

## Bilan énergétique des stations d'épuration et La station du futur

Bilan énergétique des stations à boues activées en France et perspectives de recherche  
Echanges et retours d'expériences sur le thème « la STEP du futur »



### 1. ÉCHANGES/DISCUSSIONS SUR LE BILAN ENERGETIQUE DES STATIONS

sur la base de la présentation de l'étude de l'IRSTEA et du retour d'expérience des membres du groupe

#### **Bilan énergétique des stations à boues activées en France et perspectives de recherche – Jean-Pierre CANLER, IRSTEA Lyon**

Jean-Pierre Canler présente les objectifs et premiers résultats de l'étude « Maîtrise des consommations énergétiques des stations d'épuration – état des lieux et premières pistes d'amélioration ».

La finalité de ce projet, co-financé par l'Agence de l'Eau RMC et IRSTEA, est de fournir des éléments objectifs permettant de tendre vers une optimisation des consommations énergétiques des stations d'épuration.

Les données utilisées ont été fournies par Véolia, la Saur et Suez.

#### **Voici quelques éléments de résultats :**

- On peut exprimer la consommation énergétique des stations d'épuration en terme de kwh moyen consommé par kg de DBO<sub>5</sub> éliminé.
- La bibliographie internationale montre que les stations françaises consomment globalement davantage d'énergie que les autres : cette différence est liée à la conception des parcs (taille, taux de charge, digestion des boues avec valorisation biogaz, etc.).
- La bibliographie révèle également des différences de niveau de consommation entre les procédés : consommation énergétique Boues activées (BA) < Réacteur séquentiel discontinu (SBR) < Bioréacteur à membrane (BRM).
- 3 postes sont responsables de la majeure partie de la consommation énergétique : l'aération, la désodorisation et le poste de séchage des boues.
- 3 facteurs influent particulièrement sur cette consommation : le taux de charge, la concentration en DBO<sub>5</sub> et le ratio DBO<sub>5</sub>/NTK (lorsque ces taux/concentrations/ratio augmentent, la quantité d'énergie consommé par kg de DBO<sub>5</sub> éliminé diminue).

- Les analyses détaillées par poste montrent qu'un gain de 10-15 % (en moyenne) est facilement accessible.
- Les points d'optimisation sont les suivants :
  - lors de la conception du système d'assainissement : diminution des eaux claires parasites, mise en place d'équipements de régulation (ex : sonde redox), etc.
  - lors de l'exploitation : outil permettant à l'exploitant de mieux suivre la consommation énergétique en temps réel, possibilité de by-passer en gradient, etc.
- La réglementation européenne a fixé un objectif « des 3 x 20 » : diminution de 20% de la consommation électrique, utilisation de 20% d'énergie renouvelable et diminution de 20% des émissions de gaz à effet de serre.
- Un autre projet intitulé « Eco-stations », mené actuellement par l'IRSTEA avec l'appui de l'Agence de l'Eau, a pour objectif de modéliser l'impact environnemental global d'une station d'épuration (abattements, énergie, gaz à effet de serre, valorisation énergétique...) et d'en déduire les actions nécessaires. Trois STEPs ont été ciblées pour ce projet, dont deux en suivi poussé : Feysine et Bourg-en-Bresse.

**=> Les échanges sur cette thématique seront poursuivis au sein du groupe de travail régional.**

**Le diaporama présenté est consultable en annexe.**

**Le rapport de cette étude de l'IRSTEA sera mis en ligne courant 2016.**

## 2. ÉCHANGES ET RETOURS D'EXPÉRIENCES SUR LE THÈME « LA STATION DU FUTUR »

### Stratégie de l'Agence de l'Eau – Céline LAGARRIGUE, Agence de l'Eau RMC

Céline Lagarrigue présente la stratégie de l'Agence de l'Eau concernant cette thématique « Station du futur », qui repose sur 5 piliers :

1. Assurer un niveau d'efficacité de traitement permettant la protection des milieux aquatiques (ce qui inclut un volet « micropolluants »)
2. Optimisation énergétique
3. Passer à l'ère de l'usine de valorisation : phosphore, azote, réutilisation des eaux traitées, etc.
4. Des stations intelligentes : compteurs, automatismes, etc.
5. Poursuivre/renforcer les actions de réduction à la source

Le plan d'action de l'Agence est le suivant :

