



**Sustainable Water  
Integrated Management (SWIM) -  
Support Mechanism**



Project funded by  
the European Union

*Water is too precious to waste*

**DEUX JOURS DE FORMATION SUR LE FONCTIONNEMENT ET LA GESTION  
DES STEPS**

**9-10 Septembre 2013, Murcia**

**Digestion et utilisation du biogas**

***Présenté par: Marco Martin Gonzalez***

- **ASSIMILATION  
ANAÉROBIQUE**
- **BIOGAZ**
- **UTILISATIONS DU BIOGAZ**
- **NOUVELLES TECHNOLOGIES**

BIOGAS

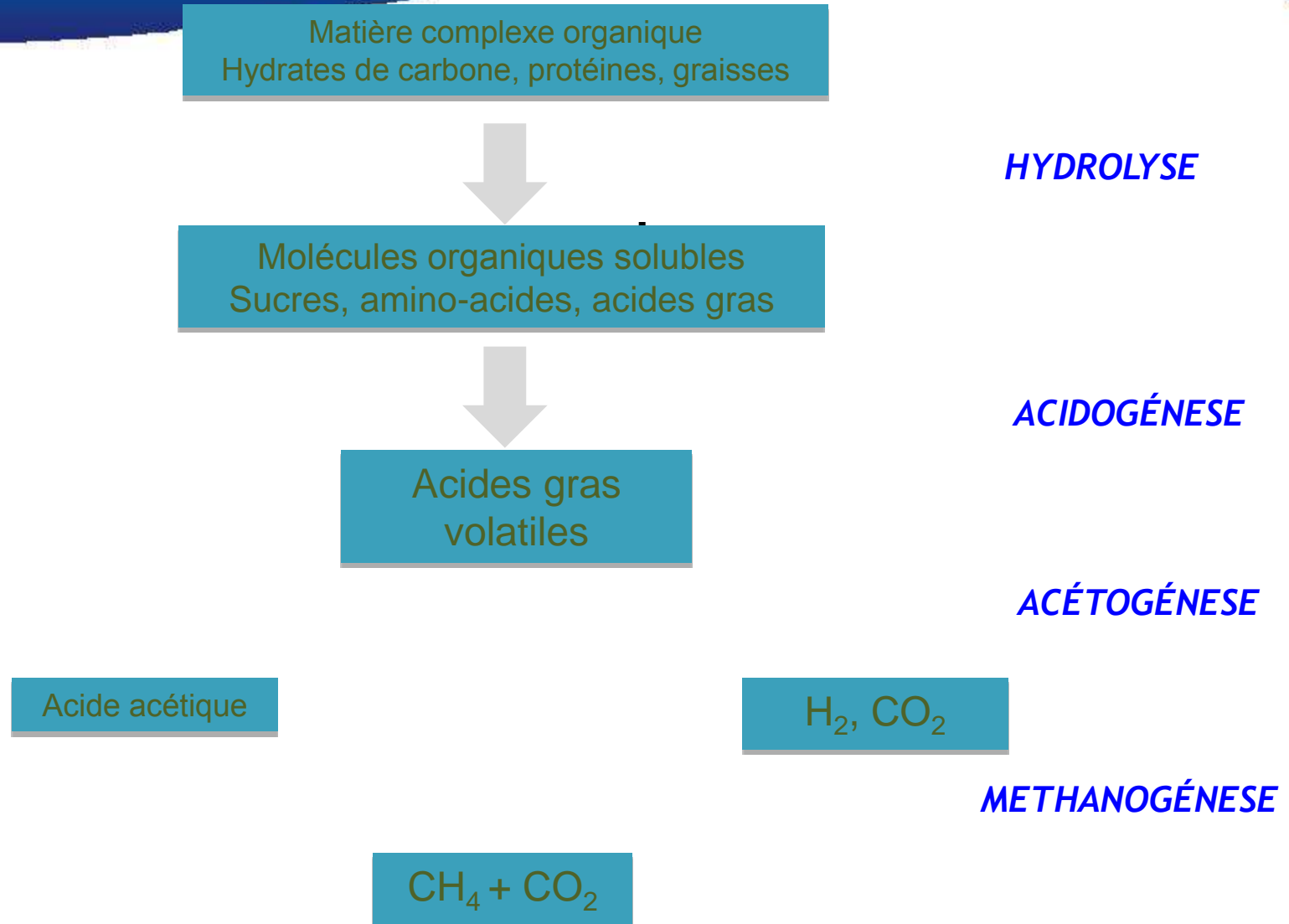


*Procédé biochimique durant lequel la matière organique complexe est décomposée en l'absence d'oxygène, par différents types de microorganismes anaérobiques.*

F  
U  
S  
I  
O  
N

DIGEST

# FUSION ANAÉROBIQUE



## HYDROLYSE

Les macromolécules comme les protéines, les polysaccharides et les graisses composant le système cellulaire de l'excès de boue sont transformées en molécules avec une masse atomique plus faible soluble dans l'eau: peptides, saccharides et acides gras.

*L'hydrolyse est un procédé relativement lent et limite généralement le taux du procédé AD global.*

## ACIDOGÉNESE

Procédé menant à la conversion des produits hydrolysés en simples molécules avec un poids moléculaire faible, comme les acides gras volatiles, les alcools, les aldéhydes et les gaz (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>).

