

Journée technique GRESE  
YVERDON, le 23 septembre 2004

# LA DIGESTION ANAEROBIE DES BOUES D'EPURATION

par

Jean Paul CHABRIER

Ingénieur Consultant en traitement et séchage thermique  
des boues



# Programme de la journée

1. **Présentation de la digestion anaérobie des boues**
2. **Les technologies**
3. **Les paramètres de bon fonctionnement**
4. **L'exploitation et le contrôle**
5. **Les indicateurs et les analyses**
6. **Liste des différentes opérations à effectuer**
7. **L'utilisation du biogaz**
8. **Quelques données économiques**
9. **Conclusion**



# 1 - LA DIGESTION ANAEROBIE *GENERALITES*



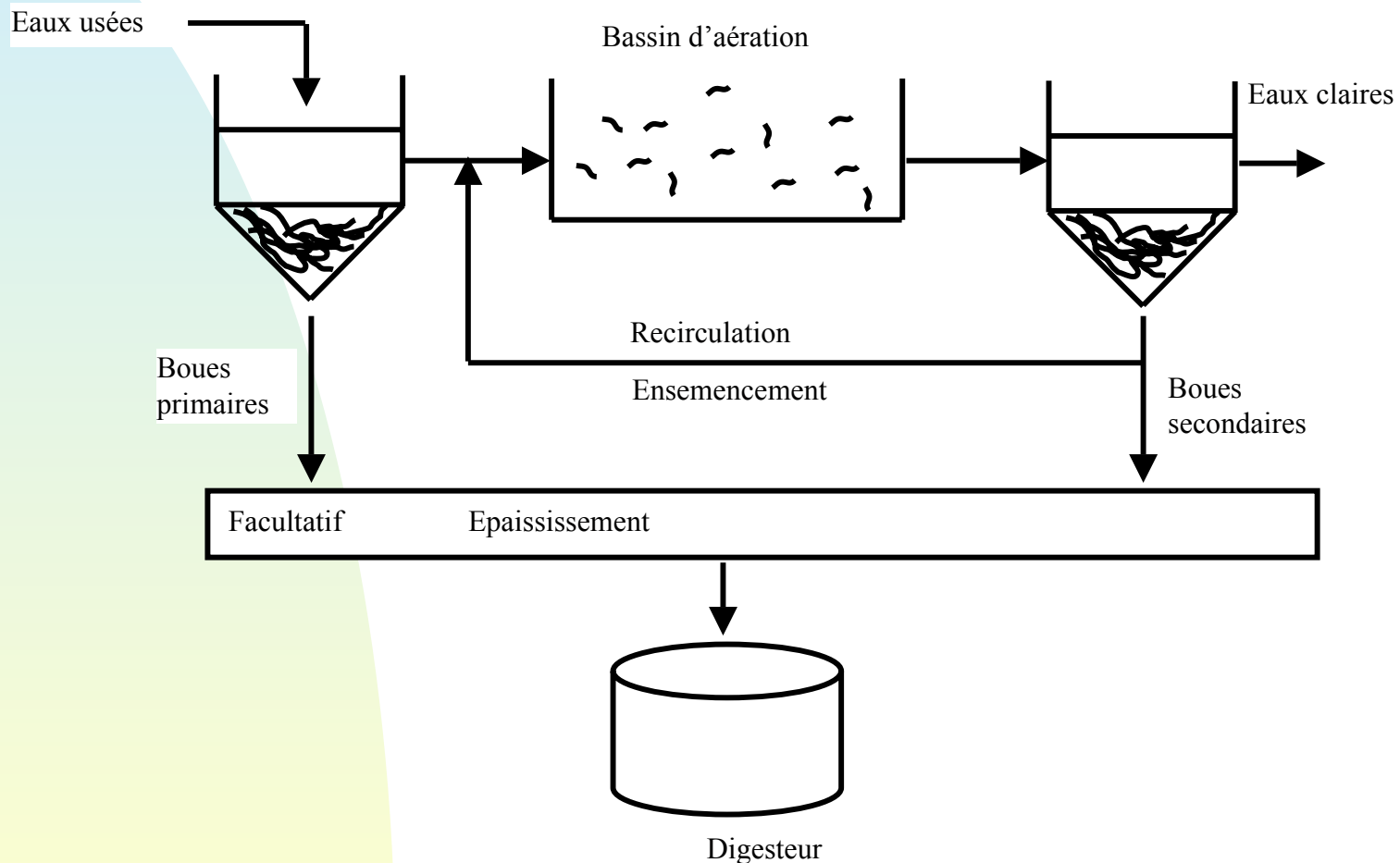
# Panorama du procédé

- Procédé très ancien : ville EXETER (UK) en 1895
- Stabilisation poussée de la matière organique
- 967 STEP : 762 pratiquent la digestion et 294 produisent de l'électricité - principale source de biogaz
- Recourir à l'énergie renouvelable (biogaz) : ordonnance sur l'énergie du 01/01/1999 – programme suisse Energie 2001 – 2010
- Diminution de la quantité de boues à éliminer : cadre de l'interdiction d'épandage au 01/10/2005

