



**CONFÉRENCE**  
 EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION  
 2 février 2023 - Villeurbanne (69)

**grai e**  
 PÔLE  
 EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

# SUPPORTS D 'INTERVENTION

Soutenu par



En partenariat avec :



# SOMMAIRE

PROGRAMME .....	3
AVANT-PROPOS .....	4
<b>SUPPORTS D'INTERVENTIONS</b>	
<b>Introduction et partenariat</b> Sylvie GILLOT, INRAE Lyon REVERSAAL & Laëtitia BACOT, GRAIE .....	5
<b>L'agence de l'eau RMC et la station du futur</b> Camille ARNAULT, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse .....	13
<b>Retour d'expérience sur la maintenance décennale des digesteurs</b> Eric PINSON, Mathieu NEUVEUX, Grand Chambéry .....	29
<b>Retour d'expérience sur l'exploitation et la gestion des procédés : Surveillance de l'alimentation des digesteurs</b> Nicolas GUILLAUD, William PERRIER, SILA - Syndicat intercommunal du lac d'Annecy .....	42
<b>La maîtrise énergétique des services publics d'eau et d'assainissement: grands principes et outils</b> Baptiste JULIEN, AMORCE .....	58
<b>Valorisation énergétique : mise en œuvre, freins, leviers &amp; points de vigilance</b> Claire-Marie LENOIR, Valence Romans Agglo et Sarah HÉMOUS, Véolia Eau .....	75
<b>Méthanation : aperçu des stratégies pour aller plus loin dans la valorisation énergétique des boues</b> Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP .....	95
<b>Apports de la modélisation pour l'exploitation des STEP</b> Sylvie GILLOT et Mathilde LEPAGE, INRAE LYON UR REVERSAAL .....	115

Version du 06/02/2023 - SUPPORTS D'INTERVENTIONS ACTUALISES SUITE A LA CONFÉRENCE

# PROGRAMME

## Optimisation de l'exploitation des Stations d'épuration | Pratiques actuelles et évolutions

OUVERTURE ET INTRODUCTION	
10h00	<b>Ouverture et présentation de la journée</b> Sylvie GILLOT, INRAE - UR REVERSAAL et Elodie BRELOT, Graie
10h15	<b>Éclairage actualités réglementaires et perspectives</b> Christophe VENTURINI, Ministère de la transition écologique MTE - DEB
10h35	<b>L'agence de l'eau RMC et la station du futur</b> Camille ARNAULT, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
EXPLOITATION & PROCÉDÉS	
11h00	<b>Retour d'expérience sur la maintenance décennale des digesteurs</b> Eric PINSON, Grand Chambéry
11h30	<b>Retours d'expérience ...</b> Échange discussion
12h15	Déjeuner
14h00	<b>Retour d'expérience sur l'exploitation et la gestion des procédés : surveillance de l'alimentation des digesteurs</b> Nicolas GUILLAUD, William PERRIER, SILA - Syndicat intercommunal du lac d'Annecy
EXPLOITATION & ÉNERGIE	
14h30	<b>La maîtrise énergétique des services publics d'eau et d'assainissement: grands principes et outils</b> Baptiste JULIEN, AMORCE
15h00	<b>Valorisation énergétique : mise en œuvre, freins, leviers &amp; points de vigilance</b> Claire-Marie LENOIR, Valence Romans Agglo et Sarah HÉMOUS, Véolia Eau
15h30	<b>Méthanation : aperçu des stratégies pour aller plus loin dans la valorisation énergétique des boues</b> Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP
ET DEMAIN ?	
16h00	<b>Apports de la modélisation pour l'exploitation des STEP</b> Sylvie GILLOT et Mathilde LEPAGE, INRAE LYON UR REVERSAAL
16h30	SYNTHESE et DISCUSSIONS
16h45	Fin de la journée

# EXPLOITATION DE STATIONS D'ÉPURATION

## Optimisation de l'exploitation des Stations d'épuration | Pratiques actuelles et évolutions

### CONTEXTE – THEMATIQUE

Adapter les systèmes d'assainissement dans un contexte de changement climatique, d'économie d'énergie, et de résilience des systèmes est une question de plus en plus prégnante pour les collectivités. **Les stations d'épuration doivent évoluer et s'adapter ; l'exploitation fait partie intégrante de cette adaptation.** Cela soulève de nombreuses questions et nécessite des choix stratégiques, méthodologiques, techniques et financiers.

### OBJECTIFS DE LA JOURNÉE

Nous vous proposons d'échanger sur les **pratiques actuelles et futures en matière d'exploitation technique des stations d'épuration** de relativement grande taille (> 5 000 EH). Sur la base d'exposés scientifiques, techniques, didactiques, de retours d'expériences et de discussions.

### AU PROGRAMME

La journée sera notamment axée sur des questions de pilotage de procédés et de leur optimisation énergétique.

**Les THÈMES :** Exploitation et procédés, Exploitation et énergie, Et demain ?

### PUBLIC CIBLE ET ORGANISATION

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

### PARTENARIAT

#### Comité de programme :

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : Camille

Véolia Eau : Frédéric Gogien

Arnault INRAE Lyon REVERSAAL : Sylvie Gillot

Métropole de Lyon : Sébastien Riello

Insa Lyon DEEP : Pierre Buffiere

Amorce : Baptiste Julien

Graie : Laëtitia Bacot – en appui sur le groupe de travail exploitants de STEP du Graie.

#### Partenaires

Évènement co-organisé par le Graie et INRAE, en appui sur le réseau des « exploitants de Step » du Graie.

En partenariat avec l'INSA de Lyon & AMORCE.

Avec le soutien de l'Agence de l'Eau RMC et du Ministère MTE.

### LE GROUPE DE TRAVAIL RÉGIONAL

Le Graie anime depuis 2000 un groupe de travail sur l'exploitation des stations d'épuration sur le bassin RMC, qui réunit régulièrement une vingtaine de participants de collectivités, exploitants privés, scientifiques et partenaires institutionnels. Ce réseau s'adresse directement : aux exploitants de stations d'épuration (publiques et privées) et à leurs partenaires institutionnels ( l'Agence de l'eau RMC, des départements (Savoie, Haute-Savoie, Isère, Rhône ...). De plus, des personnes ressources, d'autres organismes et d'autres compétences professionnelles (notamment scientifiques), peuvent être invitées à la demande des membres, de manière permanente ou ponctuellement sur un sujet précis. Les différents échanges et retours d'expériences présentés lors des réunions de ce groupe sont mis à la disposition de tous sur notre site internet [www.graie.org](http://www.graie.org). *Contacts :* [laetitia.bacot@graie.org](mailto:laetitia.bacot@graie.org) & [alexandra.pinscloux@graie.org](mailto:alexandra.pinscloux@graie.org)

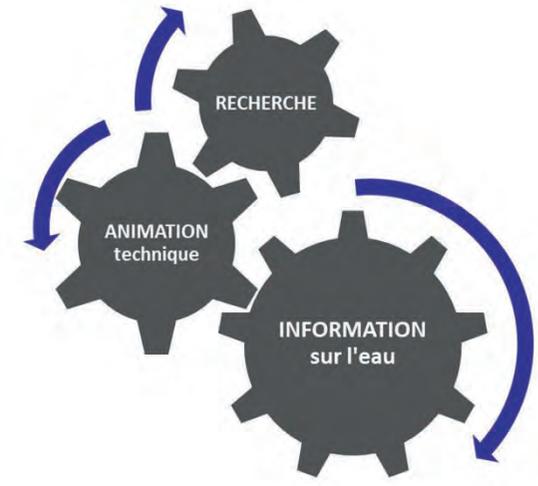
## | Introduction & Partenariat |

---

Sylvie Gillot, INRAE REVERSAAL & Laëtitia Bacot, GRAIE



# Une conférence, un partenariat au service de l'action et de la capitalisation d'expériences





# INRAE - UR REVERSAAL

Réduire, réutiliser, valoriser les ressources des eaux résiduaires



Préfigurer la station  
d'épuration du futur



Domaines d'intervention  
Eaux résiduaires, boues, eaux  
pluviales, territoire métropolitain,  
outre-mer et pays du sud



Personnels  
18 permanents  
15 doctorants/post-doctorants  
9 contractuels



Partenaires  
publics, privés



## 1 - Réduire les émissions vers l'environnement

- Mesurer, modéliser et maîtriser les transferts et les transformations des polluants
- Réduire les consommations énergétiques et GES (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)

## 2 - Réutiliser les effluents traités

- Eau (industrie, sols...) - Eau + nutriments : fertirrigation
- Approches décentralisées – gestion eaux urbaines

## 3 - Récupérer des ressources

- N-P-K / Métaux
- Matériaux biosourcés ...
- Energie = biogaz, chaleur

## 4 - Innovations digitales

- Développer des capteurs innovants
- Fiabiliser les données et développer des stratégies pour optimiser les procédés
- Développer des outils d'aide à la décision

<https://reversaal.inrae.fr/>



Une ressource pour  
des territoires  
eau-responsables

# Le Graie – Pôle Eau & Territoires

## Une ressource pour des territoires "eau-responsables"



### Repères GRAIE

**320** ADHÉRENTS  
RÉUNIS AU SEIN DE L'ASSOCIATION

**108** RENCONTRES EN 2021

**1 100** PERSONNES

**2 300** PARTICIPATIONS

**6** DISPOSITIFS DE RECHERCHE

**250** SCIENTIFIQUES MOBILISÉS

**1 000** DOCUMENTS RÉFÉRENCÉS

**5** GROUPES DE TRAVAIL ET D'ÉCHANGE

**2** GRANDS RENDEZ -VOUS  
INTERNATIONAUX

NOVATECH, l'eau dans la ville

I.S.RIVERS, fleuves et grandes rivières

Soutenu par





EAU ET SANTÉ



RECHERCHE



ANIMATION

Groupes de travail régionaux  
> END – effluents non domestiques  
> EXPLOITANTS DE STEP ( depuis 2000)  
Réseau national END

DIFFUSION

Publications  
Centre de ressources  
Réseaux sociaux  
Contribution au plan national Micropolluants  
Conférences



EXPLOITATION DES STEP

- S'adapter,
- Innover

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

## Objectifs de la journée !

Toujours : Des outils pour améliorer le fonctionnement de nos systèmes d'assainissement

3 volets :

- **Le contexte – réglementaire et agence de l'eau RMC**
- **Les retours d'expériences**
- **Le transfert de connaissances – résultats scientifiques, développements méthodologiques et prospectifs**

## Favoriser les rencontres et les échanges



# Programme

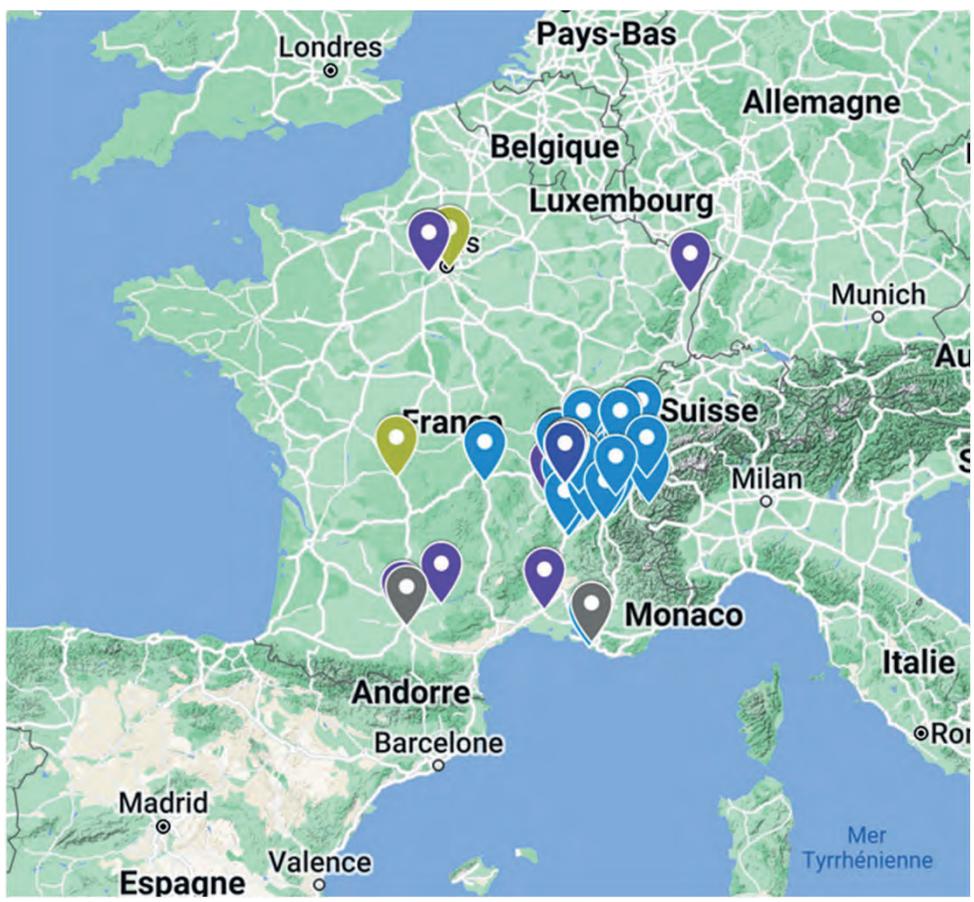
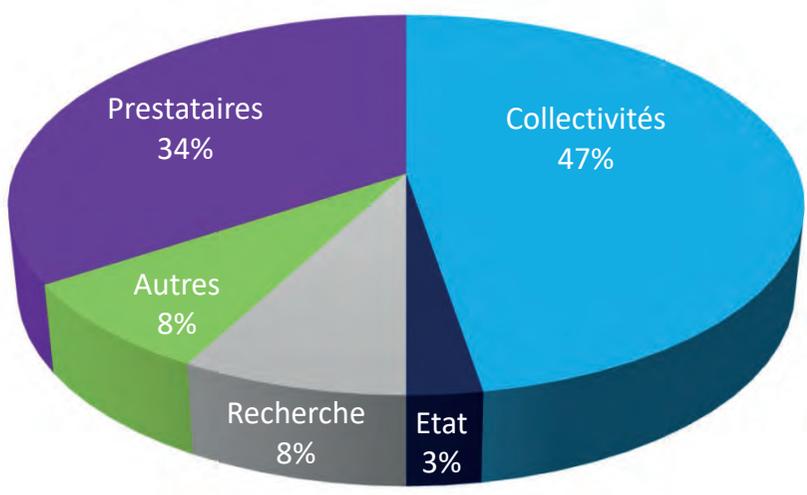
10h15	Éclairage actualités réglementaires et perspectives	GRAIE - MTE
10h35	L'agence de l'eau RMC et la station du futur	Agence de l'eau RMC
<b>EXPLOITATION &amp; PROCÉDÉS</b>		
11h00	Retour d'expérience sur la maintenance décennale des digesteurs	Grand Chambéry
11h30	Retours d'expérience avec la salle	Échange discussion
12h15	<b>Déjeuner</b>	
14h00	Retour d'expérience sur l'exploitation et la gestion des procédés : mesures, pilotage, vigilance et maintenance	SILA - Syndicat intercommunal du lac d'Annecy
<b>EXPLOITATION &amp; ÉNERGIE</b>		
14h30	La maîtrise énergétique des services publics d'eau et d'assainissement: grands principes et outils	AMORCE
15h00	Valorisation énergétique : mise en œuvre, freins, leviers & points de vigilance	Valence Romans Agglo et Véolia Eau
15h30	Méthanation : aperçu des stratégies pour aller plus loin dans la valorisation énergétique des boues	INSA Lyon DEEP
<b>ET DEMAIN ?</b>		
16h00	Apports de la modélisation pour l'exploitation des STEP	INRAE LYON UR REVERSAAL
16h30	SYNTHESE et DISCUSSIONS	
16h45	Fin de la journée	



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**



80 participants - 53 organismes



**Merci à tous & Très bonne journée !!!**

## | L'Agence de l'eau RMC | La station du futur

---

Camille ARNAULT, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse

# L'agence de l'eau RMC

**11<sup>ème</sup> programme 2019-2024**  
**« Sauvons l'eau ! »**



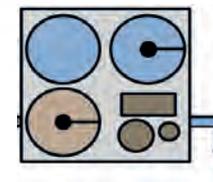
**2,64 Milliards d'euros**  
**d'aides sur 6 ans**



**Dont 40 % pour aider les**  
**territoires à s'adapter aux**  
**changements climatiques**



# Aides Stations – 11<sup>ème</sup> programme – File Eau



Type d'intervention	Conditions	Subvention
Etudes et travaux	Liste de STEU PAOT en déclinaison d'une mesure « assainissement » des PdM	max. 50 %
Etudes et travaux	ZRR	max. 70 %
Ouvrages de traitement des micropolluants	- Pour les STEU $\geq$ 200 000 EH - Pour les STEU $\geq$ 100 000 EH avec opération collective de niveau 2 validé	max. 50 %

Introduction  
au 01/01/22



PAOT = Plan d'Actions Opérationnel Territorialisé

PdM = Programme de Mesures

ZRR = Zone de Revitalisation Rurale

# Aides Stations – 11<sup>ème</sup> programme – File boue



Type d'intervention	Conditions	Subvention
Simple déshydratation + stockage	PAOT	max. 50 %
Simple déshydratation + stockage + hygiénisation	ZRR	max. 70 %
Etudes liées à l'épandage et PRPGD		max. 50 %
Compostage, incinération	Compatible avec les PRPGD	max. 50 %
Hygiénisation	STEU ayant des contraintes réglementaires	max. 50 %

Introduction  
au 01/01/22



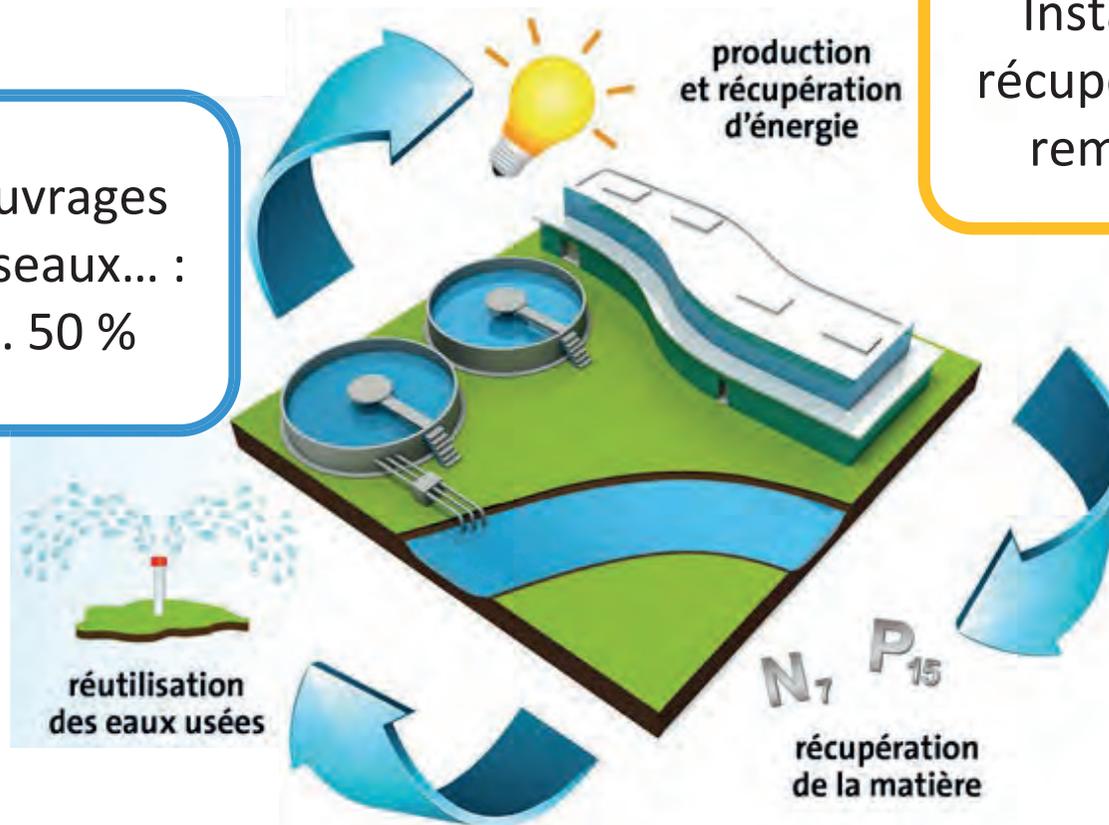
PAOT = Plan d'Actions Opérationnel Territorialisé

ZRR = Zone de Revitalisation Rurale

PRPGD = Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets non dangereux

# Aides Stations – 11<sup>ème</sup> programme – Station innovante

REUT : Etudes, ouvrages de traitement, réseaux... : subvention max. 50 %

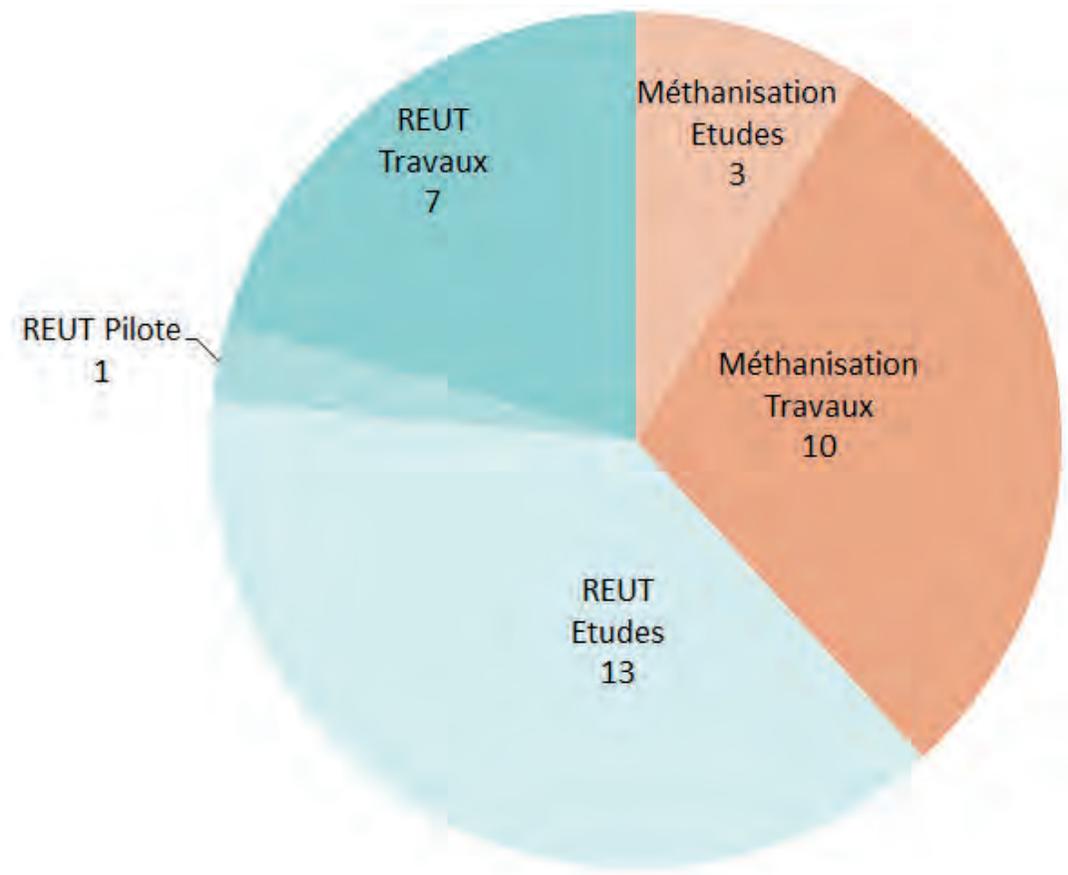


Installations de production / récupération d'énergie : avance remboursable jusqu'à 50 %

Installations de récupération de matières (phosphore, azote, cellulose...) : subvention max. 50 %

# Bilan aux 2/3 du programme (2019-2022)

- **Constat :**
  - Beaucoup de travaux de méthanisation
  - Montée des projets de REUT
  - **Aucun projet de récupération de matières**
- Constat quasi identique lors du 10<sup>ème</sup> programme



# Exemple de projet - Méthanisation

- **Valence** : Construction d'un méthaniseur avec injection de biométhane
- **Coût des travaux** : 11 M€
- **Aide agence** :
  - Avance : 3 M€
  - Subvention exceptionnelle (AAP Rebond) : 4 M€
- **Inauguration** : 04/07/22



# Exemple de projet - REUT

- **Narbonne : REUT BOX**

⇒ Réutilisation des eaux usées traitées en interne sur la STEU (120 000 EH) :

- Préparation des polymères
- Lavage (dégrilleurs, sols, camions et locaux)
- Camion hydrocureurs

- **Coût des travaux : 130 000 €**

- **Taux d'aide : 50 %**

- **Substitution :  $\approx 15\ 000\ \text{m}^3 / \text{an}$**

- **Réalisation : 2021/2022**



# Appel à Manifestation d'Intérêt

**Eau et climat :**  
**agir plus vite, plus fort sur les territoires**



## **Objectifs :**

Réduire la vulnérabilité des territoires ou milieux naturels face aux effets du changement climatique, par des actions ambitieuses ou innovantes.