## ACETOGÉNESE

Les produits de l'acidification sont transformés en acides acétiques,  $H_2$  et  $CO_2$  par une bactérie acétogénique.

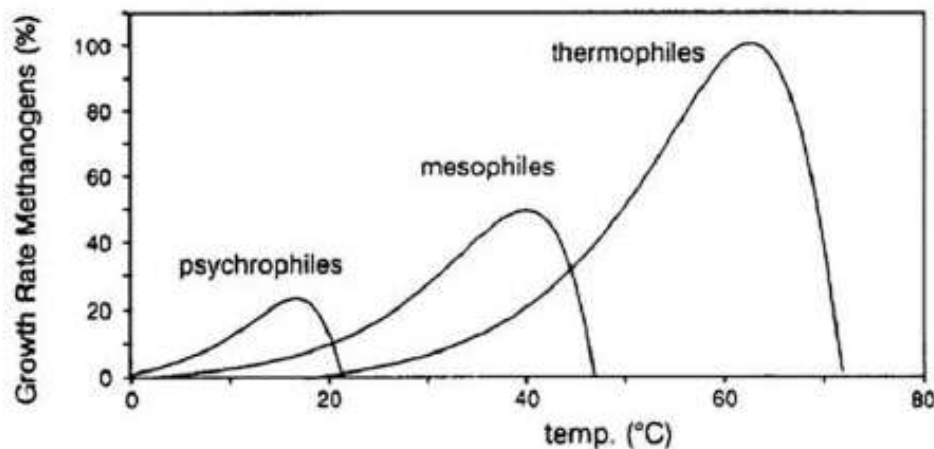
## METHANOLOGÉNESE

Les produits de l'étape précédente (principalement acide acétique) sont transformés en  $CO_2$  et  $CH_4$ .

*Afin de maintenir une boue anaérobique avec une forte activité métabolique, il est nécessaire d'appliquer des conditions environnementales favorables:  $T^a$ , pH, absence de matières toxiques et disponibilité de nutriments.*

Pour les procédés AD, la stabilité de la température est très importante et la temps de rétention en dépend.

ETAPE THERMIQUE	PROCEDE T <sup>a</sup>	Temps de rétention
psychrophile	<20°C	70 à 80 jours
mésophile	30 à 42°C	30 à 40 jours
thermophile	43 à 55°C	15 à 20 jours



## AVANTAGES

Production d'une source d'énergie utile sous forme de biogaz, pouvant être utilisé pour la production d'électricité ou l'aération de liqueur mixte.

Réduction de la masse de l'excès de boue et production d'une boue stabilisée avec d'excellentes propriétés rhéologique pour l'élimination de l'eau.

