


RAPPORT INTERMEDIAIRE

MUSES

Pour : Agence de l'eau Adour Garonne

Contact Solagro : Sylvaine BERGER - RUIZ

Sylvaine.berger@solagro.asso.fr – tel. : 05 67 69 69 08

	<p><i>Logo Partenaire</i></p>	<p><i>Logo Partenaire</i></p>	<p><i>Logo Partenaire</i></p>		<p><i>Logo Commanditaire</i></p>
---	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--	--------------------------------------

1	Introduction	5
2	Etat des lieux	6
2.1	Organisation des services de l'eau et de l'assainissement en France	6
2.1.1	La réglementation	6
2.1.2	Fonctionnement des services d'assainissements	7
2.1.3	Les volumes traités : le poids des entreprises de l'eau	9
2.2	Réglementation sur la valorisation agricole	10
2.2.1	Statut de l'urine	10
2.2.2	Valorisation agricole	11
2.3	Le modèle économique des services de l'eau en France	14
2.3.1	Le prix total des services de l'eau	14
2.3.2	Prix moyen du service d'assainissement collectif	16
2.3.3	Le financement des services d'eau et d'assainissement :	16
3	Verrous et leviers	17
3.1	Les verrouillages d'un système d'assainissement centralisé	17
3.2	Faire évoluer le cadre législatif	18
3.3	Les freins socio-organisationnels : établir une nouvelle gouvernance	19
3.4	Les freins technico-économiques : explorer les modèles	20
3.5	Les opportunités pour le changement	20
3.6	La pérennité du modèle de financement en question	21
4	Réflexions sur les modèles économiques des cas-types développés dans MUSES	23
4.1	Analyse bibliographique	23
4.2	Analyse macro-économique	24
4.3	Analyse qualitative et identification des problématiques	31
5	Annexe : Séminaire « la séparation des effluents à la source : l'assainissement du futur ? »	35
5.1	Synthèse	35
5.2	Liste des participants	36
6	Bibliographie	40

TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs fertilisantes des urino-fertilisants	13
Tableau 2 : Prix unitaires des consommables	25
Tableau 3 : Prix unitaires des recettes.....	25
Tableau 4 : Matrice des surcoûts des nouvelles filières par rapport à la solution de référence pour les CAPEX, unités de réseaux ainsi que la main d'œuvre	25
Tableau 5 : Données CAPEX et OPEX pour une STEP de référence, ville de 100 000 habitants (source CGEDD 2016)	26
Tableau 6 : Coûts d'exploitation hors main d'œuvre et hors maintenance du réseau existant pour les 4 scénarios étudiés.....	26
Tableau 7 : Recettes (vente de fertilisants, vente de chaleur et vente d'électricité cogénérée et vente d'eau REUSE) pour les 4 scénarios étudiés	27
Tableau 8 : Comparaison STEU existante / cas-types nouvelles filières sur les CAPEX, OPEX et recettes	31
Tableau 9 : Comparaison STEU existante / cas-types nouvelle filière sur les critères d'organisation et de contraintes d'implantation et les recettes potentielles (valorisation des fertilisants, énergies et eaux grises)	32
Tableau 10 : Identification des problématiques sur les différentes étapes de la nouvelle filière	34

FIGURES

Figure 1 : Les acteurs de la gestion de l'eau et de l'assainissement en France (Rapport CGEDD n° 010151-01, 2016).....	7
Figure 2 : Nombre d'habitants et gestion des stations, en régie et en DSP (Source : SISPEA 2014).....	8
Figure 3 : Encadrement juridique des MAFOR	11
Figure 4 : Présentation simplifiée des charges de service intégrant les aides et redevances, celle pour la pollution étant imputée sur l'assainissement. (ville type de 1000 000 habitants)...	15
Figure 5 : Évolution comparée des prélèvements des services publics d'eau et d'assainissement (SPEA) et de la population, d'après INSEE et SOeS, données réunies dans BIPE et FP2E, 2015 (Source : Rapport CGEDD n° 010151-01, 2016)	21
Figure 6 : Scénarios étudiés.....	24
Figure 7 : Coûts d'exploitation hors main d'œuvre et hors maintenance du réseau existant pour les 4 scénarios étudiés.....	27
Figure 8 : Recettes (ventes de fertilisants, vente de chaleur et vente d'électricité cogénérée) pour les 4 scénarios étudiés.....	28
Figure 9 : Charges d'exploitation et recettes des différents scénarios étudiés	28
Figure 10 : Coûts de traitement pour les 4 scénarios étudiés	29
Figure 11 : Résultats de l'analyse de sensibilité sur 3 paramètres.....	29
Figure 12 : Montant annuel lié au traitement des eaux usées, à l'achat d'eau potable et d'eau REUSE pour le quartier modélisé selon les 4 scénarios étudiés.....	30
Figure 13 : Comparaison des 3 cas-types sur des critères économiques, d'organisation et de contraintes d'implantation, et les recettes potentielles vis-à-vis de la STEU existante	32

1 INTRODUCTION

La mise en œuvre de la séparation à la source des effluents urbains, quelque soit l'échelle à laquelle elle est appliquée, entraînera des changements dans le paysage de l'assainissement. En effet, la mise en œuvre des nouvelles filières passera par un changement *systémique* en comparaison à une optimisation unique du système conventionnel. (Zimmerman, 2018). Pour cela, il est nécessaire que les nouvelles parties prenantes soient associées à l'élaboration de nouveaux modes de gouvernance, adaptés aux contextes et jeux d'acteurs locaux. La concertation et la coordination des acteurs doivent donc être au cœur de l'élaboration et la mise en place de systèmes alternatifs (Ebert et al. 2019).

Ces conseils provenant des acteurs des pays nordiques, déjà avancés sur la question de la séparation à la source des effluents, ont été suivis dans le cadre du programme MUSES avec la mise en œuvre d'un Comité de suivi des acteurs et l'organisation du 1^{er} séminaire sur la thématique, « La séparation des effluents à la source : l'assainissement du futur ? » qui s'est tenu à l'Agence de l'Eau Adour Garonne le 27/11/2018. Les échanges riches et nombreux ont été l'occasion de cerner les enjeux :

- La multiplicité des options apporte de la complexité
- La nécessité d'un modèle économique clair et de la coordination des acteurs, avec notamment l'intégration des aménageurs dans la réflexion (co-design)
- La question de la prise en charge et de la limite de ce qui ressort du domaine public et privé
- La crise de légitimité des acteurs en place
- La déconnexion des humains avec leurs matérialités mais leur nécessaire implication pour changer les modes opératoires
- Nécessité d'identifier la plus-value pour les usagers et mettre en forme l'expérience quotidienne et les enjeux globaux à l'instar de ce qui est réalisé avec le déchet (tri à la source) et pouvoir sortir cette thématique du champ de l'invisibilité (tout à l'égout).

Fort de ces questionnements, afin de pouvoir avancer sur la mise en œuvre des nouvelles filières, il apparaît intéressant de dresser tout d'abord le constat de l'existant et de le partager aux acteurs. Ainsi ce rapport dresse l'état des lieux de l'assainissement en France (organisation, réglementation, financement), décrit les verrous et les leviers identifiés pour la mise en œuvre d'une nouvelle filière d'assainissement.

En outre, une analyse des impacts, appréciée qualitativement sur les infrastructures et le mode de fonctionnement existant a été réalisée. L'analyse détaillée des modèles économiques n'a pas été menée du fait d'une part du manque de robustesse de certaines hypothèses pour la nouvelle filière, et d'autre part de fait de la difficulté d'interprétation de telles analyses à ce stade de construction de la filière.

Enfin l'identification des problématiques à chaque étape de la nouvelle chaîne de traitement a été menée. Cette liste pourra être mise à profit pour la nécessaire concertation des acteurs en amont de la mise en œuvre de projets et pour la consultation des décideurs institutionnels.

2 ETAT DES LIEUX

2.1 Organisation des services de l'eau et de l'assainissement en France

2.1.1 La réglementation

L'assainissement en France est régi par plusieurs textes. Tout d'abord, la Directive européenne n°91/271 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines fixe les teneurs en polluant des rejets sortant des stations d'épuration. La directive cadre sur l'eau n°2000/60/CE, impose des objectifs de qualité pour les masses d'eaux de surface et souterraines. Du côté de la législation Française, c'est la loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques qui fixe les objectifs suivants (Techni.Cités 2009 in Caby 2013) :

- Mieux gérer la ressource en eau et réaliser l'objectif de bon état des eaux
- Réussir la mise en œuvre de l'assainissement non collectif
- Inscrire les services publics de l'eau dans une stratégie de développement durable
- Reconstruire des solidarités de financement et assurer la légitimité des redevances des agences de l'eau

Les articles relatifs à l'assainissement ont été retranscrits dans les différents codes traitant de l'assainissement (Code de la Santé Publique ou le Code général des Collectivités Territoriales).

Les services d'eau et d'assainissement sont des services publics à caractère industriel et commercial placés sous la responsabilité des collectivités locales. Depuis la loi NOTRe du 7 Août 2015, c'est aux communautés de communes et aux communautés d'agglomération que reviennent les compétences « eau » et « assainissement ». Cependant, le morcellement de la compétence « assainissement » reste important et de nombreuses communes sont encore en charge des services. En 2015, 83% des collectivités en charge de l'assainissement étaient des communes et 17% des intercommunalités¹. Les contraintes techniques et financières liées aux dispositifs d'assainissement (écoulement gravitaire) permettent d'expliquer ce morcellement technique et administratif (une commune en charge d'un réseau et d'une station d'épuration). La loi n°2018-702 du 3 août 2018 fixe la date butoir de 2026 pour effectuer le transfert de compétence.

¹ Rapport SISPEA, Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement : Panorama des services et de leur performance en 2015, Eau France, 2018

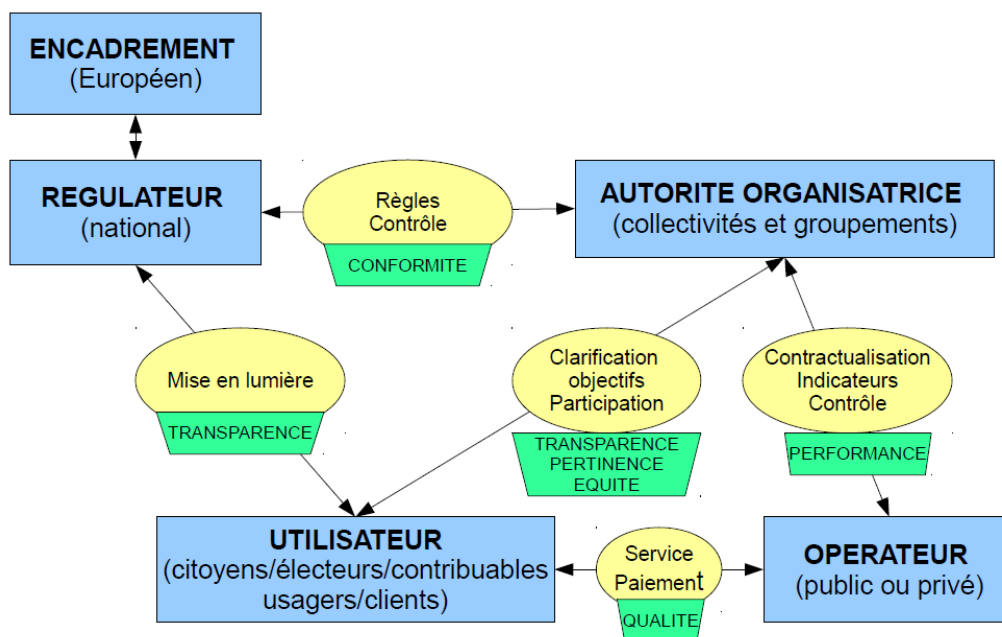


Figure 1 : Les acteurs de la gestion de l'eau et de l'assainissement en France (Rapport CGEDD n° 010151-01, 2016)

2.1.2 Fonctionnement des services d'assainissements

2.1.2.1 L'assainissement collectif

En 2015, d'après le rapport de l'Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement (2018), 22 208 collectivités sont en charge de 33 211 services d'eau et d'assainissement.

Le service d'assainissement des eaux usées dont sont chargées les collectivités recouvre :

- La collecte
- Le transport
- La dépollution

Les deux tiers des collectivités organisatrices ont la responsabilité d'une compétence unique. Les collectivités ayant la charge des trois compétences sont très minoritaires (1 206 sur l'ensemble du territoire, soit 5 % des collectivités). Pour une compétence donnée, les habitants situés sur le périmètre administratif d'une commune ou communauté de commune ne sont pas nécessairement tous usagers de cette collectivité. Cela s'explique notamment par des transferts de compétences entre collectivités en fonction des réseaux et infrastructures.

En qualité d'autorités organisatrices, ce sont les collectivités qui choisissent le mode de gestion des services d'eau potable et d'assainissement suivant deux possibilités. Elles peuvent choisir de gérer directement les services en régie ou faire appel à un prestataire extérieur dans le cadre d'un contrat de délégation de service public (DSP).

La régie n'exclut pas cependant de recourir à un opérateur privé dans le cadre d'un contrat de présentation de service ou réaliser une partie, voire l'ensemble des prestations d'exploitation.

