



biogaz méthanisation



# Optimisation du stockage des déchets agricoles avant méthanisation

Impact de l'ensilage et ses conditions opératoires sur le potentiel méthanogène des CIVES



R. Franco; R. Bayard; P. Buffière  
INSA Lyon, Laboratoire DEEP

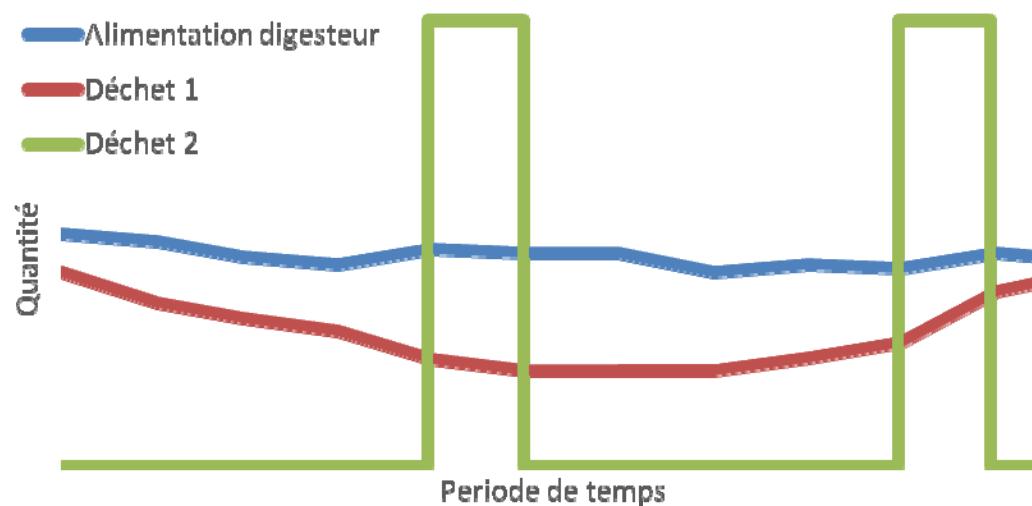


# Déchets agricoles: pourquoi stocker?

Alimentation **continue**  
des digesteurs

vs

Partie de biomasse  
**saisonnière**



➔ Interrogation sur la gestion et préparation de ces déchets avant méthanisation

# Rôle du stockage

➔ ***Conserver au maximum (ou augmenter si possible) le potentiel méthanogène de la biomasse***

**Ensilage**



**Meule de foin**



**Air libre**



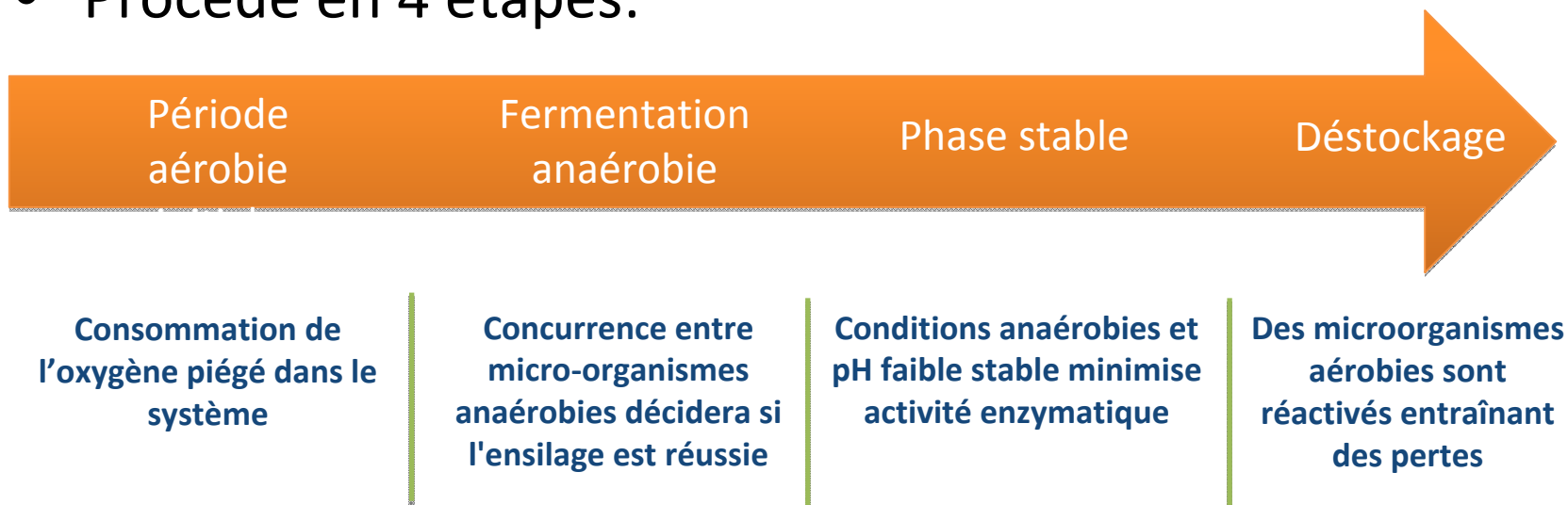
**Meilleure conservation du potentiel de production de méthane**