- Financements :
  - Un appel à projets « Réutilisation des eaux traitées »
  - Le soutien à des projets de recherche sur les micropolluants, la réutilisation matière, etc.
  - L'ouverture des financements vers tous les piliers de la STEP du futur : pour des pilotes ou des installations à vraie grandeur
- Mobilisation de tous les acteurs : collectivités, privés, bureau d'études, scientifiques,...
- L'organisation d'un colloque national « STEP du futur » au 2<sup>ème</sup> semestre 2016

**Pour lancer les discussions, Laëtitia Bacot (Graie) propose quelques retours « non exhaustifs » sur la thématique effectuée à partir d'une rapide revue bibliographique sur le Web :**

La STEP du Futur est réellement un changement de paradigme : "Eaux usées = ressource"

Actuellement, il s'agit principalement dans les expériences recensées, de :

- consommer moins, mieux et investir dans les énergies renouvelables : autonomie énergétique et énergie positive (ex : Budapest, Pilsen ...);
- diminuer les impacts ou valoriser ;
- réduire les émissions de CO<sub>2</sub> : matériaux de construction - Carbo neutre (ex : Aquaviva Cannes) ;
- capitaliser les sous-produits/produits (Struvite / Phosphore/ Azote, etc.) :
  - utilisation / adaptation des traitements sur effluents agro. - ANR Phosph'or -- Irstea /Insa toulouse ;
  - Eawag suisse - Novaquatis 2000-2006 : le projet de recherche sur la séparation des urines comme un nouvel élément dans la gestion des eaux usées. Les objectifs sont d'améliorer le contrôle de la pollution de l'eau en réduisant les apports de nutriments et de micropolluants, et pour fermer les cycles de nutriments (application à Siddhipur, Népal, ville équipée de toilettes séparées) ;
  - réutilisation des eaux usées traitées.
- mettre en place de traitements tertiaires ;
- Mais aussi en travaillant à l'amont : sur la réduction des pollutions à la source et des eaux claires parasites ;
- ...

**=> Les échanges au sein des membres du réseau mettent en évidence de nombreuses expérimentations en cours ou en projet au sein des stations, qui pourront faire l'objet de présentations de retours d'expérience lors des prochaines réunions : ex analyseurs en ligne (SILA), sondes (Courchevel), variateurs de vitesse (Megève), pompes à chaleur (SIAV, Suez STEP Belleville), etc.**

### 3. ACTUALITÉ DES DEPARTEMENTS ET STATIONS D'EPURATION DE RHÔNE-ALPES

#### **Rapide présentation du hall d'expérimentation et de recherche IRSTEA situé à la STEP de la Feysine**

Ce hall d'expérimentation et de recherche a été réalisé dans le cadre d'un partenariat entre l'IRSTEA et le Grand Lyon. Il est situé sur le site de la STEP de la Feysine (Villeurbanne) et dispose ainsi d'eaux usées et de boues à différents stades de traitement pour des expérimentations in situ dont les objectifs sont :

- la mise au point, l'évaluation et l'optimisation de procédés de traitement des eaux usées, principalement à composantes urbaines et domestiques ;
- le traitement et la valorisation des co-produits ;
- le développement d'outils d'aide à la gestion (modélisation) ;
- la caractérisation des rejets vers les eaux superficielles.

**Plus d'informations sur ce hall d'expérimentation, sur la plaquette conçue par l'IRSTEA :**

[http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Fiche\\_Plateforme\\_Captiven\\_Irstea\\_FEYSSINE.pdf](http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Fiche_Plateforme_Captiven_Irstea_FEYSSINE.pdf)

**A l'occasion du tour de table, plusieurs sujets ont fait l'objet d'une discussion, mettant en avant des problématiques émergentes ou informations importantes pour les exploitants de stations d'épuration de la région.**

#### **Département de l'Isère (38)**

Vienne agglo :

- la station d'épuration va tester **un procédé appelé Biocrack** qui doit permettre de réaliser une lyse cellulaire (choc électromagnétique) afin de diminuer le temps de séjour des boues : il s'agit de la 1<sup>ère</sup> station équipée en France avec ce procédé qui représente un investissement minime, pour une efficacité incertaine ;
- la STEP a reçu l'autorisation d'**injecter le gaz** produit dans le réseau d'assainissement ;
- la STEP sera prochainement équipée du **procédé IFAS** : une compartimentation du bassin permettant, en rajoutant du support, d'augmenter la capacité de traitement sans toucher au génie civil. La réception globale des travaux est prévue pour octobre 2016 (possibilité d'organiser une réunion du groupe de travail à la STEP à partir de cette date). Une thèse sur ce sujet a été menée à l'IRSTEA et a fait l'objet d'une soutenance en novembre 2015.