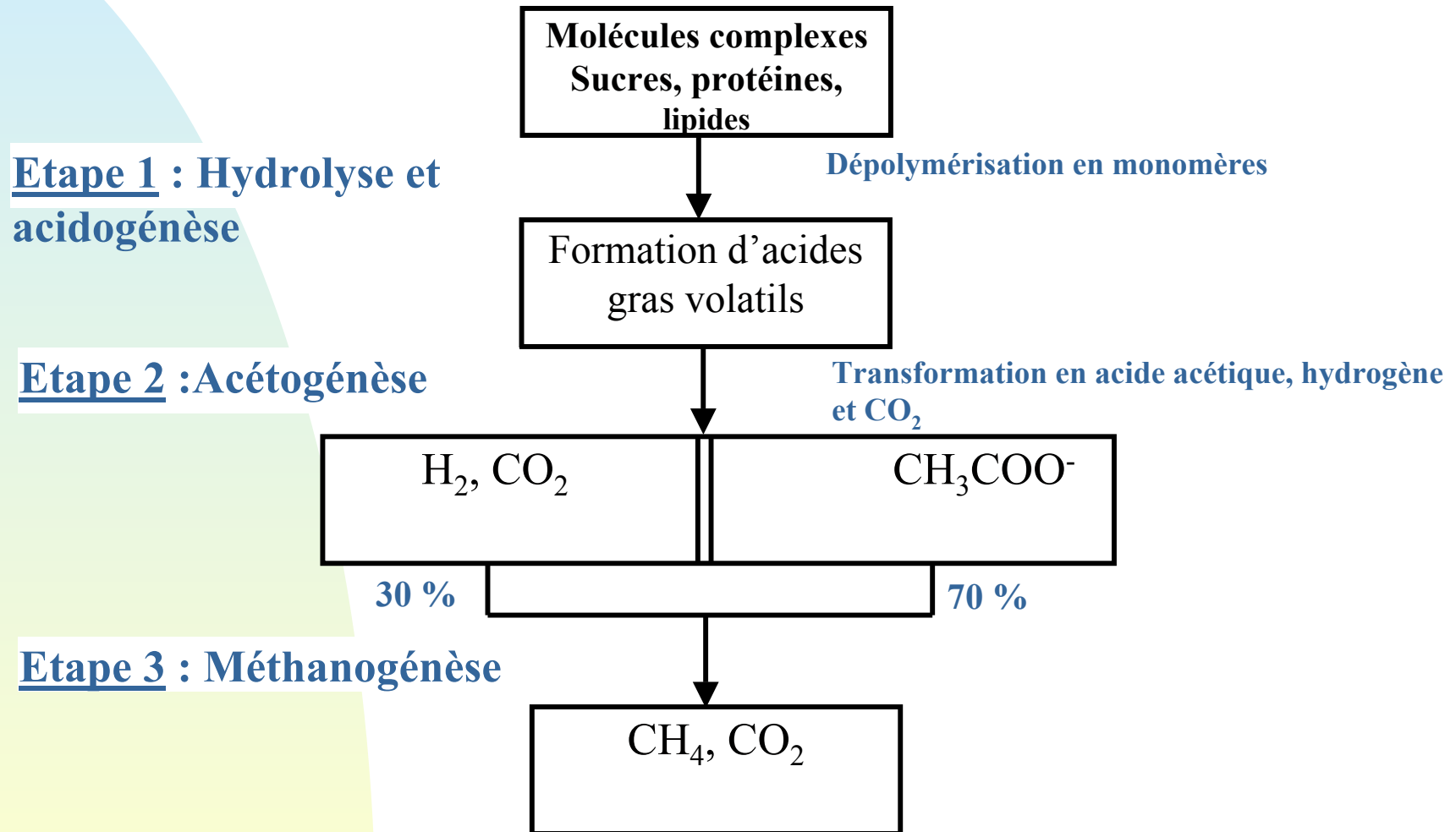


# Place dans la chaîne de traitement des boues

- Premier maillon du traitement, après décantation, voire épaissement



# Mécanismes réactionnels



# Quels types de boues digérées ?

- **Evaluation de la « digestibilité » ou fermentescibilité des boues**
  - Boues de décantation primaire : plus justifié
  - Boues en excès biologiques : dépend de la charge massique de la STEP :  $FC > f_c$
  - Boues mixtes
- **Boues concentrées préalablement par épaissement dynamique, flottation, centrifugation**
- **Autres résidus à digérer : graisses (sous conditions), sang et en co-digestion : lisiers, déchets organiques...**



# Quel type de digestion anaérobie ?

## ➤ 2 types principaux :

- La digestion anaérobie mésophile :  
température de 33 à 35°C
- La digestion anaérobie thermophile :  
température > 50°C

Remarque : la digestion aérobie thermophile peut être implantée avant une digestion anaérobie thermophile





# Les atouts de la digestion

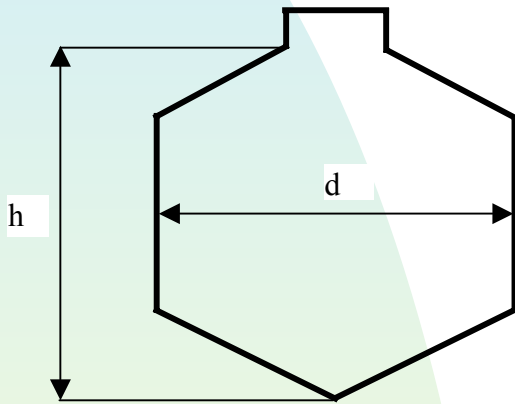
- Réduction de la masse (matières sèches) des boues à éliminer : de 35 à 40 % MS – 40 à 50 % MV
- Stabilisation de la matière organique :
  - Boues moins malodorantes que les boues fraîches
  - Amélioration des conditions de travail
  - Réduction des nuisances
- Production d'énergie valorisable : biogaz
- Diminution de la concentration en germes pathogènes (10 à 100 fois inférieure) : technique d'hygiénisation
- Réduction des risques de toxicité : ETM (blocage) et CTO (dégradation)



