



HAL
open science

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

Florent Brun

► **To cite this version:**

Florent Brun. Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine dans des bâtiments. [Rapport de recherche] Arceau-IF. 2024. hal-02009165v3

HAL Id: hal-02009165

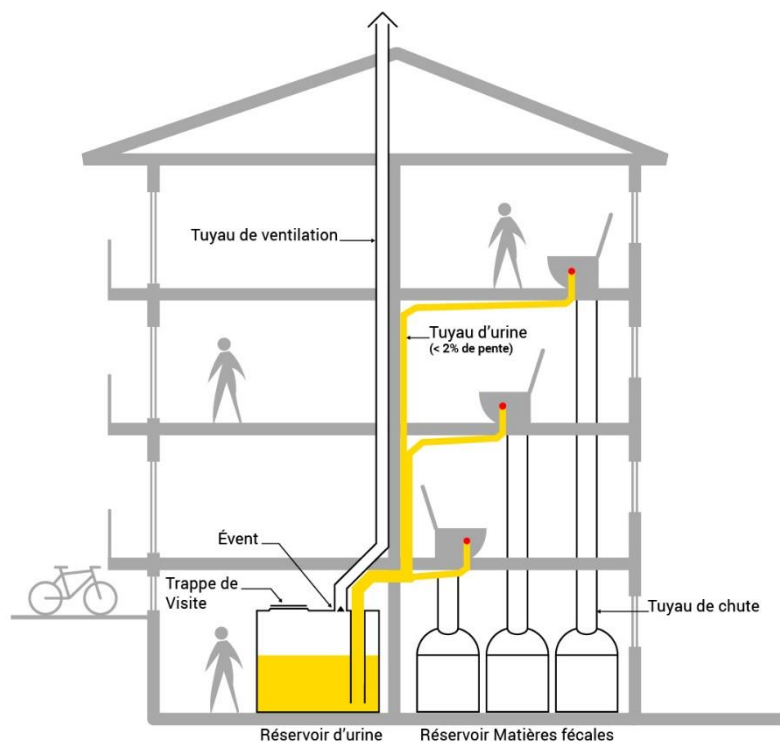
<https://hal.science/hal-02009165v3>

Submitted on 21 Jun 2024

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.

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



Coordination et rédaction

Florent Brun (LEESU/ENPC)

Principales contributions à la rédaction

Christophe Merotto (Pierre et Terre)

Sylvain Réau (Toilettes and Co)

Olivier Saison (SEPIA Conseils)

Mohammed Yemmou (Ingerop)

Coordination du GTT séparation à la source des eaux usées domestiques, ARCEAU-IF

Marine Legrand (LEESU/ENPC), Fabien Esculier (LEESU/ENPC),

Manuel Pruvost-Bouvattier (Institut Paris Region)

Illustration

Elise Auffray

Edition

Arceau-IF

Financement

Arceau-IF, Agence de l'eau Seine Normandie, Métropole de Lyon



Remerciements

Nous remercions l'ensemble des membres du Groupe de travail thématique « Séparation à la source » d'ARCEAU-IF et les personnes ayant contribué à cette note, en particulier celles ayant partagé leurs retours d'expériences en Suisse et en France.

Pour citer ce document

Brun, Florent (coord.) 2024. *Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine dans des bâtiments*. ARCEAU-IF. V1.06/2024.

Table des matières

Résumé.....	4
Table des figures.....	5
Introduction.....	6
I. État de l’art.....	7
1. Interface usager.....	7
2. La précipitation.....	10
3. Le réseau de collecte	12
4. Cuve de stockage.....	15
5. Entretien.....	19
II. Recommandations.....	22
1. Conception des maillons de la filière	22
2. Entretien et maintenance des maillons	26
Conclusion	31
Bibliographie.....	32
Annexes	35
Annexe 1 : Retours d’expérience de projets de terrain	35
Annexe 2 : Infographie des recommandations	43
Annexe 3 : Foire aux questions (FAQ)	45

Résumé

Dans un contexte favorable au développement de la séparation à la source des urines en vue de la production de fertilisants, il convient de s'interroger sur les tenants et les aboutissants de la mise en place des différents maillons situés à l'amont d'une telle filière. Nous proposons ici, sur la base d'une revue de la littérature et de retours d'expériences, de définir les principes et recommandations quant à la conception et à l'exploitation des réseaux de collecte d'urine dans le bâtiment. Une bonne conception des deux maillons « interface usager » et « collecte / stockage » prenant en compte le choix du matériau de séparation à la source et la pente pour assurer un écoulement sans stagnation dans les canalisations, ne suffit pas à supprimer le risque de colmatage du réseau. L'installation doit être corrélée avec des actions d'entretien et de maintenance spécifiques.

Mots clefs : urine, réseau, encrassement, conception, entretien, maintenance.

