

# Prétraiter les substrats pour améliorer la production de biogaz

Palézieux, mardi 28 avril 2015

Atelier d'échanges d'expériences



## Bio-augmentation des performances des digesteurs par injection de souches bactériennes sélectionnées



Dr. Trello Beffa



(MADEP SA - z.i. Maladières 22 - CH-2022 Bevaix)



- **Siège social** : Z.i. des Maladières, 22, CH-2022 Bevaix, Suisse
- **Date de création** : 2002, Société Anonyme de droit suisse
- **Créateur/administrateur** : Trello Beffa docteur ès Sciences en microbiologie
- **Actionnaire majoritaire** : T. Beffa (81% du capital en actions, actuel CHF 220'000)
- **Personnel** : 4 personnes de formation scientifique
- **Locaux** : 400 m2 à Bevaix (labo) et 200 m2 à Colombier (dépôt, atelier)
- **Infrastructure** : Laboratoire complet de microbiologie appliquée avec équipements évalués à environ CHF 1'500'000

## **Savoir-faire de MADEP :**

- **Isolation, sélection, production et fourniture sur mesure de bactéries et de champignons adaptés et performants pour :**
  - ✓ Améliorer le **traitement d'épuration des eaux usées** sur les sites urbains et industriels (boues activées, filtration, bioréacteurs SBR et MBR, ....).
  - ✓ Booster les rendements de **production de biogaz** des méthaniseurs.
  - ✓ La **bio-dépollution des sites contaminés** (sols, nappes, ...).
  - ✓ Réaliser des **expertises** microbiologiques et/ ou **sélectionner des micro-organismes spécifiques** pour des groupes industriels (pharma, chimie, agro, prestataires environnementaux, biotechnologie,...).

- Actuellement et dans le futur le développement et l'utilisation des énergies renouvelables, et notamment le **biogaz, sont une priorité politique, économique et écologique.**
- Une importante partie des **déchets organiques** de tous types et origines n'est **pas encore valorisée** sous forme de biogaz.
- Les rendements actuels en biogaz sont satisfaisant à bons mais après digestion il **reste encore d'importantes quantités de matières organiques** ou MO résiduelles potentiellement biodégradables :
  - entre 45 et 60% de MO pour les digestats résiduels des STEP,
  - entre 55 et 75 pour digestats résiduels agricoles et les déchetes organiques.
- **La méthanisation est un processus microbologique et l'amélioration des populations bactériennes dans les digesteurs est une approche logique, réaliste, écologique et ne nécessite pas de besoins supplémentaires en énergie.**
- **Il existe donc un potentiel d'amélioration des rendements en biogaz** par l'utilisation de souches bactériennes sélectionnées spécifiques et performantes.
- Une amélioration des rendements par voie microbologique est aussi **compatible et en synergie** pour augmenter les rendements de production de biogaz **lors de l'utilisation d'autres technologies de pré-traitement** (ultrasons, thermolyse etc.).

# Production d'énergie annuelle à partir du biogaz en Suisse (2013)

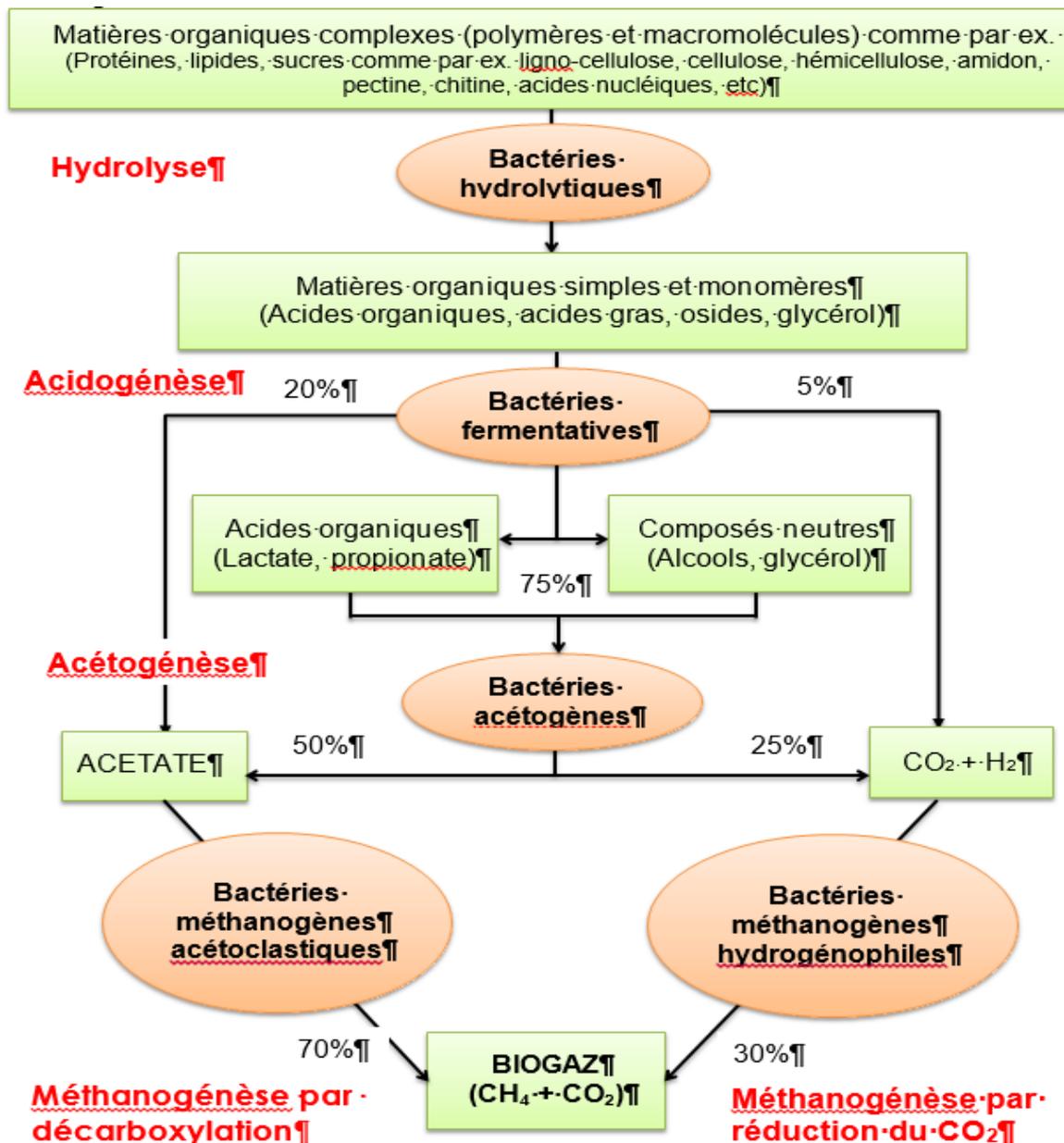
(1) énergie brute disponible dans le biogaz produit

