



HAL
open science

Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine

Florent Brun

► **To cite this version:**

Florent Brun. Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine. [Rapport de recherche] Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains. 2019. hal-02009165v1

HAL Id: hal-02009165

<https://hal.science/hal-02009165v1>

Submitted on 6 Feb 2019 (v1), last revised 18 Oct 2023 (v2)

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

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



OCAPI

**Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte
de l'urine humaine**

Février 2019

Rapport réalisé par :

Florent Brun, Chargé d'étude, Programme OCAPI

Table des matières

Résumé / Mots clefs	3
Table des figures.....	3
Remerciements	3
Introduction.....	4
I. État de l’art.....	5
1. Interface usager.....	5
2. La précipitation.....	7
3. Le réseau de collecte	9
4. Cuve de stockage.....	11
5. Entretien.....	13
II. Recommandations.....	18
1. Conception des maillons de la filière	18
2. Entretien et maintenance des maillons	20
3. Infographie	23
Conclusion	25
Bibliographie.....	26

Résumé / Mots clefs

Dans un contexte favorable au développement de la séparation à la source des urines, il convient de s'interroger sur les tenants et aboutissants de la mise en place des différents maillons d'une telle filière. Nous proposons ici sur la base d'une revue de la littérature et de retours d'expériences de produire des recommandations quant à la conception et l'exploitation des réseaux de collecte d'urine dans le bâtiment. Une bonne conception des maillons « interface usager » et « collecte » ne suffit pas à supprimer le risque de colmatage du réseau, elle doit être corrélée avec des actions d'entretien et de maintenance spécifiques.

Mots clefs : urine, réseau, entartrage, conception, entretien, maintenance

Table des figures

Figure 1 : Interfaces usager de toilettes à séparation.....	5
Figure 2 : Siphons : principes et exemples concrets	6
Figure 3 : Périodicité d'entretien d'urinoirs secs	7
Figure 4 : Réseau d'urine dans le bâtiment.....	10
Figure 5 : Incrustation dans un PVC Ø 50 mm avec une pente de 4 % en deux ans de fonctionnement	11
Figure 6 : Réseau de collecte d'urine (PVC), de chute des matières fécales (rouge) et de ventilation des cuves de collecte des matières fécale (argenté).....	11
Figure 7 : Dispositifs de stockage de l'urine	12
Figure 8 : Précipité visqueux collecté dans la cuve de stockage des urines, projet Azuris (crédit : T. Martin).....	12
Figure 9 : Cuve de collecte à Tampere (Finlande) site de Kiivamo.....	13
Figure 10 : Retours d'expériences de projets de terrain.....	17
Figure 11 : Té de dégorgement avec bouchon Ø 75 mm	18
Figure 12 : culotte 45° Ø 75 mm	19
Figure 13 : Raccord union Ø 75 mm	19
Figure 14 : coude 1/8 Ø 75 mm.....	20
Figure 15 : coude 1/4 Ø 75 mm.....	20
Figure 16 : Mise en charge d'une portion de réseau (PVC Ø 50 mm) avec du vinaigre blanc	21
Figure 17 : Exemple de matériel d'entretien.....	23
Figure 18 : furet métallique soupe.	23
Figure 19 : Infographie : « Recommandations de conception et d'exploitation pour la mise en œuvre de la séparation à la source dans le bâtiment ».....	24

Remerciements

Je remercie l'ensemble des collègues du programme OCAP1 et des interlocuteurs qui m'ont partagé leurs retours d'expériences en Suisse et en France.

Ce rapport est réalisé dans le cadre du programme de recherche action OCAP1, porté par le laboratoire LEESU (Ecole des ponts Paristech, AgroParisTech, Université Paris-Est Créteil) et financé entre autres par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne et l'Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie. Plus d'informations sur le site internet : <https://www.leesu.fr/ocapi/>

Introduction

Depuis 1973, l'Organisation Mondiale de la Santé accompagne la valorisation agricole des urines par la production d'un guide de recommandations dont la dernière réédition date de 2012 (*Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères* 2012). En octobre 2018, le territoire du bassin de la Seine donne un signe fort de mobilisation via le nouveau programme de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie 2019-2024 qui propose une subvention jusqu'à 80% des frais correspondants à la mise en place de la collecte d'urine dans des bâtiments collectifs. Toutefois, plusieurs défis sont à relever pour la mise en place de la séparation à la source des urines. Anticiper la bonne gestion des réseaux de collecte de l'urine fait partie de ceux-ci (Brands 2014), en particuliers en ce qui concerne l'obturation organique ou minérale des conduites d'urine. Aujourd'hui, la séparation à la source des urines existe dans bien des contextes différents qu'ils soient ruraux ou urbains, collectifs ou individuels, du nord ou du sud.

Une filière d'assainissement est constituée de cinq maillons : l'interface usager (la toilette), le dispositif de collecte / stockage, le transport, le traitement et l'utilisation finale. Il est nécessaire de considérer une filière dans son ensemble car la définition d'un maillon est corrélée aux autres maillons en fonction de la matière considérée (eaux usées, eaux ménagères, urine, etc.). Dans ce contexte, il ne s'agit pas ici de définir les avantages et inconvénients d'une filière de séparation à la source des urines ni de tel ou tel système d'urinoir ou de toilette (Tilley et al. 2014) mais de produire des recommandations pour l'optimisation de la collecte d'urine. Nous nous concentrons ici sur les deux premiers maillons, les plus sensibles, de la filière de gestion des urines pures ou diluées à savoir l'interface usager et le dispositif de collecte du réseau interne au bâtiment à la cuve. Ne sont donc pas traités ici les maillons suivants de transport en véhicule ou réseau collectif externe au bâtiment, de traitement et de valorisation.

La mise en place d'un réseau d'urine a fait l'objet de recherches variées mais aussi de retours d'expériences par différents types d'acteurs. Les différentes références collectées ici décrivent la rémanence de plusieurs thèmes liés à la gestion de l'urine de l'excrétion à sa mise en cuve de collecte dans le bâti. À ce jour, c'est le guide « Urine diversion one step towards sustainable sanitation » du réseau Ecosanres (Kvarnström et al. 2006) qui semble être la référence et inspire beaucoup d'autres publications. Des préoccupations différentes (l'économie d'eau ou la collecte des nutriments) ont mené à la mise en place de telles infrastructures dans le bâti qui font face à un problème commun : le risque de colmatage du réseau par la formation d'un précipité.

En se basant sur une synthèse bibliographique et des retours d'expériences écrits ou oraux, ce document a donc pour objectif d'apporter des informations aux opérateurs (architecte, chef de projet, plombier, etc.) en charge de mettre en œuvre la séparation à la source dans le bâtiment que ce soit au moment de la conception, mais aussi lors de l'exploitation avec des actions d'entretien et de maintenance.

I. État de l'art

Suivant la mise en fonctionnement de la séparation à la source des urines, principalement dans les pays scandinaves, l'entartrage des réseaux de collecte est devenu une préoccupation scientifique dans les années 1990 (Lindgren 1999). La recherche bibliographique menée dans le cadre de cette étude a été ouverte très largement vers des retours d'expériences transcrits dans des comptes rendus de rencontres, des publications scientifiques officielles, des guides de conception / entretien / maintenance de systèmes à séparation.

Nous proposons d'abord de regarder les intérêts et découvertes du milieu de la recherche universitaire scientifique puis d'ouvrir l'étendue des travaux à tous types de retours d'expériences et de recommandations sur le sujet.

1. Interface usager

a. Objets concernés

Préalablement à la revue de la littérature, il convient de préciser ce que représentent les maillons concernés. L'interface usager pour la mise en place de la séparation à la source peut se décliner sous différentes formes (voir Figure 1, source (Tilley et al. 2014)).

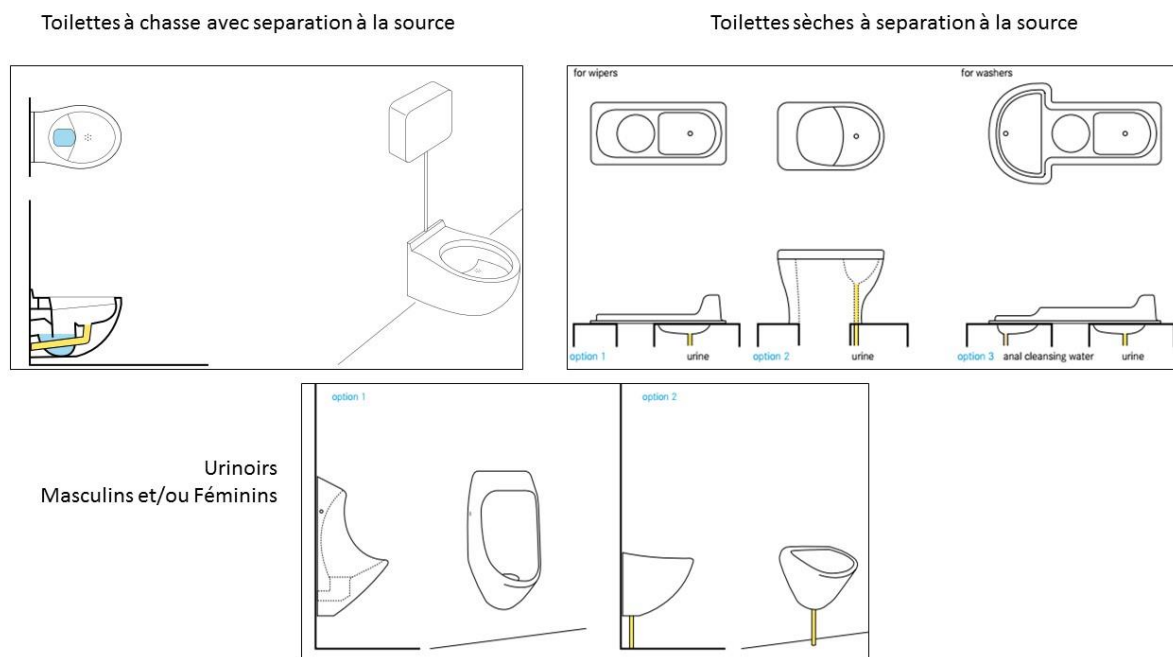


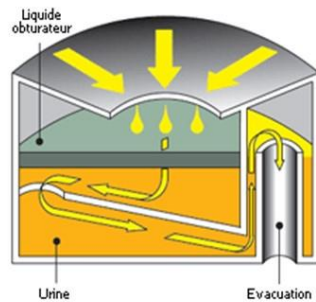
Figure 1 : Interfaces usager de toilettes à séparation