Table des figures

Figure 1 : Interfaces usager de toilettes à séparation.....	7
Figure 2 : Siphons secs.....	9
Figure3 : Anti-remontées d'odeur à balle.	9
Figure 4 : Partie collecte correspondant au réseau d'urine dans le bâtiment.....	13
Figure 5 : Dépôt dans un PVC Ø 40 mm avec une pente de 4 % en deux ans de fonctionnement.....	14
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) à Tampere - Finlande.....	15
Figure 7 : Exemples de dispositifs de stockage de l'urine. Crédit : Elise Auffray et Florent Brun.....	16
Figure 8 : Précipité collecté dans la cuve de stockage des urines, projet Azuris.	17
Figure 9 : Cuve de collecte à Tampere (Finlande) site de Kiivamo.....	18
Figure 10 : Périodicité d'entretien d'urinoirs secs	19
Figure 11 : Réseau après 12 ans de fonctionnement sans ajout d'intrant autre que de l'urine.....	20
Figure 12 : Seuil des effets de l'ammoniac chez l'humain.	21
Figure 13 : Exemple de réalisation pour un bâtiment parisien	23
Figure 14 : Té de dégorgement en Y avec bouchon, Ø 50 mm	24
Figure 15 : culotte 45° Ø 75 mm	24
Figure 16 : Raccord union° Ø 50 mm.....	24
Figure 17 : Réseau de transfert avec des coudes à 22° et 45° Ø 50 mm en apparent puis Ø 75 mm... ..	25
Figure 18 : Vanne à tourner pour la mise en charge d'une portion de réseau (PVC Ø 50 mm) avec du vinaigre blanc	27
Figure 19 : Exemple de matériel d'entretien.....	30
Figure 20 : Furet métallique soupe et rouleaux de téflon.	30

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. Celle-ci peut être réalisée directement en bidons transportables manuellement ou grâce à des réseaux de collecte. C'est cette seconde option que nous proposons d'explorer ici. Toutefois, plusieurs défis sont à relever pour la mise en place de ces réseaux. Anticiper la bonne gestion de ceux-ci, fait partie de ces défis (Brands 2014), en particulier 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 les choix techniques relatifs à un maillon sont corrélés à ceux des autres maillons, notamment en fonction de la matière considérée (urine seule, eaux ménagères, matières fécales, 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 / stockage » correspondant aux équipements ou installations internes au bâtiment jusqu'à la cuve de stockage. Ne sont donc pas traités ici, ni la collecte en bidons (Cossette 2023; Atlee et al. 2019) qui peut avoir son intérêt, ni les maillons de transport en véhicule et le réseau collectif externes au bâtiment.

Cette note a fait l'objet de recherches variées mais aussi de retours d'expériences par différents acteurs. Les différentes références collectées ici décrivent la récurrence de plusieurs thèmes liés à la gestion de l'urine, de l'excrétion à sa mise en cuve de collecte ou de stockage dans le bâtiment. À ce jour, c'est le guide *Urine diversion one step towards sustainable sanitation* du réseau Ecosanres (Kvarnström et al. 2006) qui semble faire référence et inspire beaucoup d'autres publications. Si la mise en place de systèmes de collecte séparative de l'urine dans le bâti répond à des préoccupations diverses (économies d'eau, collecte des nutriments), les installations associées 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 formant un état de l'art en première partie (§ I), ce document permet ensuite d'apporter des informations sous forme de recommandations aux opérateurs (architecte, maître d'œuvre, artisans, maître d'ouvrage, collectivités, etc.) en charge de mettre en œuvre la séparation à la source dans la seconde partie (§ II). Ces recommandations se déclinent en préconisations techniques pour la conception, la mise en œuvre et l'exploitation des réseaux d'urine dans un bâtiment. Ainsi, cette seconde partie constitue le cœur de la note à consulter pour les porteurs de projet. La dimension opérationnelle de cette note se retrouve également dans les annexes. En effet, on retrouvera des outils de synthèse consultables de manière indépendante qu'il s'agisse des préconisations avec une infographie en [Annexe 2](#) ou de deux outils à destination des maîtres d'œuvre comme un « Ce qu'il ne faut pas faire » en [Annexe 3](#) ou une foire aux questions en [Annexe 4](#).

I. État de l'art

Suite à la mise en œuvre d'installations de séparation à la source des urines, principalement dans les pays scandinaves, l'encrassement des réseaux de collecte est devenu une préoccupation scientifique dès les années 1990 (Lindgren 1999). Allant plus loin, 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 d'entretiens, des publications scientifiques officielles, des guides de conception / maintenance de systèmes à séparation.

Nous proposons d'examiner dans un premier temps les travaux issus de la recherche universitaire, puis d'étendre notre analyse à tous types de retours d'expériences et de recommandations sur le sujet dans un second temps. Dans ce chapitre de l'état de l'art, les recommandations présentées n'émanent pas des auteurs de cette note mais des sources collectées.