(2) potentiel de production de biogaz par an d'après les quantités disponibles des substrats méthanisables

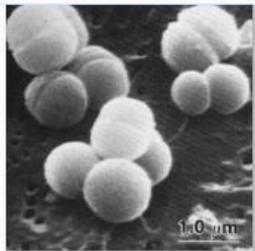
ORIGINE	Nombre installations	(1) Energie brute (GWh)	Electricité Utile (GWh)	Chaleur Utile (GWh)	Gaz injecté réseau (GWh)
STEP URBAINES	288	498,4	125,4	248,8	51,1
AGRICOLE	96	225,6	77,0	16,6	7,5
BIODECHETS	29	207,1	71,7	38,4	67,6
STEP INDUSTRIELLES	22	67,5	5,5	44,0	1,6
DECHARGES	6	10,7	3,0	0,58	ND
<b>TOTAL SUISSE 2013</b>		<b>1'009,3</b>	<b>282,6</b>	<b>348,4</b>	<b>127,8</b>

**(2) TOTAL DES POTENTIELS SUISSES = 2'460 \***

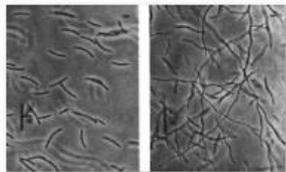
\* production primaire de biogaz en GWh/an : Biodéchets 600, STEP 720, Agriculture (lisiers/fumiers) 360, Agriculture (cultures dédiées) 780



METHANOGENES - (photos microscope)



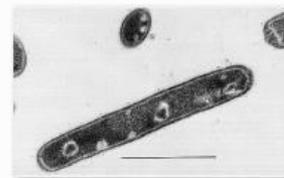
Methanosphaera stadtmaniae



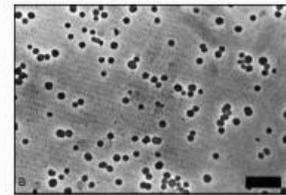
Methanospirillum hungatei



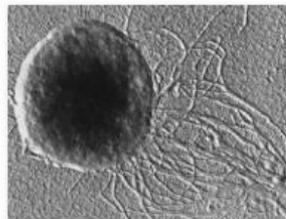
Methanobrevibacter ruminantium



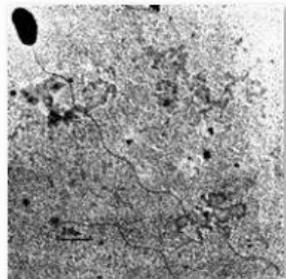
Methanothermus fervidus



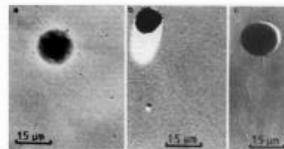
Methanothermococcus thermolithotrophicus



