



MASTÈRE SPÉCIALISÉ PAPDD
2012-2013



Quel intérêt et quelle opportunité de mettre en place une collecte sélective des urines en milieu urbain dense ?

Etude sur le territoire du SIAAP.

Mémoire de thèse professionnelle pour le Mastère spécialisé PAPDD

Amandine CABY

Organisme d'accueil

SIAAP

2 rue Jules César 75012 Paris

Correspondant au sein de l'organisme d'accueil :
Jean-Pierre TABUCHI

Sous la direction de:
Jean-Claude DEUTSCH



« Ecole des Ponts ParisTech, AgroParisTech-Engref et le SIAAP n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux thèses et opinions émises dans ce rapport ; celles-ci doivent être considérées comme propres à leur auteur. »

« J'atteste que ce mémoire est le résultat de mon travail personnel, qu'il cite entre guillemets et référence toutes les sources utilisées et qu'il ne contient pas de passages ayant déjà été utilisés intégralement dans un travail similaire. »

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Jean-Pierre Tabuchi, qui m'a proposé cette mission au « sujet exotique », pour reprendre ses propres termes, qui m'a conseillée pendant toute la durée de la mission et éclairée lorsque je me sentais noyée dans les méandres de l'assainissement.

Je remercie également toutes les personnes au SIAAP qui m'ont assistée pendant la mission, Jean-Marc Picard, directeur de la Direction Santé et Environnement pour l'accueil dans son service, et Ronan Nedelec, Yamina Nasri, Emmanuelle Schafer, Gaëlle Montenegro et Georges Le Corre, pour leur collaboration pendant ces quatre mois passés au SIAAP.

Merci à Jean-Claude Deutsch pour le temps passé, les conseils et l'aide accordée pour la rédaction de ma thèse professionnelle.

Un grand merci à toutes les personnes qui m'ont accordé un peu de leur temps pour un entretien, souvent très enrichissant, et à toutes les personnes que j'ai rencontrées au cours de cette mission et qui ont pu contribuer d'une manière ou d'une autre à m'apporter des connaissances sur le sujet ou sur l'assainissement en général.



Atqui e lotio est !

Et pourtant c'est de l'urine !

Réplique de l'empereur Vespasien à son fils Titus. Titus reprochait à son père le ridicule de la récupération de l'urine auprès du peuple, revendue ensuite aux tanneurs (ils utilisaient l'urine pour dégraisser les peaux). Celui-ci lui aurait mis sous le nez la première récolte d'argent obtenue par cet impôt, en lui demandant si cela sentait. Titus dut admettre ne rien sentir. Pourtant, l'argent provenait de la revente de l'urine récoltée !

C'est de là que viendrait également le proverbe « L'argent n'a pas d'odeur » (pecunia non olet).

Résumé

L'assainissement « tout tuyau » tel qu'il existe depuis 150 ans est remis en cause aujourd'hui par les enjeux d'épuisement de ressources naturelles non renouvelables et de protection des milieux aquatiques. Des techniques alternatives à la gestion des eaux usées doivent être étudiées, comme cela s'est passé pour la gestion des eaux pluviales. Dans ce contexte, le SIAAP s'intéresse à l'une d'entre elles : la mise en place d'une politique de collecte sélective des urines. Il a voulu en évaluer l'intérêt et les potentialités. Cette dernière lui permettrait de gérer de façon durable sans dommage sur l'environnement l'excès d'azote qui, en raison de l'augmentation de la population sur son territoire, arrivera dans ses stations d'ici 2030. En effet, la majorité de l'azote présent dans les eaux usées provient de l'urine humaine. Outre l'avantage pour le SIAAP, l'urine a un intérêt pour la préservation des ressources naturelles puisque sa composition riche en azote et en phosphore est proche de celle des engrais utilisés en agriculture et permet le recyclage de ressources non renouvelables par ailleurs.

La mise en place d'une collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP, donc en milieu urbain dense, suppose l'installation de toilettes à séparation, d'urinoirs sans eau et de citernes de récupération au sein des bâtiments. Les différentes expériences suédoises et suisses montrent que les équipements existent et sont au point. Une combinaison de traitements sera appliquée à l'urine afin de la valoriser dans la limite des technologies disponibles actuellement ou afin de traiter le produit. Règlementairement, il n'existe pas de frein à la mise en place de la collecte sélective des urines. Cependant, des leviers (expérimentation avec un projet-pilote) doivent être actionnés pour inciter les communes à mettre en place une telle collecte. Les urines seraient transportées jusqu'au point de traitement par camions-citernes. Un bilan-carbone du projet montre qu'il est favorable comparé aux travaux d'agrandissement des stations d'épuration actuelles. L'acceptabilité sociale auprès des usagers est plutôt bonne puisqu'une majorité des personnes interrogées sont favorables à la mise en place du dispositif et la valorisation agricole.

Mots-clés : politique publique, ressource, azote, phosphore, urine, toilettes à séparation, acceptabilité sociale, valorisation agricole, bilan-carbone

Abstract

Today, "all-pipe" sanitation, as it has existed for 150 years, is questioned by issues such as non-renewable natural resources depletion and the protection of the environment. Alternative techniques to deal with wastewater have to be studied, as it has been with rain water. In this context, the SIAAP is interested in one of them: urine source separation and wants to study the interest and the potential of it. This technique would allow dealing sustainably and without damage for the environment with the surplus of nitrogen which, because of the population's increase on its area, will arrive in its wastewater treatment plants (WWTP) in 2030. Indeed, most nitrogen in wastewater comes from human urine. In addition to the benefit for the SIAAP, urine has a resource saving interest because its composition, rich in nitrogen and phosphorus, is close to that of the fertilizers used in agriculture and allow to recycle non-renewable resources.

The implementation of selective urine collection on the SIAAP area, so in a densely-populated urban one, supposes the installation of urine-diverting toilets, waterfree urinals and a collection tank in the buildings. The many Swedish and Swiss experiments show that such equipments exist and work. A combination of treatment will be applied to urine to recover it in the limit of present-day available technologies so as to treat it. Regarding legislation, there is no obstacle to implementing urine diversion. However, some levers (experiment with a pilot-project) must be triggered to incite municipalities to start such a collection. The carbon footprint of the project shows that it is favourable compared to current WWTP enlargement works. Social acceptance among users is rather good as the majority of the people questioned are in favour of both this system and agricultural valuation.

Key words : public policy, resource, nitrogen, phosphorus, urine, urine-diverting toilets, social acceptance, agricultural valuation, carbon footprint

Quatre pages

Le système d'assainissement du « tout-à-l'égout », qui a fait ses preuves pendant 150 ans, voit ses limites atteintes aujourd'hui en raison des nouveaux enjeux relatifs à la protection des milieux aquatiques et l'épuisement de ressources naturelles non renouvelables, comme le phosphore.

L'assainissement du futur repose donc sur des techniques alternatives de gestion des eaux usées, dont la collecte sélective des urines fait partie.

Le SIAAP récupère et traite les eaux usées de l'agglomération parisienne, eaux chargées en carbone, en azote et en phosphore, avant de les rejeter dans la Seine, en respectant des teneurs imposées par des directives européennes (directive eaux résiduaires urbaines) et avec l'objectif de l'atteinte du bon état des eaux (directive cadre sur l'eau).

L'azote et le phosphore sont des éléments essentiels pour tout être vivant. Les humains et les animaux obtiennent ces nutriments à partir de la nourriture. Les végétaux puisent le phosphore et l'azote dans le sol et les utilisent pour se développer. Or, même s'ils sont essentiels aux sols et aux végétaux, l'azote et le phosphore peuvent être des polluants pour les eaux si les quantités rejetées dans le milieu aquatique sont très importantes dans un laps de temps donné, et les rejets dans les cours d'eau se sont accentués depuis le développement des grandes agglomérations et de l'agriculture intensive

Avec le développement de l'urbanisation sur le territoire du SIAAP, notamment dans le cadre du Grand Paris, de nombreux projets vont drainer une population nouvelle qui va générer des rejets supplémentaires.

Cependant, les capacités épuratoires des stations du SIAAP, déjà limites actuellement, seront en excès d'azote en 2030, avec un taux de charge de près de 108% au vu des perspectives d'évolution de la population sur le territoire du Grand Paris.

Or, l'urine contient 88% de l'azote contenu dans les eaux grises et 66% de l'azote contenu dans les eaux usées. Ainsi, sortir les urines du réseau d'assainissement classique permettrait de récupérer une partie majeure de l'azote et du phosphore produits par les ménages. Un calcul de la quantité d'azote en excès dans les stations d'épuration du SIAAP (11 tonnes par jour) montre que cela correspond à un million de personnes (un humain rejette 11 g d'azote par jour). Sortir l'urine de ce million de personnes du réseau permettrait de rééquilibrer la composition des effluents arrivant dans les stations du SIAAP. Les projets du Grand Paris se basent notamment sur la création de 70 000 logements par an. Il s'agit donc d'évaluer le nombre de ces logements qui devraient être conçus avec collecte sélective des urines pour arriver au but.

Récupérer l'urine comporte également un autre intérêt majeur. La composition de l'urine étant proche de celle des engrais utilisés en agriculture, la collecte de l'urine permettrait de recycler les nutriments que sont l'azote et le phosphore, dont la production industrielle est consommatrice d'énergie (pour l'azote) ou utilisatrice de ressources non renouvelables et en voie d'épuisement (pour le phosphore).

Le principe de la collecte sélective des urines est d'effectuer la séparation « à la source », c'est-à-dire dès la production et sans mélange avec les matières fécales, d'où l'appellation NoMix. Les urines sont récupérées dans une citerne depuis des toilettes à séparation ou des urinoirs sans eau. Des modèles de toilettes à séparation ont déjà été développés mais présentent encore quelques problèmes techniques, d'où un entretien et une maintenance réguliers nécessaires. La mise en place de la collecte sélective des urines s'inscrit donc de préférence dans des immeubles de bureaux ou des copropriétés gérées par un syndic. De plus, pour le SIAAP, l'intérêt est de se focaliser sur les constructions neuves ou les

grosses réhabilitations, car la mise en place dans de l'existant s'avère compliquée techniquement et coûteuse.

Des retours d'expérience en grand nombre existent de Suède, où la collecte sélective des urines est mise en place dans de nombreuses villes depuis près de vingt ans, et de Suisse où un institut de recherche sur l'eau, l'Eawag, a mené de nombreuses expériences sur la collecte sélective des urines au sein de ses propres locaux. Dans les pays en voie de développement, la mise en place de toilettes sèches permet d'assainir écologiquement dans ces pays où l'eau est rare.

Une fois l'urine récupérée, celle-ci n'est pas valorisable directement en agriculture. Le premier traitement possible pour l'urine alors qu'elle vient d'atteindre la citerne est le stockage, afin d'assurer son hygiénisation. En effet, les principaux risques de transmission de maladies par la manipulation et l'utilisation d'urine humaine relèvent de la contamination croisée de l'urine par les matières fécales et non de l'urine elle-même, celle-ci étant stérile. Une fois hygiénisée, l'urine peut être épandue sur les champs, comme en Suède où cela se pratique beaucoup.

En l'absence d'épandage, il est possible de récupérer les nutriments présents dans l'urine pour une utilisation ultérieure.

Le phosphore peut être récupéré grâce au procédé de précipitation de la struvite ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), processus simple à mettre en œuvre car il ne requiert que peu d'énergie et peu de réactifs à part le magnésium.

L'azote est plus difficile à extraire et peu de procédés sont au point techniquement. Par échange d'ions ou par stripping de l'ammoniac, de l'azote est récupéré mais est difficilement stockable pour une utilisation agricole ultérieure.

A défaut de récupérer l'azote, il est possible de le traiter grâce au procédé traditionnel de nitrification/dénitrification (gourmand en énergie et en matière carbonée comme le méthanol) ou grâce au procédé Anammox qui consomme moins d'énergie et aucune source externe de carbone.

Se pose néanmoins la question des micropolluants organiques dans les urines puisque 70% des produits pharmaceutiques sont en effet excrétés dans l'urine. Afin d'éliminer une grande partie des micropolluants, différents traitements sont possibles comme l'électrodialyse ou la nanofiltration mais des études complémentaires doivent encore être menées pour savoir ce que l'on retrouve réellement dans l'eau. Certains experts remettent également en cause le risque réel des résidus médicamenteux en cas d'utilisation agricole. En effet, ces éléments se retrouvent à l'état de trace et sont adsorbables par certains végétaux capables de biodégrader ces éléments. Le fumier issu des excréments animaux contient également des résidus médicamenteux dans des quantités qui égalent ou dépassent les teneurs retrouvées dans l'urine humaine et est pourtant épandu.

Dans l'attente de développement de techniques permettant de récupérer l'azote, il est possible de récupérer dans un premier temps le phosphore, afin de recycler cet élément devenu rare.

Afin de mettre en place la collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP, outre le volet technique, il est nécessaire de s'interroger sur les différents leviers réglementaires disponibles actuellement.

L'assainissement en France et dans l'Union européenne est régi par plusieurs textes.

La Directive n° 91/271 du 21/05/91 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines (dite DERU) fixe les teneurs en polluants des rejets sortant des stations d'épuration. La directive cadre sur l'eau n°2000/60/CE, dite DCE, impose en Europe des objectifs de qualité pour les masses d'eaux de surface et souterraines. Les eaux doivent respecter le principe de « bon état » écologique et chimique d'ici 2015 (avec possibilités de dérogation), le « bon état » étant évalué au regard des caractéristiques physico-chimiques et du fonctionnement écologique de la masse d'eau. La loi n°2006-1772 du 30

décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) vient transposer dans le droit français les objectifs de la DCE.

Malgré quelques textes concernant des dispositions alternatives permettant de traiter les eaux usées, globalement, en termes de législation européenne ou française, beaucoup reste à faire.

Du fait de l'absence de raccord au réseau collectif, la collecte sélective des urines pourrait être considérée comme relevant de l'assainissement non collectif. Or, s'agissant d'une collecte et d'un traitement publics, elle ne rentre pas dans cette catégorie. Elle ne relève pas non plus de l'assainissement collectif dans la mesure où elle ne passe pas par un réseau public. Un vide juridique subsiste donc sur ce point.

Contrairement au reste de la France où les communes sont compétentes pour recueillir, transporter et traiter les eaux usées, l'organisation est différente en Ile-de-France où les communes et départements assurent la collecte des eaux usées que le SIAAP transporte ensuite vers ses usines d'épuration. Le SIAAP n'est donc pas compétent en matière de zonage d'assainissement (compétence des communes) et que partiellement en matière de réglementation d'assainissement. Il ne peut pas contraindre les communes à imposer la collecte sélective des urines sur leur territoire. Ainsi, au-delà de l'intérêt technique pour le SIAAP de sortir des urines du réseau d'assainissement, il est important d'insister sur l'aspect environnemental du développement d'un tel système. Mettre en place une expérimentation sur un projet-pilote pourrait servir de démonstration pour inciter les communes (les élus comme les citoyens) à s'intéresser à ce système.

Dans l'attente, l'étude du cas concret de la ZAC Clichy-Batignolles apporte quelques premiers éléments de réponse. Bien que ce projet prévoie un raccordement des eaux usées sur le réseau d'assainissement, il a été étudié le transport des urines de leur point de collecte jusqu'à leur lieu de traitement ou de valorisation par camion-citerne.

En étudiant plusieurs scénarii sur la ZAC, il apparaît qu'afin d'optimiser le passage des camions-citernes dans le quartier, il est nécessaire de regrouper plusieurs immeubles entre eux et de mutualiser la cuve de récupération des urines pour organiser une collecte régulière et limiter les nuisances pour les riverains. L'extrapolation des résultats de cette étude au million d'habitants conduit à collecter 1500 m³ d'urine par jour, soit un trafic de 150 camions par jour, soit encore un camion pour 6600 habitants. Cette étude du nombre de camions nécessaires complétée par un bilan-carbone de l'opération indique dans quelle mesure la collecte, le transport et le traitement/valorisation des urines n'est pas plus dommageable pour l'environnement que l'agrandissement des stations d'épuration actuelles pour traiter l'excédent d'azote.

Les objectifs de TOL en logement par an (Territorialisation de l'Offre de Logement) montrent que les logements neufs vont être principalement situés dans le Nord-Ouest et au Sud de Paris. Sur le territoire du SIAAP, cela correspond à environ 50 000 logements neufs par an. Ce nombre est potentiellement compatible avec l'objectif de sortir par jour 11 tonnes d'azote du système d'assainissement classique. Etant données les restrictions en termes de foncier disponible, les sites de traitement et de valorisation des urines seront sur les sites existants du SIAAP en petite couronne.

L'une des critiques de la collecte des urines par camion est l'aspect négatif du bilan-carbone du transport de camion vis-à-vis d'un agrandissement des stations d'épuration du SIAAP. Or, en comparant les émissions des immobilisations, de la consommation de réactifs et d'énergie de l'agrandissement de la station de Seine Aval en l'absence de collecte sélective des urines, aux émissions du transport et du traitement des urines en cas de collecte sélective, on remarque que les volumes beaucoup plus faibles et concentrés de l'urine permettent de limiter fortement les émissions pour les immobilisations et donc entraînent un bilan-carbone favorable à la collecte sélective des urines. En effet, les camions-citernes devraient parcourir jusqu'à 1000 km par jour environ pour d'égaliser les émissions de l'agrandissement de Seine Aval.

Si l'acceptabilité environnementale d'un tel projet est démontrée, il convient de s'assurer de son acceptabilité sociale. Ainsi, avant de mettre en place une politique publique de cette ampleur, il est intéressant d'avoir une idée à l'avance de la perception que va avoir le public de cette nouveauté et de l'utilisation qu'il va en faire, afin que la compréhension et l'adhésion soient les meilleures possibles.

On constate une distance entre les personnes et les matières fécales. Pourtant, quand on regarde l'Histoire, pendant très longtemps et jusqu'à récemment, les excréments ont été utilisés (principalement en agriculture).

Des retours existent là où la collecte sélective des urines a été mise en place. Les retours sont plutôt positifs malgré un changement des habitudes à prévoir, notamment concernant la nécessité de s'asseoir sur les toilettes (pour les hommes comme pour les femmes) afin d'optimiser la récupération de l'urine.

A Eawag en Suisse, une étude a consisté à passer en revue les travaux sur l'acceptabilité, y compris la réutilisation de l'urine humaine comme engrais, de 33 projets de séparation d'urine dans sept pays d'Europe du Nord ou centrale avec plus de 2700 personnes interrogées. La technologie de séparation des urines est bien acceptée : environ 80% des utilisateurs aiment l'idée, 75 à 85% sont satisfaits du design, de l'hygiène, de l'odeur et du confort des toilettes à séparation, 85% pensent que l'utilisation d'urine comme engrais est une bonne idée et 70% seraient prêts à acheter des légumes fertilisés à l'urine.

Un sondage a également été réalisé au cours de cette mission professionnelle auprès de 84 personnes pour connaître l'acceptabilité sociale de la mise en place de la collecte sélective des urines en France. Les résultats confirment ceux de l'Eawag puisque près de 89 % des personnes interrogées seraient tout à fait ou probablement prêtes à utiliser des toilettes à séparation au travail, 69% à domicile et 85% dans un lieu public. 63% pensent qu'utiliser l'urine comme engrais est une bonne idée.

Le développement d'une nouvelle technologie, notamment dans le domaine du développement durable, constitue souvent pour les entreprises une opportunité pour mettre en avant des arguments commerciaux. Cependant, des réticences existent encore auprès des professionnels quant à la mise en place de la collecte sélective des urines surtout au niveau des coûts que cela pourrait impliquer.

L'intérêt est bien la valorisation car des expériences ont montré que les différentes parties prenantes ont des difficultés à s'impliquer dès lors qu'il n'y a pas un intérêt à récupérer. La collecte sélective des urines dépend de l'installation et surtout du maintien en fonctionnement des toilettes à séparation dans les bâtiments et donc de la motivation des usagers et des propriétaires à voir l'intérêt de la collecte.

Pour inciter à la mise en place de la collecte sélective des urines, plusieurs problématiques peuvent être abordées. Peut-on imaginer qu'une telle politique publique puisse être appliquée localement (sur le territoire du SIAAP par exemple) sans être validée au niveau national et sans être intégrée dans une politique plus large (bâtiment HQE, politique de l'eau, ...) ?

A nouveau, l'idée de mettre en place un projet-pilote afin de mesurer les impacts et pouvoir présenter des résultats concrets apparaît donc pertinente.

Table des matières

INTRODUCTION	13
1 ^{ERE} PARTIE : LES ENJEUX.....	15
I) LA COLLECTE SELECTIVE DES URINES S’INSCRIT DANS UN CONTEXTE D’EPUISEMENT DES RESSOURCES NON RENOUVELABLES ET DE PROTECTION DES MILIEUX NATURELS	15
II) L’AUGMENTATION DE LA POPULATION REMET EN CAUSE LES CAPACITES EPURATOIRES DES STATIONS ..	19
III) SORTIR LES URINES D’UNE PARTIE DES HABITANTS PERMETTRAIT DE PALLIER LES PROBLEMES D’EXCES D’AZOTE ET DE RECUPERER DU PHOSPHORE	21
IV) SYNTHESE DES ENJEUX	26
2 ^{EME} PARTIE : ASPECT COLLECTE.....	27
I) LA SEPARATION DES URINES « A LA SOURCE »	27
II) RETOURS D’EXPERIENCE	28
III) QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LE SIAAP ?.....	34
3 ^{EME} PARTIE : ASPECT TRAITEMENT.....	37
I) HISTORIQUE DE LA REUTILISATION DES EXCRETAS	37
II) LE STOCKAGE	38
III) LA RECUPERATION DES NUTRIMENTS POUR VALORISATION AGRICOLE	39
IV) LE TRAITEMENT DES URINES	43
V) LES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES	45
VI) LES MICROPOLLUANTS MINERAUX.....	46
VII) UNE COMBINAISON VALORISATION PARTIELLE ET TRAITEMENT PERMET DE GERER LES URINES	46
4 ^{EME} PARTIE : ASPECT REGLEMENTAIRE.....	49
I) LES TEXTES REGLEMENTAIRES FRANÇAIS ET EUROPEENS SUR L’ASSAINISSEMENT	49
II) LA DIFFICILE CLASSIFICATION DE L’URINE	50
III) DE QUELS OUTILS DISPOSENT LES COMMUNES ?	53
IV) COMMENT INSTAURER LA MISE EN PLACE DE LA COLLECTE SELECTIVE DES URINES ?	54
5 ^{EME} PARTIE : ASPECT ENVIRONNEMENTAL.....	57
I) LA PROBLEMATIQUE ET LE CHOIX DE L’EVACUATION DES URINES.....	57
II) LA COLLECTE PAR CAMION AU NIVEAU DU QUARTIER	59
III) LE BILAN-CARBONE RELATIF A LA COLLECTE ET AU TRAITEMENT DES URINES EST PLUTOT POSITIF ...	63
6 ^{EME} PARTIE : ASPECT ACCEPTABILITE SOCIALE.....	67
I) ASPECT THEORIQUE DE L’ACCEPTABILITE SOCIALE	67
II) LE REGARD DES UTILISATEURS	69
III) LE REGARD DES PROFESSIONNELS.....	71
IV) LES INGREDIENTS DE LA RECETTE.....	71
CONCLUSION	73
BIBLIOGRAPHIE	75
ANNEXES	79

Liste des figures

Figure 1 : Le cycle de l'azote et du phosphore (Lanoë 2009).....	15
Figure 2 : Eutrophisation d'un cours d'eau - Source : "eutrophisation des cours d'eau du bassin de la Seine" programme Piren-Seine n°6.....	17
Figure 3 : Elimination biologique de l'azote (Degrémont-Suez 2005).....	19
Figure 4 : Composition des eaux usées domestiques (Berne 2008).....	22
Figure 5 : Carte des ouvrages du SIAAP - Source : siaap.fr.....	23
Figure 6 : Principe de fonctionnement d'un WC à séparation – Source www.les-toilettes-seches.fr/...	27
Figure 7 : Principe de récupération de l'urine (EcoSanRes 2006).....	27
Figure 8 : Différents modèles de toilettes à séparation : à gauche le modèle de Roediger, à droite celui de Gustavsberg. Source : www.green-talk.com.....	28
Figure 9 : Tuyau bouché par la struvite (Eawag 2007).....	28
Figure 10 : Carte de la Suède, les points rouges représentant les lieux de collecte sélective des urines (EcoSanRes 2006).....	29
Figure 11 : Tanum (EcoSanRes 2006).....	29
Figure 12 : Küllon (EcoSanRes 2006).....	29
Figure 13 : Traitement des eaux usées à GIZ (phase 1 réalisée uniquement pour l'instant) (GTZ 2009).....	31
Figure 14 : Toilette à séparation pour les patients (crédit personnel).....	32
Figure 15 : Cuves de stockage de l'urine décontaminée (crédit personnel).....	32
Figure 16 : Principe des toilettes à séparation portatives japonaises (Yoshihisa 2011).	33
Figure 17 : Arrosage de culture à l'urine (EcoSanRes 2011).....	34
Figure 18 : Toilettes à séparation d'urine au Burkina Faso (EcoSanRes 2006).....	34
Figure 19 : Vidange d'une fosse mobile en 1820 (Bellanger 2010).....	38
Figure 20 : Exemple de citerne (EcoSanRes 2006).....	38
Figure 21 : Comparaison entre consommation d'engrais azotés et les apports potentiels par les urines dans différents pays (1993).....	40
Figure 22 : Taux potentiels de couverture par les apports d'azote urinaire.....	40
Figure 23 : Comparaison entre consommation d'engrais phosphorés et les apports potentiels par les urines dans différents pays (1993).....	40
Figure 24 : Taux potentiels de couverture par les apports de phosphore urinaire.....	40
Figure 25 : Epanchage de l'urine en Suède (EcoSanRes 2006).....	40
Figure 26 : Grande citerne de stockage de l'urine en Suède (EcoSanRes 2006).....	41
Figure 27 : Schéma de principe du "MAP reactor" (Saniresch 2012).....	42
Figure 28 : Schéma de principe du stripping de l'ammoniac (Larsen et al. 2013).....	43
Figure 29 : Procédé classique de traitement de l'azote (Lesavre 2010).....	44
Figure 30 : Procédé Anammox du traitement de l'azote (Lesavre 2010).....	44
Figure 31 : Carte de territorialisation de l'offre de logement sur le territoire du SIAAP (crédit personnel).....	58
Figure 32 : Regroupement des ilots.....	61
Figure 33 : Regroupement des ilots pour collecte tous les 7 jours.....	62
Figure 34 : Modèle du comportement planifié (Ajzen 1991) (Lefevre & Ernt-Vintila 2013).....	67
Figure 35 : Seriez-vous prêt à utiliser les toilettes à séparation au travail ?.....	70
Figure 36 : Seriez-vous prêt à utiliser les toilettes à séparation à domicile ?.....	70
Figure 37 : Seriez-vous prêt à utiliser les toilettes à séparation dans un lieu public ?.....	70
Figure 38 : Trouvez-vous qu'utiliser l'engrais à base d'urine est ... ?.....	70

Liste des tableaux

Tableau 1 : Chiffres de l'augmentation de la population francilienne de 1999 à 2009 - source Prolog (révision du Schéma Directeur d'Assainissement du SIAAP en cours).....	20
Tableau 2 : capacité de traitement, charges appliquées et taux de charge en 2011 – Source SIAAP ...	21
Tableau 3 : capacité de traitement, charges appliquées et taux de charge en 2030 – Source SIAAP ...	21
Tableau 4 : composition de l'urine (Maksimovic et al. 2001)	22
Tableau 5 : population sur le territoire du SIAAP en 2009 et 2030 - Source Prolog	23
Tableau 6 : capacité épuratoire 2011 et 2030 et charges appliquées 2011 - Source SIAAP	24
Tableau 7 : Equivalent-Habitant du NTK suivant la station	24
Tableau 8 : charges appliquées de NTK dans les stations en 2030 en fonction des scenarii	24
Tableau 9 : surcharge en entrée de station en fonction des scenarii.....	25
Tableau 10 : population que représente la charge d'azote en trop en fonction des scenarii	25
Tableau 11 : Les différentes techniques de traitement des urines (Maurer et al. 2006).....	48
Tableau 12 : Répartition et plan-masse de la ZAC Clichy-Batignolles (SPLA Paris Batignolles Aménagement)	60
Tableau 13 : Volume collecté pour 7 jours et taille de la cuve	61
Tableau 14 : Volume d'urine avec regroupement des ilots.....	62
Tableau 15 : Volume d'urine avec regroupement des ilots pour collecte tous les 7 jours.....	62

Liste des annexes

ANNEXE I : RESULTATS DU SONDAGE.....	79
--------------------------------------	----

Introduction

L'assainissement désigne l'ensemble des moyens de collecte, de transport et de traitement d'épuration des eaux usées et des eaux pluviales avant leur rejet dans les rivières ou dans le sol (définition Actu-Environnement.com). Les eaux usées produites par les ménages sont composées du mélange des eaux grises, issues des lavabos, du lavage du linge et des douches, et des eaux noires, issues des toilettes. Si les eaux grises ne sont pas potables, elles nécessitent tout de même un traitement moindre vis-à-vis des eaux noires qui, chargées en urine et en matières fécales, contiennent différentes substances polluantes plus ou moins difficiles à éliminer, dont des germes pathogènes et des produits toxiques.

