



[www.sdea.fr](http://www.sdea.fr)

Créez votre Espace Client  
et effectuez toutes vos démarches  
en 1 clic !



Syndicat des Eaux  
et de l'Assainissement  
Alsace-Moselle

1, rue de Rome  
Espace Européen de l'Entreprise  
SCHILTIGHEIM / CS 10020  
67013 STRASBOURG CEDEX  
[www.sdea.fr](http://www.sdea.fr)



Crédit Photo : SDEA  
Edition : septembre 2019 1000 exemplaires

**SDEA**



l'Eau, votre service public



# MAÎTRISER LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

➤ EXPERTISE



# LES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Chaque station de traitement des eaux usées (STEU) est unique de par la nature de ses effluents, sa configuration, son milieu récepteur qui conditionnent son exploitation et le choix de ses équipements, mais, quelles que soient ses particularités, la question de l'optimisation énergétique doit être abordée.

Cette plaquette vise à attirer l'attention des gestionnaires d'ouvrages d'assainissement sur une série de mesures susceptibles d'être mises en œuvre en phases de conception et/ou d'exploitation pour optimiser les dépenses énergétiques de leur STEU. Elle a vocation à être complétée par un guide détaillé de recommandations en faveur d'une gestion optimisée des consommations énergétiques des ouvrages d'épuration.

Chaque piste d'optimisation identifiée dans cette plaquette doit être analysée au cas par cas ; les gains énergétiques escomptés sont présentés comme des ordres de grandeur.

<sup>1</sup> Plan d'adaptation et d'atténuation du changement climatique pour les ressources en eau du bassin Rhin-Meuse adopté le 23.02.2018.

<sup>2</sup> Bilan des émissions directes et des émissions indirectes.

<sup>3</sup> Stricker, A.E. ; Husson, A. ; Pierre, M. ; et Canler, J.P. (2018) Consommation énergétique des filières intensives de traitement des eaux résiduaires urbaines. Journées Information Eau (23<sup>ème</sup> édition), Poitiers, FRA, 09-11 octobre 2018»

## UN DÉFI ENVIRONNEMENTAL ET ÉCONOMIQUE

### ENVIRONNEMENT ET CLIMAT : ANTICIPER LES ENJEUX DE DEMAIN

En tant qu'**acteur majeur du Développement Durable**, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM) et le Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace Moselle (SDEA) œuvrent depuis plusieurs années à la **préservation** de la ressource en eau et à la **protection** des milieux aquatiques.

Le plan d'adaptation et d'atténuation du changement climatique pour les ressources en eau<sup>1</sup>, adopté par le Comité de Bassin Rhin-Meuse, confirme ainsi **la volonté de réduire l'impact** sur la planète des activités de gestion de l'eau, et plus particulièrement les **émissions de gaz** à effet de serre (GES).

**L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : 1<sup>ER</sup> POSTE D'ÉMISSIONS DE GES** sur l'ensemble des activités du SDEA<sup>2</sup>. Elle trouve son origine pour moitié dans les STEU.

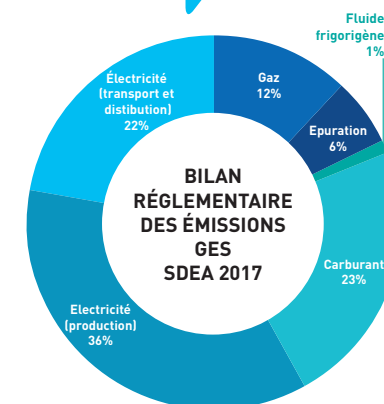
Sa maîtrise constitue l'un des **principaux leviers d'action** pour réduire l'empreinte carbone des systèmes d'assainissement.

C'est pourquoi le SDEA a décidé de mettre en place un programme d'actions ambitieux visant à réduire ses consommations d'énergie de 5 % d'ici 2020 à périmètre constant.

