

---

5 novembre 2010 – Lausanne / EPFL

Biogaz: Projets de recherche en Suisse romande

## **Optimisation des tests standardisé de digestibilité dans des réacteurs batch et continus**

**Christof Holliger - EPFL, LBE**

Marc Deront, Jean-Pierre Kradolfer - EPFL, LBE

**Nathalie Bachmann, Yves Membrez - EREP SA**

Arthur Wellinger - NovaEnergie

Hélène Fruteau de Laclos - Experte externe

# Plan de la présentation

---

## Contexte

- À quoi servent les tests de digestibilité?
- Comment fonctionnent-ils?
- Problématique

## Objectifs

- Globaux
- Spécifiques

## Démarche

- Organisation institutionnelle
- Etapes du projet

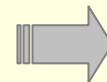
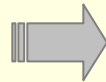
## Aboutissements

- Etat d'avancement
- Résultats

## Perspectives

# Contexte

## A quoi servent les tests de digestibilité?



Estimer quantité de biogas  
à partir d'un substrat

Planification d'installations

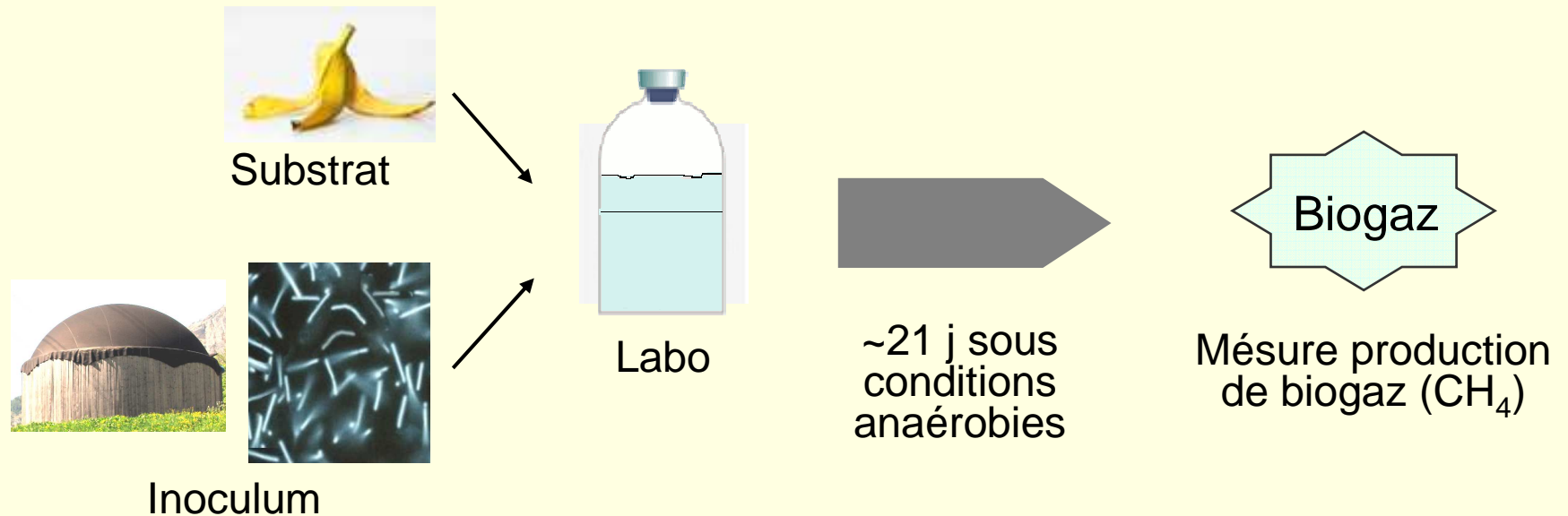
- Dimensionnement
- Calcul de rentabilité

Exploitation d'installations

- Changement substrats
- Agrandissements

# Comment fonctionnent-ils?

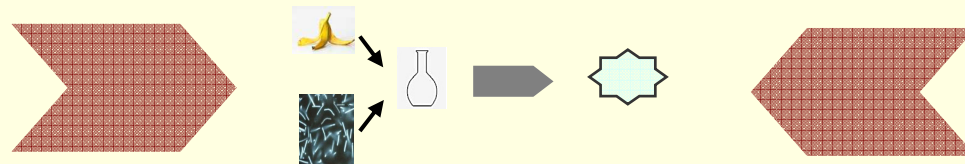
---



# Problématique

---

Le résultat d'un test de digestibilité est influencé par la démarche de test (manipulations, conditions, techniques):