En France, depuis 150 ans, les réseaux d'assainissement sont conçus selon le principe d'« évacuer le plus loin possible et le plus vite possible les eaux de toute nature ». Ainsi, à Paris, pendant la période des grands travaux d'amélioration de la capitale lancés par Haussmann, l'ingénieur Belgrand est chargé d'étudier l'assainissement de Paris et va opter pour le tout-à-l'égout, avec pour principe l'évacuation loin de Paris des eaux pluviales et des eaux usées dans un réseau unitaire (Azzout *et al.* 1994). Les réseaux seront suffisamment dimensionnés tant que l'augmentation de la population et des activités humaines reste modérée. Après les guerres mondiales, l'urbanisation va s'accélérer et les rejets d'eaux usées vont augmenter considérablement entraînant la détérioration de la qualité des milieux récepteurs.

Actuellement, la construction et le dimensionnement d'ouvrages traditionnels plus performants permettent de traiter ces eaux afin de rejeter au milieu naturel une eau de qualité compatible avec ce dernier. Les boues issues du traitement sont généralement valorisées car elles contiennent des éléments nutritifs qui peuvent être réutilisés en agriculture.

Cependant, la population continuant d'augmenter, les moyens financiers nécessaires à l'agrandissement des stations d'épuration ne peuvent être mobilisés indéfiniment par les collectivités locales, obligeant ces dernières à se tourner vers d'autres stratégies et **remettre en question la gestion centralisées des eaux et le tout-à-l'égout** (d'ailleurs, la loi sur l'eau de 2006 a supprimé le terme « tout-à-l'égout » de son corps de texte).

En assainissement pluvial, une recherche d'alternatives à l'assainissement classique a déjà eu lieu pour limiter les rejets de flux importants d'eaux pluviales au réseau. C'est ainsi que sont apparues les techniques alternatives. L'idée est de **décentraliser** ces flux en redonnant aux surfaces sur lesquelles se produisent le ruissellement un rôle de régulateur fondé sur la rétention et l'infiltration des eaux de pluie. Ces techniques, qui ont vu le jour il y a 30 ans, sont maintenant bien ancrées dans les usages.

Pour les eaux usées, la démarche est donc la même. Il s'agit de voir quelles sont les **techniques existantes alternatives** à l'assainissement classique permettant de limiter le rejet des eaux usées.

En particulier, pour les eaux noires qui représentent 1% du volume des eaux usées, on peut se demander l'intérêt de les diluer aux autres eaux. En effet, en récupérant les excréta « à la source », c'est-à-dire sans eau et sans rejet dans le système d'assainissement que l'on pourrait qualifier de « traditionnel », les stations d'épuration n'auraient plus qu'à traiter les eaux grises, surtout savonneuses et légèrement souillées. Les eaux noires, contenant urine et matières fécales, sont en plus riches en nutriments (azote, phosphore) et pourraient se substituer aux engrais chimiques, consommateurs de ressources non renouvelables et d'énergie.

La recherche de techniques alternatives à la gestion des eaux noires s'inscrit dans deux contextes :

- la protection des milieux naturels aquatiques
- l'épuisement de ressources non renouvelables : le phosphore

Motivées par ces deux enjeux, des initiatives existent déjà pour trouver de nouvelles solutions à l'assainissement de demain des excréta humains. Le réseau EcoSan (pour Ecological Sanitation, soit assainissement écologique en français), qui regroupe la grande majorité des organismes mondiaux de l'assainissement écologique, travaille beaucoup auprès des pays en voie de développement qui, en raison du manque d'eau et de moyens, ne peuvent mettre en place un réseau collectif d'assainissement. Mais EcoSan se préoccupe également de la collecte sélective des excréta dans des pays européens, en s'appuyant sur des initiatives en Suède, en Allemagne ou en Suisse.

Cependant, les solutions étudiées par le réseau EcoSan ont surtout trait à la mise en place en milieu rural et peu en milieu urbain dense, du fait justement de la densité de la population et de la difficile organisation d'un tel système à l'échelle des quartiers urbains et des immeubles en copropriété.

En France, peu d'initiatives ont vu le jour. Néanmoins, l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France dans le cadre d'un groupe de travail avec la Direction Générale de la Santé planche actuellement sur la rédaction d'un guide de bonnes pratiques pour l'utilisation de toilettes sèches. L'objectif de l'ARS IdF est de limiter les rejets dans la Seine des matières fécales, riches en agents bactériologiques.

Le SIAAP, Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne, est la collectivité chargée de collecter en fin de parcours et de traiter les eaux usées de l'agglomération parisienne. Il s'intéresse aux changements environnementaux susceptibles d'avoir une influence sur son bon fonctionnement et notamment aux solutions au problème de la pollution azotée. En effet, le traitement des eaux grises et des matières fécales ne pose pas de problème pour le SIAAP, en revanche, l'azote est le facteur limitant des stations d'épuration car le traitement est complexe et coûteux en énergie et réactifs. L'azote, bien qu'essentiel en agriculture est un polluant pour l'eau, au même titre que le phosphore. Or, l'urine contient un peu plus de 60% de l'azote des eaux usées.

Le SIAAP se pose la question de la collecte sélective des urines en tant que technique alternative à l'assainissement classique, en particulier en milieu urbain dense où les volumes potentiels à récolter seront importants. En effet, de toutes les techniques alternatives existantes concernant les eaux noires, c'est celle concernant la récupération des urines qui est la plus aboutie actuellement.

Ainsi, la mise en place de la collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP dans les bâtiments neufs doit être étudiée pour voir l'opportunité technique, écologique et sociale de ce système alternatif. La récupération des matières fécales n'est pas abordée car leur traitement sur les stations d'épuration du SIAAP ne pose pas de difficultés et les réalisations techniques en milieu urbain sont loin d'être développées pour l'instant. En revanche, la collecte sélective des urines n'est pas un sujet nouveau en Europe, et des réalisations existent.

Après une description plus poussée des enjeux liés à la collecte sélective des urines, il sera abordé la manière de mettre en œuvre les installations techniques au sein des bâtiments, puis de mettre en place un protocole de valorisation et de traitement des urines, d'évaluer comment cette politique publique pourrait s'insérer au sein du paysage réglementaire actuel, quels seraient ses impacts en termes de bilan-carbone et enfin de connaître l'acceptabilité des différentes parties prenantes à l'instauration de ce système. En raison du manque de données à ce sujet, l'aspect économique de la mise en place de la collecte sélective des urines ne sera pas abordé dans ce rapport.

La mise en place de cette politique publique répond à une problématique de développement durable dans la mesure où on retrouve les trois piliers le composant :

- pilier environnemental puisque l'objectif est la protection des milieux récepteurs, la limitation du recours aux énergies fossiles et aux ressources non renouvelables, et la diminution de la fabrication d'engrais chimiques industriels,
- pilier économique avec l'objectif de réaliser des économies sur les coûts de traitement des eaux usées et les coûts de fabrication d'engrais chimiques industriels,
- pilier social avec l'adhésion et l'acceptabilité des différentes parties prenantes.

1^{ère} partie : Les enjeux

Ou comment sortir l'urine du réseau d'assainissement peut permettre d'améliorer les capacités épuratoires des stations, capacités remises en cause par les enjeux de développement durable et d'augmentation de la population.

I) La collecte sélective des urines s'inscrit dans un contexte d'épuisement des ressources non renouvelables et de protection des milieux naturels

A) L'azote et le phosphore sont des ressources rares, à valoriser

L'azote et le phosphore sont des éléments essentiels pour tout être vivant. Les humains et les animaux obtiennent ces nutriments à partir de la nourriture. Les végétaux obtiennent le phosphore et l'azote du sol et les utilisent pour se développer.

L'azote est présent naturellement dans l'air sous forme de N_2 et dans le sol, résultant de la fixation de l'azote atmosphérique par certains végétaux. Le phosphore au contraire est issu d'un minéral et est non-renouvelable.

Le cycle simplifié de l'azote et du phosphore est le suivant (Lanoë 2009).

Les minéraux présents dans le sol sont captés par les végétaux, ces végétaux étant eux-mêmes consommés par l'homme et les animaux. Puis, ces minéraux se retrouvent dans les déjections de l'homme et des animaux et sont épandus dans les champs pour servir à nouveau à la croissance des végétaux.

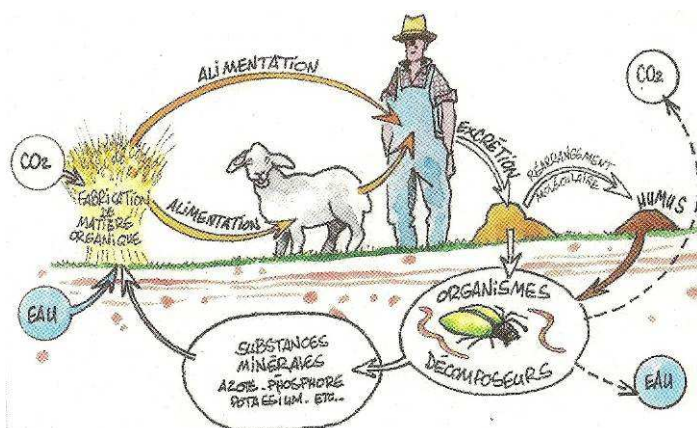


Figure 1 : Le cycle de l'azote et du phosphore (Lanoë 2009)

L'activité humaine intensive a bouleversé ce cycle, principalement en séparant zones de culture, zones d'élevage et zones urbanisées.

Concernant l'azote, la découverte du procédé d'Haber-Bosch ($N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$) au milieu de 20^{ème} siècle, qui permet de synthétiser l'ammoniac NH_3 , va entraîner le développement d'engrais azotés de synthèse, en substitut de l'azote naturel pour l'agriculture. Ce procédé est consommateur d'énergie fossile puisqu'il faut l'énergie du gaz pour synthétiser la réaction.

Pour le phosphore, il n'existe pas de substitut en agriculture. Historiquement, les fermiers ont découvert l'intérêt du phosphore pour le développement des cultures et s'appuyaient sur les ressources naturellement présentes dans le sol. La croissance démographique et la dégradation des sols ont conduit à la recherche d'apports externes de phosphore. La découverte et l'usage du guano et des minerais de phosphore ont contribué à une augmentation spectaculaire des rendements et donc une augmentation importante de la population. Depuis les années 1950, les hommes ont mobilisé environ 900 millions de tonnes de phosphore provenant de minerais non renouvelables (Larsen *et al.* 2013), dont la plupart a fini dans les sédiments des lacs, rivières et océans, impossible à récupérer. La quantité de minerais de phosphate extraite est de 160 millions de tonnes par an (Metson *et al.* 2012), dont 90% pour la production d'engrais. D'après les estimations, le phosphore disponible sera épuisé d'ici une centaine d'années.

Ainsi la raréfaction des ressources en azote et en phosphore prend place au cœur du débat concernant la gestion de ressources non renouvelables. Alors que pour l'azote, on trouve certains végétaux capables de le fixer (réduction enzymatique du N₂ en azote ammoniacal NH₃ grâce à des bactéries libres qui vivent dans le sol et assurent la fixation de l'azote), pour le phosphore, une fois dans le sol, il n'y a pas de récupération possible (il est dispersé en quantité très infime dans les océans). Les gestions possibles de ces ressources sont soit de continuer à les utiliser jusqu'à épuisement du stock ou soit de commencer à chercher dès à présent des substituts renouvelables.

L'enjeu est donc de mettre en place la valorisation. A l'échelle économique, l'azote et le phosphore sont quasiment « gratuits » (car il n'y a que les coûts d'extraction et de transport, qui sont très faibles et très subventionnés, qui sont pris en compte), ce qui n'encourage pas la valorisation mais favorise plutôt l'exploitation des ressources encore existantes. Le recyclage de ces nutriments ne peut donc se faire que s'il fait l'objet d'une politique volontariste forte.

B) Les enjeux liés à la protection des milieux aquatiques

L'azote et le phosphore peuvent être des polluants pour les eaux lorsque les concentrations atteintes sont excessives, et les rejets dans les cours d'eau se sont accentués depuis le développement des grandes agglomérations et de l'agriculture intensive.

L'azote et le phosphore vont atteindre les cours d'eau par deux voies :

- La première est la voie de l'agriculture et de l'élevage. Le développement de l'agriculture intensive se traduit par une diminution de la teneur des sols en matière organique. Ce déficit entraîne une déstructuration des sols qui alors retiennent moins bien les apports de phosphore en particulier. L'azote passe facilement sous forme dissoute et se trouve moins bien retenu. L'élevage est également une source importante de production et de rejet de l'azote (en Bretagne notamment) qui va ruisseler avec les eaux de pluie jusqu'aux cours d'eau.
- La seconde est la voie des rejets humains, puisqu'un humain rejette par jour environ 12 grammes d'azote et 1,5 gramme de phosphore essentiellement par les urines. Or, le traitement de l'azote en station est complexe. Une partie peut donc être rejetée dans les cours d'eau après passage en station d'épuration.

Une fois dans l'eau, l'azote et le phosphore peuvent mener à des déséquilibres trophiques des milieux aquatiques pouvant aller jusqu'à l'eutrophisation. Il peut alors en résulter un développement excessif et déséquilibré des végétaux aquatiques pouvant entraîner de sérieux dysfonctionnements. Les déséquilibres trophiques sont différents en milieux aquatiques terrestres et marins. Dans les eaux intérieures (rivières et lacs) c'est le phosphore qui pose problème alors qu'en milieu marin il s'agit des nitrates. Les algues vont envahir le milieu aquatique et provoquer un phénomène appelé marée verte (ou bloom algues). Lorsque les réserves en nutriments sont épuisées, les végétaux meurent, leur décomposition entraîne la consommation de l'oxygène de l'eau et provoque l'asphyxie des milieux aquatiques occasionnant une dégradation des milieux et une réduction de la biodiversité. On peut aussi assister au développement de cyanophycées (algues toxiques) qui peuvent produire des toxines

néfastes à la production d'eau potable mais aussi altérer la qualité des zones conchylicoles où des interdictions de consommation de crustacés peuvent être prononcées.



Figure 2 : Eutrophisation d'un cours d'eau - Source : "eutrophisation des cours d'eau du bassin de la Seine" programme Piren-Seine n°6

Au sein de l'Union Européenne, plusieurs textes réglementent la qualité des rejets et la qualité des masses d'eaux.

La Directive n° 91/271 du 21/05/91 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines (dite DERU) fixe les teneurs en polluants des rejets sortant des stations d'épuration.

Les rejets en zone sensible à l'eutrophisation doivent respecter en moyenne annuelle, pour les installations recevant une charge brute de pollution organique de DBO_5 de plus de 600 kg/j :

- pour l'azote :
- soit une concentration maximale de 15 mg/l (10 mg/l si $DBO_5 > 6000$ kg/j)
 - soit un rendement minimum annuel de 70%
- pour le phosphore :
- soit une concentration maximale de 2 mg/l (1 mg/l si $DBO_5 > 6000$ kg/j)
 - soit un rendement minimum annuel de 80 %

La zone centrale d'Ile-de-France a été classée en zone sensible le 23/12/2005, suite à l'arrêt du 23/09/2004 de la Cour de Justice de la Communauté Européenne.

La directive cadre sur l'eau (2000/60/CE), dite DCE, impose aux Etats-Membres des objectifs de qualité pour les masses d'eaux de surface et souterraines.

Les eaux doivent respecter le principe de « bon état » écologique et chimique, le « bon état » étant évalué au regard des caractéristiques physico-chimiques et du fonctionnement écologique de la masse d'eau. Dans le cas de la Seine, comme pour beaucoup d'autres cours d'eau, la contrainte supérieure porte au quotidien sur les formes réduites de l'azote (NH_4 et NO_2).

Le « bon état » doit être atteint dans les Etats-membres en 2015, 2021 ou 2027 (2027 pour la Seine et la France a indiqué à Bruxelles que les deux tiers de ses masses d'eau atteindraient le bon état d'ici 2015).

Avec les effets possibles du changement climatique, les difficultés à respecter le bon état écologique demandé par la DCE vont être amplifiées et les problématiques liées à l'azote seront particulièrement critiques. Les collectivités risquent en effet d'être confrontées à la baisse de débit des cours d'eau ce qui va entraîner :

- Une diminution de la capacité de dilution (donc augmentation de la concentration),
- Une dégradation de la qualité en amont ce qui accentue le problème en aval.

Ainsi, des rejets d'azote ou de phosphore trop importants en sortie de station d'épuration vont à l'encontre de la DERU et nuisent à l'atteinte du bon état des masses d'eau.

C) Le traitement de l'azote et du phosphore

A l'arrivée en station d'épuration, la charge moyenne de pollution des eaux usées en DBO_5^1 , en azote et en phosphore se trouve dans la proportion de 100 :19 :2 (Maksimovic *et al.* 2003).

Or, la proportion idéale d'un système biologique classique qui traite les eaux d'égout est de 100 :5 :1. Cette proportion indique un excès d'azote et de phosphore par rapport à la DBO, ce qui complexifie les procédés à mettre en place pour arriver aux objectifs de performance précités.

D'années en années, le ratio azote/carbone augmente pour l'agglomération parisienne à cause notamment :

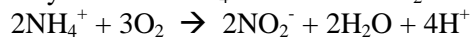
- de la baisse de la DBO : la diminution des consommations d'eau potable et la lutte contre les eaux parasites entraînent une augmentation du temps de séjour dans les émissaires, pendant lequel la DBO commence à être éliminée,
- de l'augmentation de la charge en azote en entrée d'usine expliquée entre autres par une meilleure collecte des eaux usées et une réduction des déversements directs en Seine. La quantité d'azote à traiter augmente donc.

L'azote

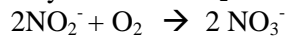
Dans les eaux résiduaires urbaines, l'azote est essentiellement présent sous forme organique et ammoniacale. Dans une station conçue pour éliminer l'azote, cette élimination est la résultante de quatre opérations (Degrémont-Suez 2005) :

- l'ammonification : transformation de l'azote organique en azote ammoniacal
- l'assimilation : utilisation de l'ammonium pour synthétiser de la biomasse qui sera éliminée avec les boues en excès. On peut considérer que l'azote éliminé par les boues en excès représente 5 à 8% de ces dernières.
- la nitrification : c'est un procédé biologique réalisé par des micro-organismes en deux étapes :

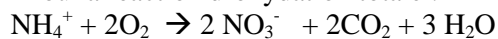
Oxydation de NH_4^+ en nitrites NO_2^- :



Oxydation de NO_2^- en nitrates NO_3^- :

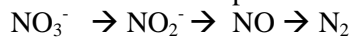


D'où la réaction d'oxydation totale :



Cette étape est conduite par des bactéries autotrophes qui utilisent une source de carbone minérale (non exogène).

- la dénitrification : certaines bactéries transforment les nitrates en azote gazeux dégagé dans l'atmosphère. C'est une étape intégrante de l'élimination biologique de l'azote, associée à l'étape de nitrification, en vue de respecter la norme de rejet en azote total. La réduction des nitrates se produit à travers différentes réactions, que l'on peut schématiser ainsi :



Cette étape est conduite par des bactéries hétérotrophes nécessitent une source de carbone organique (exogène ou provenant des eaux usées).

¹ La DBO_5 est la Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours. C'est un indicateur de mesure du taux de pollution. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour dégrader l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau

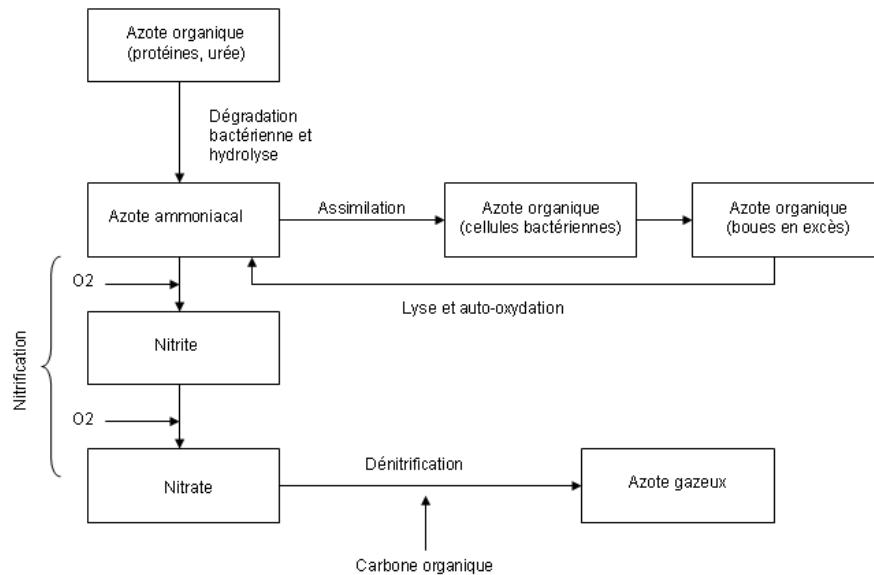


Figure 3 : Elimination biologique de l'azote (Degrémont-Suez 2005)

Or, ce mode d'élimination conventionnel de l'azote demande une quantité importante d'énergie pour l'aération et une source de carbone pour la dénitrification (qui peut venir de l'eau usée s'il est utilisé en tête avec la prédénitrification ou qui doit être ajouté dans le cas de la postdénitrification car le carbone a déjà été transformé en CO₂ et matière vivante, auquel cas on ajoute une source externe comme le méthanol) ce qui contribue à une augmentation des coûts et à la consommation de ressources non renouvelables.

Le phosphore

Le phosphore est traité en plusieurs étapes :

- une partie du phosphore (20 à 30% environ) est éliminée par décantation primaire
- les bactéries utilisées pour le traitement biologique ont naturellement besoin de phosphore et en assimilent une partie

Le taux de rendement au terme de ces deux étapes est de 55 %. Le phosphore va ensuite subir :

- soit un traitement biologique spécifique qui consiste en un stress des bactéries pour qu'elles sur-assimilent par la suite le phosphore, éventuellement associé à un ajout de coagulant (coprécipitation) ;
- soit un traitement physico-chimique par ajout de coagulant (chlorure ferrique) et de flocculant (polymère) pour favoriser la coagulation des Matières en suspension (MES) et finir de précipiter le phosphore et les MES.

L'objectif est d'obtenir un rendement annuel de 80% en sortie de station par rapport à l'entrée.

Le traitement du phosphore est moins problématique que celui de l'azote mais selon les procédés, il peut conduire à de fortes consommations de réactifs et à un bilan-carbone défavorable.

II) L'augmentation de la population remet en cause les capacités épuratoires des stations

L'exemple est pris ici pour le SIAAP afin de démontrer de façon concrète quels sont les enjeux liés à l'augmentation de la population.

La population de la zone SIAAP en 2009, sur la base du découpage du territoire de 2012, est évaluée à 8,86 millions d'habitants environ. La population de la zone SIAAP a donc augmenté de 520 000 habitants en 10 ans ce qui représente une hausse moyenne de 0,6 %/an.²

Tableau 1 : Chiffres de l'augmentation de la population francilienne de 1999 à 2009 - source Prolog (révision du Schéma Directeur d'Assainissement du SIAAP en cours)

Département		1999	2009	Evolution 1999-2009	Taux annuel 1999-2009
N°	Nom				
75	Paris	2 130 000	2 230 000	4,7%	0,5%
77	Seine-et-Marne	200 000	220 000	10%	1%
78	Yvelines	630 000	640 000	1,6%	0,2%
91	Essonne	810 000	820 000	1,2%	0,1%
92	Hauts-de-Seine	1 430 000	1 560 000	9,1%	0,9%
93	Seine-Saint-Denis	1 380 000	1 520 000	10,1%	1%
94	Val-de-Marne	1 230 000	1 320 000	7,3%	0,7%
95	Val d'Oise	530 000	550 000	3,8%	0,4%
Total		8 340 000	8 860 000	6,2%	0,6%

En termes d'urbanisation du territoire, de nombreux projets, pourvoyeurs d'emplois et de logements, sont attendus sur la zone du SIAAP d'ici 2030. Ces projets vont drainer une population nouvelle qui va, bien entendu, générer des rejets supplémentaires.

Or, l'augmentation de la population doit être quantifiée pour que le SIAAP puisse vérifier ses capacités de transport et de traitement de ses ouvrages.

Le Grand Paris³

Le projet Grand Paris, initié en 2007 par le gouvernement, est un projet qui vise à renforcer la région capitale dans le but de combiner l'attractivité économique et la qualité de vie des résidents.

La loi n° 2010-597, du 3 juin 2010, relative au Grand Paris, fixe dans son article 1, l'objectif de «construire chaque année 70 000 logements géographiquement et socialement adaptés en Ile-de-France». Dans son article 23, la loi définit l'implantation géographique de ces logements grâce à la TOL (Territorialisation de l'Offre de Logements). Le territoire du SIAAP est concerné par environ 50 000 logements neufs par an.

Le développement des territoires s'appuie sur la création d'un réseau de transport public de métro automatique : « Le Grand Paris Express⁴ », progressivement mis en service entre 2018 et 2025.

La loi relative au Grand Paris, est à l'origine de la création :

- de la Société du Grand Paris (SGP), l'établissement public chargé de réaliser des opérations d'aménagement ou de construction liées au réseau de transport du Grand Paris ;
- des Contrats de Développement Territorial (CDT), contrats conclus entre l'Etat (Préfet de Région) et les communes et Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) sur un territoire d'un seul tenant et sans enclave. Les contrats définissent les objectifs en matière de logement, de transport, de lutte contre l'étalement urbain, d'équipement commercial, de développement économique, sportif et culturel, et de protection des espaces agricoles et naturels. Il précise leur financement ;
- de l'Etablissement Public de Paris-Saclay, fondé dans le but de créer un cluster, c'est-à-dire un pôle de recherche et d'innovation de rang mondial.

² Source Prolog ingénierie pour le SIAAP

³ Idem

⁴ Ce réseau, long de 200 km et desservant 75 gares de la banlieue parisienne, reliera les pôles économiques majeurs aux aéroports, gares TGV et centre de Paris

La prévision de construction de 70 000 logements par an, leur répartition suivant la TOL (et donc leur implantation ou non sur le territoire du SIAAP), ainsi que les données d'augmentation naturelle de la population suivant le taux d'évolution annuelle permettent de considérer dans un premier temps l'augmentation de la population d'environ 9,6% sur le territoire du SIAAP d'ici 2030. Ces chiffres sont confirmés par la révision en cours du Schéma Directeur d'Assainissement du SIAAP (cf Tableau 5).

Ainsi, les données du SIAAP permettent de dresser, tout d'abord, un tableau des capacités de traitement des stations du SIAAP en 2011 et des charges appliquées, au regard du volume journalier de la DBO₅ et de l'Azote Total Kjeldahl (NTK⁵).

Tableau 2 : capacité de traitement, charges appliquées et taux de charge en 2011 – Source SIAAP

	Caract. utiles			Charges appliquées «2011»			Taux de charge «2011»		
	Q m ³ /j	DBO ₅ t/j	NTK t/j	Q m ³ /j	DBO ₅ t/j	NTK t/j	Q	DBO ₅	NTK
Global	2475	494.1	118.2	2075	470.1	124.2	83.8%	95.1%	105.1%

On remarque qu'en 2011 pour l'azote, les stations sont déjà en surcharge.

Les prospectives en 2030 (ci-après) montrent que les stations d'épuration vont augmenter globalement leur capacité de traitement pour la DBO₅ et le NTK.

Concernant les charges appliquées, les hypothèses suivantes ont été prises :

- Q : même volume traité qu'en 2011 (augmentation de la population mais diminution de la consommation d'eau des ménages)
- DBO₅ : augmentation de la population de 9.6% mais l'augmentation retenue pour la DBO₅ est de 8% compte tenu de la dégradation de la matière organique pendant le temps de transport à la station
- NTK : augmentation de la population de 9,6% donc multiplication par 1.096

Tableau 3 : capacité de traitement, charges appliquées et taux de charge en 2030 – Source SIAAP

	Caract. utiles			Charges appliquées «2030»			Taux de charge «2030»		
	Q m ³ /j	DBO ₅ t/j	NTK t/j	Q m ³ /j	DBO ₅ t/j	NTK t/j	Q	DBO ₅	NTK
Global	2473	535.2	126.57	2074.3	506	136	83.9%	95%	108%

On constate que l'augmentation de la population impacte peu les taux de charge pour le volume journalier et la DBO₅. En revanche, la capacité de traitement de l'azote reste, en théorie, insuffisante malgré les travaux engagés par le SIAAP.

Le traitement du phosphore n'est quant à lui pas problématique pour le SIAAP. En effet, sur la plupart des stations, son traitement ne nécessite que des installations physico-chimiques et l'ajout de réactifs dans les quantités nécessaires.

III) Sortir les urines d'une partie des habitants permettrait de pallier les problèmes d'excès d'azote et de récupérer du phosphore

A) L'urine riche en azote et en phosphore

L'urine est composée à 95% d'eau, à 2% de composés organiques (principalement de l'urée CO(NH₂)₂) et pour le reste de minéraux (potassium, sodium, chlore, ammonium, phosphate).

⁵ L'appellation « Azote Total Kjeldahl » inclut globalement l'azote organique et ammoniacal

Or, l'urine, qui contient généralement davantage de nutriments que les matières fécales, contient 88% de l'azote (sous forme ammonium NH_4^+ , issu principalement de la décomposition de l'urée), 67% du phosphore et 71 % du potassium du total des rejets produits par un humain (Maksimovic *et al.* 2003).

Tableau 4 : composition de l'urine (Maksimovic *et al.* 2001)

Paramètre	Urine		Matières fécales		Total des rejets	
	g/j/pers	%	g/j/pers	%	g/j/pers	%
Poids humide	900-1200	90	70-140	10	1000-1400	100
Poids sec	60	63	35	37	95	100
Azote	11	88	1.5	12	12.5	100
Phosphore	1	67	0.5	33	1.5	100
Potassium	2.5	71	1	29	3.5	100

Au regard des eaux usées produites quotidiennement par personne, l'eau grise fournit plus de charges en DBO que l'urine et les matières fécales mais ce rapport s'inverse s'agissant du contenu en azote et en phosphore. En combinant les données ci-dessus et la pollution en eaux usées produite quotidiennement par personne, on déduit que l'urine contient 66% de l'azote et 50,3% du phosphore rejetés par un individu sous forme d'eaux usées, et pourtant représente moins de 1% du volume d'eau rejetée.

