

LES SYNTHÈSES TECHNIQUES DE L'OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU

**Les énergies renouvelables :
une alternative pour la
production et l'économie
d'énergie dans le domaine de
l'eau et de l'assainissement**

Juline LANGE

février 2015



*Office
International
de l'Eau*

En partenariat avec des organismes d'enseignement supérieur, l'OIEau propose des états de l'art synthétiques sur différents sujets liés à l'eau. Ces synthèses sont rédigées par des élèves dans le cadre de leur cursus de formation.

Cette synthèse documentaire « **Les énergies renouvelables : une alternative pour la production et l'économie d'énergie dans le domaine de l'eau et de l'assainissement** » a été effectuée par **Juline Lange**, élève post-master (bac+6/7) d'AgroParisTech-ENGREF en voie d'approfondissement et mastère spécialisé « Gestion de l'eau » à Montpellier.

Le contenu de ce document n'engage la responsabilité que de son auteur, il ne reflète pas nécessairement les opinions ou la politique de l'OIEau.

Toute utilisation, diffusion, citation ou reproduction, en totalité ou en partie, de ce document ne peut se faire sans la mention expresse du rédacteur, de l'Etablissement d'origine et de l'OIEau.

SYNTHESE TECHNIQUE

Les énergies renouvelables : une alternative pour la production et l'économie d'énergie dans le domaine de l'eau et de l'assainissement.

Juline LANGE

juline.lange@agroparistech.fr

février 2015

ABSTRACT

In response to the need for high quality drinking water and wastewater treatment, new production and treatment systems have been developed. Therefore, drinking water plants and wastewater treatment plants need more and more energy to operate. Moreover, the *Grenelle Environment* French act on energy transition requires the share of renewable energy to reach 32% by 2030. This raises questions about renewable energies as an efficient solution to save money and energy.

Firstly, this synthesis focuses on the most significant costs in terms of energy consumption in drinking water production and wastewater treatment processes, and on the areas in which it is possible to implement renewable energy systems. Following on from this, three different kinds of renewable energies (solar energy, wind energy, biogas) are presented and illustrated through examples. Then, we shall conclude this work with an analysis of the technical, economical, and regulation limitations and constraints relating to the use of renewable energy.

This synthesis demonstrates that there are many methods to control energy consumption. Renewable energies alone cannot significantly reduce the consumption of energy and ensure electricity supply for drinking water and wastewater treatment plants. The solution seems to be an energy mix that would optimize the needs for electricity in order to reduce them, while consuming another kind of energy, like renewable energies.

Key-words: Renewable energies, water production, sewage treatment plant, drinking water, wastewater, sludge, solar energy, wind energy, biogas.

RESUME

Les exigences croissantes pour la qualité de l'eau potable et le traitement des eaux usées engendrent une consommation énergétique de plus en plus importante pour faire fonctionner les systèmes de traitement. Conjointement, suite au *Grenelle de l'Environnement*, la loi française fixe l'objectif de 32% pour la part des énergies renouvelables d'ici 2030. Ces dernières sont ainsi mises en avant comme alternative durable pour la production et l'économie d'énergie dans le domaine de l'eau et de l'assainissement.

Cette synthèse présente les coûts de consommation énergétique les plus importants sur les usines d'eau potable et d'assainissement. Dans un second temps, trois systèmes de production d'énergie renouvelable (solaire, éolien et biogaz) sont analysés d'un point de vue technique, réglementaire et économique.

Cette synthèse démontre que le panel de solutions pour la maîtrise de l'énergie est très varié. La diminution efficace et la sécurisation de l'alimentation en énergie pour les services d'eau potable et d'assainissement ne passent pas uniquement par le recours aux énergies renouvelables mais plutôt par un « mix énergétique », c'est-à-dire consommer moins, en optimisant les besoins énergétiques, et consommer différemment, avec les énergies renouvelables par exemple.

Mots-clés : Energies renouvelables, production d'eau potable, station d'épuration, eau potable, eaux usées, boues d'épuration, énergie photovoltaïque, énergie éolienne, biogaz.

TABLE DES MATIERES

Abstract.....	1
Résumé.....	1
Table des figures.....	2
Table des tableaux.....	2
Introduction : Etat des lieux, contexte et problématique.....	3
Analyse de la situation.....	4
Les consommations énergétiques de l'assainissement.....	4
Les consommations énergétiques de l'eau potable.....	5
Les énergies renouvelables au service des usines de traitement de l'eau potable et de l'assainissement.....	5
Le solaire.....	5
L'éolien.....	7
Le biogaz.....	8
L'autosuffisance énergétique est-elle possible ?.....	10
Conclusion.....	12
Bibliographie.....	13

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Part des différentes sources d'énergie dans la production électrique française au début 2014.....	3
Figure 2 : Répartition des consommations électriques sur une station d'épuration de taille importante.....	4
Figure 3 : Répartition des consommations électriques du système d'alimentation en eau potable d'Ile-de-France.....	5

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution du prix de rachat de l'électricité d'origine photovoltaïque depuis 2013 (en c€/kWh).....	6
Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la méthanisation.....	9

INTRODUCTION : ETAT DES LIEUX, CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

La demande mondiale en énergie ne cesse d'augmenter alors que les énergies fossiles conventionnelles diminuent.

En France, les énergies renouvelables représentent une faible proportion des sources d'énergie. En effet, la Figure 1 montre qu'environ trois quarts de la production électrique française sont issus du nucléaire. L'éolien, le photovoltaïque et les autres sources d'énergies renouvelables (excepté l'hydro-électricité) représentent un peu moins de 5% de la production.