#### **Département du Rhône (69)**

La Métropole de Lyon :

- la STEP de la Feysine a pour projet de réaliser **une étude de valorisation du biogaz** (réinjection de biogaz dans le réseau) pour une exploitation à l'horizon 2018 ;
- la STEP de St germain au mont d'or : étude de fonctionnement et de faisabilité en cours pour un système d'aération moyenne bulle, avec une exigence sur le rendement sur l'azote. La STEP travaille également sur l'automatisation des by-pass, et souhaitent tester la diminution de la concentration des boues par ajout de lestant dans les boues activées ;
- un schéma directeur de l'énergie va être mis en place à l'échelle du Communauté urbaine de Lyon ;
- mise en ligne d'une vidéo « Pas de lingettes dans les toilettes » (environ 150 000 vues en mars 2016) -[voir la vidéo](#)

#### **Département de la Savoie (73)**

Le Département constate une diminution de la quantité de matière de vidange traitée au sein des STEP du territoire, probablement car une partie est valorisée sur d'autres typologies de sites.

#### Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vanoise (SIAV) :

-le Syndicat constate actuellement un manque d'apport de graisses, qui sont nécessaires à la méthanisation (les vidangeurs amènent parfois ces matières dans des sites fermiers) : ainsi, le syndicat a baissé le tarif de traitement ;

-le SIAV met actuellement en place **une pompe à chaleur** financée dans le cadre de l'Appel à Projets « Energie » de l'Agence de l'Eau RMC, qui permettra de chauffer les locaux de la station.

#### Département de la Haute-Savoie (74)

Annemasse agglomération : les trois actualités marquantes présentées sont :

-la régularisation du dossier ICPE pour les travaux menés sur l'unité de méthanisation : changement de chaufferie et augmentation de la puissance ;

-le choix de la maîtrise d'œuvre pour la mise en place d'un traitement de l'azote, qui sera opérationnel en 2019 ;

-la rédaction d'un manuel d'autosurveillance commun au système d'assainissement.

#### Megève- Pras sur Arly :

-la désodorisation se fendille et ne fonctionne plus après 13 ans d'utilisation : elle doit donc être refaite ;

-les trois pollutions au fuel constatées cette année ont occasionné beaucoup de pertes de biolites et la STEP doit donc en ajouter. Jean-Pierre Canler (IRSTEA) indique que la biolite ronde est plus efficace (car non anguleuse) et que plusieurs types de biolites peuvent être mélangés sans problème à condition qu'ils aient la même densité (pour qu'il n'y ait pas de pertes au lavage) ;

-la STEP va mettre en place **des variateurs de vitesse** au niveau des postes de relevage, pour avoir une vitesse plus linéaire.

#### Syndicat Mixte du Lac d'Annecy (SILA) :

-le SILA expérimente **l'injection de biogaz dans le réseau** : le rachat du gaz par GRDF permet de rentabiliser l'investissement en 3 ans ; il est nécessaire de bien maîtriser ses intrants afin de maintenir une qualité de gaz conforme aux normes GRDF ;

-méthanisation : le SILA va mettre en place **des échangeurs boues/boues** permettant de préchauffer les boues entrantes afin de réduire la puissance de la chaudière ; à terme 95% des boues du SILA vont être méthanisées

#### Station d'épuration de Belleville

Mise en place d'une **pompe à chaleur** (PAC) pour récupérer l'énergie des eaux en sortie de station, permettant d'alimenter 50 logements. Retour d'expérience intéressant à suivre pour mieux appréhender la gestion d'une PAC (gestion des dépôts dans les canalisations, rendements, etc.).

#### Véolia Eau :

L'entreprise s'est lancée dans une démarche globale de **maîtrise de la consommation énergétique**, via un plan d'action à 3 ans intégré dans une certification ISO 50 001. Dans ce cadre, elle a été retenue dans un appel d'offres lancé par RTE qui rémunère la capacité d'effacement lors de période de pointe (ex : réduction de la consommation pendant 1h, 1 fois par jour, sur certains de leurs 50 sites).