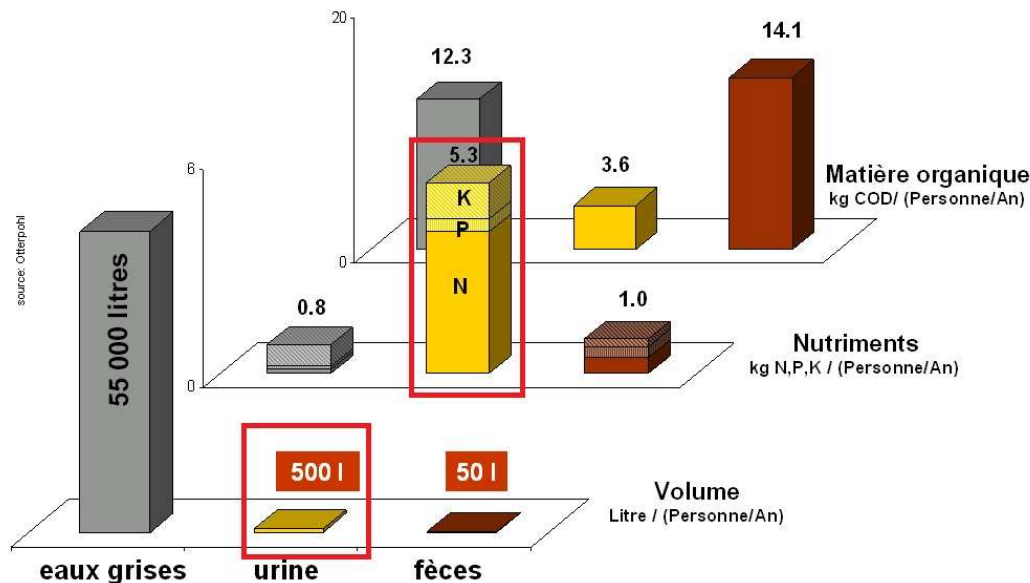


Figure 4 : Composition des eaux usées domestiques (Berne 2008)

Ainsi, le fait de sortir les urines du réseau d'assainissement permettrait de récupérer une partie majeure de l'azote et du phosphore produits par les ménages.

B) Rééquilibrer les effluents consiste à récupérer l'urine d'un million d'habitants

Afin d'obtenir un flux d'azote compatible avec les capacités épuratoires du SIAAP, il est nécessaire d'évaluer quantitativement le nombre de personnes que la surcharge d'azote représente. Le phosphore ne posant pas de problème pour les stations du SIAAP, l'étude sera menée uniquement au regard de l'azote, le phosphore récupéré sera considéré comme du « bonus » par rapport à l'objectif poursuivi.

Cette évaluation doit être effectuée station par station et non plus globalement car la surcharge en azote diffère d'une station à l'autre, comme cela va être montré ci-après.

Le SIAAP compte actuellement 5 stations d'épuration en fonctionnement (points bleus sur la carte) :

- MAV : Marne Aval à Noisy-le-Grand
- SAM : Seine Amont à Valenton
- SAV : Seine Aval à Achères
- SEC : Seine Centre à Colombes
- SEG : Seine Grésillons à Triel-sur-Seine

Une sixième sera mise en service fin 2013 : Seine Morée (SEM) au Blanc Mesnil.

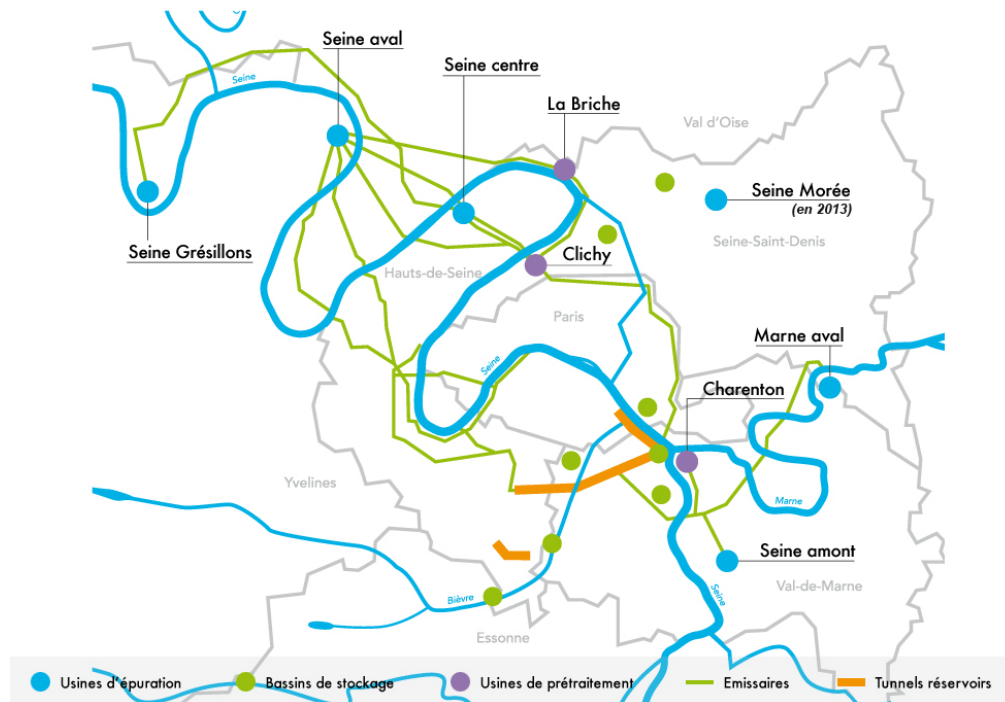


Figure 5 : Carte des ouvrages du SIAAP - Source : siaap.fr

Afin d'évaluer de façon précise l'augmentation de la population attendue sur le territoire de collecte de chaque station, trois scénarii ont été retenus sur la base de la tendance actuelle d'augmentation de la population et de données IAU, DRIEA, DRIHL, INSEE, issues de la révision en cours du Schéma Directeur d'Assainissement, au cours de laquelle le SIAAP a retenu l'hypothèse « bas grand paris ».

Tableau 5 : population sur le territoire du SIAAP en 2009 et 2030 - Source Prolog

Population totale	2 009	2030		
		tendanciel	bas gd paris	volontariste
MAV	316 000	327 000	332 000	348 000
SAM	2 346 000	2 526 000	2 621 000	2 673 000
SAV+SEC+SEG	6 203 000	6 289 768	6 421 659	6 395 618
SEM		217 232	253 341	213 382
Total	8 865 000	9 360 000	9 628 000	9 630 000

Les capacités et charge actuelles en NTK, et les capacités prévues pour 2030 de chacune des stations pour l'azote sont présentées dans le tableau ci-dessous⁶.

Tableau 6 : capacité épuratoire 2011 et 2030 et charges appliquées 2011 - Source SIAAP

	2011		2030
	Capacité	Charges appliquées	Capacité
	NTK t/j	NTK t/j	NTK t/j
MAV	6,30	3,40	6,30
SAM	31,20	28,50	31,20
SAV+SEC+SEG	80,70	92,30	85,20
SEM			3,80
Total	118,20	124,20	126,50

La littérature indique qu'une personne rejette 11g/jour d'azote par ses urines.

Néanmoins, en équivalent-habitant⁷ (EH) notamment avec les rejets des activités économiques et les autres rejets domestiques, cette valeur augmente. En moyenne au SIAAP, elle est de 13,7 g/jour/hab. Elle peut varier d'un territoire à l'autre en fonction des activités qui se trouvent sur ce territoire. Ainsi, pour connaître le chiffre exact par station, le rapport entre la charge appliquée en 2011 (identique à celle de 2009) et la population en 2009 a été calculé pour chaque station.

Pour SEM, la station n'étant pas encore en fonctionnement, la valeur moyenne de 13,7g/j/hab a été considérée.

Tableau 7 : Equivalent-Habitant du NTK suivant la station

MAV	10,76	g/pers/j
SAM	12,15	g/pers/j
SAV+SEC+SEG	14,88	g/pers/j
SEM	13,70	g/pers/j

La charge appliquée à chaque usine a été obtenue en multipliant, pour chaque scénario et pour chaque station, la population envisagée en 2030 par l'EH du NTK obtenu précédemment.

Tableau 8 : charges appliquées de NTK dans les stations en 2030 en fonction des scénarii

	2030					
	Charges appliquées (taux de charge)					
	NTK t/j					
	Tendanciel		bas gd paris		volontariste	
MAV	3,52	(55%)	3,57	(56%)	3,74	(59%)
SAM	30,69	(98%)	31,84	(102%)	32,47	(104%)
SAV+SEC+SEG	93,59	(110%)	95,55	(112%)	95,17	(112%)
SEM	2,98	(78%)	3,47	(91%)	2,92	(77%)
Total	130,77	(103%)	134,44	(106%)	134,31	(106%)

⁶ Données SIAAP

⁷ Un équivalent-habitant est une unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.

La DERU définit l'équivalent-habitant comme la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour. 1 EH = 60 g de DBO5/j.

Enfin, par soustraction entre la charge appliquée et la capacité de traitement, on obtient la quantité de NTK en surplus au niveau des stations en surcharge (pour les stations qui ne sont pas en surcharge, on considère que la donnée, qui sera négative, n'est pas utile puisque qu'il n'y a pas de problème au niveau de la station).

Tableau 9 : surcharge en entrée de station en fonction des scénarii

	2030		
	Charge en trop		
	NTK t/j		
	Tendanciel	bas gd paris	volontariste
MAV	-	-	-
SAM	-	0,64	1,27
SAV+SEC+SEG	8,39	10,35	9,97
SEM	-	-	-
Total	8,39	10,99	11,24

Sachant qu'un humain rejette 11g/j d'azote par l'urine, le tableau suivant montre la population que cela représente.

Tableau 10 : population que représente la charge d'azote en trop en fonction des scénarii

	2030		
	Représentation population		
	en personnes		
	Tendanciel	bas gd paris	volontariste
MAV	-	-	-
SAM	-	58 254	115 682
SAV+SEC+SEG	762 827	941 238	906 012
SEM	-	-	-
Total	762 827	999 492	1 021 695

Au regard du scénario « bas grand paris », on observe qu'il faudrait récupérer approximativement l'urine d'un million d'équivalent-habitants afin de gérer le surplus d'azote qui arrive en station. Or, les perspectives du nombre de nouveaux habitants d'ici 2030 sur le territoire du SIAAP sont en deçà du million d'habitants pour les scénarii précités (ils sont de 760 000 environ pour le scénario « bas grand paris »).

Néanmoins, la collecte sélective des urines étant mise en place uniquement dans les logements neufs pour des raisons techniques et économiques, les personnes qui vont habiter ces logements seront certes des nouveaux habitants mais également des personnes qui habitent déjà en Ile-de-France et qui par effet de desserrement ou déménagement, vont habiter ces nouveaux logements. La réflexion ne doit donc pas porter sur les *nouveaux* habitants mais sur les *habitants de ces nouveaux logements*. A raison de 50 000 nouveaux logements construits par an sur le territoire du SIAAP et avec une moyenne de 2,2 personnes par logement⁸, le million d'habitants sera atteint en une dizaine d'années.

⁸ Donnée APUR

IV) Synthèse des enjeux

Pris en étau entre les objectifs de qualité des rejets et de qualité du milieu naturel, et l'augmentation conséquente de la population sur son territoire d'ici 2030, les éléments qui précèdent montrent tout l'intérêt pour le SIAAP de trouver des solutions rapides et efficaces pour pallier l'augmentation de la charge en azote.

Une solution serait d'augmenter la taille des usines, ce qui nécessite de nouveaux investissements. Mais le SIAAP souhaite étudier des solutions alternatives.

Or, comme évoqué précédemment, l'urine (et les matières fécales) contiennent la majorité de la pollution azotée et de la pollution phosphorée, pollutions que les stations d'épuration s'efforcent de traiter. Suite aux traitements, les boues issues des stations d'épuration sont, pour une part importante, épandues dans des champs pour servir d'engrais car ces boues sont riches en nutriments récupérés dans les eaux assainies.

Ainsi, « le tout à l'égout met en eau les matières que l'épuration s'efforce ensuite de retirer. [...] des toilettes aux champs, que de chemin parcouru ! » (Lanoë 2009)

S'intéresser à la collecte sélective des urines revêt donc deux objectifs pour le SIAAP : d'une part rééquilibrer la composition des effluents qui arrivent en station, et d'autre part récupérer une matière riche en nutriments pour une éventuelle valorisation.

2^{ème} partie : Aspect collecte

Techniquement, des solutions déjà éprouvées existent pour la mise en place de la collecte sélective des urines.

I) La séparation des urines « à la source »

Au 21^{ème} siècle, le principe de la collecte sélective des urines est d'effectuer la séparation « à la source », c'est-à-dire dès la production et sans mélange avec les matières fécales, d'où l'appellation NoMix.

Le meilleur appareil sanitaire pour récupérer l'urine est sans conteste l'urinoir sans eau. L'inconvénient est qu'il n'est utilisé que par les hommes et est peu installé dans les habitations.

Avec les toilettes à séparation, les urines sont collectées séparément des matières fécales grâce à des cuvettes spécifiques comprenant deux sorties : une chute de gros diamètre à l'arrière pour les matières fécales et une sorte d'entonnoir à l'avant pour les urines. L'urine est acheminée via une canalisation différente vers un réservoir de stockage situé à proximité. Puis des camions sous vide vidangent régulièrement les citernes pour acheminer l'urine vers la station de traitement (les différentes options de traitement ou de valorisation de l'urine seront abordées dans un chapitre suivant).

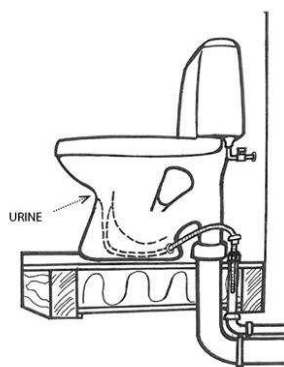


Figure 6 : Principe de fonctionnement d'un WC à séparation – Source www.les-toilettes-seches.fr/

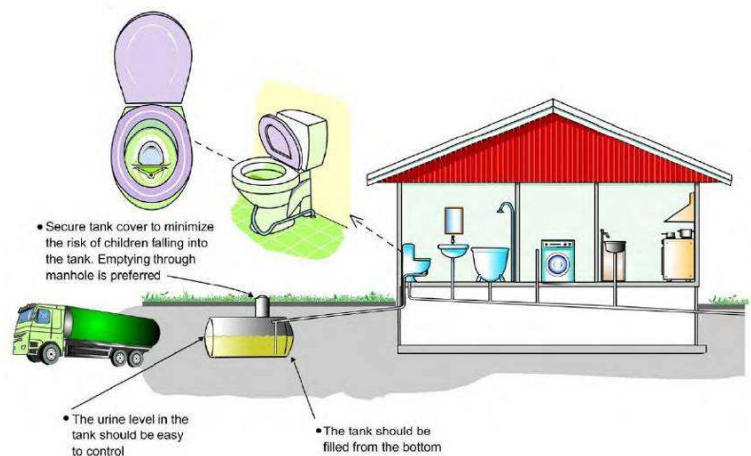


Figure 7 : Principe de récupération de l'urine (EcoSanRes 2006)

Dans les pays en voie de développement en milieu rural, certains systèmes rustiques ont été mis en place, mais il ne sera traité ici que des modèles de cuvettes « à l'occidentale », pouvant s'intégrer dans des sanitaires classiques.

Il existe plusieurs modèles de toilettes à séparation, mais deux en particulier sont davantage développés.



Figure 8 : Différents modèles de toilettes à séparation : à gauche le modèle de Roediger, à droite celui de Gustavsberg. Source : www.green-talk.com

Le modèle développé par Gustavberg consiste en une double cuvette. L'urine est récoltée à l'avant avec un petit peu d'eau de chasse (environ 0.15L). Les matières fécales sont évacuées dans le réseau d'assainissement avec une eau de chasse plus importante (4 à 6 L).

La firme allemande Roediger a récemment développé un WC NoMix comprenant un mécanisme de fermeture pour l'évacuation des urines, qui s'ouvre uniquement lorsque l'on s'assoit sur la cuvette. L'avantage est que l'urine récoltée est non diluée. L'inconvénient est qu'il faut s'asseoir complètement sur la cuvette pour que le système fonctionne.

Dans la pratique, la collecte sélective des urines par ce biais demande une installation et un entretien rigoureux.

L'un des problèmes les plus récurrents qui survient est la formation de struvite ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), un composé qui précipite le long des parois et obture les canalisations. Pour cela, il est recommandé de prévoir à la conception un diamètre important du tuyau d'évacuation (environ 100 mm) et une pente suffisante pour permettre un écoulement rapide des urines vers la citerne. L'entretien doit être régulier avec nettoyage à l'eau chaude ou à l'acide. Pour la chasse d'eau sur le modèle Gustavsberg, il est recommandé d'utiliser de l'eau de pluie, moins chargée en sels minéraux que l'eau du robinet.



Figure 9 : Tuyau bouché par la struvite (Eawag 2007)

L'urine est par défaut stérile, contrairement aux matières fécales. D'un point de vue de l'hygiène, il faut donc éviter par tout moyen qu'il y ait contact entre les matières fécales et l'urine. De même, plus l'urine est concentrée, plus il est facile d'éliminer les agents pathogènes présents. Il faut donc minimiser la dilution de l'urine par des eaux de chasse. C'est également un avantage de garder une dilution faible pour le transport ultérieur (moins de volume).

II) Retours d'expérience

Certains pays ont déjà expérimenté la mise en place de la collecte sélective des urines à plus ou moins grande échelle.

A) En Europe

En Suède

Les suédois ont été parmi les premiers à mettre en place la collecte sélective des urines en Europe.

Au 19^{ème} siècle, suite à la mise en place des WC (Water Closet, avec évacuation des excréta grâce à une chasse d'eau), il devient difficile de faire sécher les excréta car il y a trop d'eau. Les eaux usées sont alors évacuées vers les mers et les rivières. Ce n'est qu'à partir des années 1980 qu'il fut suggéré que l'eutrophisation de la mer Baltique était due à un excès de rejet d'azote (Höglund 2001).

Le système d'assainissement traditionnel a été critiqué pour sa non-durabilité.

Le choix du système d'assainissement a été la pierre angulaire des mouvements d'éco-village pendant les années 1990. La première phase des toilettes à séparation moderne a démarré au début des années 90 en ciblant les maisons individuelles, les maisons d'été et quelques éco-villages. Au milieu des années 90, plusieurs immeubles et des zones résidentielles ont été construites avec collecte sélective des urines. Des partenariats avec des agriculteurs pour l'utilisation de l'urine ont été mis en place et les acteurs municipaux ont été impliqués dans certains cas, par exemple à Stockholm.

Recherches et développements ont été entrepris pour ces systèmes à partir des habitations pour réutilisation dans l'industrie agricole. Les aspects techniques, économiques et sanitaires ont été investigués notamment par l'Institut d'Environnement de Stockholm via de nombreuses publications (EcoSanRes 2004, 2006, 2011, Esrey *et al.* 1998).



Figure 10 : Carte de la Suède, les points rouges représentant les lieux de collecte sélective des urines (EcoSanRes 2006)

A Tanum (au Nord de la côte Ouest) entre 400 et 500 maisons ont été équipées, principalement des résidences secondaires occupées seulement l'été et difficiles à raccorder au réseau d'assainissement collectif. La collecte sélective des urines s'est donc naturellement mise en place d'une part grâce à l'implication de la municipalité dans le projet (l'assainissement faisant partie des priorités politiques) et d'autre part grâce à la proximité d'agriculteurs intéressés et la mise en place de partenariats pour les débouchés de l'urine.

A Küllon (bourg rattaché à Vaxholm près de Stockholm), un éco-quartier de 250 logements a été construit au début des années 2000 avec une ambition forte en ce qui concerne l'eau et l'assainissement. Néanmoins, les pouvoirs publics ont décidé de ne pas s'impliquer dans le stockage, le transport et l'utilisation de l'urine. Finalement, l'urine n'a pas été récoltée de 2001 à 2005 et la municipalité a été forcée de s'engager et de passer des contrats avec des agriculteurs locaux pour trouver des débouchés à l'urine.

Les projets de Tanum et Küllon sont maintenant bien mis en place mais ne sont pas représentatifs de zone urbaine dense, comme le montrent les photos ci-après.



Figure 11 : Tanum (EcoSanRes 2006)



Figure 12 : Küllon (EcoSanRes 2006)

A Göteborg, 25 toilettes à séparation ont été installées au musée de la science et de la découverte. Le bilan peu de temps après la mise en place fut mitigé puisque le musée a dû procéder à un changement de cuvettes plusieurs fois, le modèle initial n'étant pas adapté. Le musée a également dû prêter une grande attention à la facilité de maintenance et d'entretien. Néanmoins, aucun problème d'odeur ou de fonctionnement n'a été relevé. Une information au public de l'utilisation de l'urine a été diffusée pour qu'ils y prêtent davantage attention (explication du « pourquoi » en plus du « comment »). La commune est au final satisfaite de la mise en place de ces toilettes à séparation car cela a impulsé d'autres projets et a développé une filiale d'utilisation agricole de l'urine. C'est le Département de la Gestion Durable de l'Eau et des Déchets de la commune de Göteborg qui est en charge de la mise en place du système de récupération des urines. Les particuliers sont responsables de la collecte dans les citernes après quoi la municipalité prend en charge l'urine. Un agriculteur avec qui un contrat est passé est responsable du stockage en suivant les recommandations et l'utilisation de l'urine comme engrais.

En Suisse

L'Eawag, un institut de recherche suisse sur l'eau, a mis en place depuis le début des années 2000 un projet nommé Novaquatis qui étudie sous de nombreux aspects la collecte sélective des urines.

Des projets pilotes (Eawag & Novaquatis 2007) ont été notamment mis en place dans différents équipements afin d'étudier les comportements, les problèmes et les impacts de la mise en place de la collecte sélective des urines :

- Quatre appartements privés
- L'immeuble de bureaux d'Eawag
- L'université des sciences appliquées
- Une bibliothèque

Projet pilote I : les appartements privés

En 2001, quatre appartements dans un quartier neuf ont été équipés avec des toilettes modèle Roediger, comprenant une citerne dans le sous-sol, à l'initiative d'un promoteur motivé par les préoccupations environnementales. Le projet a reçu un support financier de la part des autorités municipales, cantonales et fédérales tandis que Novaquatis apportait le support scientifique. Le but était d'étudier l'attitude des utilisateurs et le fonctionnement dans la vie de tous les jours. En plus, des données étaient collectées sur les volumes d'urine. Au début, la communication avec les locataires s'est avérée difficile mais la situation s'est améliorée quand une personne de Novaquatis fut désignée comme seul contact. En 2003, des cuvettes défectueuses ont dû être remplacées par des toilettes conventionnelles sur demande des locataires dans deux logements. Dans l'un, un des enfants avait des difficultés à utiliser les toilettes à séparation. Dans l'autre, les personnes étaient depuis le début non convaincues par le système. Dans les deux autres logements, les toilettes à séparation ont été bien acceptées, mais ont dû être remplacées en 2005 à cause d'une cuvette défectueuse et un mauvais fonctionnement de l'évacuation de l'urine. Etant le seul projet impliquant des utilisateurs domestiques, l'expérience a tout de même été très riche en enseignements pour Novaquatis et l'industrie du sanitaire. Un retour a été fait à Roediger pour l'amélioration de ses cuvettes.

Projet pilote II : l'immeuble de bureaux d'Eawag

A l'Eawag, les premières toilettes à séparation ont été mises en place en 1997 mais ont dû être retirées en 2003 à cause de différents blocages. En 2000, deux autres toilettes à séparation et trois urinoirs sans eau connectés à une citerne ont été installés près de la cafeteria et de l'auditorium. L'urine et les installations ont été utilisées à des fins de recherche. Les recherches scientifiques et sociales ont montré que les toilettes ont été très largement acceptées. Cependant, certains membres du personnel d'Eawag ont noté que la technologie n'était pas encore tout à fait mature. Les visiteurs ont été moins critiques. Cela est dû essentiellement au fait que les toilettes étaient bien entretenues et les plaintes vite remontées. Le nouveau bâtiment d'Eawag, construit en 2006 est équipé avec des toilettes à séparation. Il sert de test à grande échelle pour le projet Novaquatis.

Projet pilote III : l'université des sciences appliquées

De 2002 à 2004, l'université des sciences appliquées du Nord-Ouest de la Suisse (FHNW) a installé trois toilettes à séparation et six urinoirs sans eau. L'objectif principal était de tester différents modèles et de gagner en expérience. L'attitude des utilisateurs fut favorable. Dans de nombreuses enquêtes, les sondés ont répondu qu'ils étaient prêts à adapter leur comportement pour utiliser les toilettes à séparation, c'est-à-dire s'asseoir pour uriner. Le fonctionnement des toilettes et des urinoirs était satisfaisant de manière générale. Toutefois, certains urinoirs sentaient mauvais, en particulier lorsqu'ils n'avaient pas été nettoyés suivant les instructions du fabricant. De plus, de faibles concentrations d'azote et de phosphore ont été mesurées dans la citerne, probablement car l'urine était diluée avec l'eau de chasse.

Projet pilote IV : la bibliothèque cantonale de Liestal

Le premier projet pilote suisse impliquant une mise en œuvre complète de la technologie NoMix a été lancé par le canton de Basel-Landschaft à la bibliothèque ouverte en 2005. Le but était d'évaluer des alternatives pour la gestion des eaux usées urbaines et de tester la technologie NoMix. C'est un des premiers projets à travers le monde à utiliser des technologies de traitement moderne de l'urine à l'échelle d'une usine-pilote. L'urine d'approximativement 200 000 visiteurs par an est stockée dans une citerne et transportée vers une usine de traitement. A partir de tests de laboratoire réalisés à Eawag, le traitement combiné d'électrodialyse et d'ozonation a été sélectionné comme un traitement adéquat. Cela devait permettre la production d'un engrais stable et hygiénisé, sans micropolluant. L'approbation provisoire du produit a été accordée et il fut testé sur champs en 2006.

En Allemagne

A Eschborn, près de Frankfort, la société GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, organisme de soutien en coopération internationale pour le développement durable) a mis en place pour ses 650 employés, dans une partie de ses locaux rénovés en 2006, 50 toilettes à séparation et 23 urinoirs, comme bonne opportunité pour promouvoir les systèmes d'assainissement écologique en milieu urbain (GTZ 2009).

Pour l'instant, l'urine est rejetée dans le système d'assainissement classique en attendant la mise en place d'un processus de valorisation. Seule une petite partie est utilisée comme engrais en interne à titre expérimental. L'objectif à long terme est de produire de l'engrais utilisable à grande échelle pour l'agriculture.

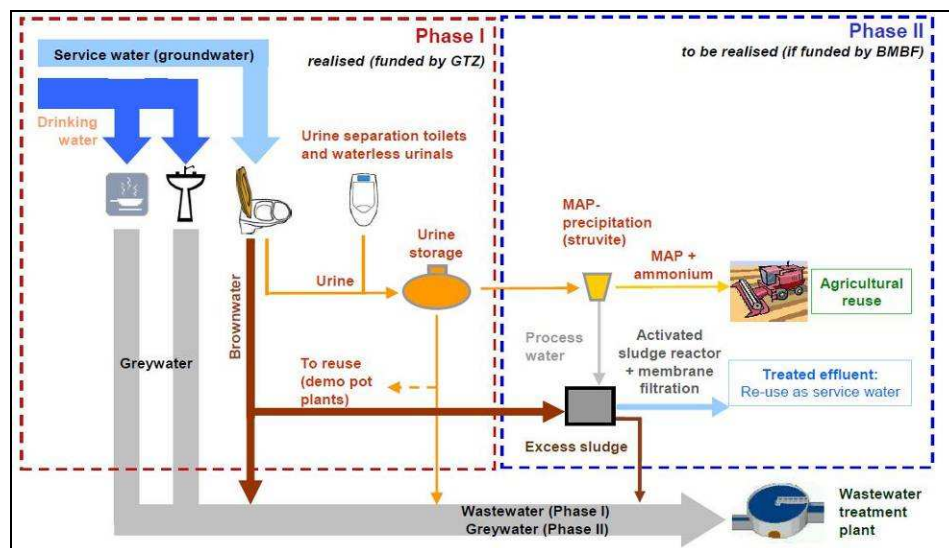


Figure 13 : Traitement des eaux usées à GIZ (phase 1 réalisée uniquement pour l'instant) (GTZ 2009)

En France

En France, il n'existe pas de grand projet de séparation des urines à but scientifique ou de valorisation agricole. En revanche, la séparation des urines est pratiquée dans les hôpitaux.

A l'hôpital Pitié-Salpêtrière à Paris, dans l'unité de médecine nucléaire, les patients traités à l'iode 131 sont concernés par la collecte sélective des urines. Ces derniers absorbent des comprimés d'iode qui se fixent sur la thyroïde ou la zone à traiter, puis l'iode est éliminé via les urines (très peu par les matières fécales). Les matières fécales sont stockées dans une fosse septique qui fait tampon en attendant d'être rejetées à l'égout.

Réglementairement, il n'est pas possible de rejeter les urines contaminées dans le réseau d'assainissement tel quel. L'objectif est donc de les récupérer de manière sélective, de les stocker dans une citerne pour assurer leur décroissance radioactive, puis de les rejeter à l'égout après s'être assuré que la valeur ne dépasse pas 100 becquerels. L'iode 131 a une demi-vie de huit jours mais il faut garder les urines stockées trois mois environ pour s'assurer de respecter la valeur de 100 becquerels.