Les trois quarts des services d'assainissement collectif sont gérés en régie et concernent un peu plus de la moitié des usagers.

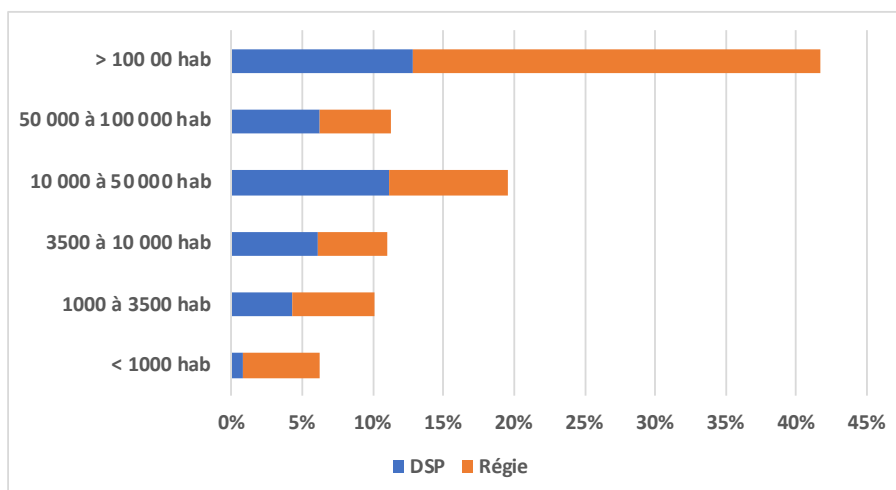


Figure 2 : Nombre d'habitants et gestion des stations, en régie et en DSP (Source : SISPEA 2014)

Les services délégués à un prestataire extérieur sont souvent 2,5 fois plus grand/important que les services gérés en régie. 90% des services en régie desservent moins de 3 500 habitants. Parmi les services de moins de 1 000 habitants, on retrouve dix fois plus de services en régie que de services en délégation tandis que les services en délégation sont majoritaires en nombre dans la catégorie des plus de 3 500 habitants.

L'Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement note, qu'entre 2010 et 2015 les modes de gestion ont évolué : les services en délégation gagnent du terrain avec 150 services qui sont passés en DSP contre 80 en régie, soit 70 services de plus au total en DSP, l'équivalent d'environ 400 000 usagers.

➤ Taux d'abondance :

Le taux d'abondance mesure le nombre de contrats gérés par une collectivité. Si toutes les collectivités retiennent un seul mode de gestion (ex. régie ou délégation de service public à un prestataire privé). En 2015, ce taux était effectivement proche de 1 mais avec le regroupement des compétences, il est possible que cela évolue. Les EPCI héritent en effet de la diversité des organisations des communes qui les composent. Plusieurs scénarios d'évolution sont possibles :

- La simplification : préférence des collectivités pour un opérateur unique
- La mixité des modes de gestion : recours à plusieurs opérateurs suivant un découpage horizontal (géographique) ou vertical (mission et compétence).

2.1.2.2 L'assainissement non collectif

En France en 2015 (données observatoire) environ 10 000 communes (environ 5 % de la population) ne sont pas desservies par l'assainissement collectif. Depuis 2005, les collectivités en charge de l'assainissement ont dû mettre en place un Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC), afin d'accompagner les particuliers dans la mise en place de leur installation d'assainissement autonome. En 2011, les SPANC concernaient 12 millions de personnes et 5 millions de logements.

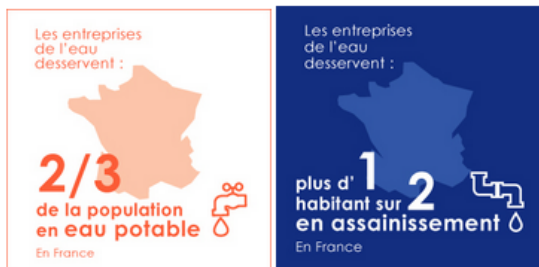
Avec le SPANC, les collectivités sont en charge du contrôle des installations (maximum tous les 10 ans), de la prescription des travaux nécessaires à la mise en conformité des installations et du traitement des matières de vidange.

En 2015, l'Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement a compté 3 966 services d'assainissements non collectif. La majorité des SPANC sont assurés par les collectivités en gestion directe, ne nécessitant pas de compétences techniques étendues ni de mutualisation de moyens importants.

L'assainissement non collectif est davantage développé en milieu rural. Le financement du SPANC est assuré par les redevances versées par les usagers. Il peut être renforcé par le budget principal des collectivités de moins de 3 000 habitants ou encore par des subventions publiques (Agences de l'eau, Conseils Départementaux)².

Afin d'aider les particuliers à financer leurs installations, le gouvernement français a mis en place différents systèmes d'aides : TVA à taux réduit, aides de l'Anah (Agence de l'Habitat), des communes ou des conseils départementaux ou encore crédit d'impôt et prêt à taux zéro.

2.1.3 Les volumes traités : le poids des entreprises de l'eau



En 2013, 3,2 milliards de m³ d'eaux usées ont été collectées. Entre 2006 et 2013, on constate une baisse tendancielle des volumes d'eaux collectées et distribuées (-13% entre 2006 et 2013). Par ailleurs, les volumes d'eaux collectées sont sensiblement moins importants que ceux de l'eau potable distribuée avec une différence moyenne de 0,6 milliards de m³/an. Celle-ci s'explique notamment par la part non négligeable des habitats situés dans des zones d'assainissement non

collectif mais aussi par les systèmes d'assainissement propres de certains industriels.

Les entreprises de l'eau ont traité 53% des volumes d'eaux usées collectées en France en 2013 et cette part est en moyenne de 54% depuis 2006 (SISPEA 2015). Ces entreprises gèrent les ¾ des grandes installations de traitement françaises, soit près de 60% de l'ensemble des capacités de traitement (équivalent à 57 millions d'habitant). Elles ont également en charge la moitié du linéaire de réseau de collecte des eaux usées.

Source : site FP2E

Ces entreprises sont regroupées au sein de la Professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E), créée en 1938. Elle compte 7 entreprises membres, soit la quasi-totalité des entreprises privées assurant la gestion des services d'eau et d'assainissement en France. Les entreprises membres sont **AQUALTER**, **SEFO**, **SOGEDO**, ainsi que les groupes, **DERICHEBOURG**, **SAUR**, **SUEZ**, **VEOLIA**.

²Les services publics d'eau et d'assainissement en France : Données économiques, sociales et environnementales. Sixième édition, Rapport FP2E/BIPE 2015.

2.2 Réglementation sur la valorisation agronomique

2.2.1 Statut de l'urine

D'un point de vue réglementaire, en se basant sur le JO de l'UE 2014/955/UE³ (liste des déchets), l'urine humaine n'est pas mentionnée, seul l'urine issue des déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche est répertoriée sous le code 02 01 06.

Ainsi, l'urine humaine pourrait être classée soit dans le code 20, dédié aux « déchets municipaux, y compris les fractions collectées séparément » et inclus dans le sous code 01 pour les « fractions collectées séparément ». Il existe également le code 16, pour les « déchets non décrits ailleurs dans la liste », avec le sous code 10 pour les « déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site ».

A l'échelle française, dans la sous-section 2, classification des déchets, du code de l'environnement (Annexe 1)⁴, l'urine humaine n'est également explicitement citée. Cependant, elle peut être incluse dans la catégorie des déchets ménagers et déchets d'activités économiques selon les définitions suivantes :

- Déchet ménager : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage,
- Déchet d'activités économiques : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage.

³: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955&qid=1558434112391&from=FR>

⁴ :

https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?sessionId=D303F276379A41DDFD8BDF0D427D1B29.tplgfr27s_2?idSectionTA=LEGISCTA00006188955&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20190521

2.2.2 Valorisation agronomique

2.2.2.1 La réglementation

Les urines et digestats issus des eaux noires peuvent être qualifiés de MAFOR.

L'encadrement juridique des MAFOR diffère selon la provenance et le type de traitement appliqué.

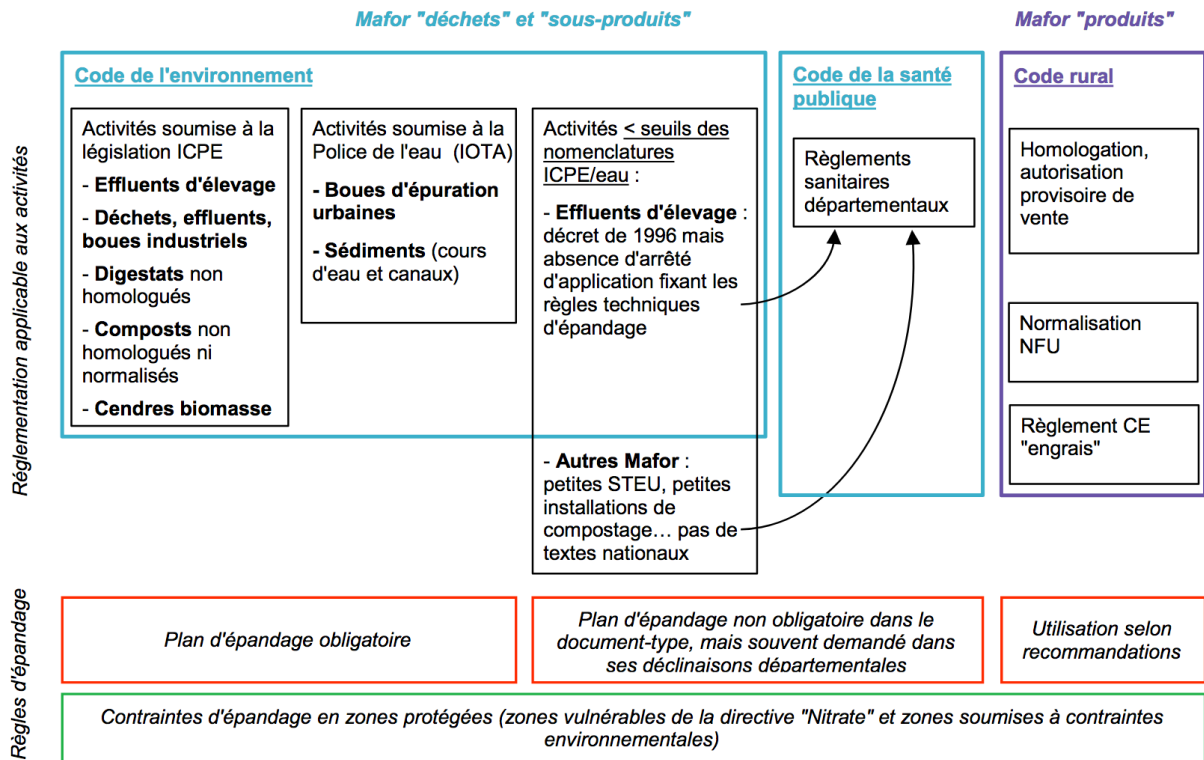


Figure 3 : Encadrement juridique des MAFOR

Concernant plus précisément les boues urbaines et des déchets, la réglementation se décline comme suit.

➤ Les boues urbaines

La circulaire du 28 avril 1998 rappelle que les boues brutes produites en France sont de la responsabilité des collectivités locales. Ces dernières sont donc responsables juridiquement et financièrement du traitement et de l'élimination des boues.

Aujourd'hui la valorisation agronomique des boues urbaines et des déchets est encadrée par deux systèmes réglementaires :

➤ Valorisation par épandage régies par des arrêtés

L'arrêté du 8 janvier 1998 modifié fixe les prescriptions techniques applicables à l'épandage de boues sur les sols agricoles. Il fixe également les conditions d'épandage et les critères à respecter pour garantir l'innocuité des boues. Cet arrêté vise également à mettre en place une gestion professionnelle de la filière recyclage. En effet, il s'appuie sur deux principes fondamentaux : l'intérêt agronomique des boues et la responsabilité du producteur.

➤ La normalisation

jusqu'à aujourd'hui, la normalisation du compost issu de mélange de déchets verts et de boues urbaines, NFU 44-095, dit composts de MIATE, norme rendue d'application obligatoire permet à s'affranchir du plan d'épandage, même sous statut de déchet (cf L255-5 du code rural).

En 2019, suite à la Loi Egalim, des évolutions sont à attendre sur les pratiques et les conditions de valorisation des boues sous cette forme. En effet, le compost de boues normé sous statut de déchet pourrait être commercialisé, mais pas dans les mêmes conditions qu'un produit, car la responsabilité de son producteur reste engagée jusqu'à l'utilisation de ce déchet, et les conditions de traçabilité devraient être renforcées.

➤ Les déchets

La valorisation agronomique des déchets est réglementée suivant 3 cas de figure :

➤ Premier cas

Le déchet bénéficie d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) délivrée en application de la loi du 13 juillet 1979. Dans ce cas, il est utilisé dans les mêmes conditions qu'une matière fertilisante commerciale et il n'est pas nécessaire de prévoir d'études pédologiques, de plans d'épandage et de suivi agronomique. Cette AMM est délivrée par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) à l'issue d'une évaluation permettant, de vérifier dans les conditions d'emploi prescrites, l'absence d'effet nocif sur la santé humaine, la santé animale et sur l'environnement et son efficacité, selon les cas, à l'égard des végétaux et produits végétaux ou des sols.