#### Actualités de l'Agence de l'Eau RMC

-Journée « Eau et Connaissance » contamination chimique des milieux aquatiques, 27 novembre 2015, Lyon : l'agence de l'eau a organisé cette conférence qui a rassemblé plus de 130 personnes, avec pour objectif de rendre compte des connaissances issues de travaux de recherche scientifiques – [diaporamas présentés](#).

-Appel à projets « Réutilisation des eaux usées traitées » - [en savoir plus \(site de l'AERMC\)](#) .:

L'agence de l'eau RMC lance un appel à projets destiné aux collectivités et industriels qui réalisent des études et des travaux visant à réutiliser l'eau usée traitée. Doté de 7 M€, il est ouvert jusqu'au 2 septembre 2016. Les projets retenus pourront bénéficier d'un taux d'aide maximal de 80 %.

Peuvent être soutenus tous projets de réutilisation de l'eau usée traitée (REUT) :

- des études d'opportunité de REUT,
- des travaux de REUT autorisés par l'arrêté du 2 août 2010. Les travaux peuvent concerner un traitement complémentaire sur la station de traitement des eaux usées, le réseau de transfert vers l'usage, le matériel d'analyse de la qualité sanitaire, etc.,
- des pilotes permettant de tester des usages non prévus par l'arrêté du 2 août 2010 et d'en démontrer l'innocuité sanitaire.

### **Actualités de l'IRSTEA**

L'IRSTEA poursuit ses études d'évaluation des procédés nouveaux : technologies Organica (SBR avec les plantes dessus), IFAS, etc. En parallèle, Jean-Pierre Canler mène actuellement des travaux sur le site de Bourg-En-Bresse, sur la problématique du traitement du phosphore.

### **Actualités du Graie**

-Evènements organisés par le Graie :

- 17 septembre 2015 à Lyon : journée technique OTHU : « Infiltration/rétention des eaux pluviales – métrologie - modélisation » - [supports d'intervention](#) + [synthèse](#)
- 5 novembre 2015 à Lyon : conférence régionale sur les effluents non domestiques : « Stratégies d'action contre les micropolluants – zoom sur les activités de soin » – [actes de la conférence](#)
- 18 novembre 2015 à Lyon : réunion d'échanges en appui sur le groupe de travail régional Eaux pluviales et aménagement : « zonage pluvial et PLU : quelles règles établir ? » - [document de synthèse](#)
- 8 décembre 2015 à Lyon : 2<sup>ème</sup> forum eaux pluviales et aménagement, Grenoble – [actes et résumé](#)
- 7 avril 2016 à Lyon : Journée d'échanges régionale sur l'autosurveillance des réseaux d'assainissement - [programme](#)

**ANNEXE :**  
**DIAPORAMA DE JEAN-PIERRE CANLER, IRSTEA**

# Maîtrise des consommations énergétiques des stations d'épuration

## Etat des lieux et premières pistes d'optimisation

Etude co-financée par Agence de l'eau RMC et Irstea

Irstea Bordeaux : A.-E. Stricker, A. Husson, T. Daval  
Irstea Lyon et Antony : J.-P. Canler, Y. Fayolle, S. Gillot

Pour mieux affirmer ses missions, le Cemagref devient Irstea



www.irstea.fr

Journée Technique GRAIE  
Optimisation énergétique des stations d'épuration.  
Villeurbanne – 22 octobre 2015



## Motivations de l'étude

- Des consommations spécifiques mesurées par Irstea sur de nombreux procédés de traitement des eaux usées significativement supérieures aux valeurs attendues
- Un intérêt grandissant pour l'optimisation énergétique des installations, en lien avec la réduction de leur empreinte environnementale



## Objectifs de l'étude

- Evaluation des consommations spécifiques totales de 5 filières de traitement intensif
  - 3 cultures libres : BA, SBR, BRM
  - 2 cultures fixées : BF, MBBR
- Identification des facteurs de variation
- Contribution des postes à la consommation totale
  - Répartition relative par postes (%)
  - Consommations spécifiques par postes (kWh/unité fonctionnelle)



## Démarche adoptée

### Etapes :

- Synthèse bibliographique internationale
- Base de données nationale des consommations spécifiques pour les 5 filières à partir des rapports annuels d'exploitation (RPQS ou RAD)
- Analyse détaillée de quelques sites BA, SBR et BRM pour déterminer la contribution des postes et sous postes

