



JRI

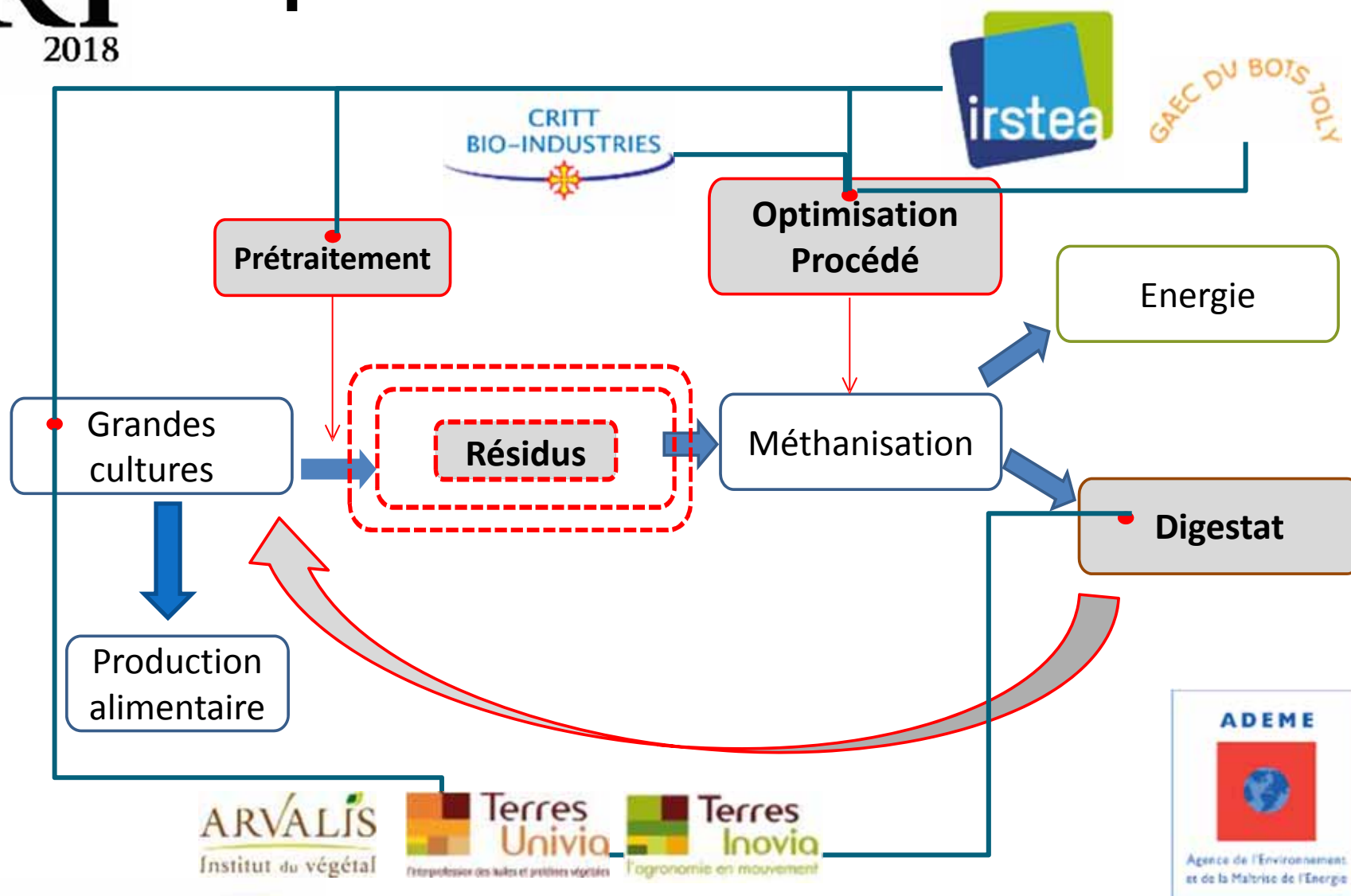
Journées Recherche Innovation
Biogaz méthanisation
2-4 octobre 2018 - RENNES