Le seul rôle de l'inspection des installations classées se borne à s'assurer de la constance de qualité du déchet en demandant des analyses périodiques.

➤ Deuxième cas

Le déchet est conforme à une norme rendue d'application obligatoire (ex : NF U 44-051, NF U 44-095, NF U 44-042). Il est là encore utilisé comme un produit commercial de même nature.

➤ Troisième cas

Le déchet ne répond pas aux deux cas de figure précédents. Son épandage est alors réglementé à travers la législation des installations classées.

2.2.2.2 La valorisation des fertilisants

Les MAFOR (Matières Fertilisantes d'Origine résiduaire) constituent des sources d'éléments fertilisants et de matière organique pour fertiliser ou amender les sols agricoles ou forestier. Les expertises réalisées (Expertise collective INRA, CNRS, IRSTEA, 2014) montrent l'intérêt d'utiliser ces matières dans un souci environnemental et d'économie circulaire. Des besoins de connaissances plus fines sur les caractéristiques et sur les dynamiques d'évolution dans les sols des différentes matières fertilisantes d'origine résiduaire sont identifiés, notamment vis-à-vis de la question du cumul des épandages au cours des années.

Toutefois, l'expérience de valorisation des fertilisants ou des amendements montre qu'actuellement le modèle économique ne peut être assuré uniquement par la vente de ces nutriments.

Produits	Fournisseur	N (kg N/t)	P2O5 (kg/t)	K2O (kg/t)
Aurin	Vuna	4,2	0,4	1,8
Struvite	URiboost (ECOSEC)	6	12	0
Lisain (urine brute)		0,6	0,1	0,2
Granurin (urine sur média alcalin - cendres)	SLU, Sweden	8	3	11

Tableau 1 : Valeurs fertilisantes des urino-fertilisants

Par exemple pour le compostage, le coût de traitement varie de 215 à 365 €/t MS de boues, s'y ajoute environ 100 €/t MS pour le stockage, la reprise et l'épandage le cas échéant.

Le compost normalisé est vendu, à un tarif variant de 10 à 30 €/t de compost à environ 40%MS (mélange de déchets verts et de boues urbaines), soit 50 à 100 €/t MS.

Dans le cadre de la valorisation des digestats pour des unités de méthanisation qui valorisent le surplus d'éléments fertilisants vers des tiers, malgré leur contenu en nutriments NPK intéressant, le modèle économique n'inclut pas une forte valorisation économique de ces produits. Notamment le digestat liquide, généralement à des concentrations faible en N, est difficilement à prix positif, il est généralement retourné au sol via une prestation d'épandage rendu-racine.

Enfin, concernant les urinofertilisants plus précisément, les travaux menés en Ile-de-France (Brun, 2018 – Agrocapi) montrent que les agriculteurs sont prêts, de manière quasi unanime, à payer un urinofertilisant transformé, à un prix inférieur ou égal aux fertilisants actuels à unité NPK égale. Toutefois, malgré une concentration importante en éléments azotés notamment, elle reste inférieure aux engrais minéraux classiques, engendrant des surcoûts logistiques (transport, manutention, stockage et aller-retour lors de l'épandage). Ainsi, les agriculteurs plaident pour une préférence d'une formule concentrée (liquide ou solide) ou un « zéro euro rendu racine ».

2.3 Le modèle économique des services de l'eau en France

Les éléments présentés dans cette partie sont issus des résultats du rapport de l'Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement publié en 2018. En France, le modèle économique de l'eau est basé sur le principe « **l'eau paie l'eau** » fixé par l'État qui suppose que les dépenses des collectivités en matière d'eau et d'assainissement doivent être équilibrées par les recettes perçues auprès des usagers.

2.3.1 Le prix total des services de l'eau

Le Code général des collectivités territoriales établit le mode de fixation des prix des services d'eau et d'assainissement selon, une facturation du « binôme ». Le prix comprend :

- La **part fixe**, liée à l'abonnement aux services de l'eau. Le montant est fixé par les collectivités en charge des services, la situation géographique de l'habitation, le diamètre du compteur...
- La consommation **réelle** d'eau tel que relevé au compteur par m^3

Les collectivités organisatrices des services eau et assainissement sont chargées des dépenses liées aux investissements et à l'entretien des équipements. Elles fixent les tarifs en fonction du niveau d'équipement souhaité et nécessaire pour fournir aux habitants une eau de qualité en quantité suffisante. Le prix est largement influencé par les contraintes géographiques et techniques auxquelles sont soumises les communes et qui font varier les niveaux d'investissements (ex. qualité de l'eau disponible, éloignement du lieu de captage, nature des sols...).

Aux coûts d'exploitations s'ajoutent les taxes et redevances comme la **redevance prélèvement**. Celle-ci est due par les services d'eau aux agences de l'eau en fonction des volumes prélevés. Elle est répercutée sur la facture de l'usager à travers le calcul des coûts d'exploitation.

Le prix moyen TTC du service de l'eau et de l'assainissement collectif s'élevait à 4,04 €/m³ au 1er janvier 2016 toute taxe comprise (dont 2,03 €/m³ pour la part de l'eau potable et 2,01 €/m³ pour la part de l'assainissement collectif), pour une consommation annuelle de référence de 120 m³.

Le montant des taxes (Agences de l'eau) s'élève à environ 20% sur le prix total de l'eau, réparti pour moitié sur l'eau potable et pour moitié sur l'assainissement.

La décomposition du prix de l'assainissement, pour une ville-type de 100 000 EH (Figure ci-dessous), est donnée dans le schéma ci-dessous. 2/3 des coûts sont dédiés aux charges d'exploitation, 1/3 pour le patrimoine (renouvellement/construction). Les charges liées à la collecte des eaux usées s'élèvent à 0,49 €/HT/m³ d'eau et celles liées au traitement à 0,27 €/HT/m³.

On notera que les coûts estimés pour la gestion des boues (Ferry M., IRSTEA, CEMAGREF, 2002) représentaient en moyenne en 2002, 5,2% (0,1 à 0,17 €/HT/m³ d'eau) variant selon la taille de la station d'épuration et le type de traitement des boues. Ce prix comprenant le traitement, le stockage des boues, la reprise, l'épandage et le suivi.

Les dépenses liées au patrimoine sont largement dominées par les réseaux (0,77 €/m³) et 0,18 €/m³ pour les usines.

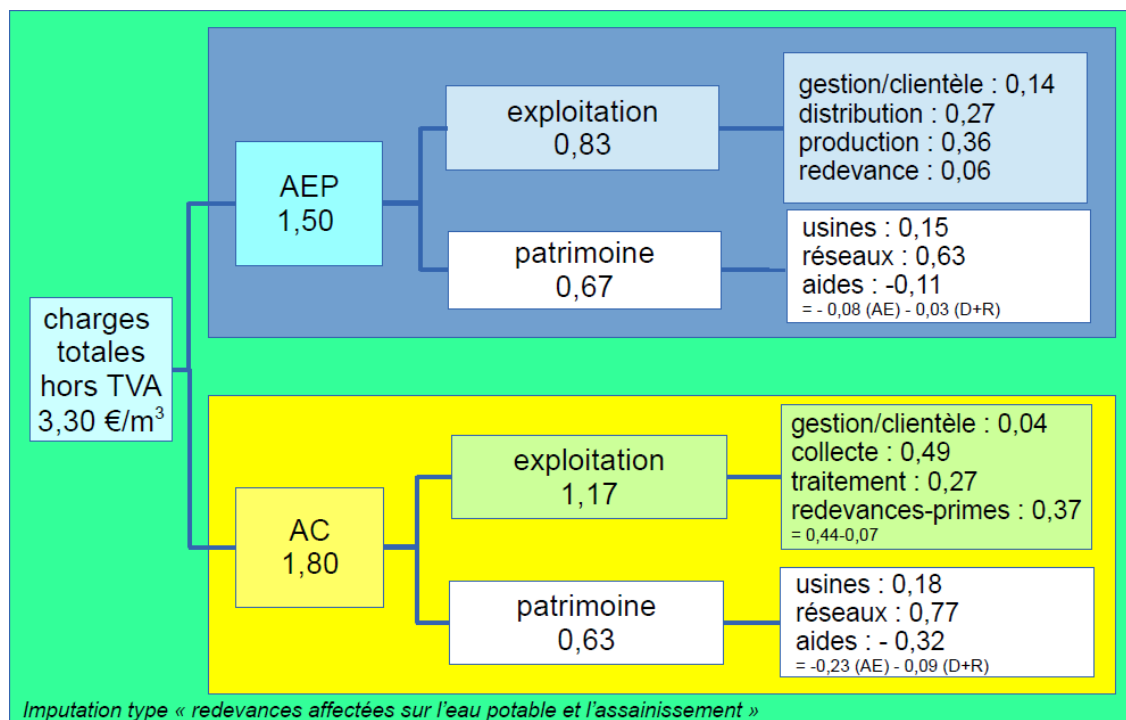


Figure 4 : Présentation simplifiée des charges de service intégrant les aides et redevances, celle pour la pollution étant imputée sur l'assainissement. (ville type de 1000 000 habitants)

(source : Rapport CGEDD n° 010151-01, 2016)

On note une forte variabilité au niveau des prix : pour 80 % de la population le prix de l'eau potable est compris entre 1,57 €/m³ et 2,60 €/m³ et d'un prix de l'assainissement collectif compris entre 1,34 €/m³ et 2,87 €/m³. La facture moyenne mensuelle TCC pour l'abonné est ainsi évaluée à 40,40 €/mois, dont 20,30 € pour l'eau potable et 20,10 € pour l'assainissement collectif.

Globalement, le prix total est moins élevé pour les services de grande taille (plus de 100 000 habitants desservis) et pour les très petits services (moins de 1 000 habitants desservis), que pour les services de taille intermédiaire (30 à 50 centimes d'euros par m³ en moyenne) pratiquent des tarifs plus élevés de 30 à presque 50 centimes d'euros par m³ en moyenne.

Cela s'explique notamment par le fait que les petits services ont des systèmes techniquement moins complexes (un point de prélèvement, un réservoir, un réseau peu développé...) avec des charges de gestion moins importantes. Les services de moins de 3 000 habitants peuvent également financer l'eau potable à partir du budget général et baisser ainsi le prix du service de l'eau.

A l'inverse, les services de plus de 100 000 habitants sont souvent des services de type urbain. La densité et la taille de la ville est génératrice d'économies d'échelle. La concentration des réseaux qui constituent une charge importante permet par exemple de baisser les coûts par habitant.

Globalement, les tarifs de l'assainissement pour les particuliers augmentent du fait des baisses continues de consommations d'eau, associées aux réductions des subventions (investissement, fonctionnement) et à l'augmentation des coûts (énergies, matières premières, travaux).

2.3.2 Prix moyen du service d'assainissement collectif

Le prix moyen du service d'assainissement est plus élevé en moyenne de 17% pour les services gérés en délégation par rapport aux services en régie. Plusieurs explications peuvent être avancées pour justifier cet écart :

- Les collectivités ont plus souvent recours à la DSP lorsque les enjeux de la qualité de l'eau et des rejets des stations de traitement nécessitent une gestion d'équipements complexes (ex. traitement poussé des eaux usées dans des secteurs à forts enjeux environnementaux et/ou sanitaires) ;
- Les délégataires doivent déployer davantage de moyens, par exemple dans le domaine de la connaissance patrimoniale ;
- Les régies peuvent s'appuyer sur du personnel mutualisé entre plusieurs fonctions au sein de la collectivité sans alourdir le budget de l'eau.

A l'inverse, la gestion déléguée sur un périmètre élargi peut favoriser l'optimisation de certaines charges par la mutualisation de moyens.

2.3.3 Le financement des services d'eau et d'assainissement :

Cette partie reprend des éléments du rapport SISPEA de 2015. En 2012, l'investissement dans le domaine de l'eau et de l'assainissement s'est élevé à 6,467 milliards d'euros (augmentation de 0,7% par an en moyenne entre 2005 et 2012). Ces investissements ont permis la création de nouveaux réseaux, de nouvelles installations mais également le renouvellement et la mise à niveau des équipements existants (Rapport SISPEA, 2015).

La même année, plus de 4,1 milliards d'euros a été consacré à l'assainissement dont les 2/3 pour le développement et l'entretien des réseaux. De leur côté, les entreprises de l'eau ont réalisé des investissements d'un montant de 888 millions d'euros, dont plus de la moitié dans le renouvellement d'infrastructures et d'équipements existants.

Des flux financiers impliquant de multiples acteurs (Rapport SISPEA, 2015, p75):

L'eau et l'assainissement représentent une somme de factures acquittées par les consommateurs dont le montant se répartit entre plusieurs acteurs. Sur les 12,01 milliards d'euros TTC facturés en 2012 :

- les services d'eau potable et d'assainissement collectif perçoivent 9,460 milliards d'euros : 3,526 milliards par les régies et 5,934 milliards par les délégataires, dont 863 millions sont reversés aux collectivités locales, autorités organisatrices ;
- les Agences de l'eau perçoivent 1,915 milliards d'euros de redevances ;
- l'Etat perçoit la TVA et Voies Navigables de France perçoit sa taxe, pour un montant global de 641 millions d'euros.