**Pertes de masse plus importantes**



# Ensilage: le procédé

- Procédé en 4 étapes:



## Rapport avec la méthanisation



# Objectifs et conditions des essais

Etudier l'impact de l'ensilage et ses conditions opératoires sur le potentiel méthanogène des CIVES

## CIVES « hiver » - GAEC Béreyziat:

- ~50% triticales
- ~30% pois
- ~10% vesce
- ~10% radis fourragère, navette fourragère, etc...



## Conditions testées:

- Ensilage / aérobiose
- Humidité
- Densité
- Temps de stockage:
  - 3, 15, 30 et 90 jours

Condition	Confinement	Humidité	Densité
H15%D035	Ensilage	15%MS	0,35 kg/L
H22%D035	Ensilage	22%MS	0,35 kg/L
H15%D070	Ensilage	15%MS	0,70 kg/L
H22%D070	Ensilage	22%MS	0,70 kg/L
A	Aérobie	15%MS	0,70 kg/L

# Approche expérimentale

Essais *batch* avec différentes conditions de stockage et caractérisation de la biomasse au cours du stockage



Analyse du gaz produit:  
cinétique de production;  
composition

Evolution de la biomasse:  
avant, pendant et après stockage

## Méthodes d'analyse:

- PBM (*Potentiel Bio-méthanogène*)
- DCO (*Demande Chimique en Oxygène*)
- Analyse des fibres (Van Soest)
- Analyse des Sucres et AGV (CLHP)
- MS/MV;  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; NKT; K, S, P total; pH...



# Résultats

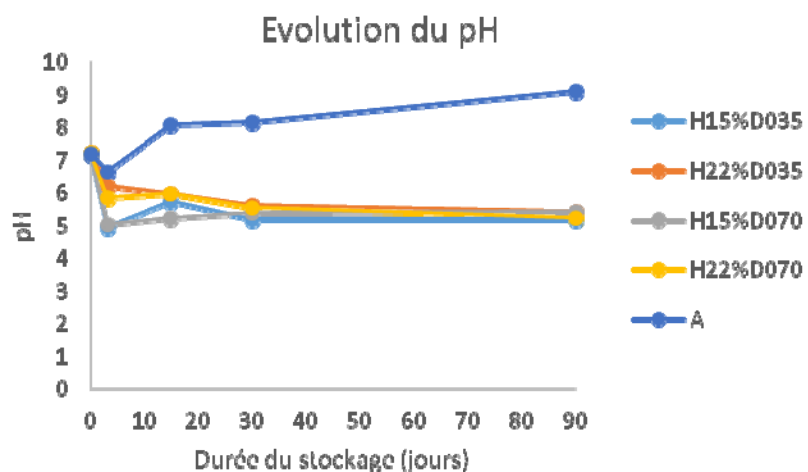
## Caractérisation de la biomasse initiale et après préfanage

- **Absence** de composés **facilement biodégradables** au début du stockage
- Biomasse très riche en **sources énergétiques**, mais **difficilement accessibles**
- Influence **négative** du **préfanage** sur le PBM avant stockage