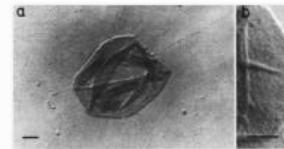
Methanocaldococcus jannaschii



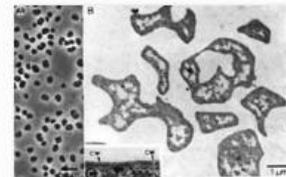
Methanomicrobium mobile



Methanoculleus thermophilicus



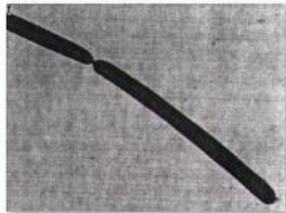
Methanofollis tationis



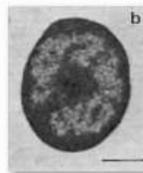
Methanogenium cariaci



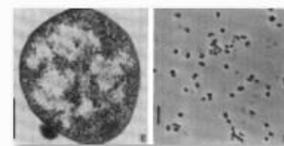
Methanolacinia paynteri



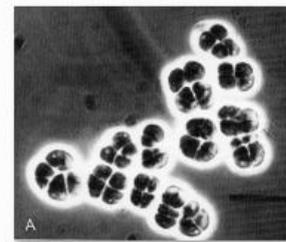
Methanoplanus limicola



Methanocorpusculum aggregans



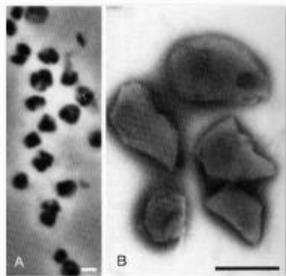
Methanocalculus halotolerans



Methanosarcina barkeri



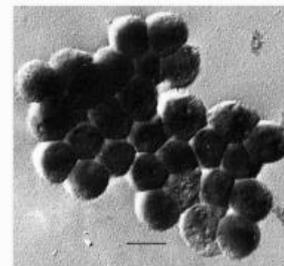
Methanosarcina mazei



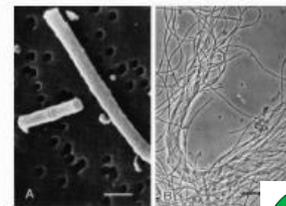
Methanococcoides methylutens



Methanlobus tindarius



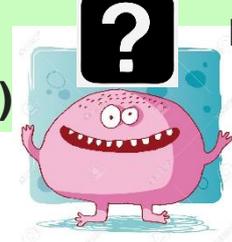
Methanlobus vulcani 2



Methanosaeta concilii

# Booster oui....mais comment ?

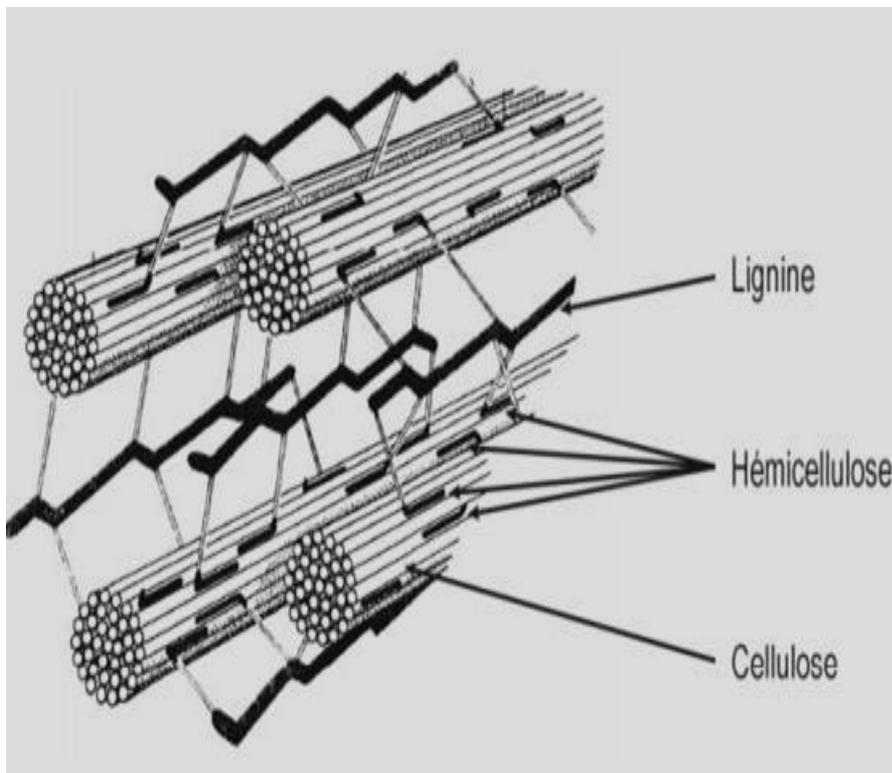
(boostage production volumes de biogaz et richesse en méthane)



P. 7

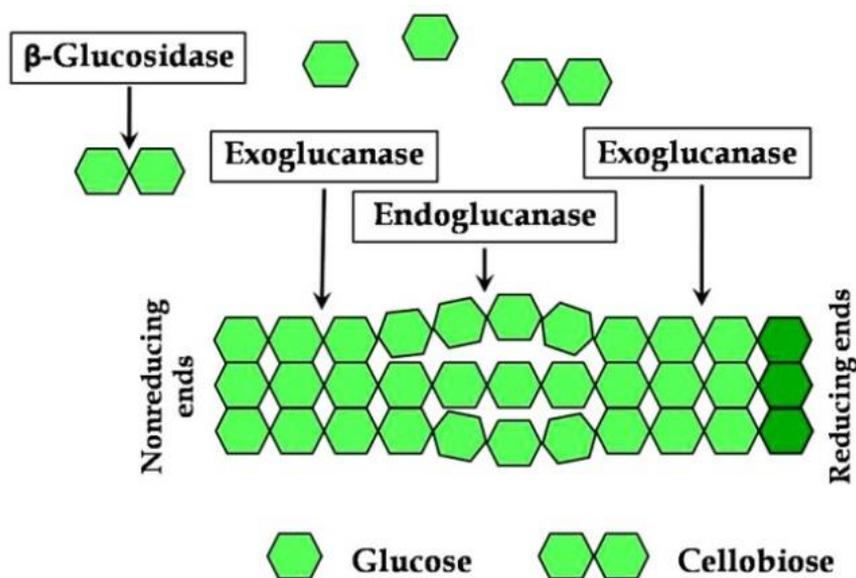
- Après la méthanisation les quantités importantes de matières organiques résiduelles peu/pas biodégradables sont essentiellement des composés de types :
  - ✓ **Lignocellulosiques** (**cellulose, hémicellulose, lignine, acides humiques....**).
  - ✓ **Molécules complexes** et peu biodégradables provenant de lyse (ou mort) des cellules (par ex. les parois bactériennes).
  - ✓ **Exopolymères** très hétérogènes et complexes provenant de composés intracellulaires libérés lors de croissance et la lyse des cellules.
- Ce qui implique logiquement qu'un boostage de la production de biogaz nécessite d'améliorer :
  - ✓ En priorité les **populations microbiennes hydrolytiques** responsables de la dégradation des composés lignocellulosiques et des molécules complexes provenant de la mort des cellules (mieux recycler la biomasse).
  - ✓ En moindre mesure les populations **acidogènes et fermentatives**.
- En sachant que les **bactéries méthanogènes ont de bonnes capacités d'adaptation** (24h à 48h) pour se multiplier et produire plus ou moins de biogaz en fonction des variations des flux (charges) de composés simples facilement biodégradables (acétate, hydrogène,...) quelles peuvent utiliser directement.

- La biomasse lignocellulosique est composée de **3 éléments majeurs** imbriqués les uns dans les autres sous forme de fibres complexes :
- 1) **Cellulose** (**45-55%** pour bois tendre et dur, et 25-40% pour l'herbe)
- 2) **Hémicellulose** (**25-40%** pour bois tendre et dur, et 25-50% pour l'herbe)
- 3) **lignine** (**18-35%** pour bois tendre et dur, et 10-30% pour l'herbe)

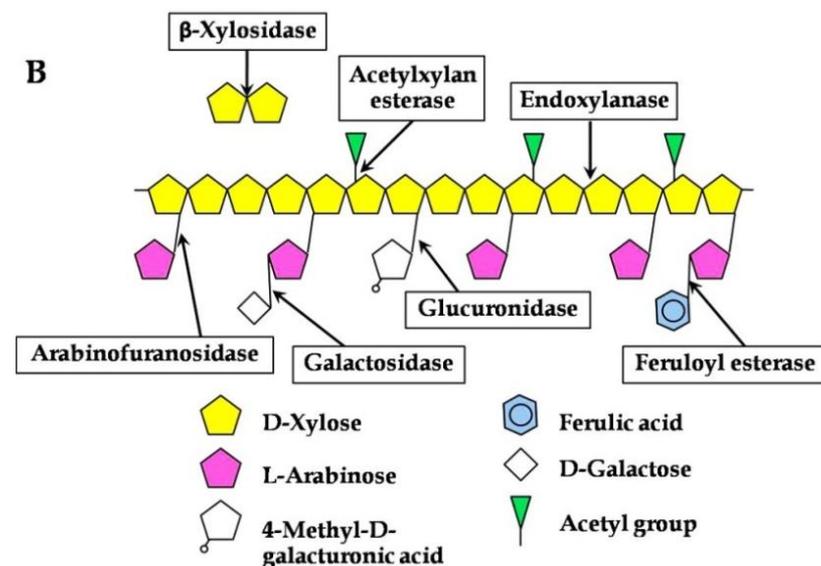


- Dans des conditions anaérobies **la lignine n'est pas biodégradable**, et la **cellulose et l'hémicellulose sont dégradables assez difficilement et lentement**.
- La dégradation de la lignocellulose fait appel à **des enzymes spécifiques** travaillant par étapes successives, et pour cela les bactéries doivent posséder des enzymes de type :
  - **Enzymes fixées à la surface de la cellule** qui sont actives quand la bactéries sont en contact direct (fixées) sur le substrat à dégrader, et/ou
  - **Enzymes secrétées en dehors de la cellule** qui sont libres et se retrouvent solubilisées dans la masse de digestats.