Résiméthéa : Méthanisation par voie solide à la ferme de résidus de cultures



Brosset Denis, Pascal Peu
Sylvain Marsac, Sébastien Pommier,
Robert Trochard

4 partenaires



GIE GAO

JRI Biogaz méthanisation 2018 – 2 octobre 2018

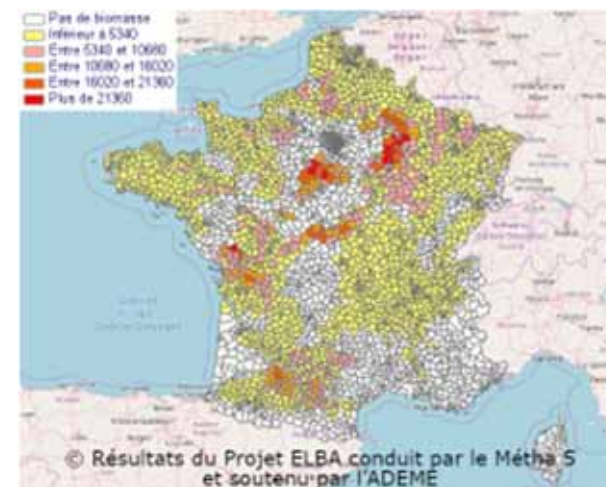
Contexte des résidus de cultures

- Les pailles de grandes cultures :
Des usages existants : litière, maintien fertilité
- Un potentiel revenu complémentaire en situation économique actuelle : résilience ?



Répartition de la disponibilité en pailles de colza pour de nouveaux usages

<https://elba.arvalis-ext.com/>



Répartition de la disponibilité en pailles de céréales pour de nouveaux usages

- Un marché peu structuré
- De fortes variations de prix :
 - 2015 - 2017 : 65 €/t rendue
 - 2018 : 120 € et plus!
- La méthanisation :
 - mobilisation supplémentaire de paille via le retour du digestat?
 - Vers une meilleure structuration des marchés paille ?

Déroulé du projet Resimetha

- **Caractériser des pailles (céréales/saisons)**
 - Blés ; Colza ; Orges, Maïs ; Pois ; Menue paille... (n=19)
- **Optimiser les paramètres de la méthanisation voie solide (monodigestion)**
 - Au laboratoire et en conditions semi-industrielle (SOLIDIA)
 - Densité minimale, nutriments, eau, recyclage digestat...
- **Transférer les résultats sur unité agricole (GBJ)**
 - 4 réacteurs de $125 \text{ m}^3 = 500 \text{ m}^3$ (volume utile)
 - Cogénératrice 30 kW électrique ($\dot{X} = 240 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{J}$)