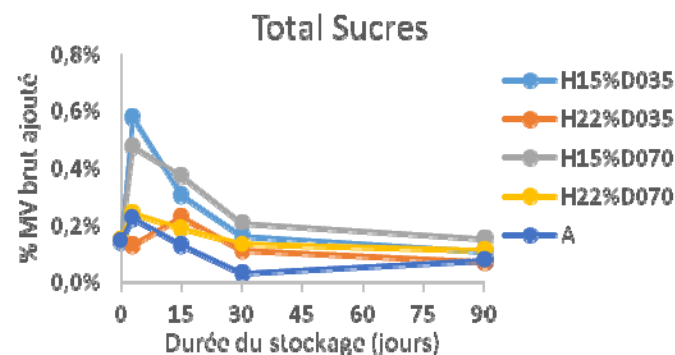
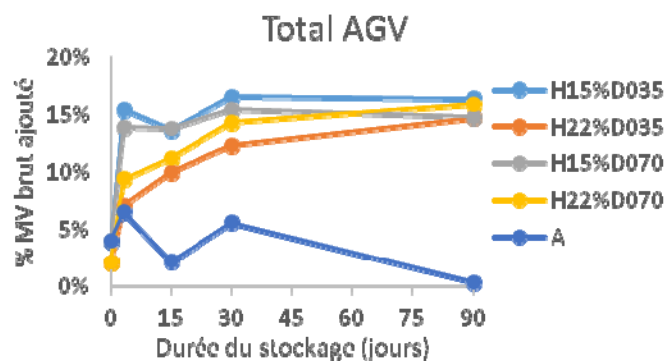
Paramètre / Matière	Initiale	6h-Préfanage
MS (%)	15,0±0,2	21,7±0,5
MV (%)	13,4±0,3	18,9±0,4
Sucres Libres (% <sub>MV</sub> )	0,15	0,15
AGV (% <sub>MV</sub> )	4,0	2,1
Cellulose (% <sub>MV</sub> )	49,6	50,8
Hémicellulose (% <sub>MV</sub> )	16,3	21,0
Lignine (% <sub>MV</sub> )	22,5	21,6
pH	7,20	7,23
PBM (mL CH <sub>4</sub> /g <sub>MV</sub> )	270±14	→ 240±9

# Résultats

pH, le premier indicateur sur la réussite des essais



- **Acidification rapide** de la matière pendant les premiers jours de stockage.
- Des valeurs souhaitées de **pH autour de 4 ne sont jamais atteints**  
➡ Fraction de sucres toujours très faible

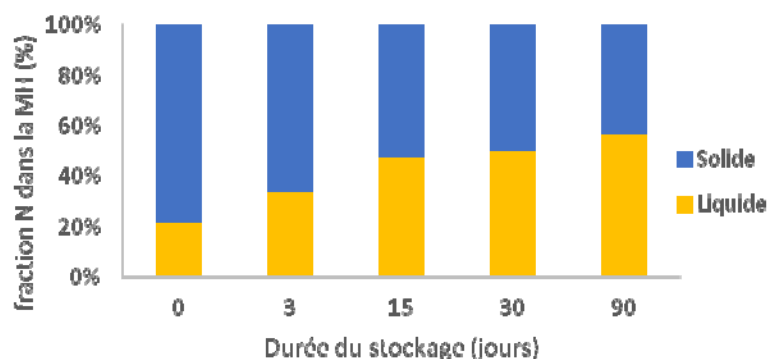




# Résultats

## Bilan Azote

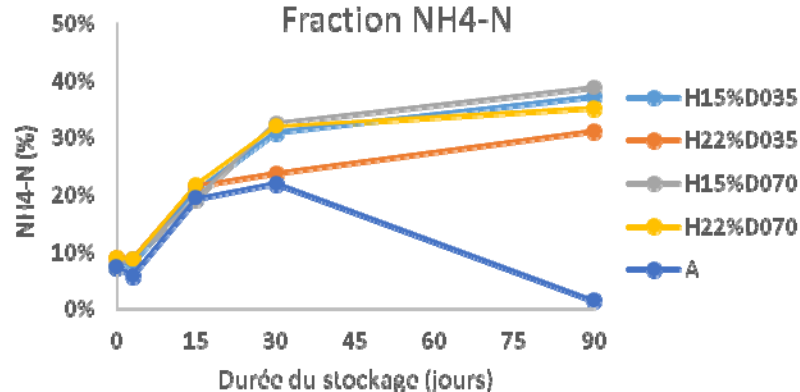
Fractions L/S de l'azote (H15%D035)



