



CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES DES STATIONS D'ÉPURATION FRANÇAISES

État des lieux et recommandations

Assainissement

Janvier 2018

1. UNE ETUDE IRSTEA POUR ETABLIR UN ETAT DES LIEUX

Une étude menée par Irstea de 2013 à 2016 et cofinancée par l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse a permis de quantifier et d'évaluer les consommations énergétiques des **cinq principales filières de traitement des eaux usées en France** : boues activées (BA), réacteurs biologiques séquentiels (SBR), bioréacteurs à membranes (BRM), biofiltres (BF) et lits fluidisés sur support (MBBR).

Trois objectifs étaient recherchés :

- ① Dresser un état des lieux des consommations spécifiques actuelles (valeurs moyennes et dispersion)
- ② Etudier les **principaux facteurs de variation** qui expliquent les consommations observées
- ③ Elaborer une démarche pour **identifier les actions d'optimisation éventuelles**.

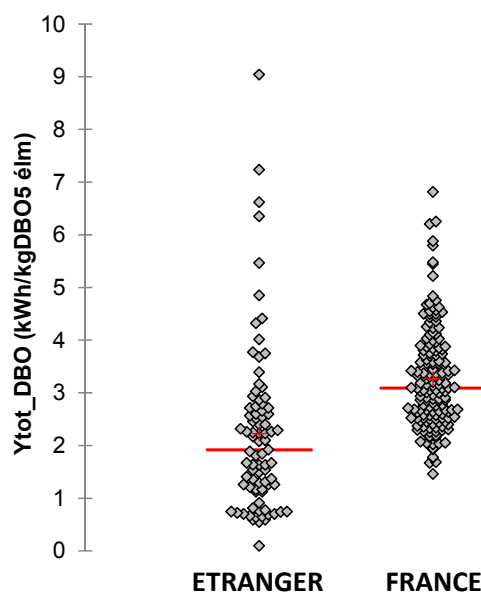
2. DES STATIONS GLOBALEMENT ENERGIVORES PAR RAPPORT AUX STATIONS ETRANGERES

Deux bases de données ont été constituées :

- 💧 une base de données des consommations énergétiques de 310 stations d'épuration françaises (description ci-contre)
- 💧 une base de données des consommations énergétiques de 1000 installations étrangères (données issues de la bibliographie uniquement pour les procédés BA, BRM et SBR).

Une base de données des stations françaises considérable :

- 💧 310 installations
- 💧 5 procédés ciblés
- 💧 Des stations > 2000 EH
- 💧 Des **stations conformes** à la réglementation
- 💧 Une **cinquantaine de variables** pour expliciter la conception et le fonctionnement des stations retenues



Comparaison des stations françaises et étrangères : Exemple du procédé BA

L'analyse statistique de ces deux bases permet de montrer que la **France se différencie du contexte international par des consommations d'énergie spécifiques significativement supérieures**. Par exemple pour le procédé BA, comme le montre la figure ci-contre, la moyenne étrangère s'élève à 2.2 kWh/kgDBO₅éliminée soit 30% inférieure à la moyenne française.

Cet écart pourrait s'expliquer par :

- 💧 des stations étrangères globalement plus chargées ;
- 💧 des niveaux de traitement globalement supérieurs en France ;
- 💧 une prise en compte plus importante à l'étranger des performances énergétiques des stations.

