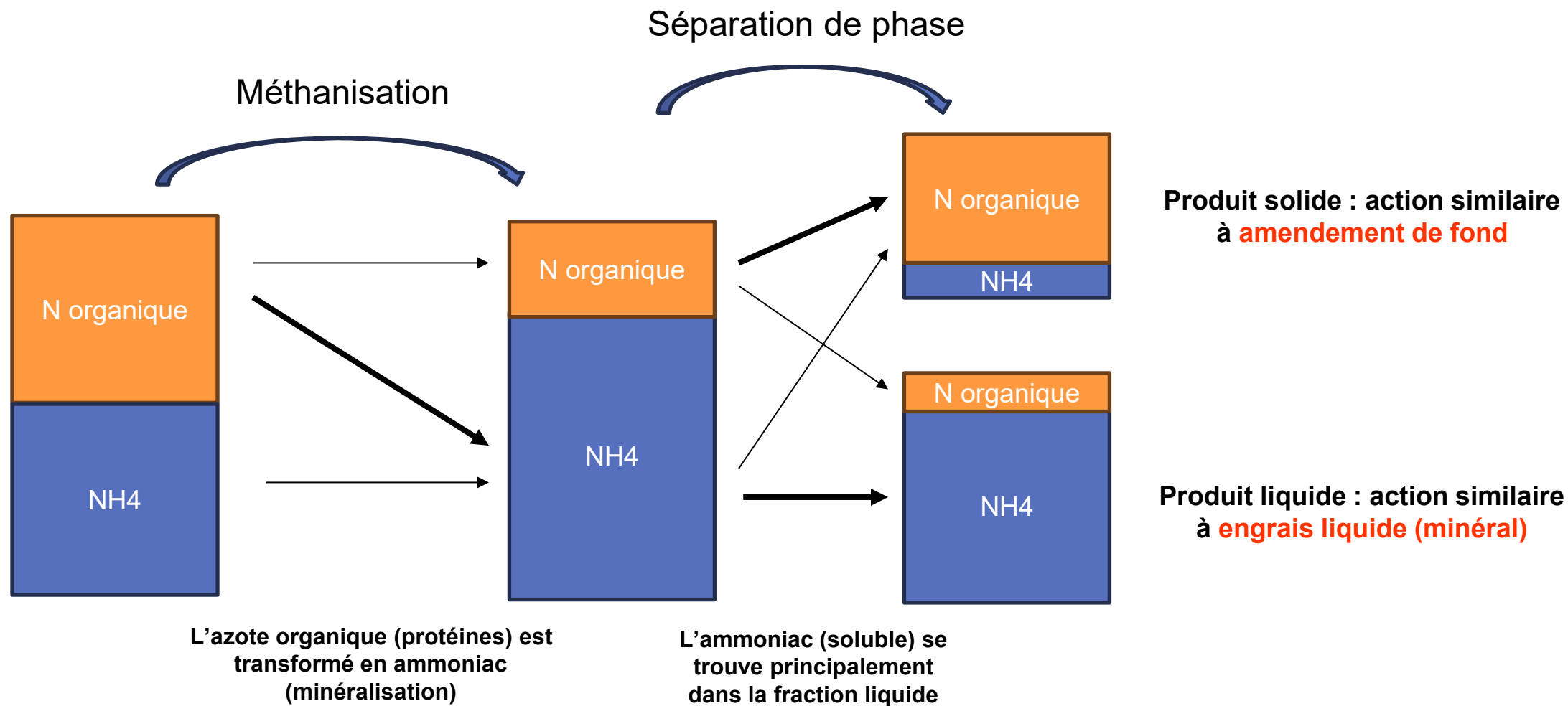


Ferti-DIG :
481 observations
↓
7 classes de digestat selon
procédé/intrants/traitement