- Augmentation de la fraction d'azote soluble au cours de l'ensilage

➡ Pertes de nutriments dans un silo réel?

Fraction NH<sub>4</sub>-N

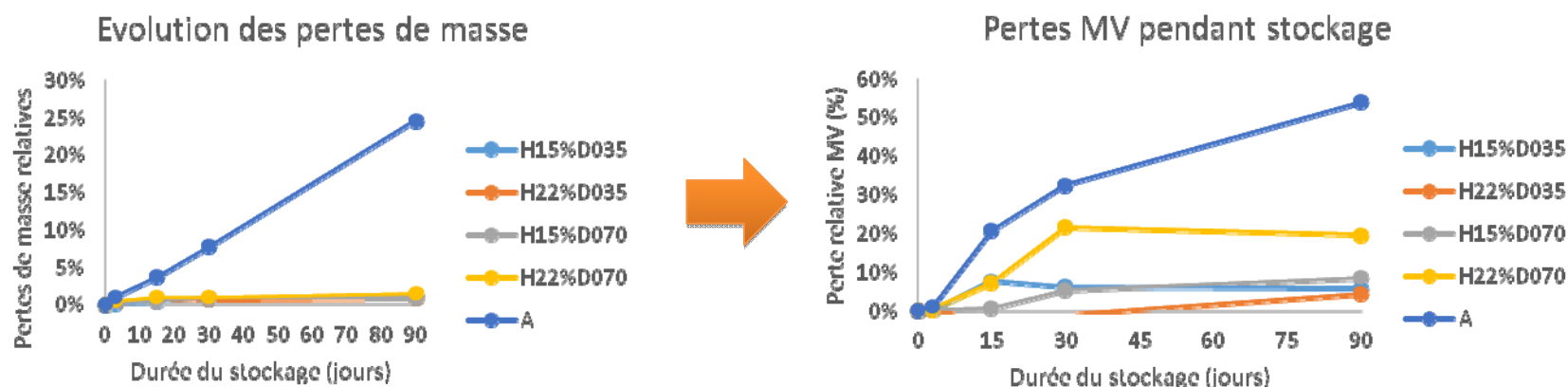


- Fraction d'azote ammoniacal **plus importante** pour 90 jours d'ensilage

➡ Conséquence d'une activité protéolytique des *Clostridium*

# Résultats

## Pertes issues de la dégradation de la matière



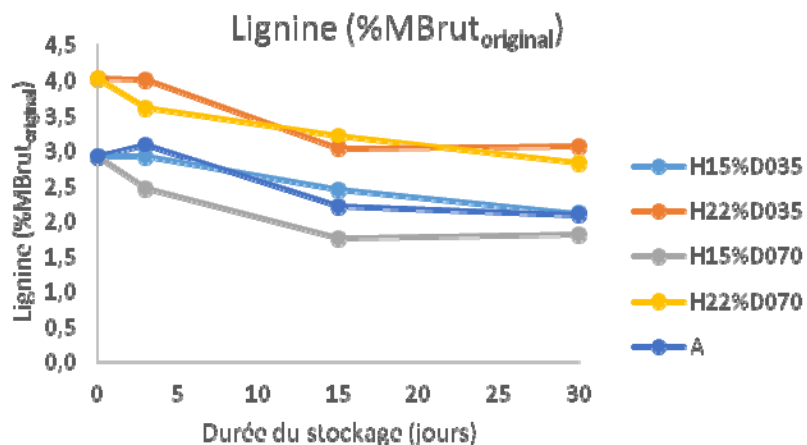
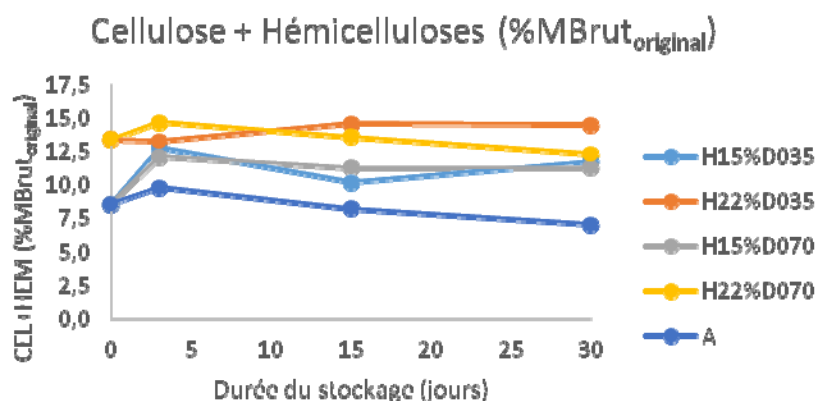
- Pertes globales de masse négligeables pour l'ensilage
- Cependant, équivalent à **20% de pertes de matière organique**
- Biodégradation consécutive au cours du premier mois de stockage