Les collectivités, maître d'ouvrage des infrastructures, perçoivent également des subventions de différentes sources pour leurs investissements :

- 929 millions d'euros de la part des Départements et des Régions. Ces collectivités interviennent dans le cadre de « contrats plan Etat-Région » ou sur des projets d'investissement d'envergure (barrages, grands équipements). Leurs subventions baissent régulièrement (leur niveau était de 1,043 milliard d'euros en 2008) ;
- 1,754 milliards d'euros des Agences de l'eau. Les ressources des Agences de l'eau proviennent des factures d'eau, à travers les redevances sur les prélèvements d'eau et sur les activités polluantes. Les taux de ces redevances sont fixés indépendamment dans chacun des 6 grands bassins mais font l'objet d'un encadrement par le parlement.

3 VERROUS ET LEVIERS

3.1 Les verrouillages d'un système d'assainissement centralisé

En France, le secteur de l'assainissement est largement verrouillé dans un régime sociotechnique fortement centralisé (système d'assainissement collectif centralisé « tout à l'égout »).

La mise en place d'un système de séparation implique inévitablement un système d'assainissement plus complexe avec des systèmes de collecte, traitement et approvisionnement distinct. Cela implique également de faire intervenir de nouveaux acteurs dans le système donc d'imaginer de nouveaux modes de gouvernance. A la complexité technique s'ajoute celle de faire émerger de nouvelles formes d'organisation et de nouvelles procédures. Les régimes sociotechniques établis, donc dominants, se caractérisent par une inertie et des effets d'auto-stabilisation qui leur apportent une certaine stabilité mais qui impliquent également un certain nombre de barrières à la diffusion d'alternatives technologiques.

3.2 Faire évoluer le cadre législatif

C'est avant tout le cadre législatif qui définit les modalités techniques et organisationnelles. Pour faire évoluer le système, il est absolument indispensable de lever les contraintes réglementaires. Le cadre législatif peut également servir de levier pour la mise en place de nouveaux systèmes d'assainissement. Cependant, les textes juridiques actuels sont totalement orientés vers le système d'assainissement centralisé du « tout à l'égout ».

Selon les articles L.1331-1 du Code de la santé publique et L.2224-10 du Code général des collectivités territoriales, le raccordement à l'assainissement collectif est obligatoire si :

1. le réseau public de collecte des eaux usées domestiques est établi sous la voie publique ;
2. l'immeuble concerné a accès à cette voie publique soit directement, soit par l'intermédiaire de voies privées ou de servitudes de passage ;
3. l'immeuble est situé sur une parcelle de la zone d'assainissement collectif où sera assurée la collecte des eaux usées domestiques.

Lorsque ces trois conditions sont remplies, les habitations doivent être obligatoirement raccordées au réseau public d'assainissement collectif. La réglementation actuelle encourage donc le développement de système d'assainissement collectif centralisé au détriment d'autres solutions innovantes (Hendrik Trapp, 2017).

Par ailleurs, la collecte sélective des urines fait actuellement l'objet d'un vide juridique car elle ne rentre ni dans le cadre de l'assainissement collectif, ni dans le non collectif.

Dans le cas de la mise système de séparation de l'urine à la source, les collectivités seraient chargées de traiter un déchet dont elles ne contrôlent ni la production (toilettes des ménages), ni le recyclage (agriculteurs) (Mc Coville et al. 2017). Parallèlement, a priori, rien n'interdit la mise en place de toilettes à séparation dans les habitations.

Dans le modèle de séparation à la source avec stockage en pied de bâtiment, celui-ci reste connecté au réseau d'assainissement collectif. Le système stockage/collecte de l'urine pourrait se rapprocher davantage de l'assainissement non collectif notamment si le traitement est réalisé sur site par un prestataire privé (Entretien LEESU / Administrations franciliennes). Toutefois si le traitement ne se fait pas sur site, cela va à l'encontre des dispositions réglementaires du SPANC.

La mise en place d'un système de collecte sélective de l'urine pose donc des questions de responsabilité de l'installation des infrastructures et de leurs exploitations : à qui appartiendraient les cuves de stockage ? Qui serait en charge de la collecte et du traitement de l'urine ?

La séparation des eaux noires semble plus simple d'un point de vue réglementaire. Si elles ne sont pas stockées en pied de bâtiment mais sont directement acheminées vers le site de traitement elles relèvent donc de l'assainissement collectif. A l'inverse, elles peuvent être traitées sur place avec des dispositifs de traitement relevant de l'assainissement non collectif.

A l'heure actuelle, l'urine est considérée comme un déchet (voir Chapitre plus haut), sa transformation en engrais est nécessaire pour sa valorisation.

La démarche d'autorisation de mise sur la marché (AMM) devrait alors être engagée.

3.3 Les freins socio-organisationnels : établir une nouvelle gouvernance

La gouvernance actuelle des services d'eau et d'assainissement est directement liée à la nature des infrastructures et aux contraintes réglementaires. Elles définissent l'organisation d'un système où chaque acteur occupe des fonctions bien définies : collecte, traitement. Les modalités de gestion sont définies par les contrats passés entre les collectivités et les acteurs de l'eau.

Les services d'eau et d'assainissement restent des sujets techniques, quasi absent de l'agenda politique. Un discours politique qui définit clairement des objectifs environnementaux ambitieux pourrait contribuer à enclencher le changement à inciter les parties prenantes à évoluer pour répondre à ces objectifs (Domenech, 2011).

La discussion et l'information jouent un rôle central dans la diffusion d'innovation en matière d'assainissement. L'enjeu est de présenter clairement les risques et avantages de ces nouvelles technologies avec une approche systémique pour répondre aux enjeux du développement durable (gestion des ressources et des nutriments) (Mc Coville et al. 2017). Les échanges doivent permettre d'explorer de nouveaux modes d'organisation et de gouvernance. La mise en place de nouveaux systèmes et de nouvelles infrastructures ne sont pas toujours compatibles avec l'organisation du système en place. A savoir, les systèmes d'assainissement centralisés sont gérés par le secteur public, parfois en partenariat avec des entreprises privées soumises au contrôle des collectivités.

Les systèmes de séparation à la source nécessitent de mettre en place de nouvelles chaînes de recyclage et de traitement et donc d'impliquer des acteurs qui ne sont traditionnellement pas présents dans le secteur de l'assainissement (habitants, promoteurs, constructeurs, agriculteurs, start-up, acteurs de l'énergie, agriculteurs, acteurs économiques...). Ces nouveaux modes d'organisation entraînent une « atomisation du pouvoir » traditionnellement détenue par les collectivités et les entreprises de l'eau et une redistribution avec les nouveaux acteurs. Le modèle « top down » des systèmes centralisés laissent entrevoir des modes de gouvernance multi-acteurs complexes (Domenech 2011). Afin de faciliter le développement de système de séparation à la source, ces nouvelles parties prenantes doivent être associées à l'élaboration de nouveaux modes de gouvernance, adaptés aux contextes et jeux d'acteurs locaux. La concertation et la coordination des acteurs doivent donc être au cœur de l'élaboration et la mise en place de systèmes alternatifs. Les dispositifs de coordination et les acteurs à impliquer doivent également être adaptés à l'état d'avancement du projet (planification, mise en œuvre...) pour parvenir à établir des objectifs communs et des relations de partenariats pérennes (Ebert et al. 2019).

3.4 Les freins technico-économiques : explorer les modèles

Les réseaux et installations d'assainissement conventionnels sont extrêmement développés sur le territoire français. Ils représentent des coûts importants et ont une durée de fonctionnement assez longue (donc des temps de rentabilité longs également). Les infrastructures existantes contribuent ainsi en grande partie à expliquer la rigidité du système en place. Un des objectifs des services d'eau est de veiller au bon fonctionnement et à l'entretien des infrastructures existantes afin de maintenir un service public de qualité, bien souvent dans un contexte de budget contraint. Développer la séparation à la source nécessiterait d'importants investissements pour aménager l'existant ou développer de nouvelles solutions. Les incertitudes quant aux impacts et bénéfices économiques des solutions alternatives d'assainissement sont l'un des principaux arguments qui justifient l'inertie face aux changements de systèmes.

Les entreprises de l'eau peuvent craindre une baisse de chiffre d'affaire, les aménageurs une hausse des coûts de construction, les municipalités des coûts plus élevés d'entretiens des infrastructures... Cependant, ces solutions innovantes peuvent également représenter de nouvelles opportunités économiques : baisse des coûts de traitement, valorisation économique des effluents (énergie et agriculture) (Hendrik Trapp 2017).

Enfin, la valorisation agronomique des fertilisants issus de la séparation à la source ne sera sans doute pas une source de revenus. L'évacuation à coût nul semble être l'hypothèse la plus probable au moins à court terme.

Le modèle économique sera donc basé sur le financement de la filière, à voir quel modèle pourrait être retenu.

3.5 Les opportunités pour le changement

Afin de sortir du statut de niches pour se développer, les systèmes de séparation à la source peuvent s'appuyer sur les « faiblesses » du régime d'assainissement centralisé et sur l'évolution des normes et valeurs sur la gestion efficiente des ressources.

La question de la gestion durable des ressources s'impose progressivement à l'agenda politique (bioéconomie, économie circulaire...). Cette tendance peut être potentiellement porteuse pour le développement de systèmes de séparation des effluents et de modes d'assainissement alternatifs, plus ou moins décentralisés (McConville et al. 2017).

D'autres "fenêtres d'opportunité" pour le changement peuvent également être identifiées (Glaas et al. 2018) :

- Les **ruptures** : événements climatiques extrêmes (inondation, dégradation des infrastructures...), changements externes (travaux sur les infrastructures, grand projet urbain...). Ces moments de « rupture » qui viennent perturber le fonctionnement du système dominant constituent une opportunité de faire autrement.
- **Évolution du cadre institutionnel** : mesures fortes pour inciter les acteurs, publics et privés, à s'engager dans une réflexion sur l'assainissement
- Émergence d'une **dynamique collective** : groupements d'acteurs aux intérêts communs en mesure d'apporter les arguments convaincants aux décideurs

On notera également les évolutions actuelles au niveau des directives et règlements européens notamment sur l'utilisation des eaux usées et/ou grises traitées (REUSE), la Directive européenne relative aux Déchets et celle relative aux fertilisants, en attendant celle sur les sols. Si le Reuse est à nouveau en cours de négociation et tendrait vers une facilitation de l'utilisation des eaux usées traitées, la valorisation agronomique des produits résiduaux organiques issus des stations d'épuration semble compromise, ou alors dans le cas de sortie du statut de déchets, donc plutôt sous la forme de produits, ayant subi des traitements plus poussés. Ainsi au vue de ces évolutions à court et moyens termes, la séparation à la source semble être une alternative compatible avec ces exigences :

- Outil de valorisation des eaux noires permettant la valorisation des eaux grises en ville
- Outil de production de produits fertilisants : struvite, sulfate d'ammonium

3.6 La pérennité du modèle de financement en question

Le système de tarification des services est calculé sur des volumes prélevé, or ceux-ci diminuent tendanciellement.

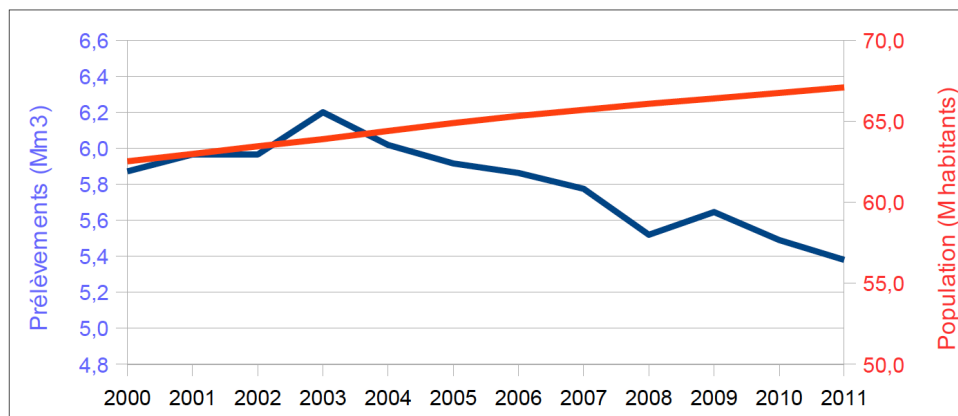


Figure 5 : Évolution comparée des prélèvements des services publics d'eau et d'assainissement (SPEA) et de la population, d'après INSEE et SOeS, données réunies dans BIPE et FP2E, 2015 (Source : Rapport CGEDD n° 010151-01, 2016)

Afin de maintenir un budget suffisant pour faire face aux coûts d'exploitation, les prix unitaires facturés aux abonnés ont été ajustés à la hausse suivant le principe de « l'eau paye l'eau ».

Cette tendance combinée à des coûts d'investissement importants vient questionner le modèle économique des services de l'eau. Une hausse trop importante des prix unitaires pose des questions d'acceptabilité et d'équité sociale.

La recommandation du CGEDD (Rapport CGEDD n° 010151-01, 2016) est la suivante : même s'il n'y a pas lieu dans l'immédiat de modifier le mécanisme de financement des services d'assainissement collectif, faire néanmoins étudier les modèles alternatifs de financement des services d'assainissement collectif sur des assiettes de taxation foncière (avec l'objectif d'un nouveau rendez-vous de questionnement de ce sujet en 2020).