### LA LOI DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE A POUR OBJECTIF

La réduction par rapport à 2012 de la consommation énergétique primaire d'énergies fossiles

- de **30 %** d'ici à 2030
- de **50%** d'ici à 2050

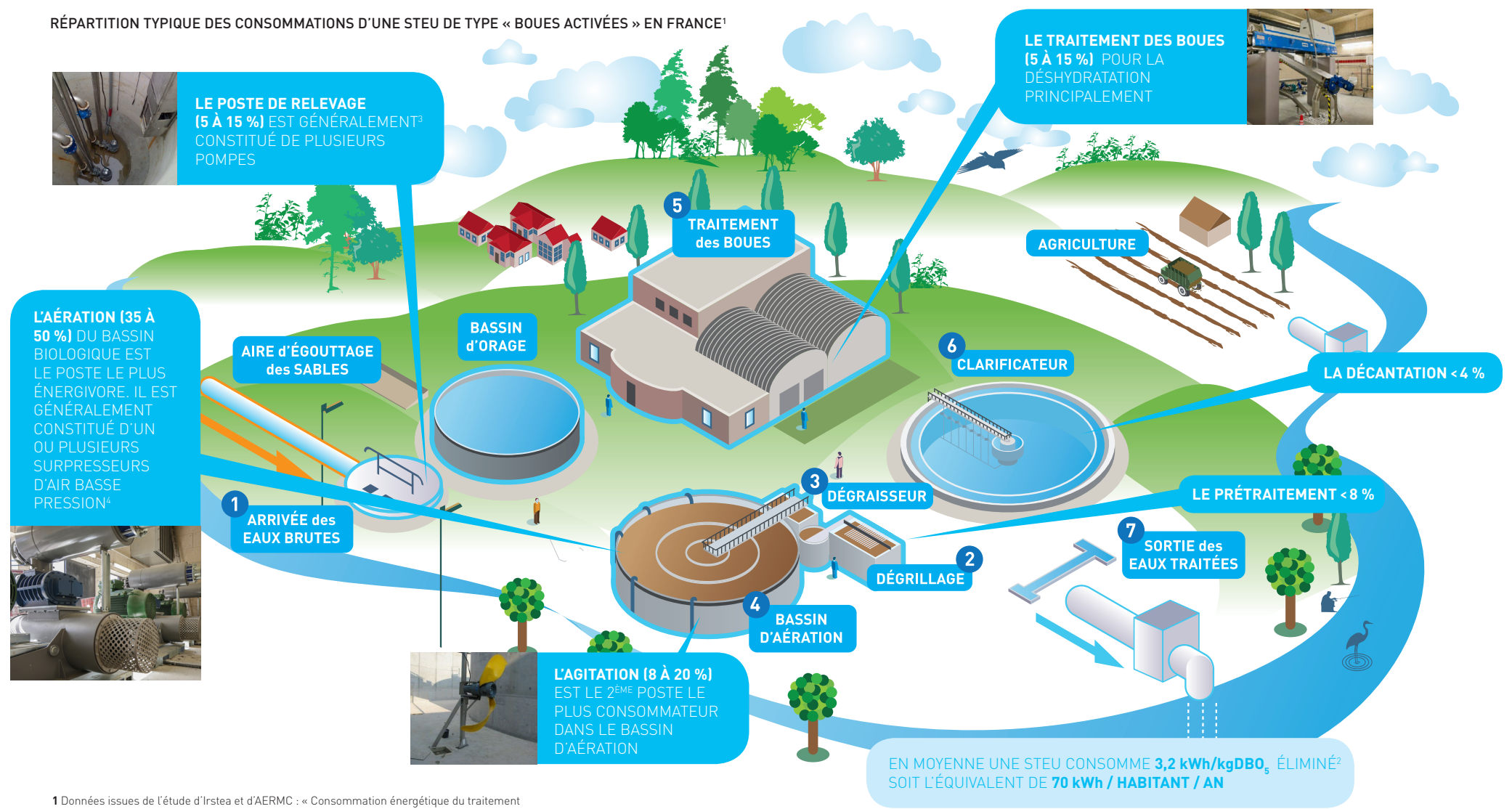


D'après Irstea<sup>3</sup>, la dépense énergétique représenterait entre 30 % et 50 % des coûts d'exploitation courants (hors maintenance et renouvellement) sur une STEU intensive sans séchage thermique ni incinération des boues.