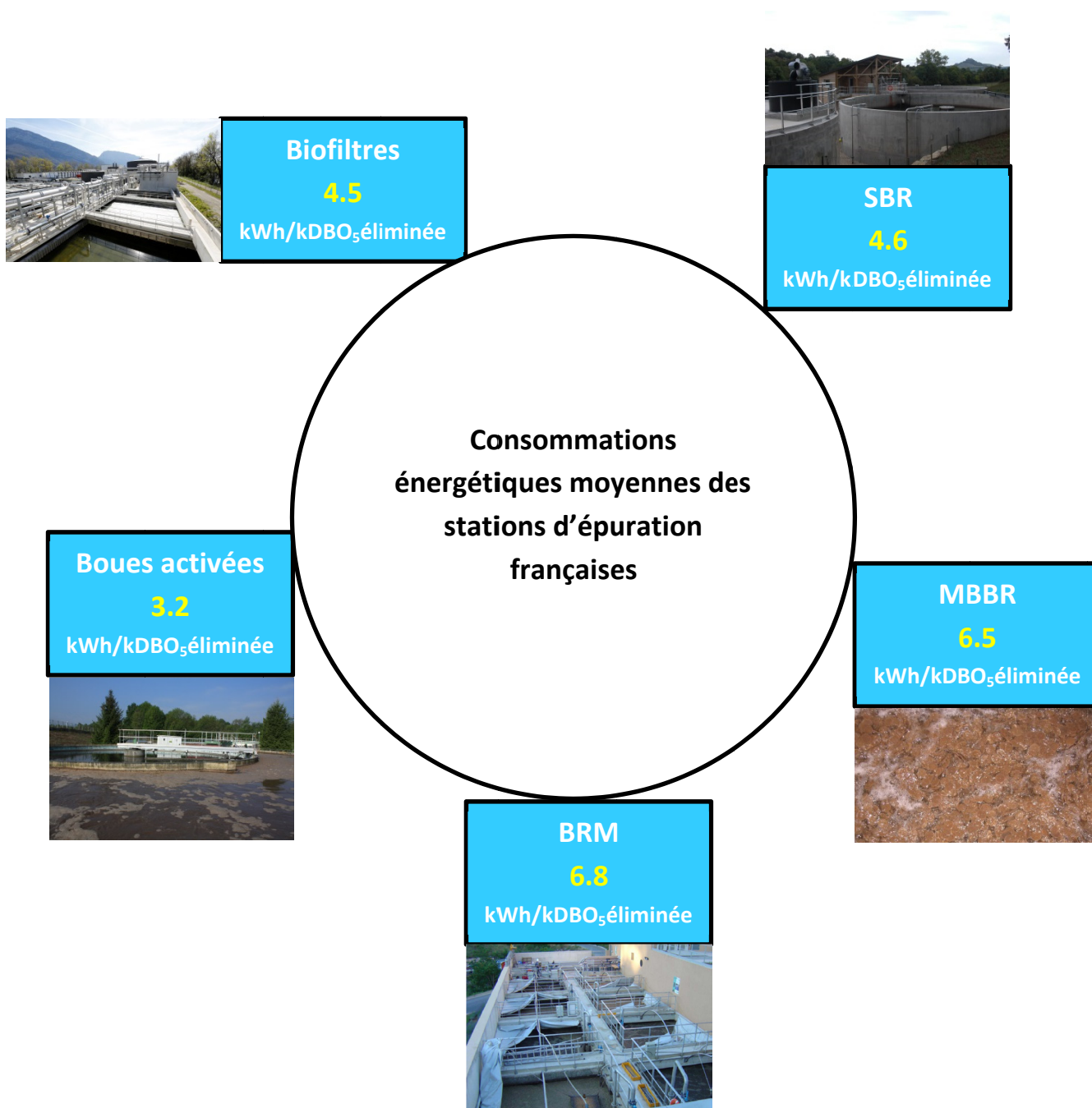
En revanche, on peut supposer une sur-représentation des stations économes en énergie dans l'échantillon étranger du fait de l'utilisation de données bibliographiques.

3. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU PARC FRANÇAIS

Les consommations moyennes par procédé sont reportées sur le schéma ci-dessous.

Ces valeurs peuvent servir de référence du parc français pour un procédé dans son ensemble, toutefois la variabilité peut être importante. Par exemple, **les stations équipées d'un procédé BA consomment en moyenne 3.2 kWh/kgDBO₅éliminée (minimum : 1.5 et maximum : 6.8)**. Attention donc à ne pas utiliser ces valeurs pour un site précis. L'utilisation des modèles développés et présentés dans la suite du document sera à privilégier.

Des tests statistiques plus poussés mettent en évidence les facteurs de variations prépondérants de ces consommations. Par ordre d'importance on peut citer (pour le procédé BA) : le taux de charge, la concentration en DBO₅, le rapport C/N, la présence d'un sécheur.



4. DES DEMARCHES D'OPTIMISATIONS ENERGETIQUES A INITIER

Toute installation peut *a priori* être optimisée d'un point de vue de la consommation énergétique, avec un gain variable d'un site à l'autre. L'étude propose une méthodologie d'audit énergétique et met à disposition des outils pour mener à bien cette démarche.

