

# La codigestion, une nécessité pour le développement de la méthanisation de substrats et résidus agricoles en France ?

D. Bassard, A. Pauss, T. Ribeiro

JRI Limoges – 10, 11 et 12 février 2016

## Plan de l'exposé

- Digestion – Codigestion anaérobie
- Codigestion : verrous scientifiques
- Codigestion : verrous de disponibilité des substrats
- Stratégies de mélanges en Codigestion
- Conclusions et perspectives

# Digestion - codigestion

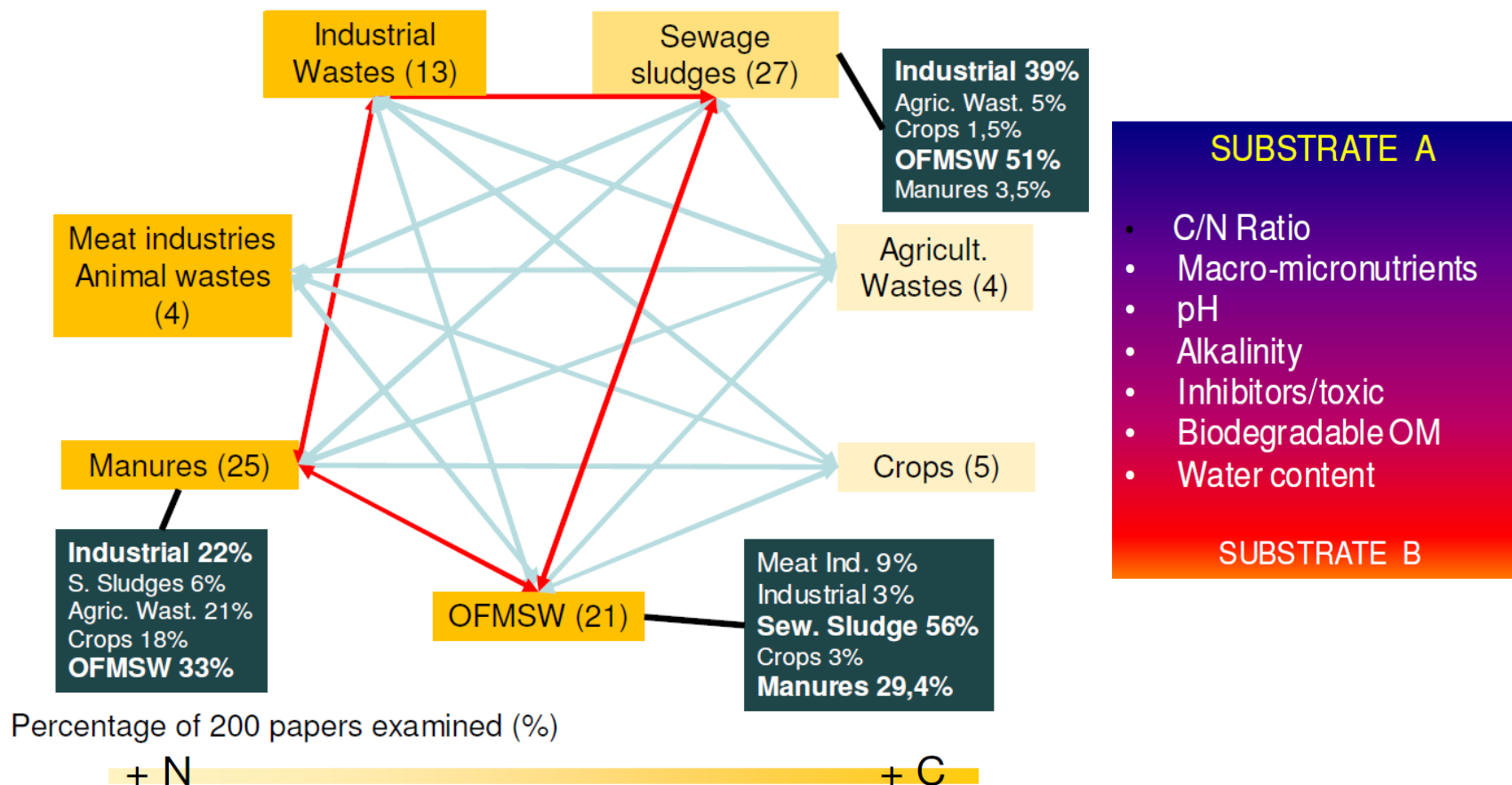
On parle de codigestion en cas de traitement simultané dans un réacteur d'au moins deux matières fermentescibles différentes

