

Conférence

Digestion des boues de station d'épuration

DE LA REDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ

12 décembre 2019 | VAULX EN VELIN

SOMMAIRE

Programme	3
Avant-propos	4

Supports d'interventions

Valence Romans Agglo Réflexions préalables à la mise en œuvre de la digestion des boues produites par les stations de traitement des eaux usées	5
Franck BIOTEAU, Valence Romans Agglo - Direction de l'assainissement	
Retours sur l'enquête 2018 « la digestion des boues de stations d'épuration françaises »	13
Eva FALIPOU, Sylvie GILLOT, Jean-Pierre CANLER, Jean-Marc PERRET, IRSTEA LYON UR REVERSAAL	
Exploitation des ouvrages Panorama général sur les problèmes rencontrés	19
Vincent CHEVALIER, Veolia Eau	
Exploitation des ouvrages Zoom sur les problématiques de moussage et de la struvite	25
Christelle METRAL et Patricia CAMACHO, SUEZ	
Aquapole La méthanisation des boues pour une STEP neutre en carbone	31
Isabelle LACROIX et Emeric LECLERC, Grenoble Alpes Métropole	
De la théorie à la pratique Le mélange des digesteurs	41
Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP	
Optimisation de la production de biogaz Pilotage avancé et évaluation des propriétés physiques	47
Cyrille CHARNIER, BioEnTech et Bruno SIALVE, PROVADEEMS	
Digestion et station d'épuration du futur	59
Sylvie GILLOT, IRSTEA LYON UR REVERSAAL et Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP	

Version du 13/12/2019 - LES SUPPORTS D'INTERVENTIONS ONT ETE ACTUALISES SUITE A LA CONFERENCE

PROGRAMME

9h30	Accueil des participants
10h00	Introduction Cadrage - <i>Elodie BRELOT, Graie</i>
10h10	Ouverture Comment la digestion s'impose actuellement comme une étape essentielle de l'assainissement des eaux usées <i>Nicolas ALBAN, Directeur de la délégation territoriale de Lyon - Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse</i>
10h20	Contexte et cadre réglementaire de la digestion des boues [en visio conférence] <i>Lucile MARSOLLIER, Direction de l'eau et de la biodiversité, Ministère de la Transition écologique et solidaire</i>
11h00	Valence Romans Agglo Réflexions préalables à la mise en œuvre de la digestion des boues produites par les stations de traitement des eaux usées - <i>Franck BIOTEAU, Valence Romans Agglo - Direction de l'assainissement</i>
11h30	Retours sur l'enquête 2018 « la digestion des boues de stations d'épuration françaises » <i>Jean Marc PERRET, IRSTEA LYON UR REVERSAAL</i>
11h50	Exploitation des ouvrages Panorama général sur les problèmes rencontrés <i>Vincent CHEVALIER, Veolia Eau</i>
12h10	Exploitation des ouvrages Zoom sur les problématiques de moussage et de la struvite <i>Christelle METRAL et Patricia CAMACHO, SUEZ</i>
12h30	Déjeuner
14h00	Aquapole La méthanisation des boues pour une STEP neutre en carbone <i>Isabelle LACROIX et Emeric LECLERC, Grenoble Alpes Métropole</i>
14h30	De la théorie à la pratique Le mélange des digesteurs <i>Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP</i>
15h00	Optimisation de la production de biogaz Pilotage avancé et évaluation des propriétés physiques <i>Cyrille CHARNIER, BioEnTech et Bruno SIALVE, PROVADEEMS</i>
15h30	Pause
16h00	Digestion et station d'épuration du futur <i>Sylvie GILLOT, IRSTEA LYON UR REVERSAAL et Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP</i>
16h45	GRAND TEMOIN – <i>Elisabeth SIBEUD, Baptiste JULIEN - Métropole de Lyon</i>
17h00	Fin de la conférence

DIGESTION DES BOUES DE STATION D'EPURATION

DE LA REDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ

THEMATIQUE

Faire évoluer les systèmes d'assainissement pour s'adapter aux changements climatiques et réduire leur empreinte environnementale est une question de plus en plus prégnante pour les collectivités. Une des réponses est l'utilisation des eaux usées comme source d'énergie. A ce titre, la digestion anaérobique des boues produites, également appelée "méthanisation", est de plus en plus mise en avant : elle permet effectivement une production d'énergie à partir de la biomasse contenue dans les boues d'épuration, mais participe également à réduire grandement des quantités de boues produites et transportées.

Cette digestion soulève tout de même de nombreuses questions :

- à partir de quelle taille de STEP la méthanisation est-elle possible ?
- Comment lancer un projet de digestion des boues ?
- Comment bien piloter ces installations de digestion ?
- Quelles perspectives autour de cette filière dans les stations d'épuration du futur ?

OBJECTIFS :

L'objectif de cette rencontre sera de faire un point sur la situation française en matière de méthanisation des boues de station, de rappeler le contexte réglementaire et organisationnel de cette technique, puis d'alimenter les réflexions / répondre aux interrogations par des exposés scientifiques-techniques /didactiques, des retours d'expériences et des discussions dont le fil rouge sera « *comment améliorer la production de biogaz ?* ».

PUBLIC :

Elle s'adresse aux services techniques des collectivités, en charge de l'assainissement, à leurs prestataires (exploitants et bureaux d'études) et à leurs partenaires.

PARTENAIRES :

Cette conférence est organisée par le Graie, en partenariat avec IRSTEA Lyon et INSA Lyon (Pôle commun de recherche RESEED – "RESSourcEs Eaux & Déchets", ([REVERSAAL IRSTEA + DEEP de l'INSA Lyon](#))

Avec le soutien de l'Agence de l'Eau RMC et l'accueil de l'ENTPE. La mission d'animation régionale du Graie bénéficie par ailleurs du soutien de la Métropole de Lyon et de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes.

COMITE DE PROGRAMME : Laëtitia Bacot - Graie, Elodie Brelot - Graie, Pierre Buffiére - Insa Lyon, Jean-Pierre Canler - Irstea Lyon, Sylvie Gillot - Irstea Lyon, Celine Lagarrigue - Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Jean Marc Perret - Irstea Lyon .

| Valence Romans Agglo |

Réflexions préalables à la mise en œuvre de la digestion des boues produites par les stations de traitement des eaux usées

Franck BIOTEAU, Valence Romans Agglo - Direction de l'assainissement

CONTEXTE

VALENCE ROMANS AGGLO CRÉÉE LE 01/01/2014

220 000 HABITANTS

54 COMMUNES

940 KM²

2 PÔLES URBAINS DISTINCTS : VALENCE ET ROMANS

LA COMPÉTENCE ASSAINISSEMENT :

82 000 ABONNÉS

1150 KM DE RÉSEAUX

43 STATIONS D'ÉPURATION DONT 3 QUI

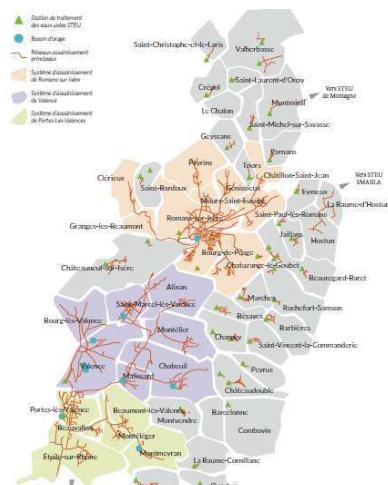
CONCENTRENT PLUS DE 92 % DES

ABONNÉS :

- VALENCE : 174 000 EH

- ROMANS : 107 900 EH

- PORTES-LÈS-VALENCE : 74 000 EH



valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

CONTEXTE

AU SEIN DE LA DIRECTION DE L'ASSAINISSEMENT

ÉLARGISSEMENT DE LA COMPÉTENCE ASSAINISSEMENT AUX 54 COMMUNES LE 01/01/2015 AVEC NOTAMMENT LE TRANSFERT DES ÉQUIPEMENTS DE LA VILLE DE ROMANS.

2 INSTALLATIONS D'INCINÉRATION DES BOUES DE STEUs :

1 SUR LA STEU DE VALENCE POUR BRÛLER LES BOUES DES STEUs DE VALENCE ET DE PORTES (CAPACITÉ DE 3500 T DE MS/AN – 2700 T TRAITÉES PAR AN)

1 SUR LA STEU DE ROMANS POUR BRÛLER LES BOUES DE LA STEU DE ROMANS (CAPACITÉ DE 1300 T DE MS/AN – 695 T TRAITÉES PAR AN)

COMMENT RATIONALISER LA GESTION DE CES ÉQUIPEMENTS ? PLUS GLOBALEMENT QUELLE GESTION DES BOUES DES STEUs À L'ÉCHELLE DU TERRITOIRE ?

→ LANCEMENT D'UNE ÉTUDE SUR LA MÉTHANISATION DES BOUES :
QUEL SCENARIO RETENIR POUR LE TERRITOIRE ?

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

CONTEXTE

AU NIVEAU NATIONAL

- LOI TRANSITION ENERGÉTIQUE (2014) → OBJECTIF 32 % D'ÉNERGIE RENOUVELABLE EN 2030 / 10 % DE BIOGAZ DANS LES RÉSEAUX (GRDF ESTIME QU'IL EST POSSIBLE D'ATTEINDRE 30 % EN 2030)
- EVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION SUR L'INJECTION DE MÉTHANE (2014)

AU NIVEAU INTERDÉPARTEMENTAL (DRÔME ET ARDÈCHE), ACTUALISATION DU SCHÉMA INTERDÉPARTEMENTAL D'ÉLIMINATION DES BOUES ET MATIÈRES DE VIDANGE (RÉFLEXIONS EN 2015 ET 2016 – ADOPTION EN 2017)

AU SEIN DE VALENCE ROMANS AGGLO

- 2 LABELS : CIT'ERGIE ET TERRITOIRE À ENERGIE POSITIVE POUR LA CROISSANCE VERTE (TEPCV)
- DÉMARRAGE DES RÉFLEXIONS SUR LA PLAN CLIMAT EN 2015 (ADOPTÉ EN 2019) AVEC NOTAMMENT LA PROMOTION DE LA MÉTHANISATION

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

ETUDE DE FAISABILITÉ

- ÉTUDE CONFIÉE AU CABINET MERLIN
- COÛT : 40 k€ HT
- DURÉE : 8 MOIS (DÉMARRAGE EN AVRIL 2016)
- CONTENU

1. EVALUATION DES GISEMENTS DE BOUES ET GRAISSES D'ÉPURATION SUR LE TERRITOIRE ET POTENTIEL DE PRODUCTION DE BIOGAZ

2. DÉFINITION DE SCENARI

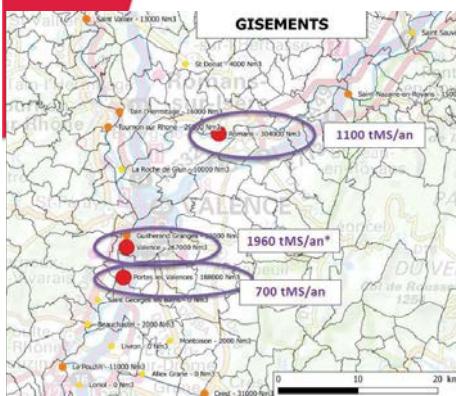
1 OU 2 DIGESTEURS ? COGÉNÉRATION OU INJECTION DE BIOGAZ ?

3. ETUDE DÉTAILLÉE DE PLUSIEURS SCENARI

IMPACTS SUR LES STEUs EXISTANTES ? QUELS COÛTS DE FONCTIONNEMENT ET D'INVESTISSEMENT ? QUELLES SUBVENTIONS ? RENTABILITÉ ?

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

EVALUATION DES GISEMENTS



QUELLES BOUES ET GRAISSES
POUR LA MÉTHANISATION EN
2030 ?

- PROSPECTIVE SUR LES 3 PRINCIPALES STEUS DE L'AGGLO UNIQUEMENT :
 - INTÉGRATION DES TRAVAUX DE MISE AUX NORMES SUR LES RÉSEAUX (GESTION DE TEMPS DE PLUIE)
 - EVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE
- INTÉGRATION DES COLLECTIVITÉS « VOISINES » INTÉRESSÉES DANS LA RÉFLEXION
(STEU > 5000 EH DANS UN RAYON DE 30 KM)

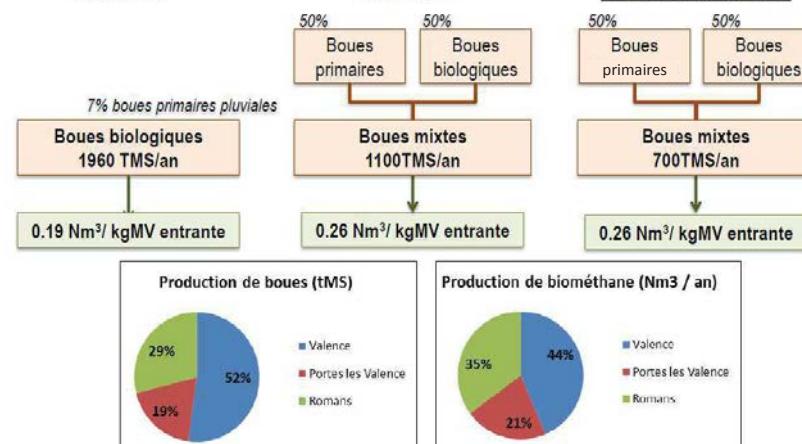
valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

EVALUATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ

Valence

Romans

Portes Les Valence

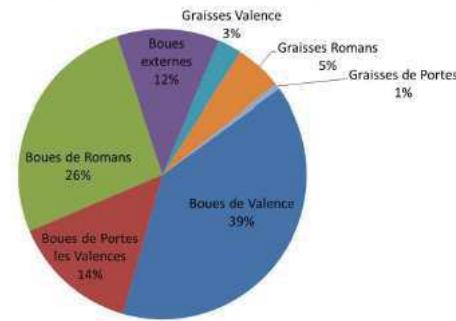


→ AUGMENTATION DE LA PRODUCTION DE MÉTHANE AVEC LA MISE EN PLACE D'UNE DÉCANTATION PRIMAIRE SUR LA STEU DE VALENCE (PRODUCTION DE BIOMÉTHANE PASSE POUR LA STEU DE VALENCE SEULE DE 285 000 Nm³/AN À 550 000 Nm³/AN)

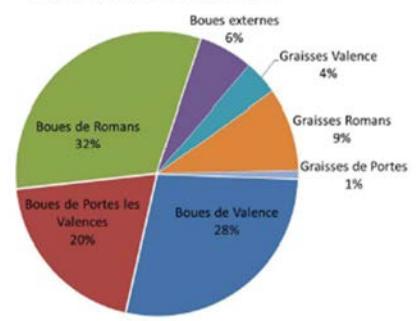
EVALUATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ

- ANALYSES EN LABO DU POUVOIR MÉTHANOGÈNE DES BOUES DES 3 STEUS
- 18000 TONNES DE PRODUITS DIGÉRÉS PAR AN, POUR UNE PRODUCTION ESTIMÉE DE 955 000 NM³ DE MÉTHANE, SOIT 110 NM³/H

Répartition du tonnage (matières brutes)



Répartition de la production de CH4



QUELS SCENARIOS ?

- SCENARIOS DE COGÉNÉRATION (ÉLECTRICITÉ + PRODUCTION DE CHALEUR) TRÈS RAPIDEMENT ÉVACUÉS POUR DES RAISONS DE COÛT ET DE RENTABILITÉ PAR RAPPORT À L'INJECTION
- QUESTIONS PRÉALABLES :
 - OÙ INSTALLER LE OU LES DIGESTEURS ? PROBLÉMATIQUE FONCIÈRE ÉVENTUELLE OU CONTRAINTES EN MATIÈRE D'URBANISME



- INJECTION DE BIOGAZ DANS LE RÉSEAU : QUELLES POSSIBILITÉS ?

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

QUELS SCENARIOS ?