## 2 - LES TECHNOLOGIES

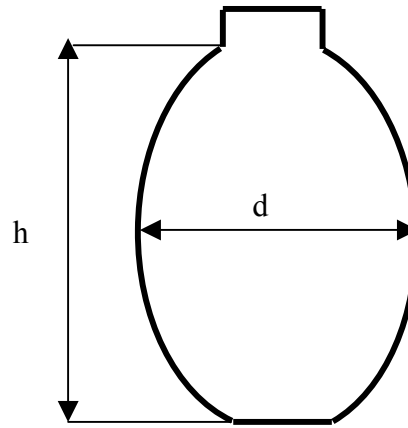


# Forme des digesteurs



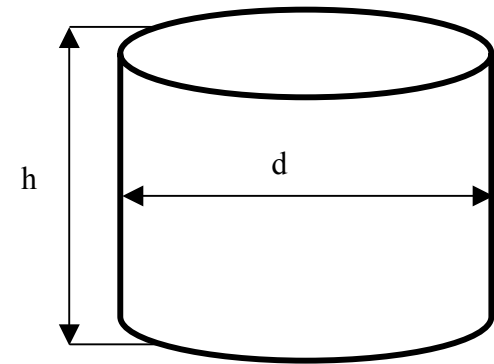
$$h/d = 1$$

Type commun  
continental (France,  
Suisse)



$$H > d \cong 2$$

Ovoïde ou  
citron  
(Allemagne)



$$d > h$$

cylindrique  
(UK,  
Scandinavie)

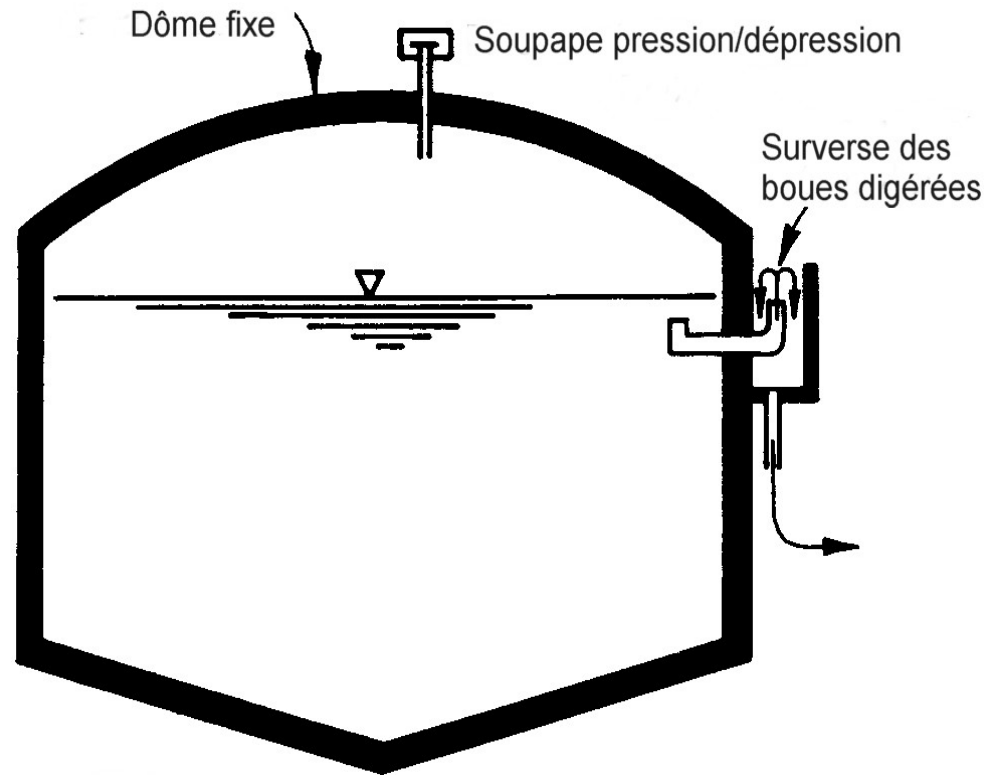
# Digestion à simple ou double étages

- **À simple étage** : un digesteur chauffé et brassé
- **À double étage** : chaîne de digestion composée de :
  - ✓ Digesteur primaire chauffé et brassé
  - ✓ Digesteur secondaire non chauffé et brassé séquentiellement ayant comme rôle de :
    - Stocker les boues avant déshydratation
    - Supporter la cloche gazométrique
    - Achever le dégazage des boues