Malgré cette faible proportion, la France est l'un des premiers producteurs européens d'énergies renouvelables, avec une production primaire de près de 25 Mtep (1 tep = 11630 kWh) en 2013. En 2014, elle est le deuxième producteur européen d'énergie renouvelable après l'Allemagne (chiffres 2014 non publiés) (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014a).

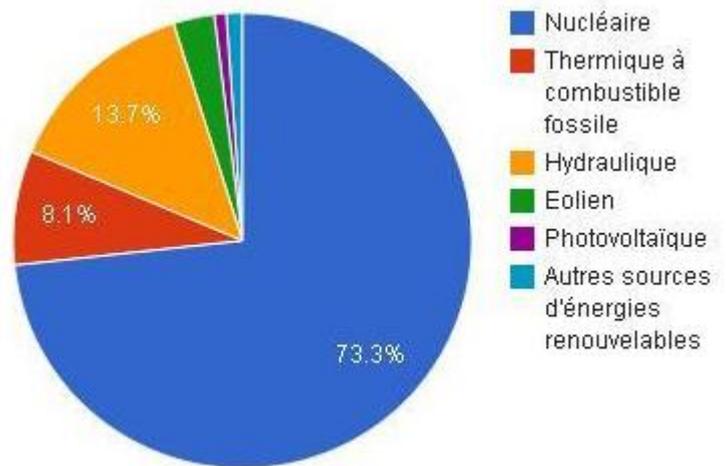


Figure 1 : Part des différentes sources d'énergie dans la production électrique française au début 2014

Source : La Tribune, 2014

Dans le cadre de la transition énergétique portée par le ministère en charge de l'environnement, la France fixe, dans un premier temps, l'objectif de 23% la consommation moyenne issue de l'ensemble des énergies renouvelables d'ici 2020. Plus précisément, cette proportion est variable selon les filières :

- 33% pour la chaleur (biomasse, solaire, part renouvelable des déchets),
- 27% pour l'électricité,
- 10,5% pour les transports.

L'atteinte de cet objectif passe par la réduction des consommations, d'une part, et par le développement soutenu des différentes filières de production d'énergies renouvelables d'autre part (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014b).

En outre, l'énergie consommée par les services d'eau potable et d'assainissement représente souvent le premier poste de dépenses de fonctionnement de ces usines (Kessler et Raymond, 2009). De plus, avec le durcissement des normes et des exigences de qualité pour l'eau potable et les eaux usées, la consommation énergétique augmente pour satisfaire le fonctionnement de filières de plus en plus perfectionnées (Portero, 2010).

Bien que la priorité absolue soit le traitement optimal de l'eau potable et des effluents urbains rejetés dans le milieu, la question de l'économie d'énergie devient un sujet d'intérêt pour les collectivités et sociétés privées en charge des services de l'eau. Les enjeux sont multiples, ils résident, bien sûr, dans la réduction des dépenses, mais également dans la diminution des impacts environnementaux liés à la consommation d'énergies fossiles et dans l'image de « développement durable » que souhaitent donner les collectivités d'elles-mêmes. A cela s'ajoute l'enjeu social et politique, c'est-à-dire la maîtrise des dépenses énergétiques pour lutter contre leurs répercussions sur le prix facturé à l'abonné.

Ainsi, l'investissement par les collectivités dans les énergies renouvelables semble être une solution économiquement viable, soutenue par le gouvernement et promue par les fabricants de procédés énergies renouvelables. Quelles sont les conditions et les opportunités d'investissement ? Quels avantages apportent-elles d'un point de vue économique, écologique, en termes d'image ? Quelles sont les contraintes techniques et réglementaires liées à l'utilisation de ces énergies ? La suite de cette synthèse développe ces aspects pour les énergies solaires, éoliennes et le biogaz.

ANALYSE DE LA SITUATION

LES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE L'ASSAINISSEMENT

L'impéiosité d'avoir une bonne qualité de l'eau potable et des eaux usées rejetées au milieu naturel implique leur traitement via des filières énergivores. Dans les stations d'épuration, pour des systèmes intensifs (les plus courant dans les agglomérations de taille moyenne à grande), la dépense principale est liée à l'aération des bassins de boues activées et au fonctionnement des pompes (soit environ 80% du total, comme le montre la Figure 2 ci-dessous). L'énergie consommée par mètre cube traité est généralement d'autant plus importante que le système est compact, le niveau de traitement requis poussé et l'installation sous-chargée.

A contrario, la consommation énergétique est pratiquement nulle pour les systèmes extensifs tels que les filtres plantés de roseaux ou les lagunages naturels, principalement mis en place dans les petites collectivités, puisque cette filière s'affranchit des contraintes d'aération, de centrifugation des boues et de pompage (excepté pour l'arrivée en station) (Heduit et Tabuchi, 2012).