### Pour aboutir à :

- Des consommations spécifiques de référence par type de filière
- Une analyse détaillée ( poste et sous poste) par site

### Permettant de :

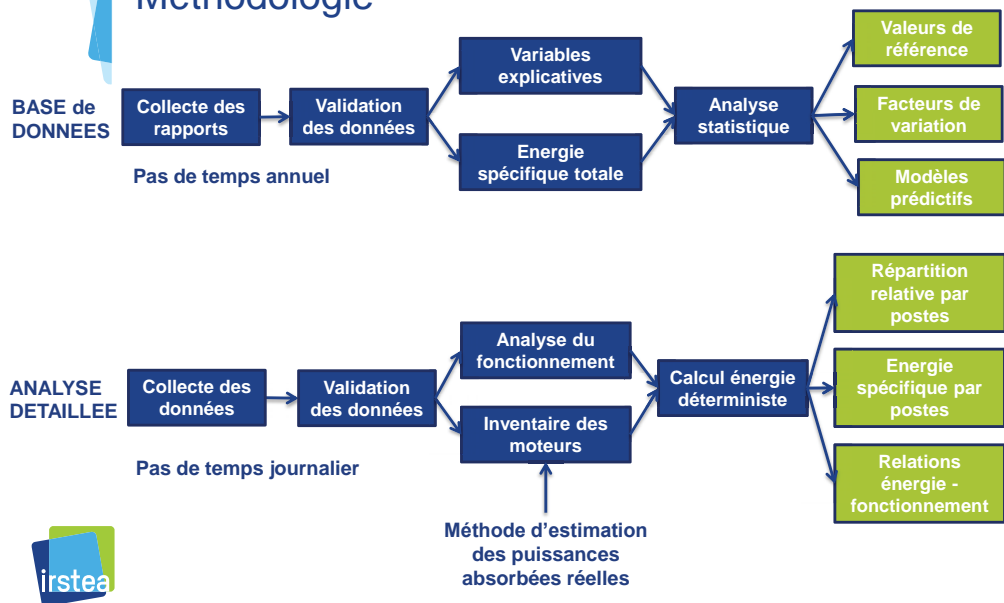
- Situer la consommation d'un site par rapport aux références
- Identifier les postes prioritaires pour une optimisation énergétique

Applicable sur une station existante ou à construire





# Méthodologie



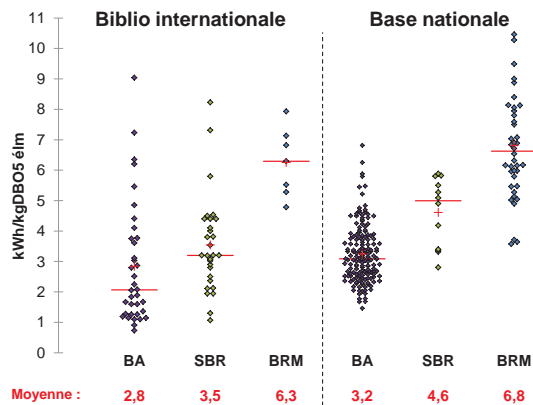
# Nombre de sites analysés

	Cultures libres			Cultures fixées		TOTAL
	BA	SBR	BRM	BF	MBBR	
BIBLIOGRAPHIE	81	34	57	-	-	172
BASE de DONNEES	166	12	41	48	8	275
ANALYSE DETAILLEE	3	3	2	-	-	8



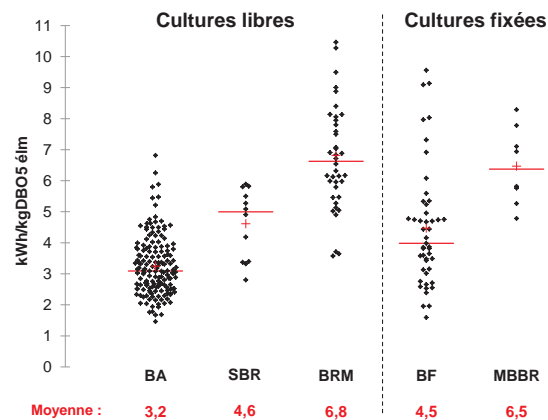
# Synthèse bibliographique internationale et positionnement des données françaises