# ÉTAT DES LIEUX DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES :

## COMMENT SE SITUE MA STEU PAR RAPPORT AU PARC FRANÇAIS ?

RÉPARTITION TYPIQUE DES CONSOMMATIONS D'UNE STEU DE TYPE « BOUES ACTIVÉES » EN FRANCE<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Données issues de l'étude d'Irstea et d'AERMC : « Consommation énergétique du traitement intensif des eaux usées en France : état des lieux et facteurs de variation » Décembre 2017.

<sup>2</sup> DBO<sub>5</sub> = demande biochimique en oxygène : mesure de la pollution de l'eau.

<sup>3</sup> Possibilité d'alimenter directement en gravitaire ou via un poste extérieur au site ou via des vis de relevage.

<sup>4</sup> D'autres équipements existent : aérateurs de surface, brosses d'aération ou turbines.

# POINTS ESSENTIELS À APPREHENDER DÈS LA CONCEPTION

## LE TRAITEMENT

Le choix de la technologie de traitement de l'eau est conditionné par la quantité de pollution à traiter et la sensibilité du milieu récepteur.

- D'un point de vue strictement énergétique, l'utilisation **des systèmes rustiques** qui ne consomment pas ou peu d'énergie est conseillée. Les filtres plantés de roseaux ou les lagunes, par exemple, peuvent convenir pour des stations jusqu'à plusieurs centaines d'équivalents habitants (EH).
- Si la quantité de pollution à traiter ou la sensibilité du milieu récepteur imposent le choix d'un traitement intensif, alors les stations à **boues activées classiques** sont à privilégier car moins énergivores,

comme a permis de le montrer la récente étude d'Irstea cofinancée par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC) menée sur un parc français de 310 installations :



BOUES ACTIVÉES

3,2

kWh/kgDBO<sub>5</sub>  
éliminé\*

RÉACTEURS BIO-  
LOGIQUES SÉQUENTIELS

4,6

kWh/kgDBO<sub>5</sub>  
éliminé\*

RÉACTEURS À CULTURES  
FIXÉES FLUIDISÉES

6,5

kWh/kgDBO<sub>5</sub>  
éliminé\*

LITS FLUIDISÉS  
SUR SUPPORT

6,8

kWh/kgDBO<sub>5</sub>  
éliminé\*

- Très énergivores, le séchage et/ou l'incinération, ne doivent être mis en œuvre que si aucune autre solution n'est envisageable.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Des garanties de performance énergétique peuvent être exigées dans le cadre de la consultation des entreprises pour un projet de nouvelle STEU ou de réhabilitation. Le constructeur s'engage, par exemple, à ne pas dépasser une consommation en kWh/kgDBO<sub>5</sub> éliminé. Cette valeur pourra être utilisée comme critère de jugement des offres.



<sup>1</sup> « Consommation énergétique du traitement intensif des eaux usées en France : état des lieux et facteurs de variation », Irstea/ AERMC, 2017.

## LES OUVRAGES

La moitié des STEU françaises fonctionneraient à 47 %<sup>1</sup> de leur taux de charge nominal en moyenne annuelle. Ce serait, selon plusieurs études<sup>1 2 3</sup>, le principal facteur de surconsommation énergétique. Il est donc impératif de **lutter contre le surdimensionnement des ouvrages**.

Le dimensionnement au plus juste des ouvrages passe avant tout par une bonne estimation de la pollution à traiter, existante et à venir, et par la **limitation des entrées d'eaux claires parasites** dans les réseaux.

Pour les STEU de très grandes capacités, il peut être envisagé de construire les ouvrages **par tranches** ou de fonctionner avec plusieurs files de traitement en parallèle.

La **géométrie** des ouvrages, et en particulier celle du bassin d'aération, doit être étudiée pour limiter les consommations d'énergie.

## LES ÉQUIPEMENTS

Le surdimensionnement des ouvrages se répercute généralement sur les équipements. **Il faut donc veiller à dimensionner les équipements au plus proche du besoin** et vérifier, lors des renouvellements, qu'ils fonctionnent sur leurs points de rendement optimum. Le risque de surdimensionnement des équipements peut être limité en :

- installant des équipements en parallèle,
- réservant la place pour un équipement futur en cas d'augmentation de la capacité de la STEU,
- installant des variateurs de fréquence si les paramètres de fonctionnement varient au cours du temps.