**Il n'existe pas un
mais DES digestats !**

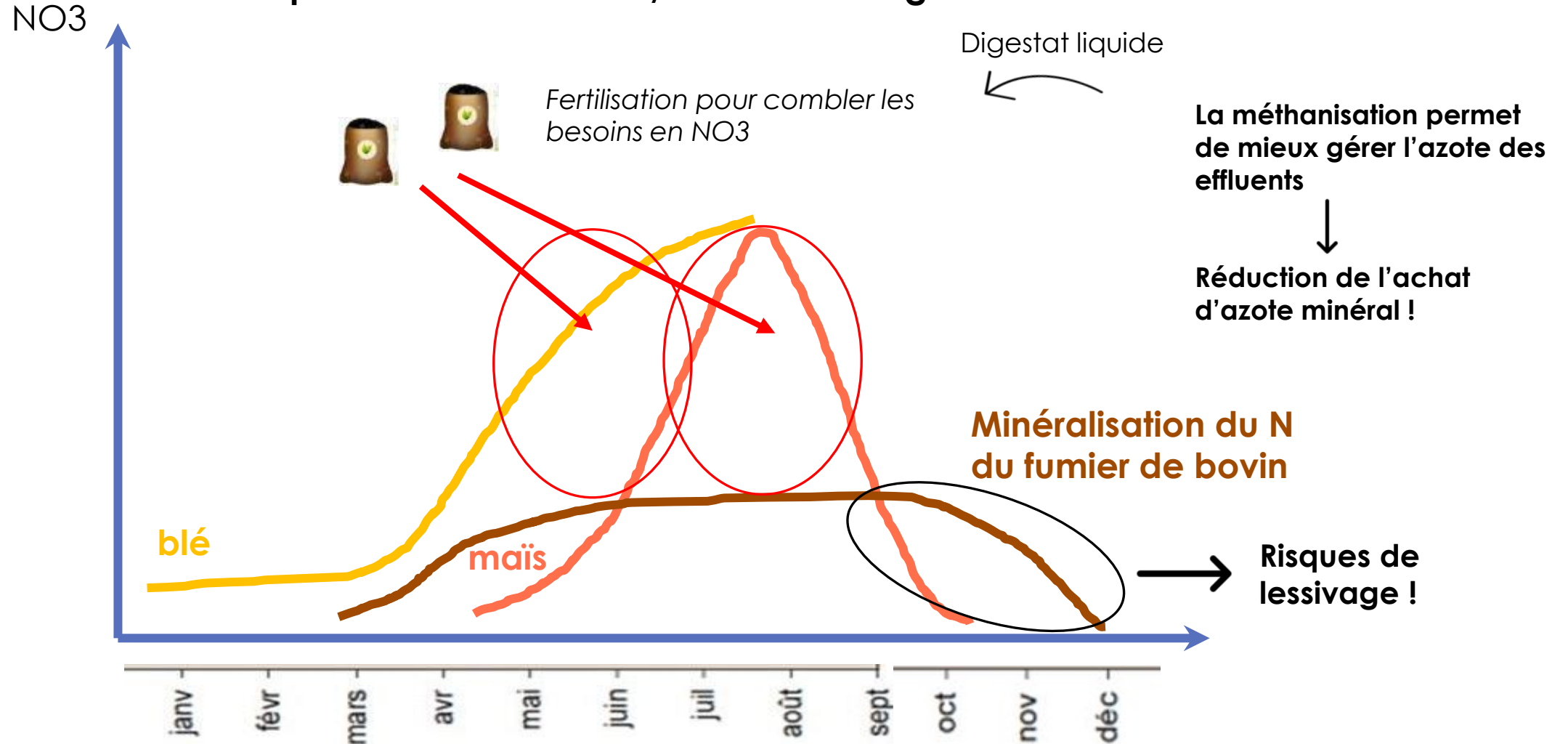
**=> Faire des analyses de
son/ses digestat(s)**

Une diversité de digestat



Bien gérer l'offre et la demande

Exemple de fertilisation blé/maïs en élevage bovin avant méthanisation :