## Enzymes dégradant la cellulose (produit final : glucose)



## Enzymes dégradant l'hémicellulose (produits finaux : xylose, mannose, galactose, rhamnose, and arabinose)

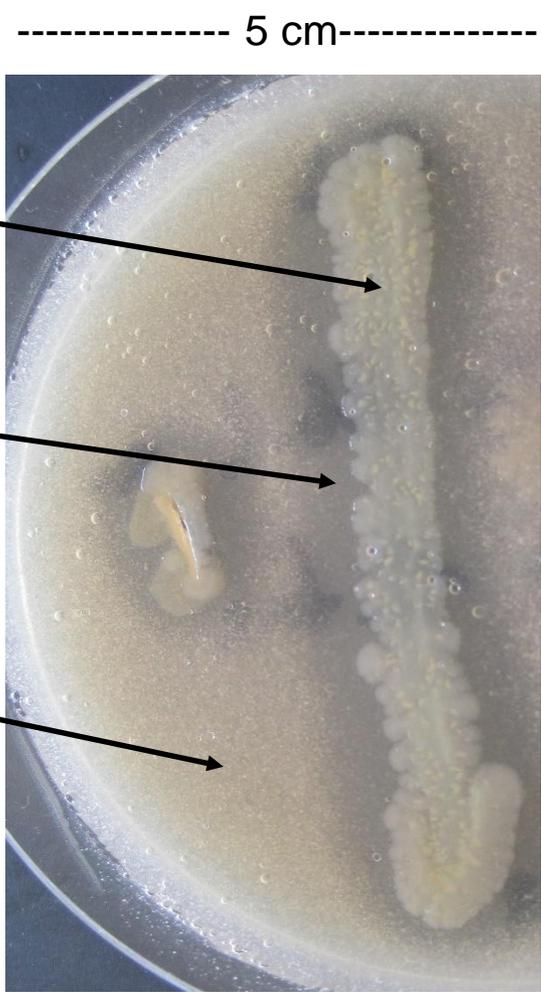


- Depuis 2010 **MADEP sélectionne en continu** des bactéries anaérobies hydrolytiques possédant des enzymes fixées et libres efficaces pour dégrader la cellulose et l'hémicellulose présente dans les biomasses lignocellulosiques (lisiers, fumiers, biodéchets, boues etc.).
- La **sélection des bactéries** est réalisée sur :
  - des milieux de croissance spécifiques solides et liquides de laboratoire,
  - des digestats prélevés sur les différents types de méthaniseurs.
- Les souches sélectionnées sont **progressivement testées et validées** sur les différents types de méthaniseurs industriels.
- A ce jour Madep possède dans sa **collection environ 650 souches de bactéries** potentiellement intéressantes pour traiter les méthaniseurs.



- Parmi ces 650 souches environ **100-120 souches ont fait l'objet d'une validation positive/négative sur les sites industriels.**
- **MADEP travaille uniquement** avec des souches de **micro-organismes naturels** non manipulés génétiquement, et non toxiques et dangereux pour l'environnement et les organismes vivants.

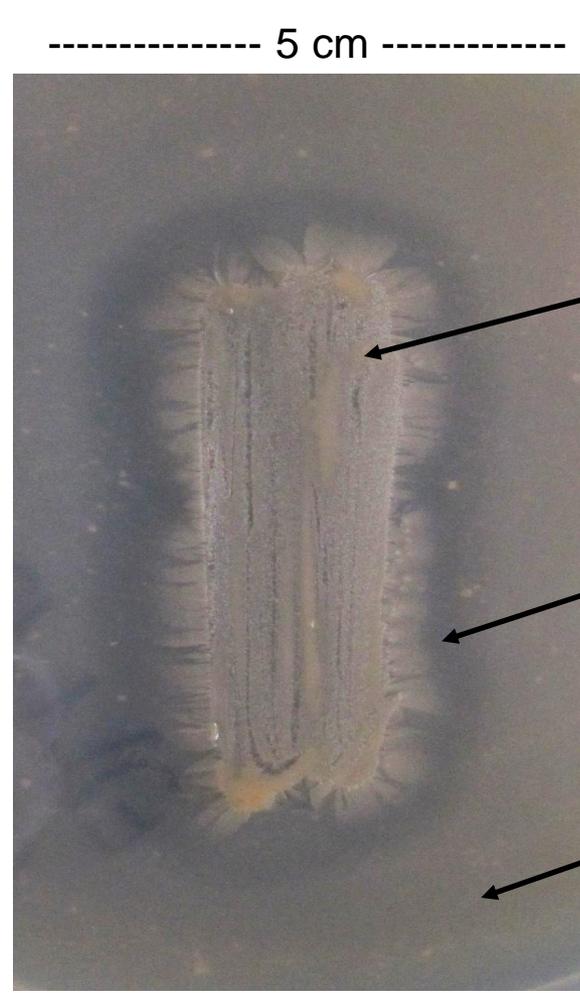




Colonies de bactéries en croissance

Zone d'hydrolyse (dégradation) de la cellulose

Zone sans hydrolyse de la cellulose (témoin)



Colonies de bactéries en croissance

Zone d'hydrolyse (dégradation) de l'hémicellulose

Zone sans hydrolyse de l'hémicellulose (témoin)

**Hydrolyse/dégradation de la cellulose cristalline** par une souche bactérienne pure sur milieux nutritif minéral gélosé additionné de cellulose.

**Hydrolyse/dégradation de l'hémicellulose** par une souche bactérienne pure sur milieux nutritif minéral gélosé additionné d'hémicellulose.

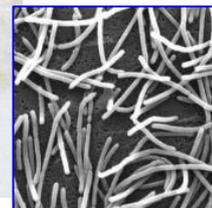
# Labo : biodégradation du bois par des bactéries cellulolytiques et hémicellulolytiques

P. 12



Sciure de bois non traitée (témoin)

Sciure de bois digérée pendant 30 jours en présence de bactéries DIGESTO cellulolytiques et hémicellulolytiques.