⇒ **Multithématique, très ouvert sur la nature des projets**

# Appel à Manifestation d'Intérêt

## Modalités :

- Enveloppe budgétaire : 10 M€
- Pas de zonage d'éligibilité
- Taux maximal du programme = 70%

## Calendrier :

- Ouverture : 01/01/23
  - Échéance phase 1 - dépôt lettre d'intention : 30/04/23
  - Échéance phase 2 - dépôt dossier complet : 30/10/23
- ⇒ **Sélection par un jury à l'issue de chaque phase**

Pour plus d'informations : [www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr)



**SAUVONS !  
L'EAU !**

# 11<sup>ème</sup> programme - Politique innovation R&D

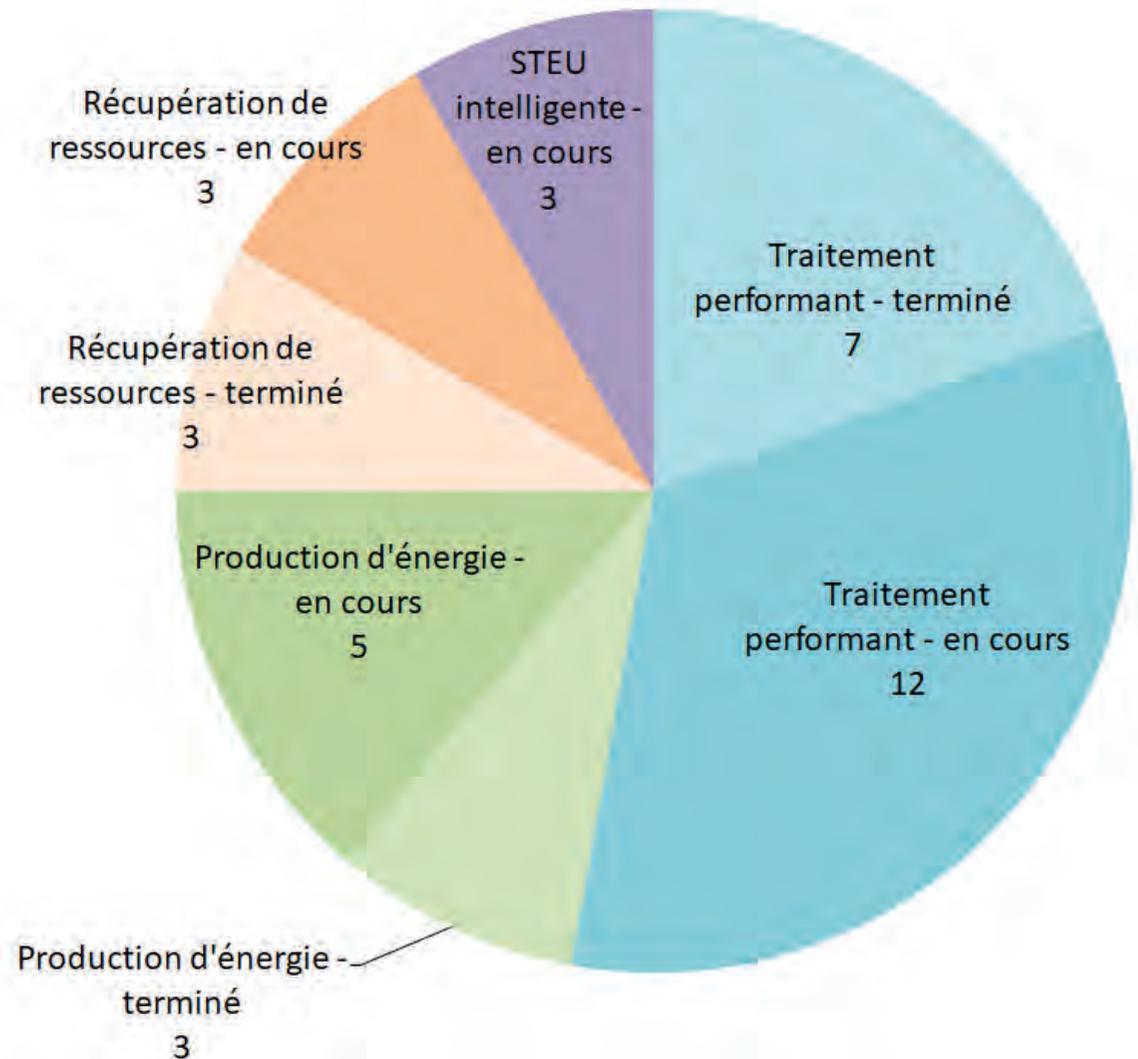
- 4 orientations techniques :
- Budget annuel : 1 M€



# 11<sup>ème</sup> programme - Politique innovation R&D

## Total de 36 études :

- 13 études terminées
- 23 études en cours



# Focus sur la production d'énergie

- Beaucoup de méthaniseurs installés sur le bassin (presque 40) et en cours d'installation (une dizaine)

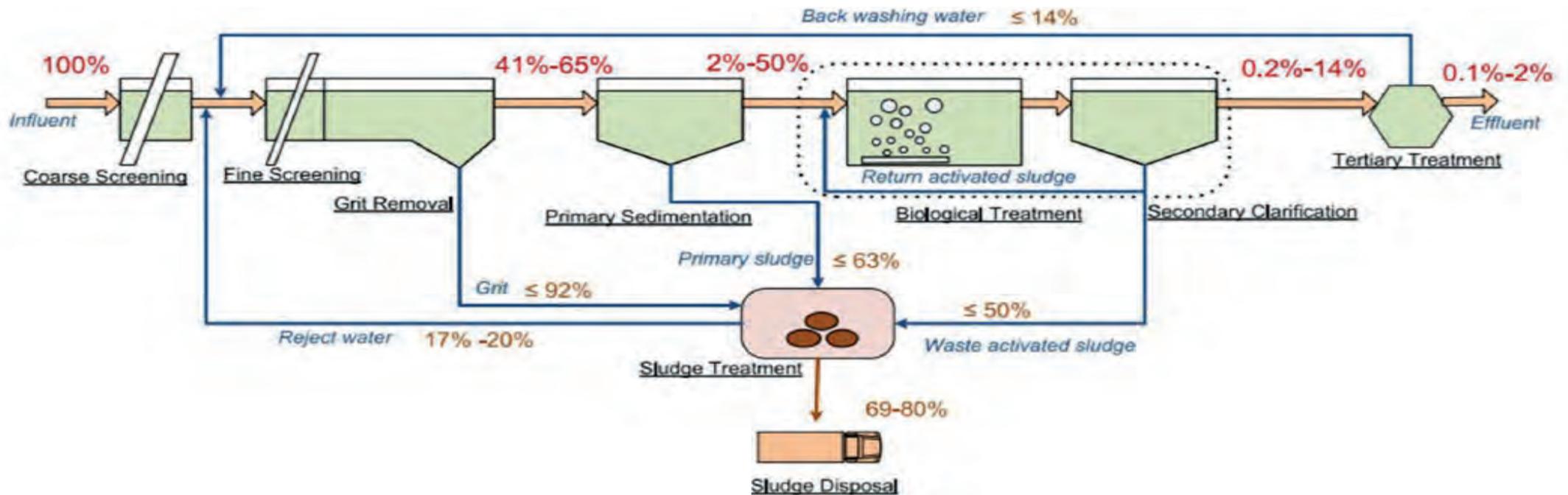
INRAE, La digestion des boues de station d'épuration : état de l'art et paramètres clés, juin 2020



- Exemple d'étude en cours : Evaluation des performances des technologies de désintégration des boues :
  - Ultrasons – STEU d'Ajaccio Campo Del Oro (2A) - 40 000 EH ;
  - Électrocinétique – STEU de Reventin Vaugris (38) - 125 000 EH ;
  - Thermique – STEU Le Pertuiset SIVO (42) – 80 000 EH.

# Focus sur les microplastiques

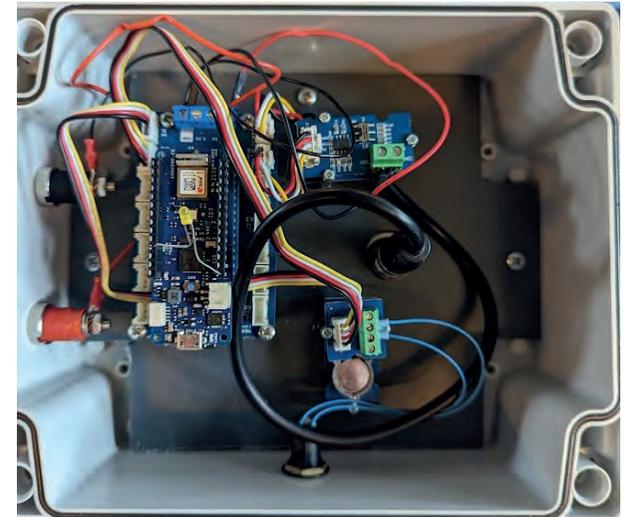
- 2020-2021 : Micro-particules organiques synthétiques : sources, transfert, quantification et impacts des micro- et nano-plastiques au sein des hydrosystèmes urbains – Etat de l’art des connaissances scientifiques



Estimation de l'efficacité d'élimination des MPS dans les stations d'épuration par étape du traitement (Sun et al. 2019).

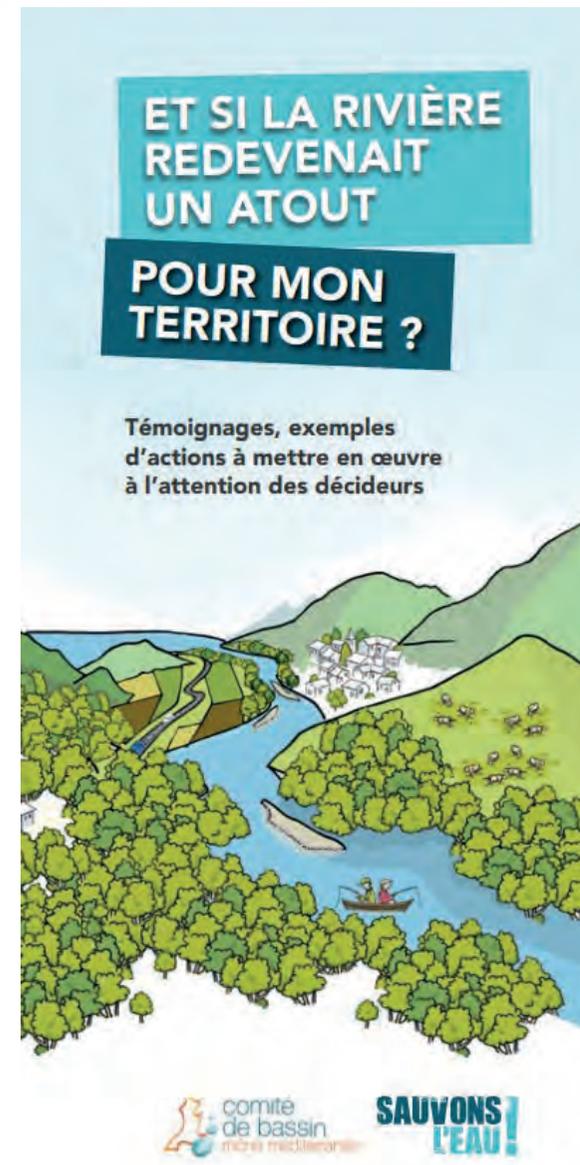
# Focus sur les capteurs low-cost

- Projet terminé en 2023 :  
Suivi et Evaluation des capTeurs low-cost pour les Installations de traitement des Eaux usées : qualité des Eaux et énErgie
- Développement de 3 centrales de mesures :
  1. Mesure de débit et de hauteur d'eau
  2. Physico-chimique : température, conductivité , redox, pH et oxygène.
  3. Energie.
- Pour plus d'informations : <https://reversaal.inrae.fr/recherche/projets/setier/>



# Perspectives

- Réflexion sur l'élaboration d'un livret-argumentaire à destination des élus « **Et si la station d'épuration devenait un atout pour mon territoire ?** »
- Lancement de la préparation du 12<sup>ème</sup> programme (2025 – 2030) :  
**La station du futur a tout son sens**



## | Retour d'expérience sur la maintenance décennale des digesteurs |

---

Eric PINSON, Mathieu NEUVEUX, Grand Chambéry

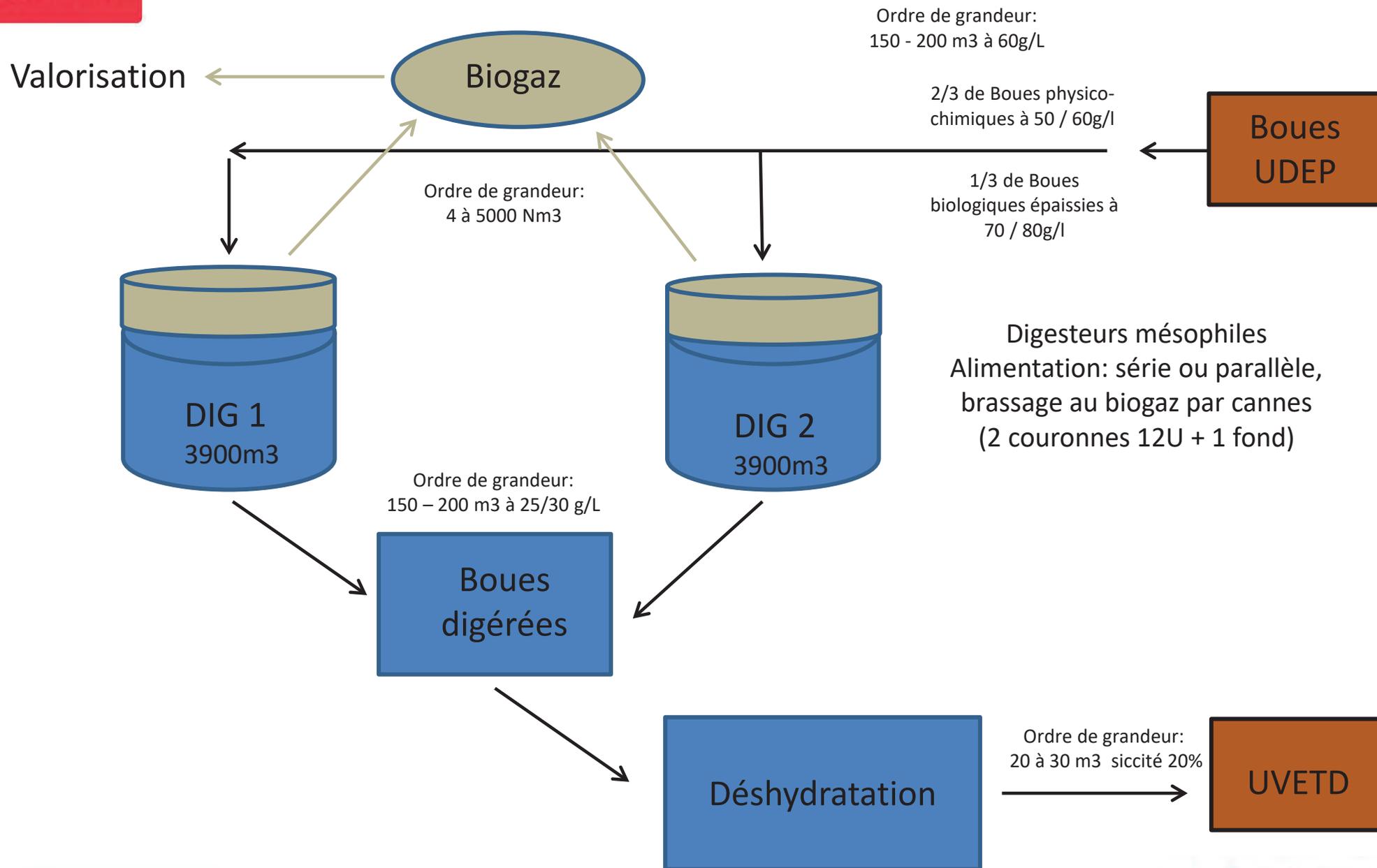
# Vidange et réhabilitation des digesteurs



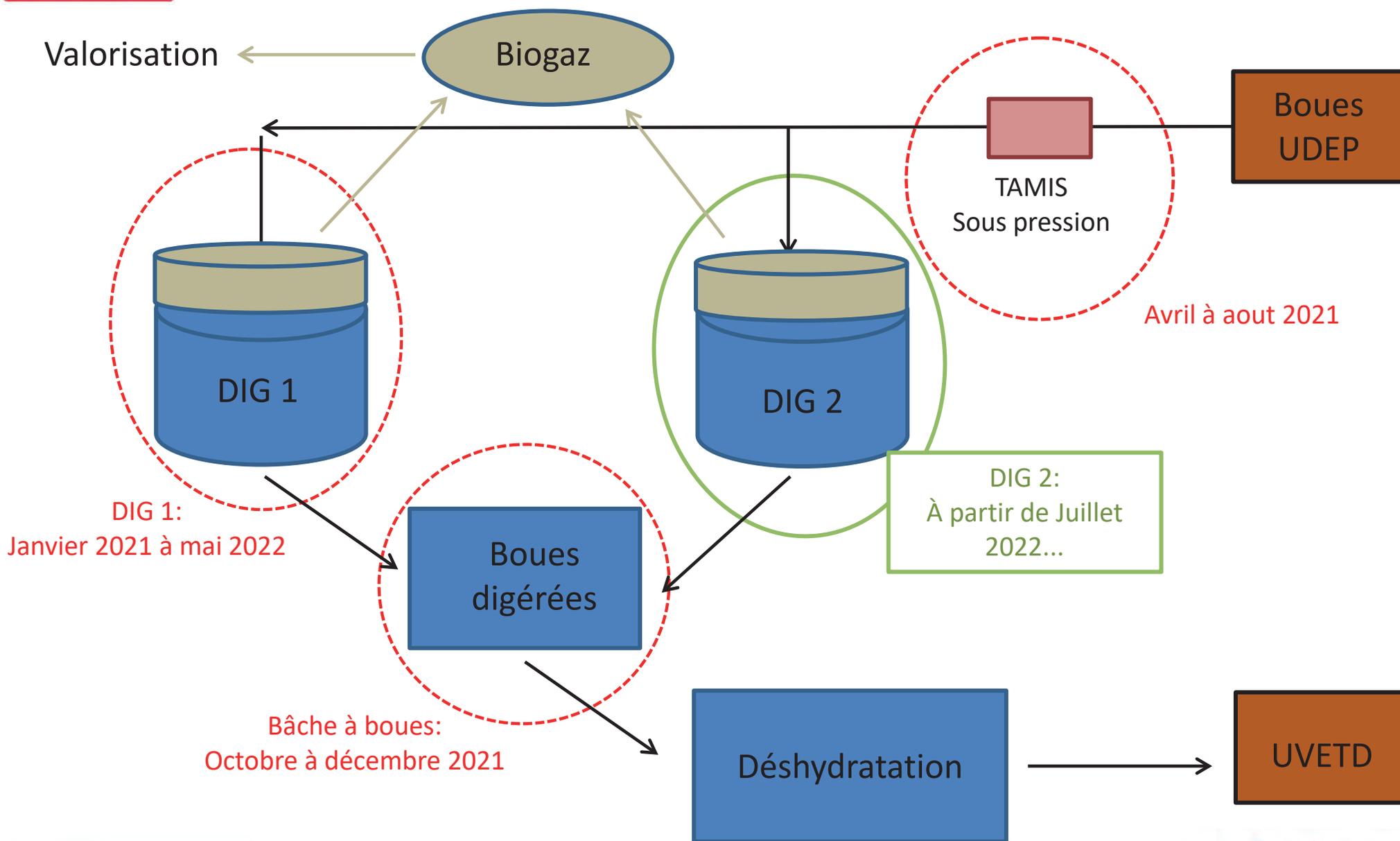
## Le contexte (fin 2019- début 2020):

- Maintenances décennales à programmer (mise en service de la filière boues : mars 2013)
- Quelques dysfonctionnements récurrents sur la filière (cannes de brassages bouchées, suspicions de gros dépôts de fond et déséquilibre dig 1 / dig 2, ....)
- Projection des Travaux de Valorisation du Biogaz avec arrêt de la cogénération)
- Projets d'évolutions (injection des graisses, augmentation du gisement boues, optimisation de production de biogaz)

# Principe de fonctionnement de la filière boues



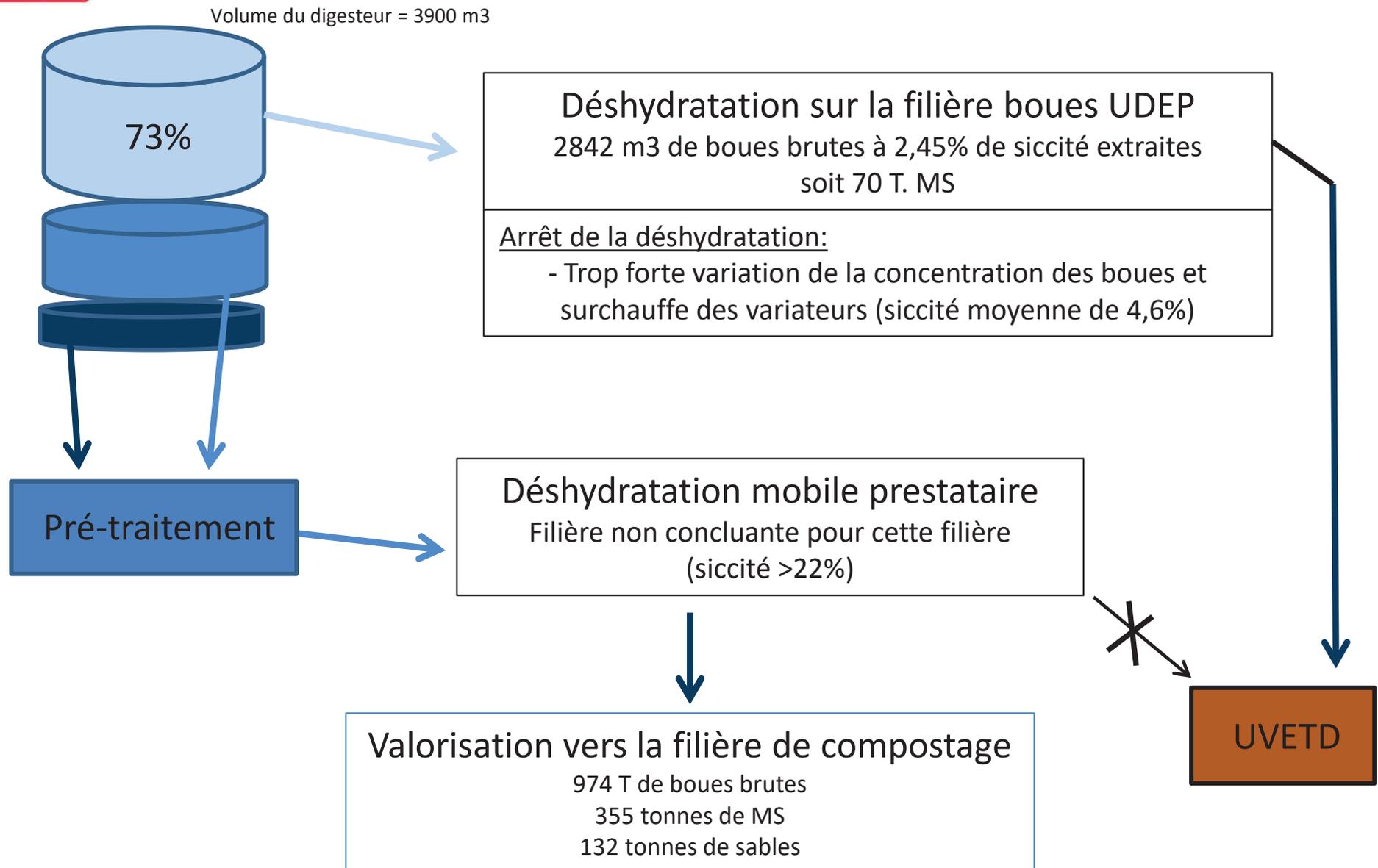
# Les travaux du digesteur n°1 – (19 mois)



# Les principales étapes de la réhabilitation des 2 digesteurs

- 20 novembre 2020
- janvier 2021
- **début mars 2021**
- mars
- mars - mai
- 28 mai
- avril à aout
- oct. - décembre
- mars à mai
- 31 mai 2022
- **Juillet 2022**
- Aout-
- Septembre -octobre
- 21 novembre
- Nov. -janvier 2023
- **Été 2023**
- Étude et préparation + installation de chantier
- Montée en charge du digesteur 2
- **ouverture haute du digesteur 1**
  - Pompage des boues liquides
  - Pompage des boues intermédiaires
  - ouverture basse du digesteur
  - Pompage des boues de fonds
- Travaux de réhabilitation du digesteur
- Montée en charge
- Réouverture de la ligne Biogaz digesteur 1
- **ouverture haute du digesteur 2**
  - Pompage des boues liquides
  - Pompage des boues intermédiaires
  - ouverture basse du digesteur
  - Pompage des boues de fonds
- Ouverture ligne biogaz digesteur 2

# vidange du digesteur n°1



# Réhabilitation du Dig 1

## - Réhabilitation de l'ouvrage partie génie civil Dig 1.

Pas de désordres apparents constaté lors de l'inspection. Aucune réparation nécessaire



Dépôt de boues non décapé lors du nettoyage

Résine epoxy armée

Dépôt bleu de nature inconnue

Le béton des voiles est sain. Il n'apparaît pas de fissure, de nid de gravier, ni d'attaque chimique.