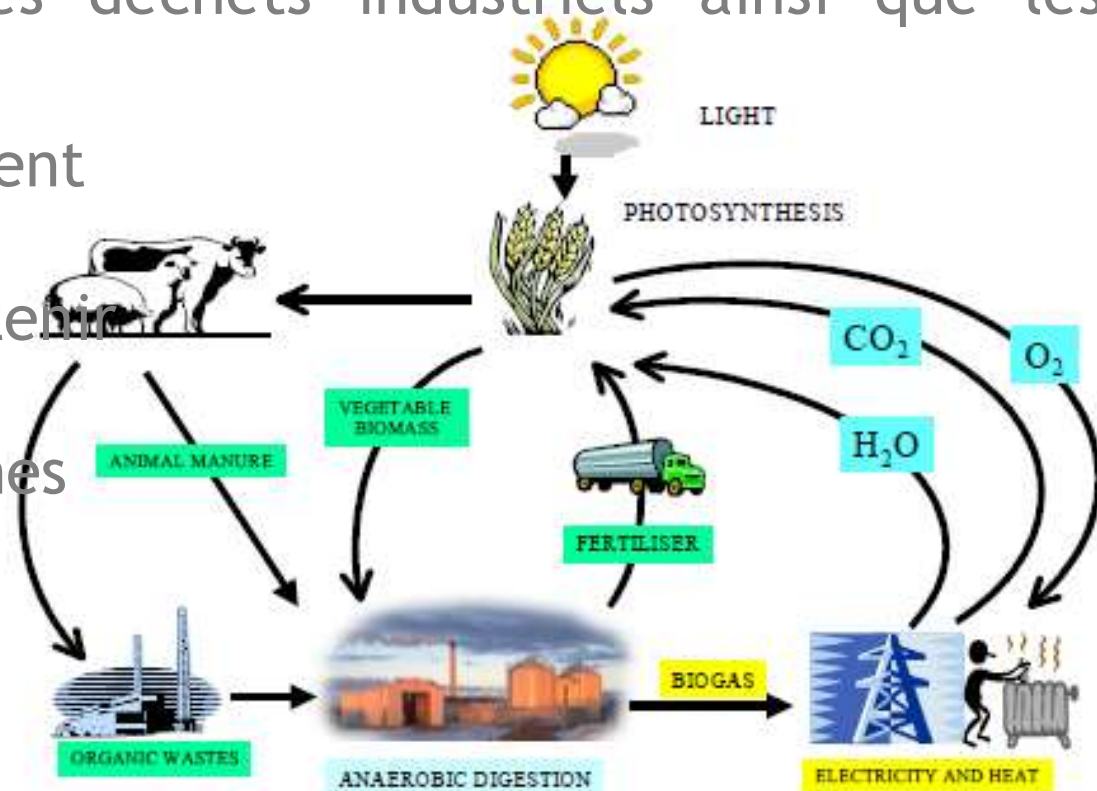
Amélioration substantielle de la qualité hygiénique de la boue digérée à cause de l'élimination efficace de pathogènes.



Le Biogaz est produit durant l'AD des substrats organiques tels que le fumier, la boue d'épuration, les fractions organiques des ordures ménagères et les déchets industriels ainsi que les cultures énergétiques.

Le biogaz est principalement composé de CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>, mais peut également contenir H<sub>2</sub>O, composés de soufre, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, ammoniac, siloxanes et particules.

Sa composition finale dépendra de la composition du substrat digéré.



*Le cycle durable du biogaz de l'AD (Source: AL SEADI 2001)*

		<b>Biogas</b>	<b>Landfill gas</b>	<b>Natural gas (Danish)*</b>
Compounds	Methane (vol-%)	60–70	35–65	89
	Other hydro carbons (vol-%)	0	0	9.4
	Hydrogen (vol-%)	0	0-3	0
	Carbon dioxide (vol-%)	30–40	15–50	0.67
	Nitrogen (vol-%)	~0.2	5–40	0.28
	Oxygen (vol-%)	0	0-5	0
	Hydrogen sulphide (ppm)	0–4000	0–100	2.9
	Ammonia (ppm)	~100	~5	0
Lower heating value (kWh/Nm <sup>3</sup> )		6.5	4.4	11.0

*Source:* Technologies du Biogaz - développements et innovations. IEA Bioenergy.