<sup>1</sup> « Consommation énergétique du traitement intensif des eaux usées en France : état des lieux et facteurs de variation », Irstea/ AERMC 2017.

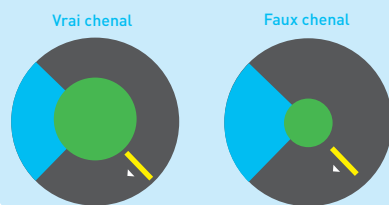
<sup>2</sup> « Plaidoyer pour l'optimisation technique et énergétique des stations d'épuration », 2015.

<sup>3</sup> « Les enjeux énergétiques de l'eau potable et de l'assainissement en Seine-et-Marne », 2016.

## PRATIQUES AU SDEA

**STEU ≥ 20.000 EH :** le fonctionnement à deux files est étudié.

**STEU > 2.000 EH :** La configuration en vrai chenal (chenal faible largeur) est privilégiée.



## RÉALISÉ SUR 2 STEU DU SDEA :

Limitation des infiltrations de nappe sur le réseau = réduction de 10 % des volumes à traiter.

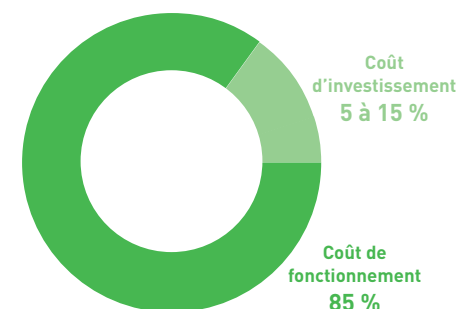
➤ **Gain énergétique potentiel sur le relevage : 10 % d'économie.**

Installation de variateurs sur des pompes de refoulement (sur un réseau adapté).

➤ **Gain énergétique potentiel sur le refoulement : environ 60 %.**

Plus généralement, l'achat ou le renouvellement d'un équipement doit toujours être appréhendé sous l'angle du **coût global** incluant l'investissement, la maintenance et la consommation d'énergie.

Coût global d'une pompe<sup>1</sup>



Si le choix du matériel résulte de la prise en compte de nombreux critères, **les équipements les moins énergivores doivent être systématiquement privilégiés** lorsque c'est possible :

- les compresseurs à vis sur le poste aération,
- les agitateurs à axe vertical à vitesse lente,
- les moteurs de dernière génération (IE3, IE4), les moteurs synchrones<sup>2</sup>.

## RÉALISÉ SUR UNE STEU SDEA

Installation d'un compresseur à vis couplé à un variateur de vitesse et à un pilotage spécifique de l'aération.

➤ **Gain énergétique mesuré sur la STEU : entre 10 à 15 % d'économie.**

<sup>1</sup> Chiffre 2018 issue de l'Ademe.fr

<sup>2</sup> Synchronisme entre la vitesse du rotor et la fréquence du courant qui alimente le stator.

<sup>3</sup> Fiches disponibles sur le site du MTEs : [ecologique-solidaire.gouv.fr/operations-standardisees](http://ecologique-solidaire.gouv.fr/operations-standardisees).

<sup>4</sup> Chiffre de novembre 2018 issus du registre national des CEE : emmy.fr.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Certains équipements<sup>3</sup> peuvent bénéficier de **certificats d'économie d'énergie (CEE)** valorisables, notamment pour l'assainissement :

- les compresseurs d'air basse pression,
- les variateurs électroniques de puissance,
- les moto-variateurs synchrones à aimants permanents ou à réluctance.

Par exemple, l'installation d'un compresseur associé à un variateur de 50 kW représente sur le marché<sup>4</sup> des CEE environ 9 500 €.

➤ Informations complémentaires disponibles auprès de l'ADEME, sur le site [ecologique-solidaire.gouv.fr/](http://ecologique-solidaire.gouv.fr/) ou auprès des fournisseurs d'énergie.

# PARAMÈTRES À SUIVRE POUR UNE BONNE GESTION DE L'AÉRATION

LE POSTE « AÉRATION » ÉTANT DE LOIN LE POSTE LE PLUS CONSOMMATEUR EN ÉNERGIE (≈ 35 À 50 % DE LA CONSOMMATION TOTALE D'UNE STEU), IL EST INCONTOURNABLE DE L'ANALYSER FINEMENT DANS LE CADRE D'UNE DÉMARCHÉ DE RÉDUCTION DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES D'UNE STEU.