# Réhabilitation de la bâche à boues digérées

## - Réhabilitation de l'ouvrage partie génie civil Bâche à B.

Nombreux désordres apparents constaté lors de l'inspection.

Reprise complète de l'ouvrage par application d'un revêtement d'imperméabilisation et de protection anti corrosion à base de résine époxy

Vue de la sous face de la dalle de couverture :



Béton brut

Revêtement epoxy



Revêtement epoxy

Béton brut



Radier avec  
revêtement (couleur  
jaune)



# Réhabilitation des équipements

Conduites Biogaz:

Réparation partielle des 12 cannes de brassage : joints - PEHD



figure 4 : cannes de brassage du digesteur 1 déposée et stockées

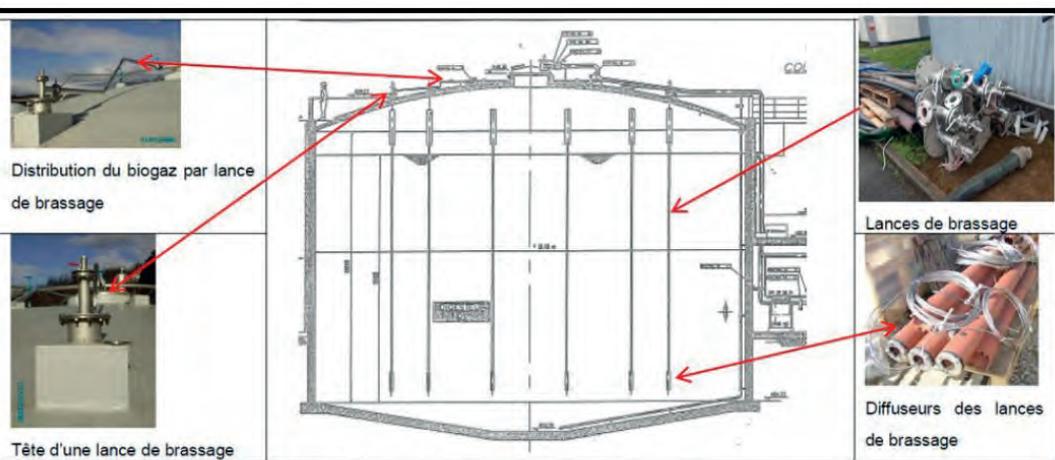


Figure 3 – Digesteur (vue de profil)

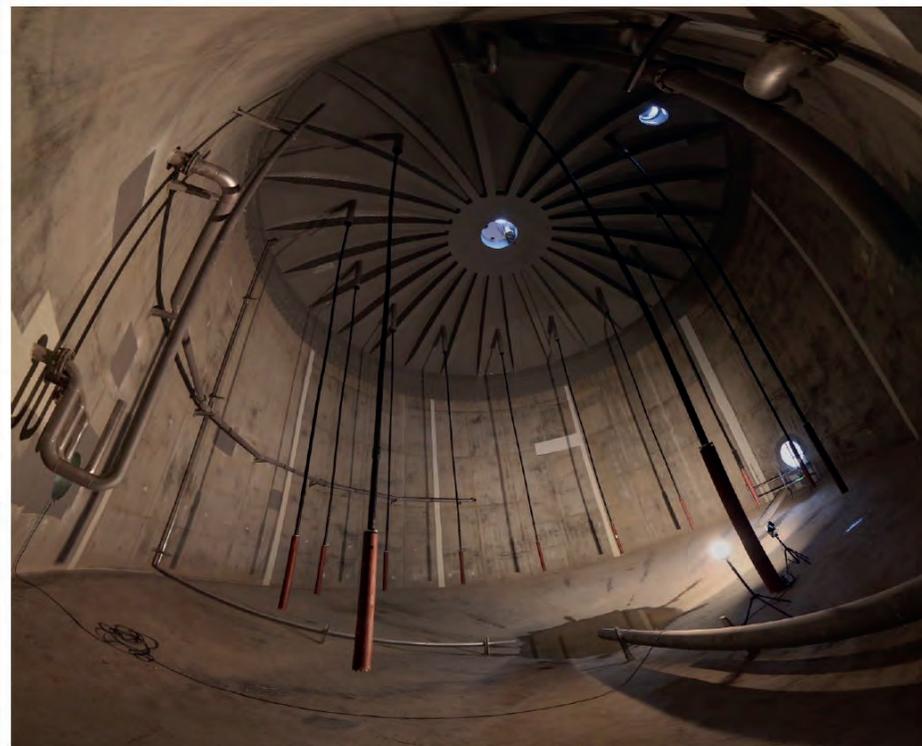


Figure 1 : cannes de brassage du Digesteur 1

Conduites boues:

Modification du tuyau d'extraction des boues  
reprise complète de la canalisation de d'alimentation /recirculation

# Bilan de la réhabilitation Digesteur 1 + Bâche à boues digérées

## - Vidange des boues

### Quantité du marché

Boues de fond à 9% 500m3  
180 T de boues brutes  
45 tonnes de MS

### Quantité réelle

boues de fond à 9% 4200 m3  
974 T de boues brutes  
355 tonnes de MS  
132 tonnes de sables

Vidange et remise en état du digesteur n°1 : 1 150 000 € HT  
Vidange et remise en état de la bâche à boues : 150 000€ HT  
Mise en place d'un filtre tamis sous pression : 300 000 € HT

Montant total 1 600 000€ HT



# TRAVAUX DE REMISE EN ETAT DU DIGESTEUR 2



## OPERATIONS EN COURS/A VENIR

15/02 au 30/03/2023 :

Diagnostic et programmation des travaux

30/03 au 04/07/2023 : Travaux de réfection

05/07 au 17/11/2023 : Remise en route du

Digesteur 2

## OPERATIONS FINALISEES

Juillet 2022 à S2 Janvier 2023 :

Vidange du digesteur

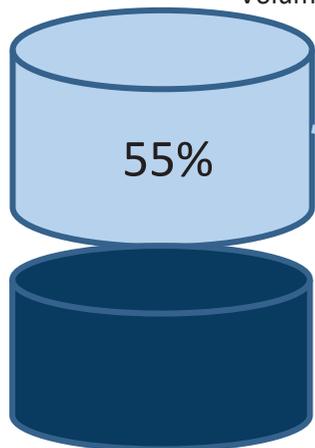
15/01 au 15/02/2023 :

Montage échafaudage



# Vidange du digesteur n°2 (anciennement primaire)

Volume du digesteur = 3900 m<sup>3</sup>



Pré-traitement

Valorisation vers la filière de  
compostage

4214 m<sup>3</sup> de boues pompées (forte dilution pour pompage)  
941,56 T de boues brutes  
302,45 tonnes de MS  
245,93 tonnes de sables

Déshydratation sur la filière boues UDEP  
2146 m<sup>3</sup> de boues brutes à 3,0 % de siccité extraites  
soit 64 T. MS

Arrêt de la déshydratation:

- Vu la modification de la nature des boues extraites,  
impossible de faire une boue à une siccité < 2,2%



UVETD

# Bilan de la vidange du Digesteur 2

## - Vidange des boues

Quantité du marché	Quantité réelle
1340 T de boues brutes	941,56 T de boues brutes
375 tonnes de MS	302,45 tonnes de MS
135 Tonnes de sables	245,93 tonnes de sables



## Evolution des tonnages entre les deux digesteurs (fonctionnement en série) :

Boues **-15%** de M.S. sur le primaire  
Sables (tonnes) **+ 46%** sur le primaire



Vidange et remise en état du digesteur n°2 : 1 400 000 € HT

## | Retour d'expérience sur l'exploitation et la gestion des procédés |

---

Nicolas GUILLAUD, William PERRIER, SILA - Syndicat intercommunal du lac d'Annecy



## SILA - Méthanisation Annecy

- Dimensionnement :
- UDEP de 234 000 EH
- Mise en route Méthanisation fin 2015
  
- 2 digesteurs mésophile de 4500 m<sup>3</sup>
- Gazomètre de 2400 m<sup>3</sup>
- Brassage au biogaz 24h/24h
  
- **Alimentation par bâchée de 10 m<sup>3</sup>/h 24/24 h**
- 68 % de boues primaires (LBFC)
- 12 % boues secondaires Biofiltres
- 13 % boues UDEP POISY (Aération prolongée)
- 4 % de graisses
- 3 % de matières de vidange





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

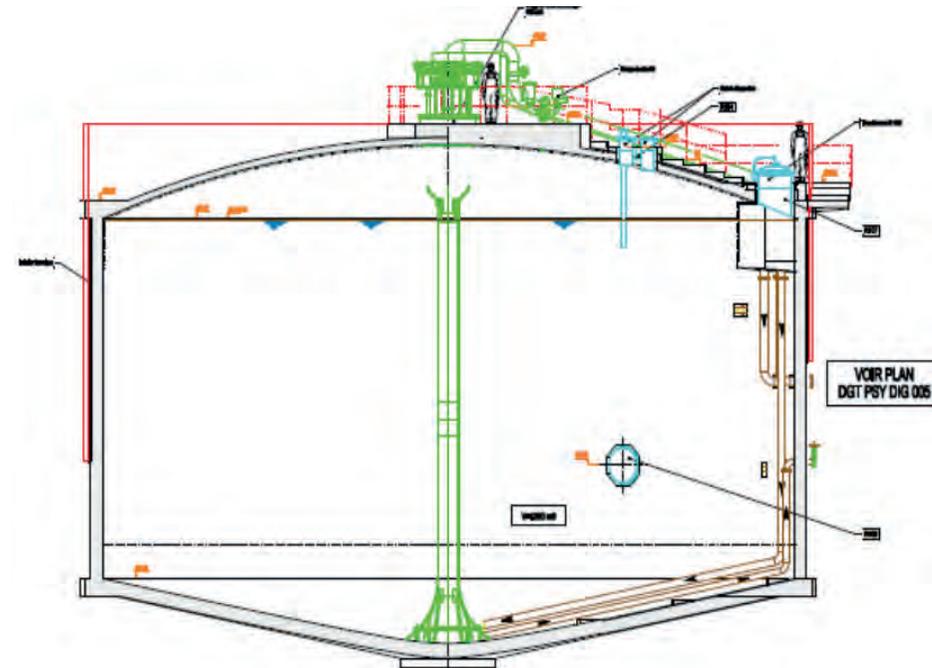
INRAE

## SILA - Méthanisation Annecy

- Fonctionnement 2022 :
- Alimentation : 241m<sup>3</sup>/j à 59.5 g/l MS  
soit 10.9 T MO /j à 75.8%
- Rendement de 41.2 % MS et 52.3 % en MV
- Analyses 5j /7 des AGV et TAC ( Méthode HACH)

### Biogaz:

- 2 050 000 NM<sup>3</sup> biogaz
- Productivité de 0.98 NM<sup>3</sup> biogaz / Kg MV éliminé
- 64.0 % de CH<sub>4</sub> , H<sub>2</sub>S 15.1 ppm



## ► Biométhane – ANNECY

Mise en route en janvier 2017 - Exploitation en régie

- Fonctionnement 2022 :
- 98.9 % de biogaz sur Valopur (production CH<sub>4</sub>)
- 1.0 % sur chaudière en renfort des PAC
- 0.1% du biogaz envoyé en torchère

Pas de maintenance lourde SILA ou GRDF en 2022.

### Biométhane:

15.0 Gwh de biométhane injecté (158.8 Nm<sup>3</sup>/CH<sub>4</sub>).





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## ► Incident – moussage grave en 2019

### Scénario:

- J-1 : Début moussage estimé (pas de détection par l'exploitant)
- 01h00 : Alarme pression haute . Intervention astreinte / Pas d'arrêt du moussage
- 04h00 : Alarme CH4 dans local pot de purge . Sécurisation du site
- 07h30 : Fermeture réseau biogaz pour protéger les compresseurs biogaz
- Intervention sur soupapes et rinçage conduites biogaz - Zone ATEX

### Causes :

- Surproduction de boues suite rejet agroalimentaire très importants sur 24/48 H  
Surcharge ponctuel des digesteurs ( $> 2.0 \text{ KgMv/m}^3$ ) : + 30 %
- Pas de détection rapide de la surcharge et du moussage



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

Pot de purge basse pression n°1  
Arrivée biogaz DIG n° 1

Débordement boues dans le  
local des pots de purge  
30 cm de boues dans le local

Heureusement pas dégâts sur les  
compresseurs biogaz et  
équipements électriques

2 jours de nettoyage des  
équipements (soupape, locaux , etc.)

Arrêt / diète des digesteurs sur 7 J  
Cout moussage estimé à 55 000 €HT





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## ► Actions correctives à engager :

Détecter rapidement un moussage :

Surveillance en continue du moussage et alarme supervision

Limiter le moussage :

Contrôler quotidiennement la charge massique envoyée sur les digesteurs  
(80 % de taux de charge actuellement , passage en thermophile à terme)

La concentration peut parfois varier rapidement avec des tambours d'égouttage

Risque de surcharge: Nécessité d'avoir une adaptation rapide des réglages



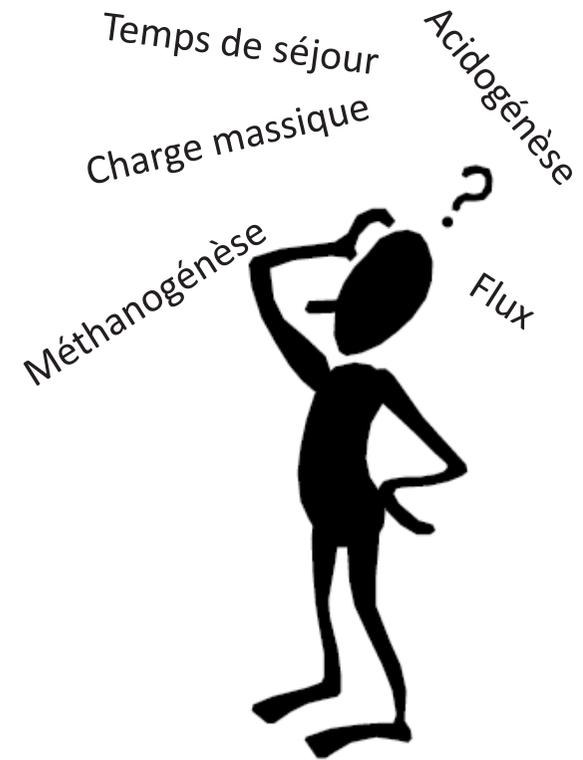
**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

## Accompagnement de l'exploitant par l'outil de supervision

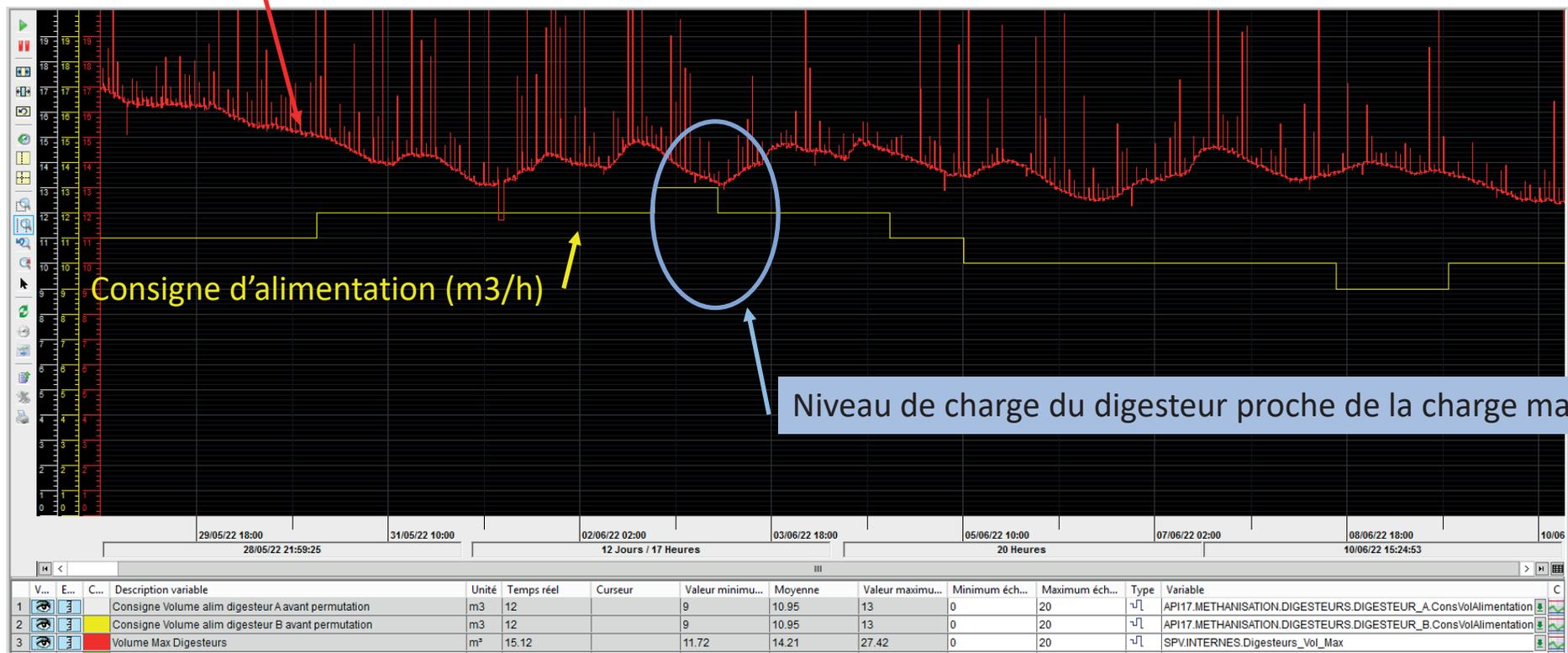
- Les outils en place doivent permettre à l'exploitant de rapidement contrôler que l'alimentation des digesteurs ne dépasse pas les limites de fonctionnement.
- Dans le cas d'une alimentation par volume, calcul du volume maximum admissible en fonction de la sonde MES située sur l'alimentation et affichage en supervision
- Une solution simple et peu couteuse dans le cas d'entrants connus et stables.





# CONFÉRENCE EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

## Volume maximum admissible calculé en fonction de la concentration d'alimentation (m3/h)





## Surveillance du moussage par sonde radar

L'apparition de mousse est l'un des premiers indicateurs de montée en charge rapide des digesteurs.

La mise en œuvre d'une détection de niveau de mousse permettra une réactivité importante sur le suivi des digesteurs.

Calage du profil écho radar pour isoler le signal correspondant à la mousse.

Sonde radar Atex ajoutée sur un hublot de contrôle





# CONFÉRENCE EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION



On observe bien une montée de la mousse proportionnelle à la charge des digesteurs



## Les moyens correctifs contre le moussage

- La surveillance de la hauteur de mousse permet l'envoi d'alarme si  $H > 1$  m.  
Reste 1.4 m avant soupapes et risque débordement.
- En cas de moussage: limitation alimentation des digesteurs , voir diète d'une journée grâce au stockage amont ( bêteche de mélange de 700m<sup>3</sup>).
- Si moussage à risque , mise en œuvre immédiate d'anti-mousse en traitement choc (5l/dig) : baisse très rapide du moussage et du risque de déversement au niveau des soupapes.

En hiver , si nécessaire injection automatique de 50 -100 ppm de réactif.

- Ne pas se contenter de l'anti-mousse en continue  
Recherche des causes nécessaires.



## La gestion des moussages excessifs et les soupapes de sécurité

- Il est important de noter qu'il existe de multiples options sur les soupapes de sécurité :
  - dépression/surpression
  - retour de flamme
  - anti gel
  - anti mousse
- Prévoir 2 modèles de soupapes différentes
- Contrôles et maintenances réglementaires à prévoir (1/an mini).
- Vérification régulière par exploitant ( 1/ semaine mini . Contrôle fuite au détecteur)



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

## Les différents type de soupapes



Protection  
Anti-déflagration  
atmosphérique



solution  
unique de soupape de respiration à membrane avec  
protection arrête-flammes particulièrement adaptée  
en cas de givrage ou de moussage. Grâce à son  
revêtement spécial, elle est adaptée pour toutes vos  
applications biogaz.