- **Résultats différentes selon la démarche**
- **Sur- ou sous-estimations de la production de biogaz**
- **Planification et exploitation non optimale d'installations de biogaz**

---

# Objectifs

---

## ***Globaux:***

- Meilleure estimation de la production de biogaz à partir d'un substrat
- Optimisation du fonctionnement des installations de biogaz à travers une meilleure planification

## ***Spécifiques:***

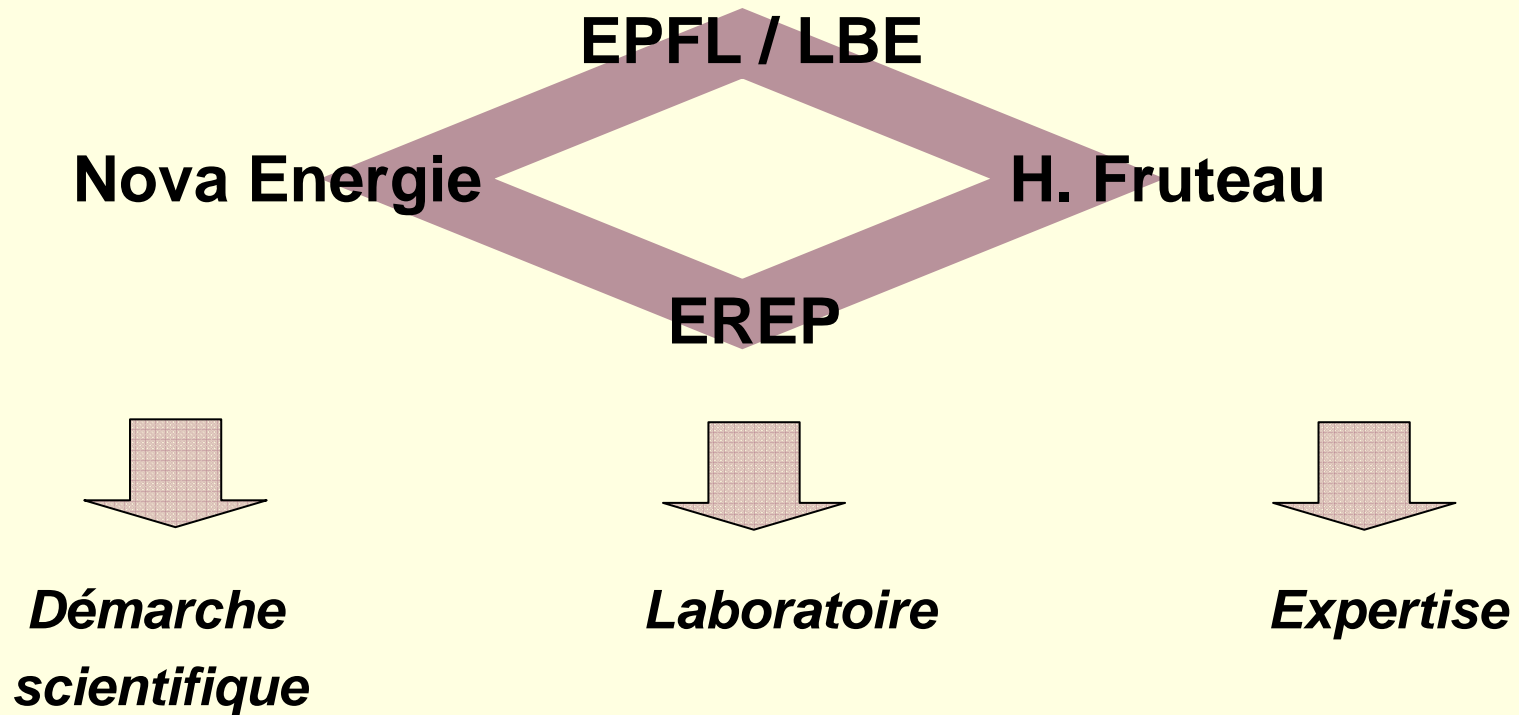
- Détermination des sources de variation du résultat
  - > analyse des paramètres d'influence
- Elaboration d'un protocole de test
  - > approcher au mieux la production de biogaz sous conditions réelles

---

# Démarche

---

## Organisation institutionnelle



# Etapes du projet

---

Etape 1	Recherche bibliographique et internet
Etape 2	Setup expérimental
Etape 3	Tests de digestibilité
Etape 4	Analyse des résultats

