



HAL
open science

Enjeux scientifiques et technologiques en traitement et valorisation des eaux usées : quels impacts des politiques européennes ?

Sylvie Gillot, J.M. Choubert, S. Nonet, C. Lagarrigue

► To cite this version:

Sylvie Gillot, J.M. Choubert, S. Nonet, C. Lagarrigue. Enjeux scientifiques et technologiques en traitement et valorisation des eaux usées : quels impacts des politiques européennes ?. Ouvrage introductif au 96ème congrès de l'ASTEE "Des territoires à l'Europe : Construire ensemble les transitions environnementales ", 2017, ASTEE, pp.7, 2017. hal-02606322

HAL Id: hal-02606322

<https://hal.inrae.fr/hal-02606322>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Enjeux scientifiques et technologiques en traitement et valorisation des eaux usées : quels impacts des politiques européennes ?

Sylvie Gillot, Jean-Marc Choubert, Irstea Lyon

Stéphane Nonet, Cebedeau, Belgique

Céline Lagarrigue, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

Introduction

Les politiques européennes des trente dernières années, impulsées par la Directive Eaux Résiduaires Urbaines de 1991 (91/271/CEE) et plus récemment par la directive cadre sur l'eau (2000/60/CE), ont conduit à la mise en conformité des stations d'épuration dans la plupart des pays de l'UE, comme le montre notamment le récent rapport au parlement européen (COM(2016)105/F1, 2016) ou la carte synthétisant les résultats obtenus (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/uwwtd/interactive-maps/urban-waste-water-treatment-maps-1>). Elles continuent d'influencer les travaux de recherche et développement en traitement et valorisation des eaux résiduaires, en proposant un ensemble de mesures allant du financement de projets européens (programme H2020, Interreg, FUI...) à des objectifs fixés réglementaires (cas de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, par exemple). Il s'agit dans ce document de mettre en exergue les enjeux scientifiques et technologiques pour les stations d'épuration déterminés par trois drivers européens actuels : les mesures relatives aux substances prioritaires, le paquet Energie-Climat et le plan d'action pour l'économie circulaire. L'ensemble de ces mesures préfigure la station d'épuration du futur.

Impact des directives relatives aux substances prioritaires

La Figure 1 présente, dans l'ordre chronologique, les différents textes européens et les objectifs correspondants pour ce qui concerne le rejet dans le milieu superficiel de substances prioritaires.