Caractéristiques des résidus de cultures

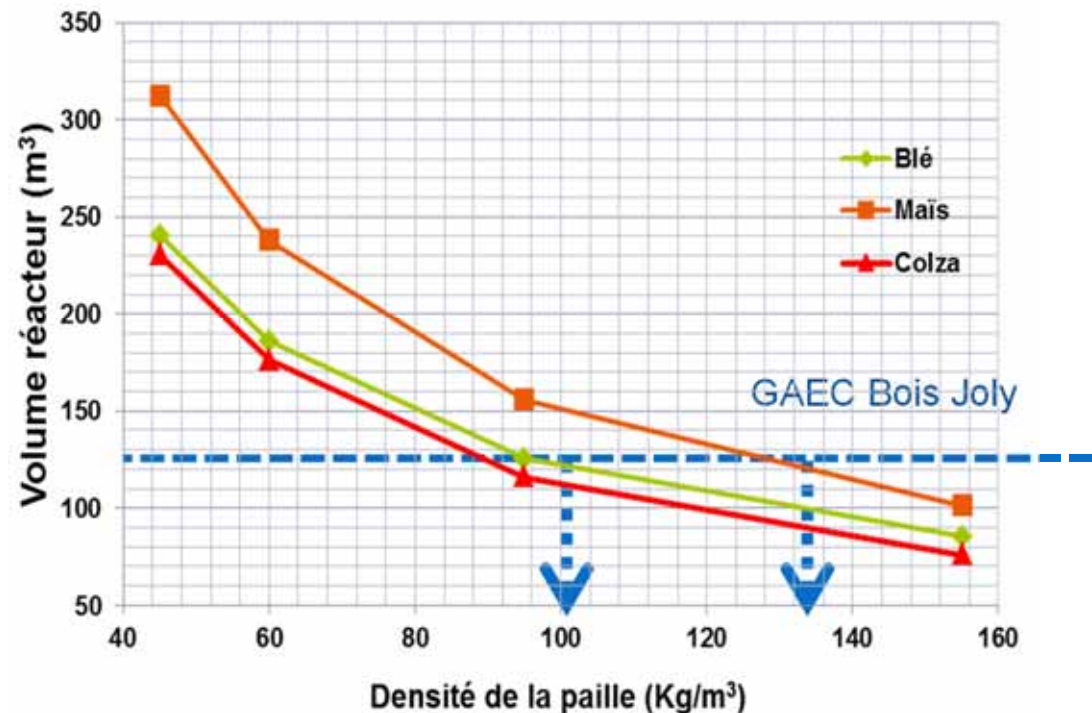
Pailles	MS %	NTK kg/t	C/N	BMP Nm3/KgMO	Lignine %
Blé dur (n=2)	90 ± 3	4.4 ± 0.1	97	313 ± 0.5	7%
Blé tendre (n=5)	90 ± 2	3.7 ± 0.6	115	275 ± 65	8%
Orge (n=4)	91 ± 6	4.2 ± 1.5	102	315 ± 7	6%
Colza (n=3)	89 ± 2	6 ± 2	69	263 ± 20	10%
Mais (n=3)	58 ± 13	9.6 ± 2.3	37	261 ± 71	8%
Pois (n=1)	91	10	41	324	10%
Menue paille (n=1)	90	12	33	222	7%

- Substrats secs sauf pailles de maïs
- Pauvre en azote et en azote ammoniacal (C/N > 20)
 - BMP = cellulose (\dot{X} =300)
 - Lignine = ↘ accessibilité
- Pas de pouvoir tampon (Pas de carbonate...)

<https://composition-des-biomasses.arvalis-infos.fr>

Quelle densité de paille nécessaire

- Hypothèse : Co-génératrice de 30 kWh à 30 % rdt
(CH₄_{produit} = BMP)
- Quantités de matière fraîche:
 - Blé = **13 tonnes / silo**
 - Colza = **13 tonnes**
 - Maïs = **15 tonnes**
- Densité faible :
 - 45 Kg/m³ = vrac
 - 60 Kg/m³ = bottelée basse densité
 - 95 Kg/m³ = pressée moyenne densité
 - 155 Kg/m³ = paille pressée haute densité

