

Note de synthèse



LE RÉSEAU DES
COLLECTIVITÉS
POUR LA GESTION DES
DÉCHETS & DE L'EAU



Valorisation des ressources issues du traitement des eaux usées

Dossier suivi par : Émilie BÉLON

12 mai 2020

A. Introduction	2
B. La réutilisation des eaux usées traitées	2
I. Réglementation en vigueur	2
1. Le cadre législatif européen.....	2
2. La réglementation nationale	2
II. Applications possibles.....	3
C. La valorisation de l'énergie fatale	3
I. Valoriser la chaleur des effluents	3
1. La réglementation	3
2. Principe de la cloacothermie.....	3
II. Valoriser la chaleur des équipements.....	4
III. Transformer l'énergie hydraulique en électricité (micro-turbinage).....	5
D. La valorisation énergétique des boues	5
I. La production de biogaz.....	5
1. La réglementation	5
2. Procédé de méthanisation	5
3. Applications possibles	6
II. La transformation en technosables	6
E. La récupération du phosphore	7
I. Les technologies développées.....	7
II. Applications sur le bassin Rhin-Meuse	7

A. Introduction

Face à la raréfaction des ressources en eau et dans un contexte d'économie circulaire en plein développement, les collectivités en charge de l'assainissement sont amenées à repenser le traitement des eaux usées. Considérer l'assainissement comme une valorisation, plutôt qu'une simple dépollution d'effluents domestiques et industriels, est un nouveau défi pour les collectivités et les exploitants de stations d'épuration.

B. La réutilisation des eaux usées traitées

I. Réglementation en vigueur

Suite aux Assises de l'Eau de 2019 et plus récemment dans la loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire, la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) apparaît comme une alternative pour faire face au changement climatique. L'article 69 de cette loi modifie notamment l'article L. 211-1 du code de l'environnement en incitant au « *développement de la réutilisation des eaux usées traitées et de l'utilisation des eaux de pluie en remplacement de l'eau potable.* »

1. Le cadre législatif européen

Au niveau européen, un projet de règlement est actuellement en cours de validation. Le Conseil européen a adopté, en première lecture, par procédure écrite, sa position sur le projet de texte le 7 avril 2020.

Après une étape de vérification juridique et linguistique, le règlement devra ensuite être adopté par le Parlement européen avant publication au Journal officiel. Il sera d'application immédiate, mais les États membres disposeront d'un délai de mise en conformité de trois ans pour les installations existantes, et de six mois pour les nouveaux projets.

Ce règlement imposerait des exigences de qualité parfois plus strictes que l'actuel règlement national, en termes d'hygiénisation notamment. Ainsi, on estime qu'une classe de qualité A française équivaldrait à une classe C européenne. En revanche, ces classes de qualité européennes ne sont pas assorties de contraintes de distance, liées à la nature du sol par exemple, ou à la vitesse du vent, comme l'est la réglementation française.

2. La réglementation nationale

Au niveau national, les projets de REUT sont soumis à [l'arrêté du 2 août 2010, modifié par l'arrêté du 25 juin 2014](#), relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. Il fixe, entre autres, les prescriptions techniques, les conditions d'usage et interdictions, ainsi que les modalités d'autorisation et de contrôle pour l'irrigation à partir d'eaux usées traitées.

[L'instruction ministérielle 26 avril 2016](#) adressée aux préfets de régions et de départements ainsi qu'aux agences régionales de santé, rappelle le cadre réglementaire et précise les modalités d'application de ces deux arrêtés.

Pour les autres usages, comme le nettoyage de voiries ou le lavage de véhicules, il n'existe pas de cadre réglementaire.

II. Applications possibles

On estime qu'aujourd'hui en France, moins de 1% des volumes d'eaux usées traitées sont réutilisés, ce qui reste très peu comparé à d'autres états – comme l'Australie, la Californie, Chypre, l'Espagne, la Floride, Israël, la Jordanie, Malte ou Singapour – qui ont pour objectif de satisfaire de 10 à 60 % de leurs besoins en eau par la réutilisation des eaux usées épurées. Selon un rapport du Cerema, on comptait en 2017 un total de 128 projets en France (en fonctionnement ou non), avec 57 % d'entre eux destinés à un usage agricole.