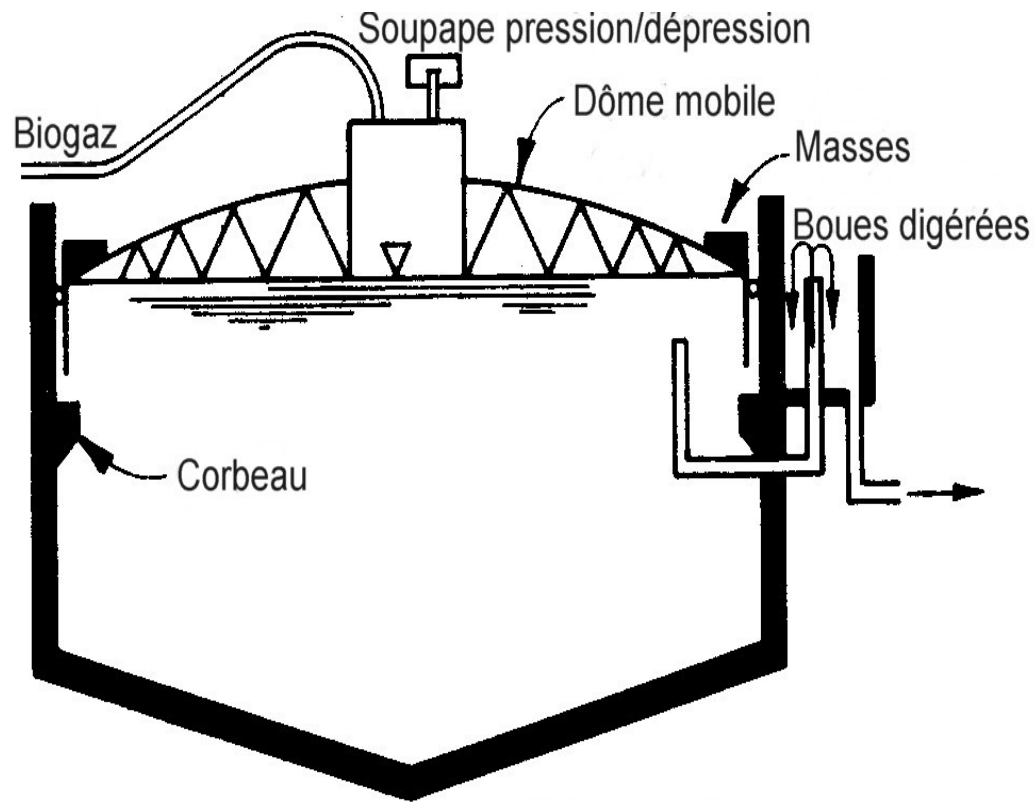
# Digester à dôme fixe

- Dôme bombé en BA : résistance à la pression
- Etanchéité vis à vis du gaz : protection



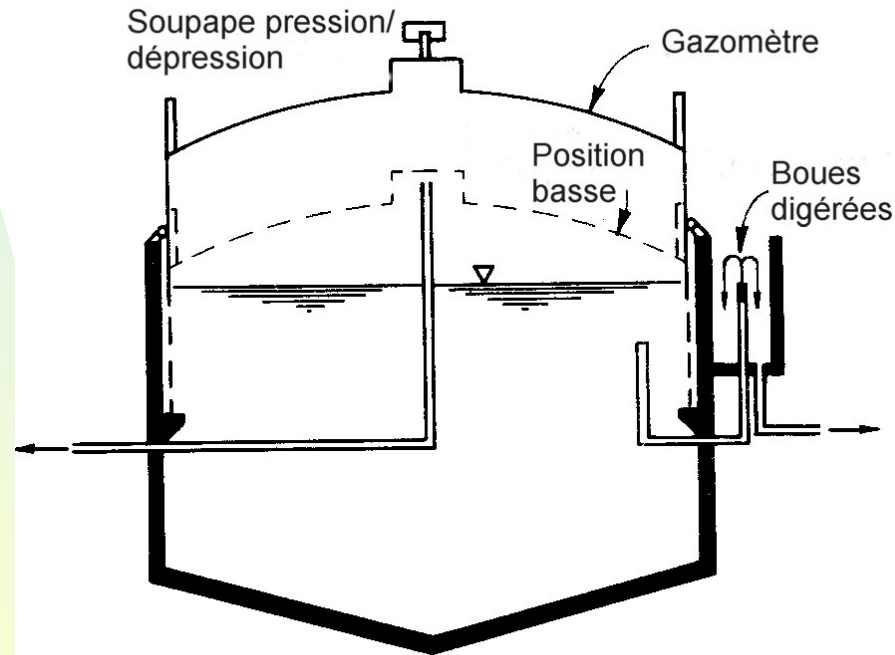
# Digesteur à dôme mobile

- Dôme métallique se déplace sur l'axe vertical
- Difficultés rencontrées par période de froid (blocage)