Afin de maintenir l'accès à l'eau à tous, des pistes pour un nouvel équilibre financier devront être explorées (rapport SISPEA 2015) :

- L'instauration de tarifs saisonniers et de tarifs progressifs, sous condition de prise en compte des consommations effectives, des contextes socio-démographique et économiques associés (part des ménages et des activités industrielles et tertiaires ; caractéristiques des ménages...)
- L'évolution de la tarification aux ménages, qui permettrait de dé plafonner la part fixe en cas de mise en œuvre d'une tarification sociale ;
- L'instauration d'une tarification forfaitaire pour l'assainissement collectif, fondée sur la pollution rejetée et non plus sur les volumes consommés ;
- La mise en place d'une redevance spécifique pour les activités industrielles et tertiaires, ayant des rejets plus difficiles et plus coûteux à dépolluer ;
- La mutualisation des coûts d'investissement nécessaires aux mises en conformité des réseaux des communes rurales ou à faible densité d'habitants ;
- Le recours à une taxation « eaux pluviales », assise sur le foncier bâti ou imperméabilisé, au bénéfice du budget général de la collectivité et permettant de couvrir les coûts de gestion des eaux pluviales urbaines.

Par ailleurs, les entreprises de l'eau explorent de nouvelles solutions pour recycler l'eau potable et élargir les ressources produites à partir du traitement des eaux usées (bioénergies ou biomatériaux...). En 2013, elles ont réalisé un chiffre d'affaires de 5,3 milliards d'euros hors taxe dans les services publics d'eau potable et d'assainissement, dont près de 4,9 milliards dans le cadre des DSP et 0,4 milliards dans le cadre d'autres prestations de service.

4 REFLEXIONS SUR LES MODELES ECONOMIQUES DES CAS-TYPES DEVELOPPES DANS MUSES

La mise en œuvre de la nouvelle filière avec séparation à la source nécessite des modifications du modèle économique global de l'assainissement.

L'analyse bibliographique sur les expérimentations réalisées, notamment en Europe, n'a pas révélé de modèle économique transposable à grande échelle.

De plus, ces analyses proposent des comparaisons entre des filières alternatives et les filières existantes, l'exercice prospectif n'est jamais réalisé.

Dans le cas du programme MUSES, l'analyse macro-économique à l'échelle du quartier a été réalisée pour les trois scénarios de la nouvelle filière en comparaison à la référence.

4.1 Analyse bibliographique

Peu de travaux ont été publiés sur l'analyse économique des modèles de séparation à la source, seules quatre études ont été répertoriées (Zimmerman, 2018, Landry, 2016, Metzinger 2010, Oldenburg 2007).

En effet, par exemple dans le cas du projet porté par Hamburg Wasser, malgré l'envergure du projet, le mode de financement n'a pas évolué pour le nouveau quartier équipé de séparation à la source : les habitants concernés, en payant le même prix en € au m³ d'eau potable consommée, bénéficient d'une économie par rapport à leur situation antérieure en consommant moins d'eau, le système global ne répercute pas cette perte de recettes.

Dans chacune des analyses répertoriées, les périmètres, les situations de référence et les nouveaux systèmes diffèrent. Chaque étude montre la difficulté d'intégrer l'ensemble des coûts et aménités positives de la totalité du système. Toutefois quelques conclusions peuvent être tirées :

- Les coûts d'exploitation restent comparables à la référence urbaine, notamment du fait des recettes des nouvelles filières : vente d'énergie (biogaz), vente de fertilisants.
- Les recettes liées au fertilisants (digestat, urine) ne sont pas importantes.

En 2007, une étude économique complète (Oldenburg, 2007) a été menée sur la comparaison entre deux situations de référence, une sur un quartier de Berlin et l'autre dans une zone plus rurale, et plusieurs nouveaux systèmes. 5 typologies différentes : séparation des 3 flux (urine, fèces, eaux grises) et de 2 flux (eaux noires, eaux grises), valorisation par méthanisation ou compostage, en mélange avec les biodéchets, valorisation de l'urine par épandage après stockage. La situation de référence ne dispose pas de digestion anaérobie. Les résultats montrent que les nouvelles filières, à deux flux, sont compétitives avec la filière de référence urbaine et sont beaucoup plus intéressantes que la référence rurale. Malgré un investissement plus élevé, les coûts d'exploitation restent comparables à la référence urbaine, notamment du fait des recettes liées à la valorisation du biogaz. Les recettes liées au fertilisants (digestat, urine) ne sont pas importantes.

En outre, la mise en œuvre sur un nouveau quartier offre de meilleurs résultats vis-à-vis d'une modification des infrastructures existantes.

En 2018, une étude sur des projets de séparation à la source d'Hambourg et de Frankfort (Zimmerman, 2018) montrent que :

D'un point de vue économique (indicateurs chiffrés et indicateurs qualitatifs) le scénario de référence (station d'épuration existante) ressort favorablement vis-à-vis des nouvelles options mais dès que des critères de flexibilité, d'environnement et de risque sont considérés, les scénarios avec séparation à la source obtiennent de meilleures notes.

Une étude de 2010 (Meinzinger, 2010) sur l'évaluation économique comparée entre la filière de référence et les nouvelles filières de séparation à la source montre que les nouvelles filières présentent des coûts plus élevés mais peuvent bénéficier de recettes (vente de fertilisants). Les aménités positives que la séparation à la source peut apporter (impacts positifs de la réutilisation des eaux grises, impact sur le renouvellement des réseaux etc) ne sont pas prises en compte.

4.2 Analyse macro-économique

un nouveau quartier de 697 EH avec une station d'épuration STEP de 57 000 EH. Les données de flux de matière et énergie sont issues de la modélisation réalisée pour l'ACV sur les cas-types suivants :

- A : Référence, « tout à l'égout »
- B : URINE : séparation à la source des urines et des eaux grises et fèces, traitement centralisé à la station d'épuration
- C : EN : traitement des eaux noires dans le quartier, traitement des eaux grises à la station d'épuration
- D : EN-EG : traitement des eaux noires et des eaux grises, séparément, dans le quartier

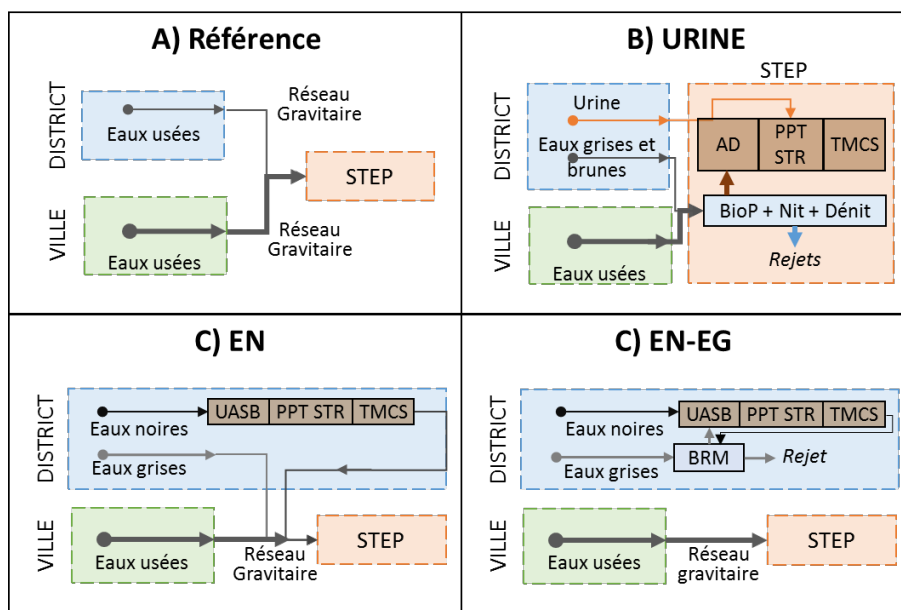


Figure 6 : Scénarios étudiés

EN : Eaux noires,

EN-EG : Eaux noires et Eaux grises,

AD : Digesteur,

PPT STR : précipitation de struvite,

TMCS : Chemosorption transmembranaire (récupération de l'azote).

BioP : élimination biologique du phosphore,

Nit : nitrification,

Dénit : dénitrification

Consommables	Prix d'achat	unité
FeCl ₃	293	€/t (produit commercial 41% : 120 €/t)
Méthanol	390	€/t
Oxyde de magnésium (magnésie)	410	€/t en vrac
NaOH	780	€/t
Acide sulfurique	141	€/t
Electricité STEP	81	€/MWh
Electricité Réseau	81	€/MWh
Achat chaleur sur unité décentralisée	40	€/MWh
Transport urine	5	€/m ³
Traitement des Boues	30	€/m ³
ml réseau gravitaire	1	€/ml/an
ml réseau sous vide	1,2	€/ml/an

Tableau 2 : Prix unitaires des consommables

Recettes	Prix de vente	Unité
Réutilisation eaux grises	0,5	€/m ³
Vente chaleur	20	€/MWhth
Valorisation N struvite	0,8	€/kg N
Valorisation P struvite	0,35	€/kg P
Sulfate d'ammonitrate	0,8	€/kg N
Tarif d'achat électricité cogénérée biogaz	175,4	€/MWh

Tableau 3 : Prix unitaires des recettes

Pour la main d'œuvre et le CAPEX, en l'absence de données pour les nouvelles solutions, le calcul a été réalisé par l'analyse de surcoût par rapport à la filière de référence. Les coûts de cette dernière sont des coûts de filière actuelle et non sur des coûts projetés pour une filière de référence améliorée. Ainsi, la matrice suivante a permis, sur la base de données connues pour la solution de référence (rapporté au m³ d'eau traité), de quantifier les valeurs pour les solutions de séparation à la source, selon les 3 scénarios envisagés.

Surcoût / Référence (m ³ d'eau traitée)	URINE	EN	EN-EG
CAPEX Unités traitement	x1	x1,5	x1,5
CAPEX Réseaux	x1	x1,1	x1,1
Main d'œuvre STEP	x1	x1,5	x1,5

Tableau 4 : Matrice des surcoûts des nouvelles filières par rapport à la solution de référence pour les CAPEX, unités de réseaux ainsi que la main d'œuvre

Les données pour la STEP de référence sont issues du rapport CGEDD n°010151-01 (2016) qui présente les charges liées à l'assainissement pour une ville-type de 100 000 habitants.

Coûts STEP référence	€HT/m ³
OPEX Réseau	0,49
OPEX STEP	0,27
CAPEX Réseau	0,77
CAPEX STEP	0,18

Tableau 5 : Données CAPEX et OPEX pour une STEP de référence, ville de 100 000 habitants (source CGEDD 2016)

L'analyse des CAPEX n'intègre pas les investissements dans le domaine privé.

Les charges d'exploitation (hors main d'œuvre et hors maintenance du réseau existant) sont les moins élevées pour la solution de référence, la solution décentralisée présentant les coûts les plus élevés.

Pour les solutions de séparation à la source, les coûts les plus impactants sont :

- L'évacuation des boues liquides dans le cas des scénarios décentralisés
- La consommation d'électricité du scénario décentralisé avec l'utilisation d'un BRM pour le traitement des eaux grises
- La consommation de produit chimique et notamment de NaOH.

En k€/an	REF	URINE	EN	EN-EG
Produits chimiques	1986	2930	5125	8462
Conso Elec STEP	755	827	632	5042
Conso Elec Réseau Quartier	83	78	467	467
Conso Chaleur	0	84	1607	2774
Transport Urine	0	3022	0	0
Evacuation boues	1372	1167	6059	8190
Maintenance Réseau Quartier	1553	1613	2790	2790
Total Charges hors main d'œuvre et maintenance réseau	5748	15765	16680	27724

Tableau 6 : Coûts d'exploitation hors main d'œuvre et hors maintenance du réseau existant pour les 4 scénarios étudiés

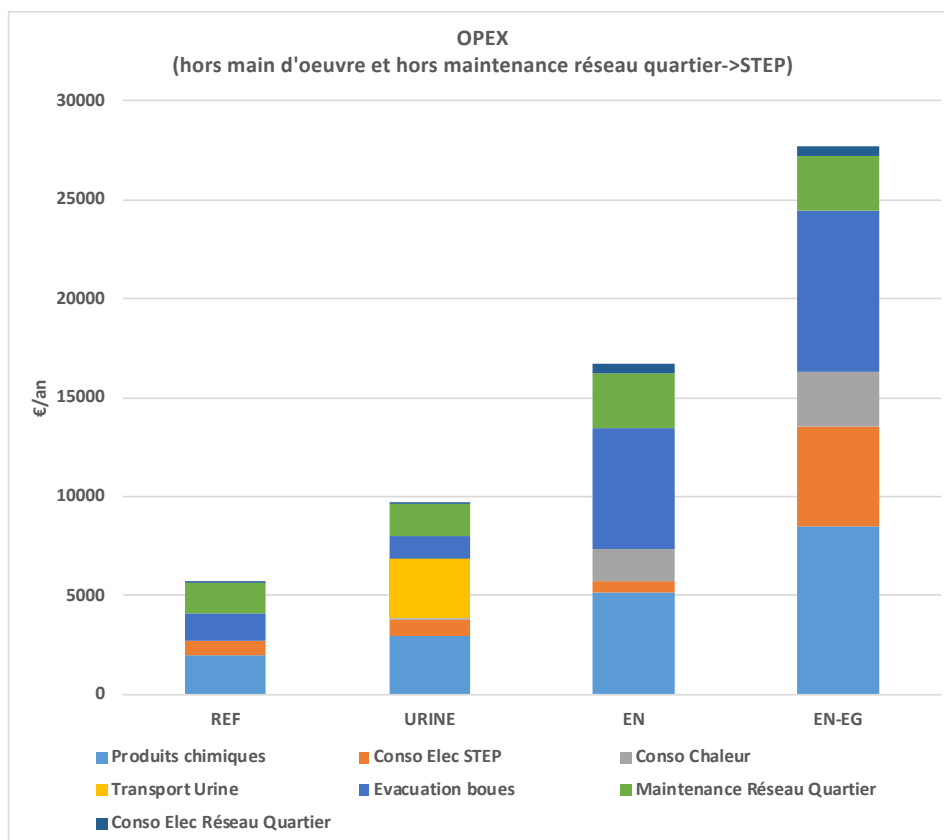


Figure 7 : Coûts d'exploitation hors main d'oeuvre et hors maintenance du réseau existant pour les 4 scénarios étudiés

Les recettes engendrées par la vente de fertilisants, vente de chaleur et vente d'électricité cogénérée sont plus élevées pour les scénarios de séparation à la source du fait de flux plus importants que la solution de référence. Toutefois, le montant de ces recettes est faible au regard des montants des charges d'exploitations annuelles.