Lorsque les exigences réglementaires sont respectées et sous certaines conditions d'arrosage, il est possible d'utiliser les EUT pour :

- L'arrosage de golfs ou de jardins publics (ex : golfs de Saint Gildas, Pornic, Sainte Maxime)
- L'irrigation de parcelles agricoles (ex : projet Rur'eaux porté par Ecofilae dans l'Hérault)
- L'irrigation de vignes (ex : projet IrriAlt'eau mené par le Grand Narbonne)

Prenons l'exemple de la station d'épuration de Sainte Maxime (60 000 EH) qui réutilise une partie de ses eaux usées traitées pour arroser les pelouses du golf de la ville. Elle a dû adapter son système d'assainissement et mettre en place un traitement tertiaire basé sur une filtration sur sable, une désinfection UV et une chloration. Les eaux usées traitées sont ensuite pompées et acheminées jusqu'au golf puis stockées avant d'être utilisées pour l'arrosage, ce qui représente un volume annuel d'environ 300 000 m³ d'eau économisés.

Le projet a également nécessité la mise en place d'un by-pass sur la STEU en cas de non-respect de la qualité des eaux traitées, d'une station de pompage sur le golf et de l'adaptation du matériel d'arrosage. Au total, 1,5 millions d'euros ont été investis pour la réalisation du projet mis en route en 2006.

C. La valorisation de l'énergie fatale

I. Valoriser la chaleur des effluents

1. La réglementation

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la valorisation des eaux usées dans les réseaux de collecte. Cependant, on peut citer l'arrêté du 02/09/2019 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des systèmes de récupération instantanée de chaleur sur eaux grises dans la réglementation thermique 2012, qui donne des prescriptions techniques en termes de calculs.

2. Principe de la cloacothermie

Lorsque les eaux usées sont déversées dans les réseaux, elles arrivent avec une température variant de 12 à 20 °C en moyenne. Cette chaleur, généralement perdue, peut être valorisée en énergie thermique ; on appelle cette technologie « la cloacothermie ».

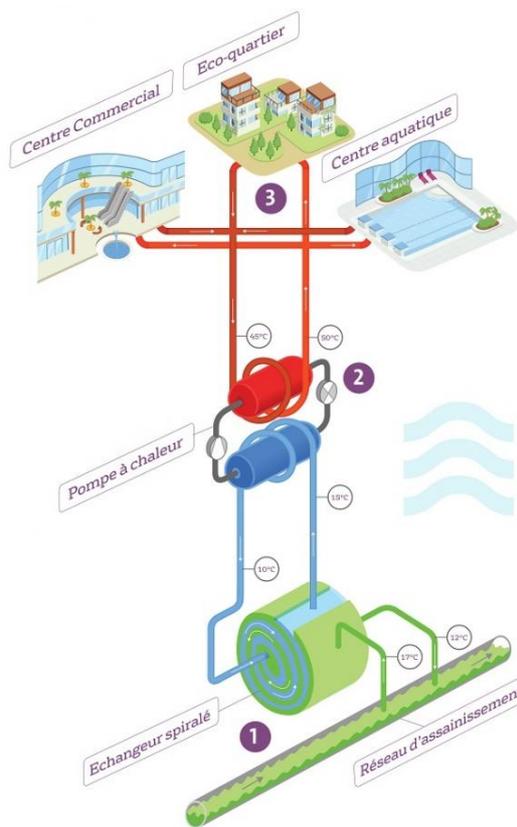
Le principe de fonctionnement est le suivant : les calories des eaux usées sont récupérées lors de leur passage sur une plaque inox spécifique dans laquelle circule un fluide caloporteur. Ce fluide, une fois réchauffé au contact de l'inox, alimente une ou plusieurs pompes à chaleur qui assurent le chauffage et/ou la climatisation de bâtiments.