① La collecte de données

Une chronique a minima annuelle :

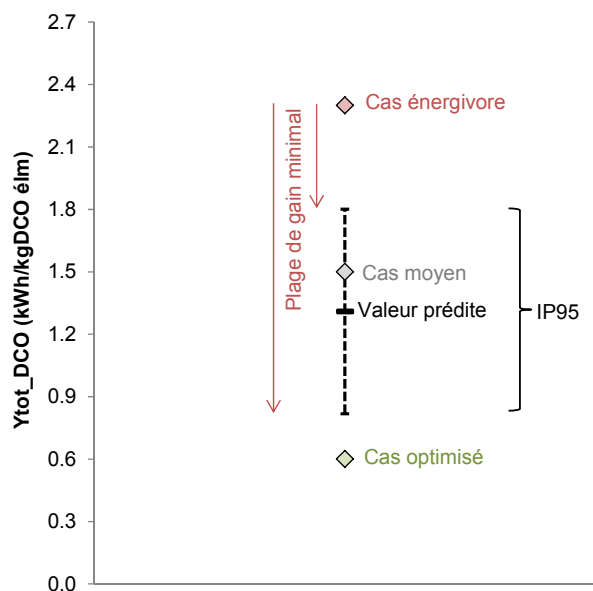
- les paramètres de fonctionnement : débits traités, autosurveillance (entrée/sortie), extraction et siccité des boues
- les factures énergie : électricité, gaz, fuel...

Une liste précise des équipements installés qui indique :

- les puissances installées
- les temps de marche.

② Evaluer les marges de progrès

Des modèles de consommations énergétiques ont été développés pour les procédés BA, BRM et BF. Ces équations permettent d'estimer les consommations spécifiques globales d'une station d'épuration à partir des caractéristiques de conception et de fonctionnement les plus déterminantes (entre 2 et 8 variables selon les modèles).



La valeur prédite par ces équations correspond à une consommation énergétique moyenne de l'échantillon français étudié. Cette valeur est associée à un intervalle de prédiction (IP95) qui exprime l'incertitude. (Figure ci-contre)

La position de la consommation moyenne annuelle réellement observée par rapport à cet intervalle (figure ci-contre) permet de déterminer si la station étudiée est (i) normale par rapport au parc actuel, ce qui n'exclut pas une optimisation ; (ii) énergivore, et d'estimer un gain potentiel minimal ; ou (iii) déjà optimisée, au moins sur certains postes par rapport au parc français.

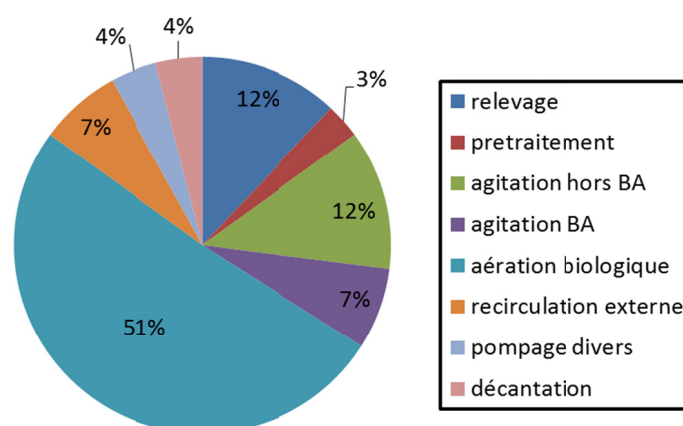
Irstea se tient à disposition des collectivités souhaitant évaluer la consommation énergétique de leur station d'épuration. Il peut être contacté par mail à l'adresse citée en fin de ce document. Les modèles sont mis à disposition sous forme d'application web. Ils sont accessibles au lien suivant : <https://energie-step.irstea.fr>

③ Identification des gains potentiels

L'identification des gains potentiels passe par une décomposition des consommations énergétiques par poste.

Cette étape requiert une importante quantité de données au pas de temps journalier et sa mise en œuvre est lourde et non standardisable. Elle consiste à répartir tous les équipements de la station en poste et à calculer les consommations énergétiques de chaque équipement.