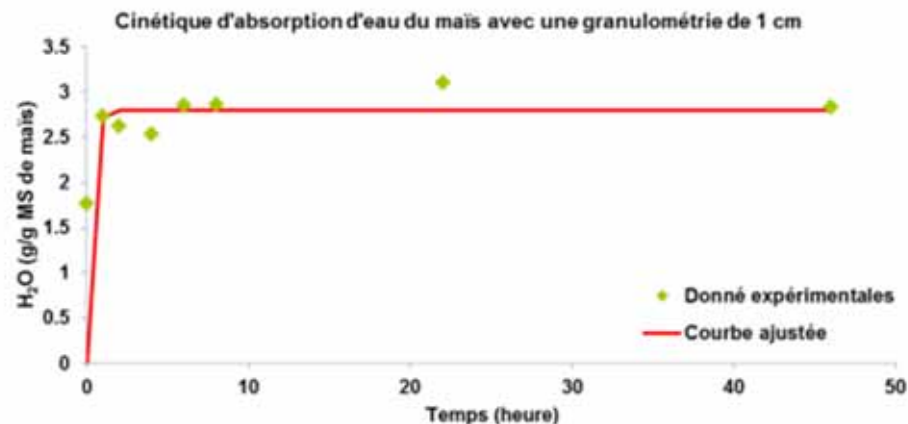


-> Densités de 100 à 130 kg/m³ ...réalisable...

JRI 2018 Des ressources sèches !

➤ Capacité de rétention d'eau

- Blé : 88.6 % MS et **3.3 gH₂O/gMS**
- Colza : 85.9 % MS et **3.4 gH₂O/gMS**
- Maïs : 73.6 % MS et **2.8 gH₂O/gMS**



➤ Réhydratation qui mobilise beaucoup d'eau (eau liée)

→ **Paille mouillée reste mouillée !!**

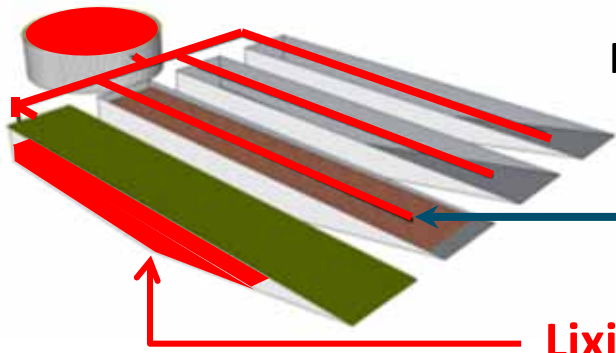
- Blé : 23 % MS
- Colza : 22 % MS
- Maïs : 26 % MS

-> Mobilisation d'eau pour hydratation

-> Si pas de dégradation eau liée sort du digesteur

Monodigestion = méthanisation solide

Adapté aux substrats à fortes teneurs en MS



Procédé batch (x(n)), compact, simple...

Pailles → Digestat

Lixiviat

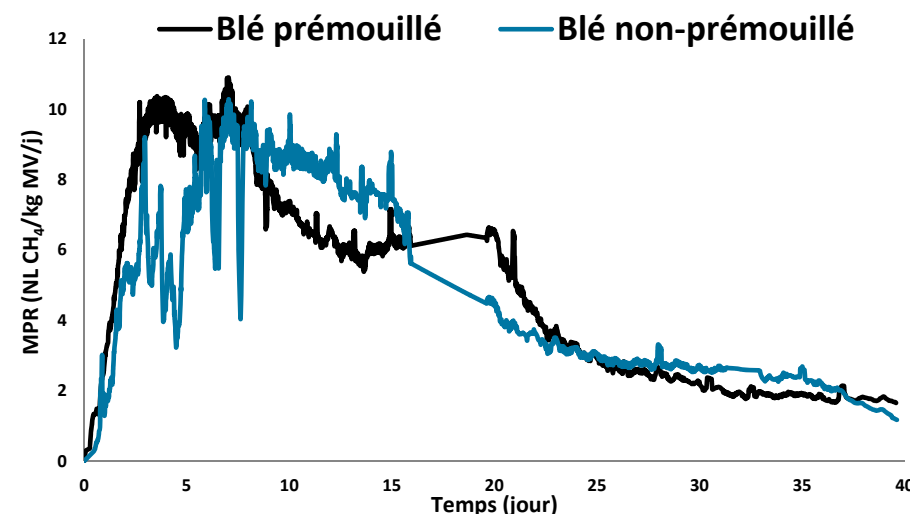
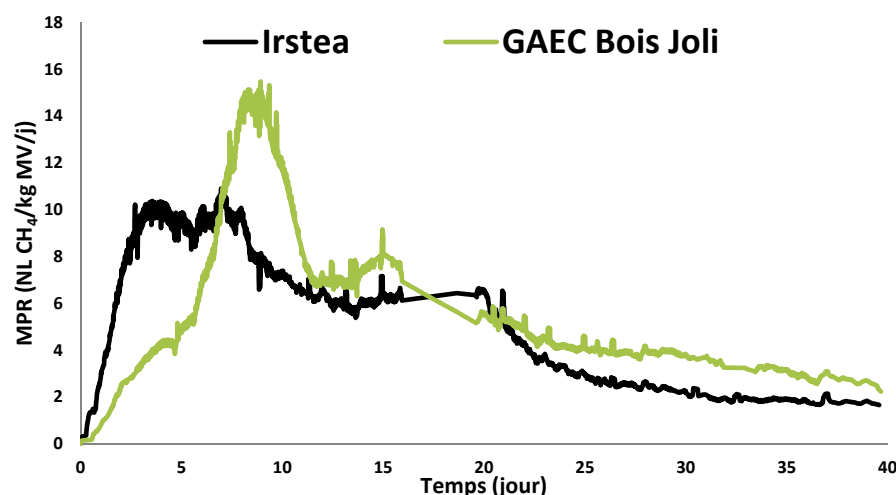
- Eau (réhydratation)
- Nutriments (N...) et pouvoir tampon
- Ensemencement (inoculum) (S/I, type/origine)
- Recyclage...(rééquilibrage entre bâchées)