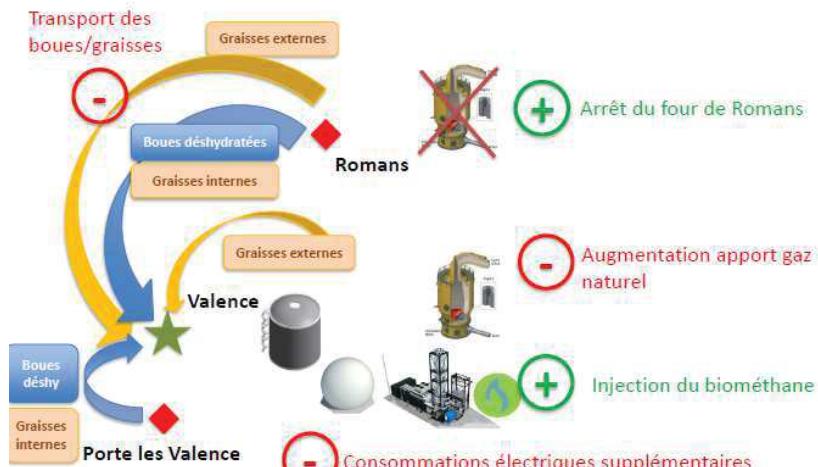
SCENARIO 1	UN SEUL DIGESTEUR SUR LA STEU DE VALENCE
SCENARIO 1 BIS	UN SEUL DIGESTEUR SUR LA STEU DE VALENCE AVEC PRESECHAGE DES BOUES
SCENARIO 2	DEUX DIGESTEURS UN SUR LA STEU DE ROMANS ET UN SUR LA STEU DE VALENCE
SCENARIO 2 BIS	DEUX DIGESTEURS UN SUR LA STEU DE ROMANS ET UN SUR LA STEU DE VALENCE AVEC PRESECHAGE DES BOUES de la STEU de ROMANS

ETUDE POUR CHAQUE SCENARIO DE L'IMPACT DES RETOURS EN TÊTE SUR LA FILIÈRE BIOLOGIQUE
(POUR LE SCENARIO 1, LA CAPACITÉ DE LA STEU LE PERMET)

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

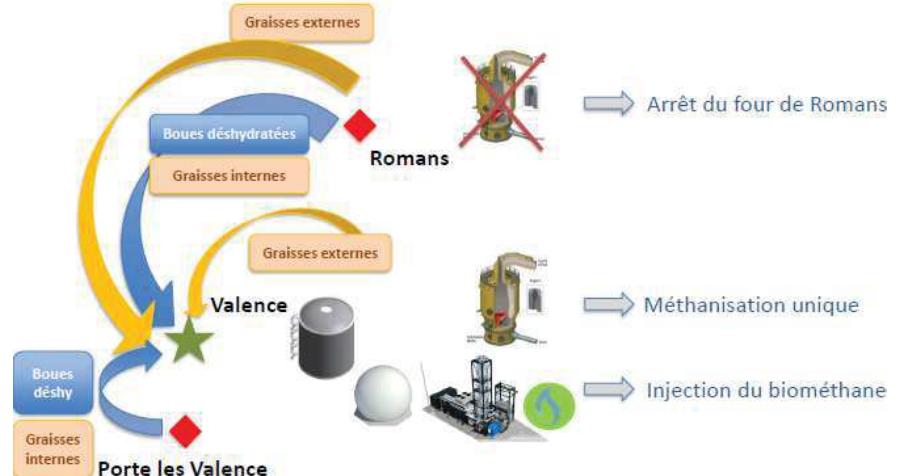
QUELS SCENARIOS ?

SCENARIO 1 : DIGESTION UNIQUE SUR LA STEU DE VALENCE



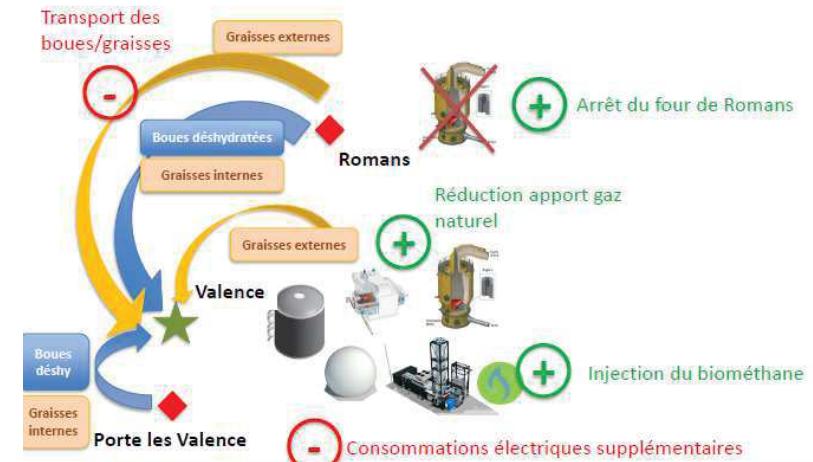
QUELS SCENARIOS ?

SCENARIO 1 : DIGESTION UNIQUE SUR LA STEU DE VALENCE



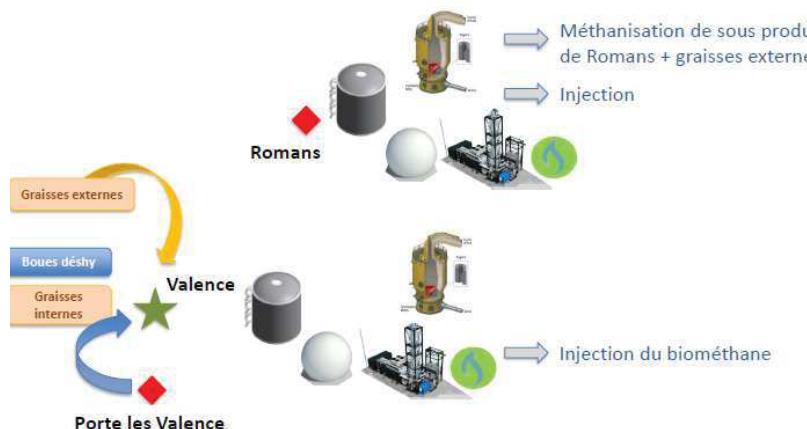
QUELS SCENARIOS ?

SCENARIS 1 BIS : Digestion unique sur la STEU de Valence avec pré séchage des boues



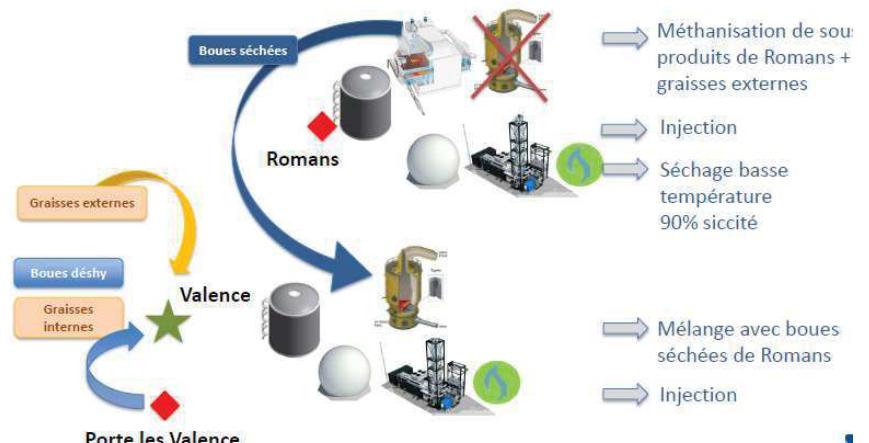
QUELS SCENARIOS ?

SCENARIO 2 : 2 DIGESTEURS, UN À VALENCE ET UN À ROMANS



QUELS SCENARIOS ?

SCENARIO 2 BIS : 2 DIGESTEURS, UN À VALENCE ET UN À ROMANS AVEC PRÉSÉCHAGE DES BOUES À ROMANS



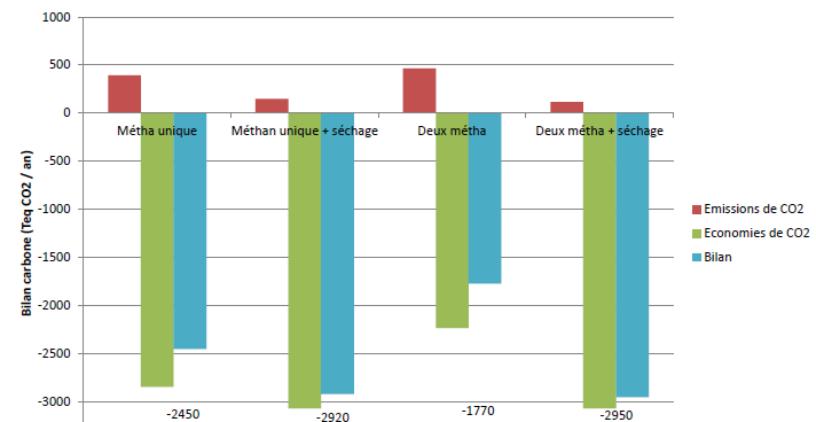
QUELS SCENARIOS ?

BILAN TECHNIQUE

Métha unique	Métha unique + séchage	Deux métha	Deux métha + séchage
<ul style="list-style-type: none"> + Production d'énergie renouvelable + Arrêt du four de Romans - Consommations électriques - Transport des boues déshydratées - Augmentation apport gaz naturel incinérateur Valence 	<ul style="list-style-type: none"> + Production d'énergie renouvelable + Arrêt incinérateur Romans + Diminution apport gaz naturel incinérateur Valence - Consommations électriques - Transport des boues déshydratées 	<ul style="list-style-type: none"> + Production d'énergie renouvelable - Consommations électriques - Augmentation apport gaz naturel incinérateurs 	<ul style="list-style-type: none"> + Production d'énergie renouvelable + Diminution apport gaz naturel incinérateur Valence + Arrêt incinérateur Romans - Consommations électriques - Transport des boues séchées (volume < boues déshydratées)

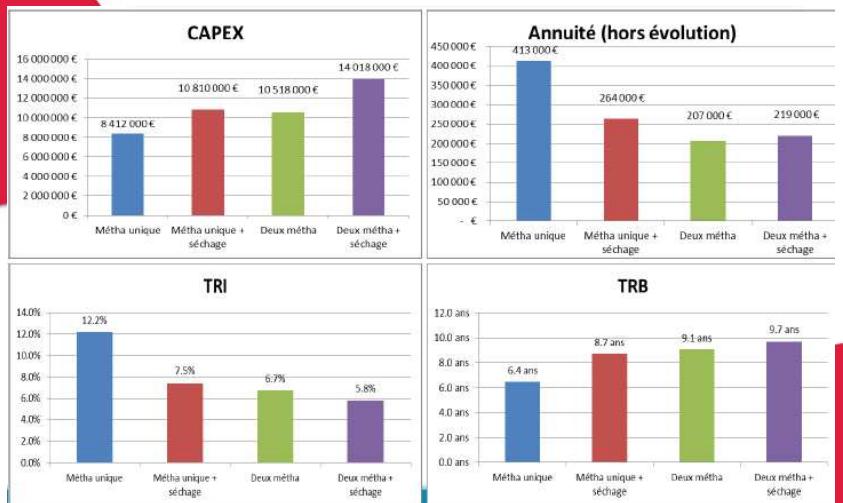
QUELS SCENARIOS ?

BILAN CARBONE



QUELS SCENARIOS ?

BILAN FINANCIER



TOUS LES SCENARIOS SONT RENTABLES (HYPOTHÈSE : 30 % DE SUBVENTIONS, EMPRUNT SUR 15 ANS À 1,5 %)

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

QUELLES SUITES ?

- CHOIX DU SCENARIO FIN 2016 : SCENARIO 1 : UN DIGESTEUR UNIQUE À VALENCE (PRÉSÉCHAGE ÉCARTÉ POUR DES RAISONS DE COÛTS)
- INTÉGRATION DU SCENARIO RETENU DANS LA CONSULTATION DU CONTRAT DE DSP DES STEUS DE VALENCE ET DE PORTES AVEC LA CONSTITUTION D'UN ILÔT CONCESSIF POUR LA MÉTHANISATION
- NOUVEAU CONTRAT DE DSP LE 01/10/2018 (VEOLIA) (COÛT : 11 M D'€ HT + PRÉVISION DE 900 000 NM³ INJECTÉS)
- DOSSIER ICPE DÉPOSÉ EN JANVIER 2019 FIN DE L'ENQUÊTE PUBLIQUE EN NOVEMBRE 2019
- DÉMARRAGE DES TRAVAUX AU DEUXIÈME TRIMESTRE 2020

valence romans AGGLO | RÉFLEXION PRÉALABLES À LA DIGESTION DES BOUES / LYON – 12 DÉCEMBRE 2019

Retours sur l'enquête 2018

« la digestion des boues de stations d'épuration françaises »

Eva FALIPOU, Sylvie GILLOT, Jean-Pierre CANLER, Jean-Marc PERRET,
IRSTEA LYON UR REVERSAAL

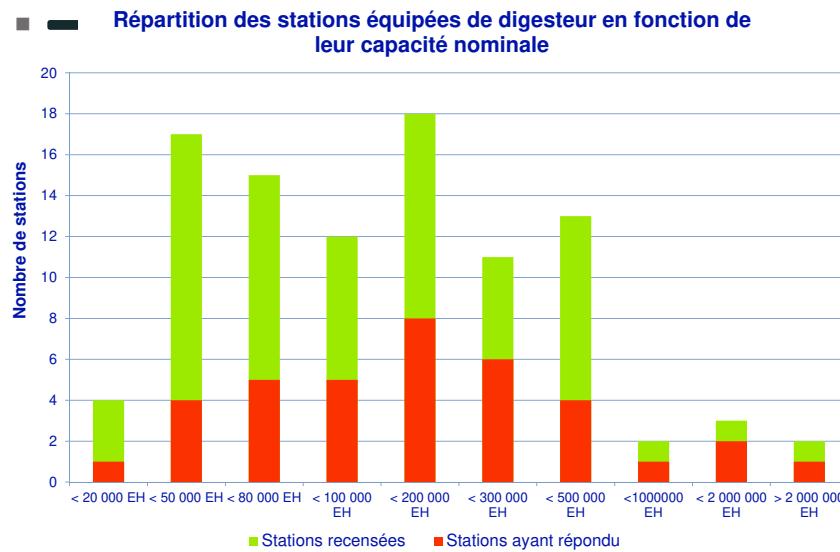
Enquête Nationale 2018

- Réactualisation du document de l'Agence de l'eau RMC de 2012 sur la méthanisation des boues d'épuration
- Questionnaire informatisé réalisé en collaboration avec le réseau régional des exploitants de stations d'épuration du Graie
- Appui logistique du Graie / soutien financier de l'agence de l'eau RMC
- Envoi National
- Analyse et synthèse des réponses au questionnaire par Irstea, UR REVERSAAL

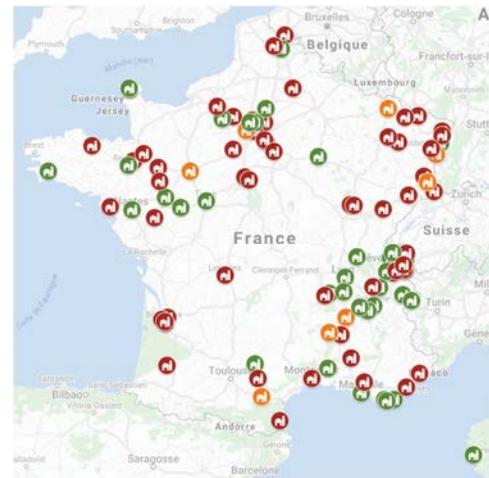


Parc français : capacité nominale entre 15 000 et 7,5 millions EH

I. Représentativité de l'enquête



Carte des stations équipées de digesteur en France



Sources : données agences de l'eau, Irstea et ADEME

96 stations identifiées

+ 9 projets de digestion connus

37% de réponses en France

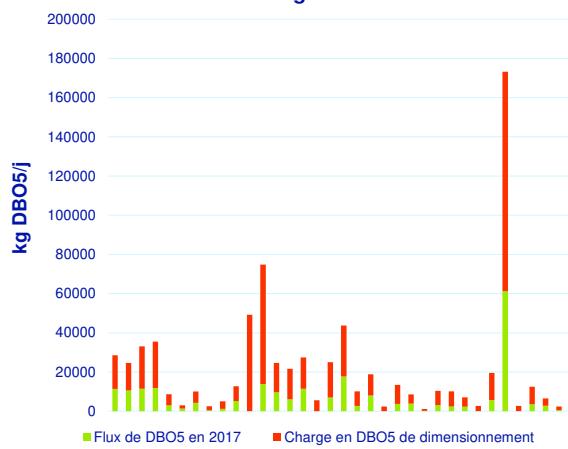
52% de réponses sur le bassin AERM&C

- Station n'ayant pas répondu
- Station ayant répondu
- Digestion en projet



II. File eau

Taux de charge des stations



Types de file eau présentes

Boues activées

Biofiltration

MBBR

11%

40%

49%

Boues activées majoritairement combinées à un traitement primaire

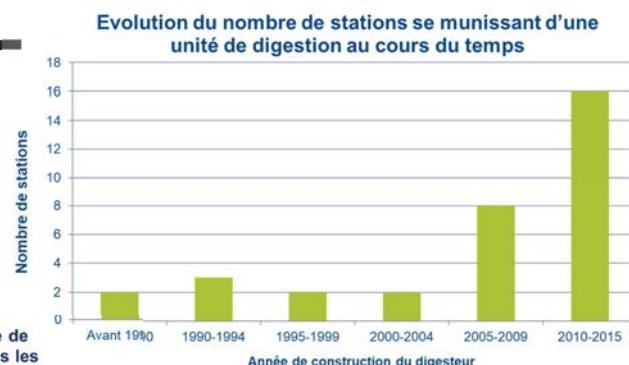
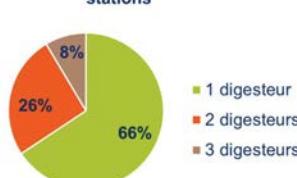
Boues activées majoritairement combinées à un traitement primaire



III. File boues - conception

→ Augmentation de l'intérêt pour la digestion

Proportions du nombre de digesteurs présents dans les stations

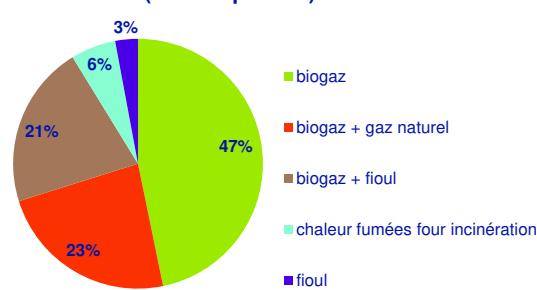


CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES EMISSIOES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