II / Bien investir son digestat

2 Etablir un prévisionnel de fertilisation

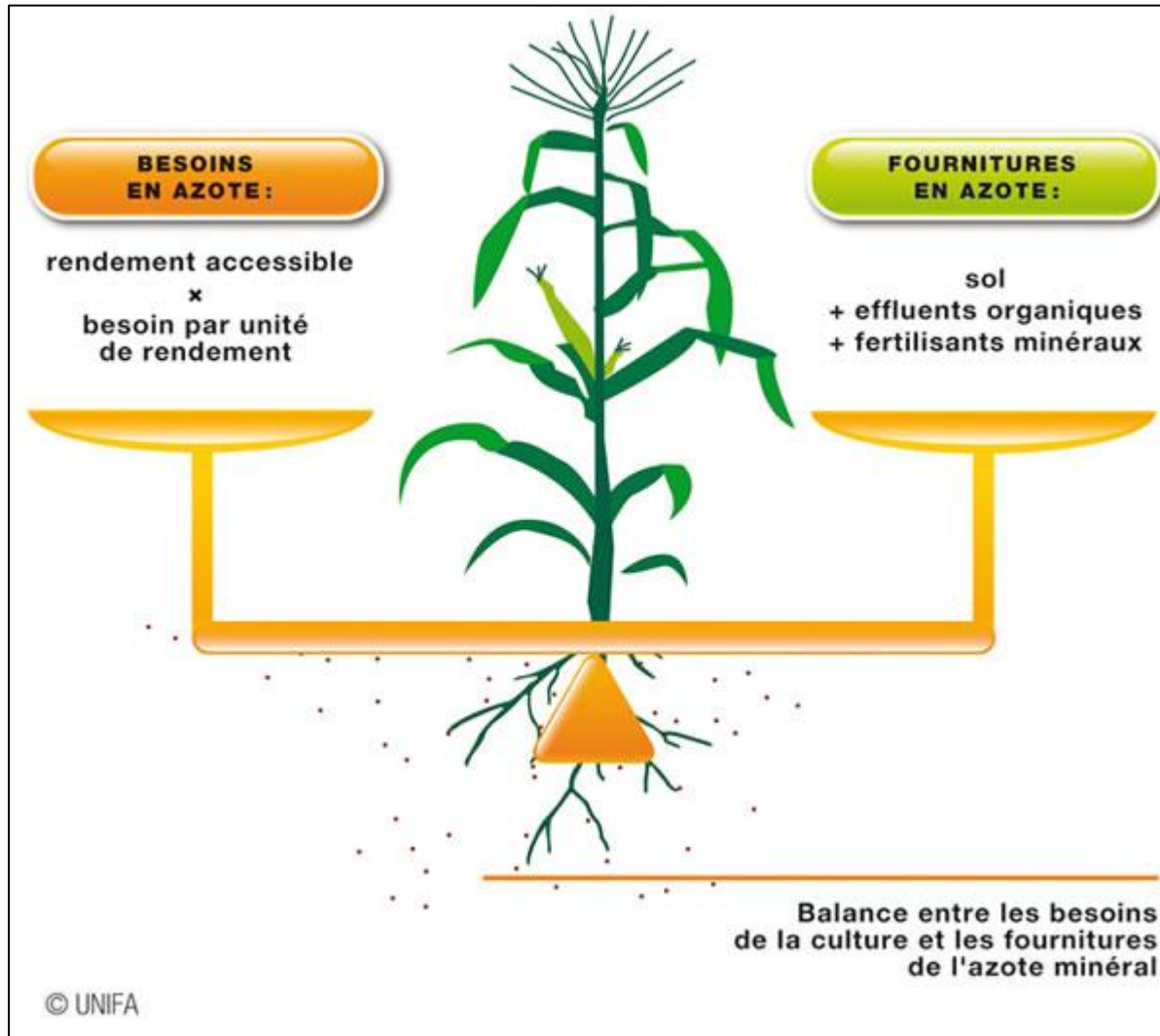
L'équilibre de la fertilisation : la méthode des bilans

Directive Nitrate :

Obligation de calculer une dose prévisionnelle (minérale et organique)...

*Y compris pour les **CIVE** si dépassement des plafonds autorisés*

Le pilotage de la fertilisation est essentiel pour limiter les pertes



Le prévisionnel d'épandage

Exemple possible :