- Les souches cellulolytiques et xylanolytiques sélectionnées au labo sont ensuite **testées et validées**, avec suivi microbiologique, sur des **méthaniseurs industriels**.
- Hélas, bien souvent des souches efficaces dans des conditions de labo ne sont **pas adaptées et efficaces dans des conditions industrielles**.
- **Plusieurs facteurs influencent fortement l'efficacité d'une souche** à coloniser les digesteurs et à dégrader ensuite les composés lignocellulosiques :
  - **pas assez agressive et polyvalente (\*)** pour concurrencer les bactéries autochtones ayant des vitesses de croissance/dégradation très élevées sur des matières organiques simples,
  - la **température**, le **pH**, les teneurs en **ammonium** et **sulfures**, etc
  - le **temps de résidence hydraulique**, présence **carences nutritives**, **toxiques**,
  - les **types de matières organiques** méthanisés,
  - des **variations** journalières/hebdomadaire importantes en **charge** organique,
  - le type et fréquence de **brassage/recirculation** des digestats, etc....

*\* Forte capacité à dégrader aussi les matière organiques simples de tous types et à exprimer/synthétiser les enzymes cellulases et/ou xylanases en présence d'autres types de matières organiques.*

- Intervention pour **discussion détaillée sur la gestions technique**, les données physico-chimiques (pH, température, NH4, AGV, etc...) et les rendements énergétiques et les de fonctionnement des méthaniseurs (\*).



**\* Remise d'un formulaire à compléter le Client sur les principaux paramètres importants de gestion afin de permettre de :**

- **fixer des objectifs réalistes d'amélioration des rendements en biogaz,**
- **permettre de suivre de manière régulière l'efficacité du traitement.**

Composants	Discharge à l'entrée substrat (LSD 30°C) production substrat sans agitation	Discharge à l'entrée substrat (LSD 30°C) production substrat avec agitation	Discharge à l'entrée substrat (LSD 30°C) production substrat avec agitation	Discharge à l'entrée substrat sans agitation	Discharge à l'entrée substrat (LSD 30°C) production substrat avec agitation	Discharge à l'entrée substrat (LSD 30°C) production substrat avec agitation	Discharge à l'entrée substrat (LSD 30°C) production substrat avec agitation
CH <sub>4</sub> % vol	50-55	48-53	55-61	50-60	60-75	60-75	60-75
CO <sub>2</sub> % vol	22-24	22-23	18-20	18-24	18-19	18-19	18-19
N <sub>2</sub> % vol	18-2	18-6	40-17	7-8	1-3	1-3	1-3
O <sub>2</sub> % vol	1-6	0-2	0-3	1-8	-0.5	-0.5	-0.5
BLD % vol	4 (à 30°C)	4 (à 30°C)	4 (à 30°C)	4 (à 30°C)	4 (à 30°C)	4 (à 30°C)	4 (à 30°C)
Total % vol	100	100	100	100	100	100	100
BLD mg/l	30-50	1-20	100-300	100-300	1000-2000	1000-2000	1000-2000

- **Prise d'échantillons de digestats** pour expertiser de manière détaillées les principales populations indigènes de bactéries hydrolytiques et fermentatives.



- **Purification des souches indigènes dominantes (20-50 souches)** et **conservation** longue durée sous congélation pour, si besoin, garantir les performances avant le biotraitement avec DIGESTO.



- **Formulation d'un premier consortium de bactéries** les plus adaptées à utiliser sur site d'après des tests de sélection réalisés directement sur les digestats provenant du méthaniseur à traiter (5-15 souches, parmi les env. 650 souches disponibles à ce jour).



➤ **Production/livraison chez le Client des bactéries DIGESTO (1-2x/mois)**



➤ **Prise régulière d'échantillons de digestats pour monitoring microbiologique des populations INDIGENES et de DIGESTO.**



➤ **Addition des bactéries fraîches concentrées (10-20 l/1'000m3 vol. digesteur) dans la fosse d'alimentation ou les conduites de recirculation des digestats.**



➤ **Evaluation mensuelle de la gestion technique des méthaniseurs et de l'efficacité du traitement.**

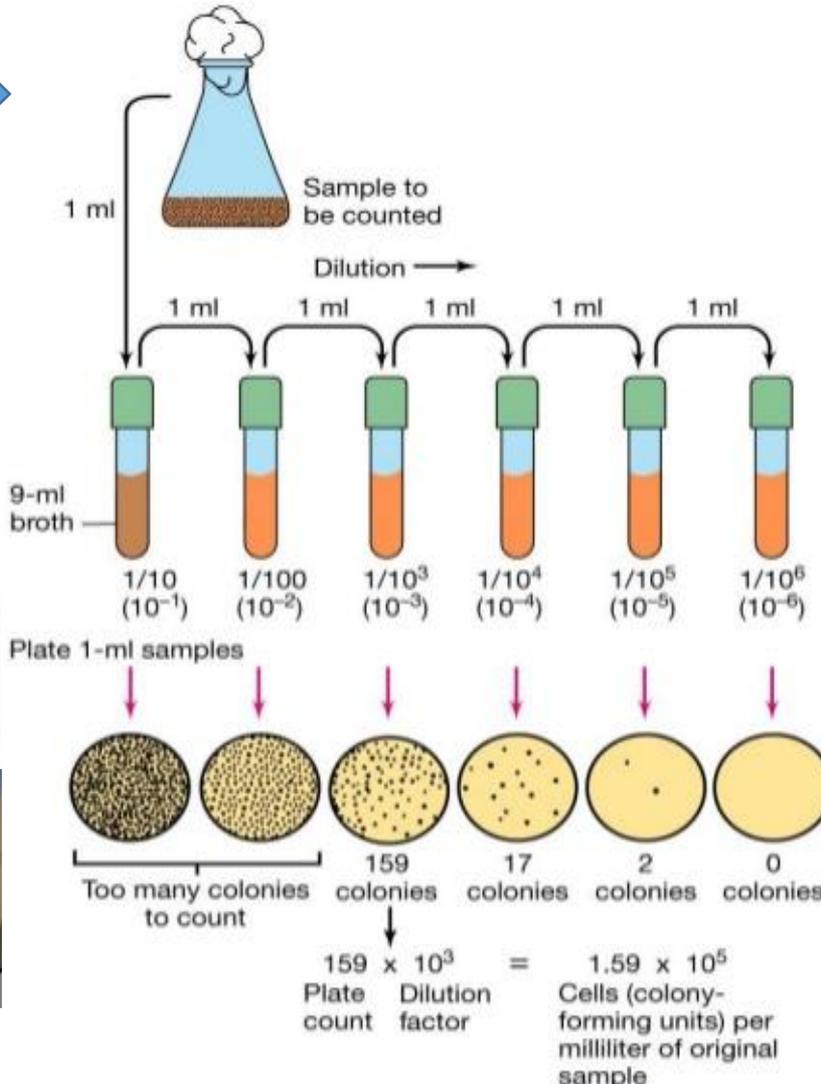
Composés	Digesteur 1 (m3)	Digesteur 2 (m3)	Digesteur 3 (m3)	Digesteur 4 (m3)	Digesteur 5 (m3)	Digesteur 6 (m3)	Digesteur 7 (m3)	Digesteur 8 (m3)	Digesteur 9 (m3)	Digesteur 10 (m3)
CH <sub>4</sub> % vol	50.38	48.11	51.11	51.40	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75
CO <sub>2</sub> % vol	47.58	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39
N <sub>2</sub> % vol	11.2	10.6	10.11	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
O <sub>2</sub> % vol	1.4	1.2	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
CO <sub>2</sub> % vol	47.58	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39
CH <sub>4</sub> % vol	50.38	48.11	51.11	51.40	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75
CO <sub>2</sub> % vol	47.58	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39	47.39