Il est possible de se référer à d'autres rapports pour connaître plus en détails les différents types d'interface usagers permettant la séparation à la source de l'urine (Tilley et al. 2014; Esculier 2018; « Urinetrap.com » 2019). Il convient ici de souligner la tendance actuelle au développement d'urinoirs unisexes et féminins. D'un autre côté sans changement d'interface usager des dispositifs de traitement décentralisés accolés à l'interface usagers voient le jour (Simha 2018a), ce qui réduit à quelques centimètres le réseau de collecte et annule la présence de cuve de stockage.

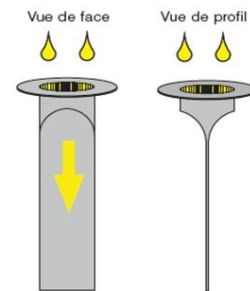
b. Siphons

Le siphon hydraulique est très efficace pour permettre une coupure entre les interfaces usagers et les réseaux. Toutefois, la collecte d'urine se fait souvent à sec pour limiter sa dilution ce qui rend inappropriée la mise en œuvre d'un siphon hydraulique (odeurs, entartrage excessif, etc.). Des siphons dits « secs » ont ainsi été développés pour la collecte d'urine. Il existe plusieurs types de siphons secs (voir Figure 2) avec des retours d'expériences différents (Crédits : F. Brun et sources (Bristow, McClure, et Fisher 2006; Sakthivel et Chariar 2015; De Gouvello 2009)) :

- Siphon à membrane : Une membrane flexible laisse passer le liquide dans un sens et se referme après son passage afin de garantir une étanchéité. Il existe deux types de membrane, en clarinette (avec une partie fixe) et haut bois (voir Figure 2). Une solution similaire est l'emploi d'une membrane qui fonctionne comme une soupape voir en page 37 du document de Shaw et Chatterton. Enfin, il existe une solution à bas coût qui est d'utiliser un préservatif coupé. Pour l'entretien, nettoyage régulier du tartre et des indésirables en fonction de la fréquentation. Prévoir un remplacement de la membrane tous les 3 à 6 mois¹.
- Siphon à étanchéité liquide : L'étanchéité est assurée par un liquide huileux plus léger que l'urine, d'une densité proche à celle de l'eau. L'urine traverse ce liquide qui assure la séparation et, Présence d'une cartouche qui doit être remplacée ou nettoyée régulièrement (en fonction de l'utilisation et de la présence d'indésirables). Il est nécessaire de recharger la cartouche en liquide. C'est un produit plutôt cher, mais efficace. Il n'est pas possible de le mettre en place sur une cuvette d'urinoir classique. Les coûts de maintenance sont élevés à cause de la cartouche.



Siphon à cartouche (à étanchéité liquide)



Siphon à membrane « hautbois » et « clarinette »

Figure 2 : Siphons : principes et exemples concrets

Afin d'éviter des remontées d'odeurs sur des dispositifs rustiques comme un bidon avec un entonnoir, il est possible de poser une balle de ping-pong obstruant le trou de l'entonnoir.

Pour des urinoirs secs, le nettoyage doit être fait plus régulièrement (Bristow, McClure, et Fisher 2006). Il est nécessaire de nettoyer la toilette ou l'urinoir périodiquement avec un tissu (chiffon, éponge) non

¹ Parmi de nombreuses astuces imitant cette technique, il est possible d'utiliser un préservatif agissant comme une membrane.

abrasif et imbibé d'acide. Puis un essuyage est fait avec un tissu (chiffon, éponge) propre. La périodicité de nettoyage est journalière. Il n'est pas recommandé de réaliser lors de l'intervention de nettoyage une chasse (versement d'un grand volume d'eau pour évacuer les matières en suspensions) au risque de chasser également le liquide d'étanchéité pour le siphon à cartouche et n'apporte aucun nettoyage supplémentaire pour le siphon à membrane. Il est possible de faire la chasse lorsque le siphon est déposé. La cartouche doit être re-remplie avec le liquide d'étanchéité dédié tous les 1500 et 7000 passages en fonction des fabricants. Ces interventions de maintenance sont essentielles pour une bonne maîtrise des odeurs.

Une enquête sur l'entretien d'urinoirs secs publics a été menée aux États-Unis parmi vingt États. Les périodicités moyennes d'entretien sont décrites dans la Figure 3 (source : (Bristow, McClure, et Fisher 2006)) ci-dessous :

Activité	Période
Nettoyage	Quotidien
Recharge de la cartouche	1,8 mois
Remplacement de la cartouche	3,3 mois

Figure 3 : Périodicité d'entretien d'urinoirs secs

c. Eaux de chasse

La qualité des eaux de chasse quand elles sont présentes influence beaucoup les intervalles de nettoyage du réseau. Les eaux dures (riches en calcium et magnésium) engendrent plus de précipitation même si sur certains systèmes elles ne sont pas censées entrer dans le réseau d'urine (modèle Roediger : avec une micro-chasse et une valve de fermeture du drain d'urine qui a tendance à s'encrasser). Un simple contact sur une même paroi en céramique peut suffire (Habitat participatif Dol de Bretagne, VUNA, et Ecosec 2018). Toutefois, plus la dilution de l'urine est forte, plus le risque d'obstruction est faible (Gujer 2007). Quel que soit le modèle de toilette, après une action d'entretien, il convient de faire un effet de chasse après le nettoyage de 1 à 2 L d'eau (hors siphon à membrane) pour évacuer le reliquat de tartre. Pour ne pas diluer l'urine collectée, il est préférable de ne pas collecter cette eau de chasse dans la cuve. Toutefois, cette eau de chasse peut s'avérer riche en tartre et peut mériter une attention particulière pour être collectée séparément.

La recirculation d'eau de pluie ou d'eaux ménagères peut être contreproductive si ces eaux sont turbides. La turbidité a tendance à favoriser le phénomène de double chasse par l'utilisateur au détriment d'un nettoyage plus régulier (Lienert et Larsen 2007). Il convient ici de souligner la nécessité de mettre en œuvre des actions d'information-éducation-communication ciblées à destination des usagers et du personnel d'entretien pour toutes modifications de comportements vis-à-vis de l'interface usager.

2. La précipitation

L'entartrage des conduites d'urine par un dépôt est la préoccupation principale dans la gestion du réseau de collecte. Plusieurs travaux ont été menés pour diminuer ce dépôt que ce soit avec de l'urine pure ou diluée par la présence d'une chasse.

a. Mécanismes de la précipitation

L'obturation facilite la perte potentielle de l'azote et du phosphore contenus dans l'urine qui sont l'objet même de sa collecte. Les surcoûts et interventions d'exploitation engendrés par la formation

d'un précipité (en particulier de la Struvite) sont déjà bien connus dans les stations d'épuration (Baur et al. 2002). Ils sont encore plus importants dans les réseaux d'urines, car les minéraux contenus dans l'urine (principalement le calcium, le magnésium et le phosphore) représentent les principaux dépôts (K. M. Udert, Larsen, et Gujer 2003). Un tiers du phosphore et la totalité du magnésium et du calcium précipiteraient naturellement lors de la phase de collecte (réseau et cuve de stockage) (K.M. Udert, Larsen, et Gujer 2006).

Ce précipité spontané est dû à l'uréase, enzyme bactérienne qui catalyse la digestion par hydrolyse de l'urée en dioxyde de carbone et ammoniac, cette réaction entraîne une augmentation du pH (Udert et al. 2003a; Saetta and Boyer 2017). Cette enzyme se développe rapidement dans les conduites d'urines, même en petite quantité, 95% du potentiel de précipitation est rapidement atteint (K. M. Udert, Larsen, et Gujer 2003). En faisant augmenter le pH autour de 9, l'hydrolyse de l'urée favorise la précipitation de sels. Plus le réseau est long plus une activité bactérienne favorise l'hydrolyse par l'uréase. Plusieurs précipités peuvent alors se former (Udert 2002; Udert et al. 2003a) :

- Struvite, $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: Ce précipité se forme majoritairement en absence de dilution de l'urine
- Hydroxyapatite (HAP : $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) : Ce précipité se forme majoritairement en absence de dilution de l'urine, mais aussi dans une large gamme de dilution.
- Calcite ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{Mg}^{2+}$) : Le précipité se forme majoritairement en présence de dilution de l'urine, notamment avec présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Ces ions sont très présents dans les eaux calcaires.
- Phosphate d'octacalcium (OCP : $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) : ces minéraux précipitent principalement dans le tuyau avant de se transformer en l'hydroxyapatite (HAP) dans la cuve de stockage.