Digestat brut ou liquide

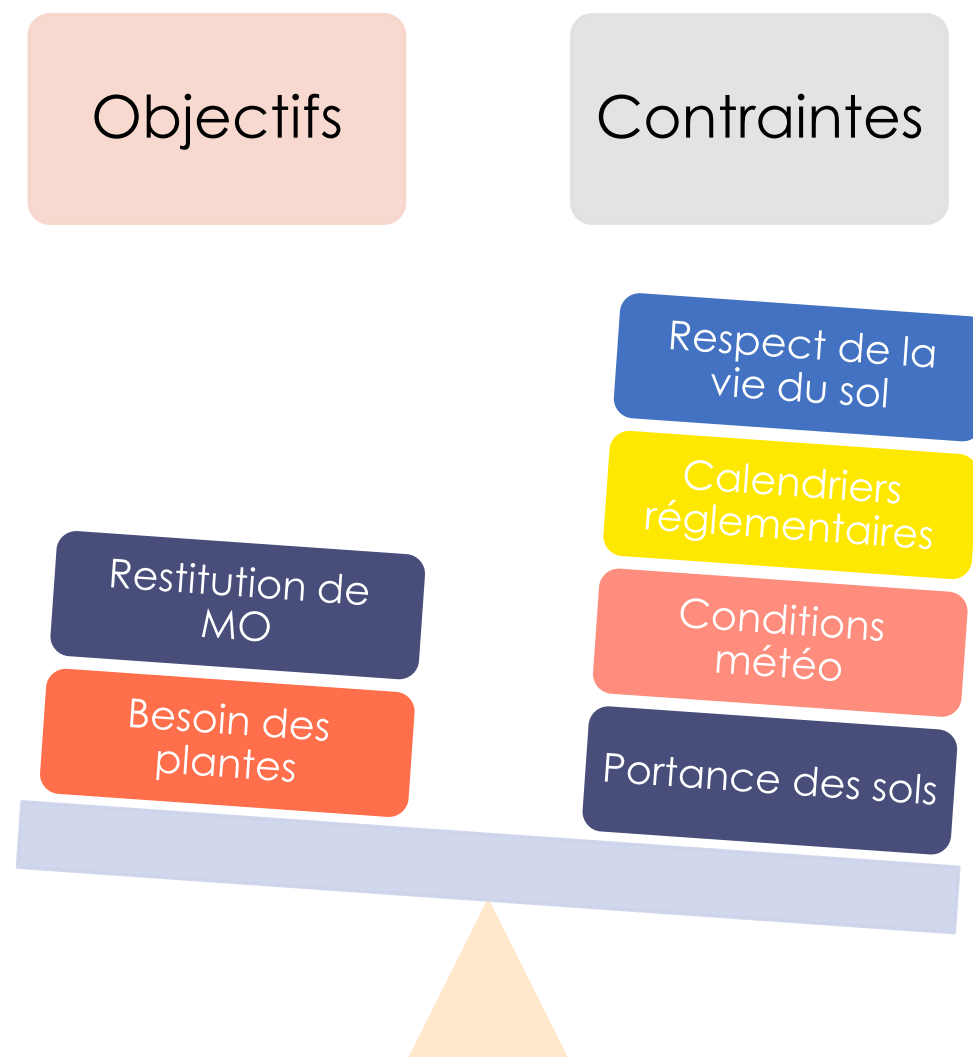
Digestat solide

Culture	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Céréales d'hiver												
Colza												
Tournesol												
Maïs ensilage												
CIVE d'hiver												
CIVE d'été												
Prairies												

Le prévisionnel d'épandage

Doses à l'ha à adapter en fonction :

- Objectifs de rendements
- Historiques de fertilisation
- Matériels
- Type de sol
- Contraintes réglementaires
- ...



Préconisation de doses – digestat liquide

	Dose d'apport recommandées (m3)	Périodes	Vigilance/ Recommandations
Céréales d'hiver	20-30 <i>(100-150 uN/ha)</i>	Sortie d'hiver	Le plus tôt possible – Attention au tassement
Colza	15- 20 <i>(75-100 uN/ha)</i>	Implantation (Fin d'été) - Sortie d'hiver	Avec enfouissement – Ne pas surdoser (risque d'élongations) - Sortie hiver = après pesée / Si on passe dans les traces du pulvé
Maïs	25-30 <i>(125-150 uN/ha)</i>	A l'implantation Ou au stade 6/8 feuilles	Avec enfouissement Si matériel adapté
CIVE	15-20 <i>(75-100 uN/ha)</i>	Implantation - Sortie d'hiver	Avec enfouissement ET avant le 01/10 (interdit en été en Bretagne sur CIVE hiver)
Prairies	15- 20 <i>(75-100 uN/ha)</i>	Sortie d'hiver Automne	Conditions météo

Préconisation de doses – digestat solide

	Dose d'apport recommandées (tonnes)	Périodes	Fréquence d'apport
Céréales d'hiver	-	-	Tous les 3 à 4 ans
Colza	10-15 <i>(60-90 uN/ha)</i>	Avant semis	
Maïs	15-20 <i>(90-120 uN/ha)</i>	Avant semis	
CIVE	-	-	
Prairies	20-25 <i>(120-150 uN/ha)</i>	A l'implantation Printemps	

II / Bien investir son digestat

3 Utiliser le bon matériel

Bien investir son digestat

Rappel des pertes par volatilisation



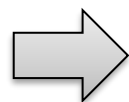
Potentiels de réduction par rapport à une application à la buse palette



30-60%



70-90%



En épandant au bon moment

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

Bien investir son digestat

Pertes par volatilisation = physico-chimiques contact air-digestat

→ Faire traîner les patins pour limiter 'l'effet splash' et réduire le contact air-digestat