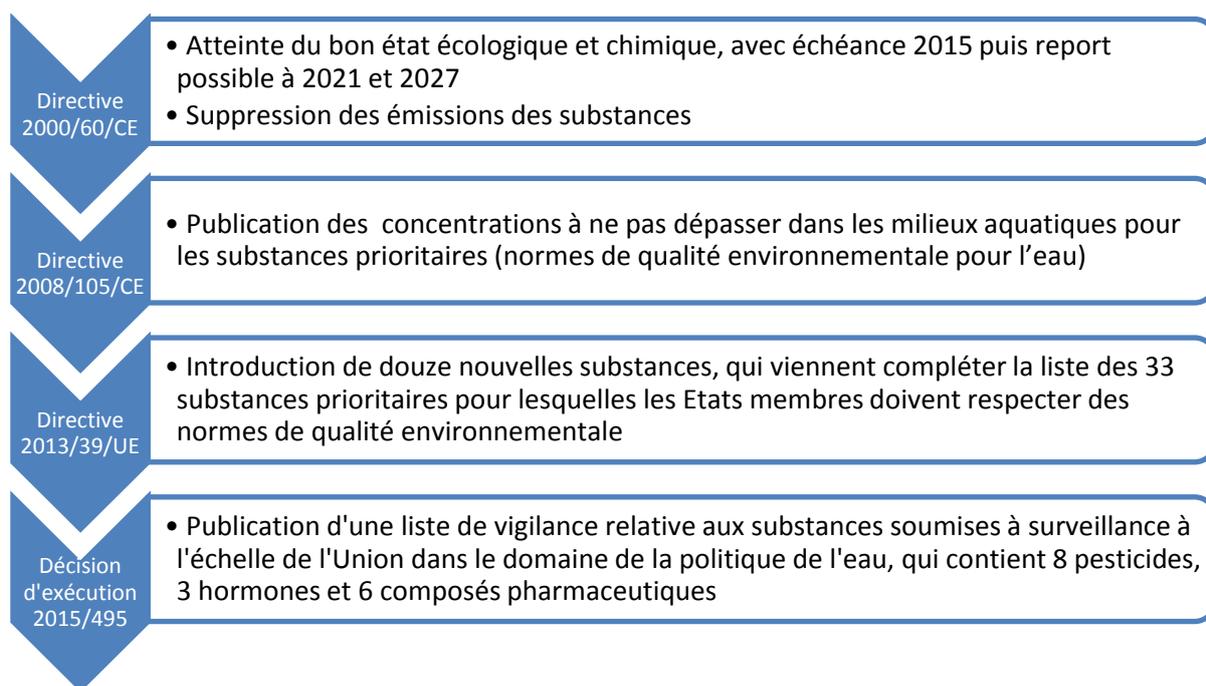


Figure 1. Textes relatifs aux substances prioritaires

A ces textes réglementaires s'ajoute le règlement européen REACH (enRegistrement, Evaluation, Autorisation et Restriction des produits Chimiques) qui, depuis 2007, impose aux entreprises de recueillir des informations sur les propriétés des substances utilisées, et évaluer les dangers et risques potentiels associés. Si les risques liés à une substance chimique sont élevés, soit pour la santé humaine soit pour l'environnement, l'Europe peut limiter ou prohiber la fabrication de la substance.

En France, les plans d'actions « Micropolluants » (2010-2013, 2014-2018 et 2016-2021) et « Assainissement » (2012-2018) supportent une stratégie de réduction à la source des émissions de polluants chimiques. Depuis 2016, une nouvelle note technique impose le suivi d'une centaine de substances en station d'épuration, la détermination des sources d'émission de ces substances et la mise en œuvre d'actions de réduction.

Ces textes ont conduit notamment à une phase de mise au point de méthodes d'échantillonnage et de mesure des substances (Eymery et al., 2011), permettant de faire un état des lieux des performances des stations d'épuration. L'optimisation des équipements de traitement des eaux résiduaires vis-à-vis des micropolluants a fait aussi l'objet de nombreux projets de recherche nationaux et européens.

Si, comme en France, certaines politiques mettent l'accent sur la réduction à la source, deux enjeux principaux subsistent :

- Mesurer les substances prioritaires et leur effet sur le milieu. Le coût de mesure de chacune des substances potentiellement présentes dans les eaux usées et traitées étant prohibitif, des méthodes de caractérisation globale de la pollution chimique sont en développement. Des notions d'empreinte globale de pollution chimique (mesures non ciblées), permettant de prendre en compte les potentiels sous-produits de transformation, sont apparues (Mathon, 2016).
- Quand cela est opportun, notamment vis-à-vis d'autres mesures visant la réduction des émissions, améliorer le traitement en station d'épuration, soit en optimisant les installations existantes, soit en ajoutant des étapes de traitement. Pour le procédé à boues activées, le

plus répandu en traitement des eaux résiduaires urbaines, les mécanismes d'élimination ont été étudiés et ont conduit – notamment via les outils de modélisation numérique – à l'identification des conditions de fonctionnement optimales pour éliminer les substances prioritaires et émergentes. Les procédés complémentaires à l'étude incluent des procédés physico-chimiques intensifs (comme l'ozonation, l'adsorption sur du charbon actif ou les procédés d'oxydation avancée) ou biologiques via la création de niches métaboliques spécialisées (biofilms). Les questions relatives à l'élimination de ces substances portent aussi sur l'efficacité des zones de rejet végétalisées, qui ont fait leur apparition récemment aux abords des stations d'épuration, et dont le rôle des différents compartiments qui les composent (l'eau, le sol et les végétaux) est encore mal appréhendé (Boutin, 2013). Enfin, la question du coût d'éventuels traitements complémentaires est posée, de même que celle concomitante de sa prise en charge éventuelle par le pollueur.