La transformation enzymatique appelée uréase est bactérienne dans les réseaux d'urines. Avec de faibles dilutions, c'est majoritairement de la Struvite qui est obtenu comme précipité. Avec des urines diluées c'est plutôt de la calcite. La dilution à l'eau du robinet augmente la précipitation (car sont apportés des ions calcium et magnésium, éléments limitants la précipitation) par rapport à de l'eau de pluie ou sans minéraux donc douces (K. M. Udert, Larsen, et Gujer 2003; Hashemi, Han, et Kim 2015).

Il convient également de souligner la présence de matières organiques dans les réseaux d'urine (poils, papier, etc.) qui peuvent favoriser l'encrassement des conduites.

b. Techniques testées pour limiter la précipitation

Globalement, les travaux de recherche sur l'entartrage des conduites d'urine portent sur la compréhension du phénomène de précipitation amenant à l'obturation du réseau et aux tests d'additifs pour endiguer ce phénomène prioritairement en action(s) préventive(s).

Pour limiter la précipitation il faudrait alternativement diluer de temps en temps avec des eaux les moins minéralisées possibles et ne pas diluer l'urine. Toutefois, il est confirmé que la dilution diminue le risque de colmatage du fait que la concentration des précipités diminue (Udert 2002; Udert et al. 2003b). Diluer avec de l'eau du robinet (présence de calcium et magnésium limitants) fixe plus les phosphates dans le précipité d'où l'obtention de Struvite. Ainsi, pour réduire l'entartrage des conduites, il conviendrait de préférer des eaux les moins minéralisées possibles pour la chasse si elle est présente et le nettoyage des équipements (Hashemi, Han, et Kim 2015). Deux solutions peuvent être proposées s'il y a une dilution par une chasse : employer de l'eau avec un taux de matières dissoutes faible (ou inférieur à l'urine) comme des eaux de pluie, et une eau avec un pH faible (rajouter de l'acide citrique pour baisser le pH par exemple). Par ailleurs, on peut noter que des températures élevées favorisent la dissolution (Hashemi, Han, et Kim 2015). Il convient enfin de mettre en regard cette dilution avec l'objectif de la collecte de l'urine. La dilution de l'urine qui présente déjà de faibles

concentrations en nutriments complexifie, en augmentant les volumes, les maillons de la chaîne de gestion : le traitement, le transport et la valorisation.

Dans ce contexte, Boyer et al. (2014) parmi d'autres, analysent l'utilisation d'une résine d'ion pour fixer le calcium et le magnésium contenu dans l'urine dans l'objectif de diminuer la formation de précipités (Struvite et HAP) dans la tuyauterie. D'autres procédés existent pour faire précipiter les nutriments avant le rejet au réseau du reliquat de phase liquide (Flanagan et Randall 2018). Les résultats sont encourageants en terme d'efficacité. D'un autre côté, du phosphate disponible pour les plantes est obtenu. Par contre, la mise en œuvre d'une telle technologie questionne sur son implantation, sa généralisation dans le bâti et son exploitation (besoin de lavages réguliers pour éviter le colmatage).

D'autres études cherchent à identifier des solutions pour entretenir les conduites d'urine. Soit en inhibant le processus d'hydrolyse de l'uréase par ajout de réactifs soit en dissolvant le précipité qui s'est formé. Il est possible d'employer de l'acide citrique pour dissoudre la Struvite formée (Perwitasari et al. 2017) ou du phospho-citrate pour inhiber sa précipitation jusqu'à 75-80% (Kofina, Demadis, et Koutsoukos 2007). Ces acides peuvent être substitués par du vinaigre d'alcool (Ray, Saetta, et Boyer 2018). L'acide (acétique, citrique, vinaigre) est utilisé par ajout (comme une chasse) dans les conduites afin de réduire le pH et défavoriser la formation de Struvite.

Nous n'avons pas recensé de recherche sur l'usage de la soude pour réduire l'entartrage de tuyauterie dus à des matières organiques (cheveux, poussières, etc.).

c. Valoriser le précipité

Au-delà des contraintes dans les réseaux de collecte, la présence non négligeable en nutriments des précipités de l'urine interroge quant à leurs valeurs agronomiques. A cet effet, l'emploi d'acides pour entretenir les réseaux comme évoqué ci-dessus, aurait une action qui favorise la précipitation du phosphore dans la Struvite (Saetta et Boyer 2017). D'un autre côté, c'est la qualité des cristaux collectés qui interroge, en particulier par la présence de métaux lourds (Ronteltap, Maurer, et Gujer 2007; Wen et al. 2018). Favoriser la création d'un précipité est donc techniquement possible et intéresse les agriculteurs dans un objectif de valorisation (Brun 2018; Esculier 2018; Tordera et al. 2018). A ce jour, ce sont les faibles concentrations obtenues, Struvite avec un NPK (Azote Phosphore Potassium) de 6 %, 12 % et 0 % qui freinent le développement d'une filière car les engrais industriels titrent à plus de 30 % (Brun 2018).

3. Le réseau de collecte

a. Objets concernés

Concernant le réseau de collecte et le stockage, les conceptions sont encore plus variées, à titre d'exemple voir respectivement les Figures 4 (sources : (McConville et Rosemarin 2012; Tilley et al. 2014)) et 5 (crédit : Tristan Martin).

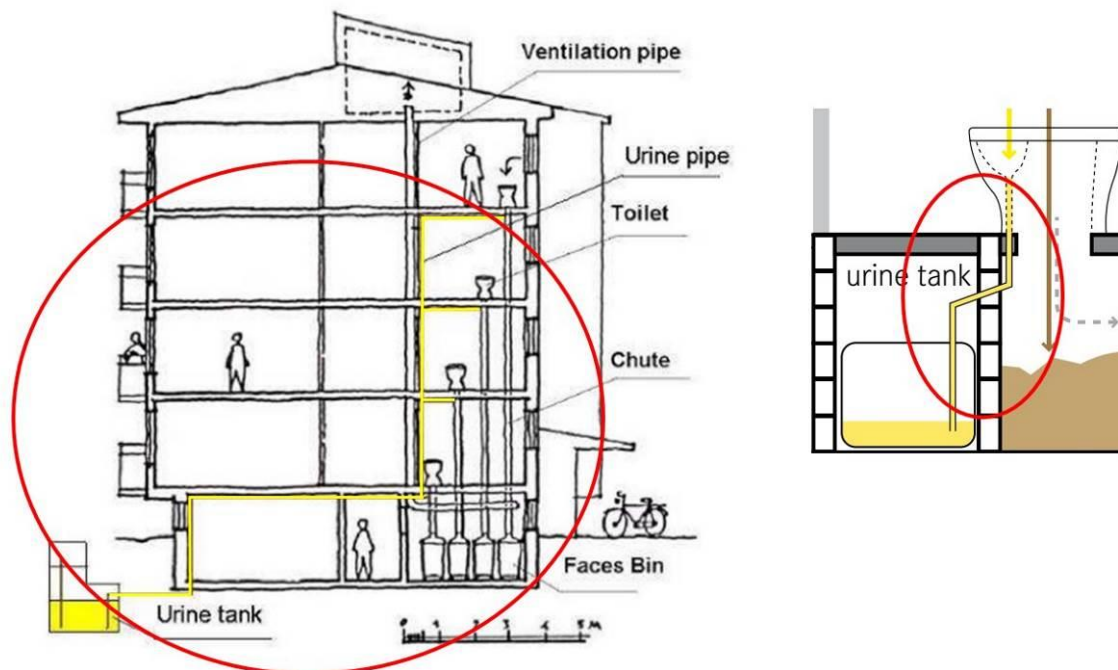


Figure 4 : Réseau d'urine dans le bâtiment

b. Conception

La littérature basée sur des retours d'expériences, Münch et Wincker (2011) semblent unanimes pour souligner les éléments ci-dessous :

- Ne pas utiliser de coude à 90°.
- Avoir une pente de tuyauterie supérieure ou égale à 1%, ne pas avoir de pente inversée ni de poche de sédimentation.
- Employer des matériaux non corrosifs (PVC ou PE).
- Eviter de grandes longueurs pour diminuer le risque de colmatage, faciliter le rinçage et réduire le temps de présence de l'urine dans les tuyaux.
- Égaliser les pressions, mais ne jamais ventiler pour ne pas perdre l'azote. Pour cela, fermer les conduites aux prises d'air. Si la ventilation il est possible de connecter les conduites d'urines à la cuve de collecte sans ventilation. La pression peut alors s'égaliser par le trop-plein de la cuve (soit vers une canalisation, soit vers une infiltration soit vers une seconde cuve).
- Implanter le tuyau d'urine dans les mêmes passages que les autres réseaux d'eaux usées. Utiliser une codification spécifique.
- Éviter les connexions dans le sol ou dans une dalle pour faciliter les actions de maintenance.



Figure 5 : Incrustation dans un PVC \varnothing 50 mm avec une pente de 4 % en deux ans de fonctionnement

Concernant les diamètres de la tuyauterie, l'unanimité est moins évidente. Il est possible de retenir que le diamètre minimum (25mm) doit être corrélé à une pente linéaire importante, jusqu'à une pause verticale du tuyau. La Figure 5 présente l'incrustation d'un précipité visqueux sur une conduite d'urine pour un urinoir sans chasse.