Des consommations spécifiques par poste peuvent alors être calculées (kWh/kgDBO₅éliminée, kWh/tMSséchée...) et comparées aux valeurs de la littérature. Ceci permet d'établir une liste d'actions d'optimisation énergétique.



Exemple de décomposition par poste de la file eau d'un procédé BA

Calcul de la consommation des moteurs

L'énergie consommée par les moteurs est estimée par le produit de la puissance qu'ils absorbent et de leur temps de marche ($P_a \times TDM$). La difficulté majeure est de déterminer la puissance absorbée dans les conditions réelles de fonctionnement, notamment pour les moteurs équipés de variateurs de fréquence.

La puissance absorbée en conditions réelles ($P_a(r)$) dépend de la fréquence d'alimentation et du taux de charge du moteur. Elle peut être déterminée par différentes approches avec des incertitudes croissantes :

- La mesure sur site au niveau du moteur dans des conditions représentatives de fonctionnement.
- La valeur prévue par le fournisseur dans les conditions réelles : elle peut figurer dans les documentations techniques accompagnant les offres du fournisseur dans le cadre du marché. Elle correspond toutefois aux conditions de fonctionnement nominales.
- Une estimation en fonctionnement de la puissance absorbée nominale ($P_a(n)$). Une relation linéaire existe entre les deux. En première approche, on considère que $P_a(r) = 0.7 \times P_a(n)$. $P_a(n)$ peut être obtenue par calcul en utilisant la puissance utile indiquée sur les plaques moteur.

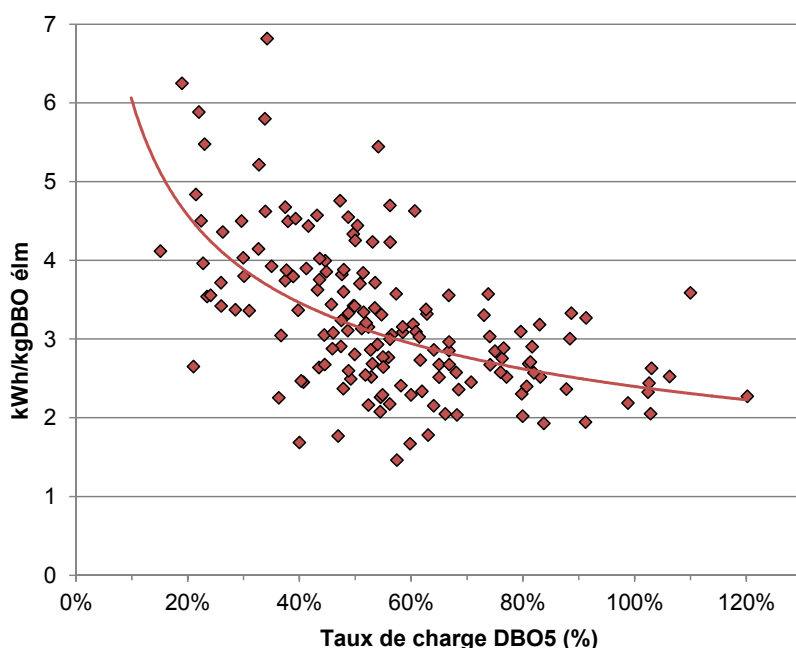
5. RECOMMANDATIONS

① Évaluer la performance des stations d'épuration en incluant la consommation énergétique

La performance énergétique d'une station devrait faire partie des critères de jugement des performances de la station. Pour cela, il convient de mieux connaître les consommations y compris par (sous)poste. **Un système de suivi de la consommation globale et par poste doit donc être prévu dès la conception**, accompagné d'indicateurs d'alerte au niveau de la supervision. Ce suivi servira de base à une optimisation énergétique, par exemple en favorisant les équipements les moins énergivores.