« La principale problématique de la co-digestion réside dans l'équilibre du ratio C/N, mais également dans plusieurs autres paramètres du mélange de co-substrats comme les macro/micronutriments, le pH, les composés inhibiteurs/toxiques, la matière organique et sèche. »

Hartmann et al., 2003

La problématique de la co-digestion réside aussi dans la disponibilité des substrats

# Digestion - codigestion



J.Matta-Alvarez , International Workshop on Anaerobic Digestion : An old story for today and tomorrow (Narbonne 2009)

# Digestion - codigestion

## Les principaux verrous scientifiques

Les principales contraintes identifiées de la co-digestion	Compléments sur les cas étudiés	Exemples d'auteurs
<b>Qualité variable des diverses matrices organiques</b>	Digestibilité de plus de 100 types de déchets organiques	V. Nallathambi Gunaseelan, 1997 (Review)
<b>Inhibitions de l'activité méthanogène</b>	NH <sub>3d</sub> , sulfures, ions métalliques, métaux lourds, composés organiques (benzène, phénol, etc.), AGLC, P <sup>o</sup> <sub>H2</sub> , pH, etc.	Ye Chen et al, 2008 (Review) P. Cheung, 2004 (thèse) I.M. Buendia et al, 2009 H. B. Nielsen et I. Angelidaki, 2008
<b>Prétraitement des matrices organiques avant digestion</b>	Ultrasons, thermique et ozonation Mécanique, chimique, thermique Micro-ondes, chimique, thermique Explosion vapeur, haute pression, CEP, biologique, etc.	C. Bougrier et al, 2006 C. Gonzalez-Fernandez et al, 2008 D. Jackowiak et al, 2010 P. Kumar et al, 2009 (Review)

### Contraintes identifiées :

- Caractériser et quantifier la matière carbonée bioadmissible
- Rationaliser les mélanges de co-substrats
- Prédire les potentiels méthanogènes des mélanges de co-substrats
- Développer un outil d'aide à la décision pour la constitution des mélanges



# Digestion - codigestion

## Les principales approches d'optimisation des mélanges

Méthodes	Substrats	Exemples auteurs
Variation du mélange S/coS	CS / FVW ; CS / CM PS / FVW SP / FW WWS / BS	F.J. Callaghan et al, 2001 L.M. Ferreira et al, 2008 A. Mshandete et al, 2004 S. Babel et al, 2008
Variation du ratio C/N :	OJ / WWS FIW / WWS / PM FVW / AW ; FVW / WWS ; FVW / FW	R.T. Romano et R. Zhang, 2007 M. Murto et al, 2004 H. Bouallagui et al, 2008
Complémentarité des co-substrats	PM / GLY	Sastals et al, 2009
Apport de macro/micro-nutriments	Mélange de diverses WWS	Rajeshwari et al., 2000
Prétraitement du co-substrat	WS / PM	G. Wang et al, 2009
Solveur d'optimisation de mélange (sous EXCEL)	PM / FW / GLY	J.A Alvarez et al, 2009

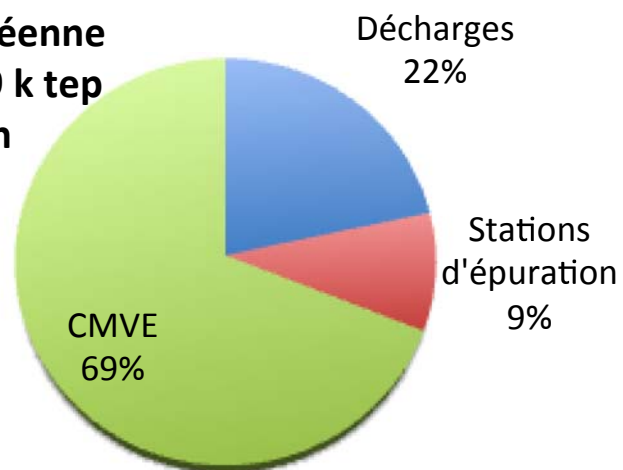
WWS : Boues de Step  
OJ : Jus d'oignon  
WS : Paille de blé  
PM : Lisier de porc  
CS : Fumier bovin  
FVW : Déchets de fruits  
GLY : Glycérol