Figure 6 : Réseau de collecte d'urine (PVC), de chute des matières fécales (rouge) et de ventilation des cuves de collecte des matières fécale (argenté).

La présence de courbes, de plusieurs toilettes connectées (Figure 6), de l'utilisation d'un matériau sec pour les matières fécales (dans le cas des UDDT évoquées précédemment) et d'une faible pente (<4 %) engendrent de facto des diamètres plus importants dans le bâtiment (jusqu'à 110 mm). À l'extérieur du bâtiment, la tuyauterie de collecte secondaire est nécessairement de 110 mm.

4. Cuve de stockage

a. Objets concernés

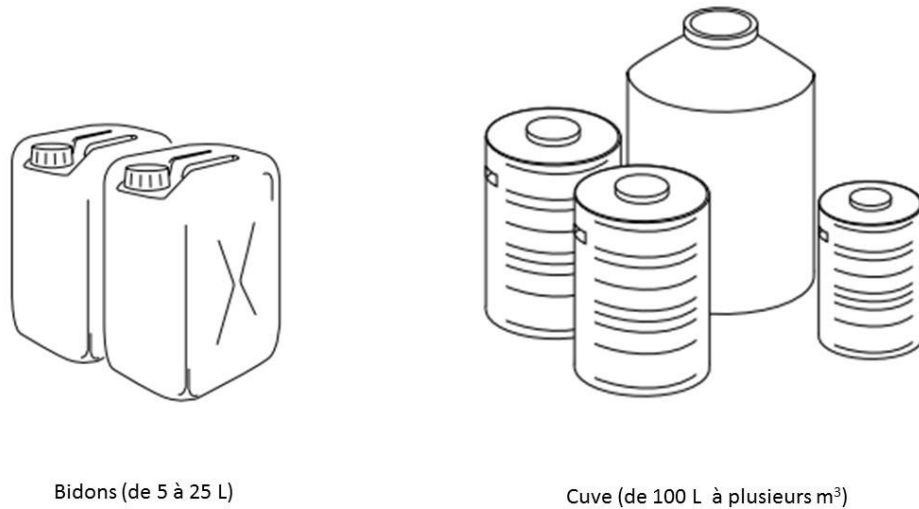


Figure 7 : Dispositifs de stockage de l'urine

b. Conception

Le pH de l'urine dans la cuve de stockage (Figure 7) n'évolue pas avec le rinçage du réseau à l'acide citrique grâce à l'effet tampon de l'urine présente dans la cuve. Si le précipité obstrue conduites et siphons, il ne pose aucun problème dans les cuves de stockage (voir Figure 8), car il ne peut s'y dessécher et n'a donc pas de possibilité de se fixer (Gujer 2007).



Figure 8 : Précipité visqueux collecté dans la cuve de stockage des urines, projet Azuris (crédit : T. Martin).

Quelques précisions sont apportées sur l'installation de la cuve de stockage. Elle doit être en plastique résistant ou flexible (gonflable) ou en maçonnerie étanche, imperméable en fond et en surface, robuste et non métallique (à cause de la corrosion). Le niveau d'urine doit être facilement mesurable, la cuve doit être protégée et sécurisée notamment de l'accès d'enfants. La cuve doit être remplie par le fond pour éviter les remous. Si la cuve est enfouie, il faut être vigilant aux forces et mouvements du sol. Les connexions doivent être installées dans des zones bien drainées et accessibles aux maintenance (Kvarnström et al. 2006) comme sur la Figure 9.



Figure 9 : Cuve de collecte à Tampere (Finlande) site de Kiivamo

Il faut installer un évent sur la cuve pour égaliser les pressions. La présence d'un clapet permet d'éviter des problèmes d'odeur. Les cuves flexibles (gonflable, la cuve se gonfle au fur et à mesure) sont généralement directement équipées de clapet. L'arrivée du tuyau de collecte de l'urine du réseau dans le fond de la cuve permet à l'urine de jouer le rôle d'étanchéité à l'air (comme pour un siphon à étanchéité liquide). Il est envisageable de mettre de l'huile dans la cuve ce qui améliore l'étanchéité (Sakthivel et Chariar 2015). S'il y a un besoin de pompage attention à prévoir des pompes acceptant une certaine viscosité due aux dépôts dans la cuve.

5. Entretien

Pour les actions d'entretien, il est recommandé de porter des équipements de protection individuels et de mettre des panneaux d'information (Bristow, McClure, et Fisher 2006)(Sakthivel et Chariar 2015). D'une manière générale des panneaux d'informations sont les bienvenus pour éviter les indésirables comme le papier ou autres matières solides.

Il est recommandé d'assurer une chasse d'un litre d'eau douce, elle peut être chaude, dans la tuyauterie une fois par semaine. S'il y a des odeurs, il faut vérifier le siphon puis rajouter 2 dl d'acide acétique (Kvarnström et al. 2006). Le nettoyage avec des produits biodégradables comme du vinaigre blanc est aussi préconisé (Morier-Genoud 2017). Un nettoyage régulier à l'acide doit être fait. Il n'y a pas ou très peu de retours d'expérience quant à la valorisation des matières de collecte que ce soient des solides ou liquides mélangés aux produits d'entretiens employés. Ces matières sont riches en nutriment et peuvent donc à cet effet rejoindre la cuve de collecte.

La périodicité des entretiens est difficile à définir, car fonction des conditions de fréquentation et d'utilisation de l'infrastructure. Les erreurs de conception mènent à des actions d'entretien accrues (Münch et Wincker 2011). Plutôt que de décrire les différents retours d'expérience, nous proposons une synthèse du recensement qui a été fait dans la Figure 10 ci-dessous. Sont ici mentionnés, à la fois des publications (documents, articles, rapports, guides, étude de cas) et des comptes rendus d'entretiens.

Source	Site	Points saillants
(Lindgren 1999) (Baur et al. 2002)	Uppsala en Suède	<p>Blocage des conduites d'urine après 2 ans de fonctionnement.</p> <p>Obturation des conduites due à des corps étrangers (cheveux, etc.).</p> <p>Utilisation d'un fil de nettoyage pour une intervention mécanique.</p> <p>Entretien chimique plus que mécanique qui abimerait la plomberie.</p> <p>Utilisation de l'hydroxyde de sodium, très efficace, mais il faut rincer abondamment avec perte de la matière qui ne doit pas aller dans la cuve d'urine.</p> <p>Utilisation de l'acide chlorhydrique ou un agent d'entretien à base d'acide phosphorique.</p>
	USA	Description de l'entartrage de la Struvite en fonction des éléments techniques d'une station d'épuration.
(Baur et al. 2002)	Ekoporten (1995, Sweden)	<p>Importance de la taille des tuyaux (110 mm plus que 40-50 mm) et de l'absence de coude à 90°.</p> <p>Recommandation d'une pente de tuyaux de 1 %. Chasse de 0,2 L.</p> <p>Nettoyage avec de la soude lors des obstructions.</p>
(Bristow, McClure, et Fisher 2006)	Texas, USA	<p>Changement des cartouches des siphons secs tous les 90 jours.</p> <p>Une bonne maintenance est la clef du succès des urinoirs secs.</p> <p>Information au préalable des usagers et du personnel d'exploitation de la présence d'urinoirs secs et de leurs fonctionnements et objectifs.</p>
(Austin 2006)	Ecosan in South Africa	Utilisation d'un nettoyant pour drain à base de soude caustique pour le réseau d'urine.
(Kvarnström et al. 2006)		<p>L'emploi d'eau chaude est approprié.</p> <p>Alterner la soude (tout l'organique comme les bouchons de cheveux) et l'acide (tout le minéral).</p> <p>Recours à des gants et des lunettes de protection lors des interventions.</p> <p>Nettoyage mécanique de réseau à la tarière ou intervention chimique avec une solution de soude caustique (2 parts d'eau pour 1 part de soude) ou de l'acide acétique (>24 % avec au moins 0,5 L).</p> <p>Intervention sur le réseau deux fois par an. Plus en cas de blocage.</p>
(Lienert et Larsen 2007)	<p>Eawag Old and New Office Building (including Forum Chriesbach</p> <p>Four Apartments in a Swiss German City</p> <p>The University of Applied Sciences Northwestern Switzerland</p> <p>Cantonal Library Basel-Landschaft in Liestal</p>	<p>Recommandations d'entretiens basées sur (Kvarnström et al. 2006).</p> <p>Perceptions des usagers : « S'il n'y a pas de dilution avec de l'eau, il n'y aurait pas de précipitation ». C'est plutôt le contraire qui se passe.</p> <p>Pour les urinoirs secs (a contrario des toilettes à séparation), grande variété de constructeurs qui engendre plusieurs modèles et un progrès permanent avec plusieurs retours d'expériences.</p> <p>La présence des siphons favoriserait la précipitation pour collecter la Struvite avant le réseau.</p> <p>L'emploi d'eaux ménagères recyclées pas forcément très claires engendre plus de chasse de la part de l'utilisateur et plus de nettoyage de la toilette.</p> <p>Toutes les installations de séparation nécessitent un très bon nettoyage et entretien.</p> <p>L'entretien des toilettes est estimé à 10 % de temps en plus que pour des toilettes unitaires à eaux.</p>