# Aboutissements

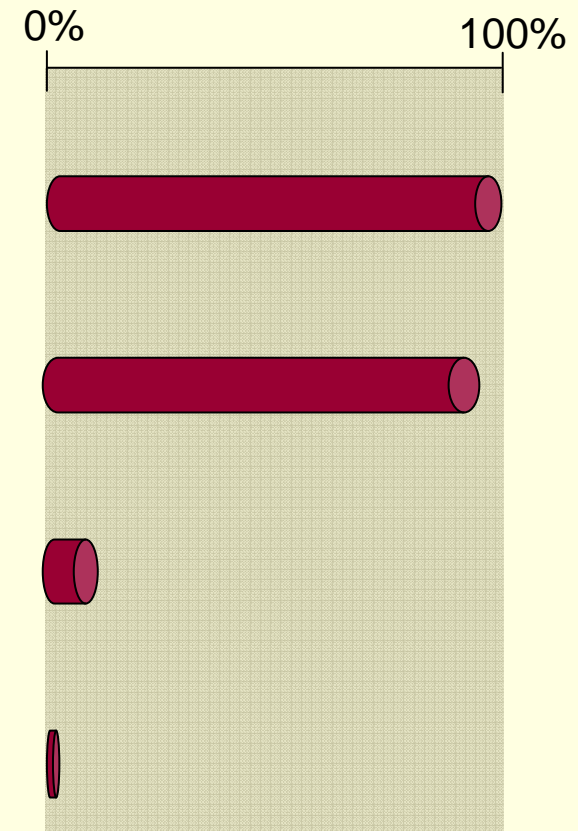
## Etat d'avancement

Etape 1 - Recherche bibl. et internet

Etape 2 - Setup expérimental

Etape 3 - Tests de digestibilité

Etape 4 - Analyse des résultats



# Résultats Etape 1 – Recherche bibliographique et internet

---

- **Protocoles de test**

- *Plein de protocoles « officielles »:*

- DIN, ISO (2), ASTM (2), VDI*

- *Méthodes de test différentes*

- *Extrait du tableau comparatif*

	<b>DIN 38414 TL8 1985</b>	<b>VDI 4630 2006</b>	<b>ISO 11734 1995</b>	<b>ISO 15985 2004</b>	<b>ISO 14853 2005</b>
Paramètre de détermination de la dégradabilité	Biogaz en phase gazeuse	Biogaz en phase gazeuse	Biogaz en phase gazeuse et carbone inorganique dissout dans la solution barrière	Biogaz en phase gazeuse, carbone organique total	Biogaz, CO <sub>2</sub> et CH <sub>4</sub> , COD, CIT resp. CID, optionnel accroissement de biomasse (protéine)
Substances testées	a.d.	Toutes substances organiques	Substances organiques solubles	Substances organiques à haute teneur en matière sèche	Substances organiques non solubles (si possible en forme de poudre)
Milieu de culture	Pas de milieu de culture ajouté, directement boue de digestion, dilutions en cascade, ev. ajout de NH <sub>4</sub> Cl où NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> pour un ratio C:N:P de 100:6:1	Pas de milieu de culture, directement boue de digestion	Tampon phosphate, milieu de culture en sel minéraux	Pas de milieu de culture, directement boue de digestion	Tampon phosphate, milieu de culture en sel minéraux
Volume de test	500 ml	500, 1000 ou 2000 ml	100-1000 ml	> 750 ml	250 ml
Supplément de vitamines	Non	Non	Non	Non	Oui (optionnel)
Supplément d'éléments trace	Non	Non	Oui (optionnel)	Non	Oui (optionnel)
Inoculum	Boues de digestion de STEP municipale	Boues de digestion de STEP municipale ou de digesteur agricole	Boues de digestion de STEP municipale	Boues de digestion d'inst. thermophile traitant les ordures ménagères	Boues de digestion de STEP municipale
Prétraitement de l'inoculum	a.d.	Laisser digérer/ dégrader 7 jours, lavage (optionnel)	Lavage, post-digestion	Post-digestion	Lavage avec tampon phosphate
Adaptation de l'inoculum	a.d.	Optionnel, mais pas d'instructions précises	a.d.	a.d.	a.d.
Température	35±1	37±2 ou 55 ±1	35±2	52±2	35±2
Durée du test	20-40 jours	Jusqu'à production de < 1% de la production totale de gaz	60 jours	15 jours	60 jours
Mesure de gaz	Volumétrique	Manométrique ou volumétrique	Manométrique ou volumétrique	Volumétrique	Manométrique ou volumétrique