Pour les 3 procédés à cultures libres :



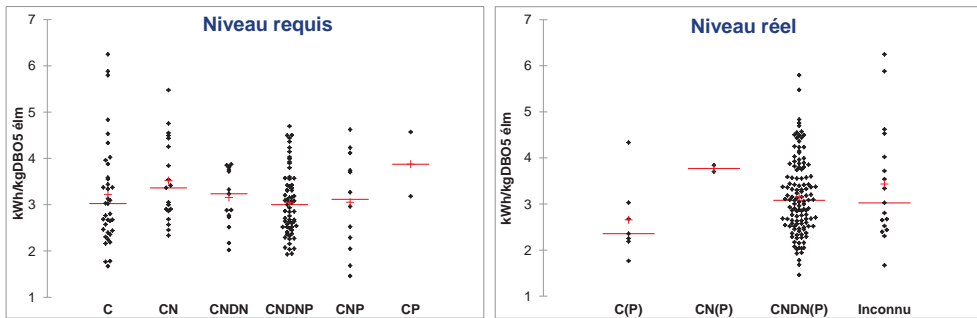
- Tendance BA < SBR < BRM identique à l'étranger et en France
- Mais valeurs françaises > biblio : différences liées à la conception des parcs (taille, taux de charge, digestion des boues avec valorisation biogaz,...)

# Base de données nationale : effet du procédé de traitement file eau



- Attention à la comparaison car ces 5 groupes n'ont
  - Ni les mêmes conditions de fonctionnement !
  - Ni les mêmes performances de traitement ! BRM > BA ≈ SBR > MBBR ≈ BF
- Les différences observées sur les performances énergétiques s'expliquent par
  - le procédé
  - le taux de charge, qui augmente avec l'âge : BA > BF > BRM ≈ SBR ≈ MBBR

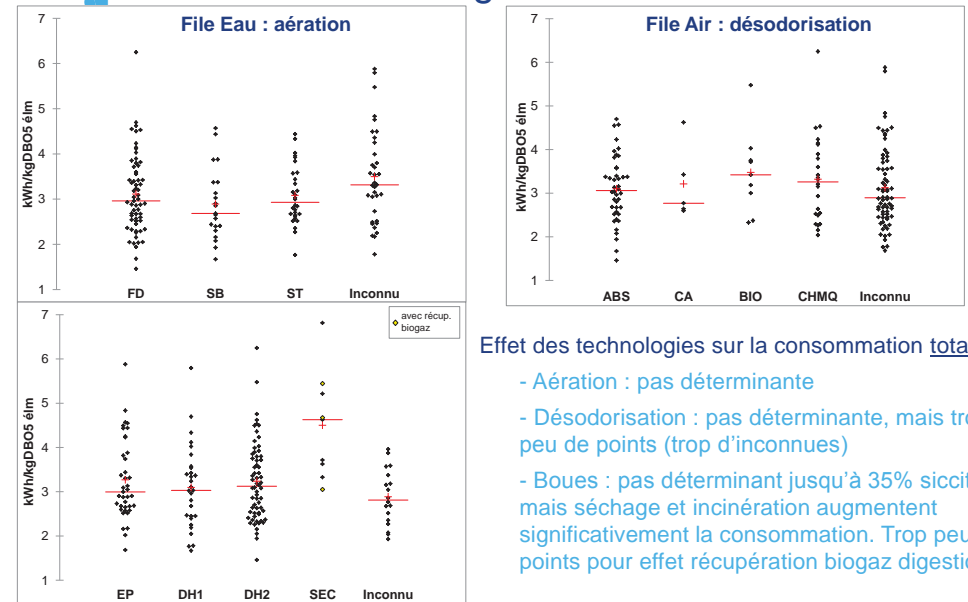
## Base de données nationale : groupe des BA Effet du niveau de traitement



- Niveau requis par l'arrêté et ayant déterminé la conception
  - pas déterminant sur l'énergie consommée
- Niveau réel
  - La plupart des BA atteignent CNDN(P) quelles que soient les exigences de départ
  - Traitement du carbone seul semble consommer moins d'énergie
  - Mais trop peu de points pour établir une différence significative (au sens statistique)