## LA RÉGULATION

La fourniture d'air dans le bassin biologique répond aux différents besoins de consommation d'oxygène dissous. Pour maîtriser la consommation d'énergie, **la régulation de l'aération doit se faire au plus proche du besoin.**

Le fonctionnement des surpresseurs sera asservi à des **sondes** dans le bassin biologique.

Plusieurs types de sondes existent :

- oxygène seul,
- redox seul,
- couple oxygène/redox,
- ammonium/nitrate, ainsi que plusieurs modes d'asservissement.

Quel que soit le mode de régulation choisi, des temps de marche et d'arrêt minimum et maximum doivent être respectés. **Un bon réglage se traduit par un nombre de cycle** (couples de phases de marche et d'arrêt) **compris entre 8 et 12 sur 24 h.**

## QUELQUES PARAMÈTRES CLÉS À SURVEILLER DANS LE BASSIN D'AÉRATION

- > **Taux de boue** : définir la concentration optimale en fonction de la charge à traiter (cible généralement comprise entre 2 et 4 g/L)<sup>1</sup>.
- > **Concentration en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : s'assurer que l'échantillon moyen journalier respecte [NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] ≤ 1 mg/L et [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] ≤ 3 mg/L, concentrations synonymes d'une bonne aération.
- > **Concentration en O<sub>2</sub> dissous** : cibler [O<sub>2</sub> dissous] ≈ 1.5 - 2 mg/L maximum durant la phase d'aération.

## RÉALISÉ AU SDEA

Installation de sondes ammonium/nitrate sur plusieurs STEU.

### Constat sur certaines STEU :

- > problèmes de dérive des sondes,
- > contraintes pour l'exploitant (étalonnage mensuel, entretien hebdomadaire, difficultés d'analyse des mesures),
- > frais importants (remplacement des cartouches, coût des analyses).

<sup>1</sup> Cible à adapter en fonction du taux de matières volatiles sèches (MVS).

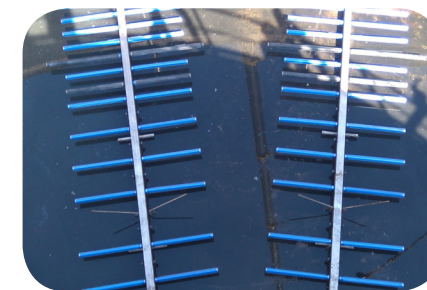
## LA MAINTENANCE DU BASSIN D'AÉRATION

- > Assurer une **vérification périodique et un nettoyage hebdomadaire des sondes** pour éviter la dérive des mesures.
- > **Nettoyer les diffuseurs d'air** une fois par an : une augmentation de pression de 25 à 30 mbar/an est synonyme d'un colmatage « ordinaire »; au-delà, une autre origine est à rechercher.
- > **Remplacer les diffuseurs d'air** tous les 5 à 10 ans, suivant leur niveau de vieillissement. L'augmentation de la pression en sortie des surpresseurs est un bon indicateur pour programmer un remplacement.
- > **Vidanger les ouvrages** tous les 5 à 10 ans pour **nettoyer les filasses et les dépôts** qui empêchent la bonne diffusion de l'oxygène. L'installation de **dégrilleur fin** (3 mm) en entrée de station permet de réduire l'accumulation des filasses.

## ATTENTION !

Un dimensionnement inadapté de la file boue peut avoir des répercussions sur la file eau (entraînant, par exemple, un taux de boue excessif dans le bassin d'aération).

- > Une augmentation de 1 g/L du taux de boue augmente de 10 % la consommation énergétique<sup>1</sup>.



Bassin d'aération avant et après vidange et remplacement des diffuseurs.

## RÉALISÉ SUR UNE STEU SDEA

Nettoyage du bassin d'aération et remplacement des diffuseurs : réduction de la pression sortie surpresseurs de 80 à 100 mbar.