CM : Déjections de volaille  
FIW : Déchets agroindustriels  
SP : Pulpes de sisal  
FW : Déchets de poissons  
BS : Boues de brasserie  
VW : Déchets de végétaux  
AW : Déchets d'abattoir

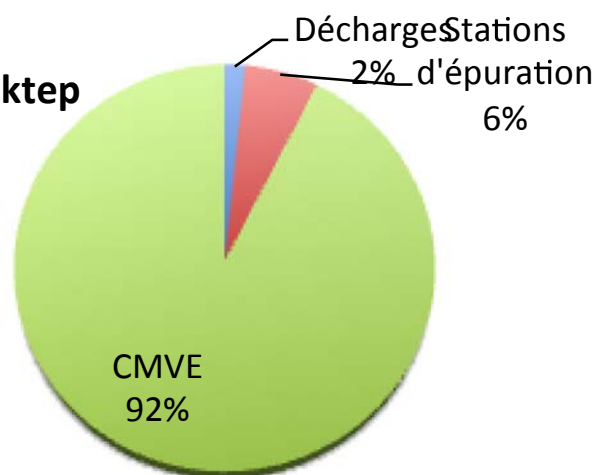
# Digestion - codigestion

Centrales méthanogènes  
à vocation énergétique  
(CMVE)

**Union Européenne**  
**Total : 13379 k tep**  
**155 595 GWh**



**Allemagne**  
**Total : 6 717 ktep**  
**78 118 GWh**  
**50 % UE**



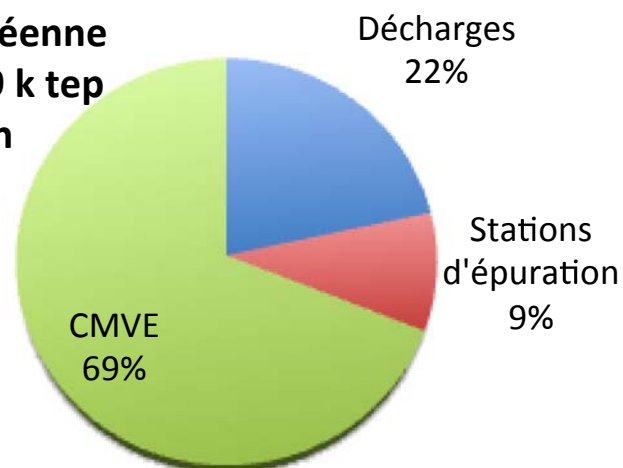
CMVE majoritairement agricole, en CoDA (+/- 80 %), essentiellement centralisée, surtout de cultures énergétiques

2011 : 5 400 installations sur 7,200 en CoDA agricole (Murphy et al, IEA Bioenergy)  
Environ 8 000 installations en 2015.

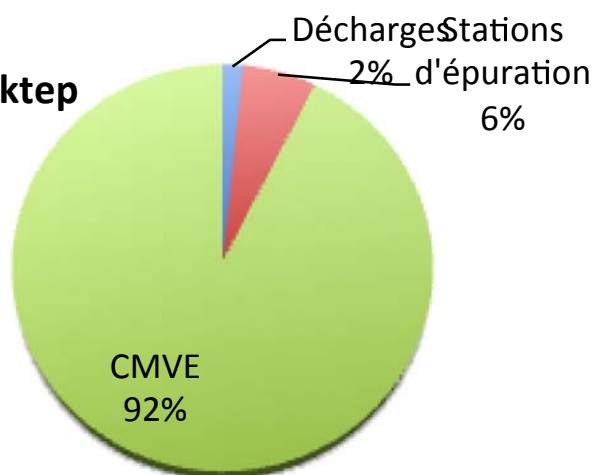
# Digestion - codigestion

Centrales méthanogènes  
à vocation énergétique  
(CMVE)