JRI 2018 Impact du lixiviat et du prémouillage

Mise en œuvre des résidus de culture (1)

- Production de CH₄ (Blé) vs. inoculum
- Production de CH₄ (Blé) vs. prémouillé ou non



Réacteur	prémouillés		non-prémouillé	Ino GBJ
Nm ³ CH ₄ /t MV de paille	203	194	187	231
%BMP atteint	64%	61%	59%	73%

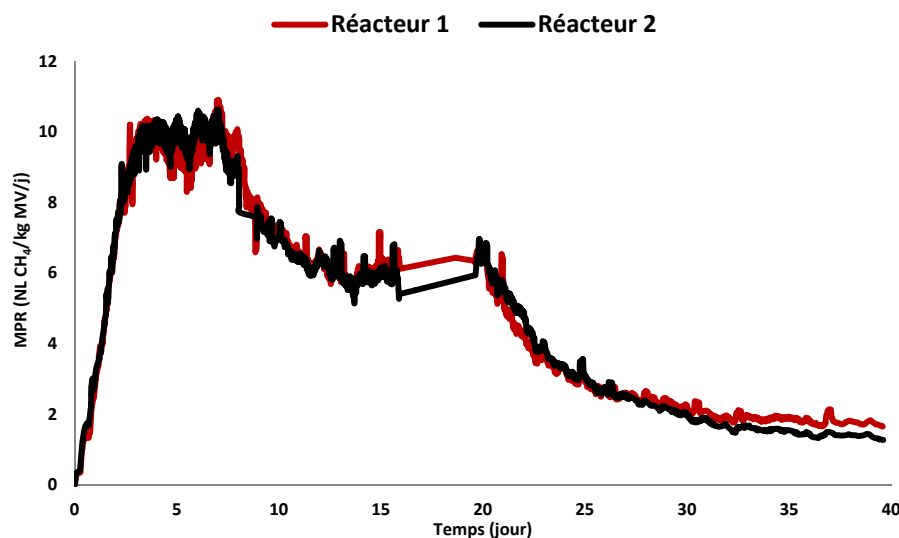
-> Pas de mise en contact substrat préalable = production instable