Selon les données de l'ADEME Bourgogne et TSM, il faut un débit minimum compris entre 12 l/s et 15 l/s, soit environ 10 000 EH pour qu'un projet puisse être rentable.

Plusieurs collectivités sont équipées de cette technologie pour :

- Assurer le chauffage de logements ou de locaux administratifs, (éco-quartier à Nanterre (92), logements sociaux à Mulhouse (68), siège social du Siarce à Corbeil-Essonnes (91))
- Améliorer la performance énergétique de la station d'épuration et réduire la consommation de fioul. (Syndicat d'Assainissement de la Vanoise, 73)
- Assurer le chauffage de bâtiments sportifs (le centre aquatique de la CU d'Arras, (62) le Cercle des Nageurs de Marseille (13)). Un projet, en partenariat avec l'ADEME et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM) est actuellement en cours d'étude sur la communauté d'agglomération Portes de France Thionville (57).

Il est important de noter que l'étude des eaux claires parasites est à prendre en compte pour ce type de projets, car l'augmentation momentanée de leur proportion dans les réseaux peut faire baisser considérablement la température et entraîner un dysfonctionnement du système.



Principe de la cloacothermie

II. Valoriser la chaleur des équipements

Sur les stations qui disposent d'un traitement par boues activées, le poste d'aération du bassin biologique est généralement très énergivore et les calories produites par les équipements sont généralement perdues.

Il existe cependant une technologie permettant de valoriser cette chaleur, qui a notamment été mise en place sur la station d'épuration de Metz Métropole (440 000 EH). Celle-ci dispose de trois turbocompresseurs (de 250 kW chacun), qui fonctionnent en alternance pour approvisionner les bassins biologiques en oxygène. La température générée par le fonctionnement des compresseurs est utilisée pour alimenter 2 pompes à chaleur air-eau, qui chauffent l'atelier de maintenance et le garage et remplacent des radiateurs électriques énergivores.

Cette installation a nécessité un investissement de base de 150 000 € et les premiers retours ont permis de constater une diminution de 73,5 % de la consommation d'énergie sur l'ensemble des bâtiments concernés (soit 1,9 % de la consommation d'énergie totale de la STEP en 2018).

Pour les stations d'épuration, qui traitent leurs boues par incinération ou séchage thermique (environ 60 sites en France), une réflexion peut également être menée sur la chaleur fatale issue des fours et sècheurs.

III. Transformer l'énergie hydraulique en électricité (micro-turbinage)

En valorisant l'énergie hydraulique des ouvrages disposant d'une hauteur de chute ou d'un débit d'eau suffisants, il est possible de produire de l'électricité grâce à l'installation d'une turbine.

Plutôt applicables aux usines de production d'eau potable, certaines technologies de micro-turbinage sont aussi étudiées pour les systèmes d'assainissement :

- Les turbines installées directement en conduite
- La turbine « Banki-Michell » qui a été étudiée sur le site de la STEU de Longwy, qui dispose d'un débit moyen de 200 l/s et d'une hauteur de chute de 4 m
- La turbine à vis d'Archimède

La station d'épuration de Chartres Métropole a récemment installé une turbine d'une puissance de 200 kWh (débit nominal de 800l/s) pour récupérer l'énergie fatale de ses eaux usées et produire 400 000 kWh/an. Cependant, les coûts de transformation restent souvent prohibitifs et le productible potentiel est généralement anecdotique devant les consommations énergétiques des installations de traitement des eaux usées.

D. La valorisation énergétique des boues

La valorisation des boues la plus répandue actuellement, est celle de l'épandage agricole, qui permet une réutilisation agronomique des ressources (plus de 70 % des volumes de boues au niveau national).

D'autres technologies de recyclage sont cependant possibles, notamment la production d'énergie thermique et/ ou électrique à partir de la digestion anaérobie (ou « méthanisation ») ou encore leur utilisation comme matériau de construction, sous la forme de technosables.

I. La production de biogaz

1. La réglementation

L'injection de biométhane produit à partir de boues urbaines est possible depuis 2014. En effet, l'arrêté du 24 juin 2014 modifiant l'arrêté du 23 novembre 2011 fixant les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel, autorise le biogaz « *obtenu à partir de matières telles que boues, graisses, liquides organiques résultant du traitement des eaux usées urbaines* ».