Dans le cas du scénario décentralisé EN-EG, la vente d'eau REUSE permet d'atteindre des recettes intéressantes, vis-à-vis des charges. Le prix de vente des eaux grises traitées et recyclées a été fixé arbitrairement à 0,5 €/m³. A titre de comparaison le prix moyen de l'eau potable vendue aux usagers (CGEDD n° 010151-01, 2016) s'élève à 3,30 €/HT/m³.

En k€/an	REF	URINE	EN	EN-EG
Vente fertilisants	284	1622	1806	1964
Vente chaleur	228	0	85	0
Vente électricité	2668	2333	2523	1974
Vente eau	0	0	0	18344
Total hors eau REUSE	3180	3955	4415	3938
Total y compris eau REUSE	3180	3955	4415	22282

Tableau 7 : Recettes (vente de fertilisants, vente de chaleur et vente d'électricité cogénérée et vente d'eau REUSE) pour les 4 scénarios étudiés

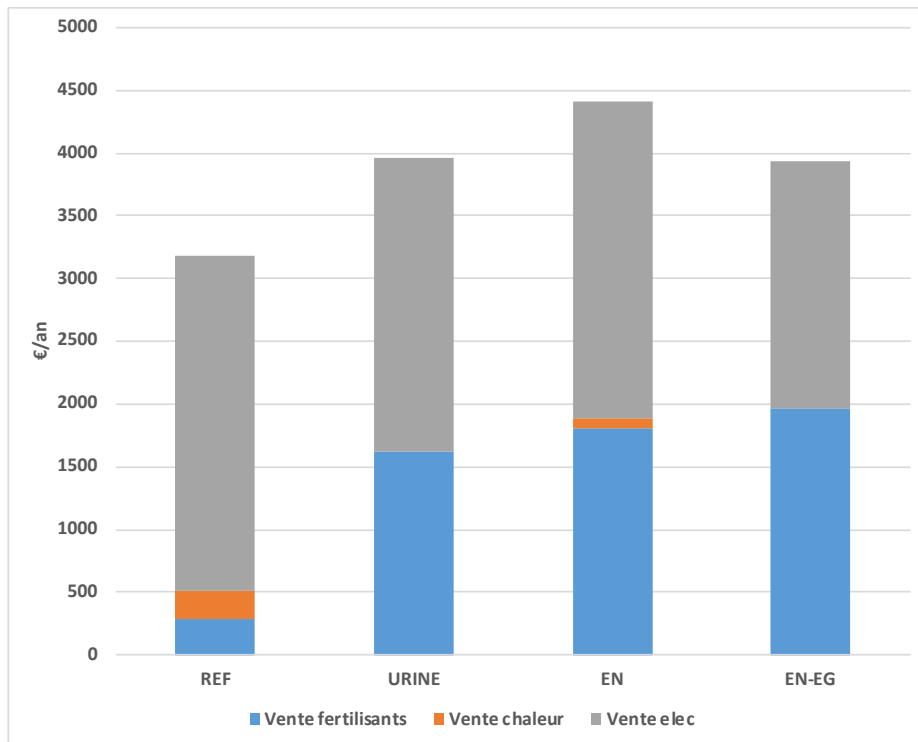


Figure 8 : Recettes (ventes de fertilisants, vente de chaleur et vente d'électricité cogénérée) pour les 4 scénarios étudiés

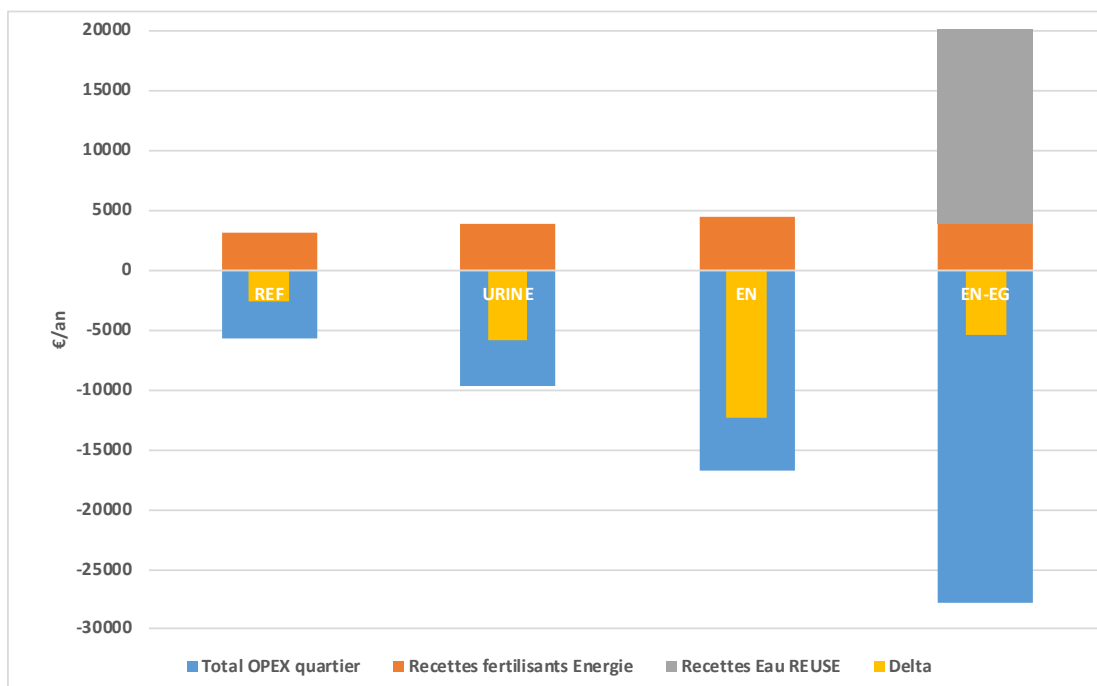


Figure 9 : Charges d'exploitation et recettes des différents scénarios étudiés

Le coût de traitement a été calculé en prenant en considération l'intégralité des CAPEX et des OPEX, y compris les coûts de main d'œuvre et de maintenance du réseau existant ainsi que les recettes, y compris vente d'eau REUSE. Il est donné en € par m³ d'eau traitée.

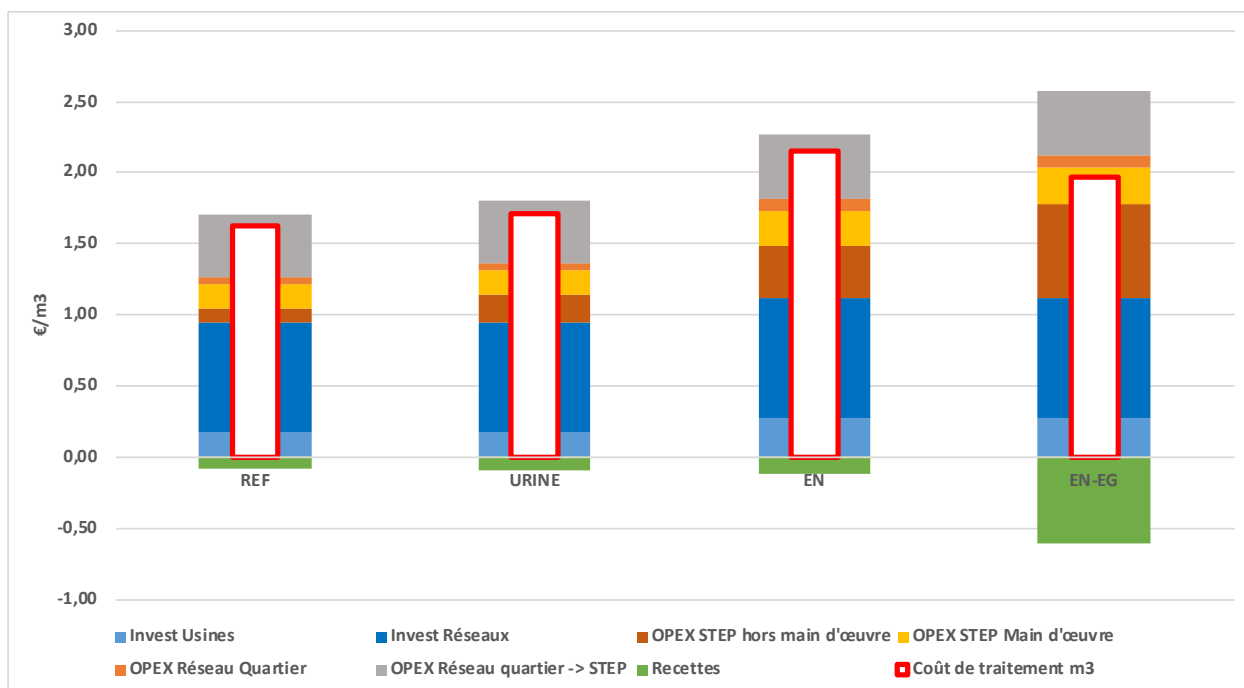


Figure 10 : Coûts de traitement pour les 4 scénarios étudiés

Une analyse de sensibilité a été réalisée sur les paramètres principaux, 3 scénarios supplémentaires ont été envisagés par rapport au scénario de base présenté précédemment :

- Doublement des CAPEX des usines décentralisées (EN et EN-EG)
- Coûts de traitement sans recette
- Augmentation du coût de transport de l'urine (x3)

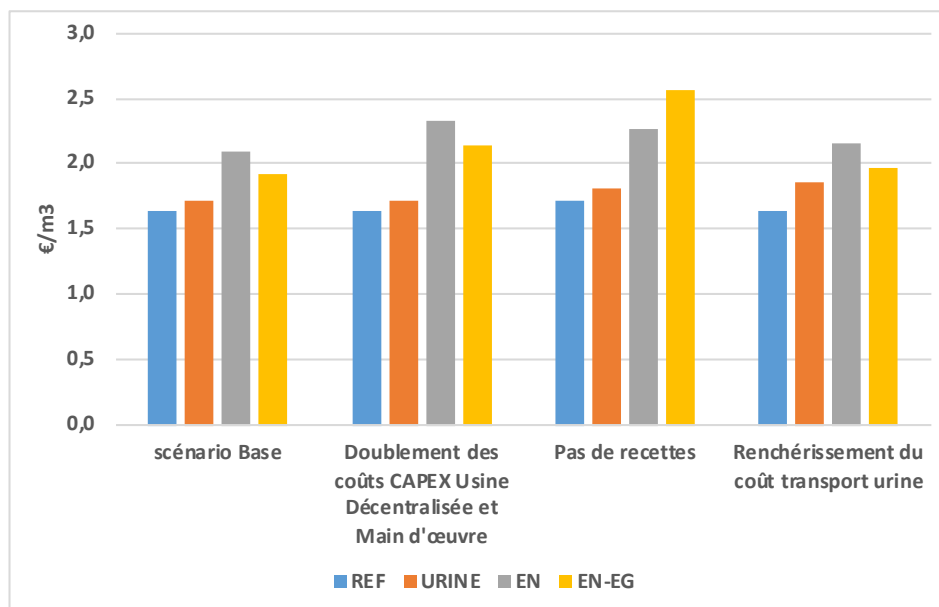


Figure 11 : Résultats de l'analyse de sensibilité sur 3 paramètres

En première approche (hypothèses de surcoût par rapport à une solution de référence), les résultats montrent que le coût de traitement reste plus élevé pour les solutions de séparation à la source, de 15% à 30% selon les scénarios.

Le scénario URINE présente des coûts très proches du scénario de référence.

En outre, les coûts de fonctionnement des filières alternatives sont élevés et peu optimisés (consommations importantes de produits chimiques, évacuation de volume important de boues non déshydratées). Des optimisations sur les procédés (conditions de performance pour l'utilisation de NaOH, déshydratation ou épaissement des boues en sortie) permettront de limiter ces coûts.