(Mels, van Betuw, et Braadbaart 2007)	Understenshöjden (1995, Suède)	Les tuyaux se bouchent 2 fois par an. Pas d'odeur quand c'est encrassé. Nettoyage à l'eau chaude et à la soude. Curage manuel des tuyaux avec un serpent mécanique.
(Gujer 2007)	Eawag (Forum Chriesbach et différents sites), Suisse	Dissolution et évacuation des produits de précipitation à intervalles réguliers (avec de l'acide citrique à 10 % par exemple). Évacuation rapide de l'urine en dehors des conduites à petite section avec des conduites verticales. Utilisation d'eau de pluie au lieu d'eau potable pour les chasses Élargissement de la section des conduites pour limiter les obstructions.
(Ayele, Oldenburg, et Hartmuth 2008)	Ecosan en Ethiopie	Les blocages sont éliminés soit mécaniquement par une vis de drainage, soit chimiquement par utilisation de solutions fortes de soude caustique (2 parties d'eau pour 1 partie de soude) ou d'acide acétique (> 24 %). Pour prévenir les obstructions, le tuyau est rincé à l'eau une fois par semaine.
(Goosse 2009)	Eawag (Forum Chriesbach), Suisse	Bâtiment avec des Roediger : Le papier toilette reste coincé sur la séparation (→plusieurs chasses). Emploi d'eau du robinet. La soupape se colmate. Mise en charge avec de l'acide citrique 20 % une fois par mois. Pas de problème d'odeur. Emploi de l'eau de pluie pour les rinçages. Besoin d'information de l'utilisateur. Assurer un nettoyage régulier.
(Wincker et Saadoun 2011)	GIZ in Eschborn near Frankfurt	23 urinoirs secs sur 10 étages avec siphons membranaires et 38 toilettes à séparation à la source de type Roediger avec cuve de stockage des urines en PE de 2,5 m3. Tuyaux de collecte en fonte avec revêtement émaillé. Les dimensions vont de 50 mm jusqu'à 100 mm pour le collecteur principal. Le choix de la tuyauterie a été fait pour éviter son entartrage. Maintenances : Tous les soirs, les urinoirs sans eau sont nettoyés (essuyés manuellement). Au rez-de-chaussée très fréquenté, ils sont, nettoyés toutes les heures et demie avec un chiffon humide et ensuite pulvérisés avec un parfum. Au moins une fois par semaine, les tamis et les joints de tubes en caoutchouc sont remplacés par des propres. Les tamis retirés sont nettoyés et stockés pour le remplacement dans la semaine suivante. Le tube en caoutchouc les joints sont remplacés environ une fois par an lorsque la membrane ne fonctionne plus correctement (pas sur une base régulière). Pour les toilettes Roediger, elles sont nettoyées comme pour les toilettes à eau. La valve est mise à tremper une fois par mois pendant le WE (48h) avec un détergent qui est chassé (donc dans la cuve) ensuite. Contrôle, nettoyage et remplacement des valves si nécessaire une fois par an. Le taux de renouvellement du personnel a fait que les maintenances ont été réalisées de manière moins précises. Les dépôts organiques ont engendré des odeurs qui ont été rapidement résolus par un nettoyage superficiel. Le colmatage a principalement été observé au niveau du siphon et des vannes.
(McConville et Rosemarin 2012)	Erdos en Chine	Quartier équipé de toilettes sèches à séparation de 3000 personnes. L'étude de cas souligne les difficultés de changement de comportement dans l'utilisation et de l'entretien de toilettes à séparation pour du grand public. Tout le monde n'a pas les mêmes aspirations face aux contraintes de nettoyage que représentent ces installations. L'information-éducation-communication est nécessaire une fois les infrastructures installées.

(Uhlmann 2013)	Eawag en Suisse	<p>Nettoyage quotidien du bol avec un chiffon humidifié à l'acide citrique à 5 % sans mettre d'acide dans la conduite.</p> <p>Nettoyage mensuel : verser 0,5 L d'acide citrique dans la canalisation (10 % si chasse d'eau de pluie et 20 % chasse d'eau du réseau) fermée (mise en charge) et laisser agir 30 minutes.</p> <p>Fort entartrage : brossage mécanique ou jet d'eau sous pression.</p> <p>Recommandation sur l'acide citrique : port des EPI, pas de contact avec le métal, diluer de l'acide citrique en poudre pour en faire une solution stockable dans des bidons en plastique.</p> <p>Si nécessaire changer les tuyaux ou la plomberie colmatée et augmenter la section.</p>
(Smail 2016), maintenance réalisée par F. Brun & T. Martin en août 2018.	Bâtiment Coriolis, École des ponts Paristech	<p>Collecte en cuve de 300 L de l'urine d'un urinoir sec dans le cadre du projet Azuris. Entretien et maintenance du réseau au bout de 2 ans d'utilisation. Vanne grippée par l'incrustation au bout de 1,5 an. Vidange de 20 L de boues de précipité en fond de cuve.</p> <p>Entretien quotidien par les agents de maintenance identique que pour les autres urinoirs.</p> <p>Nettoyage avec mise en charge pendant 30 minutes au vinaigre d'alcool. Effet insuffisant. Démontage de la tuyauterie et curage avec goupillon cylindrique. Collecte de 125 g de précipité par mètre linéaire de tuyauterie (PVC Ø 50 mm).</p>
(Esculier 2018)	<p>Danemark, Hyldespjaeldet, Albertslund</p> <p>Danemark, Munksøgaard</p> <p>Suède, Understenshöjden</p>	<p>Stockage de 3 mois en cuve. Diamètre des canalisations internes au bâtiment Ø 40 mm et externe Ø 100 mm. Pente de 1 %. Les urines sont toujours diluées. Nettoyage mécanique une fois par an.</p> <p>Canalisations extérieures au bâtiment sont de Ø 110 mm, pente de 3 %, vidange 2 fois par an. Le nettoyage cuvette et canalisation est mécanique avec ajout de vinaigre. Entartrage dans les coudes et nettoyage annuel sous pression.</p> <p>Colmatage du tuyau d'évacuation des maisons et nettoyage au furet.</p> <p>Entretien des toilettes à la soude et mécanique 2 fois par an. Pente >1 %, Ø canalisations internes au bat : Ø 50 mm (75 si faible pente) et externe : Ø 110 mm. Pas de courant d'air ni d'entrée d'eaux parasites. La cuve de stockage a un évent pour réguler les pressions et une arrivée d'urine en fond de cuve empêchant ainsi la formation d'ammoniac et les remontées d'air dans le réseau.</p>
(Coopérative Equilibre 2018)	<p>Soubeyran - Genève</p> <p>Les Vergers - Genève</p>	<p>Concepteur (Morier-Genoud 2018) : 3 ans d'exploitation : Wostman pour la séparation, mais les tuyaux se rejoignent pour une gestion unitaire dans un compost en pied d'immeuble. Conseil à l'utilisateur une chasse d'eau à très faible volume pour garder le magnésium comme facteur limitant la précipitation de Struvite. PE Flexible Ø 40 mm sur 50 cm environ. Conseil à l'utilisateur d'employer d'un spray avec de l'eau recyclée à chaque pipi, versement d'acide citrique ou de vinaigre blanc si colmatage. Nettoyage du bol de collecte régulier (toutes les semaines). L'utilisateur doit se mettre en tête que l'entretien est supérieur à des toilettes normales.</p> <p>Représentant des usagers (Krumm 2018) : Des précipités récurrents se forment qui amènent odeurs et bouchons. Des démarches ont déjà initiés auprès de Wostman mais les problèmes persistent. Entretien avec écoulement d'un acide (citrique) tous les 15 jours ou lorsque c'est colmaté mais le tuyau se rebouche vite. Se questionne sur le fait que l'entretien régulier est peut-être survenu trop tard après la mise en fonctionnement (depuis 1 an sur 3 ans d'utilisation). Pas de mise en charge ni d'entretien mécanique avec une brosse de la tuyauterie. Le principal écueil est celui du confort.</p> <p><1an d'exploitation : separett privy PE Ø 32 mm flexible – Ø 40 mm et colonne de chute en Ø 56 mm. Retour garage en Ø 110 mm. Rinçage en spray à l'eau du robinet à chaque passage.</p>
(Simha 2018b)	Entretien avec Prithvi Simha, Swedish University of Agricultural Sciences	Sur la base de la généralisation de la mise en place du dispositif suivant : (Simha 2018a). En attente de retour d'expérience.