## Base de données nationale : groupe des BA Effet de la technologie



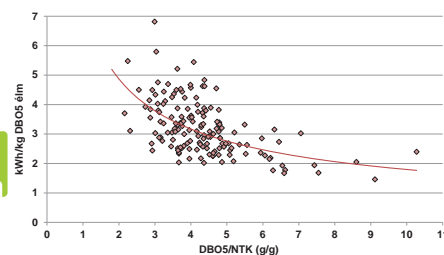
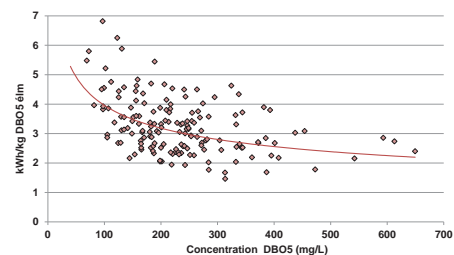
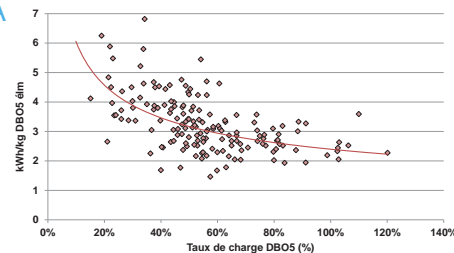
### Effet des technologies sur la consommation totale

- Aération : pas déterminante
- Désodorisation : pas déterminante, mais trop peu de points (trop d'inconnues)
- Boues : pas déterminant jusqu'à 35% siccité, mais séchage et incinération augmentent significativement la consommation. Trop peu de points pour effet récupération biogaz digestion.

## Base de données nationale Variables explicatives

- Les variables explicatives diffèrent selon le procédé
- Variables identifiées pour les BA

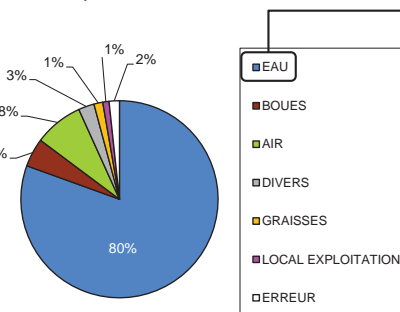
Facteur explicatif		Unité	Consommation spécifique totale (kWh/kgDBO5)
Taux de charge DBO5	station	%	↘
Concentration DBO5	eau usée	mg/L	↘
DBO5/NTK	eau usée	g/g	↘
Séchage/incinération	file boues	-	↗



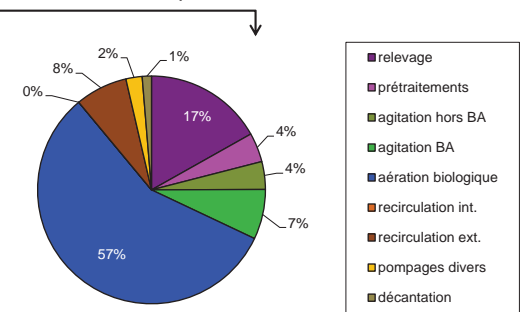
## Analyse détaillée par postes : exemple d'une BA de 55 000 EH

- File eau : niveau de traitement CNDNP
- File air : désodorisation CHMQ (sommaire)
- File boue : DH2
- Taux de charge DBO5 = 48%, DBO5 = 140 mg/L, DBO5/NTK = 4.6
- ⇒ Consommation spécifique :
  - Référence prédite : 3,6 kWh/kgDBO5
  - Valeur mesurée : 2,8 kWh/kgDBO5
 } -20% ⇒ station déjà optimisée

Par postes



Par sous-postes

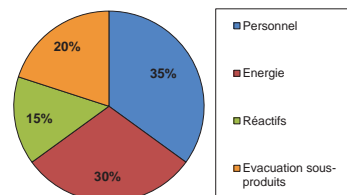


- relevage
- prétraitements
- agitation hors BA
- agitation BA
- aération biologique
- aération int.
- recirculation ext.
- pompages divers
- décantation

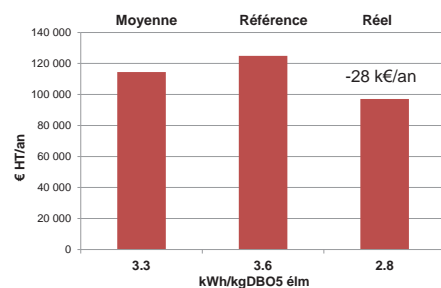
## Pourquoi optimiser ?