➤ **Si besoin modification/adaptation des souches bactériennes de DIGESTO afin d'améliorer les rendements en biogaz.**



- **Evaluation mensuelle de la gestion technique des méthaniseurs avant et pendant le biotraitement considère les paramètres suivants :**
  - ✓ **Données de base (méthaniseurs et boues)**
  - ✓ **Données biogaz et rendements**
  - ✓ **Données économiques globales de production et consommation d'énergie**
  - ✓ **Données économiques si vente directe du biogaz**
  - ✓ **Données économiques élimination des boues après déshydratation (STEP)**
  
- ***Si intérêt un formulaire complet est disponible sur demande***

- Au démarrage et pendant tout le traitement prélèvements digestats, dilutions, dénombrements après mise en culture dans différentes conditions et en présence de différents types de substrats organiques.



Différents types de colonies bactériennes hydrolytiques sur milieu gélosé en boîte de Petri (diamètre 8 cm)



Différents types de colonies bactériennes fermentatives sur milieu gélosé .



- **Dénombrements des biomasses hydrolytiques/fermentatives en fonctions de leur capacités à dégrader les composés organiques simples et complexes, et substrats testés :**

## SUCRES SIMPLES

Glucose

Saccharose

Dextrose

Xylose

Fructose

Lactose

Glycérol

## PROTEINES

Caséine

Albumine

## ACIDES ORGANIQUES

Lactate

Acétate

Propionate

## BIOPOLYMERES

Lignocellulose (sciure bois)

Hémicellulose (birchwood)

Hémicellulose (oat spelt)

Cellulose cristalline

Cellulose amorphe

Carboxyméthylcellulose

Chitine

Pectine

Amidon

Acides humiques

## HUILES et GRAISSES

Acide palmitique (C16, saturé)

Acide oléique (C18, mono-insaturé)

Acide stéarique (C18, saturé)

Tween-80 (émulsifiant)

Huile d'olive

Huile minérale (C10-C40)

# Biomasses des bactéries hydrolytiques et fermentatives dominantes cultivables présentes dans des digestats agricoles (8-12% de MS)

CFU = colonie de germe formant unité

TYPES DES BIOMASSES ANALYSEES	BIOMASSES (CFU/ml)
BT ( <b>Bactéries Totales</b> = BHT + BFT)	1'240'000'000
BHT (Bactéries <b>Hydrolytiques</b> Totales)	566'000'000
BFT (Bactéries <b>Fermentatives</b> Totales)	674'000'000
BLT (Bactéries <b>Lignolytiques</b> Totales)	14'400'000
BCT (Bactéries <b>Cellulolytiques</b> Totales)	23'500'000
BXT (Bactéries <b>Xylanolytiques</b> Totales) (dégradant l'hémicellulose)	45'400'000

- Depuis 2011 MADEP développe **plusieurs bioprocédés nommés DIGESTO mésophiles (30-42°C)** et **thermophiles (50-60°C)** applicables aux différents types de méthaniseurs.
- Les types de **bactéries hydrolytiques/fermentatives utilisées différents** passablement selon les types de méthaniseurs et de biodéchets à traiter.

➤ Bioprocédés utilisés et méthaniseurs traités à ce jour :

✓ **DIGESTO-M**

**Boues de STEP** (mésophile 35-42°C)  
Utilisé auprès de 5 STEP



✓ **DIGESTO-AGRI**

**Lisiers et fumiers + co-substrats** (mésophile)  
Utilisé auprès de 3 exploitations agricoles



□ **DIGESTO-T**

**Biodéchets organiques** (thermophile à 50-60°C)  
Pas encore utilisé sur des sites industriels



✓ **DIGESTO-LIXI**

**Lixiviats de décharge** (mésophile et thermophile)  
Utilisé auprès de 3 décharges



✓ **DIGESTO-PAP**

**Effluents industries papetières** (mésophile)  
Utilisé auprès de 2 industries



1. STEP ERES (Estavayer le Lac/Suisse, Vol. digesteurs 2 x 2'500 m3)  
Avec DIGESTO-M + 73-110 % de biogaz (sans ultrasons)  
+ 28-52 % de biogaz (par rapport à un traitement avec ultrasons)
2. STEP SAUNERIE (Colombier/Suisse, 2 x 1'000 m3)  
Avec DIGESTO-M + 50-60 % de biogaz
3. STEP NN (confidentiel, France, vol. digesteurs 2 x 8'500 m3)  
Avec DIGESTO-M + 25 % de biogaz
4. STEP NN (confidentiel, Allemagne, vol. digesteurs 2 x 3'000 m3) :  
Avec DIGESTO-M + 18 % de biogaz
5. DIGESTEUR AGRICOLE (Gaec les Châtelets, France, vol. digesteur 750 m3)  
Avec DIGESTO-AGRI + 70 % de biogaz
6. DIGESTEUR AGRICOLE (Gaec de l'Aurore, France, 2 x 800 m3)  
Avec DIGESTO-AGRI + 20 % de biogaz
7. DECHARGE SCHOLWALD (Ennetmoos/Suisse, vol. décharge 400'000 m3)  
Avec DIGESTO-LIXI restauration de la production de biogaz à des volumes rentables
8. USINE TEMBEC-TARTAS (leader européen production pâte de cellulose, 750'000 tonnes/an)  
Avec DIGESTO-PAP restauration de la production de biogaz à des volumes rentables