	le 10/12/18	
(Merotto 2018)	École de Saint-Germé (32400)	5 Urinoirs secs. Réseau en Ø 40 mm avec des passages inaccessibles en dalle béton et dans le sol. Mise en service en 2012. Modification du réseau avec pose d'une vanne pour mise en charge avec un acide. Entretien au bout de 6 ans pas encore réalisé.
(Jacquier 2018)	Bâtiments publics – Mairie d'Evian les Bains	<p>Dans une zone d'utilisation sensible, une rampe d'urinoir avec chasse à mono-commande se bouchait régulièrement engendrant de fortes consommations en eau. Elle a été remplacée par la mise en place d'urinoir sec avec siphon par membrane. Test sur 3 ans. Aucun colmatage n'a été observé dans le réseau qui n'a pas été modifié pour l'occasion (Ø 40 mm). Le cahier des charges du fabricant d'urinoirs n'aurait pas été scrupuleusement respecté (notamment en terme de renouvellement des membranes) ce qui aurait engendré des odeurs.</p> <p>Dans un autre bâtiment, il y a eu des problèmes de colmatage sur des conduites issus d'urinoirs classiques à chasse. Durée d'exploitation indéfinie, mais supérieure à 10 ans. L'incrustation était telle que le passage de furet fut sans effet notable. Le réseau présentait de nombreux coudes, dans ses zones accessibles les conduites ont été démontées et remplacées.</p>
(Besson et Gonzalez 2019)	Bâtiment du LISBP à l'INSA de Toulouse	<p>Mise en place d'un prototype de toilette à séparation à la source sous vide avec 2 réseaux de collecte. Pour l'urine la collecte sous vide se fait avec une dilution par chasse d'eau du réseau d'environ 1,25L. Un réservoir se remplit avant une vanne puis son contenu est ensuite aspiré par 60L d'air dans un réseau en PVC rigide d'environ 1,5 à 2m de long dirigé vers une cuve (65L) de collecte alimentée en surverse. Il existe un évent sur la cuve pour réguler les pressions. Aucun problème d'odeur n'est à déplorer.</p> <p>Le prototype est en place depuis décembre 2017, il est utilisé par le personnel du laboratoire soit environ 15 personnes. La 3ème version devrait être installé dans les mois à venir. Au moment de changement de version (octobre 2018) aucune maintenance dû à l'encrassement n'a été nécessaire. Seule le réservoir situé avant la vanne présentait un très léger dépôt n'entravant pas le fonctionnement. Aucune consigne spécifique d'entretien n'a été donnée ni aux usagers ni au personnel en charge du nettoyage. Il n'existe pas d'expérience similaire (sauf un projet abandonné en Allemagne en 2007) à ce jour.</p>
(Etter 2019)	Bâtiments EAWAG	En attente de retour d'expérience car la mise en service de la connexion des deux bâtiments à l'Eawag (Forum Chriesbach et Nest) n'est pas encore réalisée.

Figure 10 : Retours d'expériences de projets de terrain

II. Recommandations

Sur la base de la revue de la bibliographie et des différents retours d'expériences, nous proposons ici des recommandations. L'objectif principal est la réduction de l'entartrage pour éviter les risques de colmatage. Cela passe par la réduction du temps de présence de l'urine dans la tuyauterie. Cet objectif peut être atteint grâce à la bonne conception du dispositif et grâce à un nettoyage régulier des équipements.

1. Conception des maillons de la filière

a. Interface usager

- Employer des matériaux non corrosifs (pas de métaux).
- Mettre un siphon, quelle que soit sa technologie, pour chaque interface usager (urinoir sec ou urinoir avec une eau de dilution).
- Favoriser l'emploi d'une eau non minéralisée (eau de pluie) si présence d'une chasse pour l'urinoir.
- Poser un urinoir avec une chasse diminue les risques de colmatage du réseau mais pénalise fortement la filière traitement -transport - valorisation de l'urine.
- Poser un urinoir sec augmente les risques de colmatage et donc nécessite un entretien un peu plus poussé.
- Disposer des panneaux d'information sur les spécificités d'usage (notamment si emploi d'eau de pluie pour la chasse) et les objectifs de la filière mise en place.

b. Transport : le réseau

Principe de base : l'urine doit séjourner le moins de temps possible dans la tuyauterie.

Pour cela : pentes suffisantes + diamètres adaptés+ accès aux tuyaux.

i. Généralités

- Employer des matériaux non corrosifs (pas de métaux). À cet effet, le PVC est fragile (interdit en Suisse à cause des émanations de produits chlorés), le PE plus souple est plus résistant et plus durable.
- Éviter les passages de conduites dans des zones inaccessibles où le démontage n'est pas possible (dalles, sols, etc.).

ii. Anticiper l'entretien par des points de visite du réseau

- Poser des tuyaux visitables (avec un accès tous les 4 m) autant que possible.
- Poser des Té de dégorgement avec bouchon (Figure 11) et culotte 45° (Figure 12) qui sont de bonnes options à tout changement de direction et à chaque extrémité de réseau.



Figure 11 : Té de dégorgement avec bouchon \varnothing 75 mm



Figure 12 : culotte 45° Ø 75 mm

- Mettre régulièrement, tous les 10 m environ, des vannes afin de permettre la mise en charge de longueurs de tuyaux avec un produit d'entretien. Les vannes doivent être facilement accessibles et démontables car elles sont les premières à s'entartrer du fait du changement de diamètre. Ce qui reste de rendre impossible sa manipulation.
- Mettre des raccords unions (Figure 13) pour démonter facilement des longueurs de tuyaux.



Figure 13 : Raccord union Ø 75 mm

iii. Eviter l'entartrage

- Favoriser les conduites verticales.
- Éviter les courbes sur le réseau.
- Favoriser les coudes 1/8 (Figure 14) au détriment des coudes 1/4 (Figure 15).
- Éviter de créer des zones de ralentissement ou de brassage de l'urine.
- Éviter les points de stockage ou d'accumulation sur le réseau.
- Diamètre de plomberie :
 - Réseau primaire (interface usager – 1^{er} nœud de collecte) : Ø 25 mm si la pente est supérieure à 4 % ou verticale. À augmenter pour des pentes inférieures jusqu'à Ø 50 mm.
 - Réseau secondaire (1^{er} nœud de collecte – pied d'immeuble) : préconisé de Ø 50 mm avec une pente supérieure à 2,5 %. À augmenter pour des pentes inférieures jusqu'à Ø 75 mm.
 - Réseau tertiaire (pied d'immeuble – cuve) : principalement hors bâtiment ou en sous-sol au moins Ø 75 mm jusqu'à Ø 110 mm avec une pente supérieure à 1 %.
- Augmenter le diamètre du réseau dès que plusieurs urinoirs sont connectés (réseau secondaire).
- Proscrire la circulation d'air permanente dans le réseau par la mise en place d'un clapet adapté.
- Maintenir la possibilité d'un équilibre des pressions.



Figure 14 : coude 1/8 Ø 75 mm



Figure 15 : coude 1/4 Ø 75 mm

c. Collecte : cuve de Stockage

- Employer des matériaux non corrosifs (pas de métaux).
- Faire arriver la canalisation d'urine au fond de la cuve.
- Proscrire la ventilation du réservoir de stockage qui ne doit posséder qu'une mise à l'air pour équilibrer les pressions.
- Installer une bâche souple en fonction des contraintes du bâti. Celle-ci doit comprendre un clapet pour équilibrer les pressions.
- Installer un trop-plein (connecté vers une autre cuve de préférence).
- Installer un dispositif de purge en considérant que le fond de cuve contiendra une boue visqueuse.
- Dimensionner la cuve pour une collecte minimum de 6 mois. Le dimensionnement peut aller jusqu'à un an de stockage en contexte urbain dense pour minimiser la logistique de transport. Il faut compter 1,5 L d'urine par personne et par jour multiplié par un taux de présence auquel il faut ajouter l'éventuel volume de chasse.

2. Entretien et maintenance des maillons

a. Actions d'entretien

i. Information

- Avant la mise en exploitation des bâtiments : Assurer de l'information aux usagers et au personnel d'exploitation du fonctionnement de l'installation.
- Avant toute intervention de maintenance : Réaliser une information aux usagers.
- S'assurer que le gestionnaire ait conscience que l'entretien est supérieur à des toilettes unitaires à eau.
- Réaliser régulièrement des actions d'information-éducation-communication adaptées aux usagers et au personnel.

ii. Entretien courant

- Nettoyer l'interface avec un torchon imbibé d'acide au moins une fois par jour.
- Mettre un coup de spray avec de l'eau non minéralisée à chaque passage.
- Toutes les semaines :
 - 1 L d'eau chaude non minéralisée dans les conduites (une petite chasse).
 - Si odeurs, ajouter 2 dL d'acide ou réaliser une chasse d'eau (douce) chaude.

iii. Entretien mensuel

- Pour les urinoirs secs :
 - Renouveler le liquide du siphon
 - Changer la cartouche tous les 3 à 6 mois
 - Nettoyer la membrane avec un acide.
 - Renouveler la membrane si elle n'assure plus son rôle d'étanchéité (en cas de déchirement par exemple).
- Pour le réseau :
 - Mettre en charge avec un acide (tout le minéral, voir ci-dessous pour le type d'acide) dans le réseau d'au moins 0,5 L (voir Figure 16). Laisser agir 30 minutes.
 - Alternner avec de la soude le mois suivant pour la part organique (formation biofilm). La durée de mise en charge peut être augmentée à une nuit. Attention aux confusions entre soude et acide dans la pratique. Si c'est trop compliqué à mettre en place, l'emploi d'un acide seul est préconisé, il aura un effet moindre mais opérationnel sur la part organique.
 - Purger.
 - Faire une chasse avec au moins 2 L d'eau bouillante après la purge.



Figure 16 : Mise en charge d'une portion de réseau (PVC Ø 50 mm) avec du vinaigre blanc

b. Intervention de maintenance (tous les ans)

- Favoriser d'abord l'entretien chimique (par additifs en faible concentration) à l'entretien mécanique qui engendre plus de risques de bris.
- Anticiper les interventions de maintenance dans des périodes de faible sollicitation des équipements (vacances par exemple).
- Chauffer les conduites par une mise en charge à l'eau bouillante.