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

## Contrôle des fuites de gaz par caméra spécifique CH4

- Un contrôle par caméra permet de rapidement localiser des petites fuites sur l'ensemble de l'installation. ( Impact effet de serre et perte de recette)

Numéro de la fuite	Nom de l'équipement	Localisation	Débit (L/min)	Emission lié à un défaut de type	Volume perdu (Nm3/an)
7	Union en sortie d'analyseur offgas	Valopur	1,22	Maintenance exploitation	600
8	Union entre filtre haute pression n°5 (741-RF864) et hublot de condensat	Valopur	0,68	Maintenance exploitation	335
9	Union entre filtre haute pression n°3 (741-RF862) et haute pression n°4 (741-RF863)	Valopur	0,52	Maintenance exploitation	256



## 4- POSITION DES FUITES

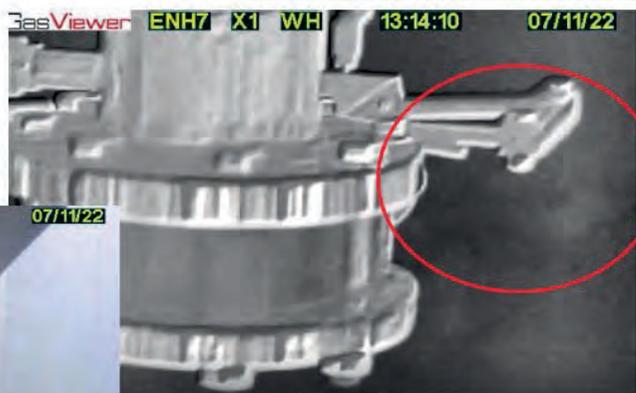
Fuite 1



Fuite 2



Fuite 3



Fuite 4



## **| La maîtrise énergétique des services publics d'eau et d'assainissement | Grands principes et outils**

---

Baptiste JULIEN, AMORCE

**Le premier réseau national des territoires engagés dans la transition écologique**  
*Réseau / Expertise / Force de proposition*

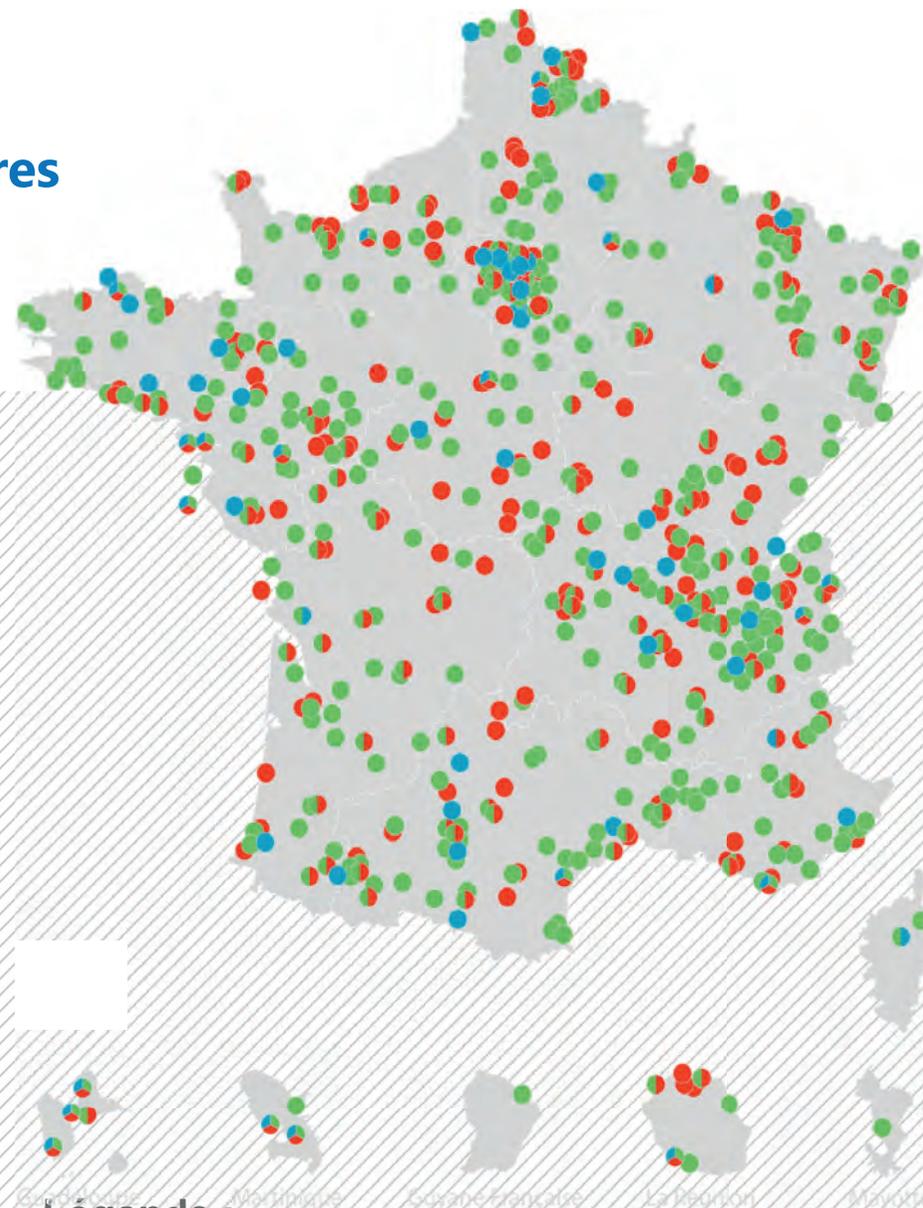
**+1 000**  
**ADHÉRENTS**



**2/3**  
**DE COLLECTIVITÉS**

Regroupant 60 millions d'habitants

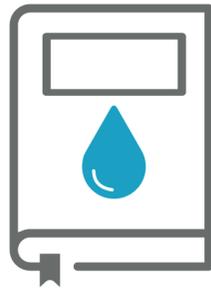
**1/3**  
**DE PARTENAIRES  
DES COLLECTIVITÉS**



**Légende :**

- Adhérents déchets
- Adhérents énergie / réseaux de chaleur et de froid
- Adhérents eau

# LA COMPÉTENCE EAU EN QUELQUES CHIFFRES



34

Publications



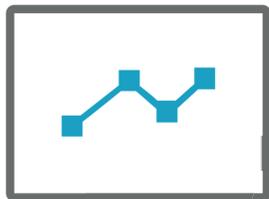
130

Adhérents  
collectivités

70

Adhérents  
partenaires

En 2022



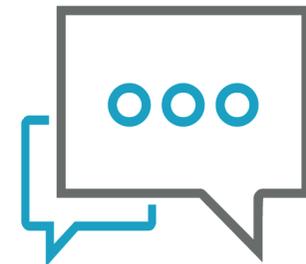
13

Groupes d'échanges  
& Webinaires



400

Participants



60

Renseignements  
personnalisés

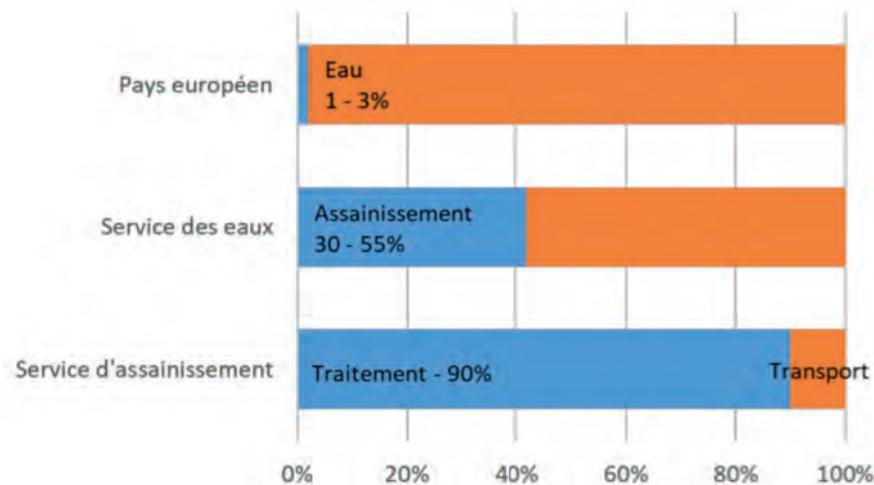
# La maîtrise énergétique des services publics d'eau et d'assainissement : grands principes et outils

- Qui se sent concerné?
- Quelle marge de manœuvre?
- La maîtrise de l'énergie opérationnelle
- Un cadre réglementaire à venir
- Le financement des économies d'énergie
- Le dispositif des CEE est-il adapté aux SPEA?

## Qui se sent concerné?

### Le poids de l'énergie dans les SPEA (Ademe 2019)

- SPEA & Déchets = 4ème poste de consommation des collectivités
- SPEA = 1 à 3% des consommations d'énergie de l'UE



*Poids du service des eaux dans la consommation énergétique d'un pays européen – source Stricker et al., 2018*

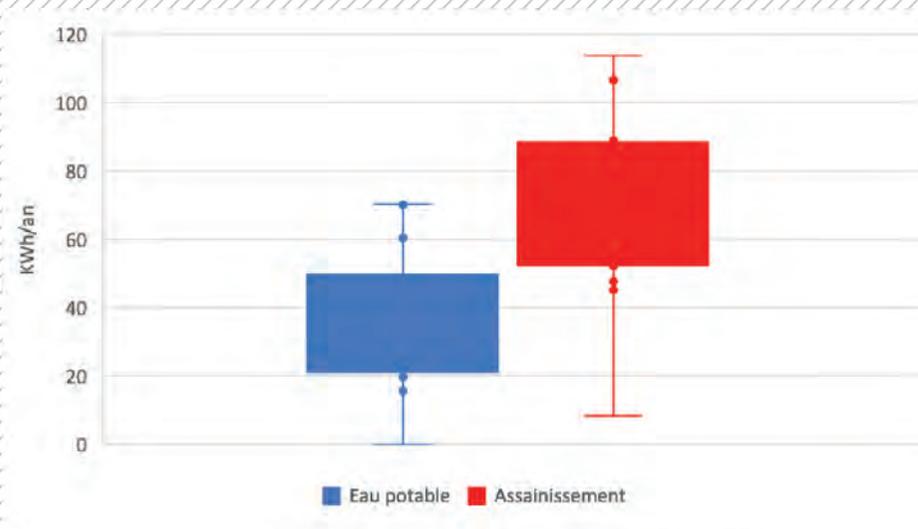
# Qui se sent concerné?

## Le poids de l'énergie dans les SPEA (AMORCE 2021)

- Eau potable 33kWh/hab/an
- Assainissement 65kWh/hab/an

A 8-10€TTC/MWh

Energie = 20% des charge SPEA



*Enquête AMORCE 2021 sur un panel de services représentant 14% de la population*

**2023 : +230% observés en moyenne**

- Outils**
- Tarifs références CRE
  - Quel amortisseur tarifaire pour collectivités?
  - Comment se préparer au délestage?

# Qui se sent concerné?

## Et vous?

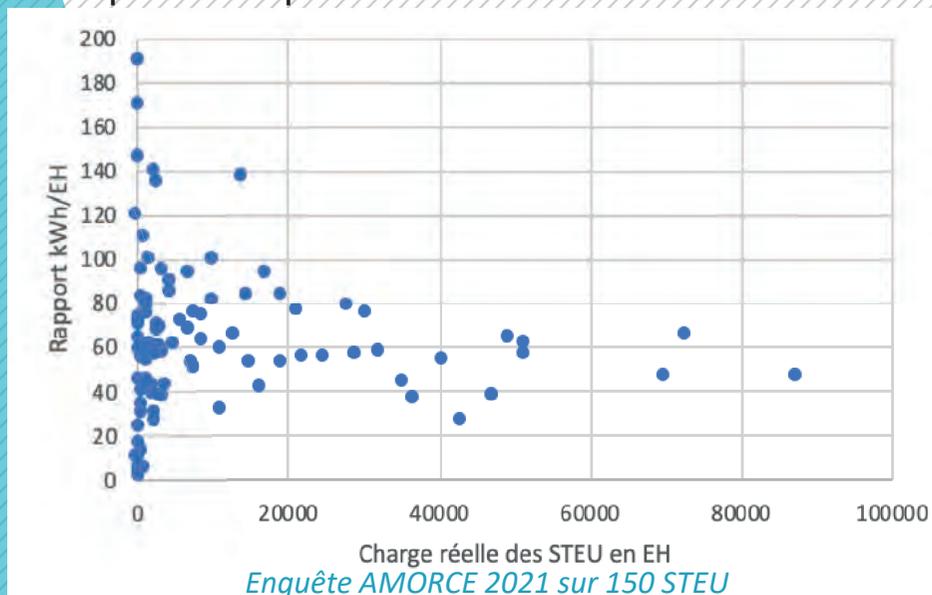
- Prix d'achat de son énergie et impact sur le budget?
- Consommation pour traiter d'1m<sup>3</sup> d'eau usée? 1kg de DBO<sub>5</sub>?
- Diagnostic énergétique sur ses installations?
- Certifié ISO 50 001?
- Utilise les fiches CEE?

# Quelle marge de manœuvre ?

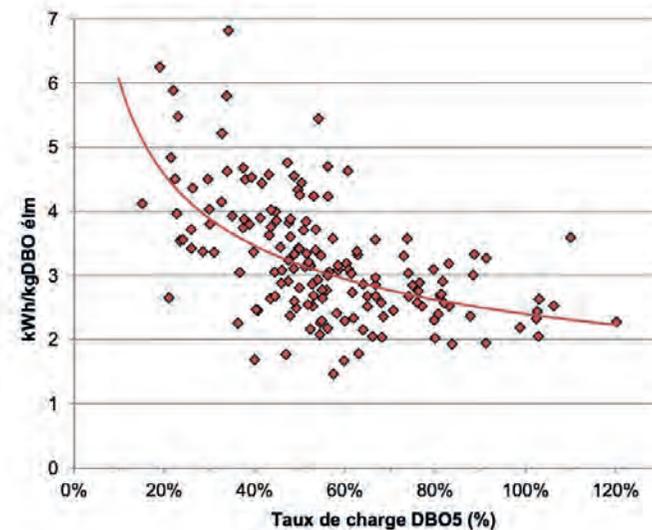
## Se situer par rapport à une référence

- Eaux usées

Consommation énergie moins maîtrisée pour des petites capacités



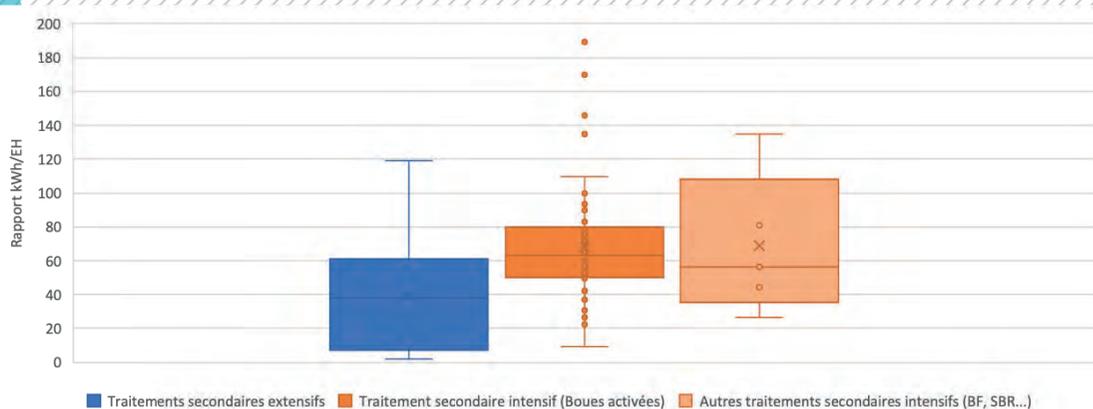
Meilleure efficacité sur STEU bien dimensionnées



INRAE 2018 : Consommations énergétiques des stations d'épuration françaises

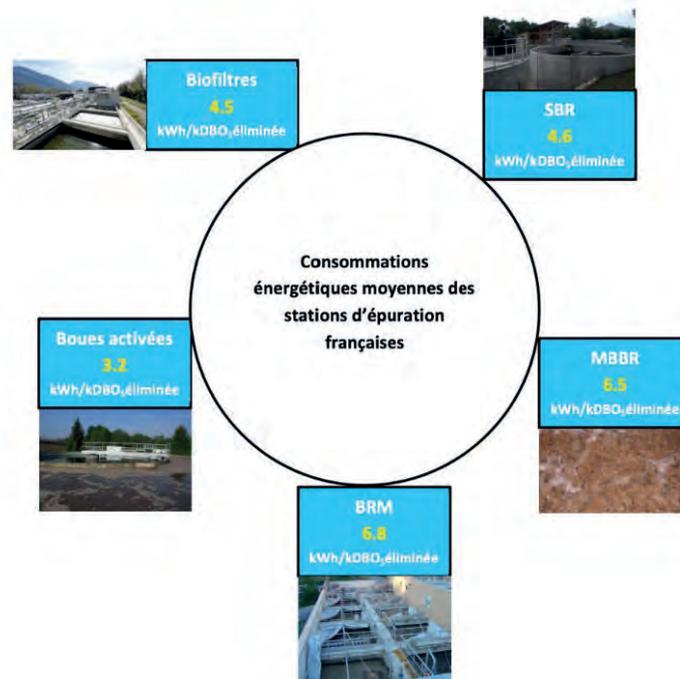
# Quelle marge de manœuvre ? Se situer par rapport à une référence

- Eaux usées



1 outil pour comparer sa consommation par rapport à une filière équivalente : Energie STEP

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



INRAE 2018 : Consommations énergétiques des stations d'épuration françaises

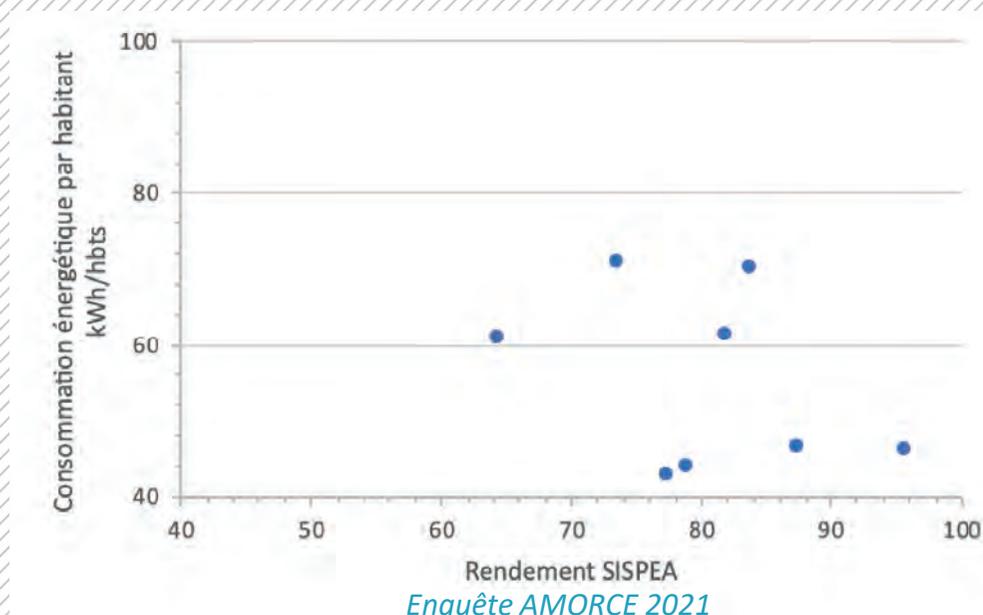
# Quelle marge de manœuvre ?

## Se situer par rapport à une référence

- Eau potable

Usines de potabilisation : entre 0,5 et 0,7 kWh/m<sup>3</sup>

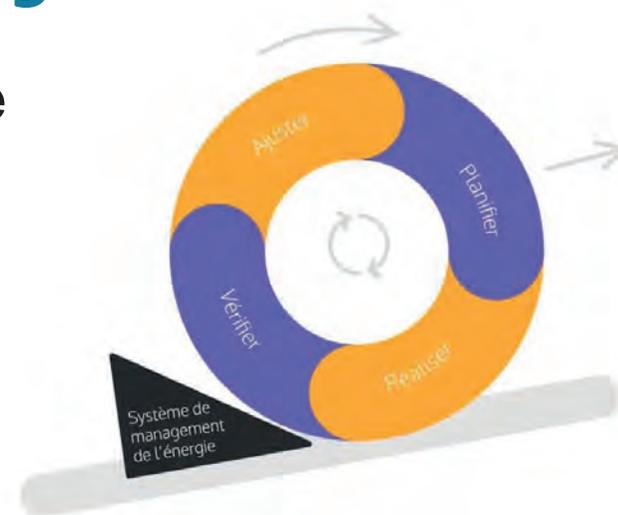
Réseau : 50 kWh/hab



# La maîtrise de l'énergie opérationnelle

## Diagnostic & pilotage de l'énergie

- **Connaitre → Réaliser 1 audit énergétique**
  - Caractéristiques des eaux traitées et volumes quotidiens
  - Dispositif de comptage par étape de traitement
  - Campagnes de mesure spécifiques pour les postes à plus fort potentiel
- **Suivre → Piloter selon les dérives**
  - Tableau de bord des indicateurs de performance énergétique  
kWh/m<sup>3</sup> - kWh/kgDBO<sub>5</sub> éliminée - kWh/tMS traitée
  - Identifier les dérives pour piloter les interventions
- **S'engager → Saisir les opportunités**
  - Renouvellement de matériel
  - Stratégie de pilotage
  - Optimiser son achat d'énergie (Effacement, Puissance d'appel)
- **S'impliquer → Stratégie de management**
  - Formation du personnel
  - Objectifs stratégiques
  - Culture commune reliant les métiers



# La maîtrise de l'énergie opérationnelle

## Opérations de maîtrise de l'énergie

Potentiels d'optimisation :  
**10-15% pour l'eau potable**  
**15-20% pour l'assainissement**

Conditions de réussite :

- Diagnostic poussé
- Moyens humains pour pilotage de l'énergie
- Choix de renouvellement patrimoniaux anticipés

Opérations de maîtrise d'énergie	Domaines
Optimisation de l'aération	
Changement de technologie des équipements (variation de vitesse, surpresseurs pour l'eau potable...)	 
Optimisation de la désodorisation	
Optimisation des modalités de pompage (Tarif horaire, marnages de réservoir, priorisation des ressources à solliciter...)	
Programme de réduction des eaux claires parasites permanentes (ECPP)	
Maitrise de la pression de distribution	
Optimisation des process de potabilisation (recyclage des eaux de lavage...)	
Installation de LED	 

REX issus enquête AMORCE 2021

# Un cadre réglementaire européen à venir

## Projet révision DERU (Version Commission Européenne)

	2025	2030	2035	2040
<b>Les débordements d'eaux pluviales et le ruissellement urbain</b>	Surveillance en place	Plans intégrés pour les agglomérations > 100 k EH + zones à risque identifiées	Plans intégrés en place pour les agglomérations à risque entre 10 et 100 k EH	Objectifs indicatifs de l'UE en vigueur pour toutes les agglomérations > 10 k EH
<b>Installations non centralisées (systèmes individuels ou autres systèmes appropriés - IAS)</b>	Inspections régulières dans tous les EM - Rapports pour les EM ayant un taux élevé d'IAS	Normes européennes pour les IAS		
<b>Agglomérations à petite échelle</b>	Nouveaux seuils de 1.000 EH	Toutes les agglomérations > 1.000 EH sont conformes.		
<b>Azote et phosphore (A/P)</b>	Identification des zones à risque (agglomérations de 10 à 100 k EH)	Objectif provisoire pour l'élimination des A/P dans les installations > 100 k EH + nouvelles normes	Élimination des A/P dans toutes les installations > 100 k EH + objectif intermédiaire pour les zones à risque	Suppression des A/P en place dans toutes les zones à risque (entre 10 et 100 k EH)
<b>Micropolluants</b>	Mise en place de systèmes de responsabilité élargie des producteurs	Zones à risque identifiées (entre 10 et 100 k EH) + objectif intermédiaire pour les installations de plus de 100 k EH	Toutes les installations > 100kEH équipées + objectifs intermédiaires pour les zones à risque	Toutes les installations à risque équipées d'un traitement avancé
<b>L'énergie</b>	Audits énergétiques pour les installations de plus de 100 k eH	Audit pour toutes les installations de plus de 10 k eH + objectif intermédiaire	Objectifs intermédiaire pour la neutralité énergétique	Neutralité énergétique atteinte et réduction nette des GES associés

Neutralité énergétique = Energies fossiles compensées par EnR

Estimation si neutralité énergétique → 62% réduction émissions de GES (?)