Le service de radioprotection possède trois cuves de 3000L chacune qui peuvent se remplir en un ou deux mois (suivant le nombre de patients et le volume qu'ils urinent).

Les cuves se remplissent une par une avec un système de trop-plein lorsqu'une cuve est pleine. Lorsqu'une cuve est remplie, elle est fermée et l'urine est stockée pour trois mois.

Que ce soit au niveau des WC ou des cuves, l'hôpital n'a pas relevé de problème d'odeur, d'entretien ou de précipitation de l'urine (entretien Stéphane Payen).



Figure 14 : Toilette à séparation pour les patients (crédit personnel)



Figure 15 : Cuves de stockage de l'urine décontaminée (crédit personnel)

En France, des associations militent pour l'introduction de l'assainissement écologique. L'association Toilettes Du Monde (TDM) par exemple a pour objectif de concevoir et promouvoir des modes d'assainissement alternatifs dans les pays en voie de développement mais également en France, avec la promotion des toilettes sèches, permettant la réutilisation de l'urine et des matières fécales.

Ces initiatives sont un bon début pour le développement des techniques alternatives d'assainissement mais restent encore inconnues du grand public français et non applicables à grande échelle ou en milieu urbain dense.

B) En Asie

Au Japon

Des japonais ont mis au point des toilettes à séparation portatives à monter en kit pour faire face au problème du traitement des excréments humains lorsque, suite à un séisme, les réseaux d'assainissement ne sont plus utilisables dans les zones sinistrées (Yoshihisa 2011).

Actuellement, la mise en place de toilettes provisoires ne suffit plus en raison des coupures d'eau et des dégâts sur les installations de traitement. Or, les japonais sont soucieux de disposer de systèmes de traitement qui préservent la dignité humaine, les bonnes conditions sanitaires et environnementales dans une situation post-crise.

Leur objectif était donc de construire des systèmes qui s'installent facilement et rapidement à moindre coût, qui soient confortables, et capables de répondre à des catastrophes à venir.

La gestion sanitaire des matières fécales est basée sur le caractère alcalin et l'assèchement des excréments. Les odeurs sont réduites en recouvrant les matières fécales par de la chaux ou du charbon. Puis elles sont stockées dans des bennes pendant 6 à 12 mois avant d'être enfouies dans le sol. L'urine est récupérée pour la production d'engrais.

Les japonais voudraient aller plus loin en prenant modèle sur les suédois et se tourner vers un développement d'infrastructures urbaines respectueuses de l'environnement, résistant aux catastrophes, en utilisant divers techniques y compris les toilettes séparatives.



Figure 16 : Principe des toilettes à séparation portatives japonaises (Yoshihisa 2011).

Livré en pièces détachées, les toilettes peuvent se monter sur des toilettes traditionnelles pour séparer les excréments ou être utilisés tel quel en récupérant l'urine à l'avant dans une citerne et les matières fécales à l'arrière dans un sac ou un seau.

En Chine

A Erdos, dans la région autonome de Mongolie intérieure, un quartier de 3000 habitants (832 appartements dans 42 immeubles) a été construit à partir de 2004 avec la mise en place de la récupération de l'urine et des matières fécales, la région devant faire face à des restrictions d'eau importantes. De plus avec les toilettes à chasse d'eau, le gâchis d'eau est encore plus important. 22 citernes souterraines de récupération des urines de 3,5 à 13,5 m³ ont été installées et l'urine est stockée pendant 3 mois. Les citernes sont vidangées et les excréments utilisés pour l'agriculture.

Au final, le projet fut un échec car une centrale à eau a été installée et les toilettes sèches ont été remplacées par des toilettes à mini-chasse d'eau. Les habitants ont également critiqué le design de la cuvette (jugée peu pratique et peu acceptable chez soi) et ont dû faire face à des problèmes d'installation notamment avec le système de ventilation et des fuites d'urine (Sustainable Sanitation Alliance 2012).

C) En Afrique (et dans les pays en voie de développement)

L'EcoSanRes est très actif dans les pays en voie de développement pour trouver des solutions d'assainissement en milieu rural où l'accès à l'eau est très limité. De nombreuses solutions techniques ont été développées ainsi que des guides d'usage pour le stockage et l'utilisation de l'urine en agriculture.



Figure 17 : Arrosage de culture à l'urine (EcoSanRes 2011)



Figure 18 : Toilettes à séparation d'urine au Burkina Faso (EcoSanRes 2006)

III) Quels enseignements pour le SIAAP ?

La technologie NoMix de séparation et collecte sélective des urines existe que ce soit dans les pays en voie de développement ou dans des pays européens voisins de la France. Pourtant, aucune expérience à grande échelle sur un quartier urbain dense n'a encore été réalisée jusqu'à présent.

Il est néanmoins possible de tirer des premiers enseignements des différents projets évoqués dans ce chapitre.

L'installation de toilettes à séparation est facile si elle est pensée dès la conception du bâtiment. Les équipements (canalisations et citerne) sont simples. C'est pourquoi l'objectif ici est de se **focaliser sur les constructions neuves ou les grosses réhabilitations**, car la mise en place dans de l'existant est techniquement compliquée et coûteuse.

La durée dans le temps de la mise en place de toilettes à séparation suppose une installation correcte et un entretien régulier des équipements. Théoriquement, les toilettes à séparation permettent d'économiser l'eau de 50% par rapport à un système avec chasse 3/6 L (très peu d'eau utilisée pour chasser l'urine). Mais comme la plupart des gens utilisent du papier toilette, le jettent à l'arrière et le chassent après l'urination, les économies sont faibles. De même, du fait de la conception des cuvettes, la chasse d'eau pour le papier et les matières fécales est moins puissante qu'une chasse d'eau classique et tirer la chasse une deuxième fois peut être nécessaire.

Les modèles de toilettes à séparation existants ne sont pas encore exempts de défaut mais pourront faire l'objet de recherches et d'améliorations si un marché venait à se développer. Les problèmes d'odeur peuvent être facilement résolus avec un entretien régulier, les malfunctions peuvent être réglés grâce à une bonne maintenance. Une formation du personnel est indispensable.

Ainsi, on observe qu'il sera plus facile de garantir ces deux points dans les bâtiments faisant l'objet de contrats passés avec une société extérieure, c'est-à-dire dans **les immeubles de bureaux ou les immeubles en copropriété** gérés par un syndic. Or, c'est précisément ce genre de bâtiments que l'on retrouve majoritairement en milieu urbain dense.

Les rendements réels en termes de volume d'urine ne sont pas forcément ceux attendus.

A l'Eawag en Suisse, des études ont été menées sur les quatre logements et les locaux de l'Eawag équipés en toilettes à séparation (projet-pilotes I et II). La quantité d'urine récupérée dans les logements est relativement faible vis-à-vis des volumes espérés (25 à 30 % inférieure), tandis qu'au siège de l'Eawag, il est équivalent. Cela indique des problèmes pratiques associés à l'utilisation des toilettes à séparation dans les logements qui peuvent être sujet à interprétation.

Une explication est relative à la conception des toilettes. Avec le modèle Roediger, l'urine n'est récupérée que si les personnes s'assoient complètement sur le siège, ce qui dans un logement privé ne vient pas à l'idée de tous les hommes. Dans les bureaux d'Eawag, un modèle différent de toilettes à séparation a été installé et s'accroupir suffit pour récupérer l'urine, et les hommes ont la possibilité d'utiliser les urinoirs.

Ainsi, pour être sûr d'obtenir suffisamment d'urine pour sortir la quantité d'azote nécessaire justifiant la mise en place de la collecte sélective des urines, la collecte pourrait être organisée dans d'autres lieux que les logements et les bureaux. En fait, elle pourrait être organisée **partout là où il y a un flux important de population** :

- Les centres commerciaux
- Les aéroports
- Les tours de bureaux
- Les grandes manifestations sportives et culturelles : développement d'unités mobiles pour les grands rassemblements de public (comme alternative aux WC chimiques ?)
- Les musées nationaux, ...

En revanche, il n'est pas recommandé de mettre en place des toilettes à séparation dans les écoles avec de jeunes enfants car ceux-ci ont des difficultés à les utiliser du fait de leur petite taille.

3^{ème} partie : Aspect traitement

Différentes filières de traitement ou de valorisation des urines existent.

Une fois que l'urine a quitté le corps, elle devient une solution instable et malodorante. La pratique courante de dilution avec une grande quantité d'eau est en fait un moyen parfait de neutraliser la plupart de ces aspects déplaisants. En collectant l'urine de manière sélective en la diluant peu, certains désagréments peuvent survenir.

Pendant le stockage dans des conditions non-stériles, l'urée présente dans l'urine est hydrolysée en ammonium/ammoniac du fait de l'activité microbienne. Cela entraîne un pH qui s'élève de 6 à 9 et accélère la précipitation en struvite.

Le traitement de l'urine commence donc dès sa collecte et son stockage.

Puis, différentes filières peuvent être appliquées à l'urine en vue de son traitement. L'un des objectifs de la collecte sélective des urines est de créer un nouveau cycle de l'azote et du phosphore, en rendant à la terre les nutriments qui seront ensuite réingérés par l'homme, l'urine se substituant alors aux engrais industriels.

Après un rapide historique de l'utilisation des excréta, les différents traitements et usages possibles de l'urine vont donc être présentés dans ce chapitre.

I) Historique de la réutilisation des excréta

La mise en place des Water Closet (WC) avec chasse d'eau au 19^{ème} siècle a fortement dilué les excréta, qui deviennent alors difficilement valorisables. De plus, les volumes augmentèrent considérablement à cause des eaux de chasse. Les systèmes de tout-à-l'égout se sont donc développés un peu partout en Europe à partir de cette époque.

Pourtant les excréta humains ont été utilisés traditionnellement pour les cultures dans de nombreux pays. Au Japon, le recyclage de l'urine et des matières fécales a été introduit au 12^{ème} siècle tandis qu'en Chine, les excréta humains et animaux ont été compostés pendant des milliers d'années. Dans les grandes villes européennes, la récolte et le transport organisés des produits des latrines a commencé au 18^{ème} siècle.

Avec l'augmentation de la population, les quantités augmentèrent également et des traitements alternatifs pour faciliter la gestion des excréta se sont développés. La poudrette, produite à partir des excréta, fournissait un engrais sans odeur et qui pouvait être transporté sur de longues distances (Höglund C. 2001).

A Paris, vers 1795-1800, la séparation urine/matières fécales est déjà opérée. Des fosses « mobiles et inodores de Cazeneuve » sont utilisées, système composé de 2 tonneaux superposés qui communiquent. En haut sont stockées les fèces qui s'assèchent avec récupération de l'urine dans le compartiment du bas. Les excréments secs servaient à fabriquer de la poudrette (un engrais). L'urine était vendue pour faire de l'urate ou du sulfate d'ammoniaque, industrie très rentable dans les années 1815-1820 et pourvoyeuse de nombreux emplois. Ces fosses ont rencontré un certain succès, pas seulement à Paris mais aussi dans les autres grandes villes françaises de l'époque (Lyon, ...). Environ 10 à 12 000 tonneaux de 120L sont récupérés par jour (pour 700 000 habitants à Paris). (Entretien Guillaume A.)



Figure 19 : Vidange d'une fosse mobile en 1820 (Bellanger 2010)

II) Le stockage

Une fois l'urine récupérée « à la source », elle vient remplir une citerne située généralement en sous-sol, d'où elle sera récupérée par un camion-citerne (le transport de l'urine sera abordé dans un chapitre ultérieur).

Le premier traitement possible pour l'urine alors qu'elle vient d'atteindre la citerne est le stockage.

L'objectif principal du stockage de l'urine est d'assurer son hygiénisation.

L'urine en elle-même est stérile. Les principaux risques de transmission de maladies par la manipulation et l'utilisation d'urine humaine relèvent de la contamination croisée de l'urine par les matières fécales et non de l'urine elle-même.



Figure 20 : Exemple de citerne (EcoSanRes 2006)

Le stockage (Maurer *et al.* 2006) permet donc de réduire les risques potentiels provenant des agents pathogènes des matières fécales. Les principaux paramètres influençant le processus sont le temps de stockage, la température de stockage et le pH. Si l'urine est stockée pendant 6 mois à 20°C et à un pH de 9, l'urine est considérée comme sans risque sanitaire. Si en plus, le pH est abaissé à 4, il y a réduction plus importante du nombre de pathogènes.

Les principaux problèmes du stockage sont la précipitation des composants phosphorés et l'évaporation de l'ammoniac des citernes si elles ne sont pas fermées correctement. Après la contamination microbienne, la matière organique est dégradée et l'urée hydrolysée. L'hydrolyse de l'urée relâche de l'ammoniac et conduit à un pH de 9.2, donc du NH₃ plus volatile et la précipitation de composés à basse solubilité.

La stabilisation permet d'empêcher la dégradation de la matière organique (mauvaise odeur), la précipitation (bouchant les tuyaux) et la volatilisation du NH₃ (avec un nombre important d'effets négatifs sur la qualité de l'air durant le stockage, le transport et l'application d'engrais liquide).

Comme l'activité microbienne déclenche ce processus, la prévention de la croissance microbienne constitue l'ultime processus de stabilisation.

Différents procédés de stabilisation existent :

- L'acidification : un moyen d'empêcher l'hydrolyse de l'urée est de garder le pH en dessous de 4. Des expériences montrent (Maurer *et al.* 2006) qu'ajouter 60 mmol d'ions H⁺ par litre d'urine (par exemple 2,9 g d'acide sulfurique concentré pour un litre d'urine) permet de garder le pH en-dessous de 4 pendant plus de 250 jours et empêche l'hydrolyse de l'urée. Les effets secondaires de l'acidification sont positifs pour l'hygiène. Un pH bas peut aussi avoir un impact sur les produits pharmaceutiques présents dans l'urine. A pH 2, on a pu trouver une inactivation de 50 à 95% des antibiotiques (le sujet de la présence de composés pharmaceutiques dans les urines sera traité plus loin). L'acidification empêche l'évaporation de l'ammonium mais aussi l'apparition des mauvaises odeurs. Ce traitement est compatible avec le stockage dans la cuve.
- La nitrification (oxydation de l'ammonium en nitrates et nitrite) : c'est une bonne méthode pour diminuer le pH et réduire la quantité de NH₃ volatile dans la solution. Nitrite ou nitrate sont produits, suivant la configuration du processus. Ce procédé est efficace pour empêcher la croissance microbienne, mais pas les mauvaises odeurs et l'hydrolyse de l'urée. Il est difficilement réalisable dans la cuve de stockage.

Certains procédés existent pour éliminer l'odeur et augmenter la valeur nutritive de l'urine. Le principe consiste à introduire dans la citerne, avant récupération de l'urine, un liquide contenant un bouillon de culture microbienne sélective. La fermentation empêche le processus d'hydrolyse de l'urée (EcoSanRes 2011)

III) La récupération des nutriments pour valorisation agricole

A) Epandage direct

Comme évoqué précédemment, lors de la description de la composition de l'urine, cette dernière est très riche en azote et en phosphore et est très proche de la composition des engrais utilisés en milieu agricole.

En théorie (Water 21 2013), l'urine disponible dans les pays de l'UE pourrait apporter 25% des besoins en azote et 18% des besoins en phosphore pour la fertilisation des sols dans l'UE.

A titre d'exemple, voici les comparatifs entre la consommation d'engrais et les apports potentiels par les urines dans différents pays du monde (Maksimovic *et al.* 2001).

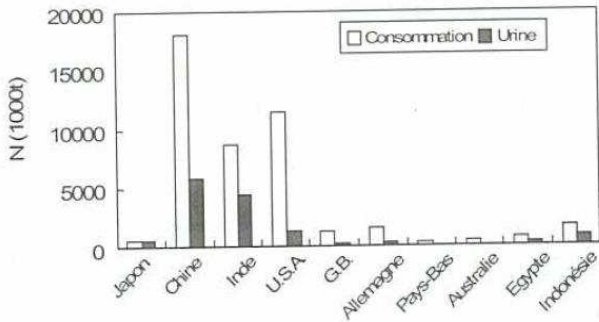


Figure 21 : Comparaison entre consommation d'engrais azotés et les apports potentiels par les urines dans différents pays (1993)

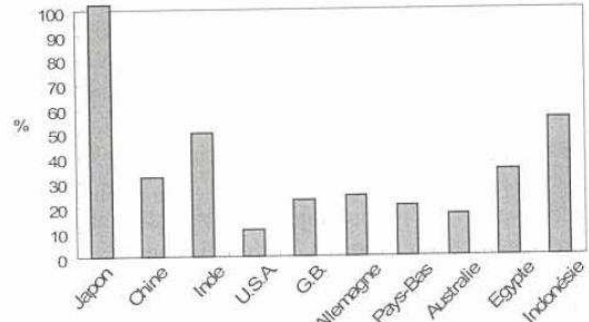


Figure 22 : Taux potentiels de couverture par les apports d'azote urinaire

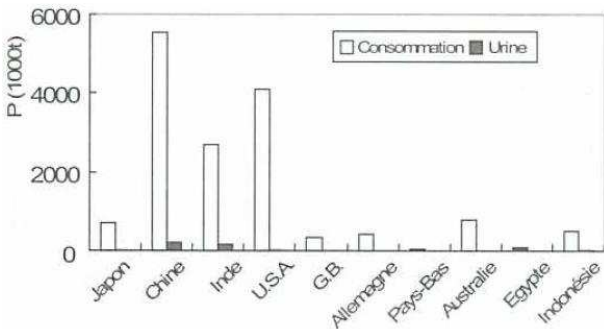


Figure 23 : Comparaison entre consommation d'engrais phosphorés et les apports potentiels par les urines dans différents pays (1993)

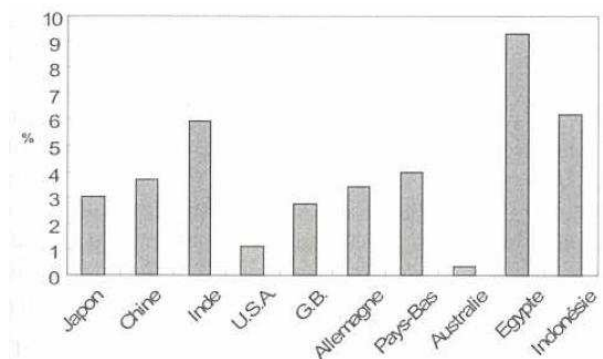


Figure 24 : Taux potentiels de couverture par les apports de phosphore urinaire

En Suède (EcoSanRes 2006), l'urine est directement récupérée des citernes au bout de 6 mois chez les particuliers par des agriculteurs qui vont épandre l'urine sur leurs champs.

L'urine est un engrais approprié pour l'agriculture, avec des niveaux en azote, phosphore et même potassium correspondant bien aux besoins de récolte de céréales. L'utilisation des nutriments de l'urine est optimisée au printemps ou comme engrais complémentaire lorsque les cultures atteignent déjà 15 à 30 cm de haut. Les fermiers utilisent l'urine en Suède du printemps à l'été ou sur des cultures d'hiver. En agriculture à grande échelle, il faut suffisamment de volume d'urine pour un agriculteur pour qu'il commence à s'y intéresser comme engrais. Un hectare de céréales est normalement fertilisé grâce à environ 100 kg d'azote par an, ce qui représente l'urine d'au moins 25 personnes pendant un an (EcoSanRes 2006).

L'urine est appliquée grâce à un épandeur utilisé habituellement pour épandre le purin animal. Si l'urine est épandue sur sol nu, il faut la faire pénétrer dans le sol dès que possible afin d'éviter les pertes d'azote.



Figure 25 : Epandage de l'urine en Suède (EcoSanRes 2006)



Figure 26 : Grande citerne de stockage de l'urine en Suède (EcoSanRes 2006)

Dans d'autres cas en Suède, l'agriculteur récupère l'urine plus fréquemment et la stocke dans une grande citerne pour une utilisation selon ses besoins.

L'agriculteur qui utilise de l'urine doit présenter un certificat aux acheteurs de ses produits afin de garantir la qualité et la traçabilité des engrais utilisés. Ceci nécessite de la documentation et des analyses de l'urine aux phases initiales (EcoSanRes 2011).

B) Récupération des nutriments

Dans le cas où il n'est pas souhaité l'épandage direct de l'urine sur les champs agricoles, il est possible de récupérer les nutriments présents dans l'urine pour une utilisation ultérieure.

Récupération du phosphore

Comme évoqué précédemment, l'urine précipite facilement en struvite $MgNH_4PO_4$. Alors que c'est un inconvénient pour les canalisations des installations sanitaires, il est possible d'en faire un procédé de récupération des nutriments une fois l'urine récoltée.

Ainsi, en ajoutant du magnésium, en général sous la forme de MgO , $Mg(OH)_2$ ou $MgCl$, la précipitation de la struvite en grande quantité est déclenchée. L'inconvénient est qu'en raison de la plus grande teneur en azote dans l'urine, comparée au phosphore, seul 3% de l'azote peut être éliminé. La précipitation de la struvite reste donc l'un des procédés utilisés le plus favorablement pour la récupération du phosphore.

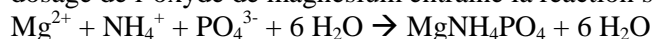
La struvite peut être utilisée comme un engrais de phosphore « slow-release ». En comparant avec différentes sortes de composés phosphatés, la struvite obtenue à partir de l'urine a des rendements similaires. Les composés de struvite sont meilleurs que le phosphate de fer préparé synthétiquement. La struvite peut aussi être utilisée pour la production de panneaux et de ciment, et comme une source de phosphate bon marché pour l'industrie du phosphate (Larsen *et al.* 2013).

Ainsi, en Allemagne, à Eschborn, au siège du GIZ, une salle de 21 m² a été aménagée au sous-sol du bâtiment, pour gérer le traitement des eaux usées du bâtiment. Eaux grises et eaux noires sont traitées grâce à un bio-réacteur avec membrane. Le traitement de l'urine est effectué grâce à une réaction physico-chimique de précipitation « MAP » (Magnesium-Ammonium-Phosphate) dans un réacteur qui a été conçu spécialement pour le projet de GIZ (Saniresch 2012).

L'urine, collectée par les urinoirs sans eau et les toilettes à séparation, est tout d'abord récoltée dans quatre citernes de capacité respective de 2m³. Par hydrolyse de l'urée, le pH (>9) et la concentration en ammonium augmentent :



De la poudre bon marché d'oxyde de magnésium (MgO) ajoutée à l'urine non diluée ou très peu diluée est utilisée comme précipitant, puis des cycles de brassage de 30 secondes à 3 min sont effectués. Le dosage de l'oxyde de magnésium entraîne la réaction suivante :



Le processus de sédimentation prend 90 minutes. La struvite est collectée dans le cône de la zone de précipitation en forme d'entonnoir. Après sédimentation, l'urine traitée est évacuée vers des filtres en polypropylène, avec des pores d'une taille de 10 μm .

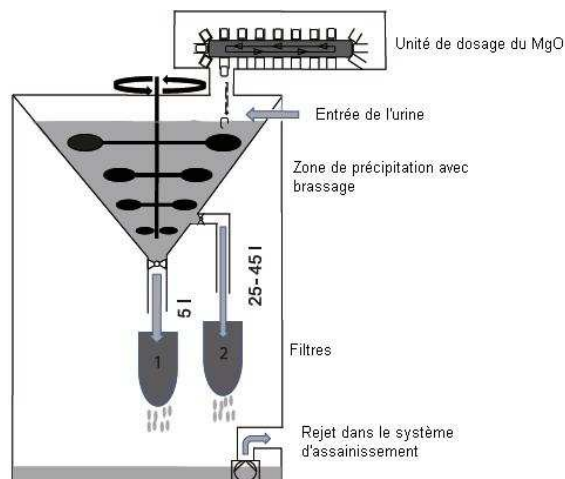


Figure 27 : Schéma de principe du "MAP reactor" (Saniresch 2012)

Récupération de l'azote

Afin de récupérer l'azote restant dans les urines, d'autres procédés techniques existent, à des stades de recherche et de développement plus ou moins avancés.

L'azote peut être récupéré par échange d'ions (60 à 80% de récupération possible) (Larsen *et al.* 2013). De la zéolite (minéral micro-poreux) est ajoutée à l'urine et un produit chargé en azote est collecté (peut être combiné à la struvite). Le traitement le plus répandu pour la récupération de l'ammonium est la saturation de la zéolite avec des ions sodium. Une solution de NaCl est utilisée pour la régénérer. Le traitement par échange d'ions est facile à mettre en place et adapté pour un traitement décentralisé. Ce n'est pas une technologie qui nécessite beaucoup d'énergie. L'énergie est requise principalement pour les pompes et les mélangeurs utilisés pour la préparation de la solution. Le traitement de l'urine avec la zéolite par échange d'ions nécessite que l'urine soit hydrolysée. Le stockage de l'urine est généralement suffisant pour achever la libération de l'ammonium. Cependant, le pH de l'urine hydrolysée peut être trop élevé pour une adsorption de l'ammonium dans la zéolite dans de bonnes conditions. Une certaine dose d'acide peut être nécessaire pour diminuer le pH.

Des expérimentations en Suède au Département des Sciences environnementales et végétales de l'université de Göteborg (Larsen *et al.* 2013) ont été menées pour étudier un traitement combinant la récupération de l'ammonium avec la zéolite et du phosphate avec la précipitation de la struvite. 2.4 g de MgO et 20 g de zéolite (clinoptilolite) ont été ajoutés à une solution représentant 1 litre d'urine fraîche. En ajoutant la zéolite après la précipitation de la struvite, 75% de l'azote peut être retiré et jusqu'à 80% si la zéolite est ajoutée en même temps que le MgO.

Des expériences ont également été menées pour connaître la quantité optimale de zéolite à utiliser. Le chargement de la zéolite (défini par la quantité d'ions adsorbables divisée par la quantité d'adsorbant ajoutée) optimal est de 10 mg NH_4^+ /g de zéolite. Or, la quantité d'ammoniac produite par jour par personne est d'environ 12 g, donc la quantité de zéolite nécessaire pour traiter l'urine d'une personne est de 1.2 kg/j/personne ou 440 kg/an/personne. La zéolite chargée peut être utilisée directement comme engrais ou bien l'ammoniac peut être récupéré en régénérant la zéolite par du NaCl ou NaOH. La zéolite n'adsorbe pas uniquement les nutriments comme l'ammonium et le potassium, mais peut aussi adsorber les métaux lourds. Néanmoins, ce n'est pas un problème pour les urines puisqu'elles n'en contiennent que très peu.

Le stripping de l'ammoniac peut également être considéré comme une technologie éprouvée pour la récupération de l'azote à partir de l'urine. Une récupération quasi-totale de l'ammoniac (80 à 90% de récupération) est possible. L'ammoniac peut être séparé de l'urine par un procédé de stripping à l'air (dégazage des éléments volatiles), suivi de l'adsorption de l'ammoniac. L'ammoniac est d'abord séparé de l'eau dans une colonne de stripping. L'eau contenant de l'ammoniac est introduite dans la colonne

par le haut, tandis que de l'air est introduit par le bas, à contre-courant. De la soude est ajoutée pour obtenir une valeur de pH permettant pouvoir dissocier l'ammoniac de l'eau. L'eau ainsi traitée sera collectée en bas de la colonne, les gaz dorénavant chargés d'ammoniac seront évacués par le haut de la colonne, pour traitement ultérieur dans un adsorbeur. Les gaz chargés d'ammoniac seront traités avec de l'acide sulfurique, afin d'adsorber le gaz ammoniacal.

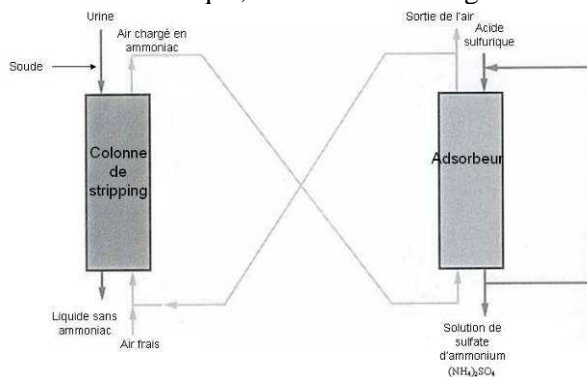


Figure 28 : Schéma de principe du stripping de l'ammoniac (Larsen et al. 2013)

Les Pays-Bas sont également très en avance sur la recherche pour la récupération de l'azote et du phosphore. Ainsi, un programme européen, nommé « ValueFromUrine⁹ » qui regroupe sept partenaires (trois des Pays-Bas, un de Luxembourg, un du Portugal, un d'Espagne et un du Royaume-Uni) travaille sur un nouveau processus permettant de récupérer les nutriments présents dans l'urine. L'objectif du système est d'être capable de récupérer plus de 95% du phosphore (en struvite) et de l'azote (en struvite et sulfate d'ammoniac ou ammonium) tout en produisant de l'énergie.

Le principe (Water 21 2013) est de produire de l'ammoniac à la cathode alors que l'urine est utilisée comme électrolyte. La cathode est dans une chambre où l'ammoniac est récupéré avec de l'air et, par la suite, strippé dans un bain d'acide.

Jusqu'à présent, il a été possible de récupérer environ 30% de l'azote de l'urine, mais en théorie, il serait possible de produire assez d'électricité à partir des composés organiques présents dans l'urine pour en retirer tout l'ammoniac.

Un autre intérêt est le gain d'énergie électrique, comparé au coût élevé de l'énergie et des produits chimiques utilisés lors de la nitrification et dénitrification en traitement classique.

Enfin, il est prévu de développer de petites unités de traitement, allant de la taille d'un smart phone pour un foyer seul à l'équivalent de cinq livres pour 500 personnes.