- Mettre en charge la conduite pendant 12 h avec un acide plus fort (voir ci-dessous).
- Les matières collectées lors des entretiens contiennent des nutriments, elles peuvent rejoindre directement la cuve de collecte.
- Brosser la tuyauterie avec un goupillon cylindrique à poils durs.
- En dernier recours :
 - Nettoyer sous pression avec un kit mobile ou une hydrocureuses. Attention aux très haute-pressions (jusqu'à 300 bars) dans des diamètres Ø 32 ou 40 mm risqués dans l'habitat si le tuyau est en PVC (non haute-densité).
 - Remplacer les tuyaux obstrués et augmenter les sections.

c. Matériel d'entretien

i. Réactifs

- Favoriser les approvisionnements en réactifs solides (sécurité pendant le transport).
- Acides :
 - Employer de l'acide moins concentré si les eaux utilisées pour les chasses ne sont pas minéralisées (eaux de pluies par exemple).
 - Éviter le contact de l'acide avec du métal.
 - Ajuster l'usage de l'acide (temps de contact par exemple, le faire bouillir, etc.) en fonction de sa concentration.
 - Acides possibles (classement du plus faible au plus fort) :
 - Acide citrique : 8-10 % dans le citron, c'est un acide faible.
 - Vinaigre blanc d'alcool : composé d'eau + acide acétique, généralement les dosages sont assez faibles, de 8 à 10 %, il existe aussi en cristaux.
 - Acide acétique : toutes les concentrations sont disponibles sur le marché. Faire un dosage supérieur à 24 %.
 - Acide chlorhydrique : acide fort, faire un dosage à 20-25 %. Attention aux émanations.
 - Acide phosphorique : Présent dans les agents d'entretien ou détergent. Il attaque plutôt le métal et ne paraît pas adapté ici.
- Bases :
 - Faire bouillir l'eau de dilution de la soude.
 - Soude caustique (2 parts d'eau pour 1 part de soude anhydre répandu sur le marché)

ii. Équipements d'entretien

- Éponge, chiffon.
- Goupillon cylindrique de nettoyage (voir Figure 17, crédit : Ebba af Petersens (Kvarnström et al. 2006)) ou furet métallique souple (voir Figure 18, crédit itoox.com) de diamètre adapté à la canalisation.
- Rallonge métallique pour goupillon (fil de fer flexible).
- Une bâche (1 à 2 ou 3 m²) pour protéger la zone des éclaboussures.
- Une petite pelle ou une grande cuillère.
- Un bidon pour récupérer puis valoriser le dépôt.



Figure 17 : Exemple de matériel d'entretien



Figure 18 : furet métallique soupe.

iii. Équipements de protection individuels

- Gants.
- Lunettes de protection.
- Outils et vêtements dédiés aux interventions en assainissement.
- Se laver les mains au savon après n'importe quelle intervention d'entretien ou de maintenance.

3. Infographie

Nous proposons donc ici de résumer les recommandations sur une infographie synthétique. Elles sont présentées dans la Figure 19 ci-dessous. La mise en page est à venir.



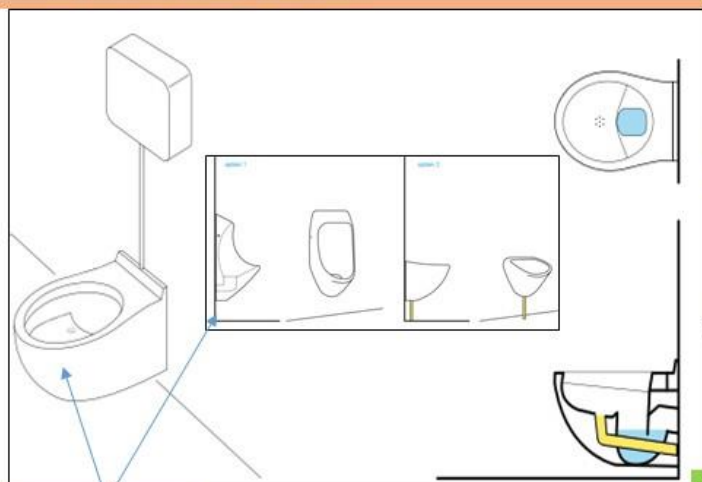
OCAPI

Recommandations de conception et d'exploitation pour la mise en œuvre de la séparation à la source dans le bâtiment

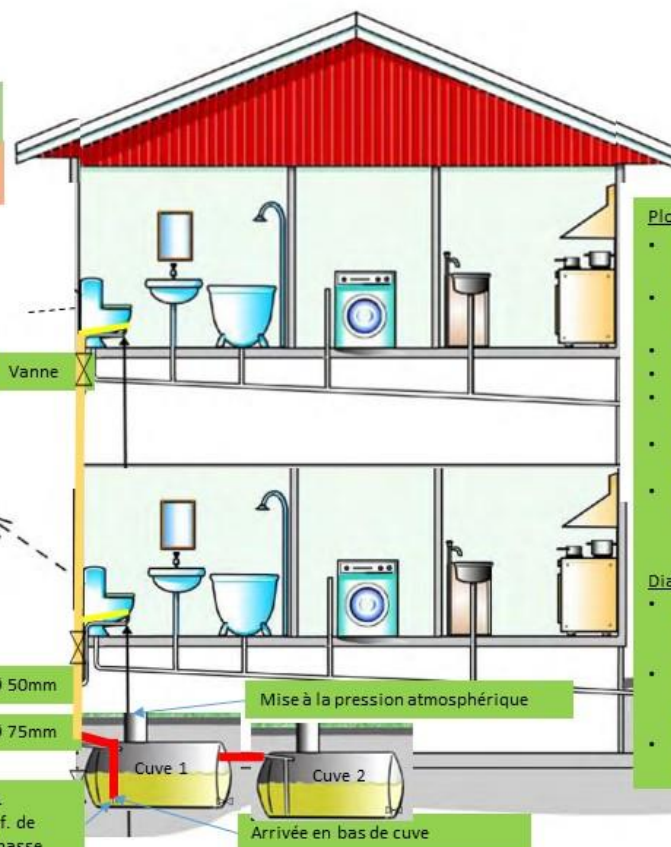
Règles générales

Information-éducation-communication

- Faire une information aux usagers et au personnel d'exploitation du fonctionnement de l'installation par différents canaux (réunion, panneaux, etc.).
- Avant toute intervention de maintenance, une information aux usagers est réalisée.
- l'entretien est supérieur à des toilettes à eaux.



Présence d'un siphon.



Ø 50mm

Ø 75mm

Mise à la pression atmosphérique

Arrivée en bas de cuve

Dimensionnement: 1,5 L /per./jour * 6 * 31 * coef. de présence + volume de chasse

Réseau

- Tous les mois : Mise en charge avec un acide pendant 30 minutes. Alternier avec de la soude le mois suivant pendant une nuit. Faire une chasse avec au moins 2 L d'eau bouillante après la purge.
- Tous les ans: Répéter l'entretien chimique. Si nécessaire, brosser la tuyauterie avec un goupillon.

- Employer des matériaux non corrosifs (pas de métaux). Tuyauterie en PVC ou PE.
- Favoriser l'emploi d'eau non minéralisée pour l'entretien (eau de pluie).

Plomberie

- Eviter les passages de conduites dans des zones inaccessibles.
- Poser des tuyaux visitables (avec un accès tous les 4m) autant que possible.
- Favoriser les conduites verticales.
- Eviter les courbes sur le réseau.
- Favoriser les coudes 1/8 au détriment des coudes 1/4.
- Eviter de créer des zones de ralentissement ou de brassage de l'urine.
- Eviter les points de stockage ou d'accumulation sur le réseau.

Diamètre de plomberie

- Réseau primaire (jaune) : Ø 25 mm avec pente > 4% ou verticale. Si p < 4% alors Ø augmente jusqu'à 50mm.
- Réseau secondaire (orange) : Ø 50 mm avec une pente > 2,5%. Si p < 2,5% alors Ø augmente jusqu'à 75 mm.
- Réseau tertiaire (cuve) : Ø 75 mm jusqu'à Ø 110 mm avec une pente > 1%

Interface usager

- Nettoyage de l'interface avec un torchon imbibé d'acide au moins une fois par jour.
- Coup de spray avec de l'eau non minéralisée à chaque passage.
- Toutes les semaines 1L d'eau chaude non minéralisée dans les conduites (une petite chasse). Si odeurs, ajouter 2 dL d'acide ou réaliser une chasse d'eau (pluviale si possible) chaude.

Légende

- Conception
- Entretien / Exploitation

Figure 19 : Infographie : « Recommandations de conception et d'exploitation pour la mise en œuvre de la séparation à la source dans le bâtiment »

Conclusion

Nous avons pu voir que pour collecter les nutriments contenus dans l'urine, la séparation à la source fait face à des contraintes de conceptions et d'exploitation. La formation de précipité ou d'incrustation dans la tuyauterie est rémanente. Elle peut être prévenue par des points de vigilance dans la conception, mais aussi et surtout grâce à un entretien rigoureux.

En l'absence de normes de conception de réseau d'urine dans le bâtiment, c'est le document « Urine Diversion: One Step Towards Sustainable Sanitation » produit par le réseau Ecosanres qui est plébiscité dans la littérature (Kvarnström et al. 2006). Nous l'avons mis en regard avec différents retours d'expériences et publications pour produire une note de recommandations de conception et d'entretien adaptées au contexte français.

Une bonne maintenance tant de la toilette à séparation ou de l'urinoir que du réseau est la clef de l'absence de colmatage. Les usagers et le personnel d'entretien jouent un rôle déterminant. Il convient donc de souligner la nécessité de mettre en œuvre des actions adaptées d'information-éducation-communication à leur égard.

De nouvelles constructions et des mises en fonctionnement de bâtiments équipés doivent débuter en France pendant l'année 2019. Une synthèse quant à leurs conceptions et organisations pour l'exploitation des dispositifs de collecte s'avère nécessaire pour poursuivre et améliorer les retours d'expériences en cours.