# Le financement des économies d'énergie

## Les aides disponibles pour les SPEA

### Agences de l'eau

- Aides pour études spécifiques => Diagnostic et optimisation énergétique Collecte/traitement des ERU
- Aides travaux

### Banque des Territoires

- Aqua-prêt => pour projet de rénovation pour limiter les consommations et optimiser les procédés de traitement.
- Investissements pour le petit cycle de l'eau

### ADEME

- Fonds Chaleur
- Fonds Déchets

# Le financement des économies d'énergie

## Les Certificats d'Économies d'Énergie

- Certificats délivrés en contrepartie d'actions **d'économies d'énergie finale**,
- Financent la transition énergétique des collectivités,



### Trois types d'actions vers les CEE :

- Les opérations standardisées (**85%** des CEE),
- Les opérations spécifiques (**7%** des CEE),
- Les programmes d'accompagnement (**8%** des CEE).

# Le dispositif des CEE est-il adapté pour les SPEA ?

## Les opérations standardisées

- Les opérations standardisées d'économies d'énergie = opérations les plus couramment réalisées dans 6 secteurs :

Tertiaire, Industrie, Réseau, Transport, Agriculture, Résidentiel,

- **Non coercitif** et **Économies calculée en kWh cumac**,
- Des fiches mobilisables par les SPEA :

### « Tertiaire » (18 fiches)

- BAT-EQ-127 : Luminaire d'éclairage général à modules LED,
- BAT-TH-155 : Isolation de points singuliers d'un réseau,
- BAT-EN-102 : Isolation des murs,
- BAT-TH-154 : Récupération instantanée de chaleur sur eaux grises.

### « Industrie » (16 fiches)

- IND-UT-134 : Système de mesurage d'indicateurs de performance énergétique,
- IND-UT-102 : Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone,
- IND-UT-132 : Moteur asynchrone de classe IE4,
- IND-UT-127 : Système de transmission performant.

## Transition énergétique des SPEA

### Quelles actions d'AMORCE en 2023 ?

- **Présentation du REX d'injection de biogaz issu des STEU**
- **GT avec ATEE sur création de nouvelle fiche CEE et/ou adaptation de fiches existantes pour SPEA**
- **Programme « visite à domicile » : Transition énergétique des SPEA**
  - Valorisation énergie des boues
  - Démarche de maîtrise de l'énergie
  - Accompagnement sur financement (aides, fiches CEE)

## | Valorisation énergétique | Mise en œuvre, freins, leviers & points de vigilance

---

Claire-Marie LENOIR, Valence Romans Agglo et Sarah HÉMOUS, Véolia Eau



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

## Mise en œuvre méthanisation des boues de la STEU de Valence (26)





## Contexte

VALENCE ROMANS AGGLO CRÉE LE 01/01/2014

220 000 HABITANTS

54 COMMUNES 940 KM<sup>2</sup>

2 PÔLES URBAINS DISTINCTS : VALENCE ET ROMANS

LA COMPÉTENCE ASSAINISSEMENT :

82 000 ABONNÉS

1 150 KM DE RÉSEAUX

43 STEUS DONT 3 QUI CONCENTRENT PLUS DE 92% DES ABONNÉS :

- VALENCE : 174 000 EH
- ROMANS : 107 900 EH
- PORTES-LÈS-VALENCE : 74 000 EH





## Contexte

**AU SEIN DE LA DIRECTION DE L'ASSAINISSEMENT**

**2 INSTALLATIONS D'INCINÉRATION DES BOUES DE STEU:**

1 SUR LA STEU DE VALENCE POUR BRÛLER LES BOUES DES STEU 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 STEU À L'ÉCHELLE DU TERRITOIRE ?**

**LANCEMENT D'UNE ÉTUDE SUR LA MÉTHANISATION DES BOUES :**

**QUEL SCENARIO RETENIR POUR LE TERRITOIRE ?**



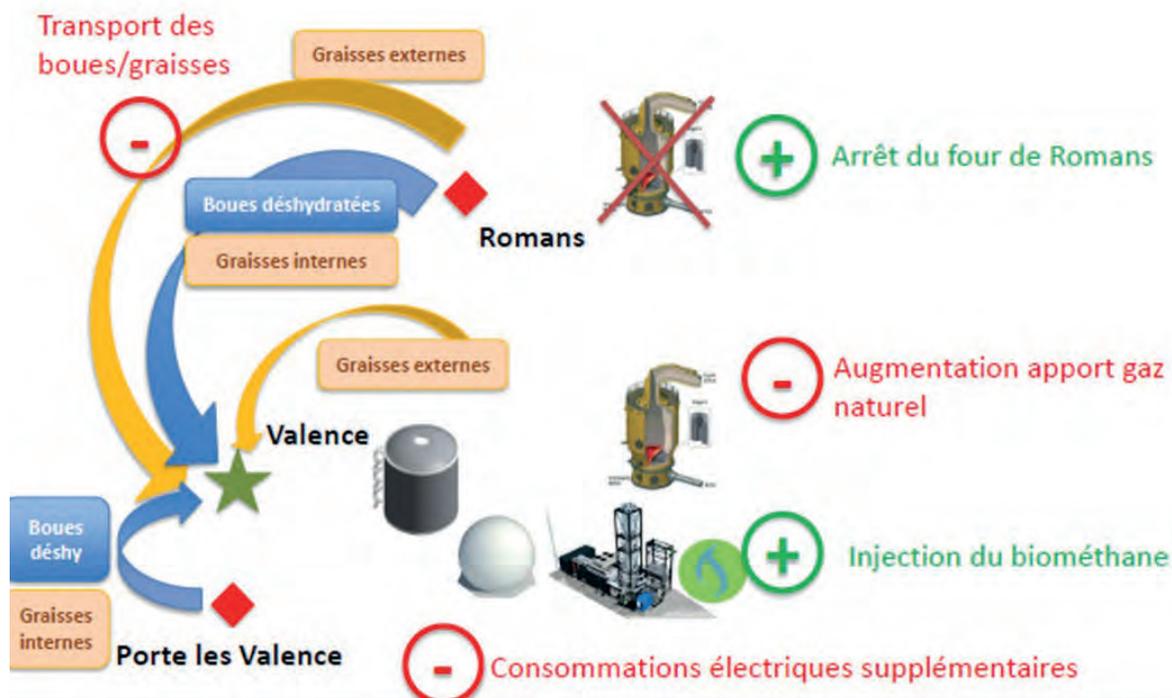
## Mise en œuvre

<b>SCENARIO 1</b>	<b>UN SEUL DIGESTEUR SUR LA STEU DE VALENCE</b>
SCENARIO 1 BIS	UN SEUL DIGESTEUR SUR LA STEU DE VALENCE AVEC PRESECHAGE DES BOUES
<b>SCENARIO 2</b>	<b>DEUX DIGESTEURS UN SUR LA STEU DE ROMANS ET UN SUR LA STEU DE VALENCE</b>
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

+ ÉTUDE 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)

## Mise en œuvre

### SCENARIO 1 : DIGESTION UNIQUE SUR LA STEU DE VALENCE (FIN 2016)



3 760 T DE MS DIGÉRÉES PAR AN  
COÛT = 8,5 M€

HYPOTHÈSE 30% DE SUBVENTION +  
EMPRUNT SUR 15 ANS À 1,5%

TRB = 6,4 ANS

PRODUCTION ESTIMÉE : 955 000 NM<sup>3</sup>  
DE MÉTHANE, SOIT 110 NM<sup>3</sup>/H



## Mise en œuvre

- INTÉGRATION DU SCÉNARIO RETENU DANS LA CONSULTATION DU CONTRAT DE DSP DES STEU DE VALENCE ET DE PORTES SOUS FORME D'UN ÎLOT CONCESSIF
- NOUVEAU CONTRAT DE DSP LE 01/10/2018
  - DURÉE 15 ANS (VEOLIA)
  - *Coût : 11 M€ HT + PRÉVISION DE 900 000 NM<sup>3</sup> INJECTÉS*

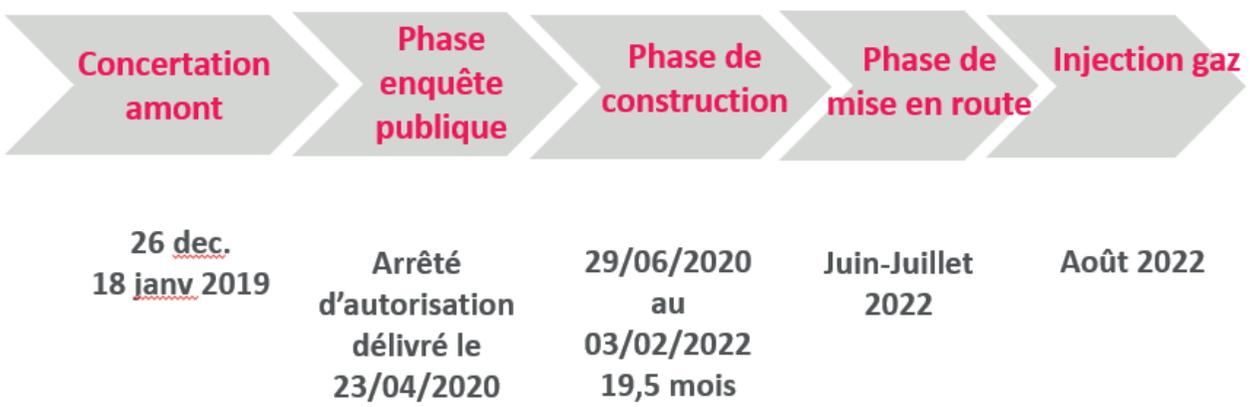
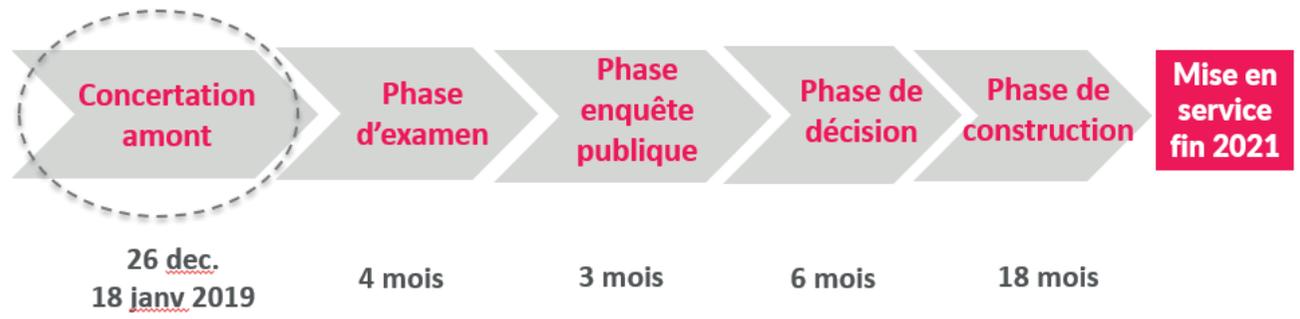


## Mise en œuvre

- PROPOSITIONS DU DÉLÉGATAIRE :
  - CONDUITE DE TRANSFERT DES BOUES LIQUIDES DE LA STEU DE PLV À VALENCE
  - REVAMPING DU TRAITEMENT DE TEMPS DE PLUIE
  - AJOUT DE LA FONCTION TRAITEMENT PRIMAIRE À L'OUVRAGE DE TEMPS DE PLUIE
  - TRAVAUX D'OPTIMISATION ET REMISE À NIVEAU DU FOUR



## Réalisation



6 ANS POUR  
PASSER DU  
PROJET À LA  
RÉALITÉ



## ► Les leviers

- CONCERTATION PRÉALABLE : CHOIX FAIT PAR L'AGGLO POUR FACILITER L'ACCEPTABILITÉ DU PROJET (PRÉSENTATION DU PROJET, VISITE DE SITES, RENCONTRE ASSOCIATIONS DE CONSOMMATEURS ET DE DÉFENSE DE L'ENVIRONNEMENT, COMPENSATIONS...)
- SUBVENTION DE L'AGENCE DE L'EAU 4M€
- ILÔT CONCESSIF + CHOIX STRATÉGIQUES DANS LES ENTREPRISES, PARTENARIATS ÉPROUVÉS + ENTREPRISES LOCALES
- ANTICIPATION DES ÉTUDES D'EXÉCUTION ET DES APPROVISIONNEMENTS
- OTV-VEOLIA EFFET SOLIDARITÉ « GROUPE »



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## Les freins

- PRUDENCE DES SERVICES DE L'ÉTAT : TIERCE EXPERTISE
- SURPRISES ET ALÉAS DE CHANTIER : MAUVAIS RÉCOLEMENTS, QUANTITÉS DE TERRES POLLUÉES, ÉTANCHÉITÉ RÉTENTION ET DIGESTEUR
- CONCOMITANCE DES TRAVAUX : METHA + TRANSFORMATION TRAITEMENT TEMPS DE PLUIE EN TRAITEMENT PRIMAIRE + TRAVAUX CHANGEMENT ÉCHANGEURS DE CHALEUR DU FOUR (ALIMENTATION BOUCLE EAU SURCHAUFFÉE POUR CHAUFFER MÉTHANISEUR)
- FOUR/ÉCHANGEURS DE CHALEUR : PRESQUE MONOPOLE D'UN PRESTATAIRE POUR LES TRAVAUX



## Les points de vigilance

- ÊTRE BIEN ACCOMPAGNÉ : AMO AGGLO = ARTELIA + MOE VEOLIA = CABINET MERLIN
- BIEN DIALOGUER AVEC LES SERVICES DE L'ÉTAT (DREAL)
- PROGRAMMATION DES ARRÊTS (EXPLOITANT + SERVICES DE L'ÉTAT)
- ANTICIPATION DES RELATIONS GRDF
- DÉDIER AU MOINS UNE PERSONNE CÔTÉ EXPLOITANT POUR LE SUIVI DE CHANTIER + INTERLOCUTEUR UNIQUE MOU
- ASSOCIER LES ÉQUIPES D'EXPLOITATION TOUT AU LONG DU PROJET ET PAS UNIQUEMENT EN PHASE TRAVAUX + INTERFACES À ANTICIPER TRÈS EN AMONT
- FORMATION DES EXPLOITANTS AUX NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS SUR LA PHASE DE MISE EN SERVICE ~ 2 SEMAINES + HABILITATIONS (ATEX, EAU SURCHAUFFÉE, ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION)
- PERSONNE DÉDIÉE À LA MISE EN SERVICE (RÉFÈRENT EXPLOITATION DIGESTEUR)
- RÉCEPTION DES GRAISSES : ADAPTATION DES OUVRAGES PAR RAPPORT AU CONTRÔLE QUALITÉ PAS SUFFISAMMENT ANTICIPÉE



## ► Les points de vigilance pour l'exploitant

- EXEMPLE 1 : ARRÊT DE LA FILIÈRE TEMPS SEC PENDANT 2 SEMAINES

ANTICIPER LES AMÉNAGEMENTS À PRÉVOIR → FONCTIONNELS, ANALYTIQUES, SUIVIS

MUTUALISER LES ARRÊTS





## ► Les points de vigilance pour l'exploitant

- EXEMPLE 2 : LES VOLUMES TAMPON

PENSER AUX PHASES DE MISES EN ROUTE

REVOIR LES HABITUDES D'EXPLOITATION

QUID DES TEMPS DE PRÉSENCE SUR SITE



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## Mise en œuvre méthanisation des Boues de la STEU de Valence (26)





## ► Et après ?

ETUDE POUR UNE COMPÉTENCE ASSAINISSEMENT BAS CARBONE,  
CIRCULAIRE ET RÉSILIENTE

21 mois d'études, 18 mois de travaux, des confinements...

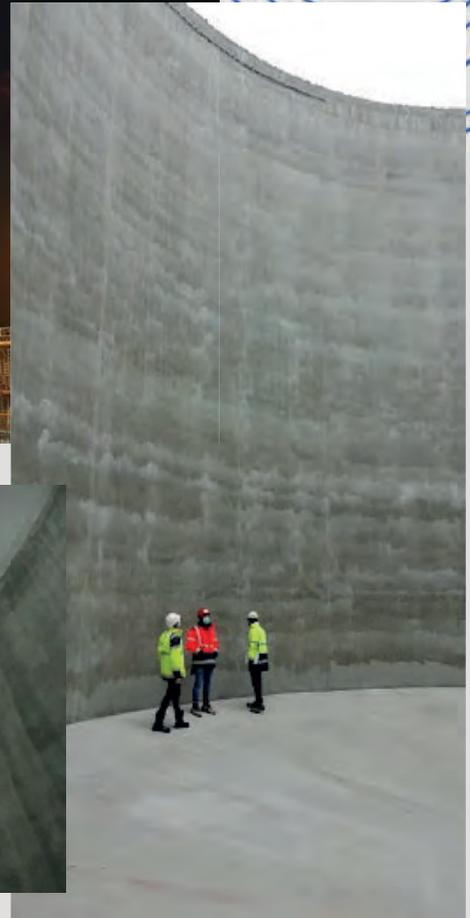
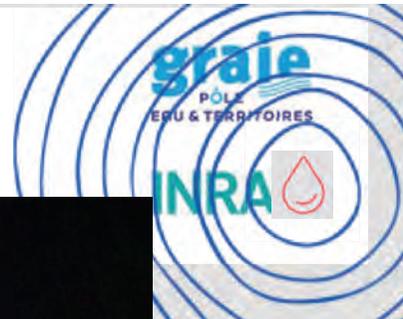
CONFÉRENCE

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES  
INRAE





# Un coffrage glissant





# Un résultat ...



... fidèle au projet



## **| Méthanation | Aperçu des stratégies pour aller plus loin dans la valorisation énergétique des boues**

---

Pierre BUFFIERE, INSA Lyon DEEP



## Menu

- Méthanation
- Contexte d'application de la méthanation
- Méthanation et station d'épuration?
  - Plus de méthane à partir du biogaz
  - Traitement thermo-chimique des boues
- Zoom sur la Biométhanation



CONFÉRENCE

EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

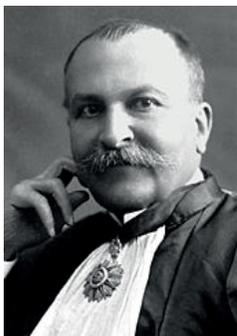
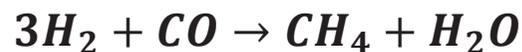
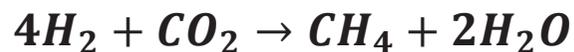


graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## ► Méthanation : définition

Conversion du CO<sub>2</sub> ou du CO en méthane en présence d'hydrogène



Par voie chimique : 100 à 200 atm, 400°C

*Réaction découverte en 1897*

Paul SABATIER, 1854-1941

Prix Nobel de Chimie 1912



Par voie biologique : 1 à 200 atm, 30-70°C

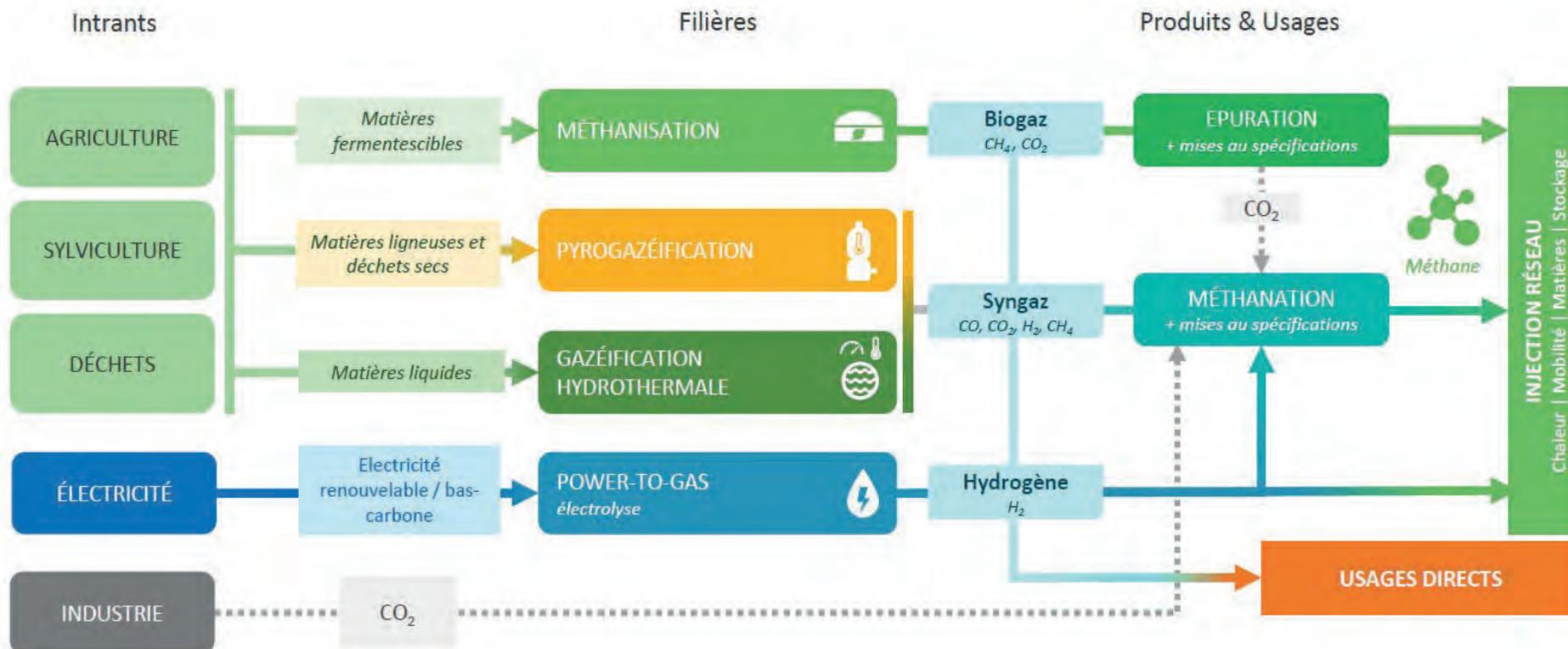
***Depuis 2,5 milliards d'années (environ)***

Archées méthanogènes  
(Jamais récompensées...)