Bien investir son digestat

Période d'épandage et préconisations selon le matériel utilisé

Culture	Période optimale d'épandage*	Equipement			
		Pendillard	Pendillard avec patins	Injecteur à disques type prairie	Enfouisseur à disques ou à dents
colza, couverts d'été	avant semis	si incorporation rapide au sol (< 4 heures)			
	en sortie d'hiver (colza uniquement)	éviter les jours de vent et température > 15°C			
blé, orge et couvert hiver	en sortie d'hiver	éviter les jours de vent et température > 15°C <i>selon la portance du sol et le stade de la culture</i>			
	épi 1 cm (blé et orge uniquement)	éviter les jours de vent et température > 15°C			
maïs, orge printemps, betterave, tournesol	avant semis	si incorporation rapide au sol (< 4 heures)			
	6-8 feuilles (maïs)	éviter les jours de vent et température > 15°C <i>pour l'injecteur à disques prévoir un passage plus précoce/ guidage GPS</i>			
prairie	avant semis	si incorporation rapide au sol (< 4 heures)			
	reprise végétation	éviter les jours de vent et température > 15°C			

* En zone vulnérable, respectez les périodes d'interdiction d'épandage - fertilisant de type II.

 Techniquement impossible.

 Techniquement possible mais risque de valorisation non optimale de l'azote et/ou dégâts possibles sur la culture ou le sol.

 Techniquement possible avec valorisation optimale de l'azote.



Bien piloter et surveiller son site

① Focus sur les fuites de biogaz

Surveillance de l'installation

Rappel d'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



Un besoin de connaissance

FICHES FELEAKS
[téléchargeables ici](#)



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

Le saviez-vous ?



<https://epiceriedubiogaz.fr/ps/fr/>

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

Étanchéité des éléments traversants et de serrage

Des fuites sur ces éléments constatées en expertise caméra au moins 1 fois sur 3 sur ces éléments
(Source Leak conseil)

Bonnes pratiques

- Graissage câble des brasseurs, changement joints fréquents
- Passage renifleur après chaque opération de maintenance
- Graissage de la boulonnerie lors des opérations de maintenance

Avec des bonnes pratiques de conception du site

- Accessibilité des brasseurs et des éléments traversants.
- Avoir une passerelle

Exemple de fuites sur un élément traversant

- Exemple 1
- Exemple 2

Exemple de fuites sur un élément de serrage

- Exemple 1
- Exemple 2
- Exemple 3
- Exemple 4

Ex fuite bride sur réseau biogaz



Fuite raccord fileté du flexible d'arrivée avant module cogé

Un besoin d'ergonomie pour un accès facilité en toute sécurité

Exemple d'accès aux agitateurs

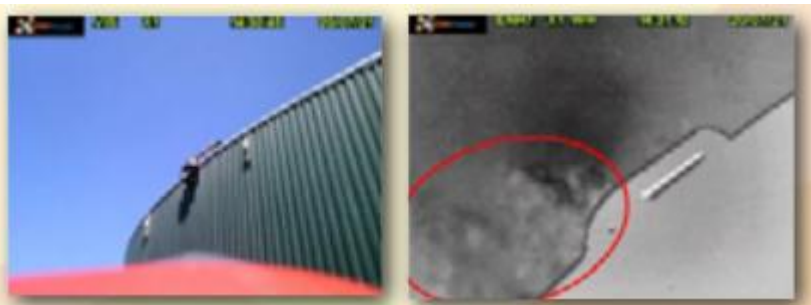


Accès facilité = fréquence de passage plus importante = meilleure prévention des fuites = meilleure performance énergétique = meilleure performance environnementale
(et plus de sécurité au travail)