2. Procédé de méthanisation

La méthanisation est un procédé qui permet de transformer la matière organique contenue dans les boues en biogaz et en un résidu appelé digestat. Cette transformation réalisée par des bactéries en l'absence d'oxygène (anaérobie) se fait à une température voisine de 35 °C (digestion mésophile) ou à une température supérieure à 50 °C (thermophile) selon le type d'intrants et les capacités de chauffage du digesteur.

Le biogaz produit par la digestion des boues peut être valorisé en chaleur, en électricité ou en combinant les deux (« cogénération »). Le digestat, quant à lui, est généralement valorisé en épandage agricole. Pour injecter le biogaz dans le réseau de gaz naturel, il est impératif de procéder à son épuration, qui consiste à séparer le dioxyde de carbone et autres impuretés pour ne récupérer et valoriser que le biométhane.

3. Applications possibles

Sur le bassin Rhin-Meuse, plusieurs stations se sont équipées ces dernières années d'un digesteur de boues, pour diminuer la quantité de boues produites et générer une source d'énergie. Pour que le procédé soit rentable, l'AERM estime qu'il faut un système d'assainissement de minimum 30 000 EH. C'est notamment le cas de la station d'épuration de Basse-Zorn (67), sur laquelle les boues sont d'abord épaissies par deux tables d'égouttage puis transformées dans le digesteur de 900 m³.

Environ 40 % du biogaz généré sont revendus sous forme d'électricité et 60 % sont utilisés sous forme de chaleur pour chauffer les locaux techniques et le digesteur. Les boues résultant de la digestion sont ensuite déshydratées, compostées puis épandues selon la réglementation en vigueur.

L'installation de Village-Neuf (CA de Saint-Louis, 68), de 82 000 EH fonctionne sur un principe équivalent, avec un pré-traitement des boues par centrifugeuse avant digestion, et produit environ 500 000 kWh d'électricité et 600 000 kWh de chaleur réutilisée pour chauffer les boues du digesteur.

La station de Strasbourg-la Wantzenau (67), quant à elle, fut la première station d'épuration française à épurer le biogaz pour en obtenir du biométhane injectable directement dans le réseau et assurer le chauffage d'environ 5 000 logements.

D'autres stations d'épuration sont quant à elles équipées d'incinérateurs de boues, qui jusqu'à présent permettaient surtout de réduire leur volume. Couplé à une turbine électrique (procédé Thermylis® de Suez), le four d'incinération peut aussi permettre la production d'énergie en cogénération, réintégrée directement dans la station ou revendue comme énergie verte. Cependant, ce genre d'installation ne s'avère rentable que pour des stations de très grande taille, comme les stations de Bilbao en Espagne (1 000 000 EH) et de Duffin Creek au Canada (1 750 000 EH).

II. La transformation en technosables

Les technosables sont obtenus grâce à la technique dite d'oxydation par voie humide (OVH) : les boues sont préchauffées à 160°C avant d'entrer dans un réacteur sous pression où se trouve de l'oxygène pur. La réaction entre les boues et l'oxygène génèrent alors une augmentation de température jusqu'à 250°C. En sortie, on obtient des boues liquides qui peuvent être envoyées en tête de station pour être recyclées, des gaz résiduels et un produit minéral inerte et valorisable : le technosable.

La station d'épuration d'Épernay-Mardeuil (51) est la première et unique en France à avoir installé ce procédé sur son site. Outre la diminution du volume de boues, la technologie d'OVH s'avère être une alternative indispensable dans ce secteur géographique où l'épandage agricole est interdit, car situé en zone d'appellation Champagne.

D'une capacité variant de 77 000 à 150 000 EH (selon la quantité d'effluents viticoles à traiter), la station produit environ 700 tonnes de technosables par an, valorisables pour des travaux de voirie. Il doit être utilisé en mélange avec de la chaux et d'autres matériaux de la construction routière pour être autorisé comme remblai. La production annuelle de la station permet à la communauté de communes de réaliser environ 1km de route par an.