Pertes essentiellement à travers de la production de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>  
(**Hydrolyse**)

# Résultats

## Effet du stockage sur la structure de la biomasse



- Pertes plus importantes de cellulose + hémicellulose dans le premier mois pour les essais H22%D070 et Aérobie

- Baisse de la teneur en lignine pour toutes les conditions

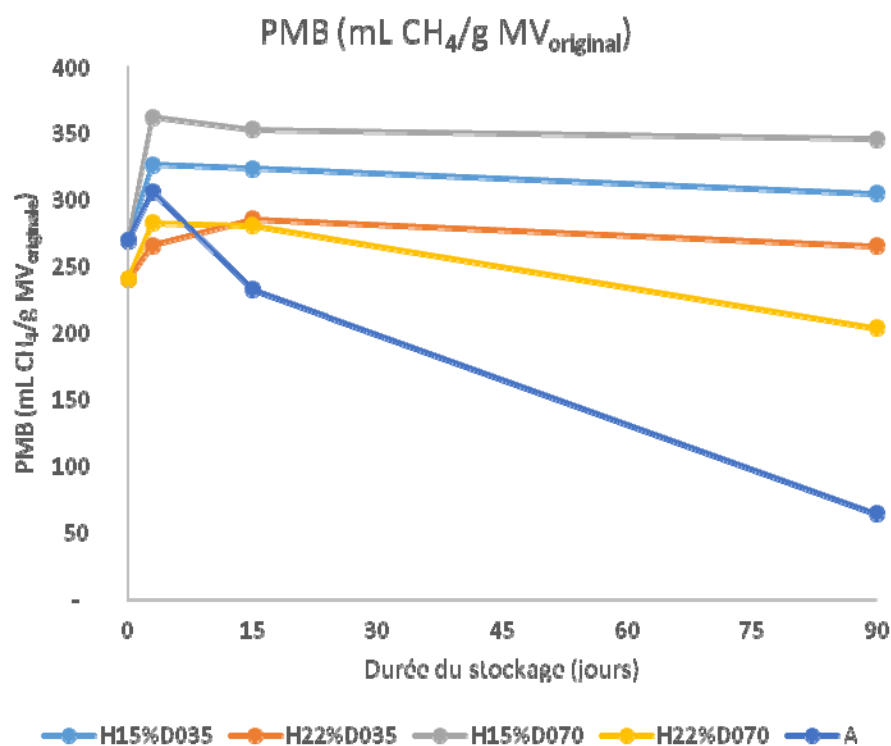
Augmentation de la bioaccessibilité des celluloses au cours du stockage?