- > **Gain énergétique mesuré sur la STEU : entre 5 et 15 % d'économie.**

<sup>1</sup> « Plaidoyer pour l'optimisation technique et énergétique des stations d'épuration » TSM - 2015.

# PRODUIRE DE L'ÉNERGIE ET UTILISER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

## VALORISER L'ÉNERGIE DISPONIBLE AU SEIN DU PROCESS DE TRAITEMENT

- **Micro-turbinage** : valoriser l'énergie hydraulique des ouvrages disposant d'une hauteur de chute ou d'un débit d'eau important via l'installation d'une turbine.
- **Chaleur fatale** : valoriser la chaleur issue des surpresseurs d'aération ou la chaleur résiduelle contenue dans l'eau par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur (PAC) pour chauffer les bâtiments de la STEU ou pour des besoins hors STEU.

## VALORISER LES SOUS-PRODUITS

- **Méthanisation** : permet de réduire le volume des boues en sortie de STEU de l'ordre de 40 % par rapport à une déshydratation classique tout en produisant du biogaz valorisable par cogénération (production de chaleur et d'électricité) ou par injection, après épuration, sur le réseau de gaz naturel.

Cette solution est intéressante pour les STEU à partir de 30 000 EH. Elle nécessite un plan d'épandage maîtrisé comme toutes les autres filières de valorisation des boues.



## EN PROJET SUR LA STEU DE LONGWY

Étude en cours pour l'installation d'une micro-turbine sur le rejet de la STEU doté d'un débit moyen de 200l/s et d'une chute de 4m.

- **Production d'énergie potentielle : 52 MWh/an.**

## RÉALISÉ SUR LA STEU DE HAGANIS - METZ

Installation de 2 PAC pour récupérer les calories des 3 turbocompresseurs et chauffer le garage et l'atelier de maintenance.

- **Gain énergétique mesuré sur le poste de chauffage : environ 70 % d'économie.**

## RÉALISÉ SUR UNE STEU SDEA

Valorisation du biogaz par cogénération (chaleur utilisée pour chauffer le digesteur et électricité vendue sur le réseau).

- **Production électrique mesurée (kWh produits) ≈ 30 % de la consommation du site (kWh consommés).**

## VALORISER LE FONCIER/ LE BÂTI

- **Photovoltaïque** : profiter de la surface disponible - toit ou sol - pour installer des panneaux solaires produisant de l'électricité qui peut être autoconsommée sur place ou vendue sur le réseau.



## RÉALISÉ SUR 2 STEU SDEA

Puissance installée en panneaux solaires : 50 et 100 kWc<sup>1</sup>.

- **Production électrique mesurée (kWh produits) ≈ 10 % de la consommation du site (kWh consommés).**



## RÉALISÉ SUR 3 STEU SDEA

Mise en place de sècheurs solaires combinés avec des pompes à chaleur alimentées par la chaleur de l'eau traitée. Consommation spécifique d'environ 200-350 kWh/ tonne d'eau évaporée.

- **Gain énergétique potentiel sur le poste de séchage des boues : 50 à 80 % par rapport à un sècheur thermique.**

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Dans les régions du Nord-Est, il est impératif d'utiliser un plancher chauffant pour combler le déficit d'énergie solaire en hiver.

<sup>1</sup> Le kilowatt-crête est utilisé pour évaluer la puissance atteinte par un panneau solaire lorsqu'il est exposé à un rayonnement solaire maximal.

# RÉALISER UN DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE ET METTRE EN PLACE UN SUIVI

## ÉTAPE 1 : LE DIAGNOSTIC

LE DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE EST LE PRÉALABLE NÉCESSAIRE À TOUTE ACTION STRUCTURANTE EN FAVEUR DE LA RÉDUCTION DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES. A l'issue de celui-ci, un plan d'actions chiffré est attendu. En fonction des enjeux, des objectifs recherchés, des données et du budget disponibles, ce diagnostic sera plus ou moins approfondi.