Enfin, cette première analyse montre que la vente de fertilisants ne représente pas une source de recettes importante. L'enjeu reste d'assurer a minima leur évacuation à coût nul. En outre, l'analyse montre que dans le cas d'une filière totalement décentralisée (scénario EN-EG), la vente de l'eau REUSE est indispensable pour limiter le coût de traitement.

Afin de considérer l'ensemble du périmètre de l'assainissement, une analyse de l'impact de la mise en œuvre de séparation à la source pour la collectivité et pour les consommateurs a été réalisée.

Les coûts distingués sont les suivants :

- La redevance assainissement proportionnelle à la quantité d'eau potable consommée (1,8 €HT/m³)
- La redevance eau potable proportionnelle à la quantité d'eau potable consommée (3,3 €HT/m³)
- L'achat d'eau REUSE à 0,5 €/m³

Les montants annuels liés au traitement des eaux usées, à l'achat d'eau potable et d'eau REUSE pour le quartier modélisé selon les 4 scénarios étudiés sont plus faible pour les scénarios décentralisés (EN et EN-EG).

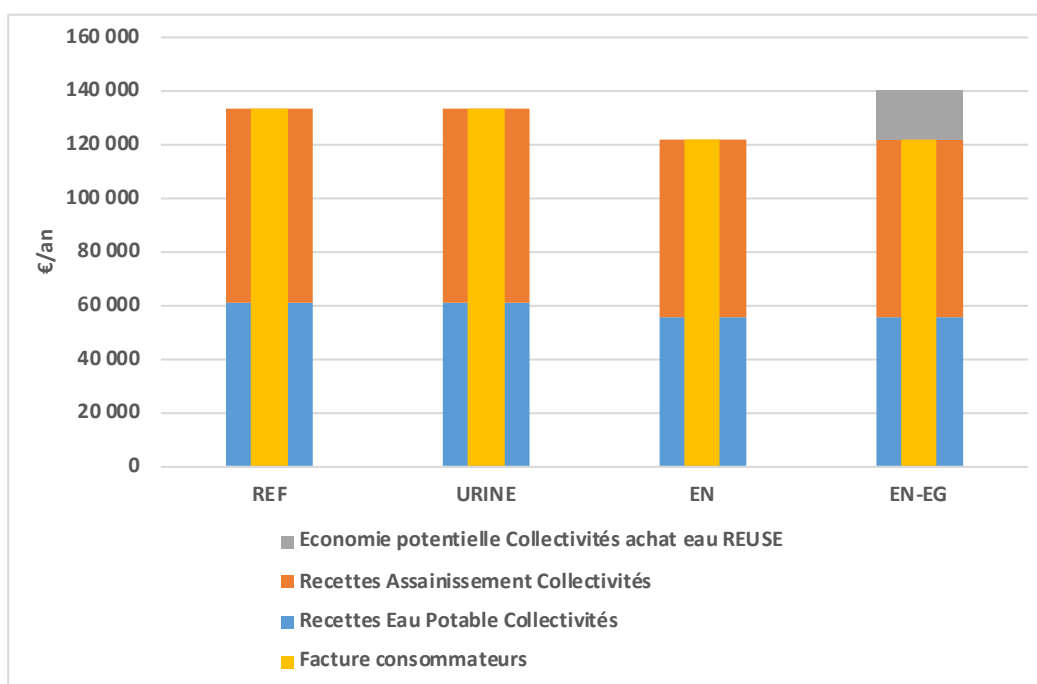


Figure 12 : Montant annuel lié au traitement des eaux usées, à l'achat d'eau potable et d'eau REUSE pour le quartier modélisé selon les 4 scénarios étudiés

4.3 Analyse qualitative et identification des problématiques

Pour compléter l'analyse macro-économique de chaque scénario, une analyse qualitative basée sur la mesure de l'impact économique de la mise en œuvre d'un projet de séparation à la source sur la station existante a été réalisée. Cette analyse prend également en compte pour le projet de séparation à la source les contraintes potentielles comme les critères liés à l'organisation (centralisé ou multi-acteurs), les contraintes d'implantation et les potentielles recettes (vente d'énergie, vente de fertilisants).

	REF	URINE	BW	BW/GW
Flux		Baisse (faible) des flux hydrauliques (baisse chasse d'eau) Baisse charge N sur la STEU existante	Baisse (faible) des flux hydrauliques (baisse chasse d'eau) Baisse (moyenne) de la charge NPK et de la quantité de boues	Baisse importante des flux hydrauliques Baisse (importante) de la charge NPK et de la quantité de boues
CAPEX	Renouvellement réseaux	Renouvellement réseau identique	Renouvellement réseau identique	Pas de renouvellement des réseaux
OPEX	Traitement NPK Elimination des boues Main d'œuvre	Baisse du coût de traitement liés à la diminution du N à traiter Maintien de la main d'œuvre Maintien élimination des boues	Baisse du coût de traitement liés à la diminution du N à traiter Diminution main d'œuvre Baisse élimination des boues	Baisse du coût de traitement liés à la diminution du N, du P et de la DCO à traiter Diminution main d'œuvre Baisse élimination des boues
Recettes	Budget en €/m3 d'eaux usées traitées	Baisse (faible) de la quantité d'eaux usées à traiter Maintien production de biogaz	Baisse (faible) de la quantité d'eaux usées à traiter Baisse de la production de biogaz	Baisse (importante) de la quantité d'eaux usées à traiter Baisse de la production de biogaz

Tableau 8 : Comparaison STEU existante / cas-types nouvelles filières sur les CAPEX, OPEX et recettes

	REF	URINE	BW	BW/GW
Mode d'organisation	Centralisé - quelques opérateurs	Centralisé - quelques opérateurs	Décentralisé - multitude d'acteurs potentiels	Décentralisé - multitude d'acteurs potentiels
Contraintes d'implantation	Contraintes d'implantation sur la STEP	Contraintes d'implantation sur la STEP	Contraintes d'implantation sur le quartier	Contraintes d'implantation sur le quartier
Recettes	Pas de recettes liées à la valorisation des boues Vente de l'énergie biogaz Valorisation des eaux usées traitées en agriculture	Vente d'un Fertilisant N et P Vente de l'énergie biogaz Valorisation des eaux usées traitées en agriculture	Vente d'un Fertilisant N et P Vente de l'énergie biogaz (supérieur) Valorisation des eaux usées traitées en agriculture	Vente d'un Fertilisant N et P Vente de l'énergie biogaz (supérieur) Valorisation des eaux grises traitées en ville

Tableau 9 : Comparaison STEU existante / cas-types nouvelle filière sur les critères d'organisation et de contraintes d'implantation et les recettes potentielles (valorisation des fertilisants, énergies et eaux grises)

En appliquant une notation de 1 à 3 selon les critères, la comparaison des 3 cas-types, dans le cas d'étude (697 habitants et STEU de 57 000 EH) est donnée sur le graphique suivant.

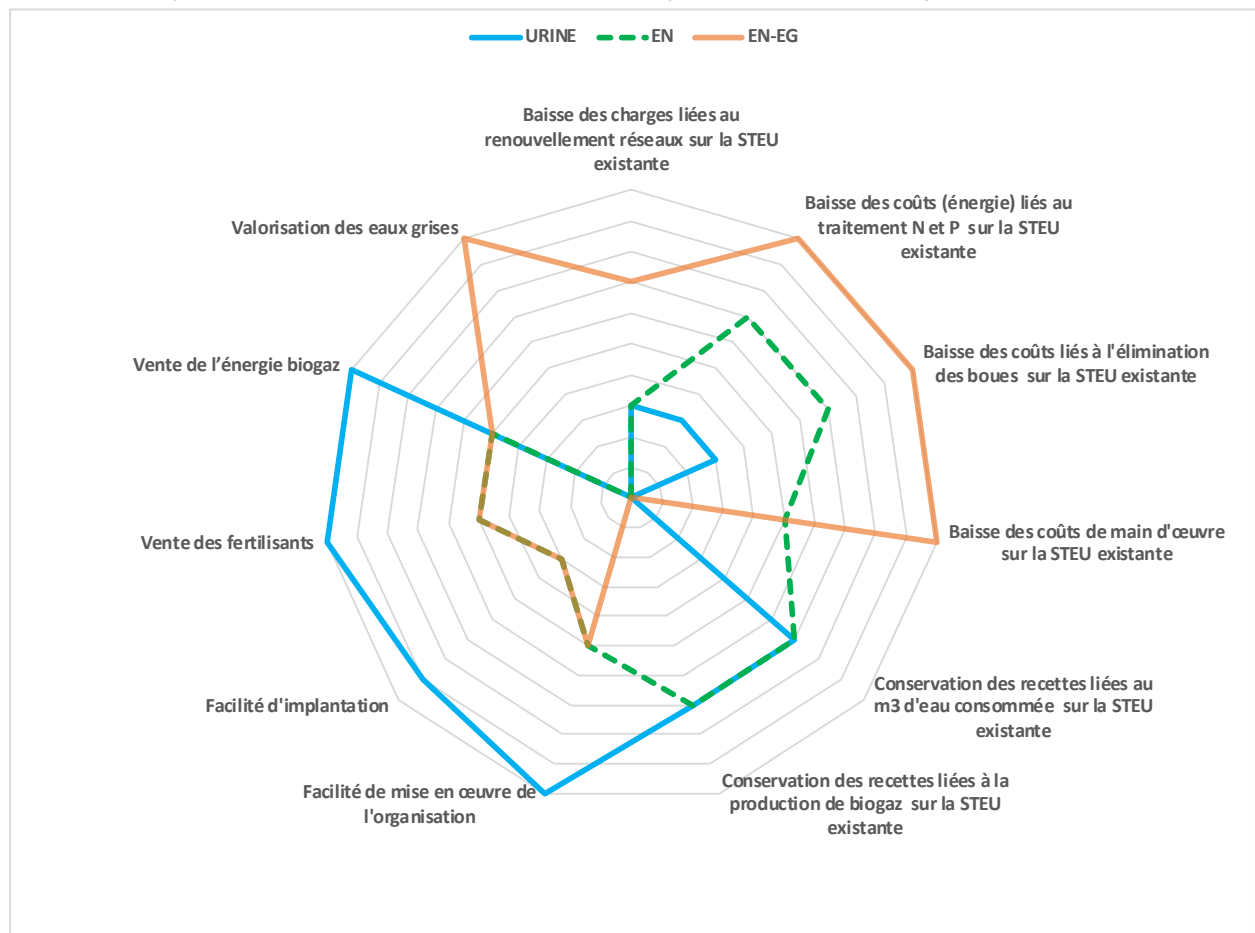


Figure 13 : Comparaison des 3 cas-types sur des critères économiques, d'organisation et de contraintes d'implantation, et les recettes potentielles vis-à-vis de la STEU existante

Le scénario URINE dont le traitement des urines et des eaux brunes est centralisé sur la STEU, l'impact sur l'existant est peu marqué, alors que pour le scénario EN-EG, totalement décentralisé les impacts positifs sur la STEU sont marqués (baisse des charges) comme les impacts négatifs (baisse des recettes liées à la vente d'énergie notamment).

Concernant les autres critères, hormis celui sur la valorisation des eaux grises, le scénario URINE est noté plus favorablement.

Enfin, dans une perspective de changement du système, « la mise en œuvre des nouvelles filières passera par un changement systémique en comparaison une optimisation unique du système conventionnel. » (Zimmerman, 2018), des premières pistes d'identification des problématiques et les questions posées aujourd'hui ont été produites.

Le tableau ci-dessous, loin d'être exhaustif, liste dès à présent les points de vigilance.

Etapes	Type de Mission	Problématique / Questions posées
Collecte habitation	Investissement	Intérieur de l'habitation : Promoteur/Particulier De l'habitation à la boîte de branchement : Promoteur/Particulier ? Collectivité ? Boîte de branchement / Traitement : Collectivité
Collecte habitation	Contrôle qualité des équipements	Label Qualité installateur? Contrôle à l'installation ?
Collecte habitation	Maintenance des installations	Prestation de service Opérateur qualifié Obligation (type Ramonage chaudière ?)
Collecte habitation	Contrôle Qualité des effluents (% eau, sensibilité polluants...)	Aucun (à l'instar des déchets) ? A quel niveau ? quelle fréquence ? à voir selon la sensibilité des traitements Contrôle/ déviation des intrants pollués entrée traitement ?
Transport	Maintenance des réseaux	Inclus dans la redevance de traitement (voir Traitement)
Traitement	Investissement Nouvelle Filière	Collectivité ? Tiers investisseur ? Différence entre les scénarios partiellement et 100% déconnectés du réseau d'assainissement
Traitement	Implantation	Réglementation (ICPE ?, Loi sur l'eau ?) Distance au tiers (stockage gaz, bruit etc)
Traitement	Exploitation Nouvelle Filière	Régie/Marché public idem actuellement

		Rapport Annuel d'exploitation, performances
Traitement	Redevance	<p>Prestation de service €/andu fait de l'absence de lien avec la consommation d'eau potable</p> <p>Identification des usagers – contractualisation spécifique</p> <p>Facturation différenciée selon utilisation ou non du réseau d'assainissement pour les scénarios URINE et BW (prestation de service en €/an + €/m3 eau potable)</p>
Valorisation sous-produit	Fertilisant	<p>Valorisation d'un produit, sortie du statut de déchets et AMM nécessaire</p> <p>Identification des marchés : fertilisant azotés ou fertilisant azotés, phosphatés, matière organique</p> <p>Réglementation Stockage / Transport à définir</p>
Valorisation sous-produit	Energie	<p>Raccordement électrique : distance au poste électrique à limiter</p> <p>Valorisation thermique sur réseaux de chaleur : anticipation des projets nécessaire</p>

Tableau 10 : Identification des problématiques sur les différentes étapes de la nouvelle filière

5 ANNEXE : SEMINAIRE « LA SEPARATION DES EFFLUENTS A LA SOURCE : L'ASSAINISSEMENT DU FUTUR ? »

5.1 Synthèse

Le séminaire, s'est déroulé à Toulouse, le 27 novembre 2018, dans les locaux de l'Agence de l'eau Adour Garonne. Ce séminaire a rassemblé 61 personnes de divers horizons,

Le programme de la journée a été bâti autour des résultats des travaux des partenaires du projet DESIGN complété par le retour d'expérience suisse (EAWAG) et des collectivités et les agences de l'eau françaises s'intéressant à cette filière (SIAAP, Toulouse Métropole, Ville de Paris, Agence de l'eau Adour Garonne, Agence de l'eau Seine Normandie).