Le paquet Energie-Climat

L'objectif des « 3x20 » initialement affiché dans le paquet énergie-climat adopté en décembre 2008 par l'Union Européenne a évolué. Depuis 2014 et à l'horizon 2030, l'Union Européenne affiche les objectifs suivants :

- réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'au moins 40 % par rapport à 1990 ;
- augmentation de la part des énergies renouvelables à au moins 27 % du mix énergétique ;
- amélioration de l'efficacité énergétique d'au moins 27 %.

Au regard de ces objectifs, les enjeux pour l'assainissement portent sur : (i) la mesure et la réduction des émissions – directes et indirectes - de GES, (ii) l'optimisation de la production/récupération d'énergie renouvelable sur la station (production de méthane, récupération de chaleur, notamment) et (iii) l'optimisation de l'efficacité énergétique des installations.

L'établissement du bilan carbone d'une station d'épuration requiert, d'une part, de faire un diagnostic énergétique poussé des installations et, d'autre part, de mesurer de manière fiable les émissions directes de GES, notamment de protoxyde d'azote.

Les récentes études européennes et nationales portant sur les diagnostics énergétiques des stations d'épuration convergent vers l'identification des principaux facteurs impactant les dépenses : le taux de charge des installations et la présence d'un traitement thermique des boues sont notamment déterminants (Canler et Stricker, 2016).

En termes d'émissions de protoxyde d'azote, gaz à effet de serre environ 300 fois plus impactant que le dioxyde de carbone, la contribution du secteur du traitement des eaux résiduaires est estimée à 3,5 % (GIEC, 2014). Cette valeur peut paraître relativement faible, cependant le contexte réglementaire et sociétal actuel oblige à considérer et limiter l'ensemble des flux, quelle qu'en soit l'origine (Filali et al., 2016). Sur cette problématique, les efforts ont d'abord porté sur la mise au point de méthodes de mesure fiables. Il s'agit maintenant de faire un état des lieux des émissions par filières de traitement, afin de mieux estimer les facteurs d'émission du secteur. La valeur préconisée par le GIEC (3,2 g N₂O/EH/an), issue d'une mesure réalisée sur une seule installation Nord-américaine ne traitant pas l'azote, est très certainement sous-estimée comme il a été clairement démontré que

le N₂O pouvait être émis lors des étapes de nitrification et de dénitrification (Kampschreur et al. 2009). Les projets de recherche actuels au niveau international visent à mieux comprendre les processus impliqués dans les émissions directes de GES, et à les implémenter dans les modèles de fonctionnement des stations d'épuration, afin de proposer des mesures de réduction efficaces.

En termes d'énergie, les stations d'épuration ont initié depuis plusieurs années leur optimisation énergétique et la valorisation des énergies renouvelables (Héduit et Tabuchi, 2012). L'accent est porté sur le développement de la méthanisation des boues d'épuration, avec un retard en France par rapport aux autres pays européens, notamment imputable à la taille relativement modeste des installations. La méthanisation des boues peut également être en concurrence avec leur valorisation agronomique, comme en Wallonie. Les questions posées portent :

- d'une part sur la maximisation de la production de biogaz (par exemple en levant l'étape limitante d'hydrolyse soit en prétraitant les boues soit en les codigérant avec d'autres déchets organiques, le tout en levant les difficultés technologiques associées telles que le mélange de déchets d'origines variables ou le mélange de substrats non homogène **[le texte de cette parenthèse n'est pas clair, merci de vérifier la reformulation]**),
- et d'autre part sur la valorisation de ce biogaz.