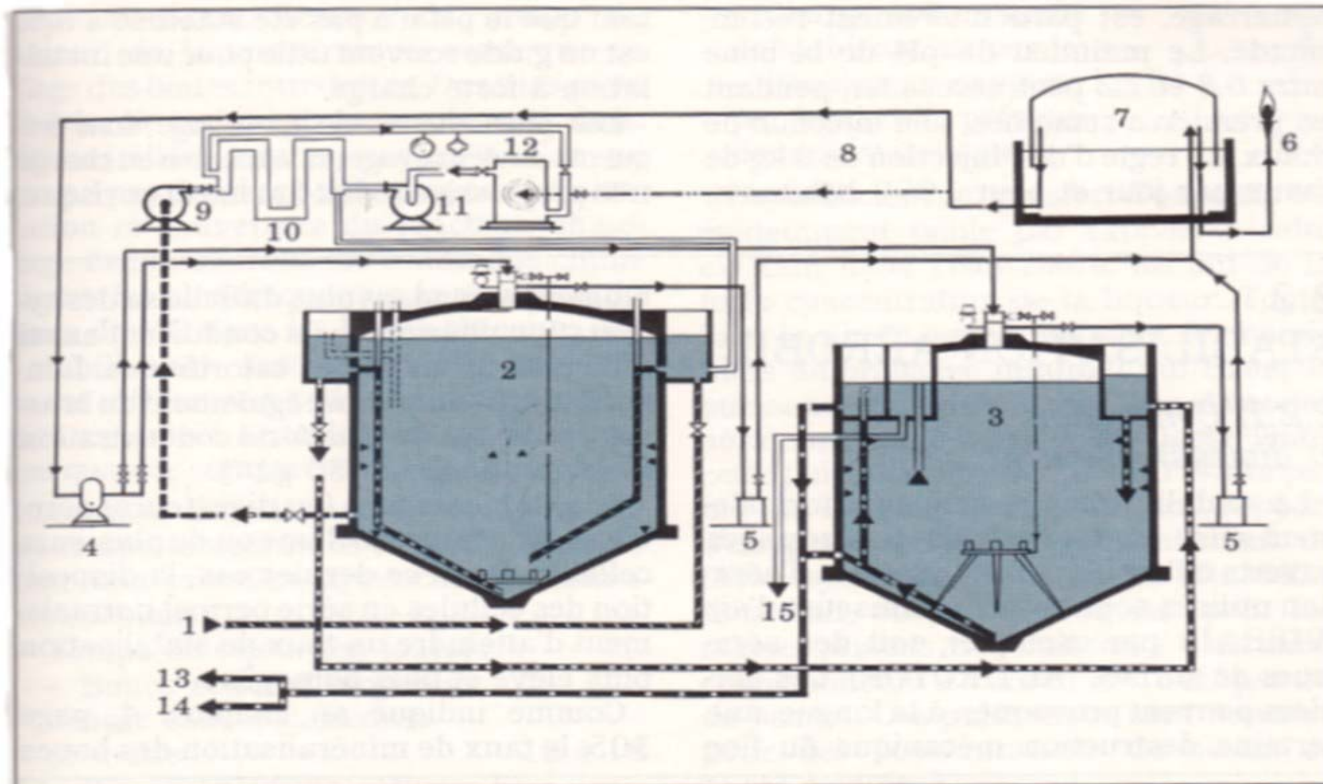


# Digesteur à cloche gazométrique

- Double fonctionnalité : digesteur et stockage biogaz
- Utilisé quelquefois uniquement pour le stockage du biogaz
- Niveau d'eau ajustable : augmentation capacité stockage biogaz



# Les équipements annexes de digestion



1 - Arrivée des boues fraîches.  
 2 - Digesteur primaire.  
 3 - Digesteur secondaire.  
 4 - Compresseur de gaz.  
 5 - Pots de purge.  
 6 - Torchère.  
 7 - Gazomètre.

8 - Vers la chaufferie et les surpresseurs.  
 9 - Pompe de circulation des boues.  
 10 - Échangeur de chaleur.  
 11 - Pompe à eau chaude.  
 12 - Chaudière.  
 13 - Vers le traitement terminal.  
 14 - Vers le lagunage.  
 15 - Surnageant éventuel.



# L'amenée des boues fraîches

- **Pompes volumétriques à débit variable**
- **Régularité de débit**
- **Pompage de boues à des concentrations en matières sèches élevées : 5 à 8 %**
- **Débitmètre placé sur la conduite : fonction totalisateur**
- **Préleveur de boues épaissies asservi au débit des boues : échantillonnage env. 5 litres / journée de 24 h**
- **Déversement en vasque (observation qualité des boues)**



# Modes de chauffage des digesteurs

- **Plus courant : chauffage par échangeur de chaleur placé à l'extérieur du digesteur (local chaufferie)**
  - Échangeur eau chaude/boue de type tubulaire à vitesse élevée de passage : eau env. 2 m/s – boue env. 1 à 1,5 m/s
  - Echangeur de type spirale
  - Préchauffage possible des boues fraîches à digérer par les boues digérées.



# Autres modes de chauffage des digesteurs

- **Echangeurs internes de chaleur**
  - ✓ placés à l'intérieur du digesteurs dans une enceinte spéciale
  - ✓ placés autour d'une cheminée d'aspiration
- **Brûleurs immergés**
- **Injection de vapeur**
  - **Conséquence dilution des boues**

**Toutes ces modes de chauffage sont moins sécuritaires et moins fiables que le chauffage par échangeurs extérieurs.**



# Le brassage des digesteurs

- Principalement par injection de biogaz en pied de digesteurs (shearffusers, helixors)
- Technique appelé aussi bullage de gaz
- Biogaz extrait du gazomètre est comprimé par compresseur rotatif à palette (2 à 3 bars)
- Injecté par des canalisations au pied de chaque distributeur (contrôle par des indicateurs à boules)
- Le but est de créer un spiral flow dans la masse
- Débit minimum en biogaz:  $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- Peut être complété par une recirculation par pompe centrifuge placée à l'extérieur du digesteur



# Transport du gaz - Canalisations

- Canalisations PEHD – résistance à la corrosion pour le biogaz
- Autre matériau : acier INOX 1.4404 (316L)
- À l'origine des constructions, choix de la fonte pour les canalisations placées à l'intérieur du digesteur
- Précautions d'installation : manchettes de liaison en fonte traversante des voiles BA
- Déshumidification partielle par la mise en place de pot de purge (risque de condensation et de blocage dans les points bas).



# Sécurité

- **Sécurité principale : soupape pression/dépression placée au sommet du dôme du digesteur**
  - maintenir une pression inférieure à celle supportée par la coupole (généralement 10 à 20 g/cm<sup>2</sup>)
  - permettre une entrée d'air en cas de dépression brutale sous la coupole – conception du réseau et de l'utilisation du biogaz
- **Rôle secondaire de pare-flamme, en cas de déclenchement d'une combustion**
- **Détecteur de biogaz en galerie et d'H<sub>2</sub>S.**



# Principales mesures à enregistrer

- **Débit et totalisation des boues à traiter**
- **Débit et totalisation du biogaz (by pass nécessaire pour maintenance)**
- **Niveau liquide et présence de mousses ou écumes.**
- **Température des boues**



# 3 - LES PARAMETRES DE BON FONCTIONNEMENT DE LA DIGESTION





# L'épaississement avant digestion

- **Objectif : produire des boues suffisamment concentrées :**
  - Moyenne : 40 à 50 g/l
  - Optimum : 55 à 65 g/l
- **Mélange BP + BS se situe dans cette fourchette**
- **4 solutions d'épaississement**
  - Décantation / Epaississement dynamique / Epaississeurs
  - Drainage\* / Tambour, grille / 2 000 à 20 000 EH
  - Flottation/ flottateur direct ou indirect / 40 000 EH
  - Centrifugation\* / Centrifugeuse / 20 à 100 000 EH

\* Utilisation de polymère nécessaire



# Le temps de réaction

- TRH = temps de rétention hydraulique
- TRH = volume digestion / volume des boues à traiter journallement.
- **20 < TRH < 30 j** minimum : 14 jours
- TRH diminue lorsque la concentration des boues diminue
- TRM = temps de rétention massique
- TRM = masse boue / concentration boue entrante
- réensemencement par les boues digérées sortantes (cas d'une digestion à double étages).