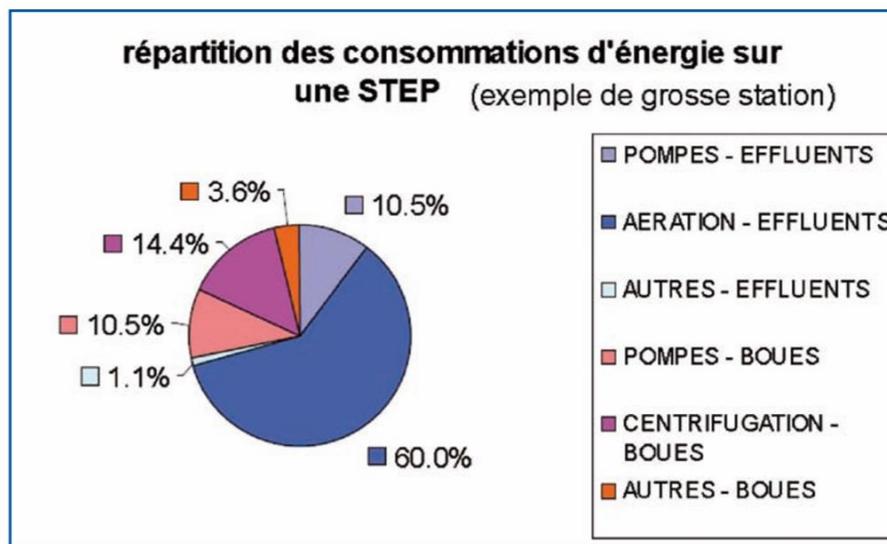


Figure 2 : Répartition des consommations électriques sur une station d'épuration de taille importante

Source : (Kessler et Raymond, 2009)

Pour donner un ordre de grandeur, avec l'exemple d'une station d'épuration à boues activées (procédé le plus répandu en France), considérant une charge polluante par équivalent habitant (EH) de 60 g de DBO₅/jour, une consommation pour le traitement de 2,5 kWh/kg de DBO₅ traitée et pour le transport, on aboutit à un ordre de grandeur de **60 kWh EH₆₀/an d'énergie électrique pour le transport et l'épuration des eaux usées** à la charge nominale de la station d'épuration (Heduit et Tabuchi, 2012).

LES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE L'EAU POTABLE

Les systèmes d'alimentation en eau potable consomment la majeure partie de l'électricité pour le fonctionnement des pompes. C'est le cas pour le Syndicat des Eaux d'Ile-de-France (SEDIF, cf Figure 3 ci-contre), qui assure la production et la distribution de l'eau potable pour 149 communes, soit environ 800 000 m³ d'eau/jour. Le fonctionnement de l'ensemble des pompes des usines du SEDIF a consommé 193.6 GWh en 2013 (SEDIF, 2014).

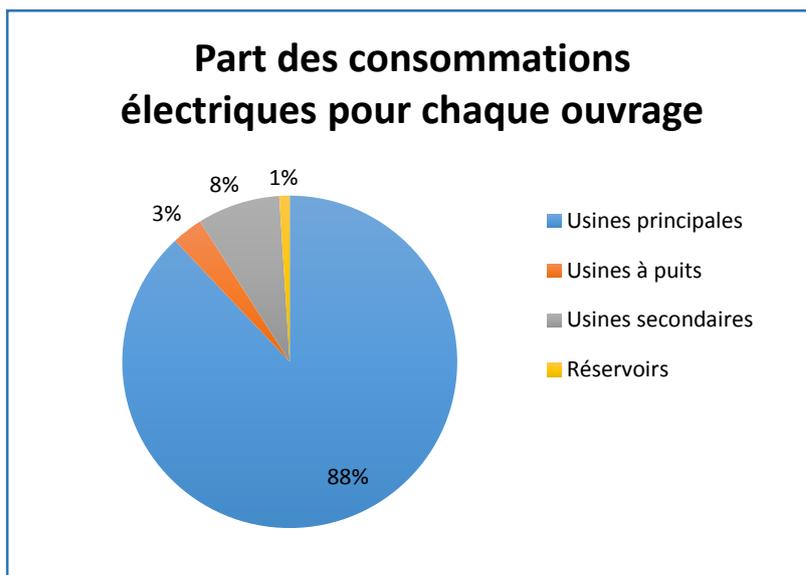


Figure 3 : Répartition des consommations électriques du système d'alimentation en eau potable d'Ile-de-France

Source : (Lang et al., 2013)

Deux leviers permettent d'agir sur l'optimisation énergétique des usines de potabilisation et de traitement des eaux usées. D'une part, on peut obtenir une réduction de la consommation énergétique en assurant l'efficacité maximale des filières grâce à l'optimisation de l'exploitation. Il est possible, par exemple, de réaliser des économies d'énergie au niveau des pompages en installant des variateurs de fréquence (Heduit et Tabuchi, 2012). D'autre part, on peut envisager le recours aux énergies alternatives, à savoir, les énergies renouvelables directement créées sur site.

LES ENERGIES RENOUVELABLES AU SERVICE DES USINES DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE ET DE L'ASSAINISSEMENT

LE SOLAIRE

La part de l'énergie photovoltaïque produite sur site dans le domaine de l'eau et de l'assainissement est négligeable (Portero, 2014). Deux issues peuvent être envisagées pour l'énergie solaire : la revente de l'électricité produite ou bien l'autoconsommation.

Conditions de revente de l'électricité

En application de l'arrêté du 4 mars 2011 modifié, le tarif d'achat applicable à l'installation est fonction à la fois de la puissance crête de l'installation et de la puissance crête de l'ensemble des autres installations utilisant l'énergie radiative du soleil raccordées ou en projet sur le même bâtiment ou la même parcelle cadastrale. C'est la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) qui fixe les conditions de rachat d'électricité par EDF.