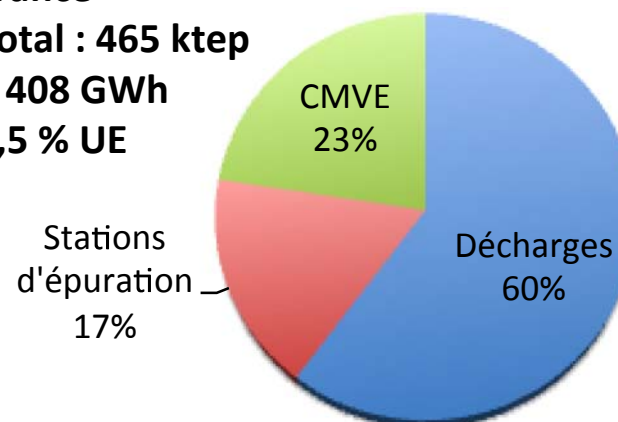
**Union Européenne**  
**Total : 13379 k tep**  
**155 595 GWh**



**Allemagne**  
**Total : 6 717 ktep**  
**78 118 GWh**  
**50 % UE**



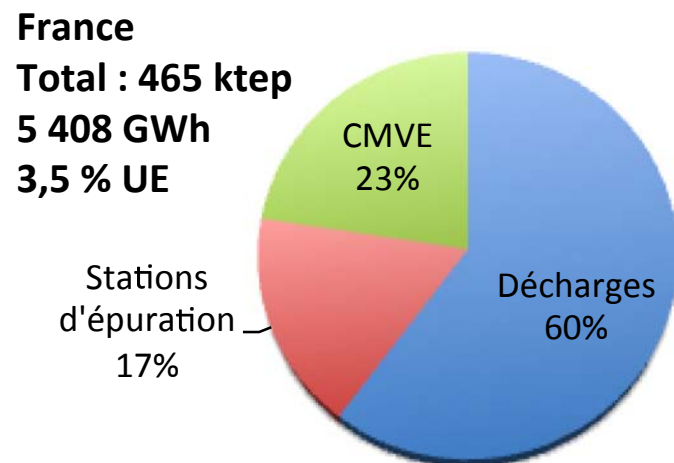
**France**  
**Total : 465 ktep**  
**5 408 GWh**  
**3,5 % UE**





# Digestion - codigestion

Centrales méthanogènes  
à vocation énergétique  
(CMVE)



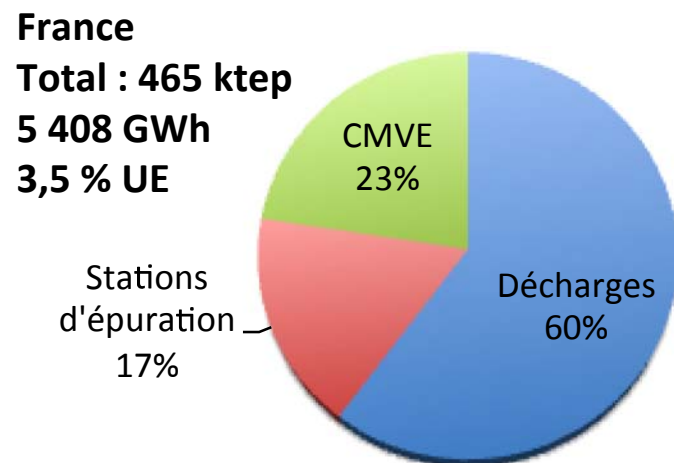
CMVE : fin 2014

185 unités à la ferme : moyenne 200 kWe, 66 % effluents d'élevage et 9 % de déchets agricoles

23 unités territoriales : moyenne 1,2 MWe, 32 % effluents d'élevage et 30 % de déchets industriels et de collectivités

# Digestion - codigestion

Centrales méthanogènes  
à vocation énergétique  
(CMVE)



Développement de la filière :

Objectif : 1 500 nouveaux méthaniseurs dans les fermes en 2020 (100 par an), en pratique aujourd'hui : 50 par an

Volume des déchets présents, mais

- Les déchets agro-alimentaires sont très courtisés
- Les déchets organiques des ordures ménagères posent problème en termes d'odeur, d'utilisation des digestats
- Le pourcentage autorisé des cultures intermédiaires à vocation énergétique est variable sur le territoire