# La température

- **Digestion naturelle : 15 – 20°C**
- **Digestion mésophile : 33 à 37°C – moyenne 35°C**
- **Digestion thermophile : env. 55°C**
- **Influence la production de gaz**
- **L'abattement des MV augmente avec la digestion thermophile**



# La charge organique

- Exprimée en kg MV/m<sup>3</sup>/j
- Valeur moyenne observée : 1,5 ± 0,5 kg MV/m<sup>3</sup>/j
- Valeur maximum : 2,2 kg MV/m<sup>3</sup>/j
- Calcul de la charge en MV

**Charge en MV = (concentration x % MV x m<sup>3</sup>/j)/volume digesteur**

- 1 000 m<sup>3</sup> digestion = 2 000 kg MV soit env. 3 000 kg MS



# 4 - EXPLOITATION ET CONTRÔLE DE LA DIGESTION



# Les questions à se poser

- **Quels indicateurs dispose-t-on pour gérer la digestion ?**
- Diminution de la production de biogaz et augmentation du pourcentage de CO<sub>2</sub>
  - Augmentation du rapport AGV/TAC
  - Diminution du pH (0,1 à 0,2 unités)
  - Diminution de la teneur en MV des boues digérées
  - Difficulté de décantation : augmentation en MS dans le supernatant
  - Mauvaise déshydratation : collage sur les toiles de filtration
  - Les boues deviennent malodorantes : odeurs



# Les questions à se poser

## ➤ Comment dois t'on alimenter le digesteur ?

- Vérifier la compatibilité du TRH et de la charge en MV
- Maintenir la concentration des boues fraîches la plus élevée possible ( $\geq 33\text{g/l}$ )
- Meilleure alimentation : continuer à un débit le plus faible possible 24 h/24
- Alimentation discontinue : grand nombre de séquences de courtes périodes – 30 minutes toutes les heures
- Mauvaise alimentation : 1 x/jour à un débit élevé



# Les questions à se poser

## ➤ **Comment contrôler la charge organique ?**

- Détermination de la teneur en MV des boues : quelles variations (échantillons ponctuels fréquents ou moyens)
- Détermination de la capacité utile de digestion : y a-t-il ensablement ? Comment l'évaluer ?
- Excès de charge hydraulique diminution de la concentration en bactéries méthanogènes
- Détermination des variations de concentrations des boues selon l'origine et les conditions de mélange des boues (primaires, en excès, mixtes)
- Contrôle de l'efficacité du dessableur (pouvoir de coupure)





# Les questions à se poser

- **Comment contrôler la température de digestion ?**
  - Objectif : maintenir une température constante
  - S'assurer que la température est constante dans le digesteur – pas de passage préférentiel
  - Contrôler les boues en entrée d'échangeur, lors de l'extraction (surface, fond) que les températures sont équivalentes
  - Faire attention lors du chauffage
  - Vérifier plus fréquemment en période de froid (variation maximum  $0,5^{\circ}\text{C}/\text{jour}$ ) – conséquence sur la microbiologie des boues



# Contrôle des conditions de brassage

- **But : maintenir l'activité bactérienne dans toutes les zones du digesteur et diminuer les risques de sédimentation et de formation d'un chapeau**
- **Le brassage dépend :**
  - de la forme du digesteur
  - des techniques utilisées
- **Problème fréquent rencontré avec l'insufflation de biogaz : la formation d'écume – gestion par la diminution du niveau hydraulique dans le digesteur**



# Contrôle de la qualité du supernatant

- Crée de nombreux problèmes dans le process biologique de la STEP, à cause d'une concentration élevée en MeS ( $> 5 - 7,5$  g/l)
- Conditions opératoires à adapter pour les installations qui permettent ce mode de fonctionnement (2e étage de digestion) – arrêt brassage dans le second digesteur – conséquences
- Sélection du point de soutirage : vanne télescopique
- Méthode curative : addition de polymère en sortie de digestion avant épaissement



# Consignes standard d'exploitation

- **Contrôle des indicateurs de bon fonctionnement (cf slide 30)**
- **Importance des échantillons prélevés : points de prélèvement, nature des échantillons**
- **Autres tests et fréquence :**
  - **Aspect visuel de la combustion du gaz :**
    - *flamme jaune, bleue à la base* = normal
    - *couleur bleue prépondérante* = essais CO<sub>2</sub>
    - *flamme orange* = teneur en H<sub>2</sub>S élevée
  - **Présence de sables : évaluation par un lavage des boues**
  - **Prélèvement si envisageable dans le digesteur : profil du risque de sédimentation**



# 5 – LES INDICATEURS ET ANALYSES AU LABORATOIRE

## Détermination de l'alcalinité des boues / Mesure du TAC

- Sur le surnageant après centrifugation
- Dosage acido/basique :  $\text{H}_2\text{SO}_4 - 0,1 \text{ N}$
- Echantillon  $V = 100 \text{ ml}$
- pHmètre
- Addition d'acide jusqu'à  $\text{pH} = 4,5$
- **$\text{TAC} (\text{CaCO}_3) = \text{Vol } \text{H}_2\text{SO}_4 \times 0,1 \times 50\,000 / 100$**