## PRINCIPAUX POLLUANTS

### Composés de soufre (H<sub>2</sub>S)



*Colonne de charbon*

Désulfuration pour prévenir la corrosion et éviter les concentrations H<sub>2</sub>S toxiques. Lorsque le biogaz brûle du SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> émis ce qui est encore plus toxique que le H<sub>2</sub>S. L'acide sulfureux formé (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) est très corrosif.

Le H<sub>2</sub>S peut être éliminé par précipitation, adsorption sur le charbon actif, absorption chimique ou traitement biologique.

### Eau (H<sub>2</sub>O)

En sortant du digesteur, le biogaz est saturé en vapeur d'eau, qui peut se condenser dans les conduites de gaz et causer de la corrosion.

L'H<sub>2</sub>O peut être éliminée par refroidissement, compression, absorption ou adsorption.



*Échangeur thermique*

## Siloxanes

Les siloxanes sont des composés utilisés dans des produits comme les déodorants et les shampoings. Lorsque les siloxanes brûlent, de l'oxyde de silicium se forme ce qui peut créer des problèmes aux moteurs à gaz.

Les siloxanes peuvent être éliminées en refroidissant le gaz, par adsorption sur le charbon (après utilisation), aluminium activé ou silicagel, ou par absorption dans des mélanges liquides d'hydrocarbonés.



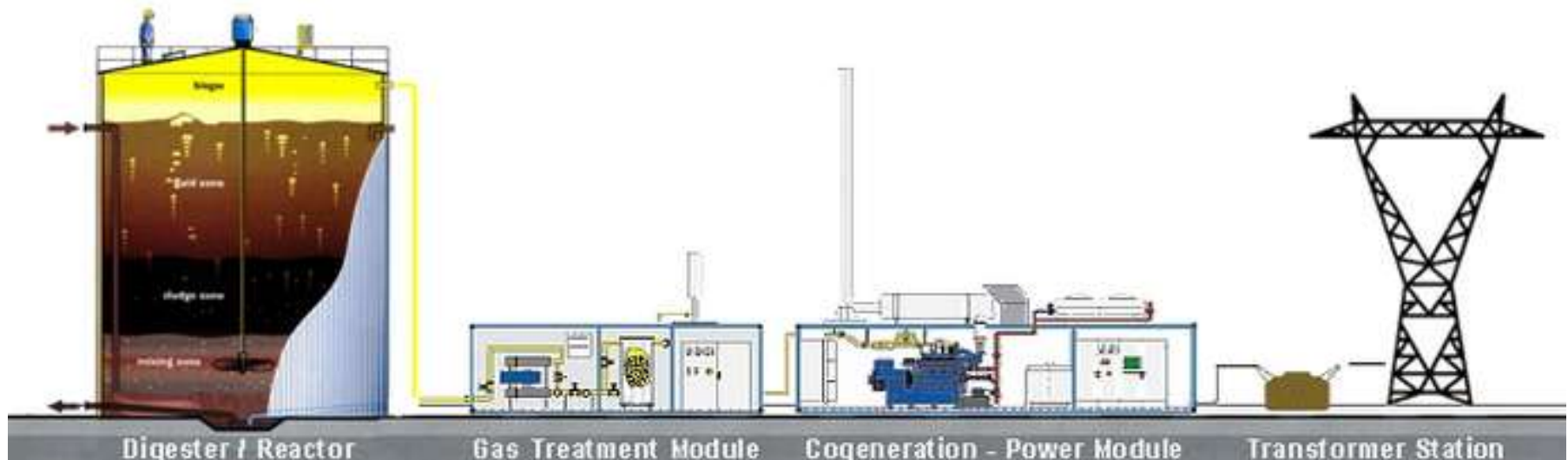
- Torche
- Énergie thermique: chaudières
- Cogénération
- Trigénération
- Mise à jour
  - Carburant
  - Injection dans le réseau
- Réformage
  - Gaz de synthèse
  - Cellules à combustible



## Moteurs CHP

L'utilisation de biogaz dans les moteurs à combustion interne est une technologie bien établie et très fiable.