	DONNÉES À RÉCUPÉRER SUR SITE	INDICATEUR MESURÉ OU CALCULÉ	FINALITÉ DU DIAGNOSTIC
<b>DIAGNOSTIC MACRO-SCOPIQUE À L'ÉCHELLE DE LA STEU</b>	Consommation d'énergie globale du site (facture d'énergie) <b>ET</b> Paramètres de fonctionnement (kg DBO <sub>5</sub> éliminé, kg DCO éliminé <sup>1</sup> , MES <sup>2</sup> bassin aération, tonne MS <sup>3</sup> produite, etc.)	<b>Consommation globale</b> : kWh <sub>STEU</sub>	Performance globale de la STEU > <b>Comparaison des consommations</b> d'un mois ou d'une année sur l'autre
		<b>Consommations spécifiques<sup>4</sup></b> de la STEU kWh <sub>STEU</sub> / kg DCO éliminé, etc.	Performance de la STEU par rapport à des STEU de référence > <b>Évaluation des marges de progrès</b>
<b>DIAGNOSTIC DÉTAILLÉ À L'ÉCHELLE DE L'ÉQUIPEMENT</b>	Consommations d'énergie par poste :  • mesurées via des compteurs divisionnaires <b>OU</b> • estimées en multipliant les temps de marche par la puissance absorbée du moteur (ou à défaut la puissance nominale) pour les équipements sans variateur	<b>Consommations relatives<sup>5</sup></b> des équipements et des étapes de procédé : kWh <sub>équipement</sub> / kWh <sub>STEU</sub>	Consommations des différents postes de la station > <b>Hiérarchisation des postes</b> en fonction de leur consommation d'énergie
		<b>Consommations spécifiques<sup>4</sup></b> des équipements : kWh <sub>équipement</sub> / kg DCO éliminé	Performance d'un équipement, d'une étape de traitement par rapport à une référence > <b>Estimation des gains potentiels</b> , établissement d'un plan d'actions, hiérarchisation des travaux à engager

> Irstea a mis à disposition un outil en ligne qui permet de situer la consommation d'énergie d'une STEU par rapport à un parc français de 310 STEU : <https://energie-step.irstea.fr>.

<sup>1</sup> DCO : Demande Chimique en Oxygène. <sup>2</sup> MES : Matières En Suspension. <sup>3</sup> MS : Matières Sèches. <sup>4</sup> Rapport entre une consommation d'énergie et une unité de valeur du paramètre de suivi d'un procédé. <sup>5</sup> Consommation d'un équipement en % par rapport à la STEU globale ou à une étape du procédé.

## ÉTAPE 2 : LE SUIVI

QUE LA DÉMARCHE D'OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE ABOUTISSE À UNE ACTION PONCTUELLE OU PLUS GLOBALEMENT À LA MISE EN PLACE D'UN VÉRITABLE «MANAGEMENT DE L'ÉNERGIE», IL EST ESSENTIEL DE POUVOIR EN MESURER LES EFFETS (GAINS OU DÉRIVES POTENTIELLES) DANS LE TEMPS. LES ACTIONS DOIVENT POUVOIR ÊTRE ÉVALUÉES ET LE GAIN ÉNERGÉTIQUE SERA MESURÉ.

Pour en réduire le coût, l'idéal est de prévoir, dès la conception, l'installation de **compteurs divisionnaires** sur les postes les plus consommateurs en énergie :

- équipements : surpresseurs, pompes de relevage, de recirculation,
- étapes de procédé : aération, agitation, traitement des boues,
- et autres moteurs équipés de variateurs.

**Pour les petits consommateurs ou les équipements de puissance constante**, la consommation électrique peut être calculée en multipliant le temps de marche des équipements par la puissance absorbée mesurée.

Ces consommations électriques doivent être :

- visibles directement sur site sous forme de bilans et/ou de courbes,
- enregistrées pour pouvoir être analysées par la suite.

À partir des données récupérées, **les consommations spécifiques** sont calculées, analysées et suivies via des **indicateurs de performance**.

Une **valeur cible** à définir pour chaque indicateur permet d'évaluer les performances du poste ou de l'étape de traitement considérés ou encore d'apprécier les effets d'un plan d'actions de réduction des consommations énergétiques.

### À RETENIR !

La norme ISO 50 001 - Systèmes de management de l'énergie - impose, au préalable, de définir la situation énergétique de référence et d'identifier les facteurs d'influences.

La norme précise aussi que la réussite d'un projet passe par l'implication de toutes les parties prenantes.