Au total 9 présentations orales ont été réalisées et une table ronde finale a été l'occasion d'échanges fructueux et notamment d'identifier les obstacles et leviers pour le développement de cette filière :

- La multiplicité des options apporte de la complexité
- La nécessité d'un modèle économique clair et de la coordination des acteurs, avec notamment l'intégration des aménageurs dans la réflexion (co-design)
- La question de la prise en charge et de la limite de ce qui ressort du domaine public et privé
- La crise de légitimité des acteurs en place
- La déconnexion des humains avec leurs matérialités mais leur nécessaire implication pour changer les modes opératoires
- Nécessité d'identifier la plus-value pour les usagers et mettre en forme l'expérience quotidienne et les enjeux globaux à l'instar de ce qui est réalisé avec le déchet (tri à la source) et pouvoir sortir cette thématique du champ de l'invisibilité (tout à l'égout).

Colloque Programme

La séparation des effluents urbains à la source : l'assainissement du futur ?

Mardi 27 novembre 2018 de 9h à 17h
à l'Agence de l'eau Adour-Garonne, 90 Rue du Fétré - Toulouse

Comment rendre notre mode de traitement des eaux usées plus durable alors que le « tout à l'égout » montre ses limites. Chercheurs, urbanistes, aménageurs, gestionnaires de stations d'épuration, bureaux d'études... s'intéressent à la « séparation des effluents à la source », solution qui fait partie des alternatives possibles.

8h30 Accueil

9h00 Ouverture

Pourquoi Interroger aujourd'hui notre gestion des effluents urbains ?

- Guillaume Choisy, Directeur Agence de l'eau Adour-Garonne
- Mathieu Spérendo, Professeur, LISBP - INSA Toulouse

9h30 > 10h00 Les enjeux environnementaux

Économiser l'eau, recycler les nutriments, fertiliser les cultures, réduire les émissions de gaz à effet de serre, préserver les milieux naturels

- Fabien Esculier, Laboratoire eau environnement et systèmes urbains (EESU)

10h00 > 10h45 Un assainissement de qualité au meilleur coût ? Les collectivités au défi

Témoignages :

- Jean-Henri Tabuchi, SIAAP - Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne, Direction de la Stratégie Territoriale
- Estelle Boucard, Toulouse Métropole, Cycle de l'Eau
- Soclema O'Hara, Agence de l'eau Adour Garonne, Service public de l'eau et des entreprises
- Jean-Henri Pruost, Agence de l'eau Seine Normandie

11h00 > 11h30 Le point de vue des britanniques

Urbanistes, aménageurs, promoteurs, architectes...

- Jean-Christophe AGUAS, Le Sommeir Environnement, recherche et prospective

11h30 > 12h15 Tout d'Europe

Helsinki, Amsterdam, Stockholm...

Voyage dans ces quartiers européens où les effluents sont séparés à la source

- Etienne Paul, Professeur, LISBP-INSA Toulouse
- Mathilde Hobius, EAWAG - le Water Hub @NEST, une réalisation unique en Europe

Echanges avec les participants

12h15 > 12h30 MUSES : Les enseignements de la mobilisation

Introductions à MUSES, premier outil d'aide à la décision pour les décideurs et gestionnaires

- Mathilde Besson, Chargée de recherche LISBP-INSA Toulouse

12h30 > 14h00 Déjeuner sur place

14h00 > 15h00 S'approprier MUSES

Hypothèses : Forces et limites - Besoins

- Mathilde Besson, Chargée de recherche LISBP-INSA Toulouse

Echanges avec les participants

15h00 > 16h00 Comment faciliter la séparation à la source dans la ville de demain ? Obstacles et opportunités ?

- Leon Ganai, Ville de Paris
- Marina Legrand, anthropologue (EESU)
- Philippe Verrier, Acceptables Avenir

16h00 Synthèse et clôture des travaux

contact : solagro@solagro.asso.fr

Un colloque co-organisé par l'INSA et Solagro

INSA TOULOUSE LISBP SEFGP CIRIS INRA SCIENCE & IMPACT Solagro

En 4 ans, les acteurs historiques de la filière ont fait état d'une augmentation de la communauté d'acteurs et ont mis en avant que la mise en œuvre d'un démonstrateur permettrait d'avancer sur l'ensemble des questions tant technologiques, que réglementaires et sociétales.

Communication : <https://solagro.org/separation-des-effluents-a-la-source-un-colloque-stimulant-40-actu-105>

5.2 Liste des participants


















FEUILLE D'ÉMARGEMENT

















Le 27 Novembre 2018 à l'Agence de l'Eau Adour-Garonne à Toulouse (31)

ORGANISME	INSCRIT	Le 27/11/18	
		SIGNATURES	
		Matin : De 9H00 à 12H30	Après-midi : De 14H00 à 17H00
INSA TOULOUSE	ADOLPHE Luc		
LE SOMMER ENVIRONNEMENT	AGUAS Jean-Christophe		
SUEZ	ANSELME Christophe		
SUEZ	BALBLANC Sophie		
SATESE 31	BARBE Alexandre		
G2C ALTEREO	BARGELE François		
	BELHOUCHE Houcine		
SOLAGRO	BERGER-RUIZ Sylvaine		
LISBP-INSA	BESSIERE Yolaine		
INSA TOULOUSE	BESSION Mathilde		
EPURSCOP SAS	BOUSSARD Bernard		
TOULOUSE MÉTROPOLE	BOUTANT Estelle		
AQUATRON	BUTAC Charles		
MAIRIE DE BLAGNAC	CARNEAU Caroline		
AGENCE FRANCK BOUTTE CONSULTANTS	CHÊNE Loïc		
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE	CHOISY Guillaume		

VEOLIA	CHOLLEY-BERBETT Estelle		
AGENCE COLLART	COLLART Jean-François		
AGENCE ADOCC	CONTI Bernadette		
MAANEO	CORNET François		
	COULOMB Jean		
	COURREGES Hubert		
ADICT-SOLUTIONS	COURTY Stéphanie		
SOLAGRO	COUTURIER Christian	/	/
VUNA SARL	DE CHAMBRIER Nadège		
LIVELY PLANET	DE LA BOUERE Anne		
ADICT-SOLUTIONS	DEPASSE Jérôme		
ITREN	DESMOLLES Matthias		
AQUA-VALLEY	DESMONTS Mylène		
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE	DI MARE Jocelyne		
	DUGUET Jean-Pierre		
	DURONEA Jean-Baptiste		
LEESU	ESCULIER Fabien		
VUNA SARL	ETTER Bastian		
ITREN	GALLIEN Patrice		
VILLE DE PARIS	GARAIX Léon		
CC PAYS DE PONTCHÂTEAU ST-GILDAS-DES-BOIS	GAUTREAU Émilien		
	GILLOT Philippe		
PARTAGE SANTÉ	GIUSTI Martine		
EPURSCOP	GOIX Thierry		
LISBP-INSA TOULOUSE	GONZALEZ SALGADO Irène		

TOULOUSE METROPOLE	GORISSE Jérôme		
AGENCE FRANCK BOUTTE CONSULTANTS	GROLLERON Pauline		
LISBP	GUIGUI Christelle		
EPURSCOP	HOMAN Gérard		
EAWAG	HUBAUX Nathalie		
	HUGUIER Pierre		
	JAULIAC Jean-François		
EGIS	LALIRE Vincent		
MAIRIE PORTET-SUR-GARONNE	LEBASTARD Régis		
CRIT GPTÉ - INSA	LEFEBVRE Xavier		
LEESU	LEGRAND Marine		
ADICT-SOLUTIONS	L'HOSTIS Aurélia		
POLYMEM SA	LORAIN Olivier		
FIRMUS	MAGNES Pierre		
LP JACQUARD	MANIAS Jean-Michel		
INSA TOULOUSE	MATAR Gérald		
	MATVEEVA Galina		
SOLAGRO	MEIFFREN Isabelle		
PIERRE ET TERRE	MEROTTO Christophe		
ECOSEC	MOLLE Geoffrey		
MAIRIE DE BLAGNAC	MOTARD Caroline		
NEREUS WATER	MOTTET Alexis		
OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU	NEVEU Gilles		
SUEZ	OPPENEAU Emmanuelle		
INSA TOULOUSE	PAUL Étienne		
	POINSOT Benoît		

RESILIENCIA	PRECEL Mathieu		
AESN	PRUVOST Jean-Pierre		
TOILETTES & CO	RÉAU Sylvain		
MR ORGANICS	ROES Michaël		
TOULOUSE METROPOLE	ROUILLARD Odile		
TZIC SAS	SECHAUD Thomas		
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE	SOURZAC Ariette		
INSA TOULOUSE	SPERANDIO Mathieu		
CC COUSERAINS PYRÉNÉES	SUBRA Jean-Philippe		
SIAAP	TABUCHI Jean-Pierre		
ACCEPTABLES AVENIRS	VERVIER Philippe		
TERR'EAU	VINCENT-SWEET Stéphanie		
ASSAINISSEMENT VIGNOLES CONSULTING SAS	VIGNOLES Christian		
	VILLALOBOS Jésus		
	Peroche		
	Albasi Clauve	X	
ADICT xmas	DEPASSE Jérôme	X	
VEDLIN PROTON	Thierry PROTON		

P

—

6 BIBLIOGRAPHIE

Brun F., Freins et leviers à l'emploi de fertilisants à base d'urine humaine en agriculture en Ile-de-France, Agrocapi Programme OCAP1 2018.

Caby, A. (2013). Quel intérêt et quelle opportunité de mettre en place une collecte sélective des urines en milieu urbain dense ? Étude sur le territoire du SIAAP. Master Thesis. Ecole des Ponts ParisTech & AgroParisTech.

Domènech, L. (2011). Rethinking water management: From centralised to decentralised water supply and sanitation models. Documents d'anàlisi geogràfica, 57(2), 293-310.

Ebert, B., Schramm, E., Wang, B., & Winker, M. (2019). Governance instruments for optimising source separation in novel urban water systems: the case of cross-connections in urban water systems. Water Policy, 21(2), 412-427.

Eau potable et assainissement : à quel prix ? Rapport CGEDD n° 010151-01, IGA n°16006-15010-01 Marie-Louise SIMONI , François GUERBER, Jean-Pierre NICOL et Pierre-Alain ROCHE (coordonnateur), avec l'appui d'Aurore TUAL, stagiaire au CGEDD, Février 2016.

Ferry, J. Wiert. Coûts de la filière d'utilisation agricole des boues d'épuration municipales. Ingénieries eau-agriculture-territoires, Lavoisier, IRSTEA; CEMAGREF, 2002, p. 59 - p. 69.

Glaas, E., Hjerpe, M., & Jonsson, R. (2018). Conditions Influencing Municipal Strategy-Making for Sustainable Urban Water Management : Assessment of Three Swedish Municipalities. Water, 10(8), 1102.

INRA, IRSTEA, CNRS, Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à l'usage agricole ou forestier, Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques. Synthèse de l'expertise collective, Octobre 2014.

Mcconville, J., Kvarnström, E., Jönsson, H., Kärrman, E., & Johansson, M. (2017). Is the Swedish wastewater sector ready for a transition to source separation?

Rapport SISPEA. (2018). Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement : Panorama des services et de leur performance en 2015, Eau France.

Rapport FP2E/BIPE (2015). Les services publics d'eau et d'assainissement en France : Données économiques, sociales et environnementales. Sixième édition,

Trapp, J. H., Kerber, H., & Schramm, E. (2017). Implementation and diffusion of innovative water infrastructures: obstacles, stakeholder networks and strategic opportunities for utilities. Environmental Earth Sciences, 76(4), 154.

Zimmerman M., Felmeden J., Michel B. (2018). Integrated Assessment of Novel Urban Water Infrastructures in Frankfurt am Main and Hamburg, Germany. Water 2018, 10, 211.