↓  
➔ **ENSILAGE: Prétraitement avant méthanisation ?!**



# Résultats

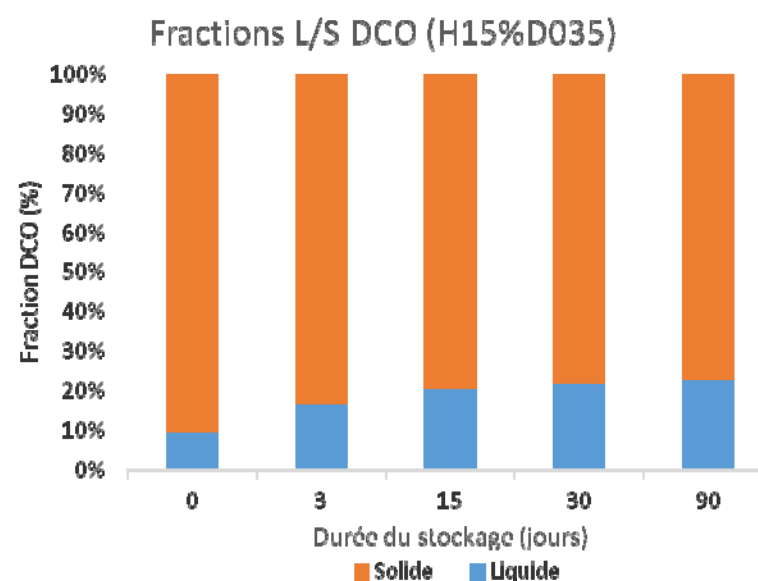
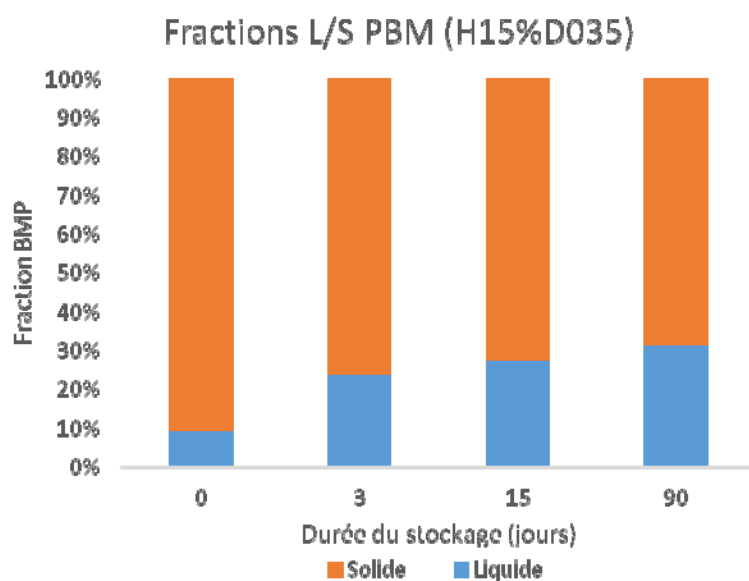
## Conséquences sur le PBM (I)



- Effet **positif** du stockage dans le **premier mois d'ensilage**: relation avec une modification de la structure des fibres?
- Baisse du PBM à partir d'un mois d'ensilage
- Matière H22% avec des valeurs plus faibles malgré la évolution similaire pendant ensilage
  - ➡ En raison de la perte immédiate de PMB pendant préfanage

# Résultats

## Conséquences sur le PBM (II)



- PBM et DCO soluble qui peuvent correspondre **jusqu'à 20%** du total

➡ Eviter la production des effluents liquides dans des silos réels

## Conclusions

- **Anaérobiose** : pertes importantes de MV et de PBM si la biomasse n'est pas stockée en **absence d'air**.
- **Humidité (22% vs 15%)**: **Biomasse à 22% de MS moins bien ensilé** – en conséquence du procédé de préfanage et de la structure des CIVES étudiées.
- **Durée** : ensilage de courte durée (**<1 mois**) recommandé pour ce type de matière – **Augmentation du PBM (prétraitement)**

## PERSPECTIVES





## Remerciements

La Région Rhône-Alpes pour l'Allocation Doctorale de Recherche attribué à cette thèse

L'équipe du laboratoire, notamment David Lebouil, Hervé Perier-Camby, Nathalie Dumont et Richard Poncet pour le support donné pendant la préparation et le suivi des essais



# Merci de votre attention!