Moteur



## Mise à jour: carburant automobile

L'utilisation du biogaz en tant que carburant automobile utilise le même moteur et configuration du véhicule que le gaz naturel.

Les exigences en qualité de gaz sont strictes, le biogaz brut doit être revalorisé en:

- une valeur calorifique supérieure pour réaliser de plus grandes distances,
- dispose d'un gaz de qualité régulière/constante pour une conduite sûre,
- évite la corrosion due aux hauts niveaux de H<sub>2</sub>S, d'ammoniac et H<sub>2</sub>O, et la formation de glace due à l'eau
- élimine mécaniquement les particules endommagées,
- dispose d'une qualité déclarée et sûre.

## Fuel stations in Sweden

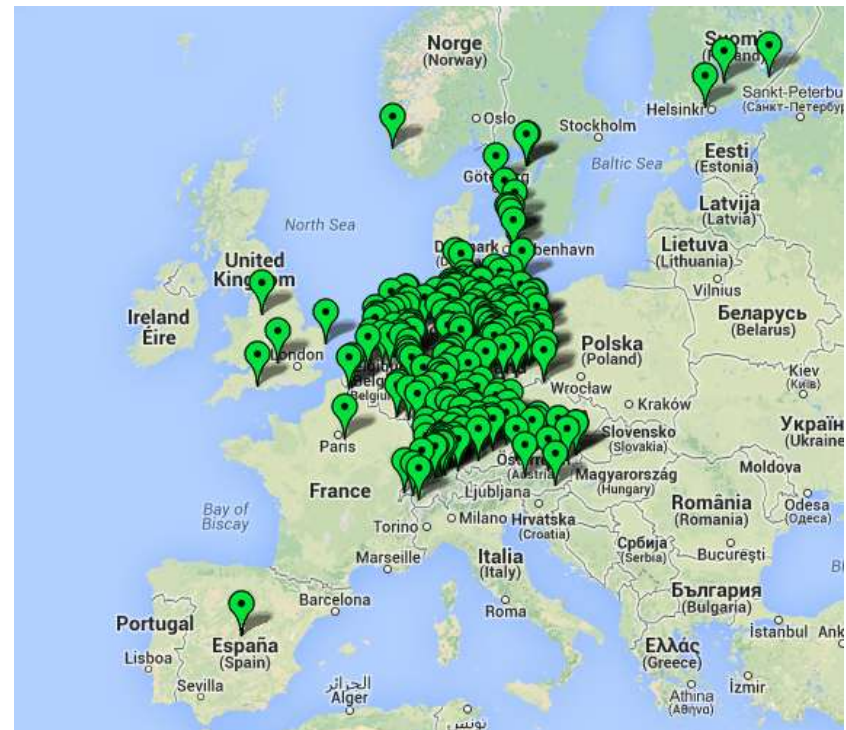


## Mise à jour: Injection dans le réseau

Le biogaz peut être injecté et distribué à travers le gaz naturel puisque le biogaz est constitué principalement de CH<sub>4</sub>. De cette façon, la sécurité locale de l'approvisionnement est améliorée.

Les pays comme la Suède, la Suisse, l'Allemagne et la France ont un standard pour l'injection des biogaz lequel a été mis en place pour éviter la contamination du gaz ou utilisation finale:

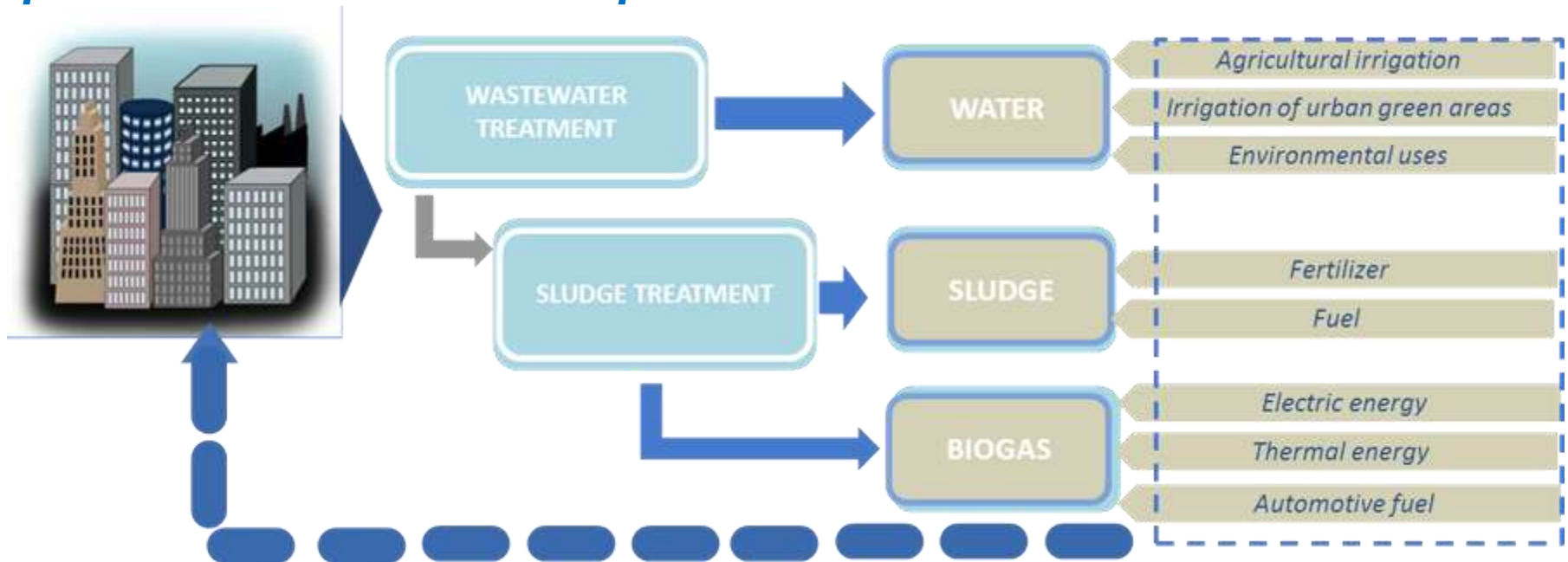
- Demandes en indice de Wobbe, pour éviter l'influence sur les mesures de gaz et l'utilisation finale.
- Limites de certains composants (soufre, oxygène, particules et point de rosée de l'eau).



Projets d'injection de biogaz prévu et mise en œuvre en Europe  
(Source: [www.biogaspartner.de](http://www.biogaspartner.de), 2013)



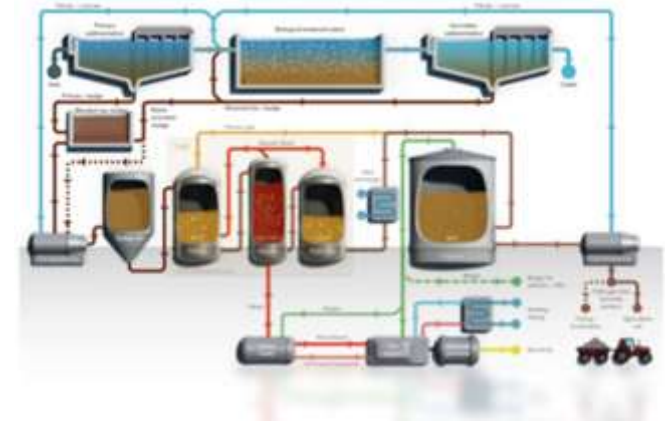
*La nouvelle approche de gestion des STEPS cherche à être un système de récupération des ressources plutôt que de simples installations pour prévenir l'émanation de polluants dans l'atmosphère*



## MÉTHODES POUR AUGMENTER LA PRODUCTION DE BIOGAZ

### Traitement mécanique

La boue est traitée mécaniquement par différents équipements de désintégration tels que les moulins et homogénéisateurs à haute pression. Effets: moins de problème d'écumage, dégradation accrue et production de biogaz (10%).