EDF est obligé de racheter l'électricité d'origine photovoltaïque pour des installations inférieures ou égales à 100 kWc (Portero, 2014). Au-delà, le producteur doit monter un appel d'offre pour la vente de son électricité. Pour les projets dont la demande de raccordement est antérieure au 1er juillet 2011 : **le prix de rachat est compris entre 12 et 46 c€/kWh en fonction de la nature et de la puissance de l'installation, de l'usage du bâtiment concerné** (EDF, 2013). Ce tarif est à comparer avec le prix d'achat direct d'électricité à EDF, de l'ordre de 10 c€/kWh.

Avantages et limites

Si le développement initial des panneaux solaires, motivé par une politique de rachat généreuse, a connu un engouement général, l'investissement dans la production d'énergie solaire est beaucoup plus modéré compte tenu de la dégressivité des tarifs de revente. De 60 c€/kWh pour les contrats signés avant fin 2011, le prix passe à 27 c€/kWh fin 2014.

Le Tableau 1 ci-dessous donne l'évolution les tarifs de rachat de l'électricité d'origine photovoltaïque depuis début 2013. En deux ans, le prix du kWh a perdu en moyenne 4,5 cts d'euros.

Type de tarif	Type de l'installation et puissance totale	01/02/13 au 31/03/13	01/04/13 au 30/06/13	01/07/13 au 30/09/13	01/10/13 au 31/12/13	01/01/14 au 31/03/14	01/04/14 au 30/06/14	01/07/14 au 30/09/14	01/10/14 au 31/12/14
Tarif dit T1	Intégration au bâti (IAB) [0-9 kWc]	31,59	30,77	29,69	29,10	28,51	27,94	27,38	26,97
Tarif dit T4	[0-36 kWc]	18,17	16,81	15,21	14,54	14,54	14,16	13,95	13,74
	Intégration simplifiée au bâti (ISB) [36-100 kWc]	17,27	15,97	14,45	13,81	13,81	13,45	13,25	13,05
Tarif dit T5	Autres installations [0-12 MW]	8,18	7,96	7,76	7,55	7,36	7,17	6,98	6,80

Tableau 1 : Evolution du prix de rachat de l'électricité d'origine photovoltaïque depuis 2013 (en c€/kWh)

Source : photovoltaïque.info, 2013

La notion d'intégration au bâti intervient également dans les modalités de rachat. En effet, à puissance égale, l'énergie issue d'une installation intégrée au bâti (c'est à dire que les panneaux solaires constituent la toiture) est rachetée en moyenne deux fois plus chère que pour une installation simplifiée (panneaux posés sur la toiture). L'intérêt de l'intégration des panneaux solaires à la toiture dès la conception/construction des bâtiments est donc particulièrement pertinent.

Conclusions et perspectives de l'énergie solaire

Les tarifs de rachats d'électricité photovoltaïque étaient particulièrement intéressants avant 2011 (d'autant plus que les contrats sont fixés pour 20 ans) : achat 10 c€/kWh pour une revente à 60 c€/kWh, soit un gain brut de 50 c€/kWh pour le producteur. Aujourd'hui, le prix de rachat est divisé par trois, ce qui multiplie d'autant le temps de retour sur investissement à installation égale.

De plus, compte tenu de la dépense énergétique des stations d'épuration et de potabilisation, l'énergie photovoltaïque in situ seule ne peut pas couvrir les besoins (Heduit et Tabuchi, 2012). En effet, si l'on considère une consommation moyenne de 60 kWh EH₆₀/an¹ pour le traitement des effluents et **une production théorique** de 100 kWh/an pour 1m² de panneau solaire², il faudrait environ 0,6 m² de panneaux solaires par équivalent habitant pour couvrir la totalité

¹ cf. paragraphe « Les consommations énergétiques de l'assainissement »

² EDF, 2012. : <http://www.edfener.com/faq-sur-le-photovoltaïque>

des besoins énergétiques d'une Step. Soit près de 120 000 m² pour une ville moyenne de 200 000 habitants ! Ce calcul est sous-estimé car **la production réelle** du panneau solaire dépend de l'ensoleillement et de l'inclinaison du panneau et est inférieure à la production théorique. Aussi, certaines stations d'épuration font le choix d'investir dans des surfaces plus importantes panneaux solaires hors du site (comme par exemple la Step de Golsar, en Allemagne) (Portero, 2010).

Reste enfin la question parfois controversée de la déconstruction et du devenir des panneaux à la fin de leur durée de fonctionnement. La première génération de panneaux ne sera déposée que d'ici une dizaine d'année.

L'ÉOLIEN

Les éoliennes transforment l'énergie mécanique du vent en énergie électrique, soit pour être injectée dans un réseau de distribution, soit pour les besoins propres de la station.

Afin de développer la filière éolienne, l'Etat a mis en place depuis 2000 un dispositif incitatif d'obligation d'achat. Ainsi, EDF ou des entreprises locales de distribution doivent acheter l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne aux exploitants qui en font la demande, à un tarif d'achat fixé par arrêté. Le surcoût occasionné pour ces acheteurs obligés leur est compensé et est répercuté sur les clients finaux par une contribution proportionnelle à l'électricité qu'ils consomment (CSPE) (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014c).

L'arrêté du 17 juin 2014 fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent implantées à terre. Les contrats sont souscrits pour 15 ans, le tarif a été fixé en 2008 à 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites. Ce tarif est actualisé chaque année en fonction d'un indice des coûts horaires du travail et d'un indice des prix à la production (EDF, 2013)

Contraintes techniques et réglementaires de l'implantation d'éolienne

Pour les éoliennes dont la hauteur est inférieure ou égale à 12 mètres, il est nécessaire d'établir une déclaration de travaux comme le précise l'article L 422-2 du Code de l'urbanisme. Le site d'implantation des éoliennes est également réglementé : interdiction à moins de 400m des habitations (500m en Ile-de-France), 100m des routes, voies ferrées, lignes électriques (Eolissima, 2014).