Dès novembre 2014 : début traitement avec **DIGESTO-M** auprès de STEP Yverdon-les-Bains  
Dès mars 2015 : début traitement avec **DIGESTO-AGRI** auprès de AGROGAZ/Lignerolle  
Dès février 2015 : début traitement avec **DIGESTO-LIXI** auprès de la décharge 3 à Cholwald

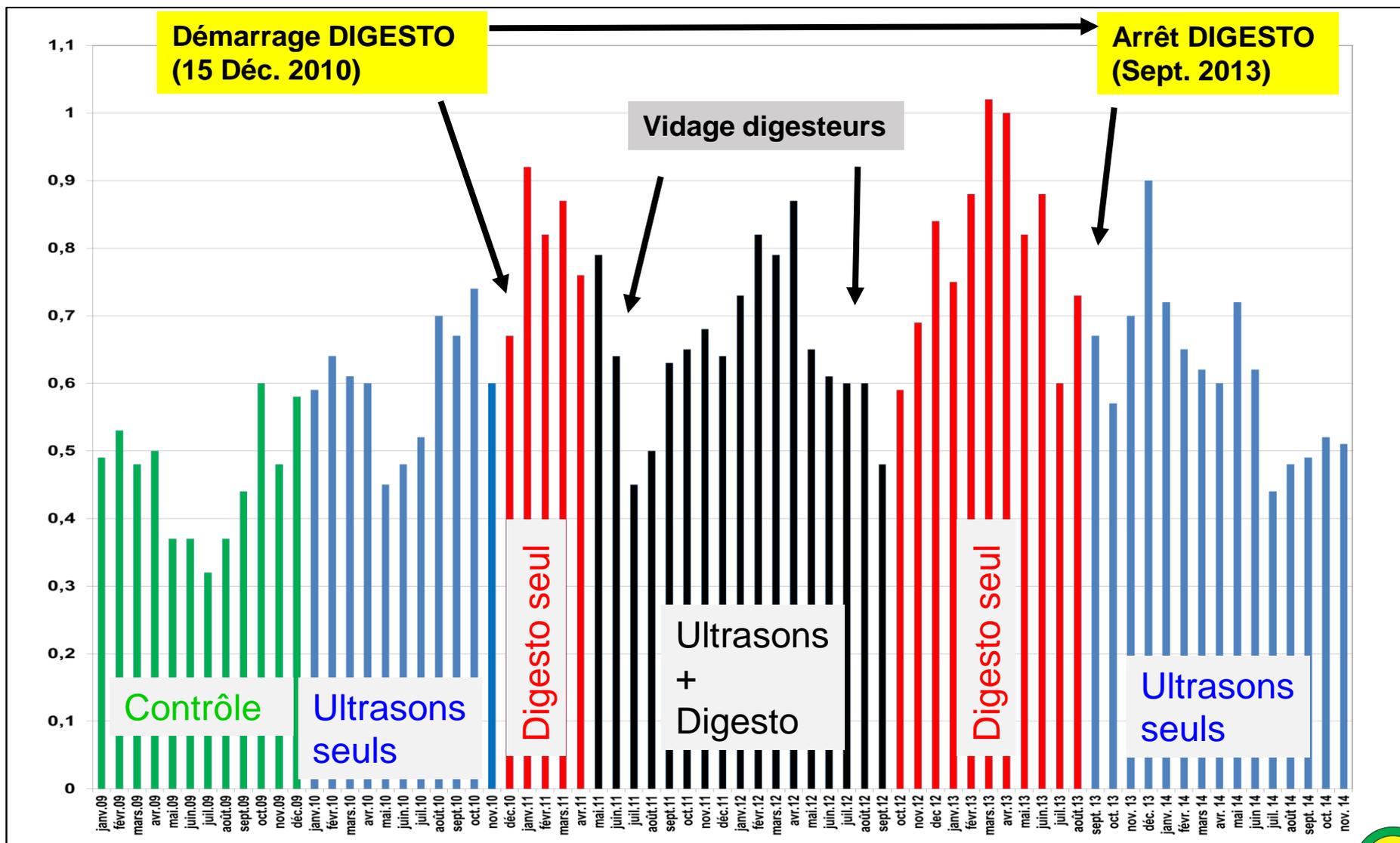


## Gestion technique (périodes de traitement avec/sans DIGESTO-M et ULTRASON)

Période	Paramètres de gestion technique (prétraitements)
Du 1.1.2009 au 31.12.2009	Période de référence (sans ULTRASON et sans DIGESTO-M de MADEP)
Du 01.01.2010 au 14.12.2010	Traitement <b>avec ULTRASON</b> et sans DIGESTO-M
Du 14.12.2010 au 30.04.2011	Arrêt traitement <b>avec ULTRASON</b>
Dès le 14.12.2010	Début du traitement <b>avec DIGESTO-M</b> de MADEP SA
Du 14.12.2010 au 30.04.2011	Traitement <b>avec DIGESTO-M</b> (sans ULTRASON)
Dès le 01.5.2011	Remise en marche des ULTRASON
Du 1.05.2011 au 30.09.2012	Traitement <b>avec ULTRASON</b> et <b>avec DIGESTO-M</b>
Dès le 01.10.2012	Arrêt définitif des ULTRASON
Du 1.10.2012 au 28.08.2013	Traitement <b>avec DIGESTO-M</b> (sans ULTRASON)
Du 01.9.2013 au 10.02.2015	Traitement <b>avec ULTRASON</b> et sans DIGESTO-M
Dès 11.02.2015	Traitement <b>avec ULTRASON</b> et <b>avec DIGESTO-M</b>