L'état des lieux réalisé récemment par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse a montré que l'objectif principal dans le choix d'installer un digesteur restait la réduction des volumes de boues produites et que les critères énergétiques étaient secondaires (AERMC, 2012). Ce dernier objectif devrait cependant être réévalué du fait de la possibilité d'injecter le biométhane produit dans les réseaux de gaz ; les textes réglementaires concernant les modalités de cette injection ayant en effet été récemment publiés au Journal Officiel (26 juin 2014). L'augmentation de la production de biogaz implique également la maximisation du captage du carbone des eaux usées par des procédés en développement (premier étage de boues activées à forte charge, décantation primaire accélérée), dont l'impact sur l'ensemble de la filière de traitement est à évaluer. Il s'agit d'étudier les nouvelles filières de traitement de manière holistique et non plus procédé par procédé, de manière à prendre en compte l'impact des choix de conception, de dimensionnement ou de fonctionnement sur les performances globales de la station, notamment ses performances environnementales (incluant l'émission de GES).

Enfin, pour améliorer l'efficacité énergétique des installations, l'optimisation du principal poste de dépense que constitue l'aération des bassins biologiques reste prioritaire. L'optimisation énergétique concerne également d'autres postes de dépenses importants comme le relevage des eaux usées ou le séchage thermique des boues. Les différences observées entre les performances énergétiques des stations françaises et celles de la bibliographie sont majoritairement imputables à la sous-charge chronique des installations, nécessitant la mise en œuvre de techniques de régulation efficace, notamment des apports en oxygène. Cette efficacité requiert également de mesurer en ligne correctement les paramètres (formes de l'azote, notamment), à l'aide de capteurs robustes et précis.

Le plan d'action pour l'économie circulaire

Adopté par l'UE en décembre 2015, le plan d'action pour l'économie circulaire propose un ensemble de mesures, dont un budget de 650 millions d'euros à consacrer à des projets innovants dans le cadre du programme H2020 prévoyant notamment « des mesures facilitant la réutilisation des eaux

usées en agriculture ». Ce plan d'action met aussi l'accent sur la récupération des ressources des eaux usées, notamment les nutriments (azote et phosphore).

En ce qui concerne la réutilisation des eaux usées traitées (« *Reuse* »), les enjeux environnementaux et sanitaires portent sur le devenir de substances telles que les pathogènes ou les gènes de résistance aux antibiotiques. Ils concernent également les filières de traitement (par le sol, notamment) et l'évolution du schéma classique du traitement destiné exclusivement à éviter les pollutions vers un traitement adapté à des usages spécifiques, posant notamment la question de filières plus dynamiques et adaptatives. Le développement de systèmes décentralisés, y compris en ville, est à l'étude.

Les nutriments contenus dans les eaux usées sont très souvent accumulés dans les boues d'épuration et peuvent donc être valorisés par épandage. D'autres voies de récupération de ces nutriments sont en développement, notamment pour le phosphore. Eléments déterminants de l'eutrophisation des milieux, les phosphates ont été supprimés des produits lessiviels et leur réduction à la source est donc limitée (Stricker et Héduit, 2010). Très récemment, l'Allemagne a proposé à l'UE une notification concernant l'obligation de recycler le phosphore des boues d'épuration pour les installations de taille supérieure à 50 000 EH, emboitant le pas à la Suisse (<http://www.phosphorusplatform.eu/>). La fluctuation des coûts et la diminution des stocks naturels de phosphore sont par ailleurs considérés comme des facteurs de risque majeurs de la sécurité alimentaire mondiale, constituant avec l'impact de son rejet sur les milieux des incitations fortes à sa valorisation.

En termes de récupération du phosphore des boues d'épuration, des solutions techniques existent et une quinzaine d'installations en Europe sont équipées d'une filière de valorisation sous forme de struvite. Les principaux verrous technologiques résident dans la dissolution du phosphore –chimique ou biologique - de manière à augmenter sa concentration avant sa récupération, et dans la qualité du produit que l'on souhaite obtenir en fonction de son usage final (fertilisant, constituants de produits industriels...).