D'autre part, une éolienne doit avoir une puissance au moins égale à 500 kW pour être rentable. Elle commence à produire 10% de sa capacité pour une vitesse égale à 5 m/s (soit 18 km/h) (Portero, 2014).

Conclusions et perspectives

Il est techniquement et réglementairement impossible d'envisager une éolienne à mat sur une station d'épuration ou de potabilisation. Tout comme pour le solaire, la production d'énergie éolienne au droit de l'usine ne peut pas couvrir les besoins des stations d'épuration et potabilisation, sauf si on tient compte de partenariat avec des parcs éoliens. Car une éolienne d'une puissance de 2 MW peut assurer la production moyenne de 4 000 MWh sur un an (en admettant un fonctionnement à pleine puissance de 2 000 h/an), soit l'équivalent de la consommation énergétique pour le traitement des effluents de 65 000 EH (considérant une consommation moyenne de 60 kWh EH₆₀/an³).

³ cf. paragraphe « Les consommations énergétiques de l'assainissement »

LE BIOGAZ

Le processus de fabrication du biogaz fait appel à des bactéries méthanogènes, qui vivent en absence d'oxygène et dégradent de la matière organique (de boues de Step ou de lisiers, par exemple) en milieu clos (sans oxygène). Cette digestion anaérobie par les bactéries produit un dégagement gazeux (le biogaz) constitué principalement de méthane et de gaz carbonique (Breton, 2014).

La réduction de la quantité de matières sèches est le principal avantage de la méthanisation. En effet, la diminution des matières sèches pouvant aller de 15 à 40 %, selon les substrats, est un argument majeur dans le choix de cette technologie.

Les filières de valorisation du biogaz sont multiples (Breton, 2014 ; Portero, 2014) :

1- **L'autoconsommation** : dans ce cas, la chaleur produite par le brûlage du biogaz est utilisée pour chauffer les digesteurs. Le bénéfice de ce procédé réside dans la réduction du volume des boues. Reste la question des digestats qui peuvent être valorisés en amendements agricoles.

2- **Surproduction de biogaz** :

a. Si le surplus de production est faible, le biogaz n'est pas valorisé, il est brûlé en torchère (c'est-à-dire que le méthane est transformé en gaz carbonique et en eau puis relâché dans l'atmosphère). Cette solution n'est avantageuse ni d'un point de vue économique (le surplus est perdu), ni d'un point de vue environnemental dans la mesure où cela rejette du CO₂ dans l'atmosphère.

b. Si le surplus de production est suffisant, le biogaz peut être valorisé par cogénération (électricité et chaleur). Une estimation du potentiel énergétique de cette filière conduit à une fourchette de 55 à 60 kWh EH₆₀/an. Un système de cogénération peut donc produire (sous l'hypothèse d'un rendement global de 80 %) de l'ordre de 17 kWh EH₆₀/an d'énergie électrique (avec un rendement de 30 %) et de 30 kWh EH₆₀/an d'énergie calorifique (avec un rendement de 50 %) dont l'essentiel sert au chauffage/brassage du digesteur. La chaleur excédentaire produite peut être utilisée pour accroître la siccité des boues déshydratées en vue d'atteindre leur auto-combustibilité ou pour un séchage poussé, ou encore valorisée sur un réseau de chaleur urbain ou en chauffage de locaux (Heduit et Tabuchi, 2012 ; Tabuchi, 2014).

3- **L'injection dans le réseau de gaz naturel**, filière récente :

Trois textes réglementaires publiés au Journal officiel du 26 juin 2014 viennent modifier le cadre réglementaire établi en novembre 2011 et encadrent l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel. Ils modifient la réglementation en vigueur de telle sorte que le biogaz produit en station d'épuration peut être injecté dans le réseau après traitement et enrichissement.

Deux pionniers de la filière injection de biogaz avaient anticipé cette nouvelle réglementation en amorçant les travaux de mise en place de la filière sur leurs stations d'épuration. D'une part, le programme lancé en 2012 par la Communauté urbaine de Strasbourg sur la station de Wantzenau vise, à terme, l'injection de 1,6 million de m³/an de biométhane, soit l'équivalent de la consommation de 5 000 logements BBC (Laperche, 2014). D'autre part, la station d'épuration Aquapôle à Grenoble, qui traite environ 230 000 m³ d'eau/jour, a lancé un

programme de modernisation dans lequel elle prévoit de faire de la méthanisation et d'injecter le biogaz dans le réseau de gaz naturel. A terme, 10 000 m³ de biogaz seront produits par jour, soit 17 GWh / an, ce qui représente la consommation énergétique d'environ 2 500 foyers (Grenoble-Alpes Métropole, 2014). Pour donner un ordre de grandeur, considérant un apport de 150 litres par équivalent habitant et par jour, ainsi qu'une consommation moyenne de 60 kWh EH₆₀/an⁴, la consommation totale pour le traitement des effluents de cette station est estimée à 92 GWh. L'injection du biogaz couvrira environ 20% des consommations.