Bibliographie

- Austin, LM. 2006. « Guidelines for the Design, Operation and Maintenance of Urine-Diversion Sanitation Systems ». WRC TT 275/06. South Africa: Water Research Commission, Private Bag X03 Gezina 0031.
- Ayele, Wudneh, Martin Oldenburg, et Nina Hartmuth. 2008. « Urine diverting dry toilets (UDDT): Frequently asked questions - Resources - SuSanA ». <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/1606>.
- Baur, Rob, Mario Benisch, Daniel Clark, et Robert G. Sprick. 2002. « Struvite Control - A Common and Nuisance ». *Proceedings of the Water Environment Federation 2002* (14): 480-95. <https://doi.org/10.2175/193864702784248025>.
- Besson, Mathilde, et Irène Gonzalez. 2019. Retour d'expérience d'un réseau d'urine sous vide. Equipe Symbiose du LISBP EAD9-INSA-Toulouse. Entretien téléphonique
- Brands, Edwin. 2014. « Prospects and Challenges for Sustainable Sanitation in Developed Nations: A Critical Review ». *Environmental Reviews* 22 (4): 346-63. <https://doi.org/10.1139/er-2013-0082>.
- Bristow, Gary, James D McClure, et David Fisher. 2006. « Waterless Urinals: Features, Benefits, and Applications ». *Journal of Green Building* 1 (1): 55-62. <https://doi.org/10.3992/jgb.1.1.55>.
- Brun, Florent. 2018. « Freins et leviers à l'emploi de fertilisants à base d'urine en agriculture en Île-De-France ». Research Report. École des Ponts Paristech ; Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains (Leesu). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01914242>.
- Coopérative Equilibre, éd. 2018. « Assainissement écologique autonome en milieu urbain ». Coopérative Equilibre.
- De Gouvello, Bernard. 2009. *La gestion durable de l'eau*. 1ère. Guide Bâtir le développement durable. Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). <https://boutique.cstb.fr/performance-energetique/157-la-gestion-durable-de-leau-9782868914187.html>.
- Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères*. 2012. OMS-PNUE. Vol. Volume I Considérations d'ordre politique et réglementaire.
- Esculier, Fabien. 2018. « Le système alimentation/excrétion des territoires urbains : régimes et transitions socio-écologiques », thèse de doctorat de l'Université Paris Est.
- Etter, Bastian. 2019. Entretien de réseau de collecte des urines. Entretien téléphonique.
- Flanagan, C.P., et D.G. Randall. 2018. « Development of a Novel Nutrient Recovery Urinal for On-Site Fertilizer Production ». *Journal of Environmental Chemical Engineering* 6 (5): 6344-50. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.09.060>.
- Goosse, Patrice. 2009. « Nomix-Toilettensystem ». *GWA*, n° 7: 567-74.
- Gujer, Willi. 2007. « NoMix, une option à prendre au sérieux ». *Eawag news*, Eawag News, 63f: 36.
- Habitat participatif Dol de Bretagne, VUNA, et Ecosec. 2018. « Recommandations techniques liées à l'implantation d'une filière d'assainissement cyclique ». Document non édité.
- Hashemi, Shervin, Mooyoung Han, et Tschungil Kim. 2015. « Identification of Urine Scale Problems in Urinals and the Solution Using Rainwater ». *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 5 (2): 322-29. <https://doi.org/10.2166/washdev.2015.100>.

- Jacquier, Pierre. 2018. Retour d'expérience mise en place d'urinoirs secs. Entretien téléphonique.
- Kofina, Aikaterini, Konstantinos Demadis, et Petros G. Koutsoukos. 2007. « The Effect of Citrate and Phosphocitrate On Struvite Spontaneous Precipitation ». *Cryst. Growth Des.* 7 (12): 2705-12. <https://doi.org/10.1021/cg0603927>.
- Krumm, Olivier. 2018. Entretien des toilettes du bâtiment Soubeyran à Genève par les usagers Téléphone.
- Kvarnström, Elisabeth, Karin Emilsson, Anna Richert Stintzing, Mats Johansson, Håkan Jönsson, Ebba af Petersens, Caroline Schönning, et al. 2006. *Urine diversion one step towards sustainable sanitation*. EcoSanRes Publications Series. Stockholm: Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf.
- Lienert, J., et T. A. Larsen. 2007. « Pilot Projects in Bathrooms: A New Challenge for Wastewater Professionals ». *Water Practice and Technology* 2 (3). <https://doi.org/10.2166/wpt.2007.057>.
- Lindgren, Magnus. 1999. « Urine separating toilets - clearing of blockages, collected volume and attitudes », Rapport, Sveriges Lantbruks Universitet.
- McConville, Jennifer, et Arno Rosemarin. 2012. « Case Study of Susana Projects: Urine Diversion Dry Toilets in Multi-Story Buildings, Erdos City, Inner Mongolia Autonomous Region, China ». Susana. https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiF_LCMg4vfAhVCQBoKHbRNBc8Qjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fsmartnet.niuu.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fresources%2F2-1049-en-susana-cs-china-erdos-eetp-2012-version-9x.pdf&psig=AOvVaw0demJbRzEnejj6A2-MyPev&ust=1544179512973954.
- Mels, A., W. van Betuw, et O. Braadbaart. 2007. « Technology Selection and Comparative Performance of Source-Separating Wastewater Management Systems in Sweden and The Netherlands ». *Water Science and Technology* 56 (5): 77-85. <https://doi.org/10.2166/wst.2007.559>.
- Merotto, Christophe. 2018. Entretien du réseau de collecte des urines de l'école de Saint-Germé (32400). Entretien téléphonique.
- Morier-Genoud, Philippe. 2017. « Gestion des eaux de Soub 7 : Petit guide pratique ». ATBA - Coopérative Equilibre.
- . 2018. Conception de l'assainissement du bâtiment Soubeyran à Genève. Entretien téléphonique.
- Münch, E., et M. Wincker. 2011. *Technology Review of Urine Diversion Components*. GIZ. Eschborn: GTZ. <https://sswm.info/node/5598>.
- Perwitasari, Dyah Suci, J. Jamari, Stefanus Muryanto, et Athanasius P. Bayuseno. 2017. « Influence of Citric Acid on Struvite Precipitation ». *Advanced Science Letters* 23 (12): 12231-34. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.10609>.
- Ray, Hannah, Daniella Saetta, et Treavor H. Boyer. 2018. « Characterization of Urea Hydrolysis in Fresh Human Urine and Inhibition by Chemical Addition ». *Environmental Science-Water Research & Technology* 4 (1): 87-98. <https://doi.org/10.1039/c7ew00271h>.
- Ronteltap, Mariska, Max Maurer, et Willi Gujer. 2007. « The Behaviour of Pharmaceuticals and Heavy Metals during Struvite Precipitation in Urine ». *Water Research* 41 (9): 1859-68. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.026>.
- Saetta, Daniella, et Treavor H. Boyer. 2017. « Mimicking and Inhibiting Urea Hydrolysis in Nonwater Urinals ». *Environmental Science & Technology* 51 (23): 13850-58. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03571>.

- Sakthivel, Ramesh, et Vijayaraghavan Chariar. 2015. *Waterless Urinals*. Indian Institute of Technology. Delhi, India.
- Simha, Prithvi. 2018a. « Alkaline Dehydration Technology for Urine-Diverting Toilets ». 6th dry toilet conference, Tampere, Finland.
- . 2018b. Entretien des toilettes et dispositif de fabrication du GranurinPar mail.
- Smail, Amel. 2016. « Mise en place d'une chaîne complète instrumentée de traitement et valorisation de l'urine dans le bâtiment Coriolis de l'École des Ponts ParisTech », 81.
- Tilley, Elisabeth, Lukas Ulrich, Christoph Lüthi, Philippe Reymond, et Christian Zurbrügg. 2014. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. 2nd revised edition. Dübendorf, Switzerland.
- Tordera, Léa, Sabine Houot, Florent Levavasseur, Tristan Martin, et Benoît Xuereb. 2018. « Comment valoriser l'urine en agriculture ? »
- Udert, K. M., T. A. Larsen, M. Biebow, et W. Gujer. 2003. « Urea Hydrolysis and Precipitation Dynamics in a Urine-Collecting System ». *Water Research* 37 (11): 2571-82. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00065-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00065-4).
- Udert, K. M., T. A. Larsen, et W. Gujer. 2003. « Estimating the Precipitation Potential in Urine-Collecting Systems ». *Water Research* 37 (11): 2667-77. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00071-X).
- Udert, Kai Markus. 2002. « The Fate of Nitrogen and Phosphorus in Source-Separated Urine ». ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004541820>.
- Udert, K.M., T.A. Larsen, et W. Gujer. 2006. « Fate of Major Compounds in Source-Separated Urine ». *Water Science and Technology* 54 (11-12): 413-20. <https://doi.org/10.2166/wst.2006.921>.
- Uhlmann, C. 2013. « Maintenance Guide NoMix Toilets », 2.
- « Urinetrap.com ». 2019. 28 janvier 2019. <http://www.urinetrap.com/>.
- Wen, Guoqi, Zhengyi Hu, Xiaoning Liu, et Lijuan Huang. 2018. « Improvement of the Quality of Struvite Crystals Recovered from a Mixture of Human Urine and Municipal Sewage via a Novel Two-Step Precipitation Method ». *Environmental Technology & Innovation* 12 (novembre): 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.08.003>.
- Wincker, Martina, et Amel Saadoun. 2011. « Urine and Brownwater Separation at GIZ Main Office Building Eschborn, Germany ». GIZ ecosan program.