### Traitement thermique

La boue peut être prétraitée de façon thermique par: (1) Pasteurisation,  $T^a > 100^{\circ}\text{C}$  ou (2) hydrolyse thermique,  $T^a > 200^{\circ}\text{C}$  (méthode CAMBI).

Résultats: moins de problèmes d'écumage, réduction de production de boue, augmentation de la production de gaz, assèchement de la boue amélioré et, grâce à un traitement à haute  $T^a$ , la boue est hygiénisée.

## Hydrolyse chimique

L'hydrolyse chimique vise à détruire les parois cellulaires de la bactérie et ainsi relâcher le contenu de la cellule.

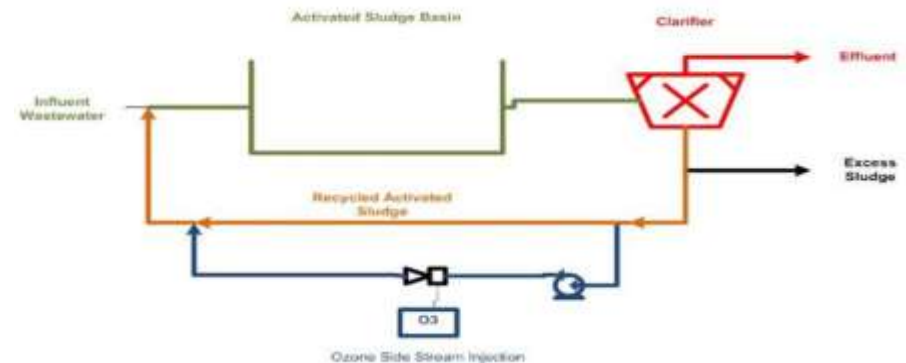
Les chimiques peuvent être de l'acide fort, une base ou un agent oxydant. Les composés chimiques communs:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  et une variété d'acides

## Hydrolyse thermochimique

L'hydrolyse thermochimique est une combinaison de la méthode chimique ci-dessus avec la chaleur, menant à une dégradation plus rapide et plus complète des cellules de la bactérie.

## Traitement à l'ozone

Le traitement à l'ozone de la boue conduit à l'augmentation de la partie du COD dissous dans la boue et par conséquent devient disponible pour la digestion.

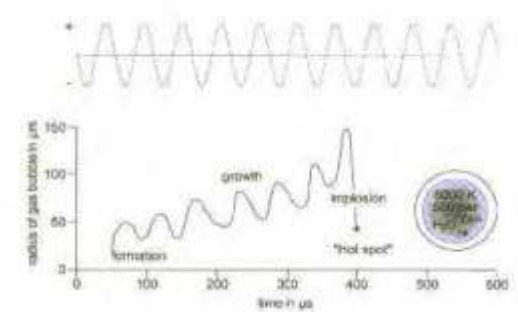


## Traitement ultrasons

Lorsque les ultrasons sont utilisés dans des liquides, de petites bulles de gaz se forment dans le liquide (cavitation).

Dans la cavitation, la  $T^a$  et P augmentent approximativement à 5 000 K et 500 bars.

Les effets de ce traitement sont: réduction de la mousse, amélioration de la dégradation de la matière organique, moins de boue digérée, plus de biogaz et déshydratation de la boue digérée.



## Traitement avec impulsions électriques

Le traitement avec impulsions électriques, électroporation, comprend la formation de pores dans les membranes de la cellule grâce à de faibles impulsions électriques.

Cela mène à la réduction de la matière organique et donc à une production augmentée de biogaz.