Les tarifs d'achat du biométhane injecté sont compris entre 6,4 et 9,5 c€/ kWh, selon la taille de l'installation. A ce prix peut s'ajouter une prime qui est fonction des matières traitées par méthanisation, soit 0,1 à 3,9 c€/ kWh pour les boues d'épuration (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014d).

Avantages et contraintes de la méthanisation

Les avantages et contraintes techniques de la mise en place d'une filière de méthanisation sont présentés dans le Tableau 2 ci-dessous. S'y ajoutent des contraintes réglementaires, par exemple, concernant l'incinération en Step. Pour assurer la revente de l'électricité issue de l'incinération à EDF (ou un autre acheteur), il faut avoir un rendement thermique supérieur à 60%. Il s'agit d'un système vertueux qui oblige à un rendement minimum (Tabuchi, 2014).

Par exemple, une turbine à vapeur placée sur la sortie des chaudières, en bon fonctionnement a un rendement de 30%. Ceci n'est pas suffisant pour les 60% nécessaires à l'autorisation de rachat. Il faut donc compléter avec de la valorisation chaleur en cogénération (Tabuchi, 2014).

Avantages	Contraintes
Réduction de la production de boues	Coût d'investissement
Stabilisation, hygiénisation des boues	Contraintes et coûts d'exploitation
Réduction des odeurs	Risques d'explosion (règles de sécurité)
Production d'énergie renouvelable et stockable	Diminution du % MV, du pouvoir calorifique
Réduction des émissions de CO ₂	Sécheresse requise pour l'auto-combustion en hausse dans le cas d'une incinération des boues digérées
Incitation financière vente électricité renouvelable	Emprise au sol supplémentaire
Réduction de la charge organique à traiter biologiquement (décantation primaire)	Retours d'azote ammoniacal en tête
	Carence de carbone pour dénitrification

Tableau 2 : Avantage et inconvénients de la méthanisation

Source (Heduit et Tabuchi, 2012)

Ainsi, le choix et la rentabilité d'un projet de méthanisation doivent être étudiés au cas par cas car il faut prendre en compte les aspects environnementaux, économiques et sociaux.

Les projets territoriaux de méthanisation combinée

La co-digestion (ou méthanisation combinée) consiste à digérer dans un même ouvrage des boues d'épuration et d'autres déchets ou sous-produits fermentescibles : par exemple des biodéchets municipaux (déchets fermentescibles des ménages triés, lisiers issus de l'élevage).

⁴ cf. paragraphe « Les consommations énergétiques de l'assainissement »

C'est une autre voie de traitement des boues d'épuration, encore peu exploitée en France, qui consiste à évaluer le potentiel méthanogène d'une zone géographique donnée, afin de mettre en place une usine de méthanisation à un emplacement stratégique.

L'implantation du projet dépend de plusieurs conditions :

- **le gisement et la qualité des matières organiques valorisable en biogaz** (boues d'épuration, graisses, lisiers, déchets industriels). Bien que leur potentiel méthanogène soit relativement faible, les boues d'épuration ont l'avantage d'offrir un volume et une charge organique stables dans le temps (Berger 2014 ; Portero, 2014). De plus, l'adjonction régulière et contrôlée aux boues de déchets organiques exogènes (déchets agricoles, graisses) permet d'accroître la production de biogaz, et donc la part d'énergie renouvelable disponible (Heduit et Tabuchi, 2012).
- **le contexte énergétique local**, c'est-à-dire la distance du projet au réseau de gaz naturel, **l'adéquation entre les besoins de chaleur/énergie et la production** ainsi que la distance des différents substrats à valoriser. En effet, les dépenses de transport des substrats à l'usine ne doivent pas être supérieures à l'équivalent de 20% de l'énergie produite. La distance limite est fonction du potentiel méthanogène du substrat mais est estimée entre 10 et 20 km (Berger, 2014).
- **la valorisation des digestats** : elle est liée au contexte énergétique local, il s'agit d'identifier les besoins des agriculteurs, la proximité de grandes cultures et les possibles plans d'épandage du fournisseur.

La méthanisation territoriale permet à la station d'épuration de s'affranchir en totalité du traitement des boues, vendues directement à l'usine de méthanisation. Néanmoins, il n'existe pas en France de station d'épuration intégrant un projet de méthanisation territoriale. Cette dernière concerne surtout les agriculteurs.

L'AUTOSUFFISANCE ENERGETIQUE EST-ELLE POSSIBLE ?

Il n'existe pas d'exemple de station autosuffisante en France mais certaines usines sont largement optimisées. Quelques exemples représentatifs de différentes filières sont donnés ci-dessous.

Solaire

Inaugurée en 2012, la station d'épuration Aquaviva à Cannes, d'une capacité de 300 000 EH, utilise l'énergie photovoltaïque pour diminuer ses coûts énergétiques. La mise en place de 4 000 m² de panneaux solaires, couplée, entre autres, à une réutilisation des eaux usées traitées et à une récupération de chaleur permet d'aboutir à une station « carboneutre » (compensation de l'émission des gaz à effet de serre) (Suez Environnement, 2014).