② Lutter contre le surdimensionnement

Quel que soit le procédé, le premier facteur explicatif de la dispersion des consommations énergétiques est le taux de charge organique comme illustré sur la figure ci-dessous. **Le surdimensionnement des équipements et des ouvrages a donc des conséquences importantes sur les consommations énergétiques.** Une construction des stations par tranches, telle qu'elle est déjà pratiquée dans d'autres pays, permettrait d'adapter la capacité disponible aux évolutions de la charge entrante, et ainsi de maintenir un taux de charge plus élevé et plus stable. **Le dimensionnement des ouvrages peut s'étudier par étapes, avec une appréciation la plus réaliste possible de l'évolution des différents rejets de la collectivité.**



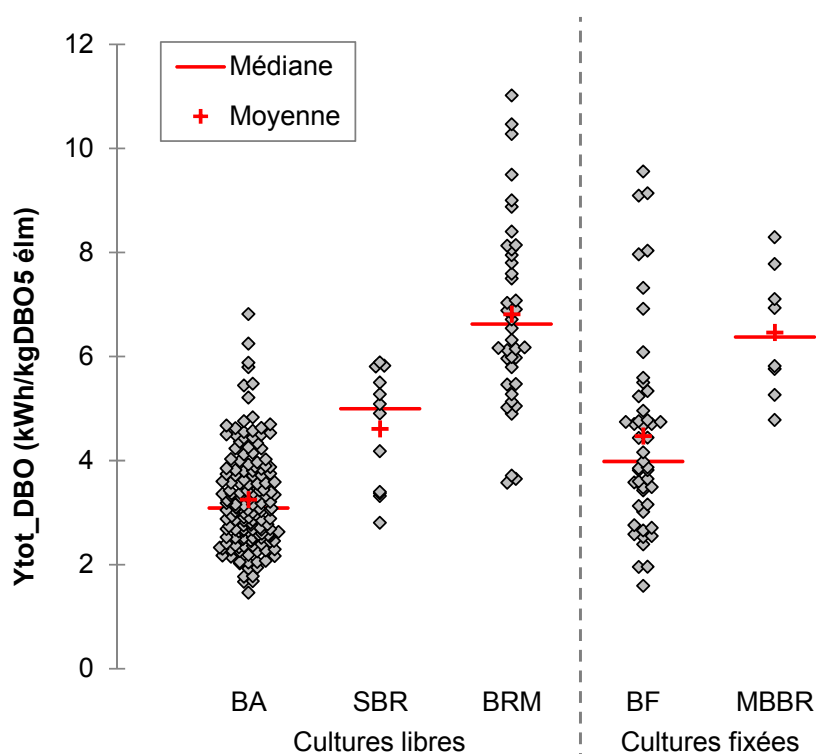
Lutter contre les eaux claires parasites

La dilution des eaux usées entraîne un surdimensionnement des ouvrages de pompage et d'aération (brassage). **Favoriser les réseaux d'assainissement séparatifs et lutter contre les eaux claires parasites** permet donc de limiter les consommations énergétiques des stations d'épuration.

③ Choix des procédés et des équipements

Le choix du procédé influence grandement les consommations énergétiques tel que le montre la figure ci-dessous.

Les technologies innovantes (SBR, BRM, MBBR), dont l'étude a montré qu'elles sont plus énergivores, ne devraient être envisagées que si que les technologies traditionnelles (BA ou BF) ne peuvent pas répondre à l'ensemble des contraintes imposées.



Implantation des Bioréacteurs à membranes (BRM)

L'étude montre que les BRM présentent un des ratios les plus élevés en termes de consommation énergétique. Cela s'explique à la fois par la jeunesse de la technologie et par des facteurs inhérents au procédé lui-même.

Le choix d'un BRM devrait être justifié par un contexte particulier combinant au minimum une exigence de traitement poussé (haute qualité physico-chimique et microbiologique, réutilisation de l'eau traitée) et une exigence de compacité (contraintes foncières ou paysagères).

CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES DES STATIONS D'ÉPURATION FRANÇAISES

État des lieux et recommandations

Ce document valorise une étude menée par Irstea qui vise à mieux connaître les consommations énergétiques des stations d'épuration françaises. Mieux connaître l'énergie dépensée, c'est aussi mieux connaître les marges de progrès qui permettent d'initier des démarches d'économie.

L'agence milite en faveur de procédés d'assainissement plus sobres limitant ainsi notre empreinte sur le changement climatique.

Le rapport complet de l'étude est téléchargeable sur la page web consacrée aux projets menés par Irstea relatifs à l'énergie (<https://energie-step.irstea.fr>).



Contacts :

Irstea
energie_step@irstea.fr

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
Céline Lagarrigue
celine.lagarrigue@eaurmc.fr