# Résultats Etape 1 – Recherche bibliographique et internet

---

- **Protocoles de test**

- *Plein de protocoles « officielles »:*

- DIN, ISO (2), ASTM (2), VDI*

- *Méthodes de test différentes*

- *Extrait du tableau comparatif*

- **Pratiques de laboratoires**

- *Basées sur divers normes, mais toujours adaptées à propres conditions*

# Résultats Etape 1 – Recherche bibliographique et internet

---

- **Publications**

- *Peu de résultats récents et/ou utilisables*

- **Acteurs: groupes et projets de recherche**

- *ABAI Groupe IWA (2001)*

- *Objectif: harmonisation des tests d'activation et d'inhibition de la biodégradabilité*

- *Objectif similaire, mais peu d'actions par la suite*

- **Systèmes de test et fabricants**

- *Existence de systèmes automatisés sur le marché (AMPTS, BCS-CH4 biogas, OxiTop)*

# Résultats Etape 1 – Recherche bibliographique et internet

---



**~ 15'000 CHF !!**

# Résultats Etape 1 – Recherche bibliographique et internet

---

## Protocoles de test - Divergences ou manque d'indications:

- Prétraitement du substrat
- Volume de test
- Ajout de suppléments (milieu de culture, vitamines, éléments de trace)
- Source / prétraitement / adaptation de l'inoculum
- Concentration substance testée
- Mesure du gaz
- ...

# Résultats étape 2 - Setup expérimental

---

***Le setup expérimental consiste à:***

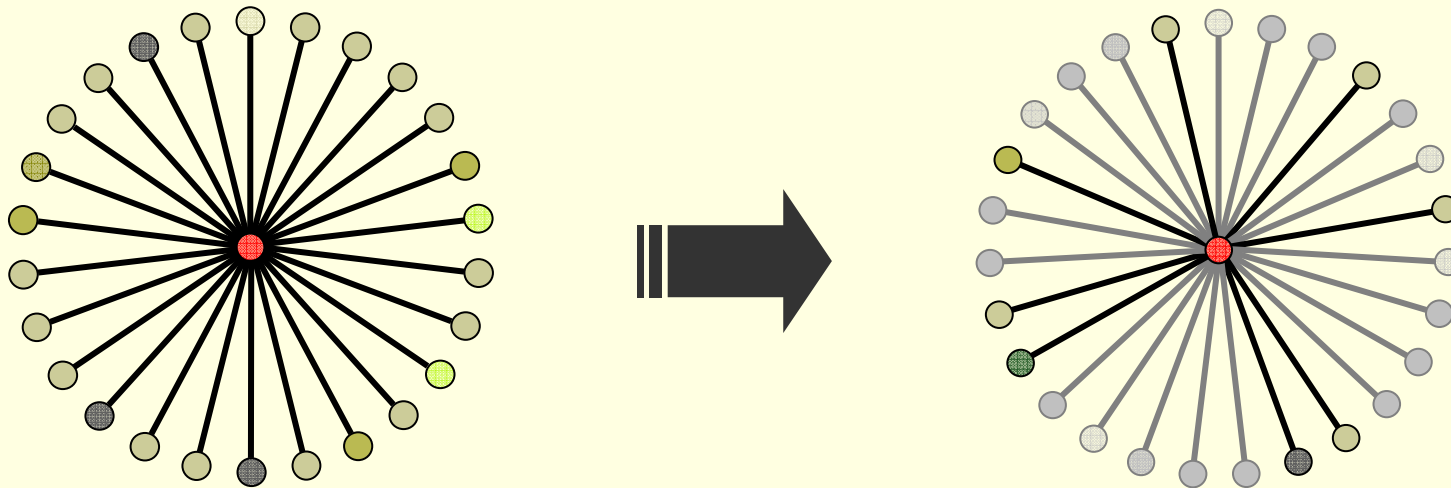
- Choisir les paramètres à tester
- Définir les conditions fixes
- Définir la matrice expérimentale
- Définir les méthodes de mesure
- Mettre en place les expériences

# Résultats étape 2 - Setup expérimental

---

## Paramètres à tester

- Problématique: nombre quasi infinie de paramètres
- Objectif: choisir les paramètres significatifs et encore peu étudiés
- Choix basé sur l'expérience des spécialistes



# Résultats étape 2 - Setup expérimental

---

→ Deux domaines principaux d'incertitude:

## ■ Inoculum

- **Origine:** Est-ce qu'on obtient la même production de méthane avec un inoculum agricole qu'avec un inoculum de STEP (p.ex.)?
- **Adaptation:** Est-ce que l'ajout du substrat (inconnu au milieu microbien) ne provoque pas une inhibition de l'activité par acidification?