Étanchéité de la membrane interne du gazomètre

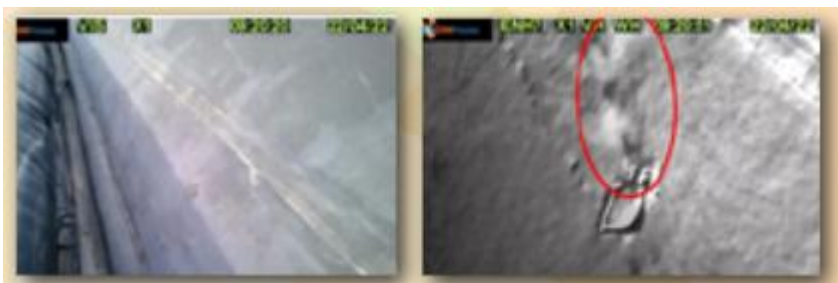
EXEMPLE D'ÉMISSIONS DE CH_4 PAR L'ÉVENT INTER-MEMBRANAIRE

Source : CH4 Process
Caméra : Caméra IR refroidie



EXEMPLE D'ÉMISSIONS DE CH_4 À LA SUITE D'UNE RÉPARATION DE LA MONO-MEMBRANE DU DIGESTEUR PAR UNE RUSTINE

Source : CH4 Process
Caméra : Camera IR refroidie



ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE

- Gazomètre mono-membrane : un suivi de son étanchéité est impératif et d'autant plus important que ces gazomètres simple membrane subissent directement les intempéries. Le contrôle ne peut toutefois être réalisé qu'avec un appareil à distance (caméra IR ou laser).
- Gazomètre double membrane : le suivi de l'état de la membrane interne du gazomètre est aussi très important afin de s'assurer de son étanchéité : un changement de la membrane interne, devenue poreuse au CH_4 ou présentant des déchirures peut être nécessaire avant la date indiquée par l'installateur. Ce suivi peut se faire simplement via l'analyse de l'air inter-membranaire rejeté au niveau des événements prévus à cet effet : sur certaines technologies de digesteurs, les événements sont directement accessibles aux opérateurs sans engin de levage, ce qui permet un contrôle en autonomie à l'aide d'un renifleur.

FRÉQUENCE

Tous les 6
mois

Exemple 1 – Membrane interne

Exemple 2 – Membrane externe

Exemple 3 – Membrane externe

Régler et entretenir sa soupape

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

- Vérification de la cascade de déclenchement

$P_{\text{sortie gazomètre}} < P_{\text{déclenchement torchère}} < P_{\text{déclenchement soupape}}$

Ou

Suivi de la P du gazomètre

- Procédure maintenance soupape dans la ronde quotidienne

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



Exemple 1



1. Localisation des soupapes

N°	Ouvrage concerné	Détails localisation	Photo
1	Digester 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 protégées 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

RAPPEL : Obligation réglementaire archivage compteur d'heure de fonctionnement de la torchère et déclaration à la DREAL si 3 événements de plus de 6 h de torchage par an.

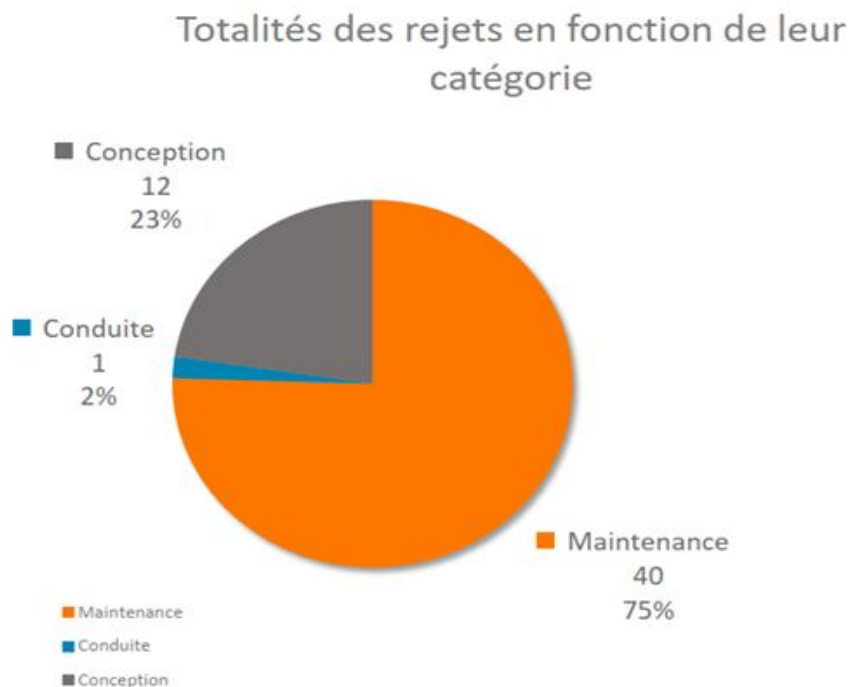
Bonnes pratiques de pilotage du **SITE**

- 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



Retour d'expérience

Campagne de détection de fuites VAM



Coût / Difficulté	<1000 € Faible	1000 € - 10 000 € Moyen	>10 000 € Élevé
Faible (réalisable par l'exploitant seul)	60% 32	2% 1	
Moyen (besoin d'aide extérieur / prestataire)	17% 9	8% 4	
Élevé (revamping, modification de la conception)		2% 1	11% 6

- 60% des rejets sont réparables facilement et à moindre coût
- 17% des rejets ont besoin d'une aide extérieure mais toujours pour un coût estimé à moins de 1000 €
- 6 des rejets (11%) nécessitent un revamping pour un coût élevé (intrants et stockage des digestats)