# Détermination des AGV

- Continuer l'addition d'acide sulfurique sur l'échantillon précédent jusqu'au pH 3,5 - 3,3
- Porter à ébullition l'échantillon pendant 3 min.
- Addition de soude 0,05 N jusqu'à pH 4.00 : noter V1 ml, puis jusqu'au pH 7 : noter V2 ml
- Résultat  $R$  ( $\text{CaCO}_3$ ) =  $(V2 - V1) \times 0,05 \times 50\,000 / 100$
- Si résultat est  $> 180 \text{ mg/l}$ ,  $\text{AGV} = R \times 1,5$   
 $< 180 \text{ mg/l}$   $\text{AGV} = R$
- Evaluer le rapport AGV/TAC : il doit être inférieur à 0,05



# Analyse du gaz

- Méthode par l'appareil d'orsat
- Méthode par l'absorption de  $\text{CO}_2$  (peu pratique)
- Autre méthode calorimétrique
- Résultat exprimé en pourcentage :

65 %  $\text{CH}_4$  – 35 %  $\text{CO}_2$





# Taux de réduction en MV

- Masse des MV dans les boues à traiter et les boues digérées
- $$TR\ MV = 1 - \frac{m1 (100 - m2)}{m2 (100 - m1)} \quad \%$$

$m1 = \% MV$  boues à traiter  
 $m2 = \% MV$  boues digérées
- Bilan MV entrée – bilan MV sortie
- Masse biogaz = matières sèches entrée – matières sèches sortie



## Matières décantables / Concentration du supernatant

- **Prélever le supernatant (digesteur secondaire)**
- **Remplir une éprouvette de 100 ml**
- **Laisser sédimenter 1 heure**
- **Relever l'indication de la décantation (pied d'éprouvette)**
- **Si  $> 5 \%$ , risque de surcharge des décanteurs primaires**



# Aptitude à la filtrabilité

- **Méthode visuelle**

- ✓ basée sur l'adhérence des particules de boues sur une éprouvette et la formation d'interstices remplis d'eau

- **Méthode par filtration sur lit de sable**

- ✓ cône Imhoff de 1 litre rempli à 50 % sable
- ✓ complété avec ½ litre boues digérées
- ✓ filtration pendant 24 heures
- ✓ mesure du volume écoulé

**La bonne filtrabilité est > 100 ml / 24 heures**



# Courbes de suivi des paramètres

**A partir des résultats précédents, tracer les courbes en fonction du temps (base mensuelle) :**

- **Ratio AGV/TAC**
- **Température du digesteur**
- **pH**
- **Teneur en CO<sub>2</sub> du gaz (base annuelle)**
- **Quantité de boues introduites (m<sup>3</sup> et MS)**
- **Quantité de MV détruites**
- **Production de biogaz**



# 6 - Liste des différentes opérations d'exploitation et de maintenance des digesteurs



# Alimentation des boues fraîches

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	Enregistrement du débit journalier des boues fraîches	Journalière
2	Contrôle de la concentration des boues	Journalière
3	Contrôle de la concentration en MV	2 x/semaine
4	Contrôle de la pompe d'alimentation : presse étoupe, variateur, pression aspiration et refoulement	Journalière
5	Mesure du temps de pompage, si séquencement de l'alimentation	journalière



# Alimentation des boues fraîches

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	Enregistrement du débit journalier des boues fraîches	Journalière
2	Contrôle de la concentration des boues	Journalière
3	Contrôle de la concentration en MV	2 x/semaine
4	Contrôle de la pompe d'alimentation : presse étoupe, variateur, pression aspiration et refoulement	Journalière
5	Mesure du temps de pompage, si séquencement de l'alimentation	journalière



# Contrôle du digesteur

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	Contrôle pression gaz sous coupole	Journalière
2		3 x/jour
3	Enregistrement pression gaz coupole vers gazomètre	Journalière
4	Contrôle des indicateurs de passage de gaz (brassage gaz – contrôle des agitateurs de surface)	3 x/jour
5	Contrôle de la soupape – Vérification avec indicateur manométrique	1 x/semaine
6	Contrôle du pare-flamme – nettoyage éventuel	1 x/mois





# Contrôle du digesteur (suite)

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
7	Enregistrement des températures et du compteur totalisateur de biogaz	Journalière
8	Contrôle de l'évacuation de la boue digérée ou du supernatant (vanne télescopique)	Journalière
9	Contrôle du niveau d'écume ou du chapeau au travers du hublot de contrôle – enregistrement éventuel de la hauteur d'écume	Journalière
10	Evacuation des sédiments déposés en fond du digesteur	de 1 x/jour à 1 x/semaine
11	Vidange du digesteur	entre 5 et 8 ans, maxi 10 ans



# Contrôle de l'évacuation des boues digérées

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	<p>Selon principe d'évacuation des boues :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• par surverse permanente : contrôle bon fonctionnement</li> </ul> <p>ou</p>	journalière
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• par séparation du supernatant contrôle de la concentration en MS (<math>&lt; 5</math> g/l)</li> </ul>	À chaque opération
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• par extraction en pied d'ouvrage : contrôle des MS (<math>&lt; 50 - 55</math> g/l), contrôle des MV (env. 50 %)</li> </ul>	À chaque opération



# Equipements : compresseurs, pompes

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	- Contrôle de la lubrification des compresseurs de gaz	Journalière
	- Contrôle de la température, pression	Journalière
	- Contrôle de la tension des courroies	Tous les mois
2	- Contrôle des pompes : presse étoupes, débit, pression	Journalière
	- Contrôle de la tension des courroies	Tous les mois



# Dispositifs de sécurité

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle de la présence des extincteurs</li> <li>- Contrôle et vérification de bon fonctionnement</li> </ul>	<p>1 x/mois</p> <p>1 x/an</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection présence gaz - contrôle de bon fonctionnement</li> <li>- Etalonnage</li> </ul>	<p>1 x/semaine</p> <p>Env. 1 x tous les 2/3 mois</p>