IV) Le traitement des urines

Que ce soit pour la valoriser ou la traiter, réduire le volume et le poids de l'urine est de première importance pour le développement de systèmes de transport efficaces. L'utilisation locale de l'urine n'est pas possible dans les villes modernes même avec une agriculture urbaine étendue ou du jardinage vertical. Pour la mise en place dans les villes, la réduction du volume et la stabilisation deviennent un enjeu important.

Sans volonté de valorisation agricole, il est néanmoins possible de traiter les urines récupérées :

- Réduction du volume (extraction de l'eau) (Maurer *et al.* 2006) :
 - Evaporation (méthode la plus efficace : 5-10% d'eau restante) : différentes techniques existent, les problèmes subsistants étant la perte d'ammoniac (qui peut être évitée en utilisant de l'urine non hydrolysée ou par acidification), et la consommation d'énergie (qui peut être minimisée en récupérant de l'énergie de la vapeur)

⁹ Pour plus d'information, voir leur site Internet : <http://www.valuefromurine.eu/>

- Gel/Dégel : ce principe est basé sur le fait que les cristaux de glace se forment uniquement avec des molécules d'eau. Les impuretés solides et liquides sont rejetées aux frontières pendant le gel. Geler l'urine à -14°C permet que 80% des nutriments soient concentrés dans 25% du volume d'origine. Cette technique consomme plus d'énergie que l'évaporation.
- Osmose inverse : ce principe est un processus utilisé pour la production d'eau potable à partir d'eau de mer, avec un taux de récupération de l'eau de 35 à 45%. De l'eau sous pression est envoyée à travers une membrane avec de très petits pores. La majeure partie des sels et des composants organiques sont retenus. Avec une pression de 50 bars, le facteur de concentration maximum est de 5.
- Elimination des nutriments (P et N) :
 - Processus de nitrification/dénitrification classique

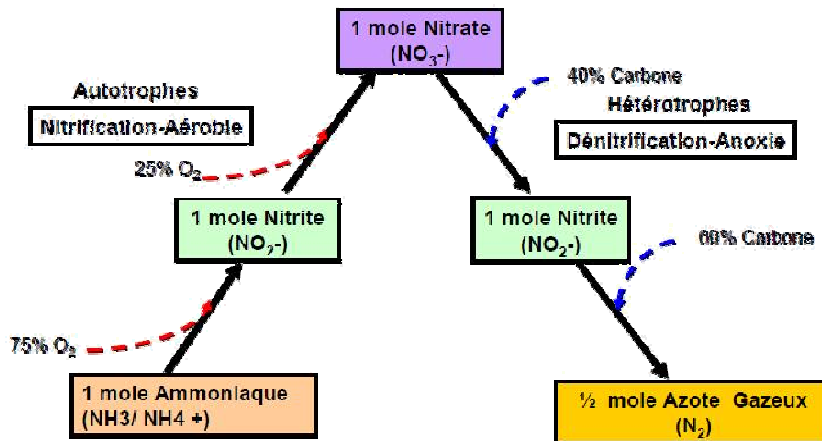


Figure 29 : Procédé classique de traitement de l'azote (Lesavre 2010)

Néanmoins, comme cela a été évoqué dans le premier chapitre, ce procédé n'est pas durable dans la mesure où la consommation d'énergie pour l'aération est très importante pour la nitrification, et une source externe de carbone peut être nécessaire selon les procédés (cas de la post-dénitrification par biofiltration) pour la dénitrification.

- Processus Anammox (anaerobic ammonium oxidation) (75-80% d'élimination) : Ce processus utilise des bactéries appelées bactéries anammox. L'ammonium et les nitrites sont transformés en diazote gazeux. Les réactions de nitrification/dénitrification se font sans passer par le stade nitrate (shunt des nitrates), en produisant une solution ammonium/nitrite de 1/1. L'azote peut donc être éliminé de l'urine par ce processus qui est 63% plus économe en oxygène et 100% en carbone.

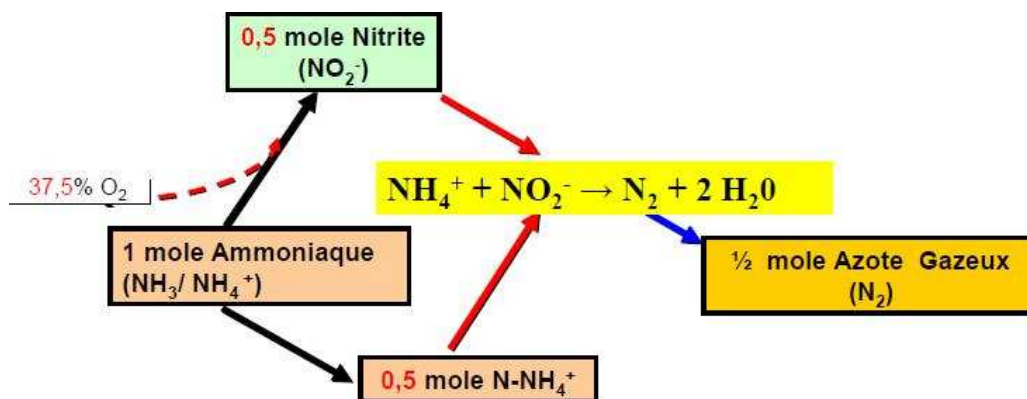


Figure 30 : Procédé Anammox du traitement de l'azote (Lesavre 2010)

V) Les micropolluants organiques

La France étant l'un des champions de la consommation de médicaments en Europe, il est donc légitime de se poser la question des résidus médicamenteux que l'on retrouve dans les urines et donc dans les eaux usées à traiter en station d'épuration. 70% des produits pharmaceutiques sont en effet excrétés dans l'urine (Larsen *et al.* 2013).

La présence des produits pharmaceutiques dans l'eau, en particulier des hormones, peut entraîner des dommages environnementaux, comme la « féminisation des poissons » (Techni-cités 2011). Ces perturbateurs endocriniens touchent le développement sexuel des animaux, s'attaquent au développement des organes reproducteurs et à la fonction reproductrice (Maksimovic *et al.* 2001)

Or, actuellement, la législation européenne ou française n'impose pas de rechercher les résidus médicamenteux dans les eaux (évolution à venir dans le cadre de la révision de la liste des substances prioritaires pour la politique de l'eau).

La collecte sélective des urines apporte une solution au traitement de ces micropolluants en station d'épuration puisqu'elle les sort du système classique et les concentre dans des petits volumes. Néanmoins, le problème se pose à nouveau dès lors qu'il est envisagé de valoriser l'urine comme engrais agricole.

Afin d'éliminer une grande partie des micropolluants, différents traitements sont possibles (Maurer *et al.* 2006, Larsen *et al.* 2013).

- L'électrodialyse : les membranes d'électrodialyse sont des membranes échangeuses d'ions faites de polymères avec une structure dense. Ces membranes peuvent retenir potentiellement les micropolluants. L'électrodialyse peut être utilisée pour séparer et extraire les nutriments d'un produit concentré tout en retenant les micropolluants.
- La nanofiltration : l'élimination des micropolluants a été testée avec différentes membranes de nanofiltration. L'efficacité du processus dépend fortement du pH, en démontrant que les interactions électrostatiques avec la membrane jouent un rôle important dans la séparation des micropolluants. Sous des conditions optimisées, le taux d'enlèvement des hormones et produits pharmaceutiques dans l'urine peut dépasser 92%. Pour des applications décentralisées, le débit d'urine d'une maison individuelle est faible et les coûts d'une installation seraient prohibitifs. Le traitement par membrane de l'urine pourrait être plus faisable si l'échelle de récupération était de l'immeuble au minimum. Les principaux inconvénients rencontrés sur les membranes sont les problèmes d'entretien et de maintenance des équipements et la consommation importante d'énergie.
- Ozonation et oxydation avancée : les micropolluants peuvent être oxydés avec de la chlorine, du dioxyde de chlorure, de l'ozone. Des expérimentations récentes avec l'urine montrent qu'une oxydation complète d'un ensemble représentatif de micropolluants peut être réalisée. Il a été montré que tous les composants testés pouvaient être transformés complètement : l'éthinylestradiol (utilisé dans les pilules contraceptives) est complètement éliminé et l'ibuprofène (anti-inflammatoire) l'est à 80%. L'ozonation peut être considérée comme une méthode appropriée pour enlever une vaste gamme de micropolluants de l'urine.
- Le stockage et l'acidification (comme évoqué précédemment) permettent naturellement de faire baisser la concentration en produits médicamenteux.

Néanmoins, les avis sont partagés sur la teneur et le risque réels des résidus médicamenteux en cas d'utilisation agricole.

Le fumier issu des excréments animaux contient également des résidus médicamenteux (des antibiotiques) dans des quantités qui égalent ou dépassent les teneurs retrouvées dans l'urine humaine et est pourtant épandu.

Selon l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (entretien Agence de l'Eau (b)), l'Homme consomme 1000 tonnes d'antibiotiques (hors pénicilline) par an contre 1200 pour les animaux en France. L'Homme consomme également 3000 tonnes de pénicilline par an, sachant que cette dernière a une demi-vie courte de 5 jours (contre 100 jours pour les autres antibiotiques).

L'EcoSanRes (2006) argumente également que les résidus médicamenteux ne sont pas plus nocifs que les insecticides et herbicides utilisés en agriculture...

Enfin, certains végétaux sont capables de les neutraliser en partie par adsorption, volatilisation et biodégradation. D'une façon générale, le sol, piégeant ces molécules et les soumettant à une intense activité biologique, est infiniment plus apte à leur dégradation que les milieux aquatiques.

Selon la direction Générale de la Santé (Entretien DGS, Entretien ARS), la recherche sur ce sujet ne fait que commencer car il est difficile pour l'instant de savoir ce que l'on retrouve vraiment et à quelle dose. Selon la DGS, le risque n'est pas tel qu'il y aurait un vrai enjeu pour la santé (pour l'environnement, c'est un autre sujet), sachant qu'on en retrouve déjà dans l'eau potable (c'est plutôt ici qu'est l'enjeu d'ailleurs pour la DGS). En effet, l'application de quelques milligrammes d'urine, contenant quelques nanogrammes de micropolluants, puis dilués par plusieurs centaines de millimètres d'eau de pluie produira des concentrations de micropolluants inférieures à celle de l'eau parfois desservie à nos robinets.

Le sujet de la présence des résidus médicamenteux dans les urines fait donc encore polémique et nécessite des recherches et expérimentations complémentaires afin de prouver le risque qui leur serait associé.

VI) Les micropolluants minéraux

Le problème des micropolluants métalliques présents dans les eaux usées est principalement dû aux eaux grises. La teneur en métaux est 50 à 1000 fois moins importante dans les excréta (Lanoë 2009). Elle est également très inférieure à celle des engrais chimiques ou de fumiers provenant d'élevage. Enfin, elle est très en deçà des limites réglementaires conditionnant l'épandage des boues.

VII) Une combinaison valorisation partielle et traitement permet de gérer les urines

Il est évident que l'urine, de par sa composition (azote et phosphore mais aussi micropolluants), ne peut être rejetée au milieu naturel ou valorisée sans subir un minimum de traitement.

Mais, avant de décider quel traitement appliquer à l'urine, il est nécessaire de décider quel va être l'usage de l'urine récupérée.

En milieu urbain dense, il semble difficile de mettre en place des partenariats avec des agriculteurs comme cela se fait en Suède. En effet, les volumes concernés sont plus importants et géographiquement, les premiers agriculteurs ne sont pas à proximité des bâtiments concernés. De plus, les volumes d'urine sont produits toute l'année alors que les agriculteurs n'ont besoin d'engrais que quelques mois par an.

L'idéal serait donc de récupérer les nutriments sous une forme stable et de les stocker pour une utilisation au gré des besoins.

La précipitation de la struvite à partir d'urine est une technologie éprouvée. Le processus est simple et la demande en énergie est faible. Les seuls produits chimiques à ajouter sont les sels de magnésium. L'inconvénient majeur est que le processus ne permet de récupérer qu'une partie des nutriments : le phosphore. Pour récupérer l'ammoniac, du phosphore doit être ajouté, ce qui fait perdre au processus tout son intérêt (récupérer du phosphore car les ressources sont rares). L'intérêt de la struvite est la création d'un composé stable et stockable.

Les processus d'adsorption, incluant des échanges d'ions, peuvent être également intéressants pour la récupération des nutriments. Cependant, ils sont moins applicables à un recyclage direct des nutriments en agriculture : le chargement en nutriment est faible, certains adsorbants sont trop chers.

Finalement, il n'existe pas de technologie « miracle » pour le moment permettant de récupérer l'azote sous une forme réutilisable. Seules des méthodes pour éliminer l'azote existent.

Faudrait-il uniquement traiter l'urine et non la valoriser ? Quel serait l'intérêt de la collecte sélective des urines alors ?

L'urine étant très concentrée en nutriments, la collecte sélective des urines apporte l'avantage de concentrer ces nutriments dans de petits volumes. Ainsi, les infrastructures des unités servant à traiter spécifiquement l'urine seraient de taille modeste, tandis qu'en l'absence de collecte sélective, les installations mises en place pour traiter les surplus d'azote de manière conventionnelle seraient surdimensionnées au regard des volumes d'eau à traiter mais tout juste pour le traitement de l'azote.

Au final, on ne peut pas dire qu'un traitement est meilleur qu'un autre. **Il faut prendre en compte une combinaison de facteurs et de traitements.**

Tout d'abord, on peut étudier la mise en place de traitements visant à réduire le volume des urines directement sur le lieu de collecte afin de réduire les transports futurs de l'urine.

En termes d'intérêt environnemental, le **procédé de précipitation de la struvite** étant au point, il serait intéressant de procéder à la récupération du phosphore puis, dans l'attente du développement de nouvelles technologies concernant la récupération de l'azote, de traiter **le reste en unités dédiées à l'urine avec un procédé Anammox**, en attendant le développement de technologies permettant la récupération de l'azote sous une forme stockable.

La récupération complète des nutriments est un défi technologique. Les challenges principaux sont la prévention de la perte en ammoniac et la minimisation des coûts en énergie. Davantage de recherches sont nécessaires pour évaluer les risques en micropolluants, métaux lourds et agents pathogènes.

Tableau 11 : Les différentes techniques de traitement des urines (Maurer et al. 2006)

Les colonnes représentent le but à atteindre. Les lignes représentent les processus technologiques. Légende : O : pas d'effet ; + : effet positif ; ++ : effet important ; - : non applicable

	Hygiène	Réduction du volume	Stabilisation	Récupération du phosphore	Récupération de l'azote	Élimination des micropolluants	Séparation nutriments-micropolluants	Élimination des nutriments
Hygiénisation								
Stockage	+	O	O	O	O	O	O	O
Réduction du volume								
Evaporation	+	++	+	++	++	O	O	O
Gel/Dégel	?	+	O	++	++	O	O	O
Osmose inverse	?	+	O	++	++	O	O	O
Stabilisation								
Acidification	+	O	++	O	O	?	O	O
Nitrification	+	O	++	O	O	?	O	O
Récupération P								
Struvite	O	++	+	++	+	O	++	O
Récupération N								
Echange d'ions	O	+	O	O	++	O	+	O
Stripping NH3	O	+	O	O	++	O	++	O
Enlèvement nutriments								
Anammox	+	O	++	O	O	?	+	++
Enlèvement micropolluants								
Electrodialyse	++	+	+	+	+	O	+	O
Nanofiltration	++	O	+	O	O	O	++	O
Ozonation	+	O	+	O	O	++	O	O

4^{ème} Partie : Aspect réglementaire

Le cadre institutionnel français et européen reste flou.

I) Les textes réglementaires français et européens sur l'assainissement

L'assainissement en France et dans l'Union européenne est régi par plusieurs textes. Les plus importants sont présentés ci-après ou ont déjà été présentés précédemment.

Textes européens¹⁰ :

La Directive n° 91/271 du 21/05/91 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines (dite DERU) fixe les teneurs en polluants des rejets sortant des stations d'épuration.

La directive cadre sur l'eau n°2000/60/CE, dite DCE, impose en Europe des objectifs de qualité pour les masses d'eaux de surface et souterraines. Les eaux doivent respecter le principe de « bon état » écologique et chimique (d'ici 2027 pour la Seine), le « bon état » étant évalué au regard des caractéristiques physico-chimiques et du fonctionnement écologique de la masse d'eau.

Textes français

La loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, dite « LEMA » répond à quatre objectifs (Techni.Cités 2009) :

- mieux gérer la ressource en eau et réaliser l'objectif de bon état des eaux
- réussir la mise en œuvre de l'assainissement non collectif¹¹
- 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

Concernant les articles relatifs à l'assainissement, la LEMA a été retranscrite (modification ou création d'articles) dans les différents Codes traitant de l'assainissement : le Code de la Santé Publique ou le Code Général des Collectivités Territoriales.

L'arrêté interministériel du 22 juin 2007 (relatif à la collecte, au transport, au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité et aux dispositifs d'assainissement non collectif, recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1.2 kg/j de DBO) présente les nouvelles règles techniques qui régissent depuis 2010 les systèmes d'assainissement en France. Il est actuellement en cours de révision.

La circulaire du 15 février 2008 donne les instructions pour l'application de l'arrêté interministériel du 22 juin 2007.

D'autres textes viennent réglementer la gestion des eaux usées.

Selon les quantités mises en œuvre, les réglementations peuvent être très différentes. Le Règlement Sanitaire Départemental couvre les questions d'hygiène et de voisinage relatives à la toilette elle-même, à son fonctionnement et au compostage à l'échelle individuelle, notamment en ville, tandis que la loi sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement réglemente le traitement industriel des déchets.

¹⁰ La DERU et la DCE ont déjà été présentées dans la 1^{ère} partie I)B) Enjeux liés à la protection des milieux aquatiques

¹¹ Une définition de l'assainissement non collectif sera donnée dans une sous-partie suivante

A fortiori, rien n'interdit la mise en place de toilettes à séparation dans les habitations. Le Code de la Construction et de l'Habitat (art R111-3) impose seulement que « tout logement doit [...] être pourvu d'un cabinet d'aisances ».

En Suède, là où la collecte sélective des urines est déjà mise en place au niveau des logements (autrement qu'à un stade expérimental), aucun texte ne régleme la récupération et l'utilisation de l'urine. L'assainissement est basé sur une logique de résultat, les collectivités ont donc libre choix des moyens à mettre en œuvre.

Le Code de l'Environnement suédois impose néanmoins le recyclage des ressources naturelles et l'utilisation de la « meilleure technologie disponible » pour arriver au résultat souhaité.

Le Planning and Building Act (code de la construction et de la planification élaboré par le ministère de l'environnement suédois) donne pouvoir aux municipalités de décider elle-même du développement des infrastructures locales et impose aux habitations d'avoir de la place pour le recyclage des déchets.

En France, certaines dispositions alternatives permettant de traiter les eaux usées (comme les lits plantés de roseaux, les lagunes) sont autorisés en assainissement collectif, mais globalement, en termes de législation européenne ou française, beaucoup reste donc à faire.

II) La difficile classification de l'urine

A) Quel statut de l'urine ?

Le droit français établit une différence entre un déchet et un produit.

Le produit relève du Code de la Consommation et en cas de litige, l'utilisateur, tout comme le fabricant, peut avoir une part de responsabilité. Le déchet relève du Code de l'Environnement et seule la personne ayant produit le déchet peut être responsable. Certains textes permettent à un déchet de sortir de son statut et de devenir un produit (c'est le cas notamment pour le verre ou la ferraille). L'Union Européenne autorise les Etats-Membres à prendre des mesures de sortie de statut de déchet si l'UE n'a pas pris de mesure permettant de le faire. Justement, il n'y a pas de texte concernant la matière organique (uniquement sur la matière non-organique). L'avantage pour un produit, c'est qu'il peut être commercialisé et générer des recettes. Un déchet quant à lui a besoin d'une autorisation en vue de son utilisation (autorisation d'épandage par exemple), généralement à la charge financière du producteur.

L'urine est donc un déchet, mais la France pourrait décider de passer les urines au statut de produit. Or, actuellement, il est difficile pour les boues issues des stations d'épuration, malgré les normes et l'utilisation répandue en épandage, de devenir un produit. Une évolution du statut de l'urine n'est donc pas attendue à court et moyen termes.

En cas de valorisation agricole par la création d'engrais, la loi de 1976 sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) impose la soumission des installations industrielles de fabrication de fertilisants agricoles au droit des ICPE selon la nature des produits qu'elles traitent et à partir de seuils quantitatifs. L'activité de production d'engrais, sans mise en œuvre d'un procédé aérobique (compostage), ce qui est le cas pour les urines, est soumise à déclaration en préfecture quelle que soit la masse produite¹², ce seuil s'appliquant à un site, et non à une entreprise, qui peut gérer plusieurs sites. Ainsi, le SIAAP devra se mettre en conformité avec la loi sur les ICPE et engager les procédures pour se soumettre à déclaration pour les unités de fabrication d'engrais. Cela ne devrait pas poser de problème dans la mesure où les stations d'épuration sont déjà soumises à autorisation, procédure plus contraignante que la déclaration.

¹² Selon l'arrêté du 07/01/02 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2170 " engrais et supports de culture (fabrication des) à partir de matières organiques " et mettant en œuvre un procédé de transformation biologique aérobique (compostage) des matières organiques

B) Quel assainissement pour la collecte sélective des urines ?

Il faut distinguer (Lanoë 2009) :

- Assainissement collectif : épuration soumise à l'obligation de résultats
- Assainissement non collectif (ANC) : obligation de moyens

La distinction entre assainissement collectif et ANC est déterminée par la localisation et donc la maîtrise d'ouvrage des équipements d'assainissement. SI les ouvrages (canalisations, cuves) sont tous en domaine privé, c'est de l'assainissement non collectif. S'ils sont dans le domaine public, on passe en assainissement collectif

Assainissement collectif

L'assainissement collectif consiste à collecter les eaux usées, d'origine domestique ou industrielle, séparément ou mélangées et à les transporter vers une station de traitement des eaux polluées (STEP) si les effluents nécessitent un traitement avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Le raccordement au réseau collectif, s'il est existant, est obligatoire :

« **Le raccordement des immeubles aux réseaux publics de collecte** disposés pour recevoir les eaux usées domestiques et établis sous la voie publique à laquelle ces immeubles ont accès soit directement, soit par l'intermédiaire de voies privées ou de servitudes de passage, **est obligatoire** dans le délai de deux ans à compter de la mise en service du réseau public de collecte. » Code de la Santé Publique Art L1331-1 (modifié par la LEMA art 46)

De plus,

« I - Les communes sont compétentes en matière d'assainissement des eaux usées. [...]

II.-Les communes assurent le contrôle des raccordements au réseau public de collecte, la collecte, le transport et l'épuration des eaux usées, ainsi que l'élimination des boues produites. » Code Général des Collectivités Territoriales Art L2224-8 (modifié par la LEMA art 54)

Néanmoins, il y a une exception pour l'Ile-de-France.

« Les départements de Paris, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne, ainsi que l'institution interdépartementale qu'ils ont créée entre eux [le SIAAP] assurent l'assainissement collectif des eaux usées, qui comprend leur collecte et leur transport, lorsque les communes, leurs établissements publics de coopération ou leurs syndicats mixtes n'y pourvoient pas, leur épuration et l'élimination des boues produites. » Code Général des Collectivités Territoriales Article L3451-1 (créé par la LEMA art 63)

Assainissement non collectif

L'assainissement non collectif consiste à renvoyer les eaux usées domestiques au milieu naturel après qu'elles aient subi un traitement permettant d'assurer la permanence de l'infiltration des effluents par des dispositifs d'épuration et d'évacuation par le sol et d'assurer la protection des nappes d'eau souterraines. Les systèmes mis en œuvre doivent comporter un dispositif de prétraitement et des dispositifs assurant l'épuration et/ou l'évacuation par le sol.

L'assainissement non collectif, selon la DERU, peut être mis en place lorsque l'installation d'un système de collecte ne se justifie pas, soit parce qu'il ne présente pas d'intérêt pour l'environnement, soit parce que son coût est excessif :

« Lorsque l'installation d'un système de collecte ne se justifie pas, soit parce qu'il ne présenterait pas d'intérêt pour l'environnement, soit parce que son coût serait excessif, des systèmes individuels ou d'autres systèmes appropriés assurant un niveau identique de protection de l'environnement sont utilisés. » DERU Art 3

Les communes ont l'obligation d'assurer le contrôle des systèmes d'ANC, via leur Service Public de l'Assainissement Non Collectif (SPANC).

« III.-Pour les immeubles non raccordés au réseau public de collecte, la commune assure le contrôle des installations d'assainissement non collectif. »
CGCT Art L2224-8 (modifié par la LEMA art 54)

Quel assainissement pour la collecte sélective des urines ?

La collecte sélective des urines comprend le stockage en citerne de l'urine au niveau du bâtiment concerné, la vidange des citernes et le transport des urines vers un lieu de traitement ou de valorisation.

A priori, l'assainissement collectif supposant un raccordement au réseau public d'assainissement, la collecte sélective des urines relèverait donc de l'assainissement non collectif. Or, l'ANC suppose un stockage, un traitement et un rejet sur place, puis les boues vidangées sont emmenées par camion en station d'épuration. La récupération des urines, parce que ces dernières ne sont pas rejetées au réseau public d'assainissement mais vont tout de même subir un traitement ultérieur en usine de traitement, après transport par camion, ne rentre donc dans aucune de ces catégories.

De plus, les directives actuelles interdisent de stocker dans un bâtiment les eaux usées, sauf dans le cas des urines concernées par la radioactivité comme dans les hôpitaux. Néanmoins, dans ce cas, les urines sont rejetées dans le réseau classique.

Réglementairement, la mise en œuvre de la collecte sélective des urines serait donc interdite puisque la réglementation ne le permet pas. On a donc affaire à un vide juridique sur ce point. L'arrêté du 22/06/07 (relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement), en cours de modification, devra à nouveau être modifié afin de permettre la mise en place de la collecte sélective des urines avec une gestion par le service public d'assainissement collectif.

L'assainissement collectif reste de rigueur pour le reste des volumes collectés (eaux grises et matières fécales).

Quelle organisation ?

La mise en place des installations techniques (WC NoMix, canalisations et citernes) seraient à la charge des propriétaires du bâtiment. Les frais d'investissement et charges liés à cette collecte sélective des urines seraient imputables par le service public en charge de la vidange et du transport aux habitants via la redevance d'assainissement.

En effet,

« Les redevances d'eau potable et d'assainissement couvrent les charges consécutives aux investissements, au fonctionnement et aux renouvellements nécessaires à la fourniture des services, ainsi que les charges et les impositions de toute nature afférentes à leur exécution. » Article L2224-12-3 CGCT (créé par la LEMA art 57)

La modification de la redevance serait imputable à tous les usagers du SIAAP car on peut considérer que les bénéfices apportés au SIAAP par la collecte sélective des urines sont globaux.

Un parallèle peut être établi entre la collecte sélective des urines et la collecte des ordures ménagères pour le tri sélectif (entretien Agence de l'eau (a)). Dans ce cadre, il est demandé aux habitants de trier leur déchet à la source pour récupérer ceux qui sont recyclables. Des conteneurs spécifiques ont été fournis aux habitations et une collecte de ces déchets recyclables a été mise en place spécifiquement pour assurer la récupération de ces déchets. Les usagers paient ce service via la taxe foncière. Enfin, de même que l'entretien d'un vide-ordure fait partie des charges d'une copropriété, l'entretien des canalisations et de la citerne d'urine reviendrait aux propriétaires des logements.

En milieu rural ou dans les communes soumises à l'ANC, si un particulier souhaite mettre en place un système de récupération des urines chez lui, comme cela se fait en Suède, certaines conditions sanitaires ne doivent pas être négligées avant utilisation. L'urine doit être stockée six mois avant d'être utilisée comme engrais. De plus en Suède, de nombreux partenariats ont été conclus avec des agriculteurs, ce qui n'est pas le cas en France. Comme vu précédemment, en Suède, aucun texte ne régit la collecte et l'utilisation de l'urine. Les initiatives ont cependant suivi les recommandations du Stockholm Environment Institute (SEI) qui a mené de nombreuses expériences et publié plusieurs guides de bonnes pratiques de l'utilisation de l'urine, notamment dans le cadre du programme EcoSanRes (2004, 2006, 2011).

La législation française ne traite pas le cas de la récupération de l'urine et de son utilisation. La Direction Générale de la Santé et l'Agence Régionale de Santé ont formé un groupe de travail pour définir un guide de bonne pratique pour l'utilisation de toilettes sèches, notamment pour l'habitat individuel (entretien DGS). Ils ont confié que le sujet de la collecte des urines n'est pas du tout abordé en France.

Or, dans le cas de la mise en place de la collecte sélective des urines pour sortir l'excès d'azote du réseau classique, le cas individuel en raison des faibles volumes concernés n'est pas intéressant.

Néanmoins, une mise en place future dans des immeubles collectifs suscitera peut-être l'engouement au niveau des habitations individuelles également. Il faudra alors que les pouvoirs publics légifèrent sur le sujet.

III) De quels outils disposent les communes ?

A Paris et dans la petite couronne parisienne, la gestion de l'assainissement est assurée par plusieurs partenaires dont les missions sont complémentaires. Les effluents sont d'abord collectés par les égouts communaux de petite section, qui se jettent dans les collecteurs départementaux, assurant leur transport jusque dans les grands émissaires du SIAAP. Celui-ci exploite les usines d'épuration de ces effluents. Cette répartition des missions est une spécificité de la petite couronne parisienne. De manière générale, en France, l'assainissement est géré au niveau communal ou intercommunal (de la collecte à l'épuration).

Pour organiser l'assainissement dans leur commune ou EPCI, les maires ou présidents d'EPCI disposent de plusieurs outils.