### Contexte économique

- Répartition indicative des coûts d'exploitation par postes pour une BA



- Coûts de l'énergie selon la performance énergétique
- . BA de 55 000 EH à 48% charge
- . Coût moyen annuel électricité 6 ct €/HT/kWh



### Contexte réglementaire

- Européen : objectif des 3 x 20 et Directives 2009 et 2012
- Français : programme d'action (2011) et plan national (2014) pour l'efficacité énergétique



## Principaux points d'optimisation lors de la conception

PRÉALABLE : ÉLIMINER LES EAUX CLAIRES PARASITES

Tenir compte du fonctionnement prévisible en sous charge:

- Intégrer la flexibilité des filières et des équipements (moteurs bi-vitesses, variateurs, fractionnement)
- Intégrer des équipements de régulation (en particulier sur le poste aération)
- Prévoir un pré épaissement dynamique à l'entrée de la filière boue (pour pouvoir accepter des Cb faibles dans les bassins)

Et dans tous les cas :

- Choisir des équipements moins énergivores à performances égales (moteurs et pompes)
- Minimiser la HMT (ligne piézo, pertes de charge)
- Intégrer en supervision des outils de suivi de la consommation énergétique (TDM, compteurs général et divisionnaires, calculs automatiques des consommations spécifiques, ..)



## Principaux points d'optimisation en exploitation

Adapter le fonctionnement en cas de sous charge :

- Fonctionner à la concentration en boue minimale permettant de maintenir la charge massique souhaitée
- By passer certains bassins (ex : zone d'anoxie)

Et dans tous les cas :

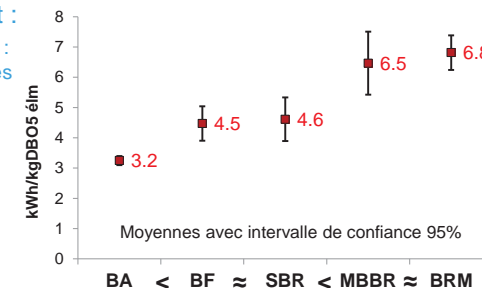
- Entretien et étalonnage régulier des capteurs en particulier sur le poste aération (O<sub>2</sub>, Eh et éventuellement NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)
- Suivi des ΔP des diffuseurs d'air et opération de décolmatage
- Intégrer la problématique énergie dans le renouvellement des équipements (flexibilité, performance énergétique)
- Suivi mensuel des consommations énergétiques de l'installation, avec seuils d'alerte
- Adapter le contrat d'électricité au profil réel de consommation (puissance souscrite, version tarifaire, ..)



## Conclusions (1/2) Apports de connaissances

Les consommations spécifiques de l'échantillon étudié sont fonction:

- du procédé de traitement : avec une composante liée à l'âge : procédés nouveaux moins chargés et moins matures



- de son degré d'équipement : séchage, désodo ?...
- des conditions de fonctionnement : taux de charge, concentration et ratios des eaux usées, T°, ...
- des performances de traitement : nitrification, ...

Différences valeurs constatées - attendues partiellement expliquées par

- la sous charge
- la dilution des eaux usées



## Conclusions (2/2) Développements méthodologiques

Méthodologie d'optimisation énergétique en 2 temps :

Etape 1 :

Un outil de calcul d'une consommation totale spécifique de référence en fonction des variables explicatives identifiées pour situer la station : rapide et facile

Etape 2 :

Une démarche d'analyse détaillée par postes, indispensable pour identifier les pistes d'optimisation : long et complexe



## Perspectives

- En cours ou prévu prochainement
  - ✓ Evaluation des gains réels après une démarche d'optimisation énergétique
  - ✓ Positionnement des stations dites "économiques en énergie"
- A long terme
  - ✓ Développement et mise à disposition d'un outil d'analyse et d'optimisation des dépenses énergétiques par la modélisation déterministe



## Remerciements

- Aux financeurs : Agence de l'Eau RMC et Iristea  
- Aux partenaires du projet

- Suez Environnement
- Saur
- Véolia Eau
- Agence de l'Eau RMC

- Aux maîtres d'ouvrage et exploitants des stations d'épuration étudiées

- Aux personnels d'appui et des stagiaires Iristea ayant contribué au projet



Merci pour votre attention.