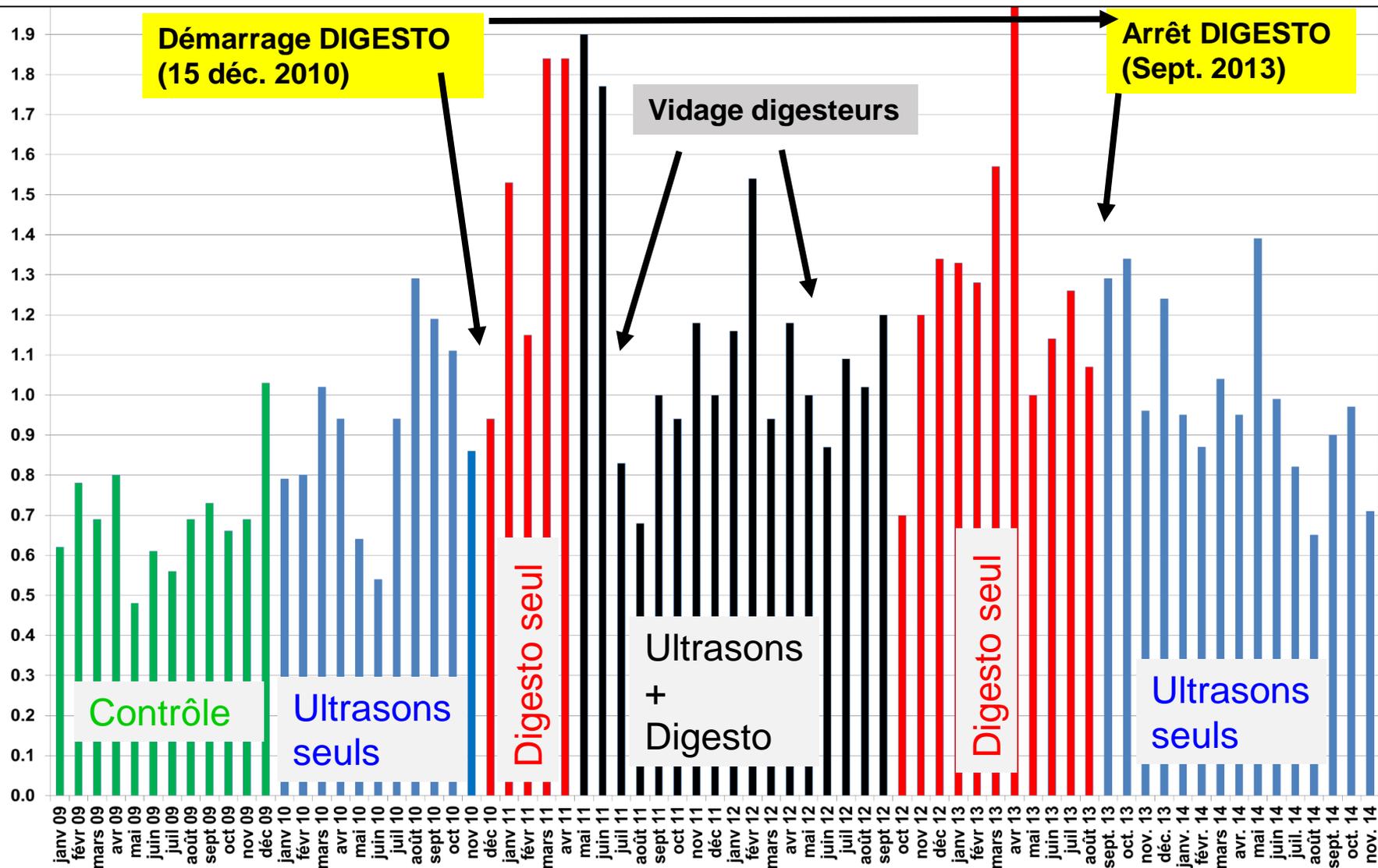


## Biogaz (m3) produit par Kg MO ou matières organique introduite (1.1.2009-30.11.2014)





## Biogaz (m3) produit par Kg MO ou matières organique détruite (1.1.2009-30.11.2014)





## Améliorations des rendements de production de biogaz par DIGESTO-M

(bilan sur la période 1.1.2009 au 30.11.2014)

Paramètre	% augmentation par rapport à la REFERENCE	% augmentation par rapport aux ULTRASONS
Par rapport à la MO introduite	73 à 75	28 à 30
Par rapport à la MO détruite	87 à 110	36 à 52

- Suite au vidage de 2 digesteurs sur la période du 1.1.2009 au 30.11.2014 il n'est **pas possible de chiffrer** avec précision les rendements de **production de biogaz** lors de l'utilisation simultanée des **ULTRASONS** et **DIGESTO-M**.
- La productivité en biogaz avec les **ULTRASONS + DIGESTO-M** sera **déterminée sur la période de février 2015 à février 2016**.

- L'ajout de bactéries spécifiques est sans doute une des voies prioritaires à considérer pour l'amélioration des performances énergétiques des méthaniseurs.
- Cette biotechnique est facile à mettre en place et très écologiques car elle ne consomme pas d'énergie comme certains procédé physico-chimiques (ultrasons, thermolyse, etc..) et elle n'est pas polluante.
- Le choix d'une mise en place d'une bio-augmentation nécessite préalablement une évaluation détaillées de la gestion techniques et des rendements en biogaz des méthaniseurs, ainsi qu'un expertise microbiologique des populations dominantes.
- Après des méthaniseurs de STEP une meilleure dégradation des matières organiques permet de diminuer les quantités de boues résiduelles, de mieux épaissir les boues et de réduire les frais d'élimination et de transport.
- La bio-augmentation est aussi compatible et en synergie pour augmenter les rendements de production de biogaz lors de l'utilisation d'autres technologies de pré-traitement (ultrasons, thermolyse etc.).
- Au vu des connaissances actuelles encore fragmentaires à l'échelle du suivi microbiologique des méthaniseurs industriels, et de la complexité des interactions microbiennes selon les paramètres de gestion technique et des conditions physico-chimiques, la bio-augmentation possède une grande marge d'amélioration pour augmenter de manière fiable et durable la production de biogaz.

**En restant à votre disposition pour des solutions écologiques et optimales à vos objectifs environnementaux et économiques**

**Merci de votre écoute et confiance !**



**MADEP SA**

**BIOGAZ  
GO!**

Site Web (Cleantech Suisse) : <http://www.cleantech-alps.com/fr/acteurs/details/index.php?id=madep-sa>  
Site Web (général) : [www.madep-sa.com](http://www.madep-sa.com) (depuis 2005 plus actualisé!)

**MADEP SA**

**Z.i. Maladières 22**

**CH-2022 BEVAIX (Suisse)**

tél. buro : +41 (0)32 846 45 51; mobile : 079-607.99.26; e-mail : [trello.beffa@madep-sa.com](mailto:trello.beffa@madep-sa.com)