Eolien

L'usine de dessalement de Perth en Australie produit jusqu'à 144 000 m³ d'eau par jour. Elle tire 100% de ses besoins énergétiques d'un champ d'éoliennes situé à 200 km, grâce à la mise en place d'un partenariat. (Suez Environnement, 2014)

Biogaz

La co-digestion de bio-déchets, encore timide en France, a fait ses preuves à l'étranger. Par exemple, sur la Step de Pest-South (République Tchèque), la co-digestion a permis de multiplier la production de biogaz par trois, tandis que sur la Step de Gera (Allemagne), la production d'électricité est passée de 1,8 à 2,7 GWh par an. (Boughriet, 2011)

La Step de Pilsen, à Prague, a développé une autre solution : le passage d'une digestion mésophile (37°C) en digestion thermophile (55°C), ce qui a permis d'accroître les productions de biogaz et d'électricité de 30%. Couplé à l'amélioration du rendement des différents organes hydrauliques, la station atteint « un niveau d'autosuffisance énergétique de 80-90% » selon Pavel Chuboda, de Véolia (Boughriet, 2011).

L'optimisation par la modulation des consommations : deux exemples d'effacement énergétique

Déjà bénéficiaires du tarif heures pleines/heures creuses, les exploitants pourront bientôt adapter leurs consommations afin d'en réduire voire d'en effacer les coûts. En 2009, l'ADEME a lancé le programme Réflexe (réponse de flexibilité électrique) dont l'objectif est d'identifier les potentiels de flexibilité d'infrastructures consommatrices du secteur tertiaire. De fait, cette étude démontre que « les services d'eau et d'assainissement peuvent soulager le réseau par la modulation, le report ou l'arrêt de certaines tâches, sans conséquences sur les performances de dépollution et la continuité de distribution » (Véolia, 2013; Humbert, 2014).

L'ADEME s'intéresse à la région PACA, en raison de la fragilité de son réseau électrique actuel, et présente dans son rapport les principes de flexibilité énergétique adaptables sur la station d'épuration à boues activées Trans-Druguignan et le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Nice.

Concrètement, les deux bassins d'orage, en entrée de la station d'épuration, pourraient être utilisés pour stocker temporairement les effluents afin d'en différer le traitement, réduisant ainsi l'appel de puissance de quelques mégawatts. Le traitement différé constitue un moyen de réduire la facture sans toutefois diminuer la consommation d'énergie électrique (Heduit et Tabuchi, 2012 ; Humbert, 2014).

Concernant l'alimentation en eau potable, la supervision du système par des capteurs de mesures, couplée à des prévisions de consommation électrique des équipements permettraient d'anticiper au pas de temps horaire la demande électrique et déterminer les possibilités d'effacement (Humbert, 2014).

En Bretagne, EDF développe ENBRIN⁵, un programme d'innovation et de performance énergétique, pour les années 2010-2015, qui vise à encourager les économies d'énergie en Bretagne afin de contribuer à la sécurisation de l'alimentation électrique de la région.

En partenariat avec Véolia, l'expérience fait l'objet de tests grandeur nature « d'effacement » dans deux stations d'épuration (Cesson Sévigné et Saint-Malo – 35) et deux usines d'eau potable (barrage de Rophemel – 22 – et Muzillac – 56). Cette expérimentation permet d'abaisser la puissance appelée de 1600 kW sur les quatre sites retenus, soit l'équivalent de la puissance moyenne nécessaire pour alimenter 2000 foyers en simultané (EDF, 2011).

Ce principe d'effacement électrique peut même générer des gains pour les services d'eau potable ou d'assainissement équipés d'un système de production d'énergie renouvelable. En effet, l'utilisation locale d'électricité renouvelable ou sa revente pendant les heures de pointe permettent respectivement d'assurer l'alimentation en électricité pour les impondérables et/ou de générer des bénéfices en revendant au prix « heures pleines » l'électricité d'origine renouvelable à EDF.

⁵ ENBRIN : Energie Bretagne Innovation

Ainsi l'effacement électrique cumule les avantages : les exploitants peuvent optimiser leur facture énergétique et ce procédé s'inscrit dans la démarche de réduction des émissions de gaz à effet de serre. En France, les stations d'épuration et des usines de traitement d'eau potable représentent un gisement important, qui nécessite un audit énergétique mené sur l'ensemble des usines, pour l'optimisation et la modulation de leurs consommations.

CONCLUSION

Face à une demande énergétique croissante dans le domaine de l'eau et de l'assainissement, industriels et politiques ont été amenés à promouvoir des innovations et des méthodes alternatives de production et de consommation, afin d'assurer l'alimentation électrique sans augmenter considérablement les coûts. Les réponses pour l'économie d'énergie sont variées, et les énergies renouvelables ne sont qu'une mince partie des solutions permettant d'assurer l'alimentation électrique.

Solaire et éolien implantés sur site ne peuvent pas constituer une production d'électricité significative au regard des besoins à couvrir. En revanche, l'investissement dans des parcs éoliens ou photovoltaïques ex-situ peut être une solution pour couvrir une plus grande partie de leurs consommations par des énergies renouvelables.

La rentabilité de la filière biogaz dépend principalement de la capacité de la station d'épuration et de son mode de traitement des effluents. Le choix de la mise en place de la digestion des boues et le moyen de valoriser le biogaz sont fonction des contraintes techniques, économiques et sociales, qui prennent en compte le contexte local.