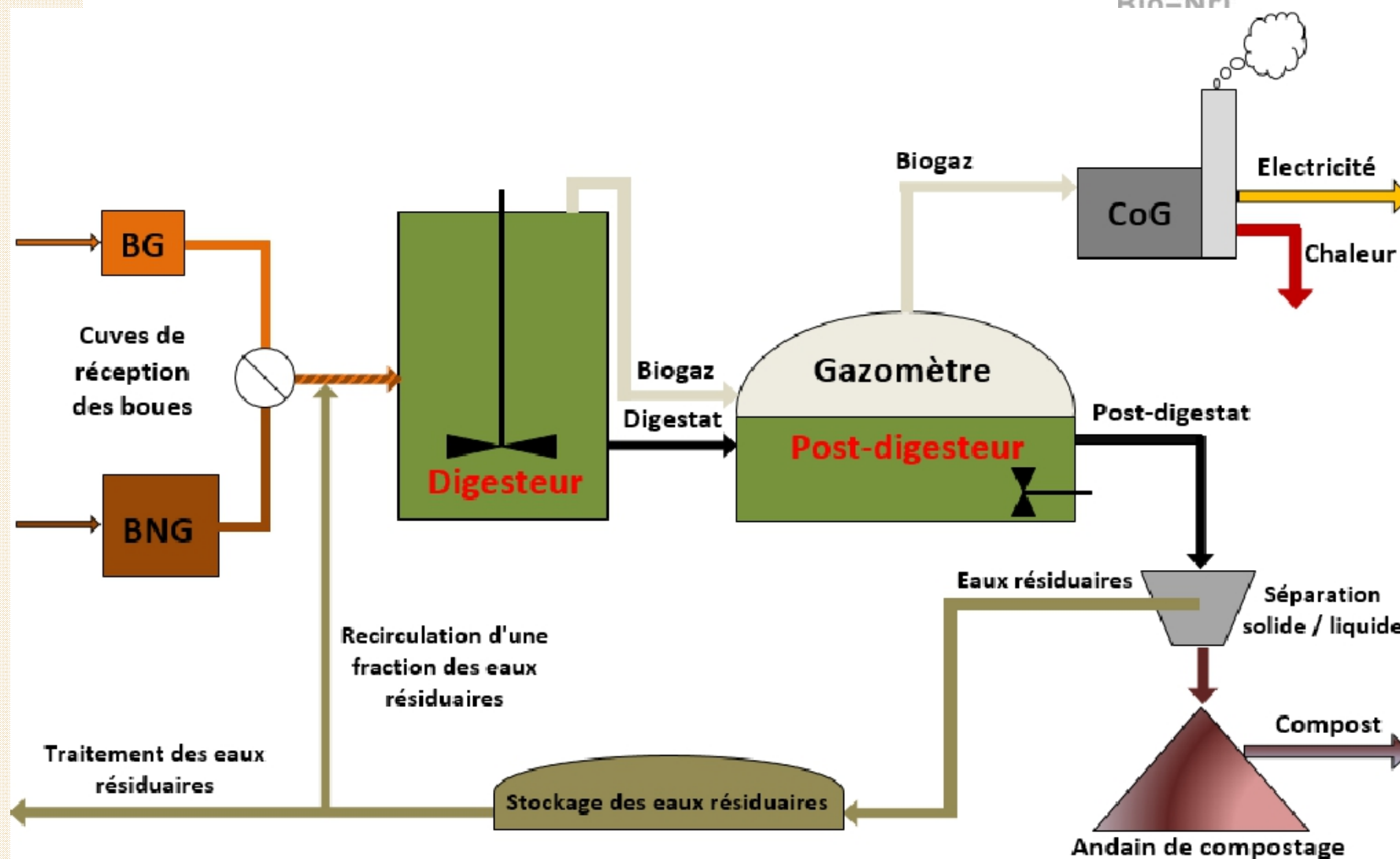
# Digestion - codigestion

## Stratégie d'une codigestion

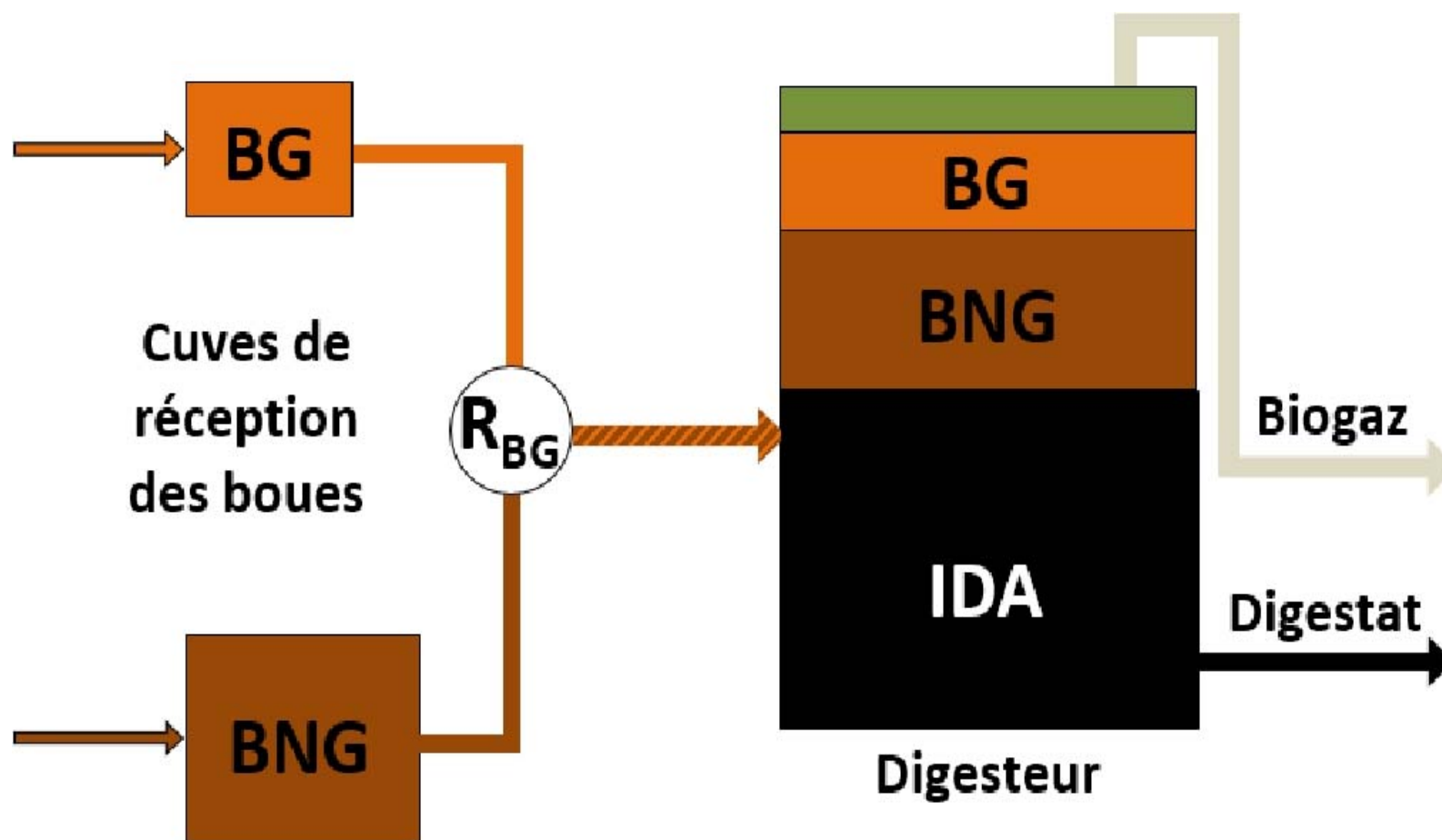


Thèse D. Bassard, soutenue le 20 février 2015 « Méthodologie de prédiction et d'optimisation du potentiel méthane de mélanges complexes en co-digestion »

# Digestion - codigestion



# Digestion - codigestion





# Digestion - codigestion

- Conceptualisation des éléments de la CoDA

Fractions biochimiques « supposées » ou moyennes des **BNG**, **BG** et de l'**IDA** :

Références	BNG	BG	IDA	Potentiel biométhanogène	Teneur en CH <sub>4</sub> du biogaz	Cinétique de production de CH <sub>4</sub>	Potentiel d'inhibition
Glucides	++	+	++	+	+	+++	++
Protéines	+++	+	+++	++	++	++	+
Lipides	+	++++	+	+++	+++	+	+++