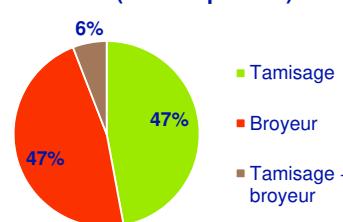
III. File boues - conception

→ Température de fonctionnement : digesteurs mésophiles sauf 2 stations

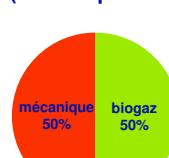
Energie chauffage (34/36 réponses)



Préparation des intrants (17/36 réponses)



Brassage (34/36 réponses)



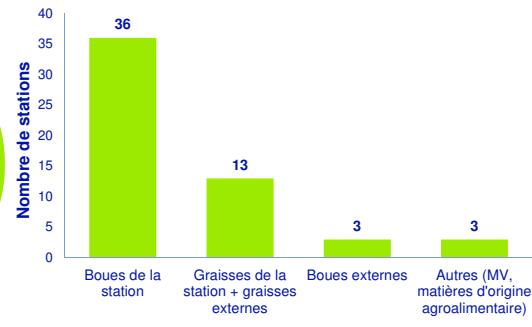
CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES EMISSIOES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

III. File boues - conception

Types de boues acceptées par les stations

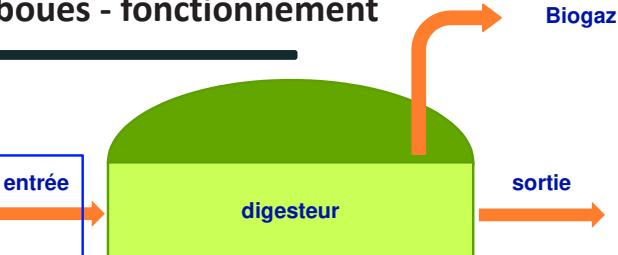


Types d'intrants acceptés par les digesteurs



CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES EMISSIOES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

III. File boues - fonctionnement



	pH	MES (g/L)	MVS (%)
Min	5,4	27	65
Max	7,8	64	86
Moyenne	6,7	46	77
Nb réponses	25	31	29

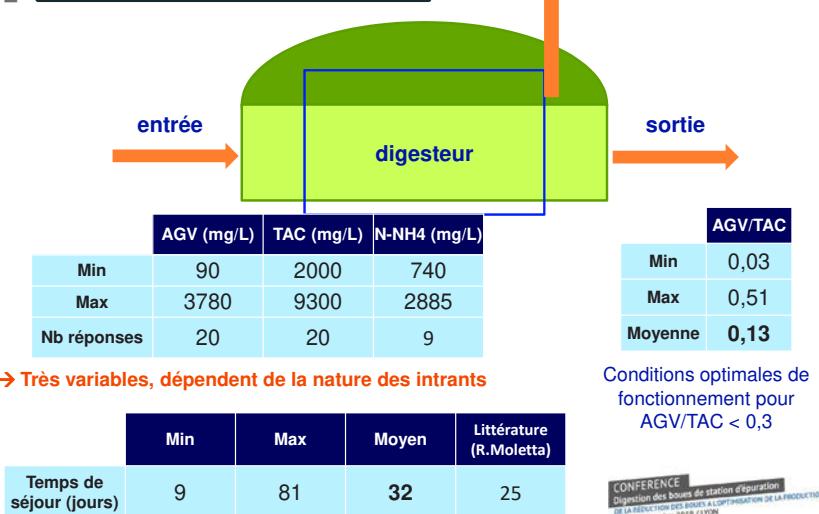
→ Épaississement systématique à l'amont

Pas de différence significative entre boues activées et biofiltres

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES EMISSIOES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

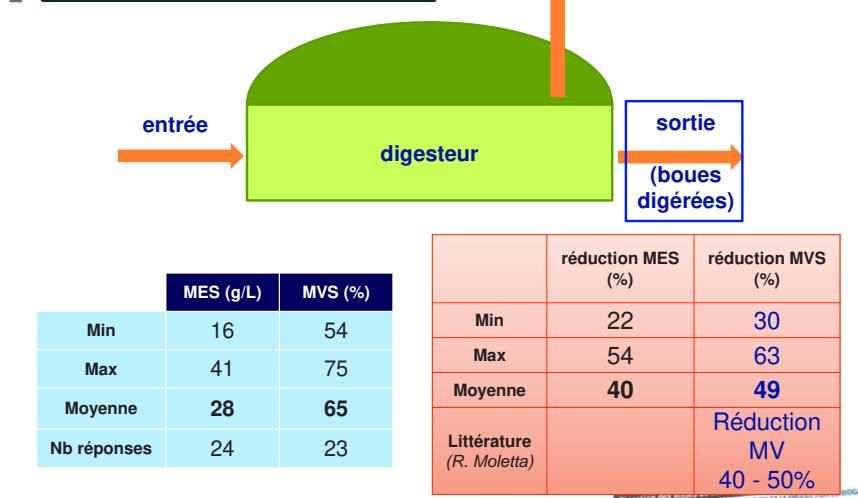
III. File boues - fonctionnement

-



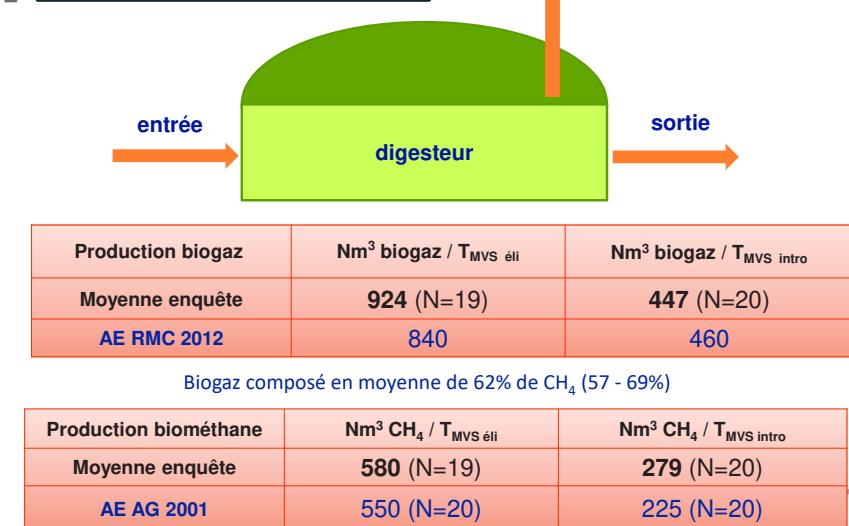
III. File boues - performances

-



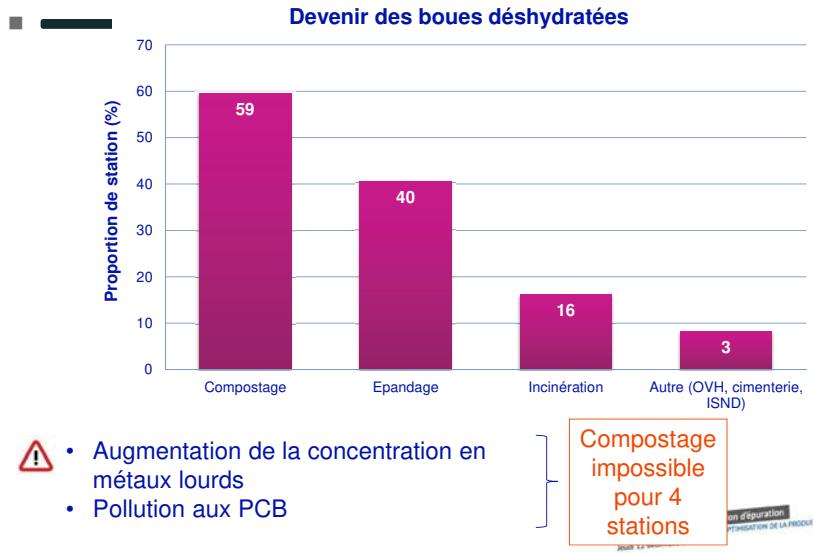
III. File boues - performances

-



IV. Devenir des produits de la digestion – le digestat

-



VI. Retour d'expérience

Problèmes évoqués :

- Bouchage par des filasses pour 9 stations (5 étant équipées d'un broyeur ou tamis)
- Contraintes d'entretien du matériel
→ nettoyage des débitmètres, du dilacérateur
→ usure des pompes
- Contrainte de température en hiver pour 3 stations
- Baisse des performances en basse saison pour les stations de montagne
- Impact des retours en tête sur le respect des normes de rejet en NTK



Conclusion

Regain d'intérêt pour la digestion

- Pratiques majoritaires identifiées
- Malgré quelques difficultés, les exploitants semblent satisfaits
- Pas de saut technologique
- Développement de l'injection et abandon d'une valorisation uniquement thermique



VI. Retour d'expérience

Bonnes pratiques :

- Bon suivi analytique
→ âge des boues pour prévenir le moussage
→ température et débits pour prévenir les bouchages
- Rester dans les paramètres définis par le constructeur (concentration, T°C, pression, AGV, TAC,...)
- Température régulière et > 35°C
- Alimentation régulière et homogène
- Bon brassage continu
- Bon entretien des installations
→ curages réguliers
vidanges décennales du digesteur

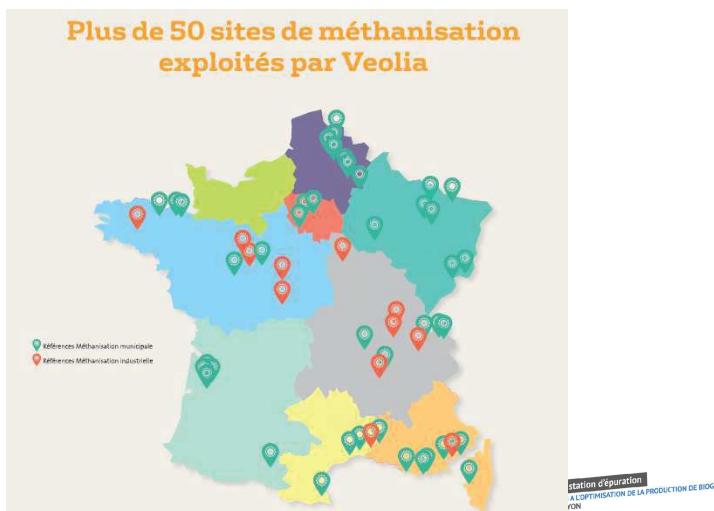


| Exploitation des ouvrages |

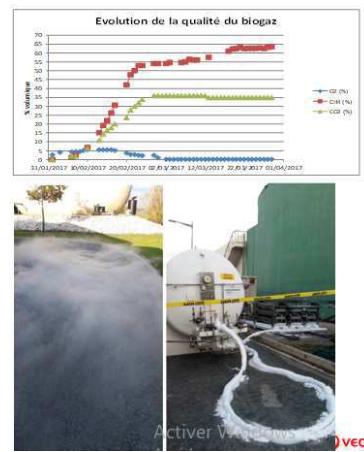
Panorama général sur les problèmes rencontrés

Vincent CHEVALIER, Veolia Eau

Veolia Eau dans le biogaz en France



Mise en place de l'opération



Gazomètre



5% LIE



7% LIE



Soyez vigilant même si la détection n'est pas en alarme il n'est pas normal de mesurer de la LIE Cela veut dire :

- Soit que le capteur dérive
- Soit qu'il y a une fuite

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Et si on faisait le point sur nos organes de sécurité



- Contrôle après chaque moussgage
- Contrôle annuel du traçage
- Contrôle de la soupape suivant préco fabricant (max 2 ans)

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Expériences négatives / Solutions

- Démontage d'un débitmètre ligne biogaz sans inertier



Risque ATEX important au moment où l'on va enlever le débitmètre et ensuite dans la canalisation au redémarrage.

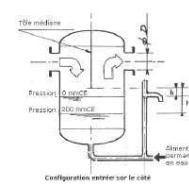
- Démontage d'un débitmètre ligne biogaz en sécurité : piquages d'inertage prévus



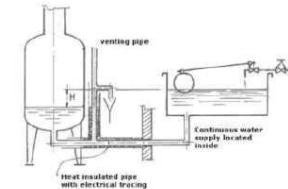
Mode opératoire à écrire.
Repérage des vannes à ouvrir et fermer et consignations. Repérage des points d'inertage
Réfléchir aussi comment contrôler que les vannes ne sont pas fuyardes et comment se mettre en sécurité si c'est le cas.

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Et si on faisait le point sur nos organes de sécurité



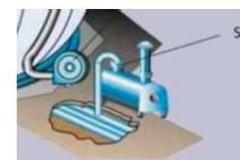
- Contrôle des niveaux
- Contrôle des détections CH4
- Contrôle des arrivées d'eau



CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Contrôles des pressions d'ouverture des soupapes et pots de purges

- Qui s'ouvre en 1^{er} en cas de monté en pression ?



CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES BOUES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Contrôles des pressions d'ouverture des soupapes et pots de purges



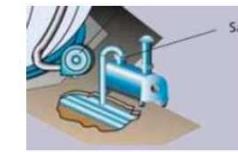
Soupape



Pot de purge



✓
Garde hydraulique
gazo



CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES BOUES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

| Exploitation des ouvrages |

Zoom sur les problématiques de moussage et de la struvite

Christelle METRAL et Patricia CAMACHO, SUEZ



Exploitation des ouvrages

Zoom sur les problématiques de moussage et de struvite

*Patricia CAMACHO, Expert Méthanisation Biogaz, SUEZ Cirsee
Christelle METRAL, Chef de marché, SUEZ Dir. Développement*

2

Sommaire

- Indicateurs de gestion de la méthanisation
- Moussages :
 - les conséquences
 - les causes possibles
 - les mesures correctives
- Struvite :
 - les conséquences
 - les causes possibles
 - les mesures correctives
- Focus : piloter la précipitation et valoriser la struvite



moussages

Indicateurs de gestion de la méthanisation

- Baisse de la production de biogaz
- Teneur en CH₄ et CO₂ du biogaz produit
- Alcalinité (TAC), Acides gras volatiles (AGV) et rapport AGV/TAC
- pH
- Teneur de la MV des boues digérées et rendement
- Odeurs des boues digérées
- Moussage



Pour plus d'informations :



voir site IDEAL Connaissance
conférence « Méthanisation sur usine de traitement d'eaux usées - Piloter son installation »

introduction

les conséquences

- ✓ débordement de boues au niveau des vasques
- ✓ bouchage des arrêtes-flammes



Arrête-flamme

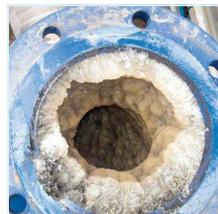


<p>les causes</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 types de moussage ✓ Moussage instable ou transitoire qui se décompose et se reforme du fait de l'extraction en continu du digestat (présence de bactéries filamenteuses, boues riches en AGV à l'entrée du méthaniseur...) ✓ Moussage de la flottation de matières à la surface du digestat (Filasses et billes de graisses) 	<p>moussages</p> <p>les causes</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #2c3e50; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px;"> Origine mécanique (équipement) </div> <div style="background-color: #2c3e50; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px;"> Origine biologique (process) </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ Chauffage ■ Brassage ■ Ensablement et /ou phénomène de chapeau ■ Trop forte charge organique appliquée <ul style="list-style-type: none"> ■ Hydraulique (à-coups) ■ Concentration non maîtrisée ■ Alimentation irrégulière ■ Filamenteuses <p>Bien dissocier les origines / des conséquences</p> <p>Quelquefois l'origine se situe bien avant la méthanisation</p>
<p>les mesures préventives et correctives</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préventions: <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation AGV pressentie, réguler la charge • Phénomène anormal au niveau des boues activées, by-pass du digesteur • Corrections: <ul style="list-style-type: none"> • Suppression des bactéries filamenteuses sur bassin de boues activées pour limiter le cercle vicieux (filaments dans retour en tête) • Mise à la diète du digesteur (réduction alimentation) • Si acidification, remonter le pH vers 7,2 • Problème hétérogénéité <ul style="list-style-type: none"> ➔ améliorer le brassage ➔ réduire la concentration des boues • Injection temporaire d'antimousse dans les boues d'alimentation <p>Ne pas laisser perdurer un moussage car mise en péril de la sécurité de l'ouvrage</p>	<p>moussages</p> <p>struvite</p> <p>Dépôt de Struvite: les conséquences</p> <p>dépôts spontanés dans les tuyaux, les échangeurs de chaleur, les digesteurs...</p> <p>Acquando 3980 - Flotte Enzo (5x2) 2900 g</p> <p>Dépôt dans Carter d'une centrifugeuse...</p>

Dépôt de Struvite:

les causes possibles

- 2 conditions concomitantes pour précipiter la struvite ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)**
 - Effluent riche en phosphore et en azote (digestat)
 - Eaux riches en magnésium (raisons géologiques)
- Lieu de précipitation**
 - Après digestion anaérobiose
 - Milieu alcalin ($pH \sim 8,5$, favorisé par stripping du CO_2)