-> Profil de la production de CH₄ dépendant de la nature de l'inoculum

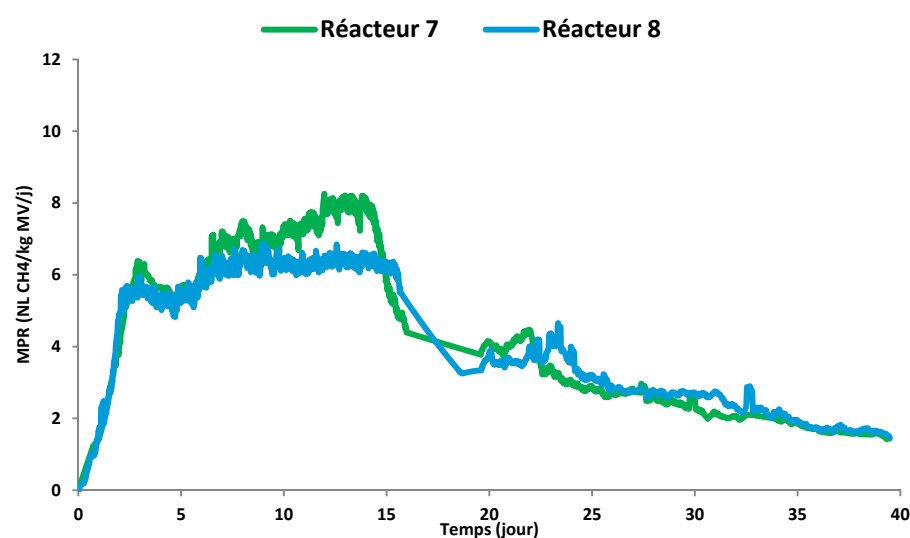
Impact des résidus de culture utilisés

Mise en œuvre des résidus de culture (2)

- Production de CH₄ (Blé) (*duplica*)