Synthese de la campagne de Détection d'émissions biogaz VAM

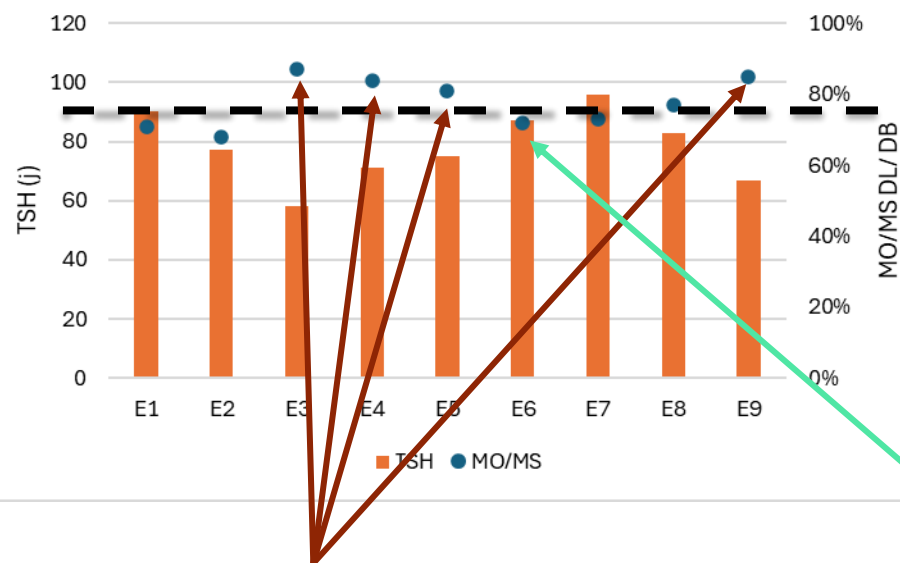


10

Adapter le temps de séjour aux matières méthanisés

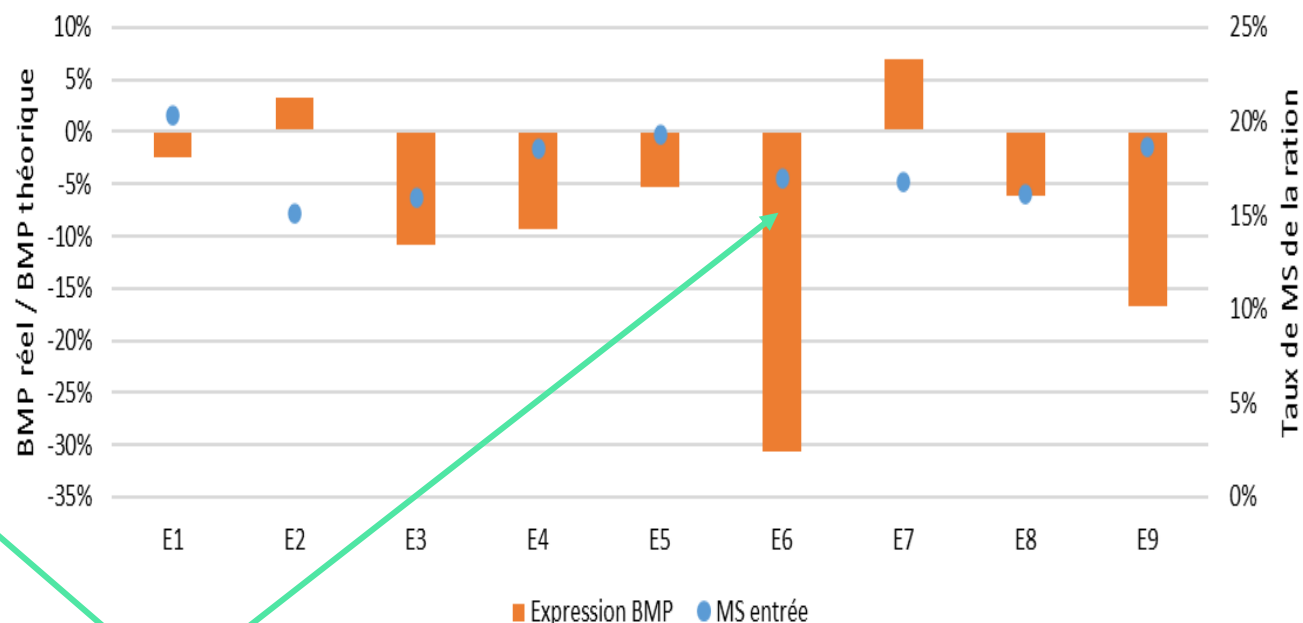
Exemple concret de suivi de 9 sites – Cogénération ; base effluent élevage fumier ; ≈ 250 KWé

Taux MO/MS en fonction du TSH



TSH possiblement trop court

Expression du pouvoir méthanogène



Toujours avoir une vision transversale des indicateurs

→ Exemple E6 : TSH semble adapté + bonne dégradation MO/MS dans analyse digestat brut

MAIS

Mauvaise expression du pouvoir méthanogène à la vue de l'énergie injectée Pourquoi ?