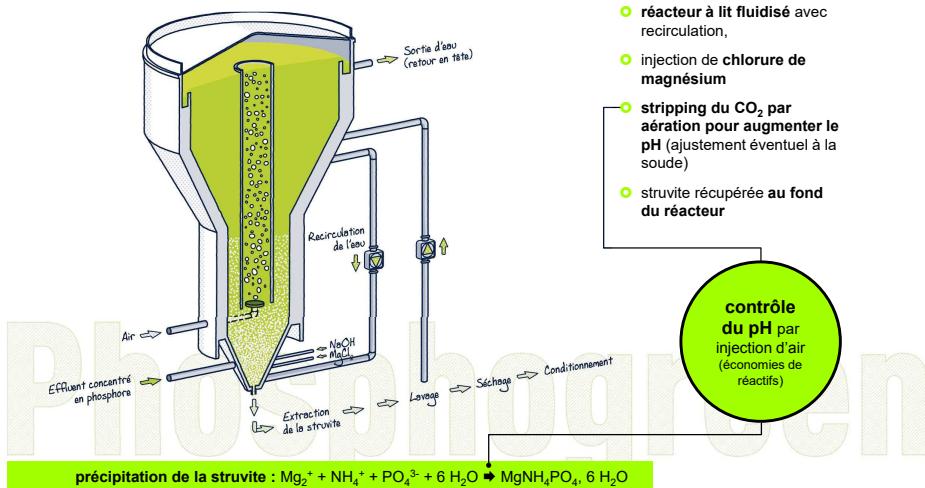


9 | GRAIE - 12 décembre 2019 - Méthanisation - Exploitation



FOCUS précipitation contrôlée de struvite

Exemple : procédé SUEZ - Phosphogreen™



11 | GRAIE - 12 décembre 2019 - Méthanisation - Exploitation



Dépôt de Struvite:

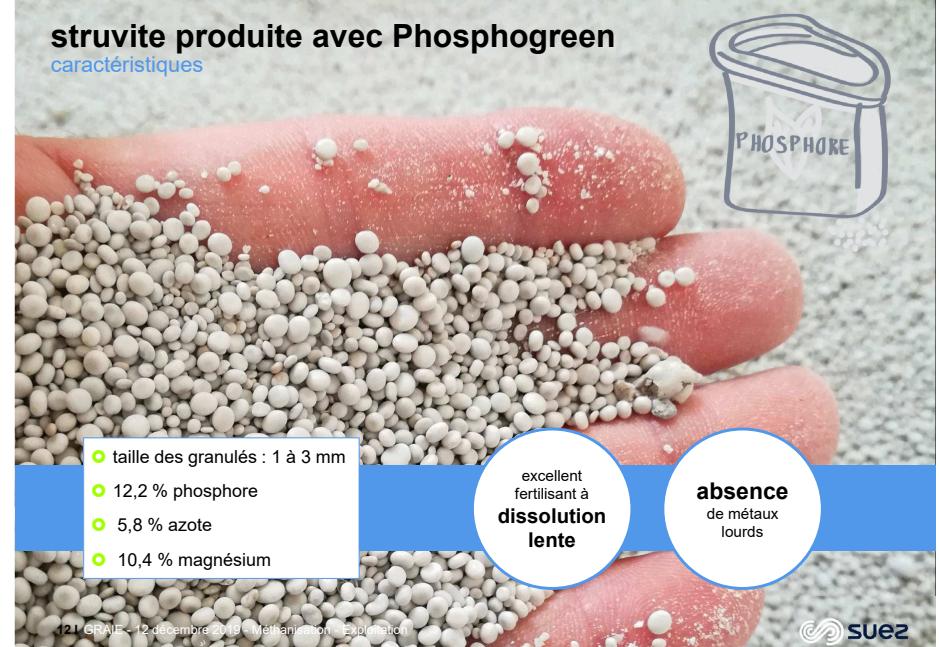
les mesures préventives et correctives

- Préventions:**
 - Eviter ou minimiser le stripping du CO_2 avant les pompes
 - éviter les cascades, zones de turbulence, enceintes confinées pour sursaturer en CO_2
 - Solutions chimiques disponibles sur le marché mais très onéreuses
- Corrections:**
 - Solutions mécaniques : passage d'un furet à haute pression
 - Prévoir les piquages, les trappes de visites, des solutions de démontage facilitées, éviter les circuits enterrés
 - Soutirage / alimentation par pompes
 - Couplage automatique des pompes de soutirage et d'alimentation
 - Débitmètres
 - Mesure de niveau

10 | GRAIE - 12 décembre 2019 - Méthanisation - Exploitation



struvite produite avec Phosphogreen caractéristiques



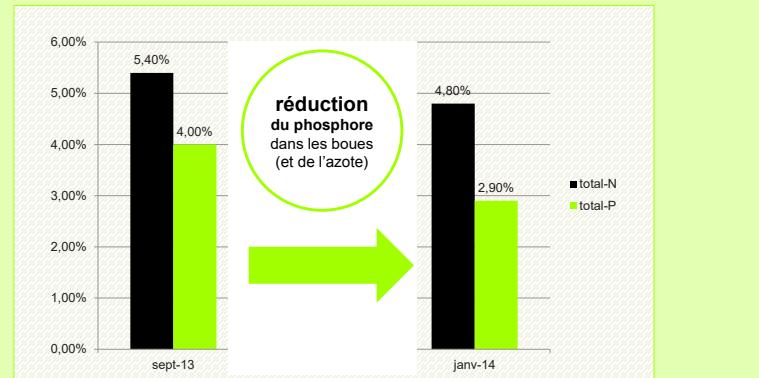
12 | GRAIE - 12 décembre 2019 - Méthanisation - Exploitation



récupération du phosphore

sur les centrats de boues digérées et déshydratées

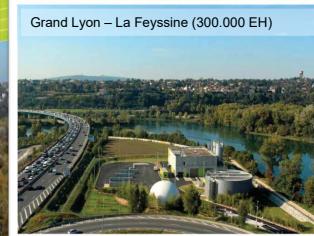
Struvite



13 GRAIE - 12 décembre 2019 - Méthanisation - Exploitation



Merci pour votre attention



prêts pour la révolution de la ressource



Conclusion

Méthanisation = process avec beaucoup d'avantages

MAIS dépendant de la « bonne santé » de la biologie = sensible

Exploitant analogue à un diététicien

Application d'un régime équilibré sans excès (pas d'indigestion)

Fournir des aliments frais (pas de stockage trop long)

Attentifs aux réactions du méthaniseur pour adapter son régime

Mesures préventives plutôt que mesures correctives

Suivi régulier des indicateurs primordial

Maintien dans une plage de fonctionnement adéquat



14 GRAIE - 12 décembre 2019 - Méthanisation - Exploitation



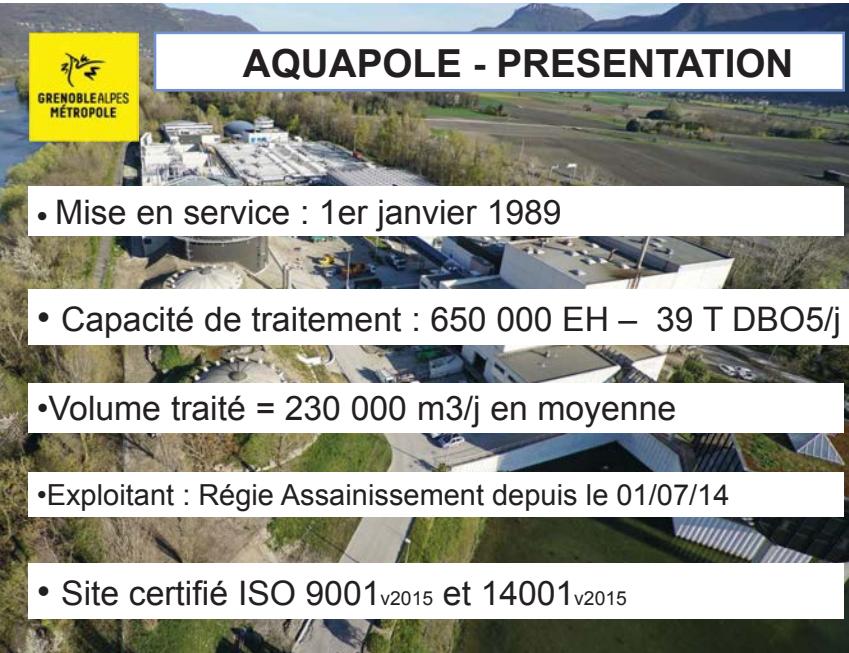
| Aquapole |

La méthanisation des boues pour une STEP neutre en carbone

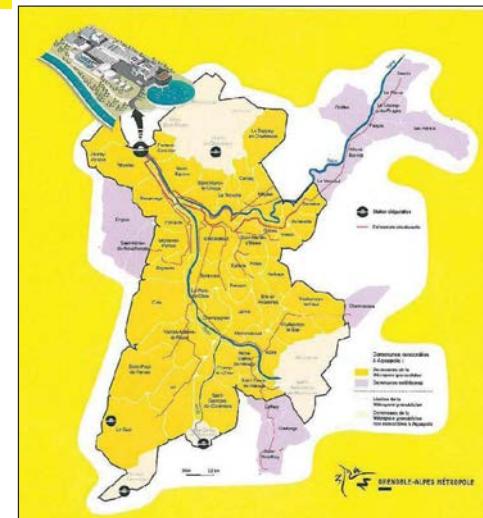
Isabelle LACROIX et Emeric LECLERC, Grenoble Alpes Métropole

1

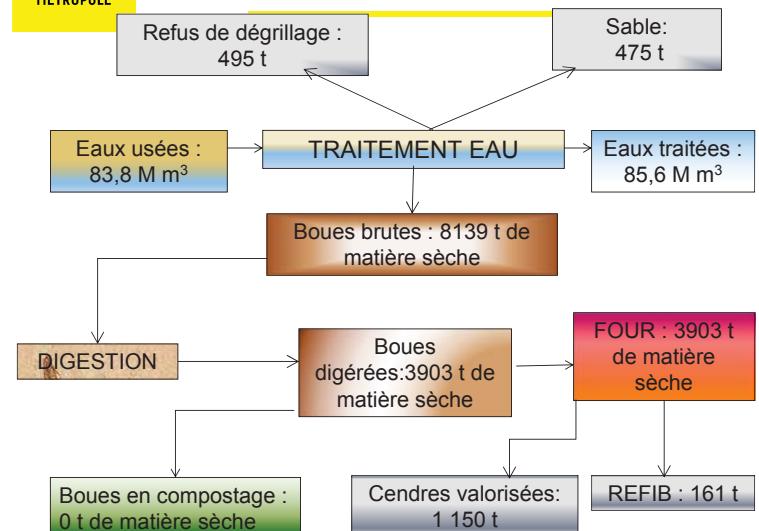
Introduction Présentation d'Aquapole



Périmètre de collecte

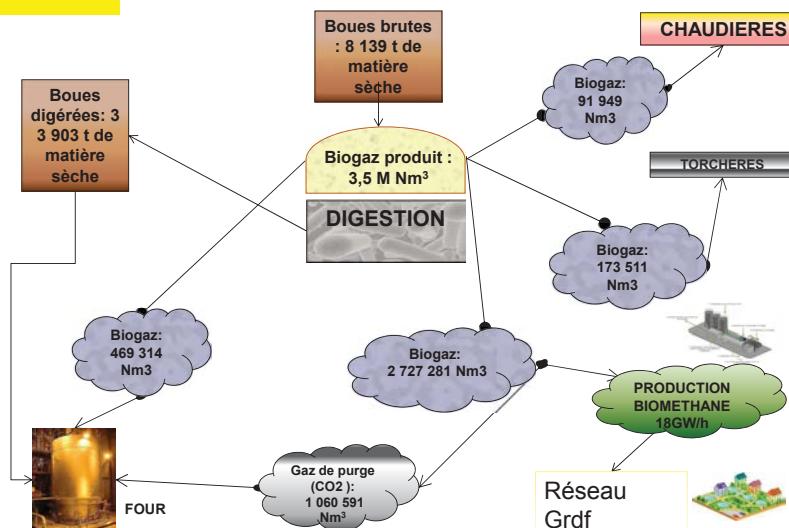


Données de la station - année 2018

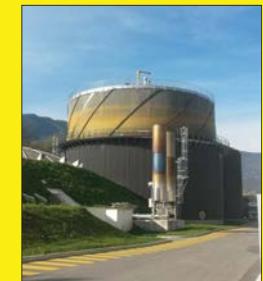




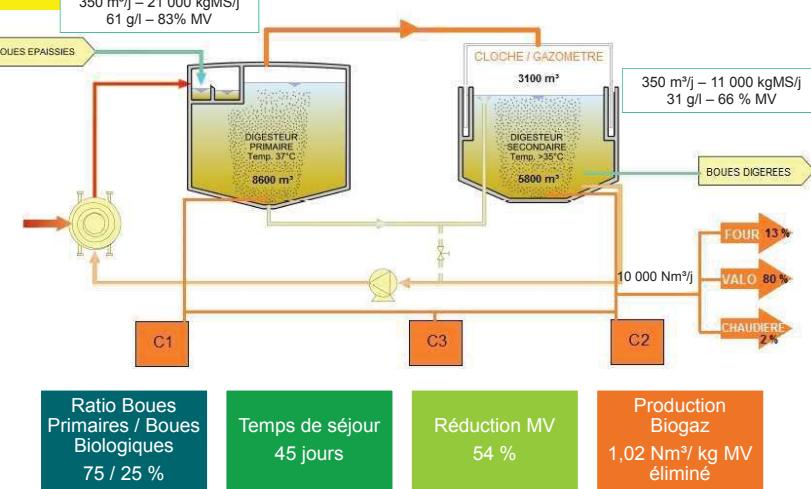
Du biogaz au biométhane - 2018



REX technique et organisationnel



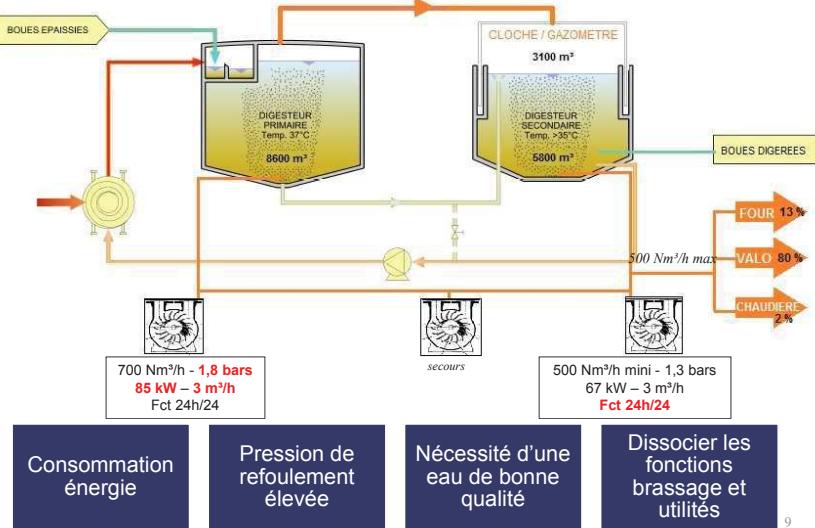
La Méthanisation d'Aquapole



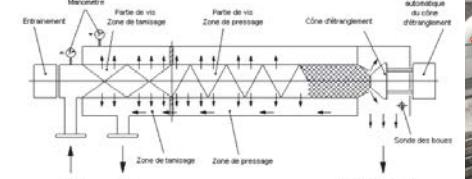
Fonctionnement Vs dimensionnement

	Valeurs moyennes 2017-2018-2019	Dimensionnement constructeur (charges moyennes)	Dimensionnement constructeur (charges nominales)
Débit de boues	350 m ³ /j	495 m ³ /j	627 m ³ /j
Concentration des boues injectées	61 g/l	60 g/l	60 g/l
Taux de MV des boues injectées	80-85 %	77 %	77 %
Flux de boues	21 400 kg MS/j	29 676 kg MS/j	37 642 kg MS/j
Temps de séjour	45 jours	29 jours	23 jours
Concentration des boues digérées	31 g/l	39 g/l	39 g/l
Taux de MV des boues digérées	63-70 %	60-65 %	60-65 %
Réduction des MV	54 %	45 %	45 %
Charges MVS entrante	1,2 kg MV/m ³ .j	2 kg MV/m ³ .j	2 kg MV/m ³ .j
Production de biogaz	10 100 Nm ³ /j	9 019 Nm ³ /j	11 379 Nm ³ /j

REX : Brassage au biogaz



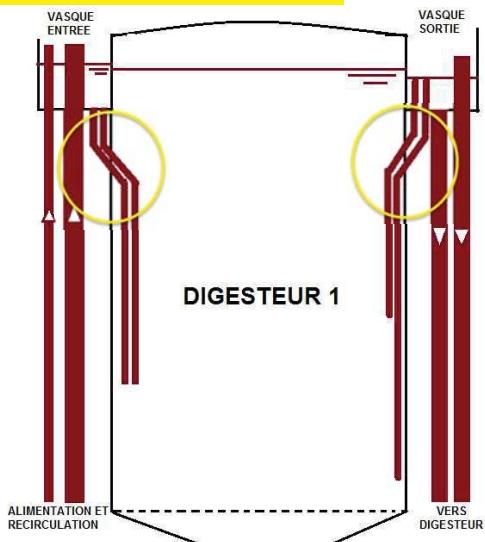
REX : Les filasses



→ Plus d'une benne d'1 m³ par jour en pointe !