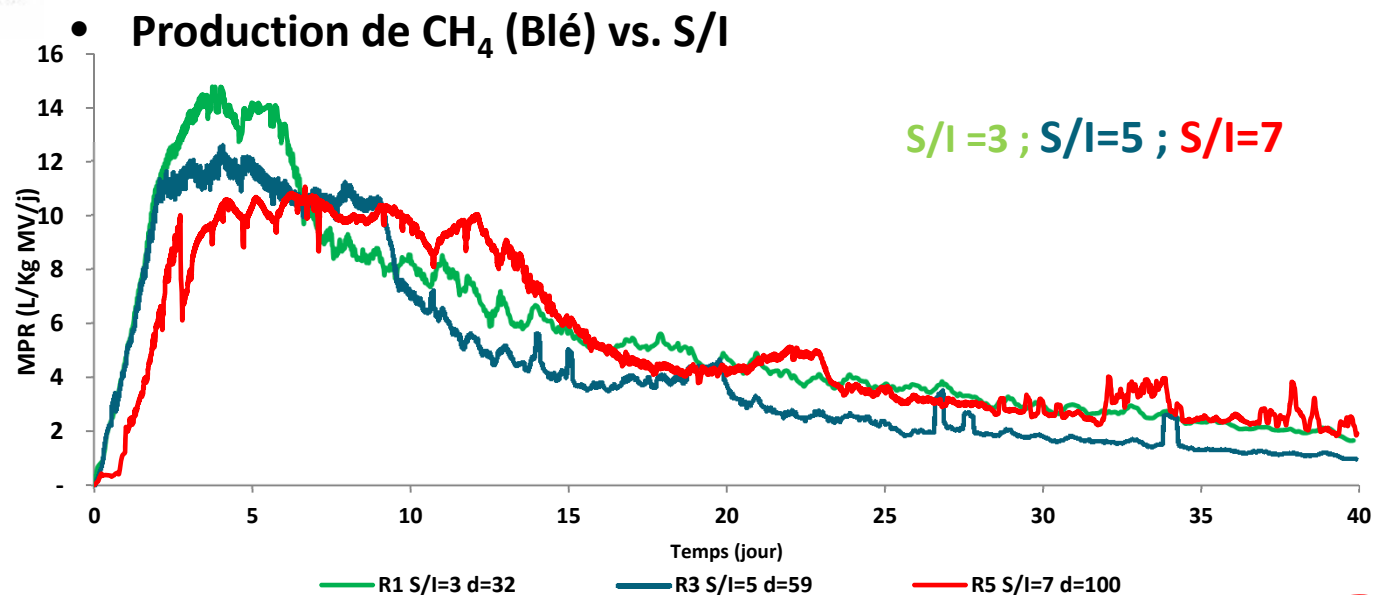
- Production de CH₄ (Maïs) vs. inoculum



Réacteur	(blé)	(blé)	(Maïs)	(Maïs)
Nm3 CH ₄ /t MV de paille	203	194	166	163
%BMP	64%	61%	69%	68%

-> Des cinétiques propres à chaque type de résidus de culture mais
cinétique lente (40J = 61-69 % BMP) = biodégradabilité lente

JRI 2018 Impact des ratios substrat/inoculum (S/I)



S/I	1	3	7
Production CH ₄ (Nm ³ /t MV)	217	177	209
%BMP	68%	56%	66%
Nm ³ CH ₄ /m ³ utiles réacteur	80	110	209

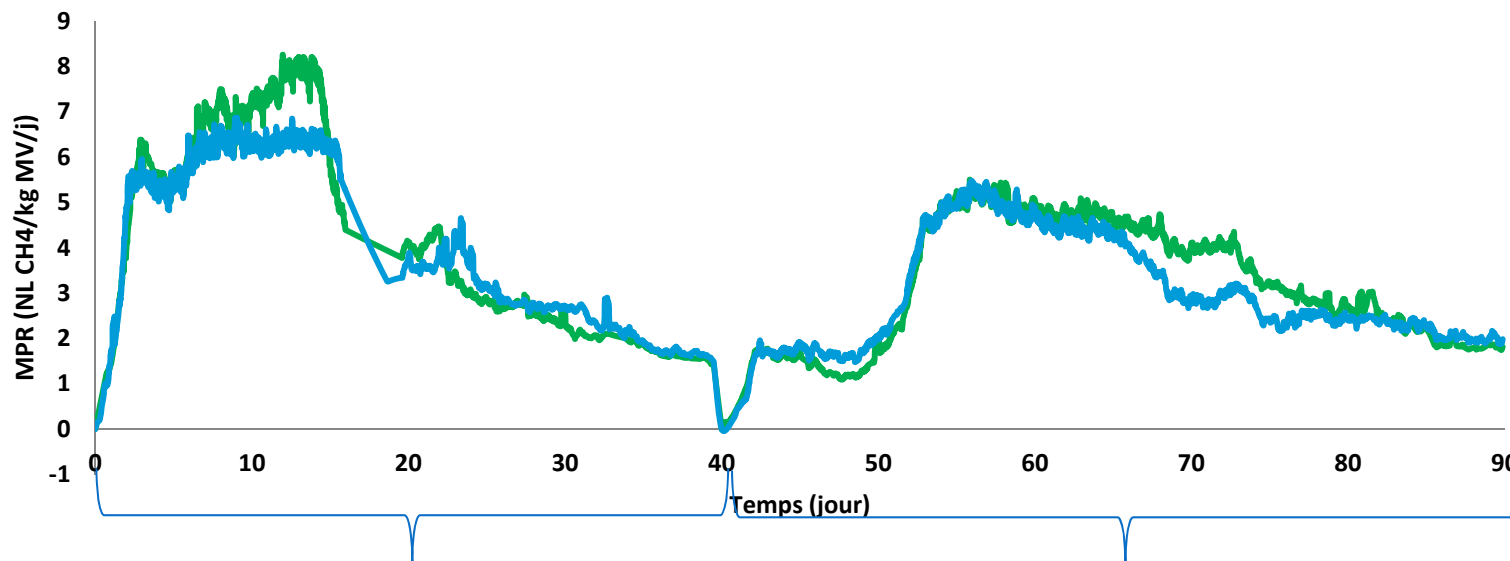


-> S/I ou la quantité de micro-organismes présents dans le lixiviat impacte le rendement et la cinétique. Rendement le plus élevé = avoir S/I élevé et une charge importante