## ■ Substrat

- **Stockage:** Est-ce qu'on obtient la même production de méthane si le substrat frais est testé que si on le stocke d'abord au congélateur?
- **Prétraitement:** Est-ce que le prétraitement (homogénéisation, broyage, etc.) n'amène-t-il pas à un résultat « trop bon »?

# Résultats étape 2 - Setup expérimental

## Définition de la matrice expérimentale:

- Objectif:
  - Déterminer si un paramètre a une influence sur la production de méthane – « oui » ou « non », si oui, de combien.
  - Minimiser le nombre d'expériences

- Matrice théorique « propre »:

No.	Niveau température	Niveau origine	Niveau adaptation	Répliques
1	Meso	Agricole	avec	3
2	Thermo	Agricole	avec	3
3	Meso	Agricole	sans	3
4	Thermo	Agricole	sans	3
5	Meso	STEP	avec	2
6	Thermo	STEP	avec	2
7	Meso	STEP	sans	2
8	Thermo	STEP	sans	2
9	Meso	Industrielle	avec	2
10	Thermo	Industrielle	avec	2
11	Meso	Industrielle	sans	2
12	Thermo	Industrielle	sans	2

**Pas réalisable!!**

# Résultats étape 2 - Setup expérimental

Matrice adaptée aux conditions réelles:

- 5 inocula d'origines différentes (STEP/agro/ind, meso/thermo)
- 2 niveaux d'adaptation (avec/sans)
- 2 substrats (cellulose / lait en poudre)

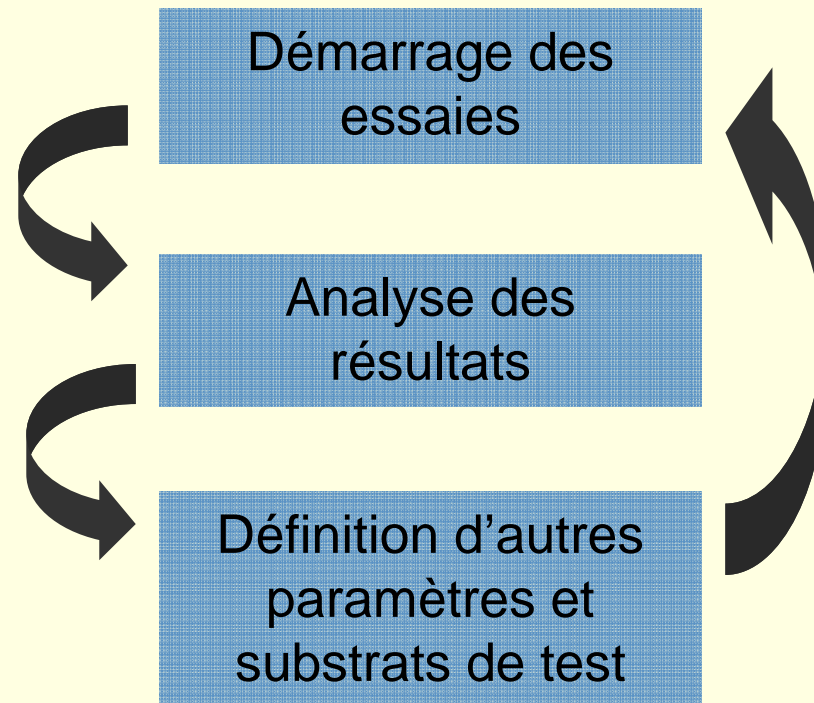
**Total: 60 tests!!**

*42 + 18 blancs (sans substrat)*

No.	Niveau origine	Niveau adaptation	Substrat	Répliques
1	IN1	oui	Cellulose	3
2	IN1	non	Cellulose	3
3	IN1	oui	Lait	3
4	IN1	non	Lait	3
5	IN2	oui	Cellulose	3
6	IN2	non	Cellulose	3
7	IN2	oui	Lait	3
8	IN2	non	Lait	3
9	IN3	oui	Cellulose	2
10	IN3	non	Cellulose	2
11	IN3	oui	Lait	2
12	IN3	non	Lait	2
13	IN4	oui	Cellulose	2
14	IN4	non	Cellulose	2
15	IN4	oui	Lait	2
16	IN4	non	Lait	2
17	IN5	oui	Lait	2

# Perspectives

---



# Merci de votre attention!

---

*Questions?*