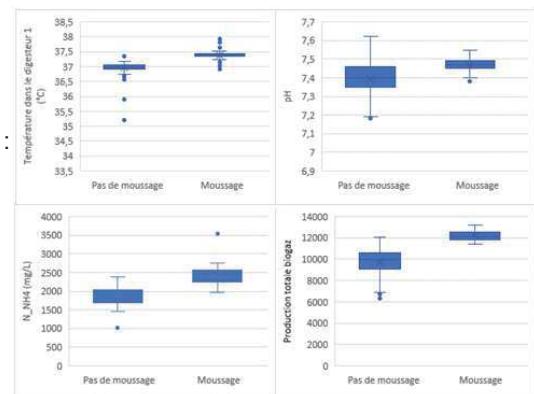
REX : Bouchage

- Constat : augmentation du niveau dans la vasque d'entrée
- Prévention : Moyen d'accès et dispositions pour déboucher ??



REX : Moussage

- Constat : augmentation de la pression du ciel gazeux (pas de visuel)
- Risque : débordement de mousse/boues dans les pots de purge
- Solutions : Injection anti-mousse
- Analyse des paramètres :
 - Température
 - pH
 - N-NH4
 - Production biogaz



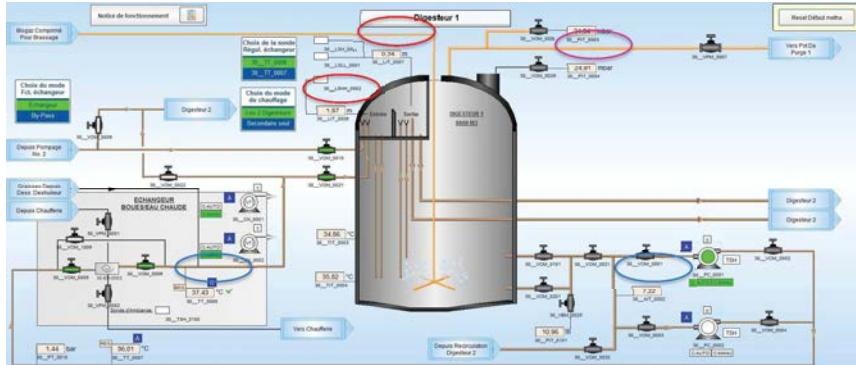


REX : Exploitation

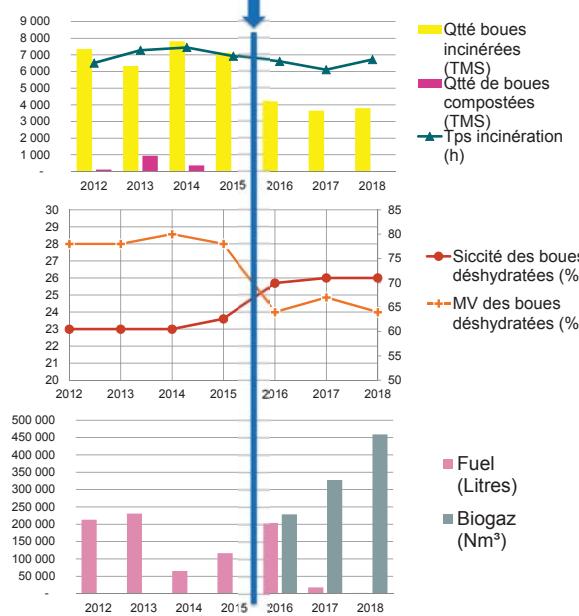
Suivi quotidien des paramètres

- ➡ Production biogaz
- ➡ Pression ciel gazeux
- ➡ Température et pH recirculation

- ➡ Niveaux dans les vasques
- ➡ Analyses MS, MV, AGV, TAC, pH, N-NH4
(boues épaissies, boues digérées, boues recirculées)



Impact sur l'incinération



15



Impact sur l'incinération

Réduction de la production de boues de 50 %

- Plus de boues envoyées au compostage
- Diminution du temps d'incinération de 10 %
- Consommation de biogaz pour le chauffage des boues

Boues non auto-thermiques

- Augmentation de la siccité de 23 à 26 %
- Diminution des MV de 80 à 65 %

Passage du fuel au biogaz

- Plus de consommation de fuel
- Auto consommation du biogaz

14



REX : Biogaz

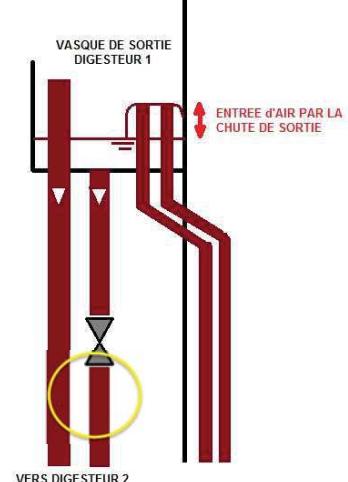


→ Qualité du biogaz

Paramètre	A la mise en service	Aujourd'hui
CH4	61 %	61 %
O2	< 0,1 %	< 0,1 %
CO2	36 %	38 %
N2	3 %	1 %

→ Qualité du biométhane

- CH4 = 97 %
- O2 < 0,1 %
- CO2 = 1,5 %
- N2 = 1,5 %



- Présence d'eau dans le biogaz : Nécessité d'un purgeur sur les refoulements des compresseurs à anneaux liquides avec remontée de défauts

15



Un apprentissage ATEX



CONCEPTION DES EQUIPEMENTS DIRECTIVE 94/9/CE

EXPLOITATION DES INSTALLATIONS DIRECTIVE 1999/92/CE

Concernant le rapprochement des législations des États membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en Atmosphères Explosives

Concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'Atmosphères Explosives

- Etablissement du DRPCE
- Zonage ATEX
- Formation du personnel
- Procédures d'intervention
- Adéquation du matériel

L'objectif de la directive de 1999 est de :

- Supprimer les zones à risque d'explosion,
- Supprimer les sources d'inflammation en zones explosives,
- Réduire les effets d'une explosion.

Pour atteindre cet objectif, elle impose :

- La mise en conformité des lieux de travail ;
- L'information et la formation du personnel ;
- L'élaboration d'instructions écrites et autorisation de travail ;
- L'élaboration d'un Document Relatif aux mesures de Protection contre les Explosions (DRPE).



REX financier et environnemental



**PLAN AIR ÉNERGIE CLIMAT
GRENOBLE-ALPES MÉTROPOLE**



Bilan financier



Dépenses méthanisation /an

- 650 k€ HT amortissement
- 150 k€ HT électricité
- 90 k€ salaires (1 à 2 ETP)
- 50 k€ HT maintenance

La vente de biométhane et les dépenses évitées financent les dépenses de la méthanisation

Recettes (2019)

- 650 k€ HT vente CH₄

Dépenses évitées

- 470 k€ HT incinération
- 30 k€ HT fuel



Energie et patrimoine Métro

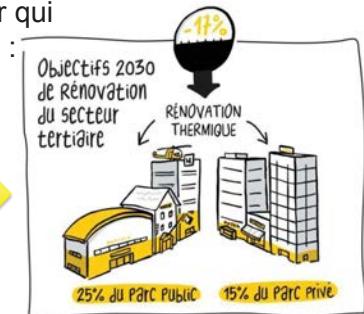
❖ Orientations du schéma directeur qui s'appliquent au patrimoine Métro :

OBJECTIFS 2030

-22% consommations énergétiques

+35% énergies renouvelables et de récupération

-30% énergies fossiles



- Promouvoir des systèmes de chauffage à base d'énergies renouvelables
- **Produire plus** d'électricité et de **gaz renouvelables**
- Acheter de l'énergie renouvelable

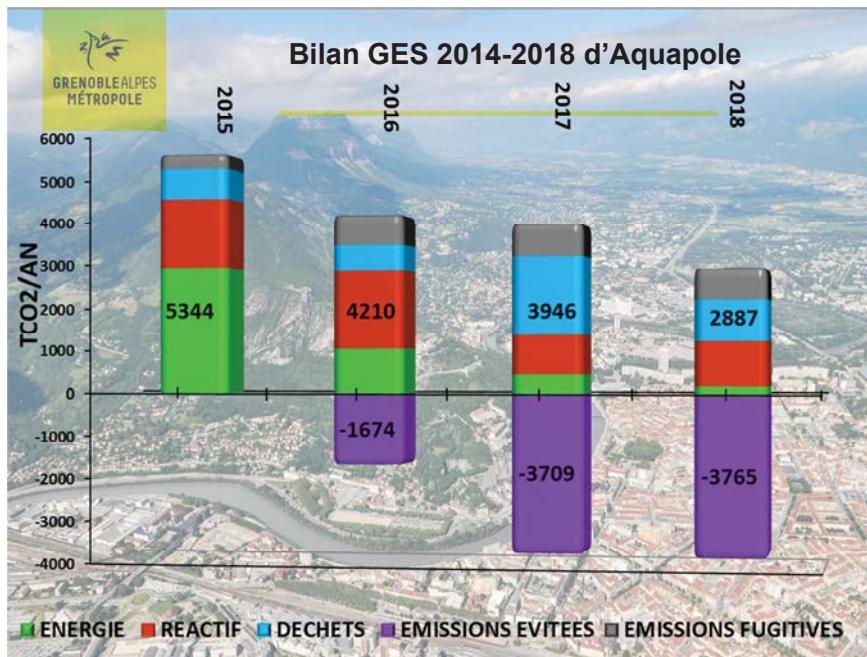
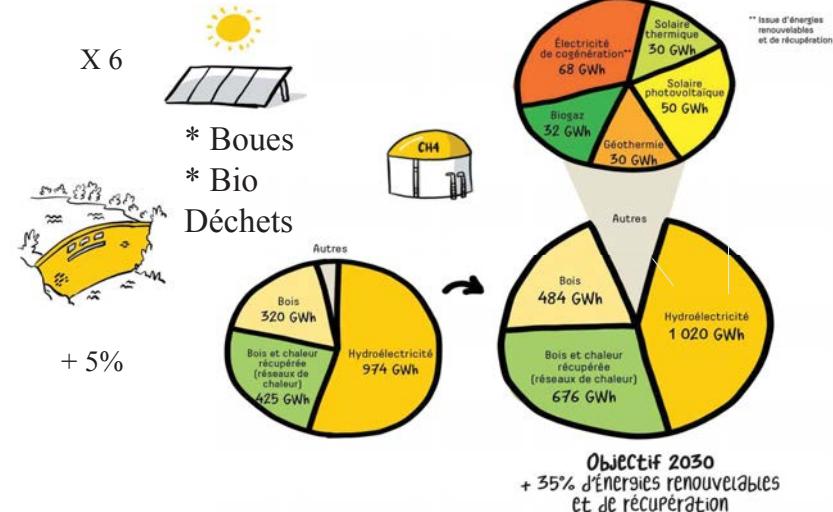


Production d'énergie renouvelable et de récupération en 2017 par la Métro

- Chaleur : 580 GWh produits, soit la moitié de la production de chaleur renouvelable du territoire
- Électricité : 81 GWh produits, soit environ 9% de la production d'électricité renouvelable du territoire
- Biogaz : 16 GWh produits, soit 100% de la production de biogaz du territoire



Objectifs d'évolution de la production d'énergie renouvelable d'ici 2030



Une application locale : les bus GNV

- Le SMTC vient d'acquérir en 2018, 48 véhicules GNV
- Répartition des bus et car de la flotte :
 - 50% GNV/bioGNV
 - 22% Hybride
 - 28% Diesel
- Achats de 12 GO du biométhane Aquapole permettant de faire fonctionner 1/3 des bus GNV
- Installation d'une borne de recharge GNV à St Egrève sur la boucle d'injection biométhane été 2019 par GEG (valorisation de 5 GO du biométhane)

Le circuit court de l'énergie !



4

CONCLUSION

Méthanisation : Bénéfices pour Aquapole

- Souplexesse retrouvée pour l'incinération des boues
- Suppression de la consommation de fuel
- Production de biogaz (10 000 Nm₃/j à 60% CH₄) > Prévisions
- Valorisation de 95% de la production en 2018
Autoconsommation biogaz = 15 % production
- Développement des compétences des collaborateurs

→ **Un rejet dépollué et une énergie renouvelable valorisée localement**

Mais quelques aléas...

- Suivi quotidien nécessaire
- Techno des compresseurs biogaz
- Mousses, filasses,...
- Adaptation de la filière avalé
- Valoriser tout le biogaz, qq progrès nécessaires



Merci de votre attention

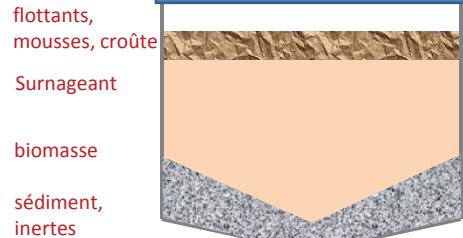


| De la théorie à la pratique |

Le mélange des digesteurs

Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP

Pourquoi mélanger?



Éviter la stratification

Éviter les bouchons

Mise en contact intrant frais / biomasse

Dispersion / dilution des produits (acides, azote ammoniacal)

Eviter les zones mortes

Homogénéité thermique du système

Fourchette: 10 à 60 % de la dépense énergétique des installations est due à l'agitation.

Kariyama, I.D., Zhai, X., Wu, B., 2018. Influence of mixing on anaerobic digestion efficiency in stirred tank digesters: A review. Water Res. 143, 503–517

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Agitation mécanique

1. Agitateurs à hélice

Immersé ou monté en paroi
Vitesse rapide

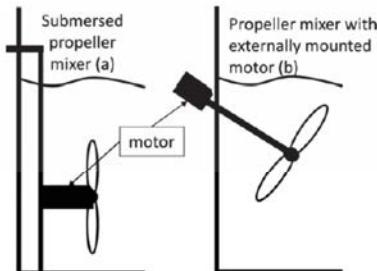


Figure 1. Sketch of a submersible mixer (a) and mixer with externally mounted motor (b).



Wiedemann, L., Conti, F., Janus, T., Sonnleitner, M., Zörner, W., Goldbrunner, M., 2017. Mixing in Biogas Digesters and Development of an Artificial Substrate for Laboratory-Scale Mixing Optimization. Chem. Eng. Technol. 40, 238–247.

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Techniques de mélange des fluides complexes

Desplanche et Chevalier, *Mélange des milieux complexes, Techniques de l'Ingénieur J3860*

Pale ancre

Reprise du fluide en paroi / au fond

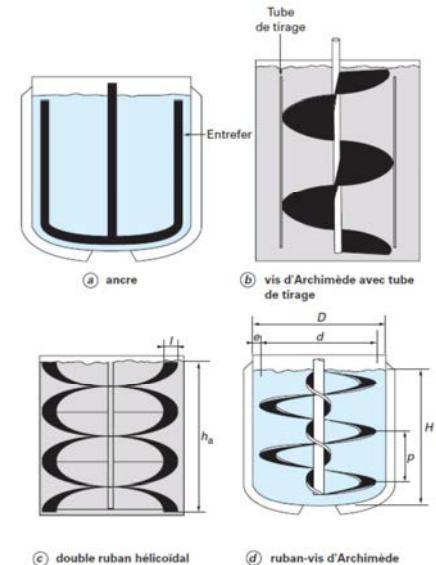
Vis d'Archimède

Pompage vertical (vers le bas au centre)

Ruban hélicoïdal

Pompage vertical, remonte le produit qui redescend dans l'axe de la cuve

Point commun:
(Presque) aucune de ces techniques n'est appliquée en digestion à grande échelle



CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Agitation mécanique

2. Agitateurs à pales

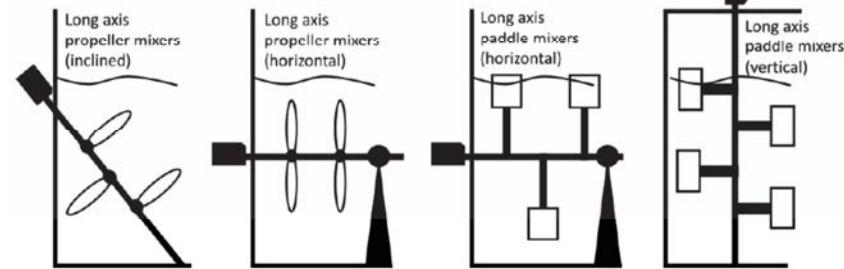


Figure 2. Sketches of different long-axis propeller and blade mixers in digester mixing applications.

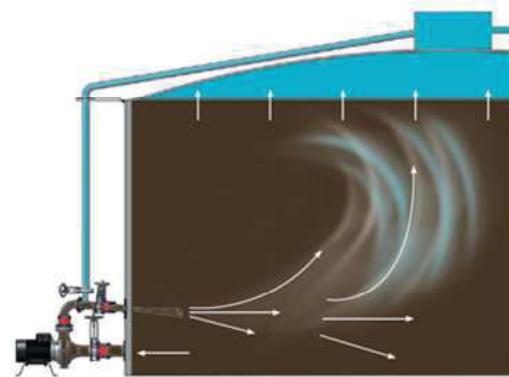
Axe long

Vitesse lente

Pales ou hélices de gros diamètres (jusqu'à 8 m)

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Recirculation



Intérêts:

pas de parties mécaniques immergées
Ejection à forte vitesse
Remise en suspension des sédiments

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOURCES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Injection de biogaz

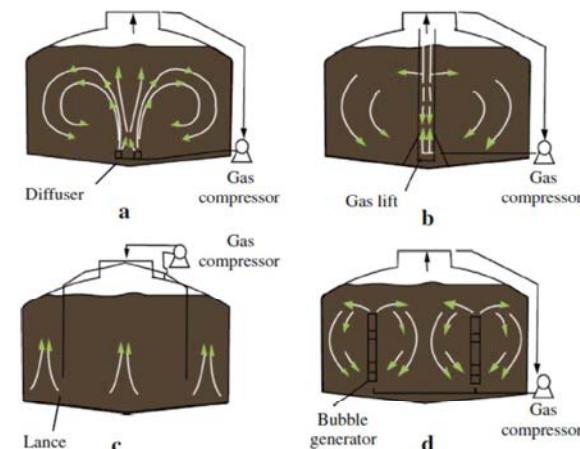


Fig. 1. Schematic diagram of four gas mixing designs: (a) bottom diffusers, (b) gas lift, (c) cover mounted lances, and (d) bubble guns.