Un autre débouché possible pour les technosables est leur valorisation dans l'industrie de la céramique, en mélange à hauteur de 7%, mais les essais in situ doivent encore être améliorés.

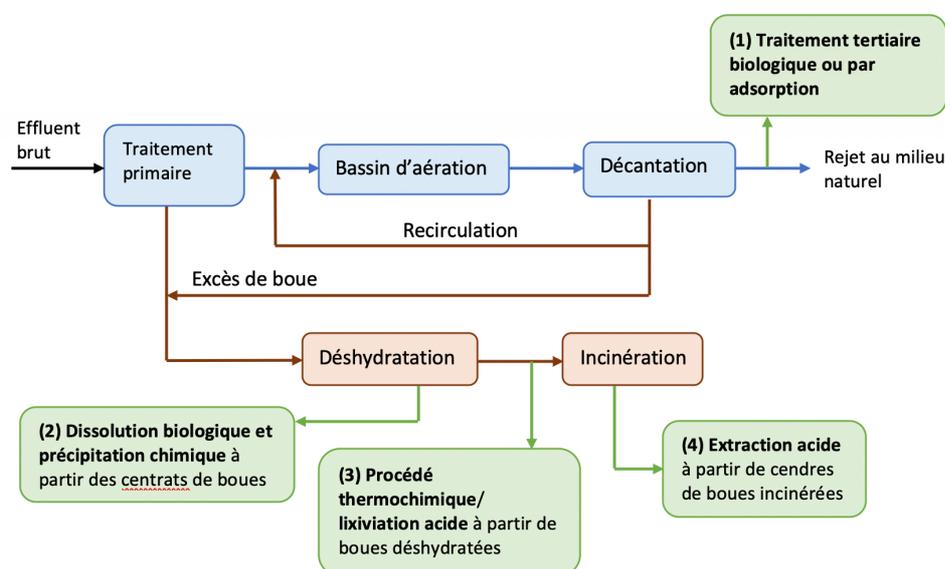
E. La récupération du phosphore

Longtemps considéré comme un polluant à traiter car responsable de l'eutrophisation, le phosphore apparaît aujourd'hui comme une ressource récupérable dans les eaux usées traitées. En effet, de par son utilisation en agriculture et procédés industriels, il se retrouve dans les effluents et n'est valorisé actuellement que par l'épandage des boues (en faible concentration).

Généralement issu de l'extraction minière, le phosphore fait partie depuis 2014 de la liste des matières premières dites « critiques » pour l'Union Européenne. Il s'agit de 27 matières exposées à un plus grand risque de pénurie d'approvisionnement et qui exercent un impact plus important sur l'économie que la plupart des autres matières premières.

Il apparaît donc essentiel de développer des technologies permettant la récupération du phosphore dans les eaux usées, afin d'éviter la surexploitation des ressources naturelles.

I. Les technologies développées



Les technologies existantes ou en cours de développement peuvent intervenir à différentes étapes du traitement des effluents, comme expliqué dans le schéma ci-dessus. Pour plus d'informations techniques, vous pouvez consulter la page du projet européen Phos4you, disponible à l'adresse suivante : www.nweurope.eu/phos4you

II. Applications sur le bassin Rhin-Meuse

Actuellement en construction sur la station d'épuration de Sausheim (68) d'une capacité de 490 000 EH, le futur méthaniseur des boues permettra la récupération du phosphore sous forme de struvite*, avec une production annuelle de 3 500 sacs destinés à l'agriculture.

Pour cela, les centrats (=fraction liquide après passage en centrifugeuse) sont introduits dans un réacteur, puis l'injection de chlorure de magnésium provoque la cristallisation et la précipitation de struvite. Celle-ci est ensuite extraite par le fond du réacteur puis lavée, égouttée et séchée avant d'être conditionnée. (Procédé Phosphogreen® de Suez, Extraphore® de Saur et STRUVIA® de Veolia).

* la struvite est un minéral de la famille des phosphates hydratés, issu de la précipitation du phosphore en présence de magnésium.