Zonage d'assainissement

Le zonage d'assainissement permet aux communes ou aux EPCI de définir les zones d'assainissement collectif, les zones d'assainissement non collectif, les zones où limiter l'imperméabilisation et les zones de stockage de l'eau pluviale.

« Les communes ou leurs établissements publics de coopération délimitent, après enquête publique :

1° Les zones d'assainissement collectif où elles sont tenues d'assurer la collecte des eaux usées domestiques et le stockage, l'épuration et le rejet ou la réutilisation de l'ensemble des eaux collectées ;

2° Les zones relevant de l'assainissement non collectif où elles sont tenues d'assurer le contrôle de ces installations et, si elles le décident, le traitement des matières de vidange et, à la demande des propriétaires, l'entretien et les travaux de réalisation et de réhabilitation des installations d'assainissement non collectif ;

3° Les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement ;

4° Les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et, en tant que de besoin, le traitement des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution qu'elles apportent au milieu aquatique risque de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement. » Article L2224-10 CGCT (modifié par la LEMA art 54)

Règlement d'assainissement

La collectivité doit élaborer un règlement de service en vertu des articles L. 2221-3 et suivants du CGCT.

Elle peut opter pour un règlement spécifique « assainissement collectif (ce qui impose un second règlement pour le «non-collectif»)».

Concernant le règlement « assainissement collectif » qui doit faire l'objet d'une délibération, celui-ci doit définir les conditions et les modalités auxquelles est soumis le déversement des eaux usées dans le réseau d'assainissement, notamment :

- les catégories d'eau admises au déversement
- les modalités d'établissement du branchement, d'entretien, de surveillance, de suppression ou de modification
- les déversements interdits
- l'obligation de raccordement et les conditions financières
- la redevance assainissement
- les dispositions pour les eaux non industrielles
- les dispositions concernant les installations sanitaires intérieures
- le contrôle des réseaux privés

IV) Comment instaurer la mise en place de la collecte sélective des urines ?

Les eaux grises et les matières fécales relevant toujours de l'assainissement collectif, cela ne remet donc pas en cause le zonage d'assainissement mis en place par les communes. On a vu précédemment qu'un régime particulier devra néanmoins être adopté pour les urines, mais la collecte de ces dernières continuera à être du ressort du SIAAP pour leur vidange, leur transport et leur traitement.

Par le règlement d'assainissement, les communes et les départements pourraient jouer sur la qualité de l'eau et notamment la teneur en azote des eaux rejetées au niveau d'un immeuble ou d'une parcelle. De même, par les dispositions concernant les installations sanitaires intérieures (dans le règlement

d'assainissement), la commune pourrait imposer la mise en place de toilettes à séparation, de canalisations et d'une citerne lors de la construction d'un immeuble.

Les communes pourront s'appuyer sur les aménageurs pour mettre en place la collecte sélective des urines, au niveau des nouvelles ZAC notamment.

La SEM 92, Société d'Economie Mixte d'aménagement dans le département des Hauts-de-Seine, travaille actuellement sur un éco-quartier sur les bords de Seine, à l'emplacement de l'ancienne usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) appartenant à la Ville de Paris. Elle a obligé les promoteurs par les cahiers des charges à respecter les labels Bâtiment Basse Consommation (BBC) et Habitat & Environnement. Concernant la collecte sélective des urines, il serait par ce biais tout à fait possible de mettre en place ce type de système. La SEM 92 (entretien SEM 92) explique que les promoteurs sont a priori réticents à toute forme de contrainte, mais finissent par s'adapter et trouver des solutions techniques, voire faire un atout de cette contrainte à la revente ou pour son image de marque.

La tâche reste toutefois compliquée pour le SIAAP car n'étant pas compétent en matière de règlement¹³ ou zonage d'assainissement (compétence des communes), il ne peut pas forcer les communes à imposer la collecte sélective des urines sur le territoire.

A ce jour, pour les techniques alternatives de récupération des eaux pluviales, aucune réponse satisfaisante n'a été trouvée pour les imposer malgré les enjeux.

Ainsi, au-delà de l'intérêt technique pour le SIAAP de sortir des urines du réseau d'assainissement, il est important d'insister sur l'aspect environnemental du développement d'un tel système. **Mettre en place une expérimentation sur un projet-pilote pourrait servir de démonstration pour inciter les communes à s'intéresser à ce système.**

Une concertation avec les différentes parties prenantes (élus, riverains, corps techniques) pourra être mise en place afin de définir les modalités de mise en place de ce projet-pilote.

¹³ Le SIAAP dispose d'un règlement mais uniquement pour ses réseaux.

5^{ème} partie : Aspect environnemental

L'évacuation des urines est un problème mais une ébauche environnementale montre que le bilan-carbone est plutôt favorable à la collecte et au traitement des urines.

I) La problématique et le choix de l'évacuation des urines

Une fois les urines collectées dans les citernes, il faut les acheminer vers leur lieu de traitement. Différentes solutions techniques existent.

A Eawag, en Suisse, les scientifiques (Larsen *et al.* 2013) proposent de stocker l'azote et de le relâcher dans le réseau au fur et à mesure des besoins en azote dans les stations d'épuration, afin d'éviter les pics d'azote en journée. Cette méthode a l'inconvénient de ne pas être en faveur de la valorisation mais uniquement du traitement des urines et n'est valable que sur des réseaux courts.

Une autre technique consiste à utiliser le réseau actuel pour transporter l'urine de nuit (vague jaune) lorsque le débit d'eaux usées est au plus bas. Cette technique présuppose d'avoir un réseau séparatif avec peu d'eaux parasites. De plus, il y a toujours le risque que les eaux se mélangent avec d'autres eaux usées.

Quant à la construction d'un troisième réseau dédié aux urines (en plus du réseau d'eaux pluviales et du réseau d'eaux usées), cela semble représenter un coût très important pour mailler l'ensemble des territoires concernés jusqu'aux stations de traitement. De plus, des études techniques plus poussées devraient être effectuées pour confirmer cet aspect, mais ce n'est pas forcément faisable d'insérer un troisième réseau dans le sous-sol.

Le moyen d'acheminement retenu des urines vers le lieu de traitement ou de valorisation pour le territoire du SIAAP est donc le transport par camion-citerne.

La zone géographique étant plutôt vaste (environ¹⁴ 1980 km²), l'objectif est d'optimiser les déplacements des camions. En effet, a priori, la récupération des urines par transport routier pourrait présenter un bilan environnemental négatif. L'objectif de ce chapitre est d'étudier dans quelle mesure la collecte, le transport et le traitement/valorisation des urines impactent l'environnement comparativement à l'agrandissement des stations d'épuration actuelles pour traiter l'excédent d'azote.

Afin d'estimer le nombre de kilomètres que les camions vont parcourir, il est nécessaire de savoir où les urines vont être emmenées pour un traitement éventuel ou un conditionnement pour une valorisation. Or, en fonction de la localisation des nouveaux logements (où la mise en place de la collecte sélective des urines est possible), le volume en urine ne sera pas le même sur tout le territoire. Ainsi, à partir des données de la DRIEA Ile-de-France et des objectifs de TOL en logement par an (Territorialisation de l'Offre de Logement¹⁵) par bassin, une carte de la densité de construction de logement par km² dans chaque bassin a été dressée.

¹⁴ Donnée SIAAP 2013

¹⁵ Rappel : les objectifs de la TOL sont inscrits dans la loi sur le Grand Paris et sont de 70 000 logements construits par an.

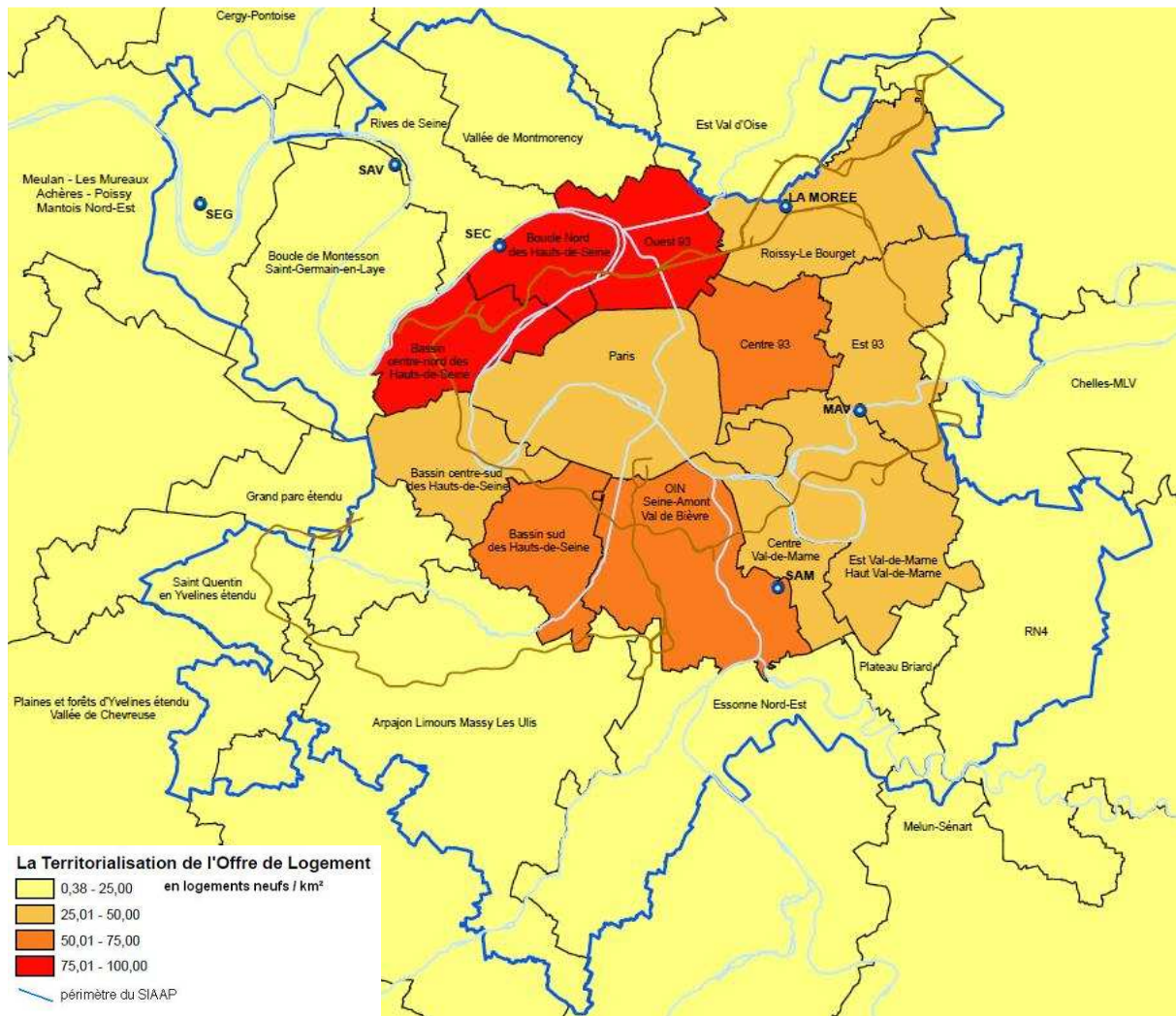


Figure 31 : Carte de territorialisation de l'offre de logement sur le territoire du SIAAP (crédit personnel)

Le territoire du SIAAP est concerné par environ 50 000 logements neufs par an. On remarque que les logements neufs vont être principalement situés dans le Nord-Ouest et au Sud de Paris avec plus de 50 logements construits par km². Minimiser les déplacements par camion consisterait à construire les usines de traitement plutôt dans ces zones. De plus, l'hypothèse probable serait que le SIAAP gèrerait le traitement ou le conditionnement des urines, d'où une localisation sur son territoire.

Or, le SIAAP est confronté à un problème de foncier dans la mesure où il n'y a plus beaucoup de place sur les stations existantes et elle ne possède pas d'autres terrains. En petite couronne, là où la densité est la plus importante et donc là où il serait le plus proche pour emmener les urines, seuls les sites de la Briche (usine de prétraitement située dans le bassin Ouest 93¹⁶) et de Marne Aval (MAV, station d'épuration située dans le bassin Est 93) pourraient convenir pour l'accueil d'une usine de traitement des urines en petite couronne. En dehors de ce périmètre, le site de Seine Aval (SAV) possède du foncier pour accueillir une usine de traitement.

A partir de ces points de repère, il est donc nécessaire de calculer jusqu'à quelle distance autour des stations précitées les camions peuvent circuler sans que leur impact environnemental remette en question le principe de la collecte sélective des urines. C'est l'objet du III) de ce chapitre.

¹⁶ Voir carte du SIAAP dans le premier chapitre

Dans un premier temps, il est nécessaire d'évaluer le flux journalier de camions qui circulera sur le territoire du SIAAP et de revenir sur la façon dont s'organisera la rotation des camions pour la collecte au niveau des nouveaux logements.

II) La collecte par camion au niveau du quartier

Un exemple concret en Ile-de-France va être utilisé pour cette étude. Le quartier choisi est celui de la ZAC Clichy-Batignolles, quartier en pleine rénovation dans le 17^{ème} arrondissement de Paris. Cette ZAC a été retenue du fait de son état d'avancement puisque le découpage et le programme des différentes parcelles sont bien définis. Cette ZAC ne pourrait donc pas rentrer dans le périmètre de la collecte sélective des urines puisque le niveau de réalisation est déjà trop avancé, mais elle servira de bon exemple pour le dimensionnement du nombre de camions.

La ZAC est divisée en 27 lots numérotés de O1 à O9, de E1 à E10 et de N1 à N5. Dans le tableau ci-dessous, le programme en surface a été réparti pour chaque lot, puis l'équivalent-habitant pour chaque lot a été calculé en se basant sur les ratios suivants (données APUR et SPLA Paris Batignolles Aménagement):

- nombres d'habitants dans un logement = surface/77 m² * 2,2 personnes par logement
- nombre d'étudiants dans un logement = surface / 30 m²
- nombre de salariés = surface programme / 20 m² * 0,6 (temps passé au bureau)

On considère que l'urine n'est pas récupérée dans les commerces ni dans les équipements publics, puisque pour l'instant, il est envisagé de récupérer l'urine dans les bureaux et les logements uniquement. La quantité d'urine récupérée en m³/j est obtenue en considérant qu'une personne produit 1.5L d'urine par jour. Pour les logements, même si on considère que les personnes ne sont pas à leur domicile en journée, on prend le pic de production qui correspond au weekend, donc à la présence toute la journée au domicile.

Tableau 12 : Répartition et plan-masse de la ZAC Clichy-Batignolles (SPLA Paris Batignolles Aménagement)

	Logements (m²)				résidence sociale (m²)	Bureaux (m²)	Commerces (m²)	équipement public (m²)	nb personnes (logements + bureaux)	Quantité d'urine (m³/j)
	Logt Social	Logt Privé	Logt Privé (Loyer Maîtrisé)	Logt Social (étudiant)						
E1	4390						490	940	125	0,188
E2	1185	6130							209	0,314
E3	3065						320		88	0,131
E4				3930				4360	131	0,197
E5		7830				930			252	0,377
E6	3490	6415					330	6050	283	0,425
E7	3755								107	0,161
E8		7140	4775				160	3700	340	0,511
E9	8590						498	3320	245	0,368
E10A			7530				1180		215	0,323
E10B	11315						330	6250	323	0,485
O1		3300	6500	3000			4000		380	0,570
O2	3600	6600					320	800	291	0,437
O3	7000			4300			5350		343	0,515
O4A	11200						300	6800	320	0,480
O4B		8700	3800				500		357	0,536
O5						21500	1150		645	0,968
O6A	4950				1350		190	2880	141	0,212
O6B		3760	3760				480		215	0,322
O7						23030	1164		691	1,036
O8	11000	7350	5050					5840	669	1,003
O9						15792	1232		474	0,711
N1	2430		3060	2880			400	1800	253	0,379
N2						15500	900		465	0,698
N3						6400			192	0,288
N4						13500			405	0,608
N5						8500			255	0,383
									Total	8415
										12.6



Différents scénarii ont été envisagés afin de dimensionner la rotation de camions nécessaires à la vidange des cuves. Après renseignement auprès de sociétés de vidange de fosses septiques, la taille moyenne d'un camion-citerne est de 10 m³.

Un premier scénario a été imaginé en considérant que la collecte des citernes serait hebdomadaire : échelle de temps régulière et cuve qui n'est pas encore trop pleine. La taille des cuves est également calculée à partir du volume produit en une semaine, taille surdimensionnée dans la mesure où il faut prendre en compte la possibilité de l'absence exceptionnelle de vidange de la cuve lors du jour prévu (jours fériés, intempéries empêchant la circulation des camions, grèves des conducteurs, ...).

Tableau 13 : Volume collecté pour 7 jours et taille de la cuve

	m3/j	m3/7j	taille cuve (m ³)
E1	0,188	1,317	3
E2	0,314	2,195	4
E3	0,131	0,920	2
E4	0,197	1,376	3
E5	0,377	2,642	4
E6	0,425	2,972	4
E7	0,161	1,127	3
E8	0,511	3,575	5
E9	0,368	2,577	4
E10A	0,323	2,259	4
E10B	0,485	3,395	5
O1	0,570	3,990	5
O2	0,437	3,060	4
O3	0,515	3,605	5

	m3/j	m3/7j	taille cuve (m ³)
O4A	0,480	3,360	4
O4B	0,536	3,750	5
O5	0,968	6,773	8
O6A	0,212	1,485	3
O6B	0,322	2,256	4
O7	1,036	7,254	9
O8	1,003	7,020	9
O9	0,711	4,974	6
N1	0,379	2,655	4
N2	0,698	4,883	6
N3	0,288	2,016	3
N4	0,608	4,253	6
N5	0,383	2,678	4

On remarque que pour la plupart des ilots, le camion-citerne est loin d'être plein au bout d'une semaine, ce qui n'est pas intéressant en termes de collecte.

En doublant l'espacement entre les collectes (soit tous les 14 jours), on obtient des volumes plus intéressants pour certains ilots, mais pour d'autres (ex : O5), la capacité d'un camion-citerne ne sera pas suffisante.

Dans tous les cas, cela représente un trafic important de camions (un par ilot soit 27).



Figure 32 : Regroupement des ilots

L'idée est donc d'organiser la collecte en regroupant plusieurs îlots, proches géographiquement, de façon à organiser la collecte dès que les cuves sont pleines.

Tableau 14 : Volume d'urine avec regroupement des îlots

	m ³ /jour	Camion rempli en (jours)	Passage tous les (jours)
E1 à E9	2,671	3,7	3
O1 +O2+O3+O4	2,538	3,9	3
O5+O6	1,502	6,7	6
O7+O8	2,039	4,9	4
O9+N5+E10	1,901	5,3	5
N1+N2+N3+N4	1,972	5,1	5

On remarque que le trafic de camions est fortement diminué, soit 6 camions. En revanche, la collecte est moins régulière pour chaque groupement d'îlot et la collecte peut tomber sur des jours de weekend.

Un autre scénario consiste à regrouper les îlots de façon à collecter les urines de façon régulière soit tous les 7 jours par exemple.

Tableau 15 : Volume d'urine avec regroupement des îlots pour collecte tous les 7 jours

	m ³ /jour	Camion rempli en (jours)
E1+E2+E3+E4+E6+E7	1,415	7,07
E5+E8+E9	1,256	7,96
E10+N1	1,187	8,43
O1+O3	1,085	9,22
O2+O5	1,405	7,12
O4	1,016	9,85
O7+O6a	1,248	8,01
O8+O6b	1,325	7,55
O9+N5+N3	1,381	7,24
N2+N4	1,305	7,66

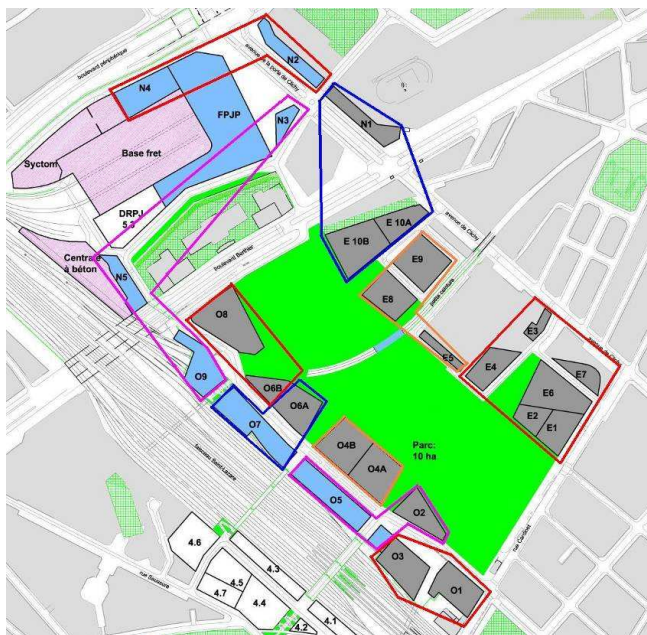


Figure 33 : Regroupement des îlots pour collecte tous les 7 jours

Cela représente donc une rotation de 10 camions sur la semaine. La collecte peut ensuite s'organiser régulièrement avec un rendez-vous hebdomadaire pour chaque groupement d'immeuble.

On peut tirer de cette étude les enseignements suivants.

Il est difficile de donner une règle précise pour l'organisation de la collecte des urines.

Pour une organisation plus souple de la récupération des urines, sans fixer de collecte de façon régulière, il serait possible d'équiper les cuves en capteurs qui préviennent lorsque la cuve est pleine. Cela suppose qu'un télé-report visible indiquant le remplissage des cuves doit être installé et donc que le bâtiment possède un gardien ou un agent d'accueil capable de repérer ce report et prendre les mesures nécessaires. Ce sont donc plutôt les bureaux qui vont être concernés. De plus, lorsque le capteur indique que la cuve est en passe d'être remplie, il faut s'assurer que les services qui viennent vidanger seront suffisamment réactifs pour éviter que la cuve ne déborde ou prévoir de la marge entre le moment où le capteur signale le remplissage de la cuve et le moment de la vidange. En cas de défaillance du capteur, il est possible de prévoir une cuve de secours alimentée par surverse de la première.

En l'absence de report du niveau de remplissage de la cuve, il est possible d'organiser la collecte dès la conception du quartier de manière groupée. Une cuve récupérerait toutes les urines du groupement d'immeubles par un mini-réseau qui relierait les immeubles à la cuve. Il est alors possible d'aménager pour le camion une aire de stationnement où il pourra venir s'installer pour pomper les urines.

Il est également possible de tirer de cette étude des ratios pour calculer le nombre de camions par jour que représente la collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP.

Une personne produisant 1,5L d'urine par jour, le million d'habitants qui serait concerné par la collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP (pour rééquilibrer les effluents, comme calculé dans le premier chapitre) représente 1500 m³ d'urine par jour à récupérer. Un camion citerne ayant une capacité de 10 m³, cela représente **un trafic de 150 camions par jour sur le territoire du SIAAP**, soit 1 camion pour 6600 habitants environ. Par comparaison, la collecte des ordures ménagères¹⁷ sur 13 communes du Val-de-Marne et 12 arrondissement parisiens (zone de collecte de l'usine d'Ivry-Paris XIII) représente 400 camions par jour, soit presque 3 fois plus pour un territoire environ 5 fois plus petit.

III) Le bilan-carbone relatif à la collecte et au traitement des urines est plutôt positif

L'une des critiques de la collecte des urines par camion est l'aspect négatif du bilan-carbone de ce mode de transport vis-à-vis d'un agrandissement des stations d'épuration du SIAAP.

L'agrandissement d'une des stations d'épuration porterait sur la station de Seine Aval à Achères, seul site capable d'accueillir encore de nouvelles constructions.

L'étude s'est basée sur les travaux actuellement en cours de création d'une filière biofiltration et d'une filière membranaire sur le site de Seine Aval pour augmenter les capacités de la station. D'ici 2030, étant données les quantités d'azote attendues, l'équivalent pour traiter l'azote supplémentaire (soit 11 t/j) consisterait à créer à nouveau la filière membranaire en cours de mise en œuvre sur Seine Aval qui permet de traiter jusqu'à 15,1 t de NTK par jour pour un débit de 300 000 m³ par jour (soit 109 500 000 m³/an).

Les données de bilan-carbone ont été obtenues à partir du logiciel développé par l'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement dont le SIAAP fait partie).

¹⁷ Données SYCTOM

Le calcul du bilan-carbone de l'agrandissement de la station Seine Aval doit comporter les émissions relatives :

- aux immobilisations amorties sur 60 ans pour la partie construction du génie civil et 15 ans pour la partie équipements et matériels : la base de données de l'ASTEE donne un ratio de tonnes d'équivalent-carbone en fonction du coût d'investissement
- aux consommations de réactifs par an : données par l'entreprise en charge des travaux
- à la consommation d'énergie par an : donnée par l'entreprise en charge des travaux

Les résultats pour la filière membranaire sont les suivants.

Poste	Emissions en t EqCO ₂ par an
Energie	5216
Immobilisations	51 463
Matériaux et services entrants	2896
Total	59575

Pour la collecte sélective des urines, le traitement des urines retenu est la précipitation de la struvite pour récupérer le phosphore et une partie de l'azote, suivi d'un traitement Anammox pour éliminer l'azote. On considère toujours qu'un humain rejette via les urines 11g d'azote par jour et 1 g de phosphore par jour, soit 11 tonnes d'azote et 1 tonne de phosphore par jour pour un million d'habitants.

Les émissions proviennent :

- Pour le traitement :
 - des immobilisations suite à la construction des unités de traitement. Le volume journalier d'urine produit par le million d'habitants est de 1500 m³, soit 547 500 m³ par an. Par proportionnalité avec les immobilisations sur la filière membranaire, on obtient les émissions relatives aux immobilisations. Ce ratio retenu est a priori le plus pénalisant car le procédé membranaire est un procédé très technologique, c'est pourquoi l'impact des immobilisations est important. L'estimation retenue pour le traitement des urines est donc majorante.
 - de la consommation d'énergie : Maurer et al. (2003) donne les consommations d'électricité pour les traitements pré-cités : 1.39 kWh/kg d'azote éliminé pour le procédé Anammox et 0.834 kWh/kg de phosphore éliminé pour la précipitation de la struvite. La réaction de précipitation de la struvite ayant lieu pour des doses molaires d'azote, de phosphore et de magnésium dans des proportions 1 :1 :1, on considère que la tonne de phosphore est récupérée en précipitant et qu'il reste 10,5 tonnes d'azote dans les urines qui n'ont pas précipité.
 - de la consommation de réactifs : le procédé Anammox ne consomme pas de réactifs. La précipitation de la struvite nécessite l'ajout de magnésium. Lors de la rédaction du présent rapport, le facteur d'émission du magnésium n'a pas été trouvé dans la bibliographie et donc non pris en compte.
- Pour la mise en place dans les logements :
 - des canalisations supplémentaires : une évaluation de 6 mètres linéaires par logement a été estimée, pour les 50 000 logements neufs par an qui vont être construits sur le territoire du SIAAP.
- Pour le transport par camion-citerne :
 - Le nombre de kilomètres pouvant être parcourus par les camions-citernes afin d'égaliser les émissions de l'extension de Seine Aval sera déduit de la différence entre les émissions relatives à l'agrandissement de Seine Aval et les émissions relative à l'installation dans les logements et le traitement des urines.

Traitement	Facteur d'émission		Quantité	Total	
Génie civil	0,000470	t eq CO2/m3	547500 m3	257,26	T eq CO2/an
Réactifs struvite : magnésium					
Energie struvite	0,00004771	t eq CO2/kWh	304410 kWh	14,52	T eq CO2/an
Energie Anammox	0,00004771	t eq CO2/kWh	5327175 kWh	254,16	T eq CO2/an
Mise en place dans logements					
Canalisations	4.2	t eq CO ₂ /m ³	230 m3	964,91	T eq CO2/an
			Total	1490,85	

Transport					
Camions-citerne 11 à 19 tonnes	0,0009175	t eq CO2/km	632 960 70 km/an	58074,144	T eq CO2/an

En ramenant ce nombre de kilomètres parcourus par an au nombre de kilomètres parcourus par jour par un des 150 camions, on obtient **qu'un camion peut parcourir par jour 1156 km** pour le trajet le menant jusqu'à son point de collecte puis le trajet jusqu'à l'usine de traitement.

On peut donc conclure que le bilan carbone est largement favorable pour la récupération et le traitement des urines. Certes, certaines données ont été négligées, comme les émissions relatives au magnésium, mais on constate que l'écart ne pourrait être rattrapé sur ce seul critère. En fait, l'écart est essentiellement dû aux immobilisations, puisqu'elles sont ramenées au volume traité. Or, la différence de volume traité, 200 fois plus dans le cas de l'agrandissement de Seine Aval, conduit logiquement à des émissions liées aux immobilisations 200 fois moins importantes dans le cas de la collecte sélective des urines. De plus, la valorisation de la struvite en remplacement d'engrais industriels conduirait à des impacts évités (non pris en compte dans le présent chapitre).

Il est donc tout à fait intéressant sur un plan environnemental de mettre en place la collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP.

6^{ème} partie : Aspect acceptabilité sociale

Les retours d'expérience montrent que l'acceptabilité sociale est bonne malgré quelques réticences liées aux changements d'habitude des usagers.

Avant de mettre en place une politique publique de cette ampleur, il est intéressant d'avoir une idée à l'avance de la perception que va avoir le public de cette nouveauté et de l'utilisation qu'il va en faire, afin que la compréhension et l'adhésion soient les meilleures possibles. Des études et des sondages ont déjà été réalisés, notamment en Suisse à l'Eawag, et sont présentés dans ce chapitre.

Avant toute chose, il faut s'intéresser à ce qu'est la notion d'acceptabilité sociale en elle-même.