Wu, B., 2014. CFD simulation of gas mixing in anaerobic digesters. Comput. Electron. Agric. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.10.007>

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOURCES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Aspect énergétique du brassage

Bases de dimensionnement

Puissance d'agitation par unité de volume : 5 à 8 W/m³

Recommendations US-EPA

Gradient de vitesse* : 50-80 s⁻¹

En pratique (Memento Degremont)

Brassage au biogaz : 0,8 à 1 Nm³/m²/h

Puissance de 4 à 6 W/m³

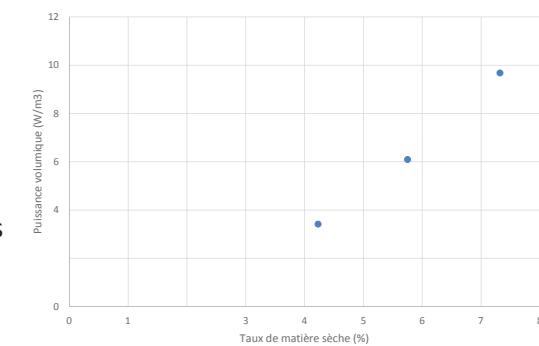
*exprime la variation de la vitesse du fluide en fonction de la distance, sa valeur est très dépendante de la viscosité

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOURCES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Puissance de brassage et viscosité

Données:

Mesure des propriétés de viscosité de digestat de tiges de maïs broyées à différentes teneur en MS



Simulation:

Puissance d'agitation d'une hélice à 200 tr/min

La viscosité, un paramètre clé

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOURCES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Mais qu'est-ce que c'est que cette matière?

Propriétés visqueuses particulières des boues

- La viscosité n'est pas constante, elle dépend du cisaillement appliqué
- La viscosité diminue lorsque le cisaillement augmente (rhéofluidifiant)
- Pour les forts taux de solide, existence d'un seuil de mise en mouvement

Sensibilité au fort cisaillement

- Déstructuration des flocs bactériens
- Privilégier des niveaux d'énergie modérés

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Evolution des propriétés rhéologiques

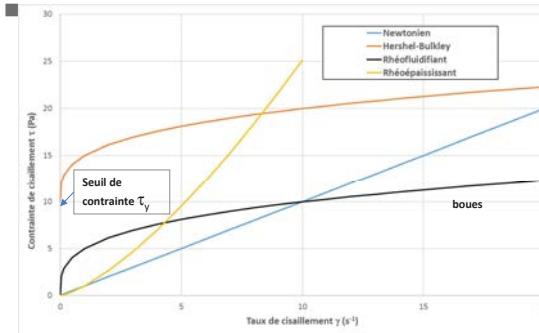
- Avec la température
- Avec la teneur en matière sèche
- Présence et taille de fibres (paille)
- Nature de la matière organique digérée

Nombreuses études récentes

Digestion « par voie humide »



Propriétés rhéologiques des boues et milieux de digestion



Viscosité (ou « viscosité apparente »):

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

J.-C. Baudet, R.K. Gupta, N. Eshtiaghi, P. Slatter, The viscoelastic behaviour of raw and anaerobic digested sludge: Strong similarities with soft-glassy materials, Water Research, 47 (2013) 173-180.

Non Newtonien
Seuil de contrainte (faible pour les boues)
Écoulement visqueux pour un fort cisaillement
Ecoulement rhéofluidifiant ($n < 1$)

$$\tau = \tau_y + k\dot{\gamma}^n$$

Pour les boues:

$$\tau \approx k\dot{\gamma}^n$$

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Outils de simulation numérique (CFD)

Visualisation des champs de vitesses
(ici, différents modes de brassage au gaz)

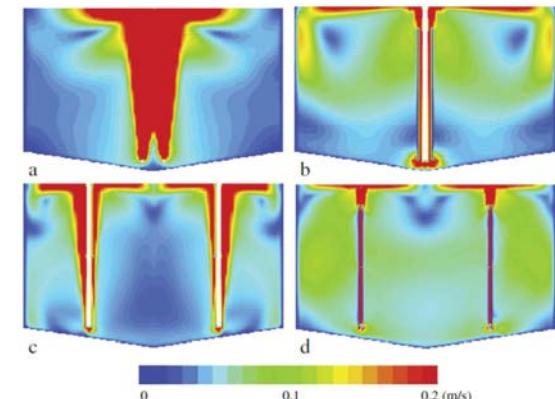


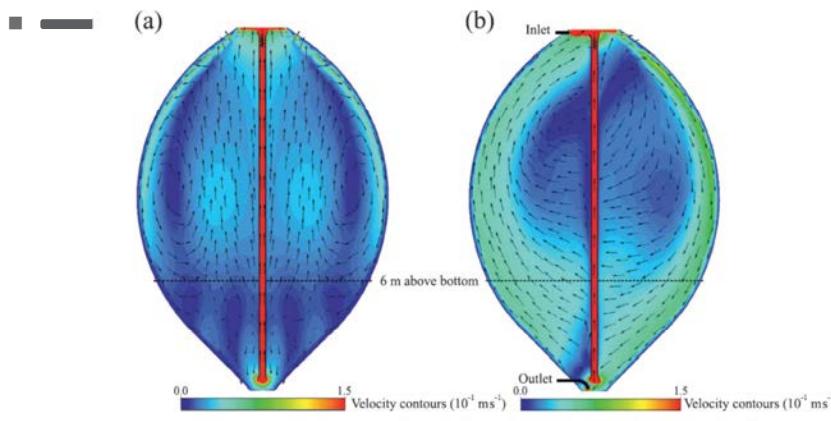
Fig. 4. Contours of velocity magnitude for liquid phase from the front view: (a) bottom diffusers, (b) gas lift, (c) cover mounted lances, and (d) bubble guns.

Wu, B., 2014. CFD simulation of gas mixing in anaerobic digesters. Comput. Electron. Agric. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.10.007>

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES SOUTIENS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Outils de simulation numérique (2)

Digesteur ovoïde avec hélice



➤ Des outils puissants pour le dimensionnement et le diagnostic, mais encore peu disponibles et nécessitant de fortes compétences

Meister, M., Rezavand, M., Ebner, C., Pümpel, T., Rauch, W., 2018. Mixing non-Newtonian flows in anaerobic digesters by impellers and pumped recirculation. *Adv. Eng. Softw.*
https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.09.015

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Exemple



Hélice d'agitation (neuve et après 3 ans!) du digesteur de la ferme expérimentale de La Bouzule (54)

Photographie S. Pacaud, ENSAIA.

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Dysfonctionnement du mélange

Accumulation de sédiments (sables, graviers, ...)

Zones peu mélangées, formation de tas
Usure des pièces mobiles
Minéralisation / prise en masse

➤ Importance de l'efficacité des prétraitements

Les traçages, outils indispensables pour évaluer l'état de mélange du système

- Évaluation du volume mort
- Évaluation du temps de mélange
- Modèle de macro-mélange
- Mélange du solide (traçage de particules solides)

Exposé suivant

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Messages

Le mélange est un facteur clé !

Les fluides de digestion sont complexes

Un système de brassage devrait pouvoir être qualifié selon des critères clairs

Il existe des outils de diagnostic (supervision, traçages)

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA REDUCTION DES SOUTIENS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

| Optimisation de la production de biogaz |

Pilotage avancé et évaluation des propriétés physiques

Cyrille CHARNIER, BioEnTech et Bruno SIALVE, PROVADEEMS

BioEnTech, un spécialiste des solutions de pilotage des bioprocédés

- Fondée en 2013, BioEnTech est spécialisée dans le développement de **solution logicielle et d'analyse pour le pilotage des bioprocédés**.
- L'ADN de BioEnTech repose sur une **connaissance pointue des bioprocédés** qui lui a permis de mettre au point des modèles mathématiques de traitement des données déclinée en 3 solutions :
 - Solution de supervision globale et d'aide à la décision dédiée aux unités de méthanisation ;
 - Solution d'analyse infra-rouge de caractérisation de la matière ;
 - Solution de suivi du procédé de méthanisation.
- Les solutions de **digitalisation des bioprocédés** développées par BioEnTech sont aujourd'hui validées et utilisées par des clients de premier plan.

Bénéfices conférés par les solutions :



1

Contexte de la méthanisation de STEP

Pourquoi digitaliser le procédé ?

1. Contexte de la méthanisation
2. Estimer l'état biologique du procédé
3. Optimisation du procédé

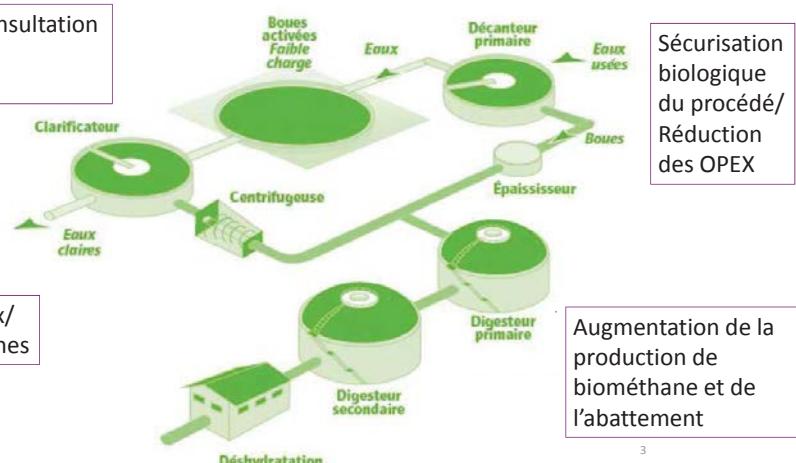
1.1 Contexte de la méthanisation de STEP



Attentes

Traçabilité et consultation des données/
Réglementation

Gestion des flux/
Substrats externes



2

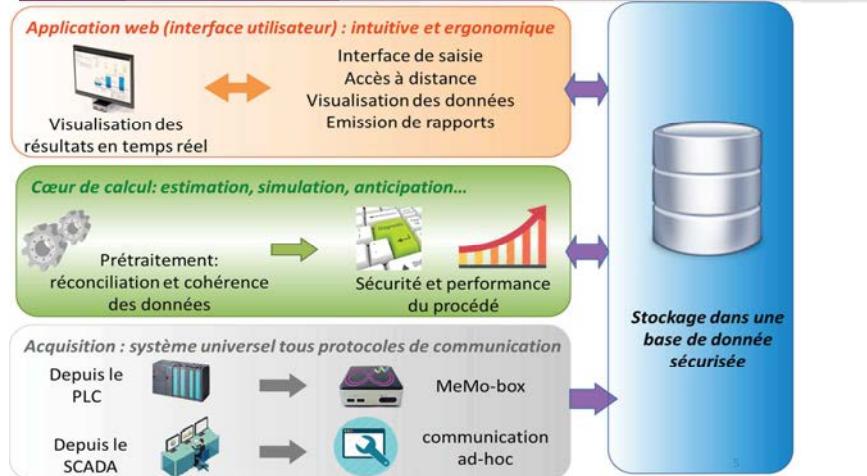
Estimer l'état biologique du procédé

Modéliser pour mieux comprendre

1. Contexte de la méthanisation
2. Estimer l'état biologique du procédé
3. Optimisation du procédé

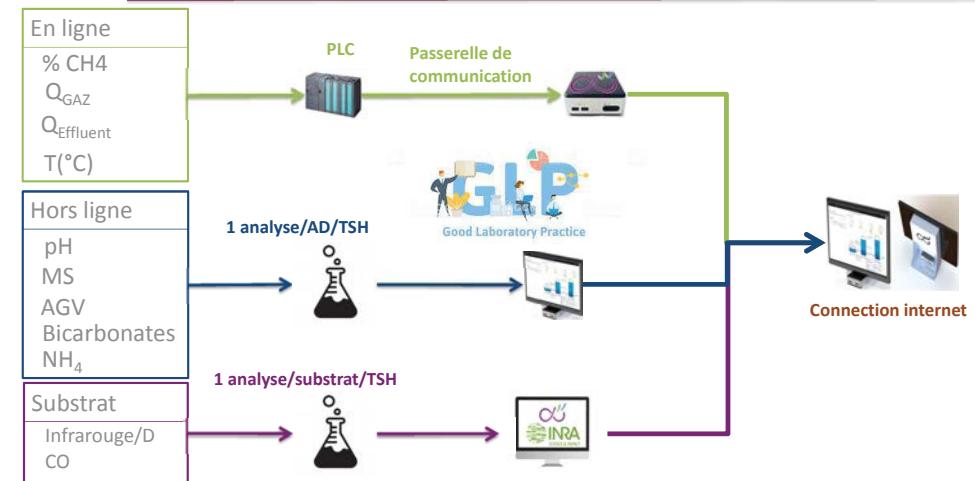
2.1 Estimer l'état biologique du procédé

Architecture système



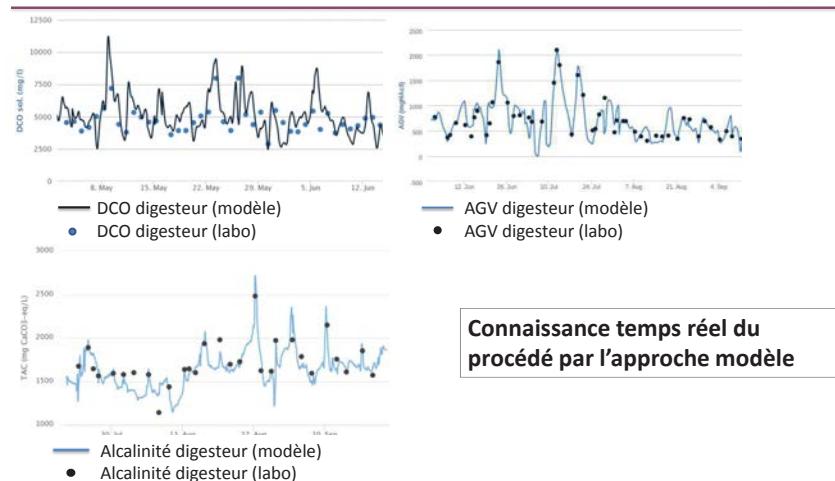
2.2 Estimer l'état biologique du procédé

Les prérequis



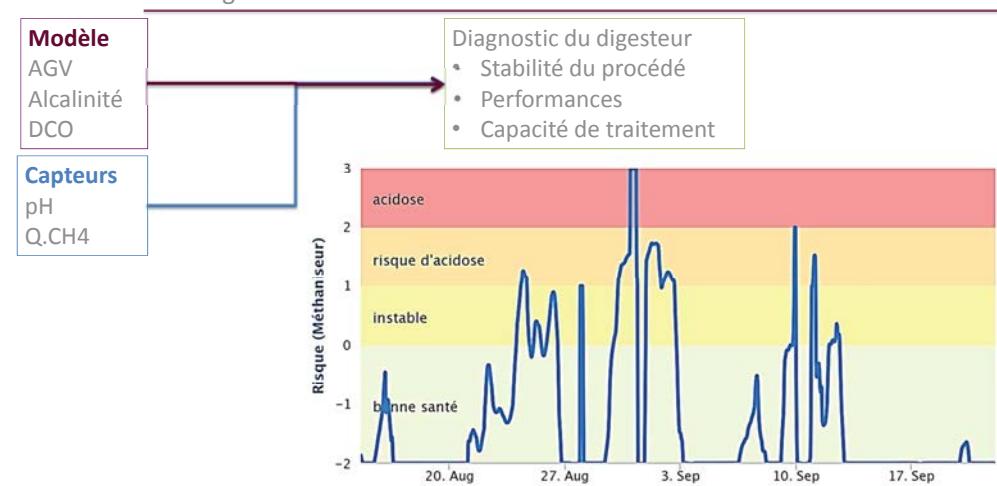
2.3 Estimer l'état biologique du procédé

Modélisation



2.4 Estimer l'état biologique du procédé

Diagnostic



3

Optimisation du procédé

Les gains observés

1. Contexte de la méthanisation
2. Estimer l'état biologique du procédé
3. Optimisation du procédé

3.1

Optimisation de l'unité

Objectifs



Accompagnement opérateur par des recommandations en temps réel :

- Régulation du débit d'alimentation
- Régulation de la charge alimentée
- Régulation du taux de dilution
- Régulation de la température
- ...