# Maintenance préventive

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
1	Contrôle de l'action du variateur de vitesse boues fraîches	1 x/semaine
2	Contrôle de l'action du variateur de vitesse boues digérées	1 x/semaine
3	Inspection : <ul style="list-style-type: none"><li>• pompe recirculation boues</li><li>• dôme flottant / gazomètre</li><li>• pompe circulation eau chaude</li></ul>	1 x/semaine
4	Contrôle des vannes sur circuits / essais ouverture fermeture – contrôle circuits gaz	1 x/mois



# Maintenance préventive (suite)

ITEM	OPERATIONS	FREQUENCE
5	Nettoyage des grilles de ventilation des moteurs électriques	1 x/mois
6	Inspection des bougies poreuses des compresseurs à gaz – Nettoyage par appareil haute pression à l'eau chaude.	1 x/trimestre
7	Etalonnage des débitmètres : boues, gaz, eau	1 x/an
8	Inspection des compresseurs à palettes	Tous les 6 à 9 mois
9	Vérification des domes /gazomètre et équipements gaz	Tous les ans
10	Inspection des réservoirs à gaz	Tous les 3 ans

# 7 - L'UTILISATION DU BIOGAZ



# Les conditions de stockage et de distribution

- **Gazomètre cloche : structure béton surmontée d'une cloche à virole à déplacement hélicoïdal**
- **Gazomètre à double membrane souple : un compresseur assure la pression constante entre les deux membranes**
- **Gazomètre sous pression : sphères ou cigares 4 à 5 bars effectifs**
- **Distribution par réseau de tuyauteries PEHD équipées de compensateurs de dilatation**

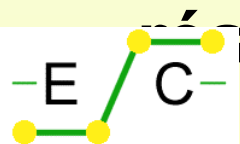




# Les principales utilisations du biogaz

- Alimentation des chaudières : chauffage des digesteurs
- Production de chaleur pour chauffage des locaux
- Séchage thermique des boues, combustible d'apport pour un incinérateur à boues
- Co-génération dans des moteurs à gaz / chaleur électricité
- Alimentation des moto-compresseurs : aération des Bassins d'Aération
- Pile à combustible / gaz carburant / injection

eau Gaz Naturel



# Contraintes de production/stockage/utilisation

- **Difficulté de gérer la production : variation de 20 à 30 % du débit de production**
- **Stockage : coût élevé en investissement / sécurité**
- **Utilisation doit être régulière avec de faibles variations de demande**
- **Une double alimentation est nécessaire : combustible GN ou FOD**



# L'énergie consommée par la digestion

- L'énergie produite représente environ 550 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> par tonne de MV détruite (420 l biogaz/kg MV introduite)
- Le chauffage des digesteurs représente de 20 à 30 % de l'énergie produite
- La consommation en électricité est évaluée en fonction de la teneur en MS dans le digesteur et du temps de rétention hydraulique : 50 à 200 kWh/t Ms



# Bilans énergétiques

- S'effectue sur une tonne de MS

Comparaison entre :

- L'énergie excédentaire de la digestion (soustraction des besoins à la production)
- et
- La diminution des consommations en aval de la digestion comme :
  - ✓ Séchage thermique des boues digérées déshydratées : env. 1 400 kWh énergie gaz

**La bonne équation : digestion anaérobie + séchage thermique.**



# 8 - QUELQUES DONNEES ECONOMIQUES



# L'investissement

- **Variable selon la taille de la STEP : en France, il est actuellement de l'ordre de 1,5 millions d'€/ 100 000 EH (1 800 t MS/an)**
- **Amortissement linéaire sur 20 ans : de 33 à 118 €/ t MS selon la taille de la STEP**
- **Le stockage du gaz impacte le coût global de l'investissement**



# Coûts d'exploitation

- **Puissance électrique : 40 à 60 kW/1 000 m<sup>3</sup> (brassage au gaz)**
- **Consommation d'électricité : 50 à 200 kWh/t MS**
- **Total des coûts d'exploitation y compris surveillance : 20 à 40 €/t MS**
- **Maintenance tous les 8 à 10 ans : très onéreux env. 250 000 € pour un digesteur de 3 000 à 3 500 m<sup>3</sup>**



# Economie engendrée par la digestion des boues

- **Economie globale due à l'abattement en matières sèches : env. 40 % des coûts d'évacuation en moins**
- **Économie sur le dimensionnement des équipements : centrifugeuses, filtres**
- **Economie sur le conditionnement : réactifs, électricité boues déshydratées : 30 à 50 €/t MS initiale**
- **Économie sur l'élimination finale : incinération = 30 à 60 €/t MS ; séchage > 100 €/t MS**





# Facteurs favorables de la digestion

## Plus favorables

- coût élevé d'élimination des boues
- Forte proportion des boues primaires (odeurs)
- STEP moyenne ou grande capacité
- En cas de séchage thermique

## Moyennement favorables

- Contraintes de surface
- En cas de valorisation par épandage agricole
- Pas de traitement de l'azote sur la STEP

## Faiblement favorables

- Traitement chimique du phosphore
- S'il y a co-digestion : graisses, MV



# Facteurs défavorables

- **Faible coût d'évacuation des boues**
- **Boues de STEP d'aération prolongée**
- **STEP de petite capacité**
- **En cas d'incinération**
- **En cas d'absence de contraintes : sols, nuisances**
- **Sans valorisation énergétique possible**

**Beaucoup de ces facteurs sont de moins en moins rencontrés.**



# CONCLUSION



- Avec la digestion des boues la chaîne infernale de l'élimination des boues est un peu mieux contrôlée si vous avez été convaincu
- JE VOUS REMERCIE DE VOTRE ATTENTION