Une fuite a été détectée après passage d'une caméra infrarouge

Bien piloter et surveiller son site

2 Autres pistes d'optimisation énergétique

Consommation électrique

Energie consommée (kWh)/
Energie injectée (kWh PCS)

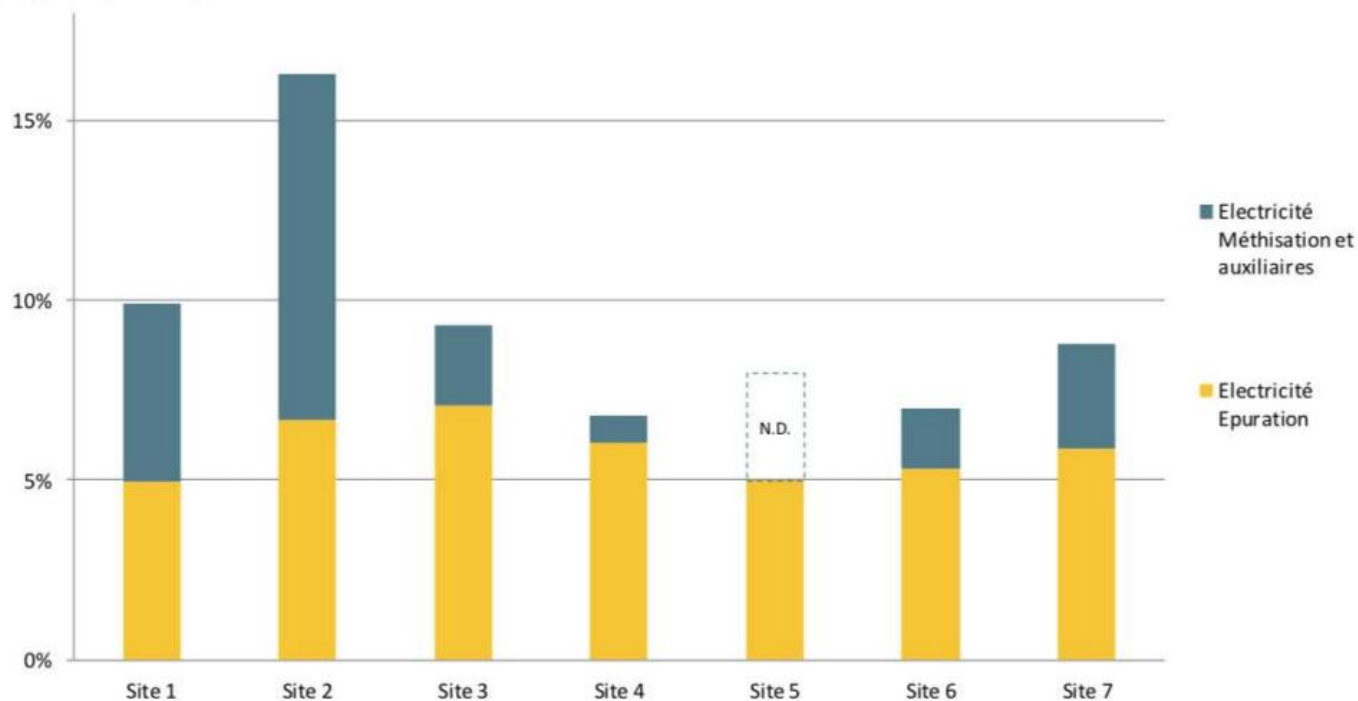


Figure 30 – Consommation d'électricité ramenée à l'énergie injectée

Utiliser des variateurs
de fréquences



Faible marge sur la consommation électrique absolue des unités de méthanisations, notamment sur :

- Epuration
- Agitation

Par retour d'expérience sur quelques sites, une réduction du nombre d'incorporation journalier de la matière dans le digesteur a permis de réduire la consommation électrique des sites, sans dégradation de la performance.

Attention, ceci ne convient pas à tous les sites et un suivi de la performance énergétique est absolument nécessaire en cas de test.