Bénéfices			
Effluents traités	Production de biogaz	Diminution des OPEX	Stabilité biologique
↗	↗	↘	↗

3.2

Optimisation de l'unité

Réguler la charge

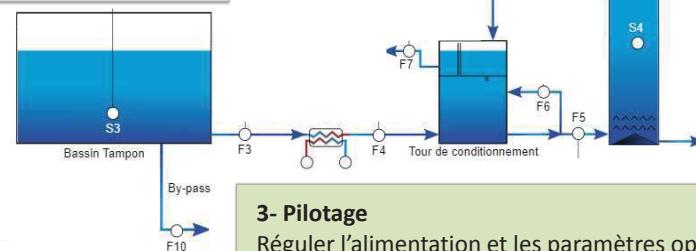
3.2

Optimisation de l'unité

Réguler la charge



- 1- Effluent**
- Charge variable selon le fonctionnement de l'usine
 - Risques d'inhibiteurs

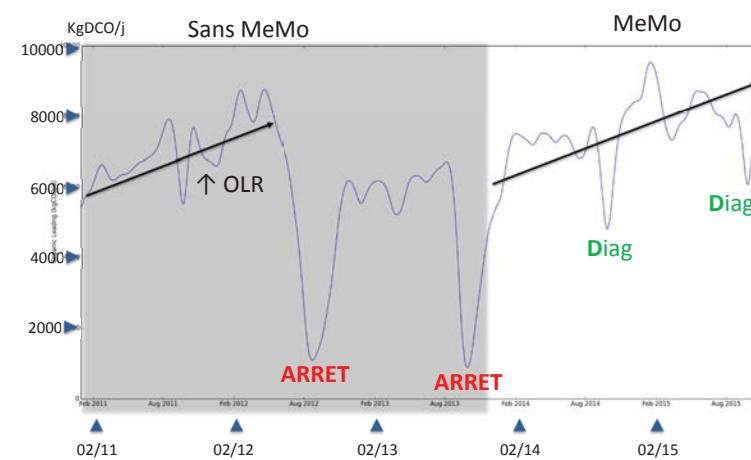


2- Procédé

- Etat et performances variables selon la charge et l'effluent reçu
- Lessivage de la biomasse

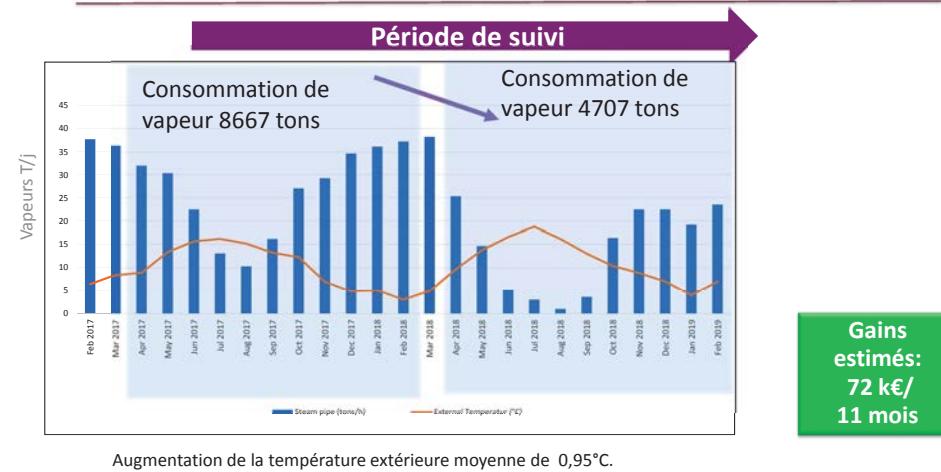
3- Pilotage

Réguler l'alimentation et les paramètres opératoires en fonction de l'état du digesteur et de l'effluent



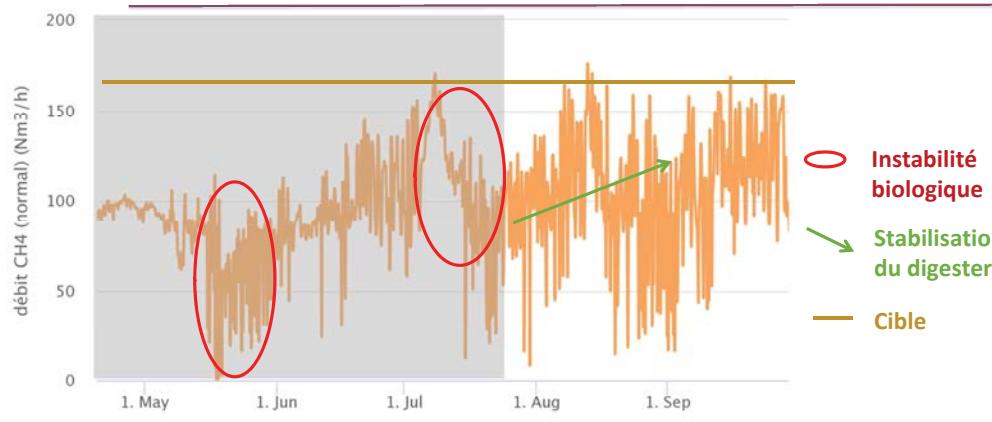
3.3 Optimisation de l'unité

Réguler la température



3.3 Optimisation de l'unité

Piloter la recette



- Stabilisation et augmentation de la production de biogaz
- Prochaine étape: recherche de nouveaux substrats pour augmenter la production de biogaz.

3.3 Optimisation de l'unité

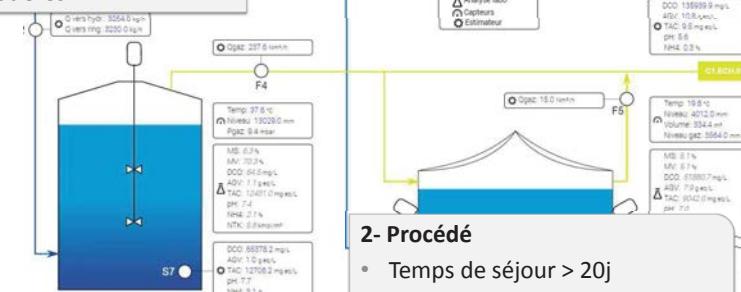
Piloter la recette

1- Effluent

- Charge variables
- Pas de stockage
- Forte diversité des matières

3- Pilotage

- Anticiper les performances du site pour piloter la stratégie d'alimentation avant l'arrivée des matières



2- Procédé

- Temps de séjour > 20j
- Risque fort d'acidose et alcalose

3.4 Optimisation de l'unité

résumé

Les avantages de la digitalisation

- Compréhension du procédé
- Stabilisation de la biologie
- Amélioration des performances bactériennes
- Réduction des couts opératoires
- Pilotage prédictif du procédé

Les plus pour une digitalisation réussie

- Solution analytique adaptée
- Compréhension du métier de l'opérateur
- Assistance et accompagnement dans la transition digitale
- Solution standard, déploiement sur mesure

Gain : 35 000 – 70 000 €/an

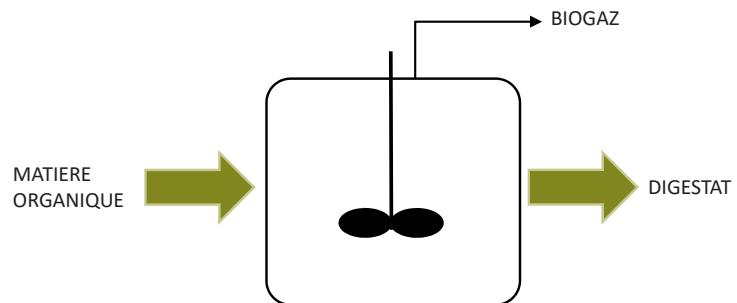
Retour sur investissement de 6-12 mois



Optimisation de la production de biogaz : pilotage avancé et évaluation des propriétés physiques

Bruno SIALVE
Chef de projet
Société Provademse (INSAVALOR)

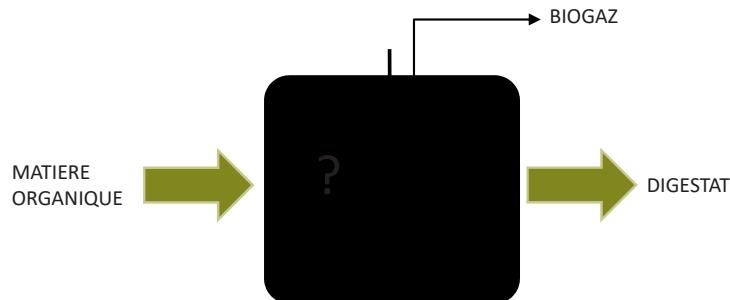
Problématique



Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

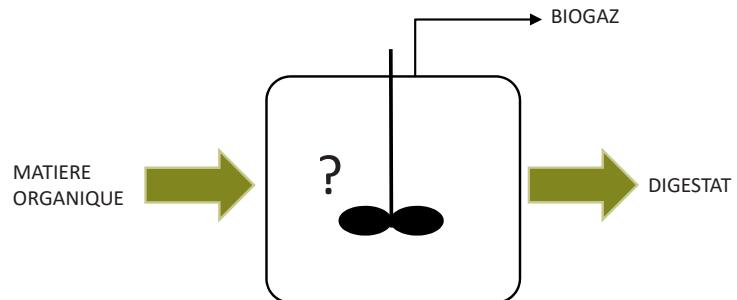
Problématique



Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Problématique



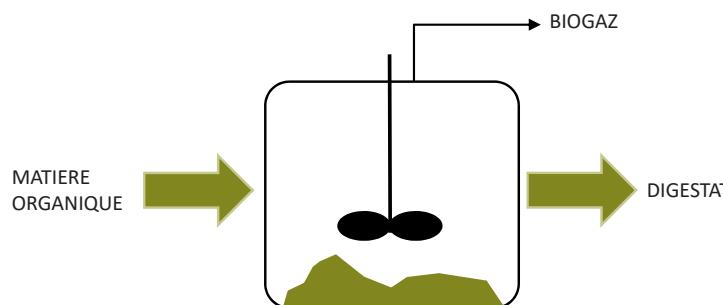
Quelles stratégies pour évaluer/décrire les phénomènes physiques associés au procédé ?



Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

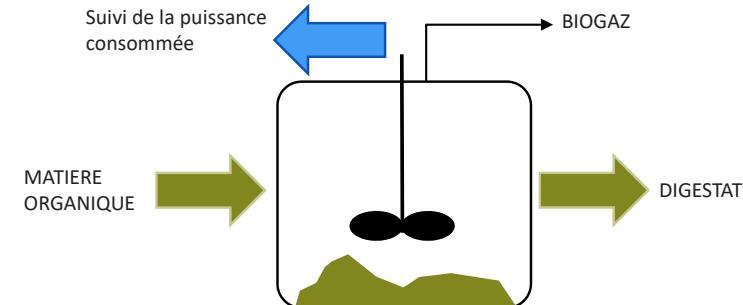
CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES BOUES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Qualité du mélange



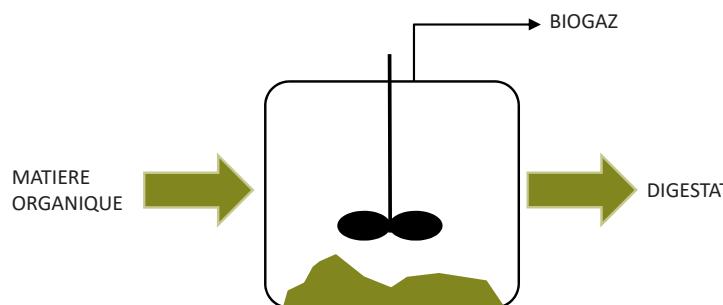
- Défaut d'agitation : agitateur usé/détérioré ; sédimentation
- Dégradation de la qualité du mélange: hétérogénéité du digesteur

Qualité du mélange



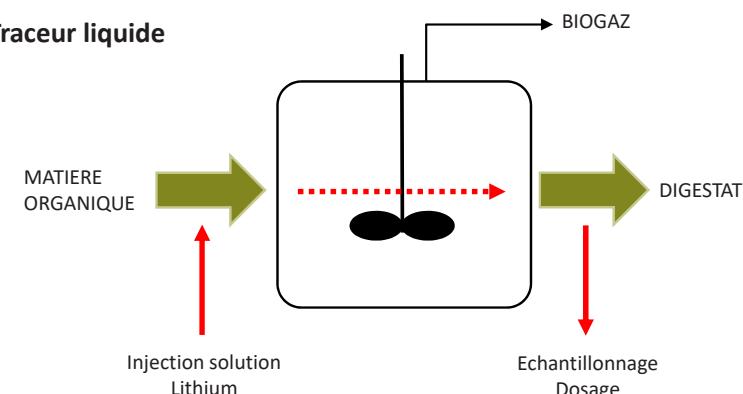
- Défaut d'agitation : agitateur usé/détérioré ; sédimentation
- Dégradation de la qualité du mélange: hétérogénéité du digesteur

Sédimentation/hétérogénéité/mélange

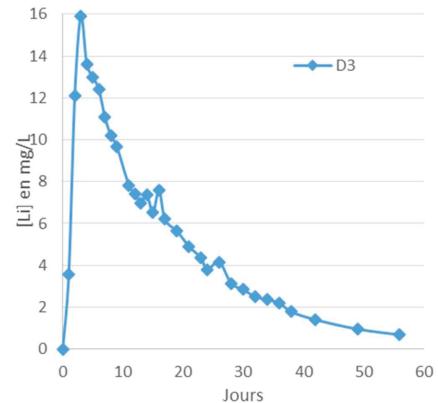


- Accumulation de matière dans le digesteur
- Diminution du temps de séjour : perte de volume réactionnel (impact sur la qualité du traitement)

Qualité du mélange: traçage au Lithium



Qualité du mélange: traçage au Lithium

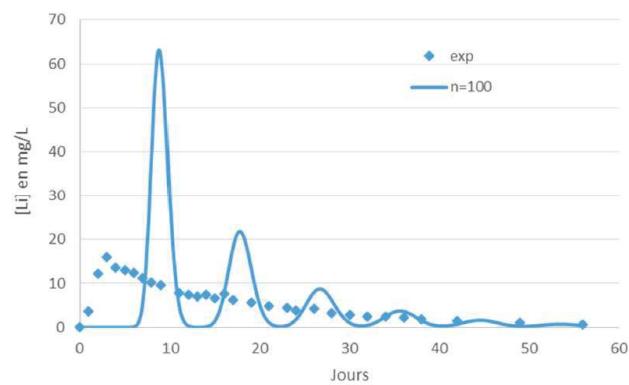


Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON



Qualité du mélange : traçage au Lithium



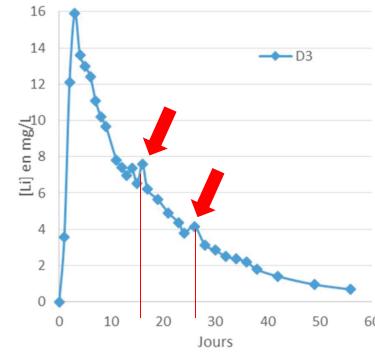
Modèle réacteur 'piston' vs résultats expérimentaux

Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON



Qualité du mélange: traçage au Lithium



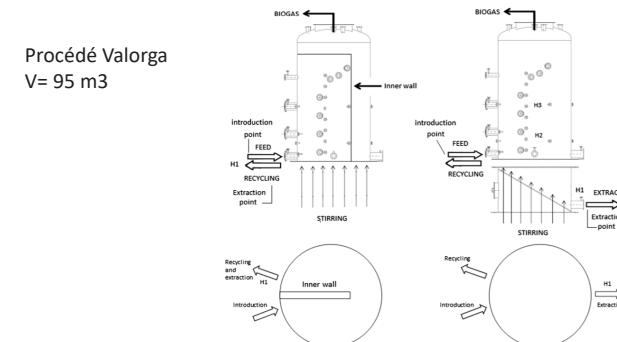
Utilisation d'un modèle : calcul du temps de séjour moyen ~16 jours

Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Sédimentation/hétérogénéité : investigations

Procédé Valorga
V = 95 m3



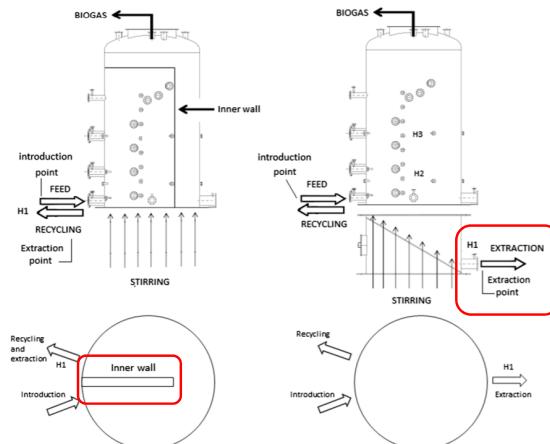
Álvarez, C., Colón, J., López, A. C., Fernández-Polanco, M., Benbelkacem, H., & Buffière, P. (2018). Hydrodynamics of high solids anaerobic reactor: Characterization of solid segregation and liquid mixing pattern in a pilot plant VALORGA facility under different reactor geometry. *Waste Management*, 76, 306–314.



Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTS A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Sédimentation/hétérogénéité : investigations

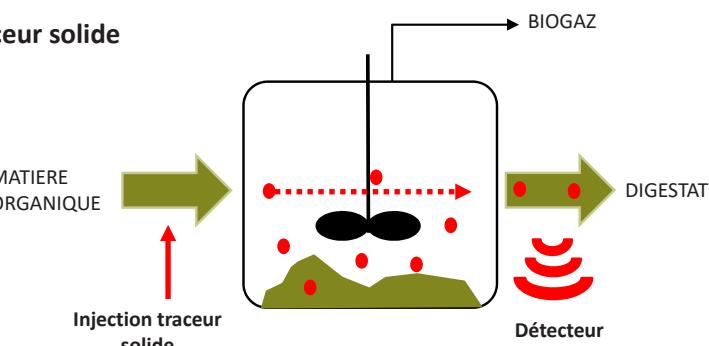


Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES GAZES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Sédimentation/hétérogénéité : traceur actif

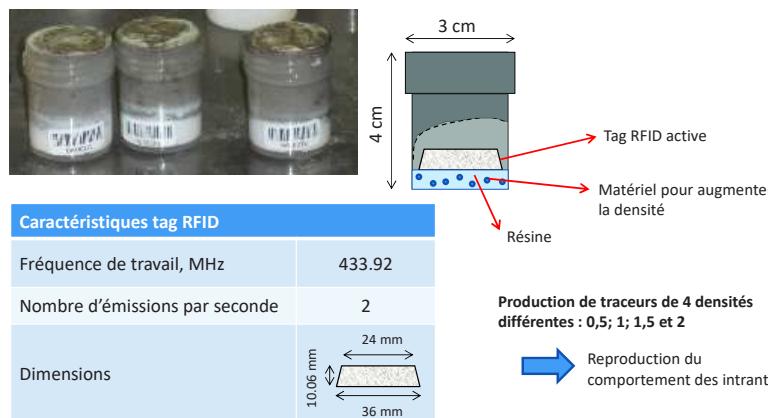
Traceur solide



Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES GAZES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Sédimentation/hétérogénéité : traceur actif

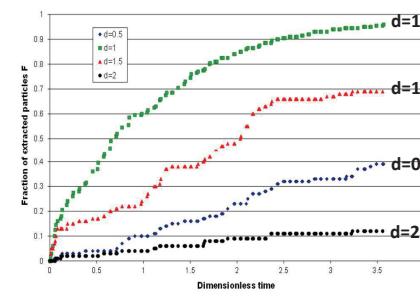


Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES GAZES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

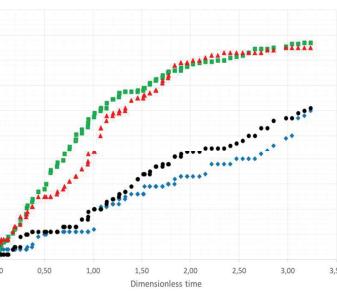
Sédimentation/hétérogénéité : traceur actif

Avant modification



Ségrégation dépendante de la densité

Après modification



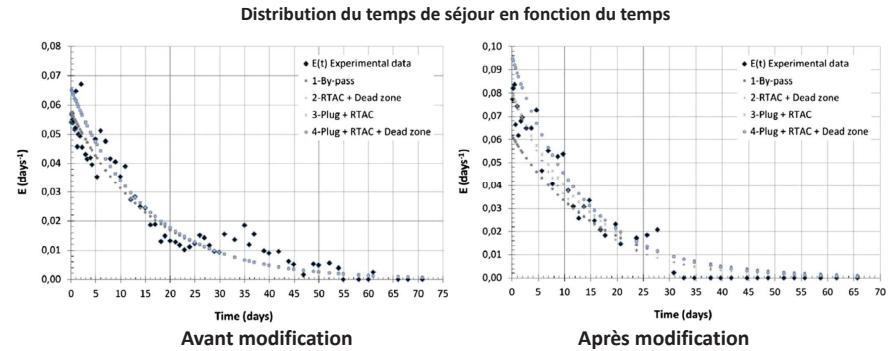
Amélioration notable du mélange



Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES GAZES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Sédimentation/hétérogénéité : traçage lithium



- Modèle infiniment mélangé adapté dans les 2 configurations
- Quantification de la « zone morte » : 28 % avant, 6 % après



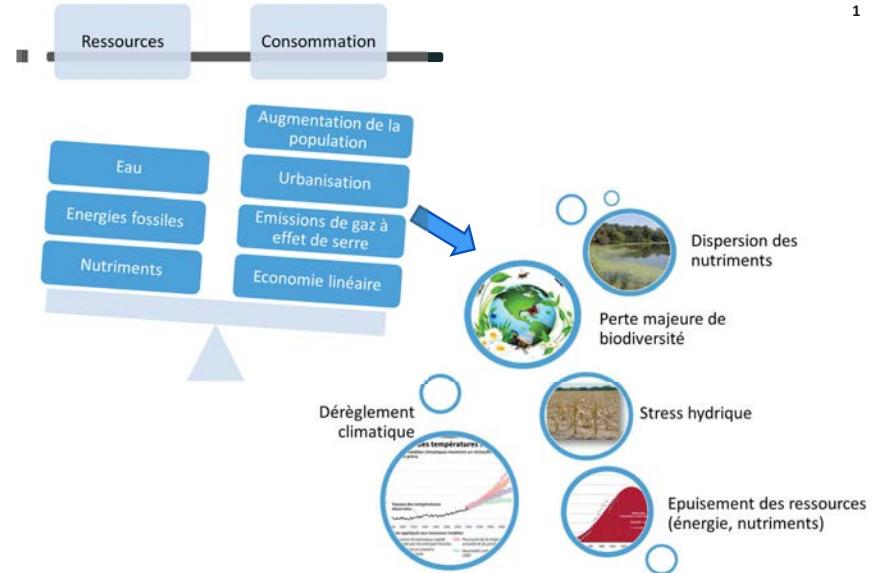
Bruno Sialve – GRAIE – 12/12/2019

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTS À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Digestion et station d'épuration du futur

Sylvie GILLOT, IRSTEA LYON UR REVERSAAL et
Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP

Les défis du traitement des eaux résiduaires



1

Les défis du traitement des eaux résiduaires



- Diminuer les risques sanitaires
- Protéger les milieux récepteurs



Aujourd'hui - Optimiser le traitement

- Respecter des niveaux de rejet plus stricts
- Maîtriser les impacts environnementaux et les coûts (énergie, réactifs, gaz à effet de serre,...)
- Considérer de nouvelles espèces à considérer (micropolluants)



Demain

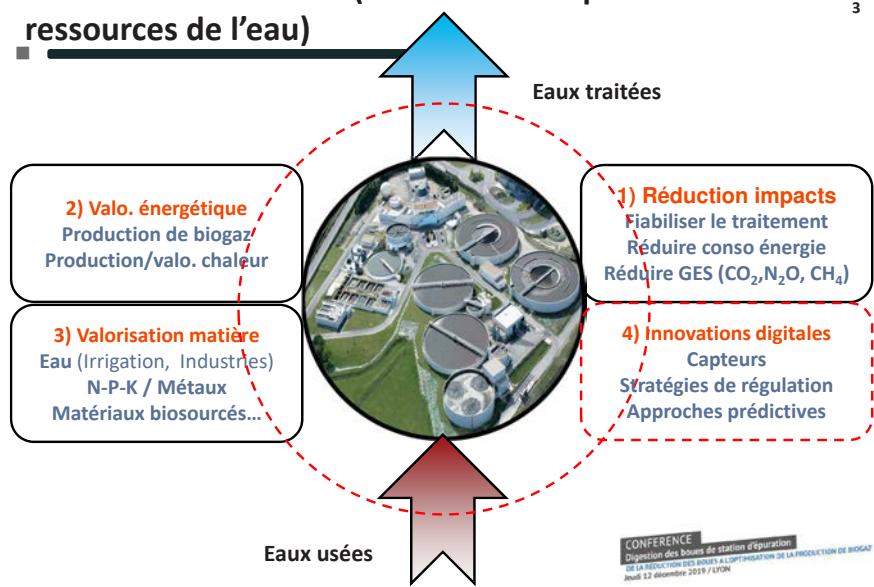
- Economie circulaire de l'eau - Concept des 3R :
 - Réduire (consommation, production de boues, GES...)
 - Réutiliser (eau, nutriments)
 - Recycler (énergie, matières)



jeudi 22 novembre 2018

2

De la STEP à la StaRRE (Station de récupération des ressources de l'eau)



3

La méthanisation = un maillon incontournable de la StaRRE Questions associées - Procédé



Intrants

Liens typologie des eaux et vecteur énergétique produit

Rôle de cette typologie dans la capture du carbone

Prétraitement des boues avant digestion

Co-intrants

Sortants

Transformation des matières (C, N, P...) en produits à haute valeur ajoutée (au-delà du méthane)

Caractérisation des retours en tête ; impact

Purification du biogaz et injection dans le réseau

Optimisation du procédé

Récupération du carbone, des nutriments, des métaux...

Fonctionnement (mélange, optimisation énergétique ...)

Régulation, capteurs en ligne

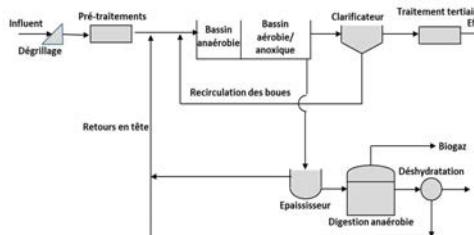
4

La méthanisation = un maillon incontournable de la StaRRE

Questions associées – Intégration

Intégration dans la StaRRE

Impact des dispositifs de valorisation sur le fonctionnement global de l'installation (interaction file eau/file boues...) Modélisation Bilans énergétiques globaux



Intégration dans le territoire

Co-méthanisation de boues de différentes installations Retour au sol des digestats Innovations organisationnelles Intégration dans la grille énergétique



Exemples de travaux de recherche à Irstea REVERSAAL



Etude comparative des technologies d'intensification de la production de biogaz d'un digesteur de Step

Prétraitement spécifique par désintégration des boues

Rendre la matière organique plus accessible pour la digestion

Questions de recherche associées

Performances de la désintégration pour trois procédés (thermique, électrocinétique, par ultrasons)

Impact sur la file eau

Caractérisation des retours en tête

> Thèse de Perrine Devos

<https://reversaal.irstea.fr/recherche/nos-theses-en-cours/>

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTSES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Exemples de travaux de recherche à Irstea REVERSAAL



<https://reversaal.irstea.fr/recherche/projets/optimisation/>

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES COÛTSES À L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGAZ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Captage et valorisation du carbone par procédé biologique forte charge et décantation primaire avancée

Capture > 60 % de la DCO attendue

Réduction de la consommation énergétique

Surproduction de biogaz + 70-80 %

Questions de recherche associées

Impact de la typologie de l'eau sur la capture du C, rôle des colloïdes

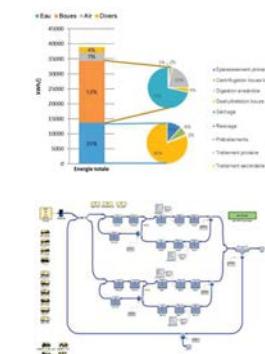
Caractérisation de la biodégradabilité des différentes fractions de la matière organique

Performances de réactifs biosourcés

Quels procédés de traitement de l'azote en amont ?

> Thèse de Raja Guthi

Exemples de travaux de recherche à Irstea REVERSAAL



Optimisation de la consommation énergétique des stations d'épuration

Meilleure connaissance des consommations d'énergie dédiées au traitement des eaux résiduaires

Etat de l'art des dépenses énergétiques du parc français

Analyse des gains énergétiques potentiels et effectifs de stations d'épuration a priori économies en énergie

<https://energie-step.irstea.fr>

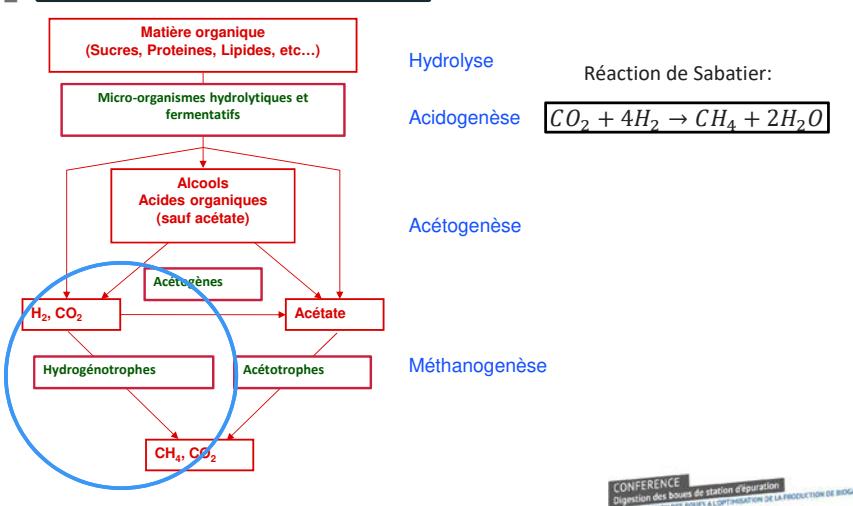
Développement d'outils d'audit énergétique

Questions de recherche associées

Modélisation des stations d'épuration dans leur ensemble
Développement et couplage de modèles (aérobie – anaérobiose)

Intégration d'équations représentant les dépenses énergétiques

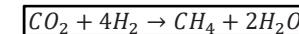
Focus : biométhanation (conversion du CO₂ en CH₄)⁹



Intérêt?

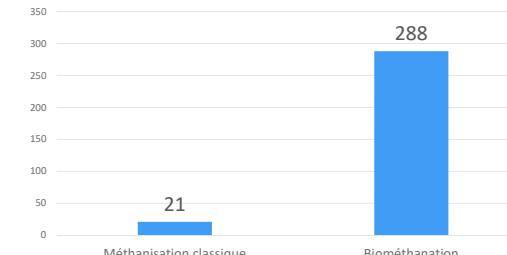
10

Plus simple que la méthanation catalytique (haute pression, haute température)



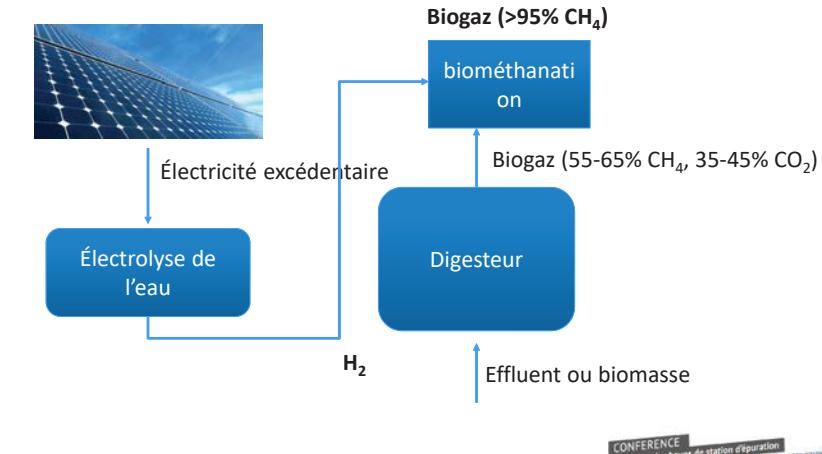
Très rapide pour une réaction biologique (productivité 288 L_{CH₄}/L_R/j)

Productivité (NL CH₄/L_R/j)



CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES EMISSIOES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Application: Power to gas et purification du biogaz¹¹



Enjeu technologique de la biométhanation

12

Transfert gaz-liquide

$$\dot{N} = k_L a(C^* - C)$$

Quantité transférée

Concentration en phase liquide

Coef. Transfert ≈ turbulence

Aire d'échange

Concentration à l'équilibre $C^* = K_H \times p_{i,gaz}$

CO₂ : gaz très soluble

H₂ : gaz très peu soluble, le transfert est LE facteur limitant de la biométhanation.

CONFERENCE
Digestion des boues de station d'épuration
DE LA RÉDUCTION DES EMISSIOES A L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BIOGАЗ
jeudi 12 décembre 2019 / LYON

Les technologies actuelles

13

Colonne agitée sous pression

Ex: démonstrateur Electrochaea (G / DK) 1 MW
 Pression 8 à 10 bars;
 Technologie type « hydrogénateur »
 1 réacteur de 10 m³



Lit à ruissellement

Ex: démonstrateur PFI (G)
 Pression 7 bars;
 Garnissage vrac
 2 réacteurs de 40 m³ en série

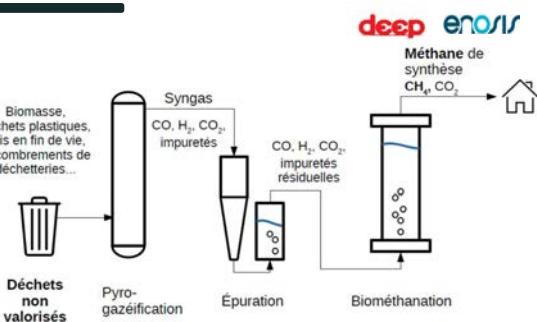


Travaux de recherche en cours à l'INSA (DEEP)

15

Biométhanation du Syngas (Projet Plainénergie)

Mélange CO, H₂, CO₂
 Mécanismes spécifiques et inhibitions
 Essais pilote (10L) en cours



Travaux de recherche en cours à l'INSA (DEEP)

14



Modélisation des biométhanateurs

- Comparaison des différentes technologies
- Couplage transfert / conversion biologique
- Développement d'un simulateur
- Essais pilote (montage 1^{er} semestre 2020)





www.graie.org

Domaine scientifique de la Doua
Bâtiment CEI
66 Bd Niels Bohr - CS 52132
69603 VILLEURBANNE cedex
asso@graie.org

Cette journée est organisée avec le soutien de l'Agence de l'Eau RMC et l'accueil de l'ENTPE.
La mission d'animation régionale du Graie bénéficie par ailleurs du soutien de la Métropole de Lyon et de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes..



GRAND LYON
la métropole



ENTPE
L'entrepôt de l'aménagement durable des territoires