## Ajout d'enzymes

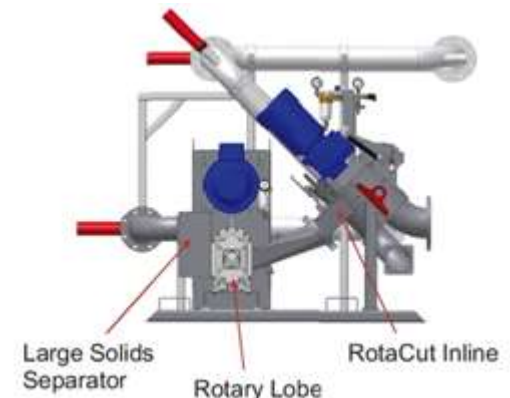
Il y a des enzymes naturels de différents types dans la boue, mais l'ajout d'une enzyme supplémentaire dans le procédé a la capacité à augmenter le taux de dégradation.

Pour les graisses, une enzyme telle que la lipase est nécessaire; pour les protéines, l'enzyme protéase, et pour la cellulose, la cellulase.

## Hydrolyse par désintégration électrocinétique

Les forces électrocinétiques sont créées par un courant AC élevé. Le substrat est alors pompé le long des sondes après désintégration mécanique des morceaux solides des matières biologiques pour une plus grande efficacité.

Les forces déformeront et perceront les membranes de cellules et les bactéries sont stimulées électrostatiquement au même moment, produisant ainsi plus de gaz.



## Codigestion

La codigestion est la digestion simultanée d'un mélange homogène de deux substrats ou plus.

L'utilisation de cosubstrats améliore généralement les rendements en biogaz des AD grâce aux synergies positives créées par digestion et l'approvisionnement en nutriments absents par les cosubstrats.

Les substrats ordinaires sont: Les sous-produits de l'industrie alimentaire, les lixiviats de décharge, les résidus agricoles du secteur secondaire, le fumier animal, les déchets organiques urbains,...



## **Codigestion: Avantages**

- Permet d'obtenir ou augmenter la production d'énergie renouvelable (biogaz).
- Profiter de la composition complémentaire des déchets pour rendre les procédés plus efficaces.
- Permet le partage des installations de traitements, la réduction du capital et des frais de fonctionnement, en améliorant l'utilisation des installations trop grandes.

## **Codigestion: Inconvénients**

- Besoin de prétraiter le nouveau substrat.
- Perturbation de l'AD à cause des pointes de charge ou de la présence de toxiques.
- Problème dans la conduite d'eau causé par le retour de différents types de polluants.

Kalogo, Y. & Monteith, H. (2008). State of Science Report: Energy and Resources Recovery from Sludge, Global Water Research Coalition.

Llaneza, H. & Morís, M.A. & González, L. & González, E. (2010) Estudio de viabilidad de sistemas de purificación y aprovechamiento de biogás, PSE probiogas, [www.probiogas.es](http://www.probiogas.es)

Technologies du Biogaz - développements et innovations, [http://www.iea-biogas.net/\\_download/publi-task37/upgrading\\_rz\\_low\\_final.pdf](http://www.iea-biogas.net/_download/publi-task37/upgrading_rz_low_final.pdf)

Biogas upgrading and utilisation, [http://www.iea-biogas.net/\\_download/publi-task37/Biogas%20upgrading.pdf](http://www.iea-biogas.net/_download/publi-task37/Biogas%20upgrading.pdf)

Biogas Upgrading to Vehicle Fuel Standards and Grid Injection, [http://biogasmax.eu/media/1\\_biogas\\_upgrading\\_075624200\\_1207\\_19042007.pdf](http://biogasmax.eu/media/1_biogas_upgrading_075624200_1207_19042007.pdf)

Increased biogas production at the Henriksdal Wastewater Treatment Plant (WWTP), [http://www.biogasmax.eu/media/d2\\_15\\_biogasmax\\_svab\\_v2\\_20100518final\\_078478600\\_0944\\_26012011.pdf](http://www.biogasmax.eu/media/d2_15_biogasmax_svab_v2_20100518final_078478600_0944_26012011.pdf)



مع خالص شكري  
وامتناني

Thank you  
for your attention

Merci pour  
votre attention



*Pour des informations ultérieures veuillez contacter:  
Mécanisme d Soutien a la Gestion Intégrée Durable de l'Eau sur:  
[info@swim-sm.eu](mailto:info@swim-sm.eu) ou consultez [www.swim-sm.eu](http://www.swim-sm.eu)*