I) Aspect théorique de l'acceptabilité sociale

Des études sociales ont été menées pour comprendre à quoi correspond l'acceptabilité sociale d'un individu.

La recherche de l'acceptabilité se fait en trois temps :

- acceptabilité a priori (existe dans la tête du concepteur) : quelles normes et quelles valeurs seraient compatibles ?
- acceptation : est-ce que les utilisateurs l'utilise de la bonne façon ?
- appropriation : en quoi est-il intégré dans les comportements quotidiens ?

Pour les sociologues, l'intention d'un comportement s'explique par trois facteurs : l'acceptabilité individuelle, l'acceptabilité sociale et les contraintes (en rouge sur le schéma ci-dessous). Ce sont ces deux dernières qui ont une influence sur le comportement effectif de l'individu. Or, les metteurs en place d'une politique publique ont souvent tendance à s'arrêter à l'étape d'intention comportementale et négligent le comportement effectif.

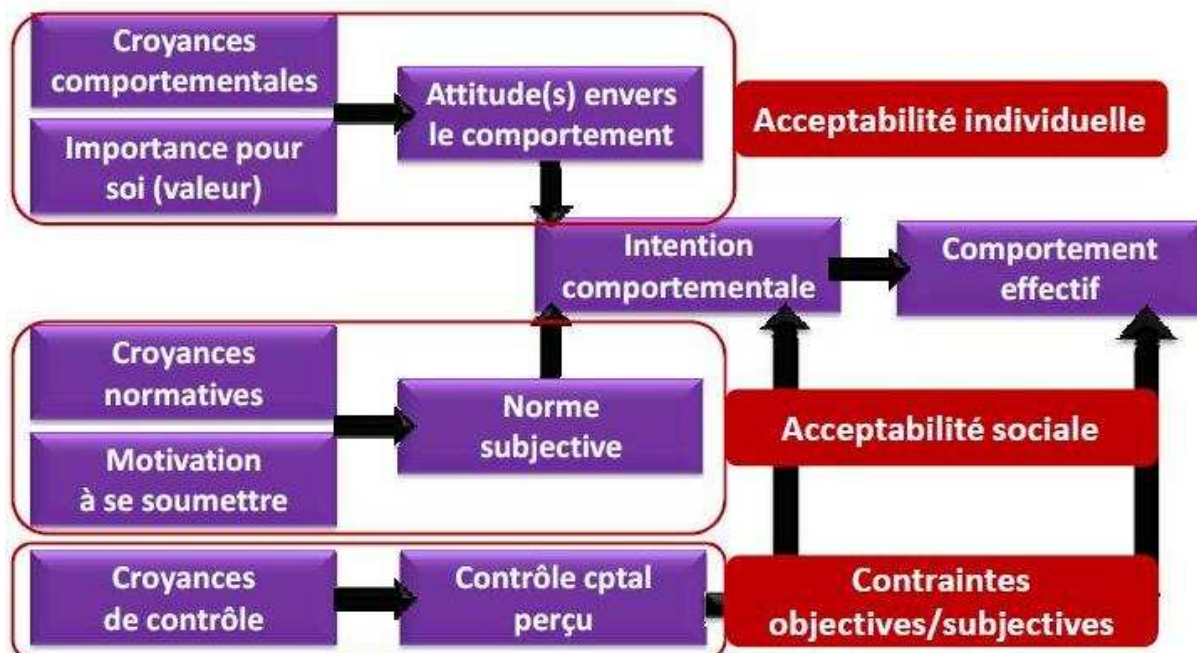


Figure 34 : Modèle du comportement planifié (Ajzen 1991) (Lefevre & Ernt-Vintila 2013)

L'attitude (positive, négative) envers le comportement est déterminée par les croyances (qu'est-ce que cela m'apporte d'utiliser des toilettes à séparation) et l'importance pour soi (quelle importance j'apporte à l'utilisation de toilettes à séparation).

La norme subjective est déterminée par la pression sociale qui s'exerce ou que l'individu perçoit et la motivation à se soumettre.

Sabine Barles (entretien Sabine Barles) confirme cette représentation en expliquant qu'à première vue, quand on regarde les travaux sur le traitement des polluants¹⁸, le rejet qu'on a vis-à-vis de la matière n'est pas lié à la matière en elle-même mais à la considération sociale qu'on en fait (on rejette ce qui est étranger). On constate une distance entre les gens et les matières fécales (« fécophorie » de nos sociétés (Lanoë 2009)). Par exemple, un riverain qui se plaint de l'odeur d'une station d'épuration ne se dit pas qu'une partie des matières fécales traitées vient de lui.

Pourtant, quand on regarde l'Histoire, pendant très longtemps et jusqu'à récemment, on a utilisé les excréments. Or, c'est souvent l'image de la « cabane au fond du jardin » (Lanoë 2009) qui vient à l'esprit lorsque l'on pense aux systèmes d'assainissement alternatifs maintenant. De plus, l'urine, en se dégradant, peut dégager une forte odeur d'ammoniac, plutôt désagréable. Or, les progrès techniques ont tout de même permis d'améliorer et de contrer ces désagréments.

Finalement, on pourrait penser que la société n'accepte pas alors qu'en fait, elle ne se pose pas la question. Plutôt que de se poser la question de l'acceptabilité, il faut se dire que la répulsion des gens vis-à-vis des excréments n'est pas réelle. Les mutations se font plus facilement que soupçonné. Pour prendre un exemple similaire : qui aurait dit que les toilettes sèches allaient marcher ?

Ainsi, selon Sabine Barles, plutôt que de mettre en place une alternative high-tech (avec, certes, une hyper technicité, mais une Analyse du Cycle de Vie probablement mauvaise et peut-être des conséquences sur l'environnement par la suite), il faut proposer une alternative et réinvestir les citoyens dans les matières. Un autre exemple similaire est le compost. Il y a quelques années, on aurait dit que l'acceptabilité sociale allait être mauvaise. Finalement, les composteurs se sont multipliés, même en appartement.

« Acceptabilité sociale » signifie souvent « comment va-t-on leur faire passer la pilule », « ça va coïncider », alors qu'il faudrait aborder le sujet différemment en impliquant le citoyen dans la gestion de ses urines.

Concernant l'acceptabilité du corps technique, il y a un risque que cela prenne davantage de temps. En effet, il y a quelques années, passer du tout-tuyau aux techniques d'infiltrations pour les eaux pluviales a pris du temps. C'est souvent l'effet du passage d'une génération à une autre qui accélère les changements, les jeunes générations étant, dès la sortie d'école, sensibilisées aux techniques alternatives. Ce n'est donc pas une nouveauté pour eux.

Le changement se fait peut-être plus rapidement au niveau des entreprises : les promoteurs se sont engagés plus volontairement sur la voie de l'environnemental, car cela leur donne un argument commercial.

Par exemple, Bouygues Construction a profité de la rénovation à partir de 2010 de son siège social, Challenger, pour engager la rénovation énergétique de ses bâtiments et mettre en place le principe de zéro rejet à l'égout pour ses eaux pluviales et usées. Ces dernières seront récupérées et filtrées dans des bassins filtrants pour être réutilisées, pour les eaux pluviales, dans les sanitaires, les refroidisseurs et les stations de lavage, et pour les eaux usées, à l'arrosage des pelouses. Challenger devient donc, pour reprendre leurs propres termes, la « vitrine des savoir-faire de Bouygues Construction ».

¹⁸ Voir « De la souillure, essai sur les notions de pollution et de tabou » de Mary Douglas

II) Le regard des utilisateurs

Des retours existent là où la collecte sélective des urines a été mise en place. Les retours sont plutôt positifs malgré un changement des habitudes à prévoir.

Au siège du GIZ, à Eschborn en Allemagne, deux études (Blume & Winker 2010) ont été menées respectivement en septembre 2008 pour connaître l'acceptation des toilettes à séparation par les usagers (design, odeur, facilité d'utilisation), et en mai 2009 pour interroger les usagers sur l'hygiène (quelles mesures pour encourager à s'asseoir sur les toilettes dans des bâtiments publics). 218 personnes ont été interrogées pour le premier questionnaire et 25 pour le second.

Les résultats sont différents suivants l'utilisation d'urinoirs sans eau ou de toilettes à séparation. Vis-à-vis de toilettes classiques, les usagers trouvent que l'odeur et l'apparence sont les mêmes et que la propreté est moins bonne. Vis-à-vis d'urinoirs classiques, les usagers (masculins) considèrent que le niveau de propreté et l'apparence sont similaires mais que les urinoirs sans eau dégagent plus de mauvaises odeurs.

90% des personnes interrogées pensent que c'est une bonne idée de récolter les urines et 50% des personnes interrogées sont prêtes à emménager dans un logement équipé avec des toilettes à séparation.

Concernant l'hygiène et la nécessité de s'asseoir sur la lunette des toilettes à séparation, la seconde enquête révèle que 52% des personnes interrogées sont prêtes à s'asseoir si la lunette est désinfectée avec un spray, 48% si elle est recouverte de papier, 38% si l'utilisateur la recouvre de papier toilette et 17% sont prêts à s'asseoir directement sur la lunette. Pour une meilleure collecte des urines, il est pourtant recommandé de s'asseoir (en particulier pour le modèle Roediger qui n'ouvre le compartiment urine que si la personne est assise complètement). Ce point est donc plutôt problématique.

A Eawag en Suisse, les scientifiques ont mené plusieurs études (Pahl-Wostl 2003, Lienert et al. 2006, Lienert & Larsen 2006, Lienert & Larsen 2010) sur l'acceptabilité de la mise en place de toilettes à séparation et la collecte sélective des urines par les usagers.

En particulier, une des études (Lienert & Larsen 2010) a consisté à passer en revue les travaux sur l'acceptabilité, y compris la réutilisation de l'urine humaine comme engrais, de 33 projets de séparation d'urine dans sept pays d'Europe du Nord ou centrale (Suisse, Allemagne, Autriche, Luxembourg, Pays-Bas, Suède et Danemark) avec plus de 2700 personnes interrogées. La technologie de séparation des urines est bien acceptée : environ 80% des utilisateurs aiment l'idée, 75 à 85% sont satisfaits du design, de l'hygiène, de l'odeur et du confort des toilettes à séparation, 85% pensent que l'utilisation d'urine comme engrais est une bonne idée et 70% seraient prêts à acheter des légumes fertilisés à l'urine. Peu de différences ont été observées entre les pays mais des différences ont été systématiquement observées entre les lieux publics (18 études) et privés (15 études).

Certaines difficultés d'utilisation ont tout de même été remontées, pour les hommes à cause de la nécessité d'uriner assis, pour les femmes à cause de la difficulté d'uriner dans la bonne cuvette.

Au cours du mois d'avril 2013, j'ai réalisé un sondage pour connaître l'acceptabilité sociale de la collecte sélective des urines auprès de personnes françaises n'utilisant pas voire ne connaissant pas le principe de collecte sélective des urines. Le questionnaire a été envoyé par mail à l'ensemble de la Direction Santé et Environnement du SIAAP (environ 35 personnes), à la promotion 2013 du mastère spécialisé Politique et Action Publique pour le Développement Durable (environ 70 personnes) et à des collègues ou amis (environ 20 personnes), soit 125 personnes environ. 84 personnes ont répondu soit un taux de participation de 67%, dont 44 hommes et 40 femmes.

Les résultats principaux du sondage sont présentés ci-dessous et l'intégralité des résultats sont en annexe. Les réponses apportées sont à prendre avec recul dans la mesure où elles ne sont pas représentatives de la population française :

- Tout d'abord en raison de l'âge puisque 63% des sondés ont entre 21 et 30 ans (20% ont entre 31 et 40 ans et 17% plus de 41 ans).
- En raison de la catégorie socioprofessionnelle puisque 74% des sondés sont cadres
- En raison de la sensibilité environnementale élevée des sondés de par leur métier ou formation
- Enfin en raison du lieu de résidence puisque 74% des sondés habitent en Ile-de-France

77% des sondés n'avaient jamais entendu parler de la collecte sélective des urines.

Les personnes ont été interrogées pour savoir si elles seraient prêtes à utiliser les toilettes à séparation dans différents lieux. Les résultats sont plutôt positifs avec une majorité de « Tout à fait ». On remarque que c'est à domicile que les personnes sont le moins enclines à utiliser des toilettes à séparation.

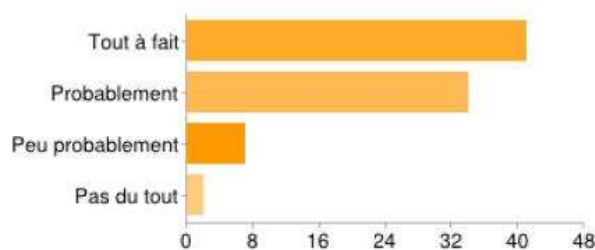


Figure 35 : Seriez-vous prêt à utiliser les toilettes à séparation au travail ?

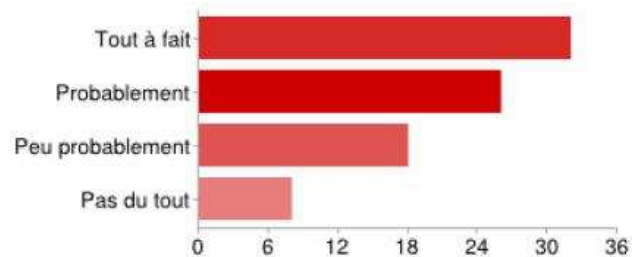


Figure 36 : Seriez-vous prêt à utiliser les toilettes à séparation à domicile ?

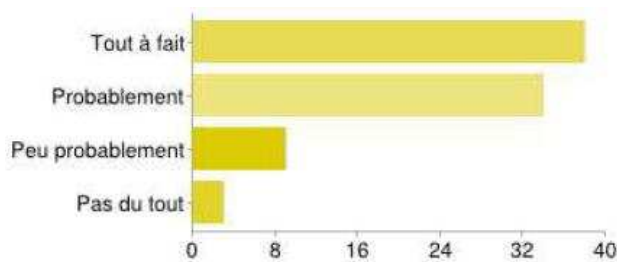


Figure 37 : Seriez-vous prêt à utiliser les toilettes à séparation dans un lieu public ?

Concernant l'utilisation de l'urine en tant qu'engrais, les résultats sont plutôt positifs puisque 53 personnes soit 63 % des sondés trouvent que c'est une bonne idée.



Figure 38 : Trouvez-vous qu'utiliser l'engrais à base d'urine est ... ?

La suite et fin des résultats aux différentes questions posées lors de ce sondage sont en annexe.

III) Le regard des professionnels

Le développement d'une nouvelle technologie, surtout dans le développement durable, est souvent pour les entreprises un bon prétexte pour mettre en avant des arguments commerciaux.

Cependant, des réticences existent encore auprès des professionnels quant à la mise en place de la collecte sélective des urines.

Judit Lienert et Tove Larsen (2006) expliquent que les grands fabricants de sanitaires sont convaincus que les utilisateurs n'acceptent que les technologies qui ont les mêmes standards que les actuelles (« perfect technology ») et qui nécessitent donc des investissements importants pour un marché incertain. Elles ne veulent donc pas prendre le risque.

Le groupe 3f, promoteur immobilier en logement social, n'est pas opposé au projet d'installation de toilettes à séparation dans les appartements car cela rentre dans sa politique de recherche d'innovation (entretien 3f).

Néanmoins, 3f se pose la question de savoir quel bénéfice les locataires et/ou 3f pourraient en tirer. Par exemple, la mise en place de panneaux photovoltaïques sur certaines constructions a permis de faire baisser les charges pour les locataires. L'objectif d'3f est toujours de réduire les charges des locataires.

Ainsi 3f voit 2 contreparties possibles à la mise en place de la collecte sélective des urines :

- une aide à l'investissement
- une diminution de la redevance d'assainissement pour les usagers

Pour l'acceptabilité auprès des locataires, elle propose de mettre en place un guide d'utilisation et une information à l'entrée des locataires dans l'appartement.

Comme tous nouveaux usages, il faut que ça rentre dans les mœurs.

Pour Thierry Barbier, directeur du développement et des grands projets à Bouwfound Marignan, opérateur immobilier, techniquement le dispositif n'est pas très lourd. Le système de descente séparée est gérable. Il y a certes un coût mais il n'est pas prohibitif. Le problème viendrait plutôt de l'usage, surtout dans les parcs locatifs sociaux. Il faut insister sur l'éducation de la population, comme pour le tri sélectif (entretien Thierry Barbier).

Selon Thierry Barbier, il ne s'agit pas que cela soit un « gadget environnemental » plus ou moins utile. Il faut que le coût soit avantageux et qu'il y ait une démonstration scientifique. C'est pourquoi l'expérimentation avec un projet-pilote serait intéressante afin de lever certains doutes et voir comment le système se met en place dans la durée.

IV) Les ingrédients de la recette

Les résultats des différents sondages montrent que l'attitude des utilisateurs des toilettes à séparation est plutôt positive, tant que les désagréments comme l'odeur ou l'entretien n'interviennent pas. Finalement, c'est plutôt un changement des usages (position assise) qui est nécessaire. L'EcoSanRes (2006) montre qu'un système qui fonctionne et une bonne information auprès des utilisateurs motivent davantage ces derniers.

La perspective d'une valorisation est également un facteur supplémentaire de motivation pour les usagers. A Vaxholm, en Suède, Benjamin Berne (2009) explique que les habitants n'ont pas vu d'intérêt à la collecte sélective des urines et n'entretenaient pas les installations tant qu'un projet de valorisation agricole n'avait pas été instauré. A Nacka, des toilettes à séparation ont été mises en place dans un jardin public et l'urine est récupérée pour l'arrosage des plantations dans le jardin. Des animations éducatives ont été mises en place autour de ce projet afin de sensibiliser les promeneurs à la collecte sélective des urines.

Ainsi, l'intérêt serait la valorisation car sinon quel serait l'intérêt de « s'embêter » à récupérer les urines séparativement si c'est pour les traiter au final ? Entre le coût de l'augmentation de la taille des usines et la mise en place de la collecte sélective, s'il n'y a pas valorisation, c'est la technique qui gagne. Pour revenir au parallèle avec la collecte des ordures ménagères et le tri sélectif, les habitants acceptent d'avoir une seconde poubelle à partir du moment où ils savent que cela va être recyclé.

Enfin, il est nécessaire de bien coordonner les différents acteurs. Esrey *et al.* (1998) insiste sur l'importance de planifier, promouvoir et encourager pour assurer le succès des nouveaux projets.

- Les autorités locales doivent être au fait des principes, des techniques, des avantages et limites.
- Les constructeurs doivent comprendre les principes et être formés.
- Les personnes chargées de la collecte, du transport et du traitement doivent avoir une bonne compréhension des problèmes de santé publique, des principes d'assainissement et des problèmes pratiques relatifs aux opérations et à la maintenance.
- Les ménages doivent savoir comment utiliser et entretenir les installations.

Certains projets de collecte sélective des urines ont néanmoins été soldés par des échecs.

A Erdos City en Chine, le projet de mise en place de toilettes sèches avec collecte sélective des urines dans un lotissement de 3 000 habitants (832 appartements dans 42 immeubles) fut un échec car une centrale à eau a été installée et les toilettes sèches ont été remplacées par des toilettes à mini-chasse d'eau (le point faible du projet fut l'acceptabilité par les ménages : ceux-ci étaient aisés et voulaient vivre à l'occidentale).

Ainsi, la SuSanA (Sustainable Sanitation Alliance : réseau informel d'organisations partenaires qui partagent une vision commune de l'assainissement durable) préconise de commencer à une petite échelle (projet-pilote, comme l'Eawag en Suisse ou le siège de GIZ en Allemagne), et de communiquer les enjeux à toutes les parties prenantes, en particulier les ménages pour être sûr de régler les problèmes dans un temps rapide. SuSanA propose d'identifier des « champions » locaux qui pourraient avoir un effet d'entraînement sur les autres (SuSanA 2012).

Finalement, le point crucial de la mise en place de la collecte sélective des urines est la mise en place et le maintien (surtout) des toilettes à séparation dans les immeubles. A part un contrôle direct dans les logements, l'acceptation auprès des usagers dépend des équipements proposés et de leur bonne utilisation. En Suède, à Norrköping, la municipalité, désireuse de lutter contre l'eutrophisation de ses eaux côtières, a proposé aux habitants, en partenariat avec des professionnels, une large gamme d'équipements pouvant être mis en place dans les logements. Les habitants ayant pu choisir leurs équipements les utiliseront mieux et ces derniers seront mieux acceptés.

Conclusion

Bilan et enseignements

De nombreuses études ont déjà été menées sur différents enjeux de la collecte sélective des urines, notamment en Suisse où l'Eawag a travaillé, par le projet Novaquatis, sur de nombreux aspects relatifs à la collecte sélective des urines (technologie, stockage et transport, traitement, utilisation en agriculture, acceptabilité sociale) ou en Suède où l'aspect hygiénisation et valorisation agricole a été longuement étudié. Pourtant, aucune étude n'a jusqu'à présent traité de la collecte sélective des urines en milieu urbain dense. Or, au-delà des enjeux en termes d'épuisement des ressources naturelles et de protection des milieux aquatiques qui ont été rappelés en début de rapport, la collecte en milieu urbain dense pose des problèmes du fait même de la densité de la population qui contraint les espaces disponibles et les possibilités d'installation et multiplie les volumes à récolter.

Ainsi, même si les modèles de toilettes à séparation existent, il manque encore des leviers et des incitations pour encourager les promoteurs à s'y intéresser. En effet, tant qu'un marché n'existe pas, les professionnels ne voient pas l'intérêt de se lancer malgré l'aspect innovateur dont ils pourraient profiter. L'intérêt de mettre en place des toilettes à séparation à grande échelle n'est pas uniquement économique, mais est également de récolter des volumes importants d'urine, condition pour soulager les stations d'épuration en azote et récupérer les nutriments.

Concernant la valorisation, il reste encore du chemin à parcourir pour arriver à extraire de l'urine un produit ayant une réelle valeur ajoutée, stockable et utilisable au gré des besoins pour l'agriculture. Néanmoins, on voit bien qu'il existe de plus en plus d'initiatives (au Pays-Bas notamment) et de projets de recherche qui vont dans ce sens. La France pourrait également lancer son propre projet de recherche ou se rapprocher de projets existants afin de s'investir davantage dans ce domaine.

La mise en place d'une politique publique de cette ampleur demande également à ce que des leviers législatifs soient actionnés afin de combler le vide juridique actuel et donner un cadre réglementaire à la collecte sélective des urines, en faire une technique d'assainissement à part entière et donc légitimer le principe de la collecte sélective des urines.

Le présent rapport donne des indications pour comprendre quels sont les objectifs, les problématiques, les enjeux et les solutions autour de la collecte sélective des urines. Mais ces idées ne peuvent rester sur le papier. Dans le but d'obtenir des premiers résultats, et afin de promouvoir ce système si les résultats sont probants ou corriger le tir si besoin est, il apparaît nécessaire de mettre en place un projet-pilote pour permettre aux différentes parties prenantes de mieux appréhender les problématiques. Le SIAAP n'a pas les compétences pour mener à bien un tel projet seul. Suite aux différents entretiens menés dans le cadre de cette étude, certains partenaires clés (l'Agence de l'Eau-Seine-Normandie, le Ministère de la Santé, la SEM 92) se sont montrés intéressés pour participer à l'expérimentation. Un groupe de travail doit donc être formé pour déterminer la localisation, les moyens et la communication à mettre en jeu pour élaborer un tel projet. La gestion des eaux usées dans les bâtiments des éco-quartiers est souvent négligée au profit des performances thermiques ou acoustiques. Il pourrait être opportun de tenter l'expérience sur un tel projet.

Perspectives

Quand il s'agit de développer des principes d'assainissement décentralisés pour les zones urbaines, dont la collecte sélective des urines fait partie, il faut rester vigilant sur le fait que la difficulté ne réside pas uniquement dans la disponibilité de ce nouveau type de toilette mais également dans la nécessité de développer tout un panel de technologies. Des facteurs comme l'engagement des administrations, les conditions légales, les règles de marché, la technologie, les organisations pour la

construction et le fonctionnement, l'acceptabilité par les ingénieurs, les architectes et le public, et la compétitivité économique avec les technologies alternatives doivent interagir dans le but de rendre ce nouveau mode d'assainissement possible. Le développement de tels principes peut prendre des dizaines d'années. Cela ne peut pas être généré par un cycle d'une seule technologie mais requerra des améliorations et des adaptations sur plusieurs cycles. Ceux qui travaillent dans ce domaine se rappellent que le développement du système d'assainissement centralisé actuel a pris plus de 100 ans et n'est pas encore parfait.

Néanmoins, il est possible que le processus de développement de systèmes d'assainissement décentralisés soit plus rapide que le développement des systèmes centralisés, notamment du fait de la formation actuelle des ingénieurs en environnement. Ainsi, Tove A Larsen, chercheuse à Eawag, explique (Larsen *et al.* 2013) qu'elle a présenté son premier article sur la séparation à la source des urines en 1996 à une conférence internationale (Larsen & Gujer 1996). A cette époque, ses collègues ne l'ont pas prise au sérieux et seuls quelques-uns ont suivi sa présentation.

Aujourd'hui, son article a été cité plus de 100 fois, ce qui indique un nombre croissant de scientifiques intéressés par les différents aspects de la séparation à la source et de l'assainissement décentralisé.

Bibliographie

Ouvrages imprimés

AZZOUT Y, BARRAUD S, CRES FN, ALFAKIH E (1994) – *Techniques alternatives en assainissement pluvial* – Editions Lavoisier TEC&DOC – 372p.

BELLANGER Emmanuel (2010) – *Assainir l'agglomération parisienne, histoire d'une politique publique interdépartementale de l'assainissement (XIX^{ème}-XX^{ème} siècles)* – SIAAP - Les Editions de l'Atelier – 351p.

DEGREMONT-SUEZ (2005) – *Mémento technique de l'eau Tomes 1 et 2* – 1717p.

LANDOT Yves (2008) – *Le SPANC, service public de contrôle des installations d'assainissement non collectif* – Guide pratique – Editions du secteur public - 158p.

LANOE Samuel (2009) – *Assainissement durable* – Editions Goutte de Sable – 175p.

LARSEN T.A, UDERT K.M, LIENERT J (2013) – *Source Separation and Decentralization for Wastewater Management* – IWA Publishing– 491p.

MAKSIMOVIC Cedo, TEJADA-GUIBERT José & ROCHE Pierre-Alain (2001) – *Les nouvelles frontières de la gestion urbaine de l'eau, Impasse ou espoir ?* Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées – p251 à 263

PERMO (2009) – *Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments* – 3^{ème} Edition de la pratique de l'eau – 551p.

Programme Piren-Seine (2009) – *La pollution de l'eau par les nitrates* – n°3 – 43p.

Programme Piren-Seine (2009) – *Eutrophisation des cours d'eau du bassin de la Seine* – n°6 – 43p.

Les classeurs de TECHNI.CITES – *Le guide de l'assainissement des collectivités* – Tomes 1 et 2 – Territorial Editions – Mise à jour novembre 2011

Présentation de conférence

LEFEUVRE Régis & ERNST-VINTILA Andreea (2013) – *Comment penser et mesurer l'acceptabilité sociale des politiques et dispositifs de développement durable ? Les atouts de la psychologie sociale* – Conférence du 12 avril 2013 sur la recherche et l'acceptabilité de la durabilité – 12 slides

Références Internet

BERNE Benjamin (2008) – *Compte-rendu du voyage d'études en Allemagne, les nouvelles technologies de l'éco-assainissement* – 15p. – Disponible sur <http://www.toilettesdumonde.org/data/file/voyage-allemande.pdf> (consulté le 4 mars 2013)

BERNE Benjamin (2009) – *Compte-rendu du voyage d'études, Eco-assainissement : l'expérience suédoise* – Association Toilettes du Monde – 11p. – Disponible sur <http://www.toilettesdumonde.org/data/file/voyage-suede.pdf> (consulté le 4 mars 2013)

BLUME S. & WINKER M (2010) - *Three years of operation of the urine-diversion system in GTZ headquarters in Germany; user opinions and maintenance challenges* – 8p. - Disponible sur : http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/Blume-Winker_OperationExperienceGTZ.pdf (consulté le 11 mars 2013)

BOUYGUES CONSTRUCTION (2012) - *Challenger, siège de Bouygues Construction, Une première mondiale dans le domaine de la rénovation énergétique* – Dossier de presse – janvier 2012 – 22p. – Disponible sur http://www.bouygues-construction.com/fichiers/fckeditor/File/PDF/dossier-de-presse/DP_Renovation_Challenger_maj_25.01.12.pdf (consulté le 20 mars 2013)

CEMAGREF-ENGEES (2006) – *Etude des systèmes décentralisés d'assainissement* – établi par Daniel Burkhardt – 8 mars 2006 – 47p. – Disponible sur http://engees.unistra.fr/site/fileadmin/user_upload/pdf/gsp/Ecosan_UMR_GSP.pdf (consulté le 2 avril 2013)

DEPARTEMENT SEINE SAINT-DENIS (2013) – *Le service public départemental d'assainissement* – Rubrique Cadre de Vie, Eau et Assainissement – publié le 8 janvier 2013 – Disponible sur : <http://www.seine-saint-denis.fr/Le-service-public-departemental-d.html> (consulté le 13 mars 2013)

EAWAG NEWS (2007) – *Mix ou NoMix ? La séparation des urines sous tous les angles* – Eawag : l'institut de recherche de l'eau du domaine des Ecoles Polytechniques Fédérales – 63f, mars 2007 – 36p – Disponible sur http://www.eawag.ch/medien/publ/eanews/archiv/news_63/en63f.pdf (consulté le 5 mars 2013)

EAWAG & NOVAQUATIS (2007) – *NoMix, a new approach to urban water management* – Final Report - 7. mars 2007 – 32p. – Disponible sur http://www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/final_report_E (consulté le 5 mars 2013)

ECOSANRES (2004) - *Recommandations pour un usage sans risques de l'urine et des matières fécales dans les systèmes d'assainissement écologique*– SCHONNING Caroline & STENSTROM Thor Axel – 53p. - Swedish Institute for Infectious Disease Control (SMI), Stockholm Environment Institute – Disponible sur http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-2004-1-Directives-Utilisation-sans-risque.pdf (consulté le 5 mars 2013)

ECOSANRES (2006) – *Urine diversion : one step towards sustainable sanitation* – Elisabeth Kvarnström, Karin Emilsson, Anna Richert Stintzing, Mats Johansson, Hakan Jönsson, Ebba af Petersens, Caroline Schönning, Jonas Christensen, Daniel Hellström, Lennart Qvarnström, Peter Ridderstolpe, Jan-Olof Drangert– 76p. – Disponible sur http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf (consulté le 7 mars 2013)

ECOSANRES (2008) – Sweden-China, Erdos Eco-Town Project – mai 2008 – 2p. – Disponible sur http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-factsheet-11.pdf (consulté le 2 avril 2013)

ECOSANRES (2011) - *Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole* - Anna Richert, Robert Gensch, Håkan Jönsson, Thor-Axel Stenström et Linus Dagerskog – Stockholm Environment Institute – EcoSanRes Series – 73p.