Vers la station de récupération des ressources de l'eau

Le schéma suivant illustre l'intégration des drivers exposés précédemment sur les questions qui se posent autour de la station d'épuration du futur.



<http://www.irstea.fr/nos-editions/dossiers/traitement-eaux-usees>

Ces questions ont été abordées récemment lors du colloque organisé par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (<http://www.eaurmc.fr/espace-dinformation/colloques/colloque-la-station-depuration-du-futur-maillon-de-leconomie-circulaire-17-octobre-2016-a-lyon.html>). Les discussions ont également soulevé d'autres aspects à prendre en compte dans l'élaboration de nouvelles filières, notamment les verrous réglementaires, pour faire passer les éléments valorisés d'un statut de déchet à un statut de produit (fertilisant, notamment). Les solutions nécessitent également de se placer à une échelle plus large que celle de la station, pour favoriser le développement d'une véritable filière économique locale pour les usagers du territoire. Enfin les questions d'acceptabilité sociale doivent également être intégrées à tout projet de réutilisation ou de recyclage.

LA STATION D'ÉPURATION DU FUTUR, ELLE EST PLEINE DE RESSOURCES !



Découvrez
la nouvelle vidéo
de l'agence de l'eau
Rhône Méditerranée Corse



<https://www.youtube.com/watch?v=8wRihD0nBtk>

Références

- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC) (2012) «Méthanisation des boues de stations : Règle de l'art et état des lieux sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse». Rapport d'Etude, 46p. + annexes.
- Boutin C. (2013). Les Zones de Rejets Végétalisées : Eléments pour une meilleure conception. Irstea-Onema, 102 p.
- Canler, J.P. et Stricker, A.E. (2016). Vers des stations d'épuration moins énergivores. Colloque "la station d'épuration du futur, maillon de l'économie circulaire", 17 octobre 2016, Lyon.
- COM(2016)105/F1 (2016) Huitième rapport sur l'état de mise en œuvre et les programmes de mise en œuvre (conformément à l'article 17) de la directive 91/271/CEE du Conseil relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/FR/1-2016-105-FR-F1-1.PDF>.
- Eymery F., Choubert J.M., Lepot B., Gasperi, J. Lachenal J., Coquery M. (2011). Guide technique opérationnel : Pratiques d'échantillonnage et de conditionnement en vue de la recherche de micropolluants prioritaires et émergents en assainissement collectif et industriel. 85 p.
- GIEC (2014). Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New-York, NY, USA, Cambridge University Press.
- Héduit, A. et Tabuchi, J-P. (2012). Vers une plus grande autonomie énergétique des stations d'épuration ? Revue Recherche et Ingénierie au service des acteurs de l'assainissement, 2012, no. 09, p. 60-63. Disponible sur <http://www.set-revue.fr/vers-une-plus-grande-autonomie-energetique-des-stations-depuration>.
- Kampschreur, M.J., Temmink, H., Kleerebezem, R., Jetten, M.S.M. and van Loosdrecht, M.C.M. (2009). Nitrous oxide emission during wastewater treatment. *Water Research* 43(17), 4093-4103.
- Filali, A., Bollon, J., Fayolle, Y., Gillot, S. (2016) Emissions de protoxyde d'azote par les procédés intensifs et extensifs de traitement des eaux usées, Journées Information Eaux JIE, Poitiers du 11 au 13 octobre 2016.
- Mathon B. (2016). Photodégradation et oxydation chimique de micropolluants pharmaceutiques et phytosanitaires en traitement complémentaire : performances, mécanismes et modélisation. Thèse de l'université de Lyon 1, 279 p. et annexes.
- Stricker, A. E. and A. Héduit (2010). Phosphore des eaux usées : état des lieux et perspectives, Cemagref-Onema, 54p.