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# Méthanation et mix gazier

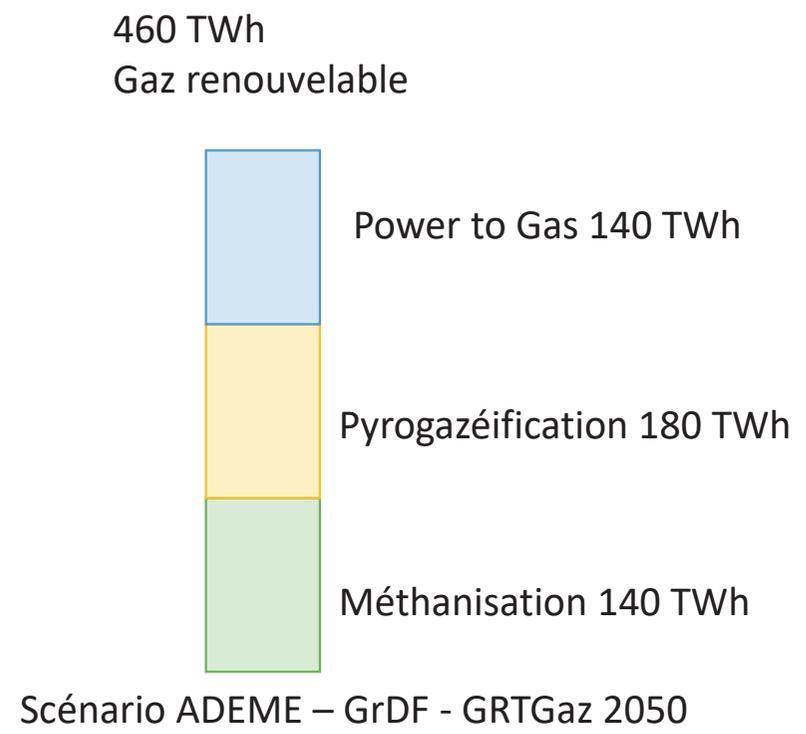
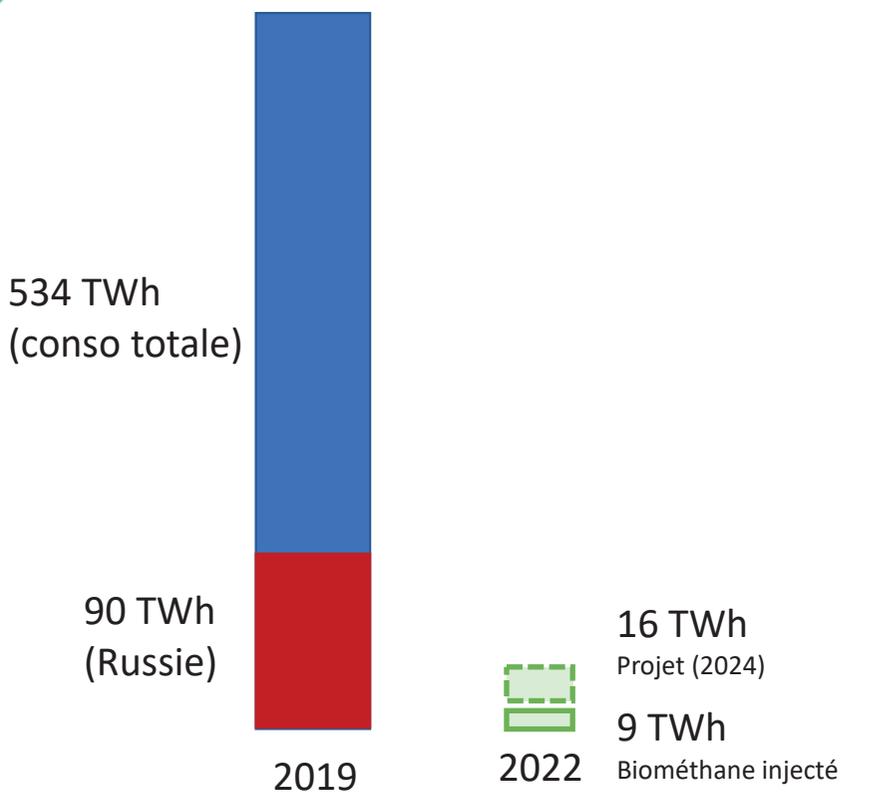


Réf: Etienne Philippe, GRDF, Les Rencontres des Clubs Pyrogazéification et Power-to-gas de l'ATEE (2022)



**CONFÉRENCE**  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

# ► Méthanation et mix gazier (suite)





## Contexte d'application

- Stockage d'énergies renouvelables (Power-to-Gas) , **capacité de stockage 130 TWh de méthane en France**
- Conversion de CO<sub>2</sub> ou de biogaz en méthane , **couplage méthanisation / méthanation**
- Conversion de syngaz en méthane, **couplage pyrogazéification / méthanation**

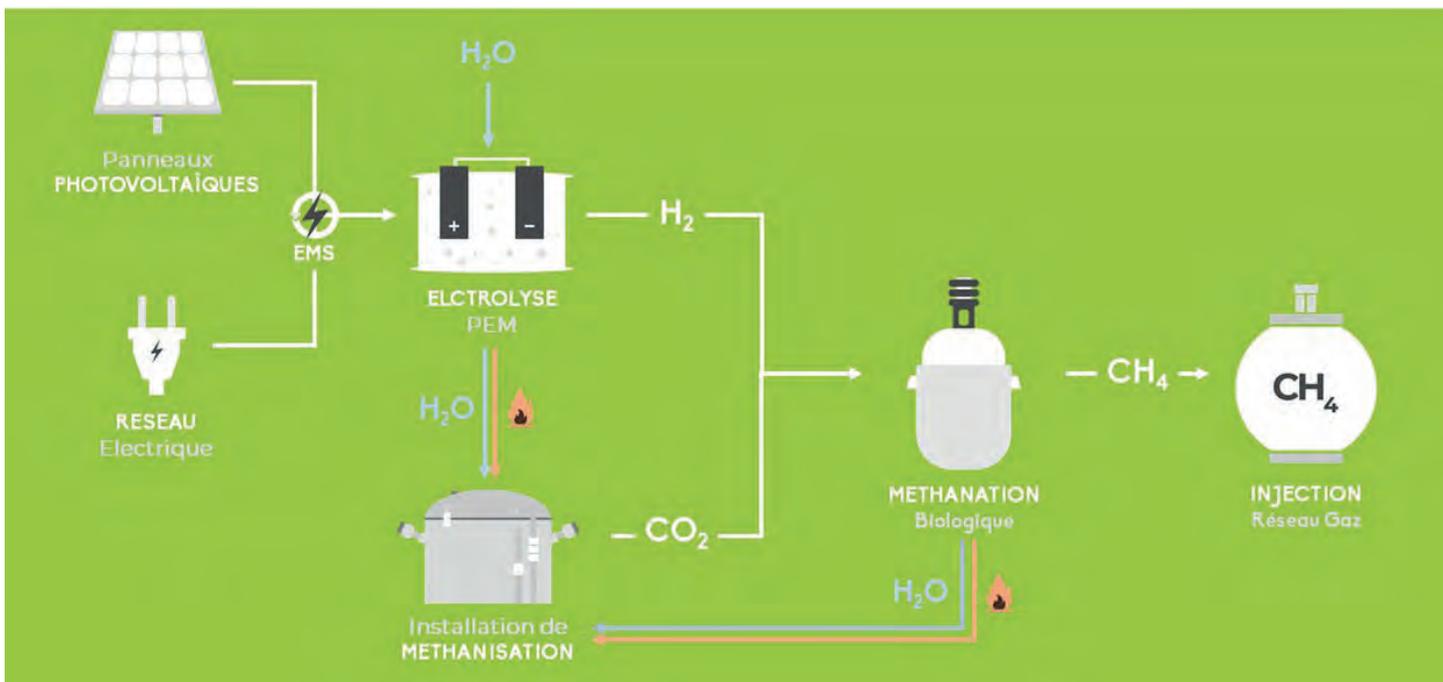


CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

# Méthanisation / Méthanation



Projet OCCI-BIOME  
Arkolia Energies



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

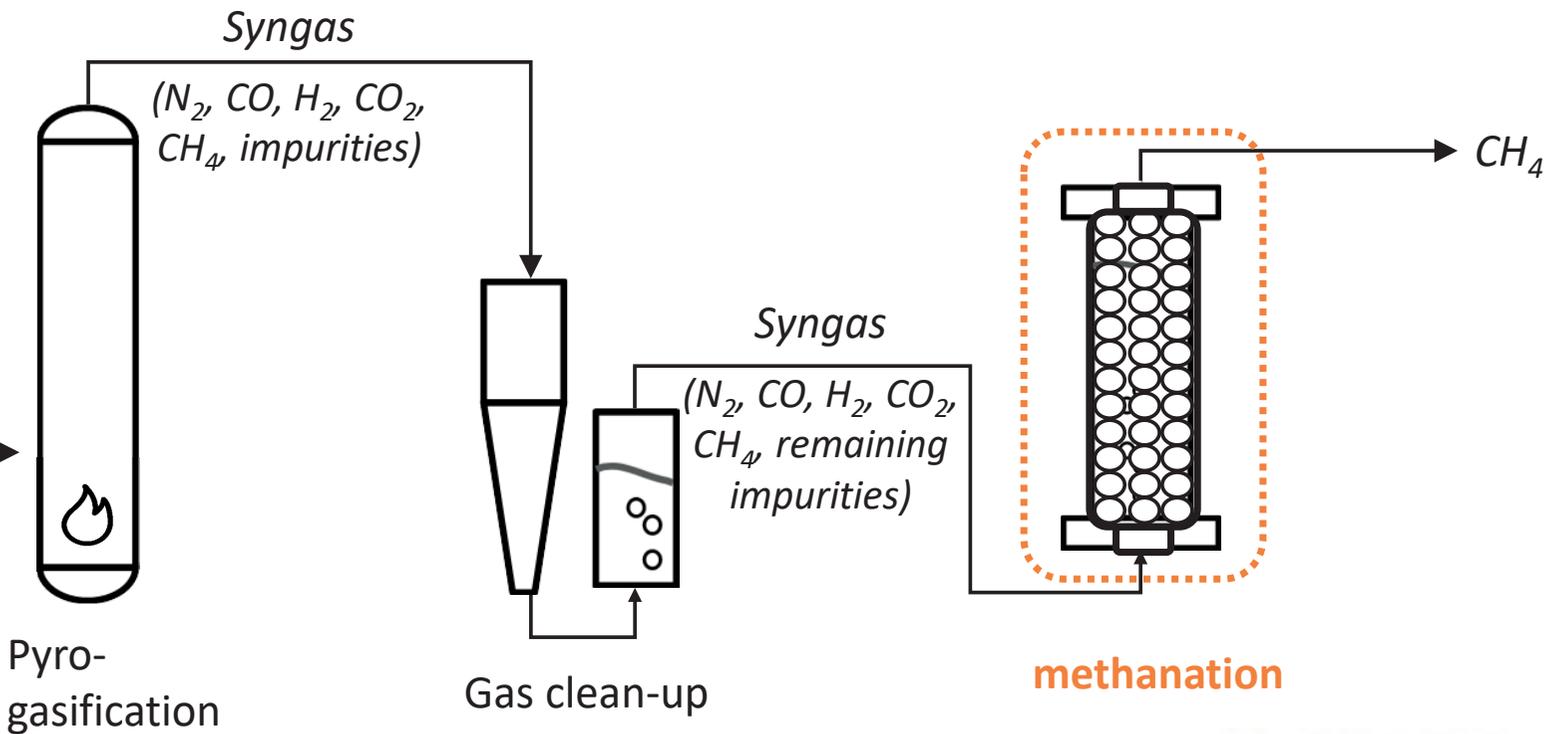
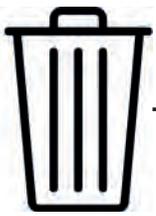
graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

# Pyrogazéification / Méthanation

Heterogeneous wastes :

- Wood wastes
- Plastic...

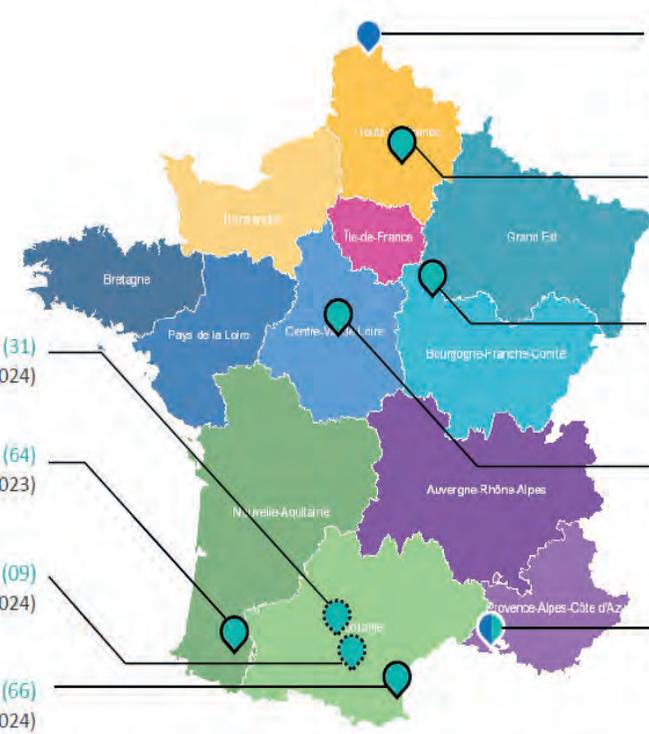


enosir



# CONFÉRENCE EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

- Power-to-H<sub>2</sub>
- Power-to-methane (eCH<sub>4</sub>)
- Lauréat AAP GRDF



**THYRECO – Toulouse (31)**  
Démonstrateur (2024)

**Pau'wer-Two-Gas – Lescar (64)**  
Projet commercial (En construction – 2023)

**OCCI-BIOME – Saint-Amadou (09)**  
Projet commercial (En développement – 2024)

**STEP de Perpignan – Perpignan (66)**  
Projet commercial (En réflexion – 2024)

**GRHYD – Dunkerque (59)**

Démonstrateur (Achevé – 2014-2020)  
1<sup>ère</sup> injection H<sub>2</sub> en mélange sur le réseau en France avec des taux jusqu'à 20%



**ENERGO – Sempigny (60)**

Démonstrateur (En construction – juil. 2022)



**Hycaunais – Saint-Florentin (89)**

Projet commercial (En développement – 2024)



**Méthycentre – Angé (41)**

Démonstrateur (En construction – T4 2022)



**Jupiter 1000 – Fos-sur-Mer (13)**

Démonstrateur (En fonctionnement – 2020)  
Injection H<sub>2</sub> validée / injection CH<sub>4</sub> à venir



Réf : adapté de Pierre-Yves Hureau, GRDF, Méthane de synthèse : power-to-methane (2022)

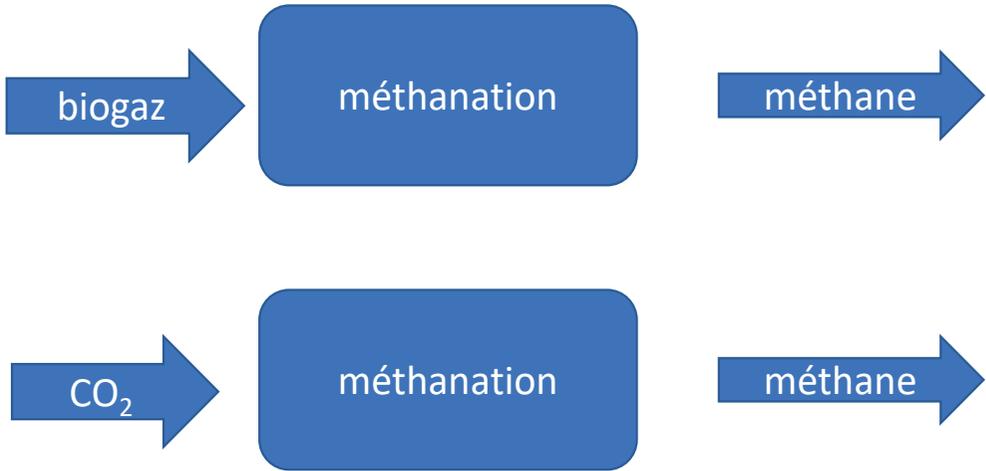
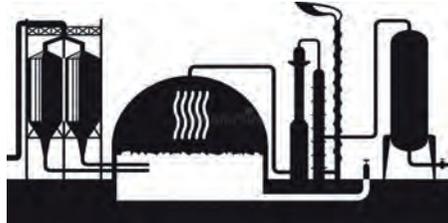


CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

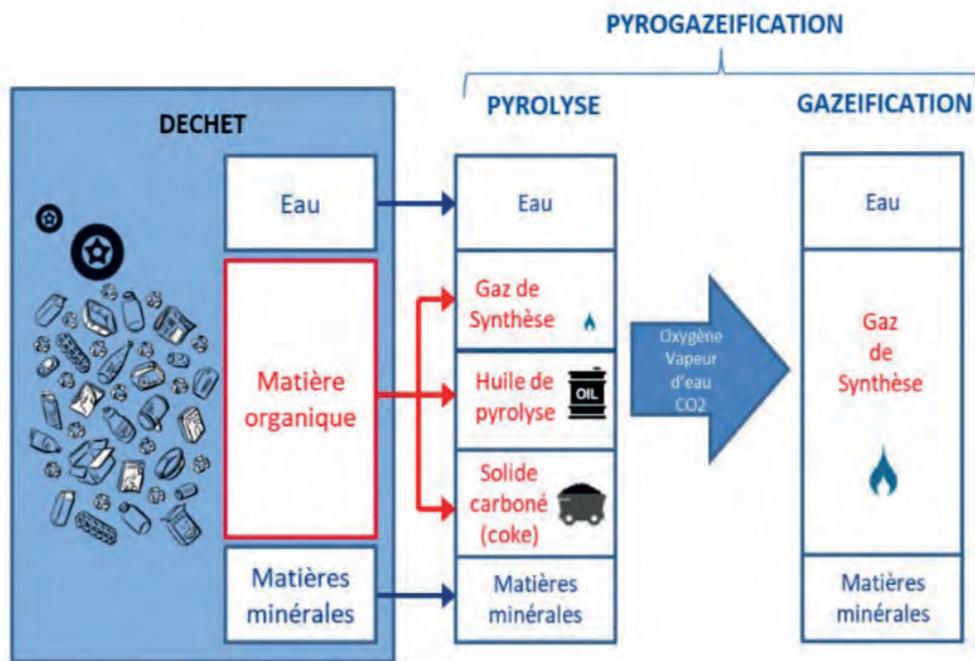
# Couplage méthanisation / méthanation





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

# Pyro-gazeification des boues



- Production de SYNGAZ ( $\text{CO} / \text{H}_2 / \text{CO}_2$ )

- Applicable sur boues séchées (<10% d'eau)



# Gazéification hydrothermale

- Utilisation de l'eau à proximité du point critique (221 bars, 375°C)
- Pas de séchage des boues (5 à 25% MS)
- Récupération N et P
- Gaz riche en méthane et hydrogène
- TRL bas (technologie pas encore mature)



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

# La biométhanation

L'exemple du projet **STORE&GO**

Projet Européen pour démontrer la faisabilité de trois solutions Power-to-Methane en fonction de la source de CO<sub>2</sub> et des technologies d'électrolyse et de méthanation

Solothurn (Suisse)  
biologique



Falkenhagen (Allemagne)  
catalytique



Troia (Italie)  
catalytique



Réf : [www.storeandgo.info](http://www.storeandgo.info)



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# ► Intérêt et limites vs méthanation catalytique

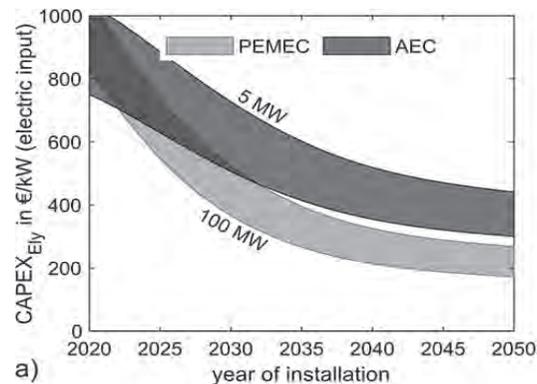
Basse température (<70°C)

Faible sensibilité aux composés traces (H<sub>2</sub>S)

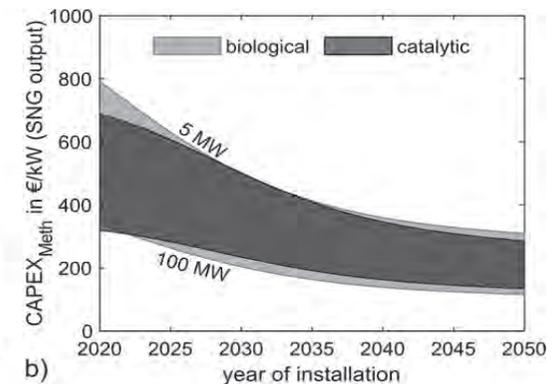
Productivité plus faible vs. Méthanation catalytique  
(réacteurs plus gros)

Gains économiques attendus : production H<sub>2</sub> (électrolyse)

**Coût de production méthane :**  
**150 à 400 €/MWh (2020)**  
**50 à 100 €/MWh (2050)**



**Électrolyse**



**Méthanation**

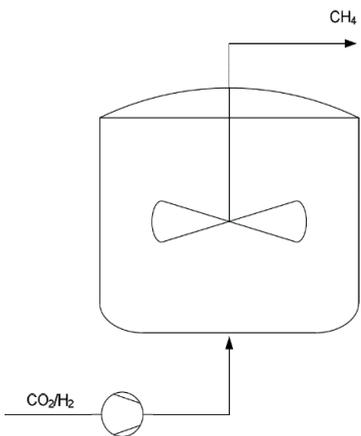


**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

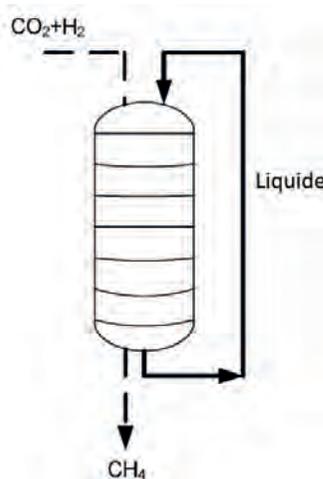
**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

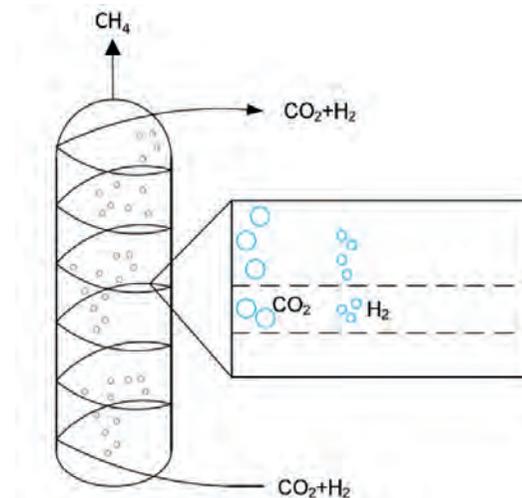
# Technologies pour la biométhanation



**Colonne avec agitation**



**Colonne à garnissage**



**Membranes de perméation**

Performances (démonstrateurs) : 5 à 50 Nm<sup>3</sup>/h de CH<sub>4</sub> par m<sup>3</sup> de réacteur



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

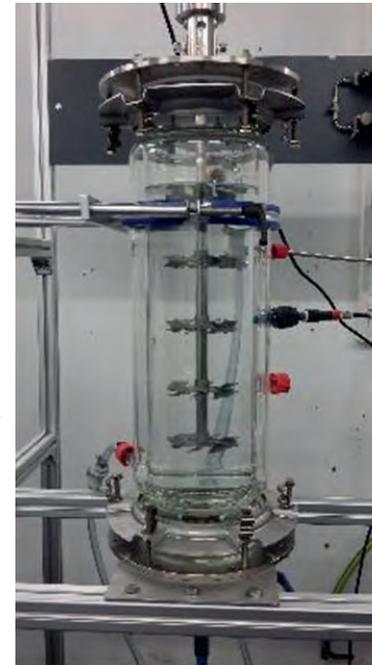
## Enjeux de recherche

Méthanation  $H_2 + CO_2$  :

Améliorer le transfert gaz-liquide  
Sécuriser le dimensionnement  
Pilotage des installations

**Réacteur expérimental (10L)**

- Inoculum : boues mésophiles
- Température 55°C
- Gaz entrant  $H_2/CO_2$  (80/20)
- Démarrage <24h
- >97%  $CH_4$  en sortie



arkolia  
ENERGIES



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## Enjeux de recherche

**Méthanation syngaz ( $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CO}_2$ ):**

Améliorer le transfert gaz-liquide

Comprendre la dégradation du CO

Impact des composés minoritaires du syngaz

### **Réacteur expérimental (10L)**

- Inoculum : boues mésophiles
- Température 55°C
- Pression 4 bars
- Gaz entrant  $\text{CO}/\text{H}_2/\text{CO}_2$  (40/40/20)



enosir

SIAAP  
Service public de l'assainissement francilien



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## Conclusion (1)