ESREY S.A., GOUGH J., RAPAPORT D., SAWYER R., SIMPSON-HEBERT M., VARGAS J. and WINBLAD U. (1998) - *Ecological Sanitation* – 147p. - Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden – Disponible sur <https://wiki.umn.edu/pub/EWB/Uganda/SIDAGuidebook.pdf> (consulté le 5 mars 2013)

GTZ (2009) -*The Urine Diversion Project at the GTZ Headquarters in Eschborn, Germany* – 35p. - Disponible sur (consulté le 11 mars 2013): <http://www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/en-presentation-gtz-eschborn-haus1-2009.pdf>

LESAVRE (2010) – *Assainissement des collectivités, principe de l'épuration* – Agence de l'eau Seine-Normandie - Formation des animateurs territoriaux à Moussy (51) 8-10 mars 2010 – 34 slides – Disponible sur : http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Politique_de_leau/Session_de_mars_2010/MOUSSY_Principes_de_l_epuration_ENSITC_animateurs_mars_.pdf (consulté le 16 avril 2013)

NILSSON S-I. (2011) - *Nutrient Recycling in Gebers Housing Project, Sweden, (Case study No. 4)* - Eco-Eng-Online - Disponible sur http://www.iees.ch/cs/cs_4.html (consulté le 7 mars 2013)

OLDENBURG M. (2007) - *Final cost calculation report for the demonstration project "Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater" (SCST)* – 63p. Disponible sur: http://www.kompetenzwasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/scst/SCST_Cost_Calculation_Report.pdf (consulté le 12 mars 2013)

SANIRESCH (2012) - *Research Project, Sanitary Recycling Eschborn, English Project Factsheets* - 18p. - Disponible sur : <http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/Englische%20Factsheets%20NASS-Tage/Factsheets-Saniresch-en.pdf> (consulté le 12 mars 2013)

SCHONNING Caroline (2001) - *Urine diversion – hygienic risks and microbial guidelines for reuse* - Swedish Institute for Infectious Disease Control (SMI) - 42 p. - basé sur la thèse de Caroline HOGLUND *Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine* – Disponible sur http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/urineguidelines.pdf (consulté le 21 mars 2013)

SUSTAINABLE SANITATION ALLIANCE (2009) - *Urine-diverting vacuum sanitation system Beijing, China* – 26 août 2009 – 4p. – Disponible sur http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-37-en-susana-cs-urine-diverting-vacuum-university-beijing-2009.pdf (consulté le 21 mars 2013)

SUSTAINABLE SANITATION ALLIANCE (2012) - *Urine diversion dry toilets in multi-storey buildings* – 7 août 2012 – 8p. – Disponible sur http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-1049-en-susana-cs-china-erdos-eetp-2012-version-9x.pdf (consulté le 21 mars 2013)

WALKER Robin - *Potential to close the nutrient gap through the use of source separated human urine* – SAC – 21 slides - Disponible sur http://www.efrc.com/manage/authincludes/article_uploads/annual_producers_conference/2012/A2%20RW.pdf (consulté le 7 mars 2013)

WINKER Martina & TETTENBORN Felix - *Urine separation accomplished, what comes next? Newest experiences of on-site treatment and transport by pipe or truck* – 5p. - Disponible sur http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W4-1_GEN_PAP_Urine_separation_accomplished_what_comes_next.pdf (consulté le 11 mars 2013)

YOSHIHISA Shimizu (2011) - *Introduction des toilettes sèches « séparatives »* - Laboratoire de recherche en environnement Harada Hidenori, Université de Kyoto - 16 slides – Disponible sur : [http://www.eqc.kyoto-u.ac.jp/ud-toilet/JST-RISTEX_symposium_presentation\(2011_8_4\).pdf](http://www.eqc.kyoto-u.ac.jp/ud-toilet/JST-RISTEX_symposium_presentation(2011_8_4).pdf) (consulté le 21 mars 2013)

Travaux universitaires

ESCULIER Fabien (2008) – *Vers une gestion cyclique des déchets, des eaux usées domestiques et des eaux pluviales* – Rapport de fin d'études - Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Projet de fin d'études – 71p.

HOGLUND Caroline (2001) - *Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine* – Thèse doctorale - Royal Institute of Technology (KTH) Department of Biotechnology, Applied Microbiology & Swedish Institute for Infectious Disease Control (SMI) Department of Water and Environmental Microbiology - 87p.

LAZO PAEZ A. (2010) - *Economic feasibility study of the new sanitation system in Building 1 in the GTZ headquarters* - Master thesis, Institute of Wastewater Management and Water Protection, Hamburg University of Technology, Hamburg, Germany – 113p. - Disponible sur : <http://www.saniresch.de/images/stories/downloads/MasterThesisAndresLazo.pdf> (consulté le 11 mars 2013)

Articles de périodiques imprimés

GNAGNE T., KONAN K.F., COULIBALY S., KONE K. (2006) – *Qualité azotée et sanitaire de l'urine collectée en vue de la fertilisation des sols* - Cahier Santé Publique, Vol.5, n°2 – 10p.

KALMYKOVA Y., HARDER R., BORGESTEDT H., SVANANG I. – (2012) – *Pathways and Management of Phosphorus in urban areas* – Journal of industrial ecology – Vol 16 n°6 – pp928-939

LARSEN T. & GUJER W. (1996) - *Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine)* - Water Science and Technology 34(3-4) - p87-94

LIENERT J, THIEMANN K, KAUFMANN-HAYOZ R, and LARSEN T (2006) - *Young users accept NoMix toilets – a questionnaire survey on urine source separating toilets in a college in Switzerland* - Water Sci. Technol. 54, 11-12 – p403-412

LIENERT J., LARSEN, T.A. (2006)- *Considering User Attitude in Early Development of Environmentally-Friendly Technology: A Case Study of NoMix Toilets* - Environ. Sci. Technol. 40 - p4838-4844

LIENERT J. and LARSEN T. (2007) - *Soft Paths in Wastewater Management – the Pros and Cons of Urine Source Separation* - Gaia 16(4) - p280-288

LIENERT J. and LARSEN T. (2010) - *High acceptance of urine source separation in seven European countries: a review* - Environmental Science & Technology 44 (2) - pp 556–566

MAURER M, SCHWEGLER P & LARSEN T.A (2003) – *Nutrients in urine : energetic aspects of removal and recovery* – Water Science and Technology Vol48 N1 – pp37-46

MAURER M.; PRONK W.; LARSEN, T.A. (2006) - *Review: Treatment processes for source-separated urine* - Water Research 40 - p3151-3166

METSON G., AGGARWAL R., CHILDERS D.L (2012) – *Efficiency through proximity, changes in phosphorus cycling at the urban-agricultural interface of a rapidly urbanizing desert region* – Journal of industrial ecology – Vol 16 n°6 – pp914-927

PAHL-WOSTL C., SCHONBORN A., WILLI N., MUNCKE J, LARSEN T.A. (2003) - *Investigating consumer attitudes towards the new technology of urine separation* - Water Sci. Technol. 48(1) –p57-65.

ROSSI L, LIENERT J, LARSEN T (2009) - *Real-life efficiency of urine source separation* - Journal of Environmental Management 90 - p1909–1917

WATER 21 (2013) – *Extracting value from urine: EU project explores nutrient recovery* – avril 2013 – p26-27

WILSENACH J. & VAN LOOSDRECHT M. (2003) - *Impact of separate urine collection on wastewater treatment systems* - Water Science and Technology Vol 48 No 1 – 8p.

Textes réglementaires

Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables (2007) - Arrêté interministériel du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport, au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité et aux dispositifs d'assainissement non collectif, recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1.2 kg/j de DBO - Journal officiel du 14 juillet 2007 - 14p.

Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables (2008) - Circulaire du 15 février 2008 relative à l'application de l'arrêté du 22 juin 2007 – Bulletin officiel du 15 février 2008 – 7p.

Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques

Entretien réalisés (par date de réalisation)

André Guillaume, chercheur CNAM (19 mars 2013)

Sabine Barles, professeur à l'Université de Paris I, UMR Géographie-Cités (19 mars 2013)

Bruno Leménager, adjoint à la directrice et **Christian Roux**, Unité Etudes, Conseil Général des Hauts-de-Seine, Direction de l'Eau (26 mars 2013)

Jacques Lesavre, Agence de l'Eau Seine Normandie (a) (3 avril 2013)

Ronan Nedelec et **Olivier Rousselot**, SIAAP, Direction du Développement et de la Prospective (3 avril 2013)

Alexandra Perrier, société Immobilier 3f (4 avril 2013)

Fabien Esculier, chef de la Police de l'eau, DRIEE (10 avril 2013)

Laure Gran-Aymerich, Direction Générale de la Santé (14 avril 2013)

Jean Duchemin, Agence de l'Eau Seine-Normandie (b) (17 avril 2013)

Thierry Barbier, directeur du Développement et des Grands Projets à Bouwfonds Marignan, opérateur immobilier (18 avril 2013)

Philippe Barraud, SEM 92 (24/04/13)

Olivier Leclère, Pascal Dauthuille, Luc Lacoste, Pascale Sajus et Samuel Martin, SUEZ Environnement (13 mai 2013)

Stéphane Payen, personne compétente en radio-protection à l'hôpital Pitié-Salpêtrière (14 mai 2013)

Christel Rougy, Agence Régionale de la Santé, direction territoriale de Paris (16 mai 2013)

Raphaël Cantonnet, EPADESA (22 mai 2013)

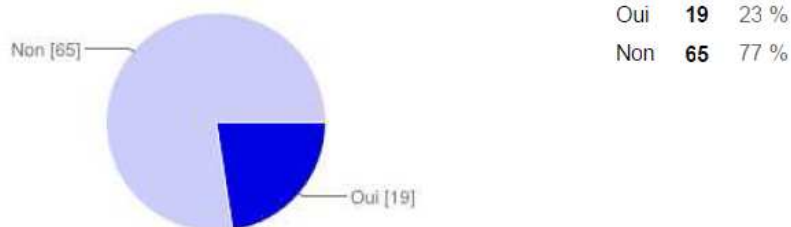
Tove A. Larsen, chercheuse à l'Eawag (13 juin 2013)

Annexes

Annexe I : Résultats du sondage.

Au cours du mois d'avril 2013, un sondage a été réalisé pour connaître l'acceptabilité sociale de la collecte sélective des urines auprès de personnes françaises n'utilisant pas voire ne connaissant pas le principe de collecte sélective des urines. Le questionnaire a été envoyé par mail à l'ensemble de la Direction Santé et Environnement du SIAAP (environ 35 personnes), à la promotion 2013 du mastère spécialisé Politique et Action Publique pour le Développement Durable (environ 70 personnes) et à des collègues ou amis (environ 20 personnes), soit 125 personnes environ. 84 réponses ont été obtenues.

Avant ce sondage, aviez-vous déjà entendu parler des toilettes à séparation ou de la collecte sélective des urines ?

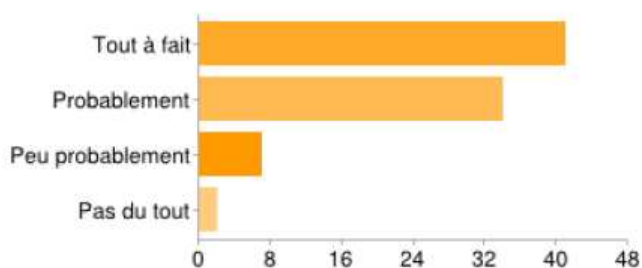


Si oui, où en aviez-vous entendu parler ?

En conférence des cadre du SIAAP J'ai vu des toilettes comme ça chez des amies qui en ont installées chez elles. Dans une émission télévisée En m'intéressant aux toilettes sèches à séparation d'urine Par toi quasiment tous les jours... magazine, famille, amis Au lizarran, samedi soir. Dans le cadre professionnel. presse En montagne (refuges) Dans le cadre d'un cours donné au Royal Institute of Technology (KTH) de Stockholm (cours de master 2) Chez Amandine Caby ! Au travail chez SAFEGE, travail d'une autre stagiaire sur le projet SYRACUSE lors de la journée es cadres L'année dernière, en cours d'hydrologie, et par toi! J'en ai entendu parlé par mon amie qui travaille sur ce sujet Chez les Romains, pour la teinturerie...

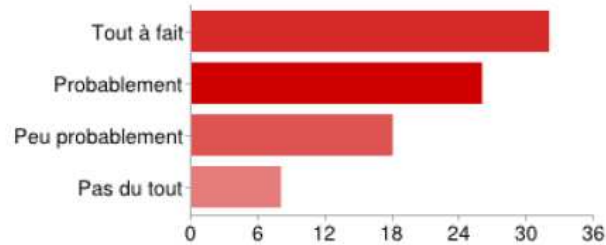
<http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080131075755AA9ZRom>

sur votre lieu de travail [Seriez-vous prêt(e) à utiliser des toilettes à séparation]



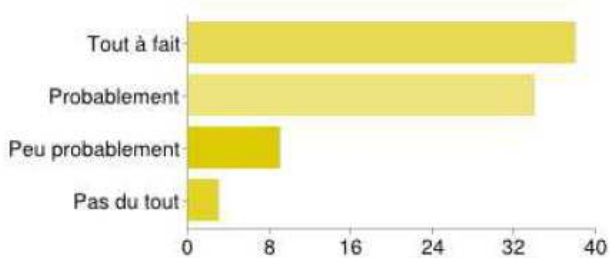
Tout à fait	41	49 %
Probablement	34	40 %
Peu probablement	7	8 %
Pas du tout	2	2 %

à domicile [Seriez-vous prêt(e) à utiliser des toilettes à séparation]



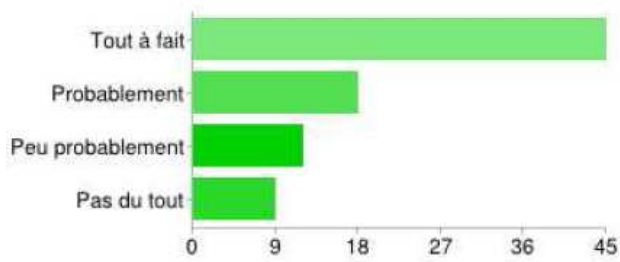
Tout à fait	32	38 %
Probablement	26	31 %
Peu probablement	18	21 %
Pas du tout	8	10 %

dans un bâtiment public [Seriez-vous prêt(e) à utiliser des toilettes à séparation]



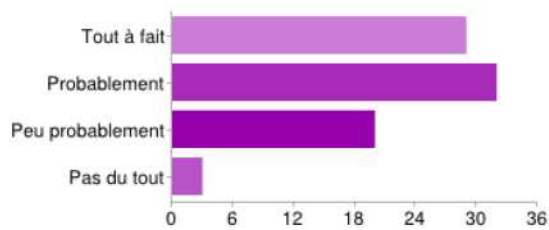
Tout à fait	38	45 %
Probablement	34	40 %
Peu probablement	9	11 %
Pas du tout	3	4 %

Seriez-vous prêt(e) ? [Les toilettes à séparation requièrent que les hommes comme les femmes s'assoient à chaque fois même pour uriner. Seriez-vous prêt(e) à vous assoir à chaque fois lors de l'utilisation de toilettes à séparation ?]



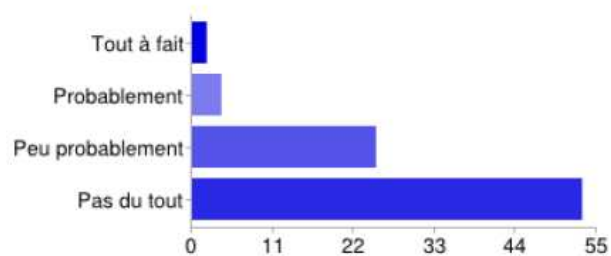
Tout à fait	45	54 %
Probablement	18	21 %
Peu probablement	12	14 %
Pas du tout	9	11 %

Seriez-vous prêt(e) ? [Pour économiser de l'eau, après urination seule, si vous utilisez du papier toilette, il faudrait le jeter dans une poubelle à part plutôt que de le mettre dans la cuvette et tirer la chasse. Seriez-vous prêt(e) à mettre dans une poubelle le papier toilette utilisé après urination seule ?]



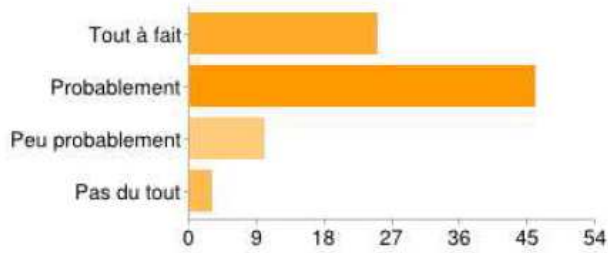
Tout à fait	29	35 %
Probablement	32	38 %
Peu probablement	20	24 %
Pas du tout	3	4 %

Un retour en arrière [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



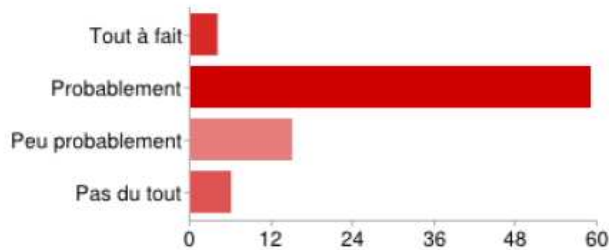
Tout à fait	2	2 %
Probablement	4	5 %
Peu probablement	25	30 %
Pas du tout	53	63 %

Une avancée pour l'environnement [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



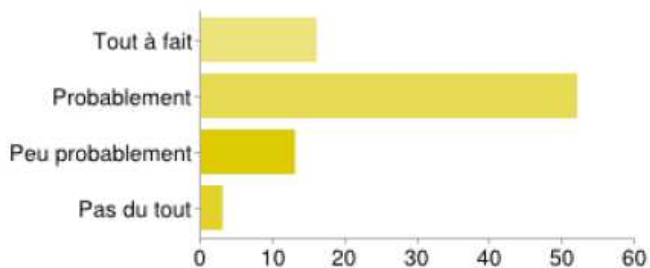
Tout à fait	25	30 %
Probablement	46	55 %
Peu probablement	10	12 %
Pas du tout	3	4 %

Une idée qui ne marchera jamais en France [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



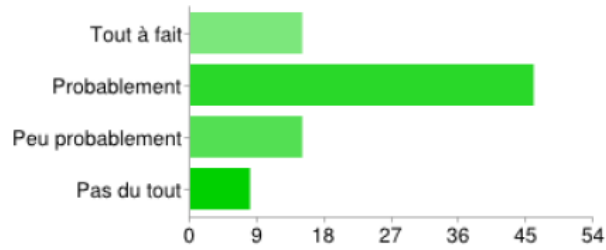
Tout à fait	4	5 %
Probablement	59	70 %
Peu probablement	15	18 %
Pas du tout	6	7 %

Un système cher à mettre en place [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



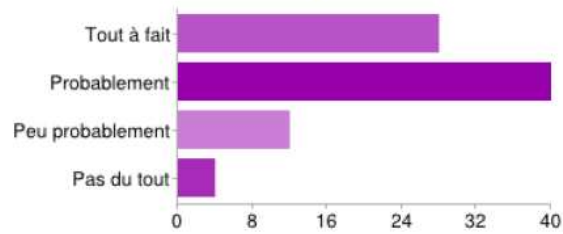
Tout à fait	16	19 %
Probablement	52	62 %
Peu probablement	13	15 %
Pas du tout	3	4 %

Un système qui semble contraignant [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



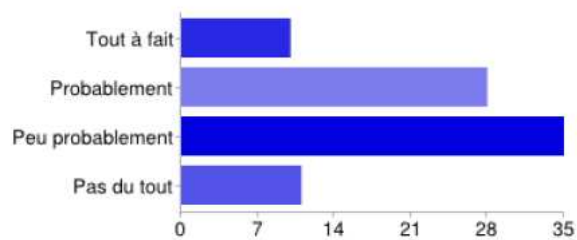
Tout à fait	15	18 %
Probablement	46	55 %
Peu probablement	15	18 %
Pas du tout	8	10 %

Un système qui fait faire des économies d'eau [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



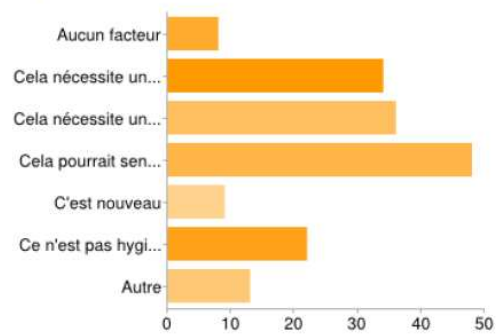
Tout à fait	28	33 %
Probablement	40	48 %
Peu probablement	12	14 %
Pas du tout	4	5 %

Un système qui aurait dû être mis en place en France depuis longtemps [Pour vous, la collecte sélective des urines, c'est]



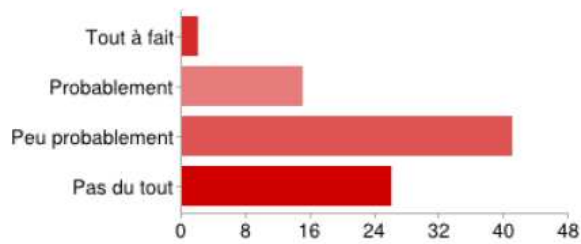
Tout à fait	10	12 %
Probablement	28	33 %
Peu probablement	35	42 %
Pas du tout	11	13 %

Quels facteurs pourraient vous rendre réticent(e) à utiliser les toilettes à séparation ?



Aucun facteur	8	5 %
Cela nécessite un entretien régulier	34	20 %
Cela nécessite une utilisation précise (s'asseoir, ...)	36	21 %
Cela pourrait sentir mauvais	48	28 %
C'est nouveau	9	5 %
Ce n'est pas hygiénique	22	13 %
Autre	13	8 %

Seriez-vous prêt(e) [Seriez-vous prêt(e) à payer plus cher pour utiliser des toilettes à séparation ?]

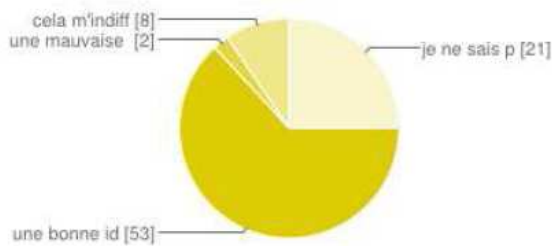


Tout à fait	2	2 %
Probablement	15	18 %
Peu probablement	41	49 %
Pas du tout	26	31 %

Pourriez-vous citer des adjectifs qui vous viennent à l'esprit en pensant à la collecte sélective des urines ?

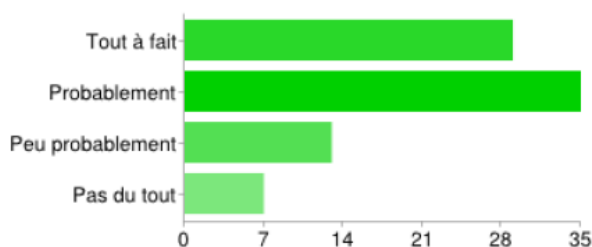
odeur bizarre, bio-écolo, manger des graines, bobo écologique ; économique ; couteux ? je ne vois pas, comme ça... Ecologie, économie d'eau, petite avancée, bon sens Rigolo Tabou ! environnemental hygiénique contraignant pas trop... complexe (nécessite une double infrastructure avec la citerne) écologique responsable intelligent astucieux chiant illusoire inadapté ECONOMIQUE (eau) nouveau, environnement, économe, novateur environnemental écologique écologique écologique bizarre idée originale, futuriste chiant inutile contraignante économique utile contraignant Ecologique écoresponsable durable intelligent durable innovant étrange, écologique nouveau contraignant, sale, environnemental étrange, curieux innovant Récupéré écologique économe contraignant inhabituel Contraignant contraignant - liberticide - Pas très glamour ! nouveau étonnant Contraignant, nouveau, écologique Eco-friendly Innovant Contraignant Problème au niveau des mentalités , je pense que cela va être dur à faire passer, il faudrait tout d'abord commencer par les lieux publics. économique, écologique drôle bizarre innovant, respectueux environnement, complexe Encore une chose que l'on complexifie au lieu de la simplifier (du point de vue du particulier). jaune Recyclage Ecologie inconnu Utile, écologique, compliqué, nouveau, difficile à mettre en place. ingénieux, compliqué

L'urine peut remplacer un engrais industriel pour l'agriculture. Trouvez-vous qu'utiliser de l'engrais à base d'urine est



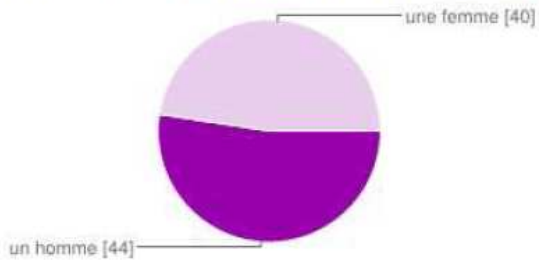
une bonne idée	53	63 %
une mauvaise idée	2	2 %
cela m'indiffère	8	10 %
je ne sais pas	21	25 %

Seriez-vous prêt(e) [Seriez-vous prêt(e) à acheter des légumes cultivés à partir d'engrais produit à base d'urine ?]



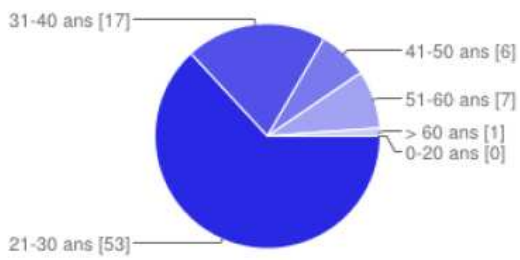
Tout à fait	29	35 %
Probablement	35	42 %
Peu probablement	13	15 %
Pas du tout	7	8 %

Quelques questions pour mieux vous connaître. Etes-vous



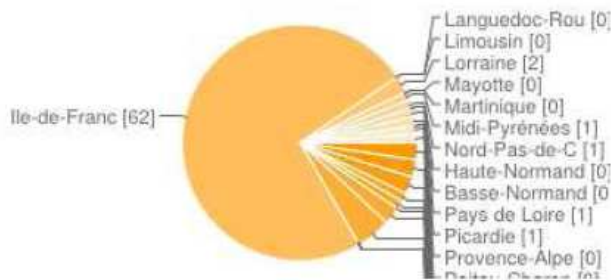
un homme	44	52 %
une femme	40	48 %

Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?



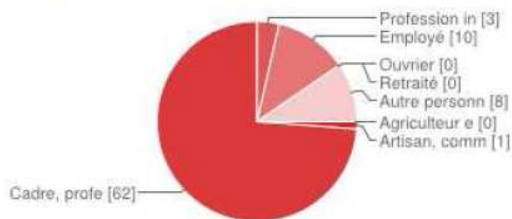
0-20 ans	0	0 %
21-30 ans	53	63 %
31-40 ans	17	20 %
41-50 ans	6	7 %
51-60 ans	7	8 %
> 60 ans	1	1 %

Quelle est votre région de résidence ?



Hors France	2	2 %
Alsace	2	2 %
Aquitaine	2	2 %
Auvergne	1	1 %
Bourgogne	1	1 %
Bretagne	0	0 %
Centre	2	2 %
Champagne-Ardenne	4	5 %
Corse	0	0 %
Franche-Comté	0	0 %
Guadeloupe	0	0 %
Guyane	0	0 %
Ile-de-France	62	74 %
Languedoc-Roussillon	0	0 %
Limousin	0	0 %
Lorraine	2	2 %
Martinique	0	0 %
Mayotte	0	0 %
Midi-Pyrénées	1	1 %
Nord-Pas-de-Calais	1	1 %
Basse-Normandie	0	0 %
Haute-Normandie	0	0 %
Pays de Loire	1	1 %
Picardie	1	1 %
Poitou-Charentes	0	0 %
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0	0 %
La Réunion	1	1 %
Rhône-Alpes	1	1 %

Quelle est votre catégorie socio-professionnelle ?



Agriculteur exploitant	0	0 %
Artisan, commerçant, chef d'entreprise	1	1 %
Cadre, profession intellectuelle supérieure	62	74 %
Profession intermédiaire	3	4 %
Employé	10	12 %
Ouvrier	0	0 %
Retraité	0	0 %
Autre personne sans activité professionnelle	8	10 %