# Digestion - codigestion

- Conceptualisation des éléments de la CoDA

Fractions biochimiques « supposées » ou moyennes des **BNG**, **BG** et de l'**IDA** :

Références	BNG	BG	IDA	Potentiel biométhanogène	Teneur en CH <sub>4</sub> du biogaz	Cinétique de production de CH <sub>4</sub>	Potentiel d'inhibition
Glucides	++	+	++	+	+	+++	++
Protéines	+++	+	+++	++	++	++	+
Lipides	+	++++	+	+++	+++	+	+++

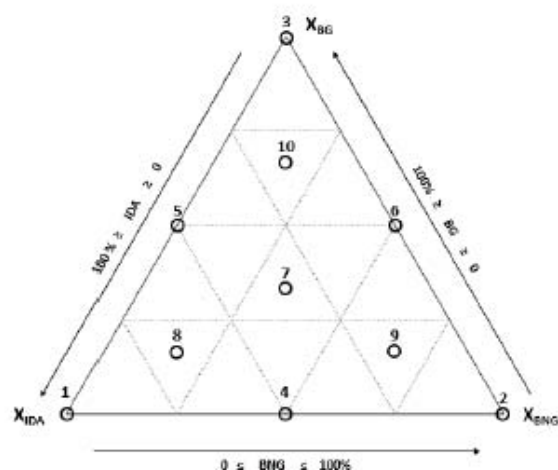
- **BG** : Substrat d'intérêt pour l'optimisation des productions de CH<sub>4</sub>, mais une gestion d'alimentation est nécessaire
- **BNG** : Substrat « neutre »  $\Longrightarrow$  co-substrat idéal des **BG**
- **IDA** : Cas particulier : peut-on considérer l'**IDA** comme un substrat

# Digestion - codigestion

Sur base :

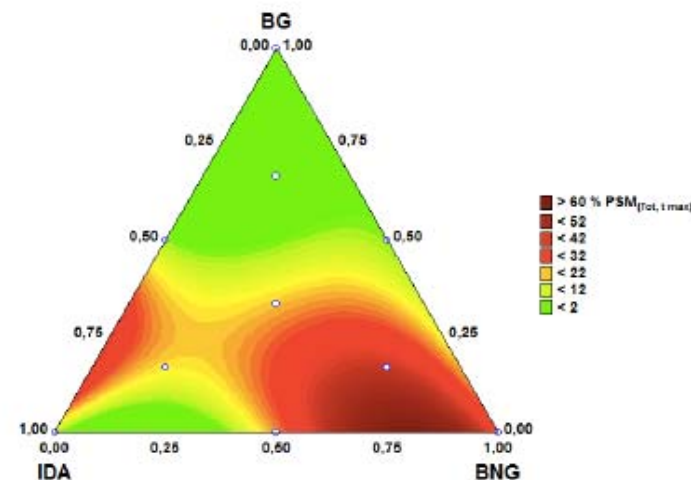
- Analyses en MS et MO des substrats « BG », « BNG » et « IDA »
- BPM sur les substrats « BG », « BNG » et « IDA » et plus de 200 de leurs mélanges
- Utilisation des plans de mélange et d'une approche statistique

## • Méthodologie des plans de mélanges :



$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Surface des réponses Y



➔ Y : production de CH<sub>4</sub>, rendement de biodégradation, etc.

# Digestion - codigestion

Il ressort :

- Pour des temps infinis (en pratique pour des temps de séjour > 20 jours), le potentiel méthanogène d'un mélange de substrat dépend uniquement de sa formulation
- Les effets synergiques et antagonistes apparaissent seulement en début du processus de CoDA, et semblent initiés principalement par le ratio I/S
- À partir de la mesure des productions cumulées de  $\text{CH}_4$ , ainsi que des teneurs en MS/MO des constituants unitaires et du digestat, il est possible d'estimer les fractions en glucides, en protéines et en lipides totaux des constituants unitaires d'un mélange constitué de deux types de substrats

## Conclusions et perspectives

Le développement de la filière production de biogaz à partir de déchets d'origine agricole ou agro-alimentaires implique la codigestion

Des stratégies de codigestion peuvent et doivent être développées pour assurer la robustesse de la méthanisation



# Merci de votre attention

JRI Limoges – 10, 11 et 12 février 2016