Il n'existe pas de solution « clé-en-main », applicable à toutes les stations. Néanmoins, il faut tendre vers un mix énergétique afin d'optimiser les coûts de fonctionnement des services d'exploitation d'eau potable et assainissement. En effet, les meilleurs exemples de diminution des consommations électriques (voire d'autosuffisance énergétique) sont des stations d'épuration ou d'eau potable qui ont fait le choix d'agir à plusieurs niveaux dans la filière de traitement. Amélioration du rendement du matériel, formation du personnel, modulation des consommations et recours aux énergies alternatives ne vont pas l'un sans l'autre dans la gestion optimisée et maîtrisée des consommations énergétiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Berger S., 2014. *La méthanisation des boues urbaines*. Toulouse, Solagro, 52 p.
- Boughriet R., 2011. *Vers l'autonomie énergétique des stations d'épuration*. Actu-Environnement. Disponible sur Internet : <http://www.actu-environnement.com/ae/news/station-epuration-energie-methanisation-boues-procedes>, [Consulté le 12/11/2014]
- Breton F., 2014. Méthanisation : le futur des stations d'épuration ?. *L'Eau, l'industrie, les nuisances*, 369, pp. 53-76.
- EDF, 2011. *Première en Bretagne : EDF et Veolia Eau Centre Ouest expérimentent l'effacement industriel*. Bretagne, EDF, 4 p. [Diffusé le 31/01/2011]
- EDF, 2013. *Contrats et tarifs d'achat*. Disponible sur Internet : <http://fr.edf.com/obligation-d-achat>, [Consulté le 06/12/2014]
- Enercoop, 2014. *Vendre sa production à Enercoop*. Disponible sur Internet : <http://www.enercoop.fr/production>, [Consulté le 06/12/2014]
- Eolissima, 2014. *La législation sur l'implantation d'un parc éolien en France*. Disponible sur Internet : <http://www.eolissima.fr>, [Consulté le 08/12/2014]
- Grenoble-Alpes Métropole, 2014. *Aquapole : valoriser les eaux usées pour chauffer les habitants*. Disponible sur Internet : <http://www.lametro.fr/station-epuration-aquapole>, [Consulté le 16/01/2015]
- Heduit A., Tabuchi J.-P., 2012. *Vers une plus grande autonomie énergétique des stations d'épuration ?*. Disponible sur Internet : <http://www.set-revue.fr/vers-une-plus-grande-autonomie-energetique-des-stations-d-epuration>, [Consulté le 12/11/2014]
- Humbert D., 2014. Nice expérimente l'effacement électrique. *Hydroplus*, 225, pp. 20-21.
- Kessler P., Raymond M., 2009. Ouvrages: optimiser les coûts. Réduire les coûts d'exploitation des stations d'épuration. *L'Eau, l'industrie, les nuisances*, 326, pp. 125-128.
- Lang A., Guery B., Ferrari J.-P., Habart M., 2013. Maîtriser l'énergie dans les ouvrages de production d'eau potable. Diagnostic pour la réduction des consommations et le recours aux renouvelables au Syndicat des eaux d'Île-de-France. *Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural*, 5, pp. 41-54.
- Laperche D., 2014. *L'injection de biométhane issu de station d'épuration se concrétise*. Actu-Environnement. Disponible sur Internet : <http://www.actu-environnement.com/ae/news/injection-biomethane-step-eaux-usees-strasbourg>, [Consulté le 15/01/2015]
- La Tribune, 2014. *La France consomme de plus en plus d'énergies renouvelables*. Disponible sur Internet : <http://www.latribune.fr/actualites/economie/france>, [Consulté le 05/12/2014]
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014a. *Energies renouvelables*. Disponible sur Internet : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/r/energies-renouvelables>, [Consulté le 06/12/2014]

- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014b. *Politique de développement des énergies renouvelables en France*. Disponible sur Internet : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Politique-de-developpement>, [Consulté le 15/01/2015]
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014c. *Eolien à terre, tarifs d'achat*. Disponible sur Internet : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Tarifs-d-achat>, [Consulté le 06/12/2014]
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014d. *Pour l'injection dans les réseaux de gaz naturel : un tarif d'achat du biométhane injecté*. Disponible sur Internet : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Pour-l-injection-dans-les-reseaux>, [Consulté le 15/01/2015]
- Photovoltaïque.info, 2013. Tarif d'achat. Disponible sur Internet : <http://www.photovoltaique.info/Aujourd-hui-arrete-du-4-mars-2011>, [Consulté le 06/12/2014]
- Portero B., 2010. Les énergies renouvelables au service des stations de traitement des eaux. *Environnement et technique*, 296, pp. 33-38.
- SEDIF, 2014. *La production de l'eau*. Disponible sur internet : <http://www.sedif.com>, [Consulté le 15/01/2015]
- Suez Environnement, 2014. *Traitement des eaux et efficacité énergétique*. eMag de Suez Environnement. Disponible sur Internet : <http://www.emag.suez-environnement.com>, [Consulté le 07/12/2014]
- Véolia, 2013. *Veolia Environnement - Le projet REFLEXE*. Disponible sur Internet : <http://www.smartgrid-reflexe.com/fr/projet-reflexe>, [Consulté le 07/12/2014]

ENTRETIENS TELEPHONIQUES :

- Portero B., 2014. Expert de la thématique « Economies et production d'énergies alternatives dans le domaine de l'eau et de l'assainissement" à l'Office International de l'Eau. Entretien téléphonique le 04/12/2014.
- Tabuchi J.-P., 2014. Chargé de mission assainissement au Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne. Entretien téléphonique le 15/12/2014.



648 rue Jean-François Breton – BP 44494
34093 MONPELLIER CEDEX 5

Tél. : (33) 4 67 04 71 00

Fax. : (33) 4 67 04 71 01

www.agroparistech.fr



*Office
International
de l'Eau*

15 rue Edouard Chamberland
87065 Limoges Cedex

Tél. (33) 5 55 11 47 80

Fax. (33) 5 55 11 47 48

www.oieau.org