Couplage digestion + méthanation :  $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

- Applicable sur biogaz brut ou sur  $CO_2$
- Faisabilité technique établie (démonstrateurs)
- Ressource nécessaire : hydrogène (vert)
- Faisabilité économique à consolider



## ► Conclusion (2)

Couplage pyrogazéification + méthanation :

- Méthanation du CO, impact composés minoritaires
- Faisabilité technique à consolider (en cours)
- Ressource nécessaire : hydrogène (vert)
- Nécessité de disposer de procédés de gazéification fiables





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

**Un grand merci à nos partenaires....**

**arkolia**  
ENERGIES

**enosir**

**SIAAP**  
Service public de l'assainissement francilien

**INSA** | INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
TOULOUSE

**... Et à nos alliées!**

Archées méthanogènes:



*Methanobacterium bryantii*  
*Methanobacterium formicum*  
*Methanobrevibacter arboriphilicus*  
*Methanobrevibacter gottschalkii*  
*Methanobrevibacter ruminantium*  
*Methanobrevibacter smithii*  
*Methanocalculus chunghsingensis*  
*Methanococcoides burtonii*  
*Methanococcus aeolicus*  
*Methanococcus deltae*  
*Methanococcus jannaschii*  
*Methanococcus maripaludis*  
*Methanosaeeta concilii*  
*Methanosaeeta thermophila*  
*Methanosarcina acetivorans*

*Methanococcoides burtonii*  
*Methanococcus aeolicus*  
*Methanococcus deltae*  
*Methanococcus jannaschii*  
*Methanococcus maripaludis*  
*Methanococcus vannielii*  
*Methanocorpusculum labreanum*  
*Methanoculleus bourgensis*  
(*Methanogenium olentangyi* & *Methanogenium bourgense*)  
*Methanoculleus marisnigri*  
*Methanofollis liminatans*  
*Methanogenium cariaci*  
*Methanogenium frigidum*  
*Methanogenium organophilum*  
*Methanogenium wolfei*

*Methanospirillum hungatei*  
*Methanothermobacter defluvii*  
(*Methanobacterium defluvii*)  
*Methanothermobacter thermoautotrophicus*  
(*Methanobacterium thermoautotrophicum*)  
*Methanothermobacter thermoautotrophicus*  
(*Methanobacterium thermoautotrophicum*)  
*Methanothermobacter wolfei*  
(*Methanobacterium wolfei*)  
*Methanotherx soehngenii*  
*Methanosarcina mazei*  
*Methanosphaera stadtmanae*  
*Methanopyrus kandleri*  
*Methanoregula boonei*  
*Methanosarcina barkeri*  
*Methanomicrobium mobile*

## | Apports de la modélisation pour l'exploitation des STEPs |

---

Sylvie GILLOT et Mathilde LEPAGE, INRAE LYON UR REVERSAAL



# Enjeux pour le traitement et la valorisation des eaux résiduaires



## Hier

- Diminuer les risques sanitaires
- Protéger les milieux récepteurs



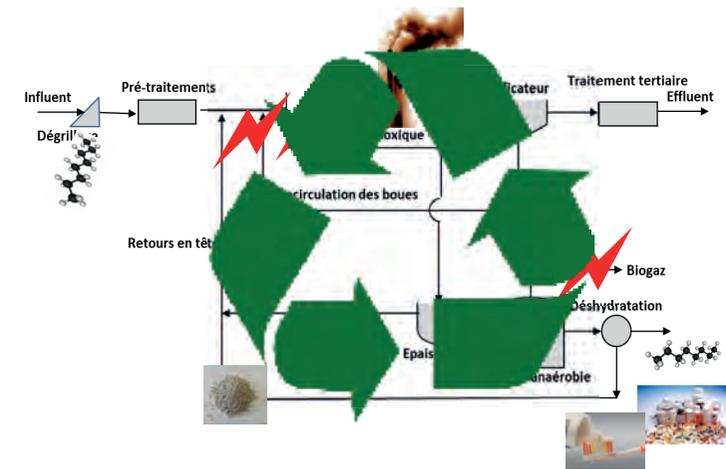
## Aujourd'hui - Optimiser le traitement

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



## Demain

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



- ⇒ Système complexe
- ⇒ Optimisation avec des objectifs multiples



CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

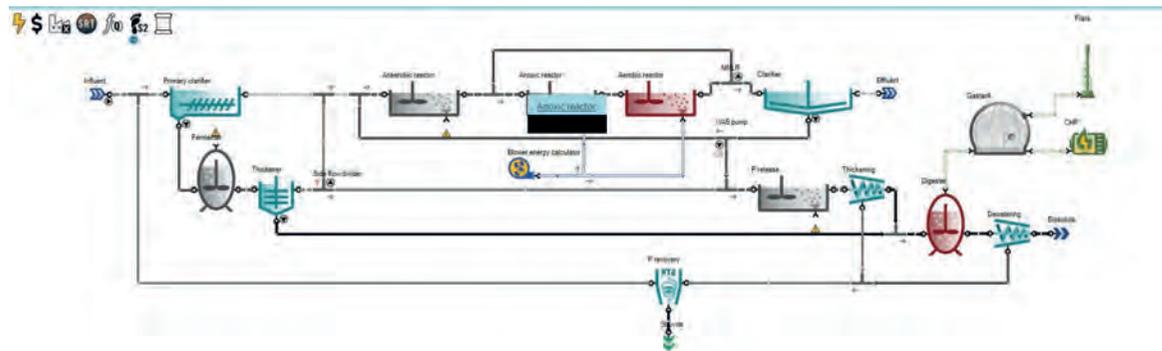
# Développement des outils de modélisation depuis une trentaine d'année

Fonctionnement des installations

- Dimensionner
- Optimiser
- Mise à niveau
- Contrôler

Intégration de connaissance

- Mieux comprendre les processus
- Enseigner
- Mener des travaux de recherche
- ...





# La modélisation en pratique

- Modéliser = représenter mathématiquement et de manière simplifiée les processus physiques, chimiques et biologiques qui ont lieu dans les ouvrages de la station

Influent → Dégrillage →

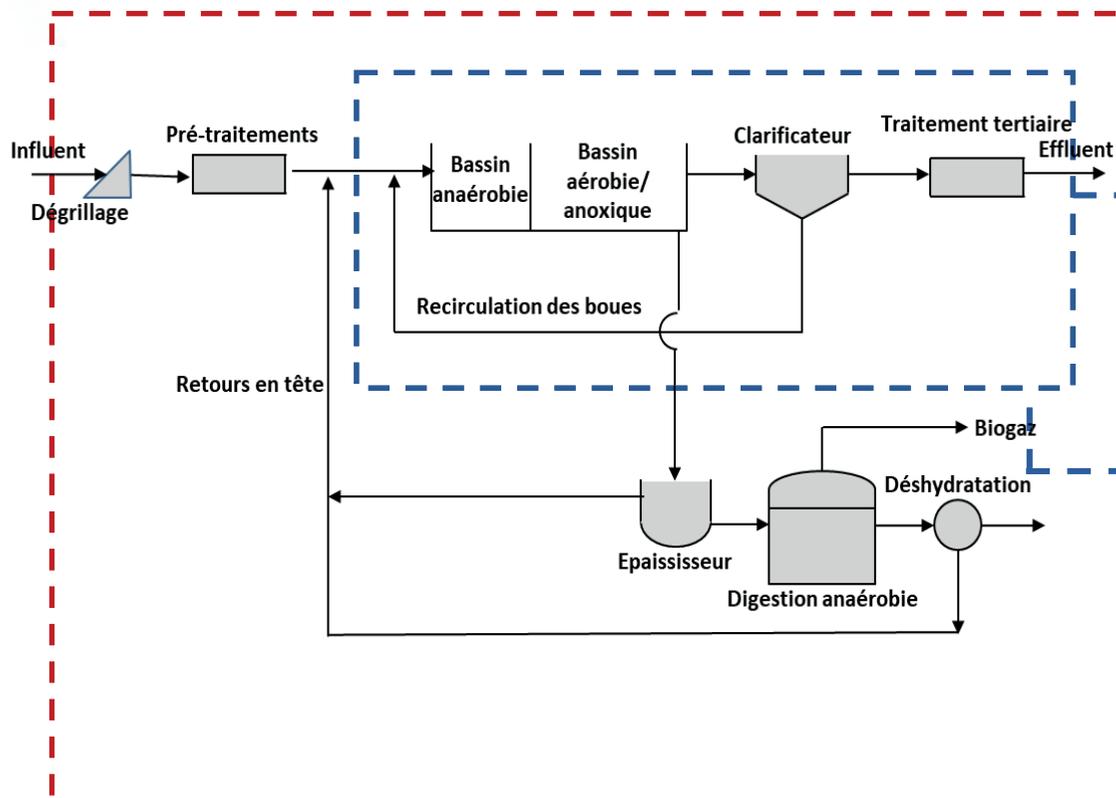
Component	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Process title
	$S_1$	$S_2$	$X_1$	$X_2$	$X_{NH}$	$X_{NO}$	$X_7$	$S_{O_2}$	$S_{NO}$	$S_{NH}$	$S_{NO}$	$X_{NH}$	$S_{NH}$	
1 Aerobic growth heterotrophy		$\frac{1}{Y_H}$						$\frac{1-Y_H}{Y_H}$		$\mu_H$			$\frac{-\mu_H}{14}$	$\mu_H \left( \frac{S_1}{K_S + S_1} \left( \frac{S_{O_2}}{K_{OH} + S_{O_2}} \right) X_{NH} \right)$
2 Anaerobic growth heterotrophy		$\frac{1}{Y_H}$						$\frac{1-Y_H}{2.86 Y_H}$		$-\mu_H$			$\frac{1-Y_H}{14 \times 2.86 Y_H} \mu_H$	$\mu_H \left( \frac{S_1}{K_S + S_1} \left( \frac{K_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} - \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) X_{NH} \right)$
3 Aerobic growth autotrophy								$\frac{4.57 - Y_A}{Y_A}$	$\frac{1}{Y_A}$	$-\mu_A$	$\frac{1}{Y_A}$		$\frac{\mu_A}{14}$	$\mu_A \left( \frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \left( \frac{S_{O_2}}{K_{OH} + S_{O_2}} \right) X_{NH} \right)$
4 Decay heterotrophy			$1 - f_H$											$-f_H X_{NH}$
5 Decay autotrophy			$1 - f_A$											$-f_A X_{NH}$
6 Ammonification														$\mu_A X_{NH}$
7 Hydrolysis organic compounds														$\mu_H \left( \frac{X_1 + X_2}{K_H + X_1 + X_2} \left( \frac{S_{O_2}}{K_{OH} + S_{O_2}} \right) \right) + \mu_H \left( \frac{K_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \left( \frac{S_{O_2}}{K_{OH} + S_{O_2}} \right) \right) X_{NH}$
8 Hydrolysis organic N														$\mu_H X_{NH}$

→ Effluent

Systeme d'équations différentielles de degré 1 à résoudre (logiciels dédiés)

- Ecoulements
- Réactions physico-chimiques (précipitation-dissolution, décantation, filtration,...)
- Transfert gaz – liquide (aération, émission de gaz,...)
- Réactions biologiques (conversion biologique des substrats)
- Fractionnement de la matière organique en classes de biodégradabilité

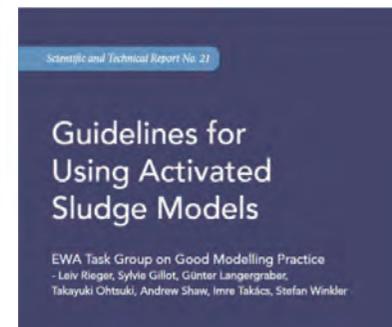
# Verrous passés et présents



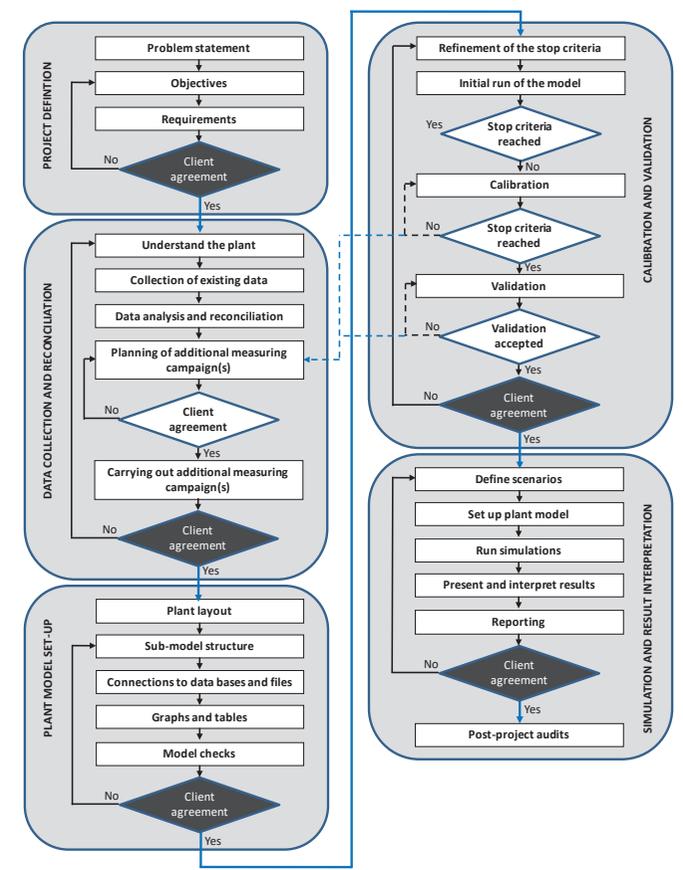
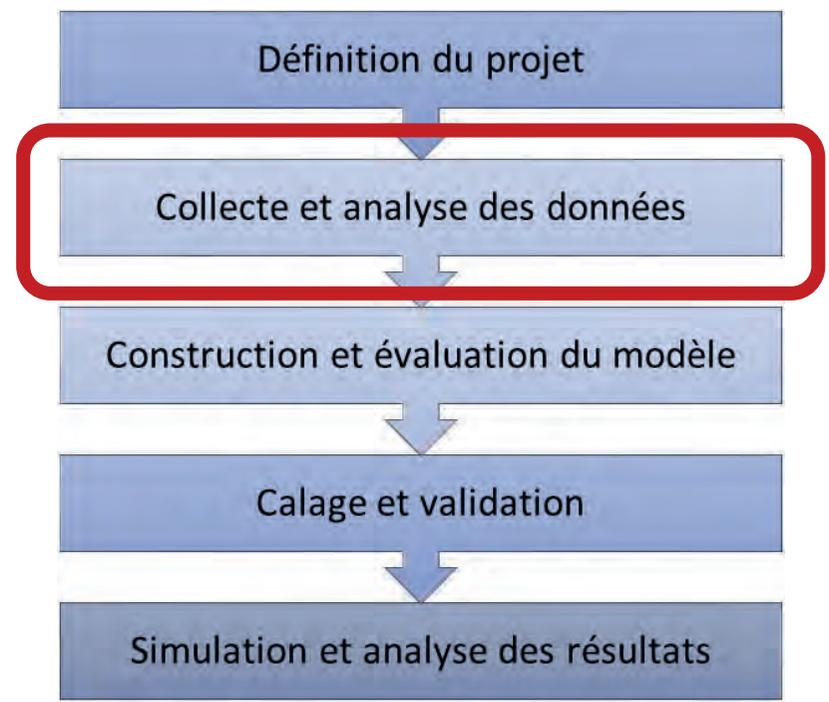
Dans les années 90  
Développement de modèles biocinétiques  
pour le traitement du Carbone et de l'Azote ...  
puis du Phosphore (1999)

Dans les années 2000  
Nouvelles variables et nouveaux  
processus-  $N_2O$ , micropolluants, énergie

Aujourd'hui  
Économie circulaire (nouveaux processus)  
Modèles à l'échelle de l'usine  
- Questions relatives aux données  
- Transfert gaz/liquide (nouveaux procédés, nouvelles variables)  
- Interaction ligne de boue / ligne d'eau



# Une procédure en 5 étapes





## L'enjeu de la donnée

- Données de fonctionnement et d'exploitation
  - Bilan hydraulique / matière
  - Comparaison avec des données de référence
- Données de capteurs
  - Méthode statistique (filtres, détection de valeurs aberrantes / plage de mesure)
  - Méthode empirique (analyse de corrélations entre différentes variables)
    - ⇒ Besoin de formation et de transfert des outils

⇒ Intégration probable à terme de ces outils dans les logiciels de pilotage des stations (SCADA)

=> jumeau numérique



**CONFÉRENCE**  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

## Aide à l'exploitation – Expériences numériques

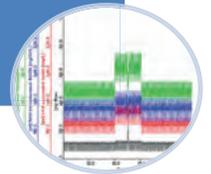
Optimiser  
l'aération



Maintenance  
(prévoir l'effet de  
mise hors service  
d'ouvrage)



Analyser l'impact  
d'une augmentation  
des charges reçues



Elaborer des  
stratégies de  
contrôle en temps  
de pluie



Etudier la  
possibilité d'ajout  
d'étapes de  
traitement





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

INRAE

## Etude de cas : optimisation du fonctionnement de la STEP de Pierre-Bénite à l'aide de la modélisation



Projet collaboratif INRAE / Métropole de Lyon  
(Marché de Recherche & Développement)



## CONFÉRENCE EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

# Contexte de l'étude

- Région lyonnaise
- Station mise en service en 1972, puis rénovée en 2006
- 4 sous-bassins versants
- Capacité = 950 000 EH
- Débit de référence = 300 000 m<sup>3</sup>/j
- Milieu récepteur des effluents traités : le Rhône



Bassin versant de la station de traitement des eaux usées à Pierre-Bénite [1]

[1] Grand-Lyon. Carte d'identité du bassin versant de la station de traitement des eaux usées à Pierre-Bénite.



**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# De nombreux enjeux stratégiques

**Augmentation des charges entrantes à court, moyen et long terme**

- Augmentation de la population
- Raccordement de la station d'épuration de Fontaine
- Apport de charges externes

**Modifications structurelles de la station**

- Mise en fonctionnement d'un by-pass de la décantation primaire
- Ajout d'une étape de digestion anaérobie

**Optimisation de la gestion énergétique et environnementale**

- Optimisation de l'aération
- Production de biogaz

Nécessité d'estimer l'impact de ces évolutions et de prévoir des stratégies d'exploitation



Utilisation de la modélisation comme outil d'aide à la décision

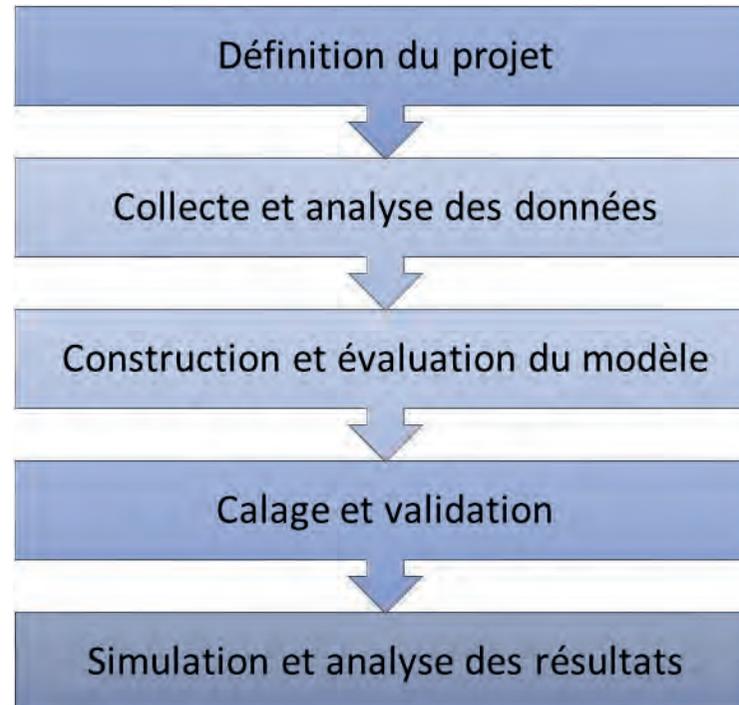


**CONFÉRENCE**  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**

# ► Les cinq étapes d'un projet de modélisation





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# ► Définition des objectifs

1. Modélisation de la station actuelle

2. Impact du by-pass sur les performances de traitement →  
définition de règles d'exploitation / de contrôle du by-pass

3. Impact de l'augmentation de la charge à traiter

4. Ajout d'une étape de digestion anaérobie et impact sur  
l'ensemble de l'installation





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

EPT : Entrée prétraitement

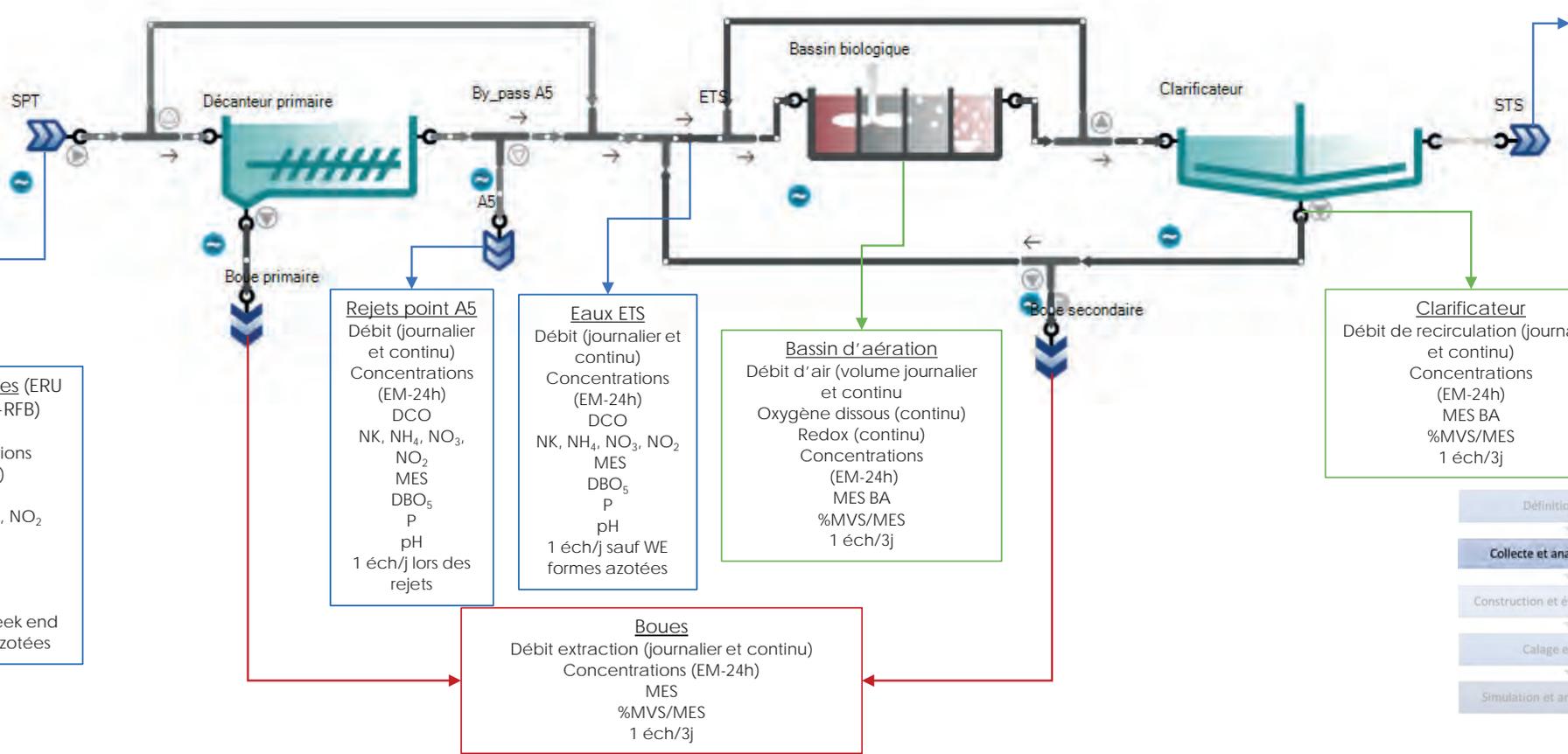
SPT : Sortie prétraitement

ETS : Entrée traitement secondaire



# Collecte des données

**Eaux traitées**  
Débit (journalier et continu)  
Concentrations (EM-24h)  
DCO  
NK, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>  
MES  
DBO<sub>5</sub>  
P  
pH  
Température  
1 éch/j sauf week end pour formes azotées