Essai sur plusieurs cycles

2^{eme} cycle: nouveau batch avec le lixiviat issu du 1^{er} batch

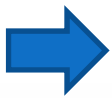
- Vitesse de production de CH₄ sur Maïs | 2 chargements | 2 pilotes



70%BMP (-> 40j,)

68%BMP (->50 j)

-> Echec du procédé (pouvoir tampon consommé) sauf pour le maïs
-> Accumulation d'AGV dans les réacteurs (blé/colza) aboutissant à un Ratio S/I trop élevé pour réaliser un second cycle...



Conclusions du labo !

- Substrats secs, pas équilibrés (C/N...), pas de tampon, pas de microorganismes, BMP intéressants
- Référence = GBJ 30 kWh = 100 kg/m³
- Cinétiques de dégradation spécifiques (70% BMP, 40 j),
- Min 45 % d'eau piégée dans les digestats
- Difficile de faire plusieurs cycles à suivre car manque de micro-organismes...

-> ESSAIS AU CHAMP : GAEC DU BOIS JOLY !

JRI 2018

Au champ !



	Blé	Blé	Blé	Blé	Maïs	Maïs
Substrats	Vrac (32 bottes = 13,9 t)	Vrac (33 bottes = 11.6 t)	Pailleuse (26 bottes = 8.3 t)	Bottes entières (32 Bottes = 13.5 t)	Vrac (19.2 t)	Vrac (30.1 t)
Inoculum, réhydratation	Eau (17 t)	Lisier Canards (18.9 t)	Lisier Canards (17.2 t)	Digestat (27.3 t)	Lixiviat (22.6 t)	Digestat (4.5 t)
Temps réhydratation – mise en fermentation	14 jours avant	10 jours avant	15 jours avant	15 jours avant	15 jours avant	15 jours avant
Température entrée digesteur	51°C	57°C	51°C	-	-	48°C

JRI
2018

Photos ☺



atee Club
BIOMASSE EN TECHNOLOGIE
ÉNERGIE DURABLE

mé

	Blé/eau	Blé/Lis Can	Blé pail/Lis	Blé/Diges	Maïs/Lixiv	Maïs/Diges
Durée digestion	26 J	35 J	16 J	27 J	31 J	34 J
Volume produit Nm ³ CH ₄	461 Nm ³ CH ₄	684 Nm ³ CH ₄	172 Nm ³ CH ₄	417 Nm ³ CH ₄	1187 Nm ³ CH ₄	930 Nm ³ CH ₄
Débit quotidien	18 Nm ³ CH ₄ /j	19 Nm ³ CH ₄ /j	10 Nm ³ CH ₄ /j	15 Nm ³ CH ₄ /j	38 Nm ³ CH ₄ /j	27 Nm ³ CH ₄ /j
% moyen CH ₄	11%	24%	-	10%	41%	39%
Recouvrement du carbone digestat	89% C intro	88% C intro	-	-	68% C intro	76% C intro
		JRI Biogaz méthanisation 2018 – 2 octobre 2018				17

- Résidus de culture, un gisement potentiel mais difficile à mettre en œuvre
- Ressource déséquilibrée, sèche, peu dense
- Dégradabilité lente et BMP # 300
- Essais au champ peu concluant pour le blé mais pas si mauvais pour le maïs (38 ^{UW1} Nm³CH₄/j)
- Evaluation technico-économique en cours.

Diapositive 18

UW1

c'est une comparaison blé maïs? on ne retrouve pas les chiffres du tableau précédent

ce ne serait pas 38 Nm3 et 60% CH4?)

Utilisateur Windows; 01/10/2018

JRI 2018

Résumé