# ► Analyse et traitement des données

Echantillonnage des débits d'entrée et de l'aération

Code python (avant échantillonnage)

```
Débit en entrée de prétraitement brut
      Time      Q
0      2021-10-01 00:00:00  2840
1      2021-10-01 00:00:30  2830
2      2021-10-01 00:01:01  2835
3      2021-10-01 00:01:31  2894
4      2021-10-01 00:02:01  2878
...
428154 2022-03-02 23:57:32  2688
428155 2022-03-02 23:58:02  2645
428156 2022-03-02 23:58:32  2652
428157 2022-03-02 23:59:02  2667
428158 2022-03-02 23:59:32  2774
```

[428159 rows x 2 columns]

Code python (après échantillonnage)

```
Débits d'entrée après traitement des données
      Time
2021-10-01 00:00:00  2909.808333
2021-10-01 00:10:00  2656.511667
2021-10-01 00:20:00  2862.713333
2021-10-01 00:30:00  2751.916667
2021-10-01 00:40:00  2695.430000
...
2022-03-02 23:10:00  3413.585000
2022-03-02 23:20:00  3058.468333
2022-03-02 23:30:00  3164.330000
2022-03-02 23:40:00  3173.088333
2022-03-02 23:50:00  2914.568333
Freq: 10T, Name: Débit pondéré, Length: 22032
```

$$(428159 - 22032) / 428159 = 95\%$$



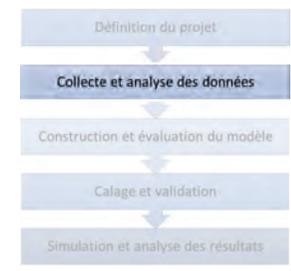
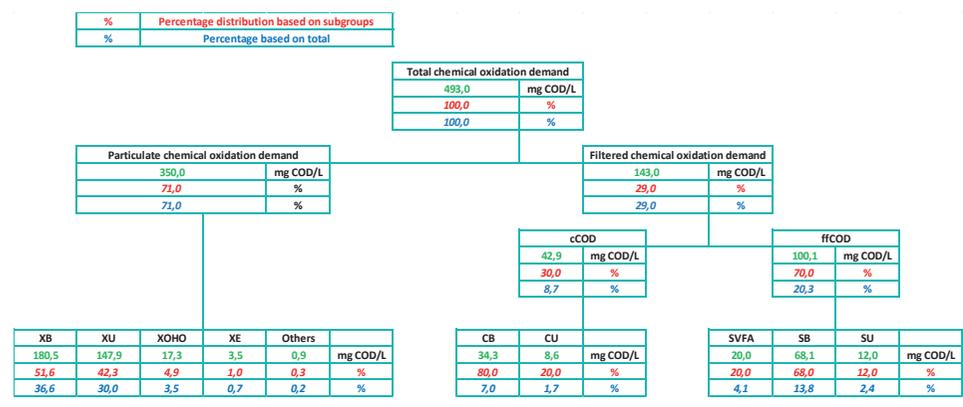


**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# ➤ Analyse et traitement des données

Echantillonnage des débits d'entrée et de l'aération

Fractionnement de la matière organique dans les eaux usées → campagnes d'analyses spécifiques





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

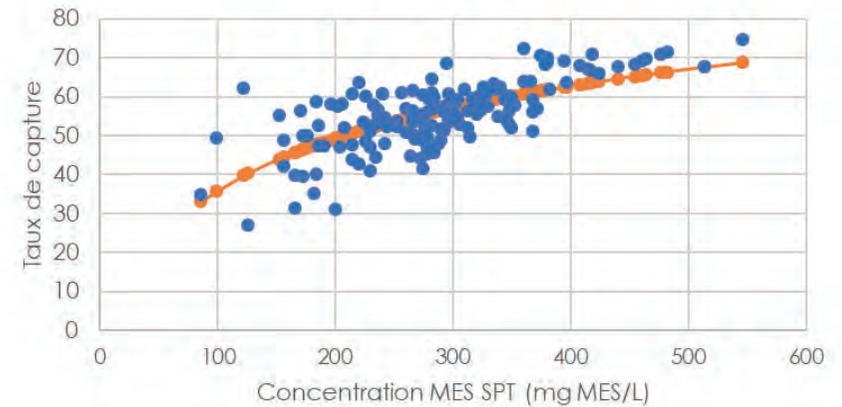
# ► Analyse et traitement des données

Echantillonnage des débits d'entrée et de l'aération

Fractionnement de la matière organique dans les eaux usées → campagnes d'analyses spécifiques

Amélioration de la modélisation du décanteur primaire

Abattement des MES dans le décanteur primaire : modèle logarithmique



—●— Modèle logarithmique





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# ➤ Analyse et traitement des données

Echantillonnage des débits d'entrée et de l'aération

Fractionnement de la matière organique dans les eaux usées → campagnes d'analyses spécifiques

Amélioration de la modélisation du décanteur primaire

Reconstitution de l'aération globale à partir des volumes d'air journaliers

Mode	Période	Pourcentage temps_sec
Aération	1	0,10
Anoxie	2	0,14
Aération	3	0,11
Anoxie	4	0,16
Aération	5	0,15
Anoxie	6	0,16
Aération	7	0,16
Anoxie	8	0,15
Aération	9	0,17
Anoxie	10	0,14
Aération	11	0,17
Anoxie	12	0,13
Aération	13	0,14
Anoxie	14	0,13

Temps aération





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# ➤ Analyse et traitement des données

Echantillonnage des débits d'entrée et de l'aération

Fractionnement de la matière organique dans les eaux usées → campagnes d'analyses spécifiques

Amélioration de la modélisation du décanteur primaire

Reconstitution de l'aération globale à partir des volumes d'air journaliers

Mode	Période	Pourcentage temps_sec
Aération	1	0,10
Anoxie	2	0,14
Aération	3	0,11
Anoxie	4	0,16
Aération	5	0,15
Anoxie	6	0,16
Aération	7	0,16
Anoxie	8	0,15
Aération	9	0,17
Anoxie	10	0,14
Aération	11	0,17
Anoxie	12	0,13
Aération	13	0,14
Anoxie	14	0,13

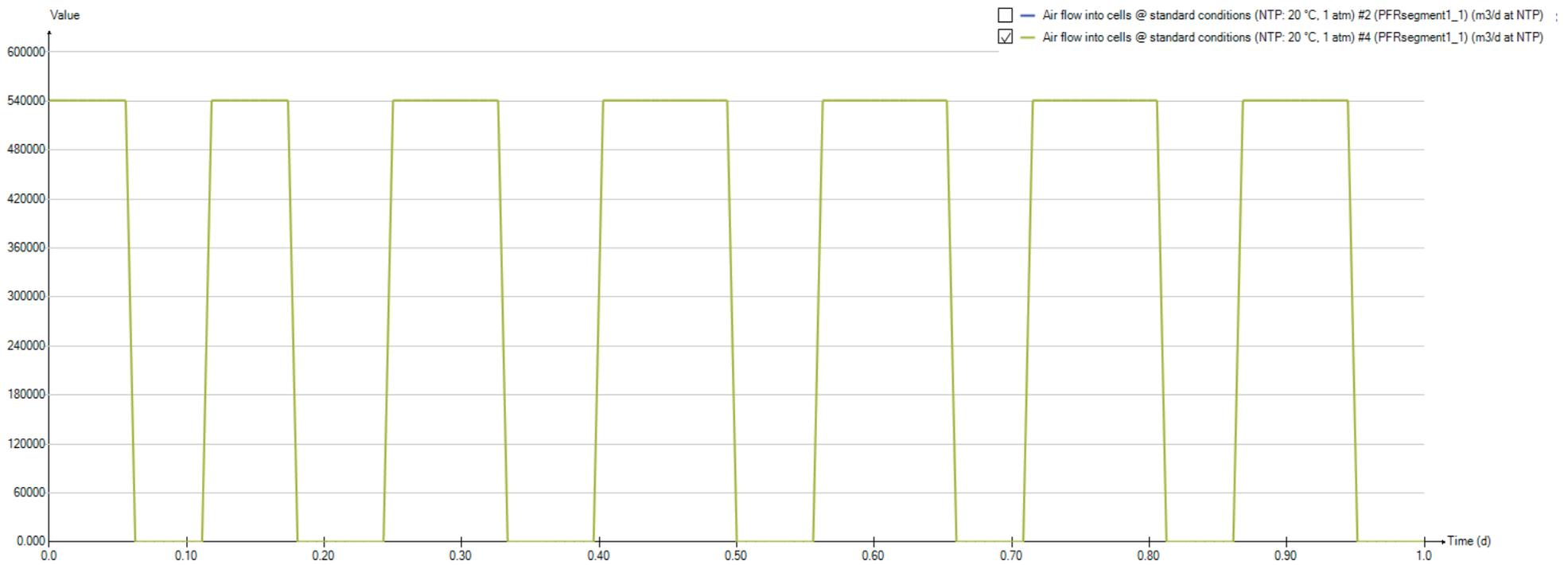
Temps anoxie





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

# ► Analyse et traitement des données



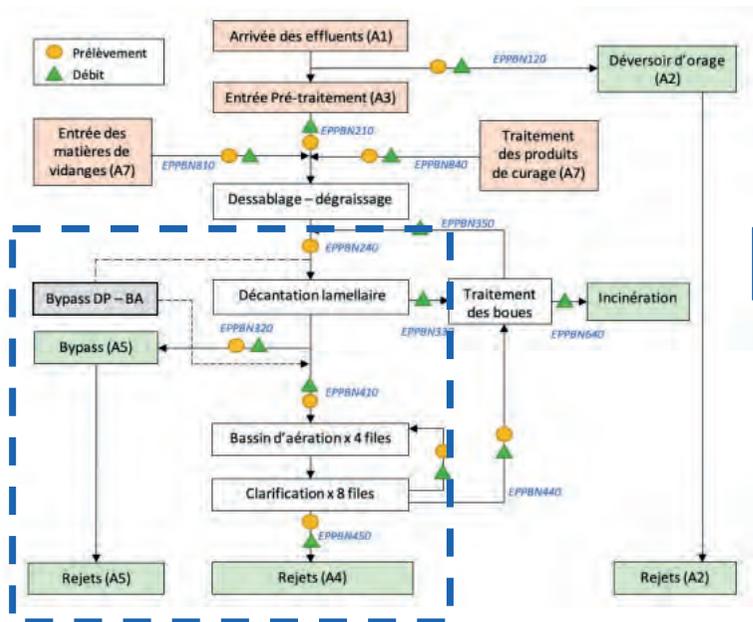
Evolution de l'aération au sein d'une journée par temps sec



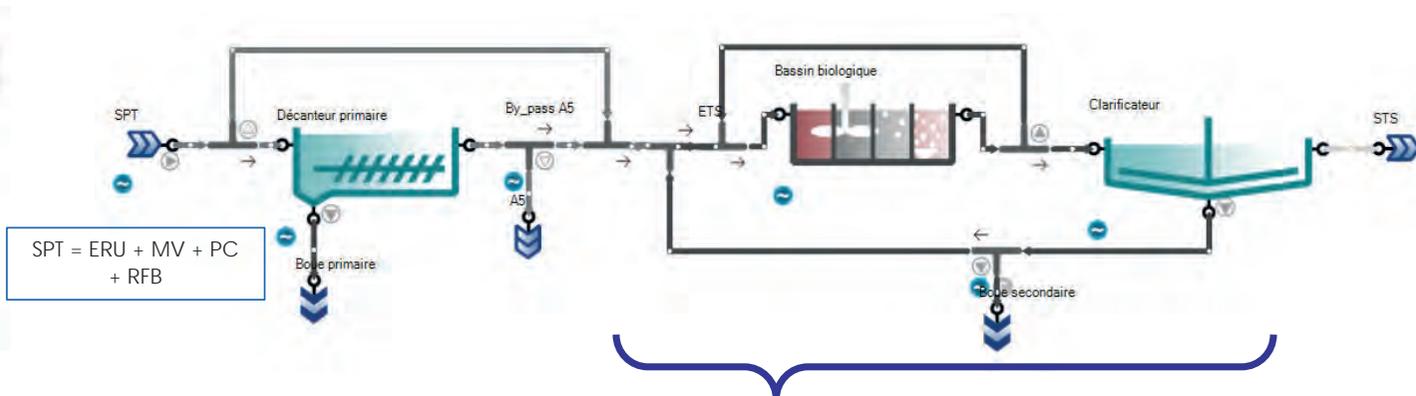
# CONFÉRENCE EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

## De la station au modèle : File eau (SUMO22)

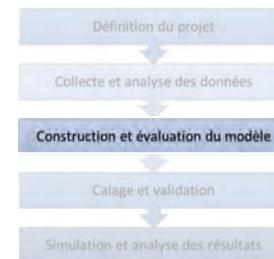
Schéma de la file eau de la STEP de Pierre-Bénite



Modèle de la STEP de Pierre-Bénite



Les trois files biologiques sont modélisées en une seule



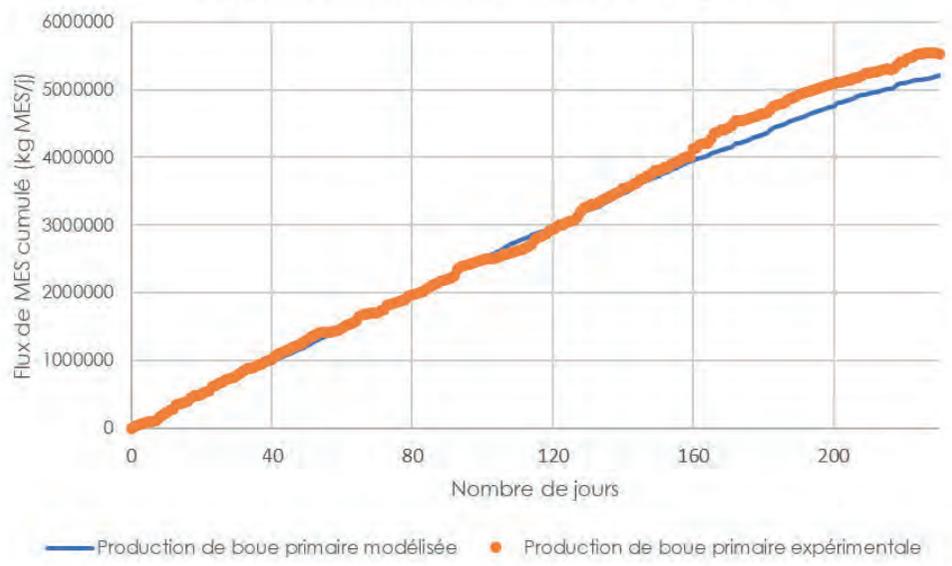
Source : Duong, 2020.



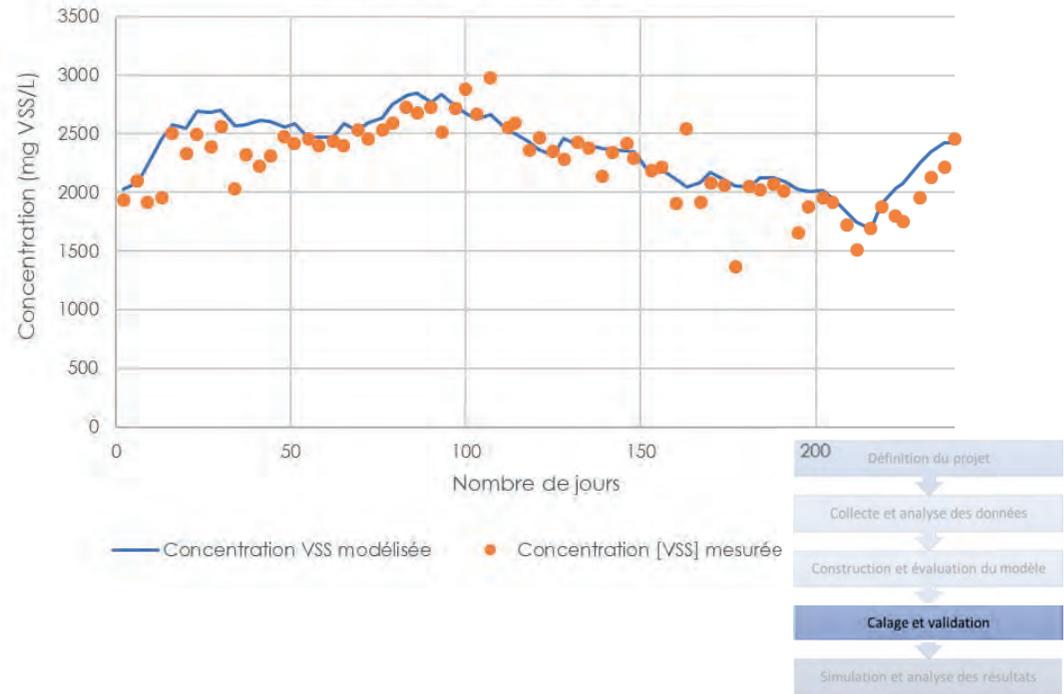
**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# ► Calage et validation

Comparaison des productions de boues primaires expérimentales et modélisées sur 236 jours



Evolution de la concentration en VSS dans le bassin biologique durant 236 jours





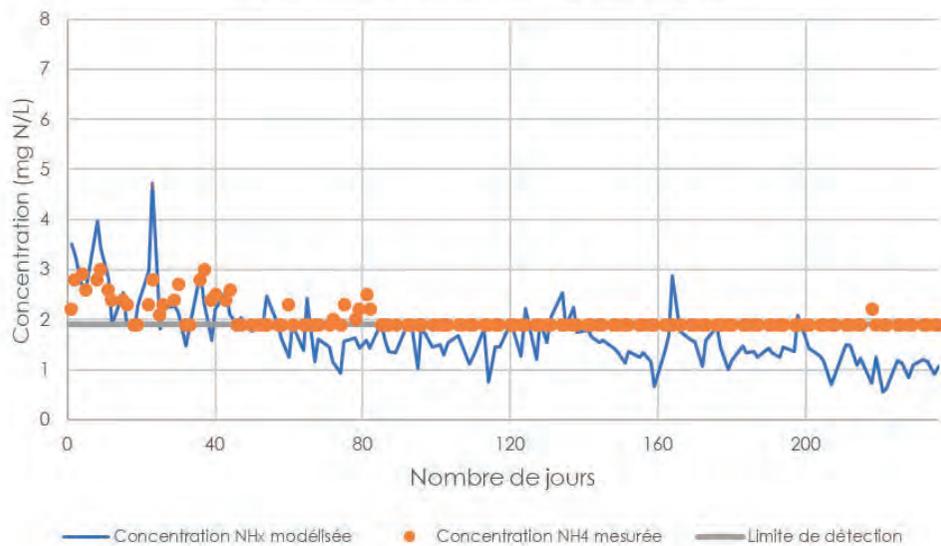
**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

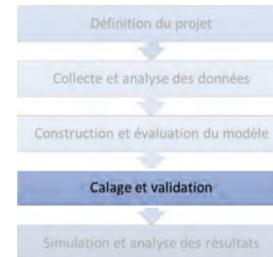
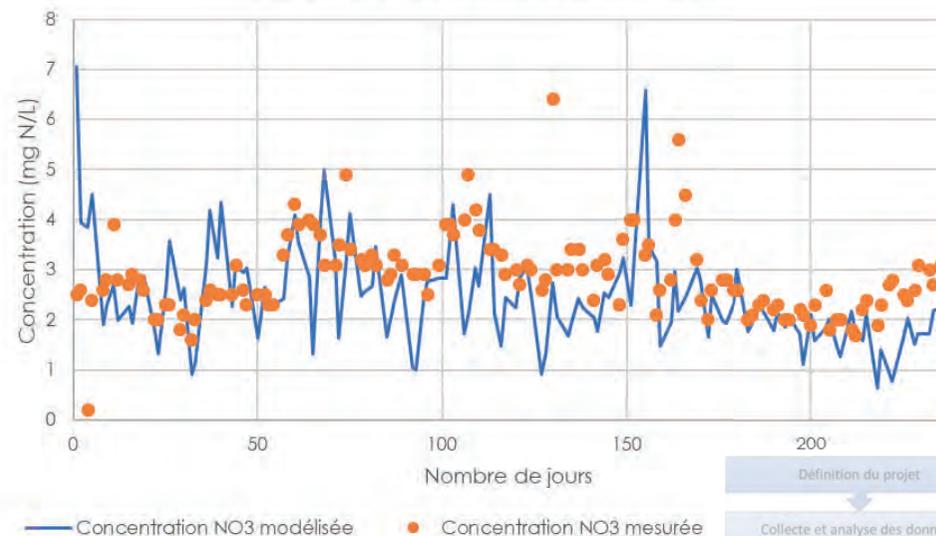
**INRAE**

# Calage et validation

Evolution de la concentration en ammonium en sortie de traitement secondaire sur 236 jours



Evolution de la concentration en nitrate en sortie de traitement secondaire sur 236 jours





CONFÉRENCE  
EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

## Scénarios

### Impact du by-pass de la décantation primaire

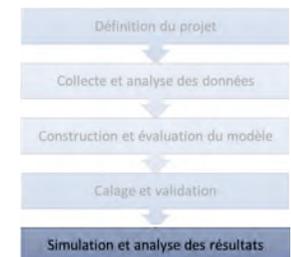
- Maintien d'un charge massique constante sur l'étage biologique
- Qualité des effluents de sortie
- Limite de l'installation (aération, hydraulique...)

### Evolution des charges en entrée de station à court, moyen et long terme

- Qualité des effluents de sortie
- Limite de l'installation (aération, hydraulique...)

### Ajout d'une étape de digestion anaérobie

- Impact des retours en tête de digestion sur le traitement biologique
- Qualité des effluents de sortie
- Limite de l'installation (aération, hydraulique...)





**CONFÉRENCE**  
**EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION**

# Scénarios

**Impact du by-pass de la  
 décantation primaire**

- Maintien d'un charge massique constante sur l'étape biologique
- Qualité des effluents de sortie
- Limite de l'installation (aération, hydraulique...)

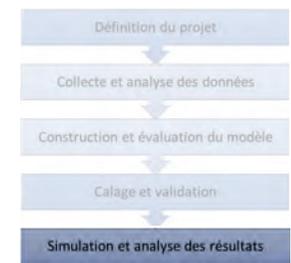
**Evolution des charges en  
 entrée de station  
 moyen**

Impact des retours en tête de digestion sur le traitement biologique

**Ajout d'une  
 digester  
 double**

- Impact des retours en tête de digestion sur le traitement biologique
- Qualité des effluents de sortie
- Limite de l'installation (aération, hydraulique...)

⇒ Les résultats seront présentés au congrès de l'ASTEE 2023





EAU ET SANTÉ

## CONFÉRENCE

EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION

2 février 2023 - Villeurbanne (69)

graie

INRAE

[www.graie.org](http://www.graie.org)

Domaine scientifique de la Doua

Bâtiment CEI

66 Bd Niels Bohr - CS 52132

69603 VILLEURBANNE cedex

asso@graie.org

Soutenu  
par



En partenariat avec :