Nous avons fait le choix dans cette note d'employer le terme générique d'« encrassement » pour désigner le précipité, dépôt ou tartre qui se dépose sur les objets de la filière (siphons, tuyaux, cuves, raccords, etc.) suite à l'écoulement d'urine.

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 comme sur la Figure 1 (Crédits : Elise Auffray et Florent Brun, 2024).

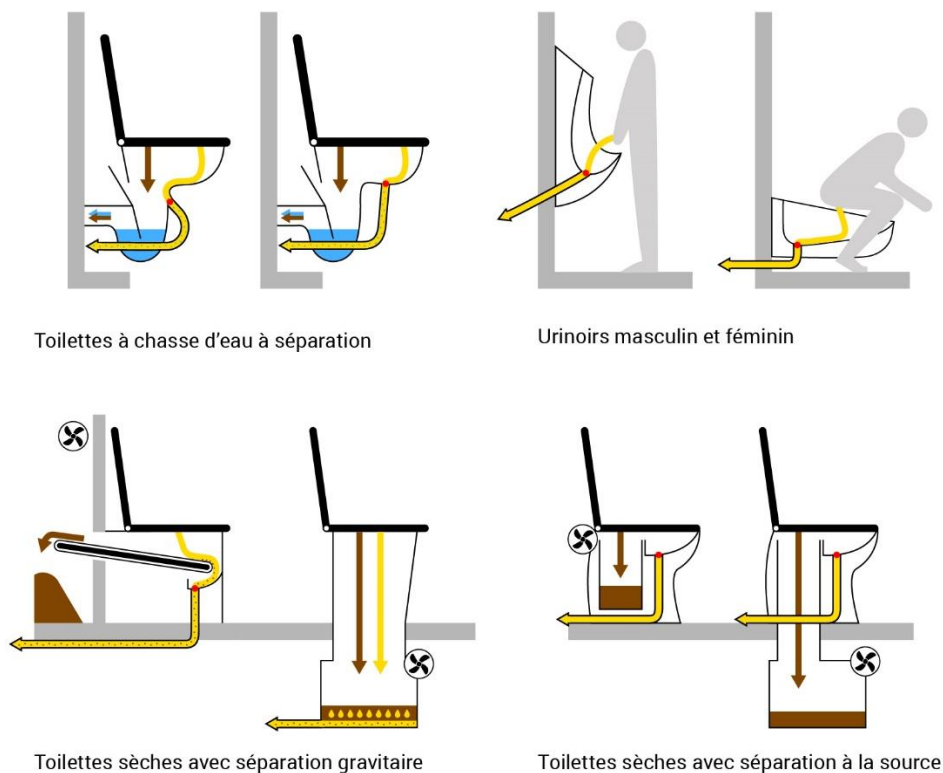


Figure 1 : Interfaces usager de toilettes à séparation

Il est possible de se référer à d'autres rapports pour connaître plus en détail les différents types d'interface usager permettant la séparation à la source de l'urine (Tilley et al. 2014; Esculier 2018; « Urinetrap.com » 2019) . Il convient ici de souligner deux tendances actuelles l'une au développement d'urinoirs unisexes et féminins mais qui n'a pas d'impacts sur la conception des dispositifs de collecte (réseau et stockage) et l'autre concernant la fabrication de cuvette WC séparatives avec les fèces d'un côté et les urines de l'autre (un équipement deux en un)

D'un autre côté, sans changement d'interface usager, des dispositifs de traitement décentralisés accolés à l'interface usager voient le jour (Simha 2018a), ce qui réduit à quelques centimètres le réseau de collecte et annule la présence de cuve de stockage.

L'utilisation par certaines catégories de population (femmes, hommes, enfants, personnes âgées, etc.) du dispositif n'a pas été spécialement étudiée. Il en est de même sur les habitudes des usagers quant à leur alimentation ou leur santé. Ainsi, nous ne sommes pas en mesure d'apporter des recommandations spécifiques de conception des installations au regard des usagers des dispositifs ou de leur contexte de déploiement, en particulier en ce qui concerne les risques d'encrassement.

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, encrassement excessif, etc.). Des siphons dits « secs » ont ainsi été développés pour la collecte d'urine. Il existe plusieurs types de siphons secs présentés sur la Figure 2 (Crédits : Elise Auffray et Florent Brun, 2024) avec des retours d'expériences différents :

- 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 trois types de membrane, en clarinette (avec une partie fixe ou anche simple), hautbois (avec deux parties mobiles ou anche double) et à tambourin (avec une partie convexe épousant le diamètre du tuyau) - 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.
- Siphon à étanchéité liquide : L'étanchéité est assurée par un liquide huileux plus léger que l'urine qui a une densité proche de celle de l'eau. L'urine traverse ce liquide qui assure une étanchéité à l'air. Ce siphon est généralement présent dans 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 huileux. C'est un produit plutôt cher, mais efficace. Ce siphon n'est pas adaptable à une cuvette d'urinoir classique. Les coûts de maintenance de ce type de siphon sont élevés à cause du remplacement de la cartouche.

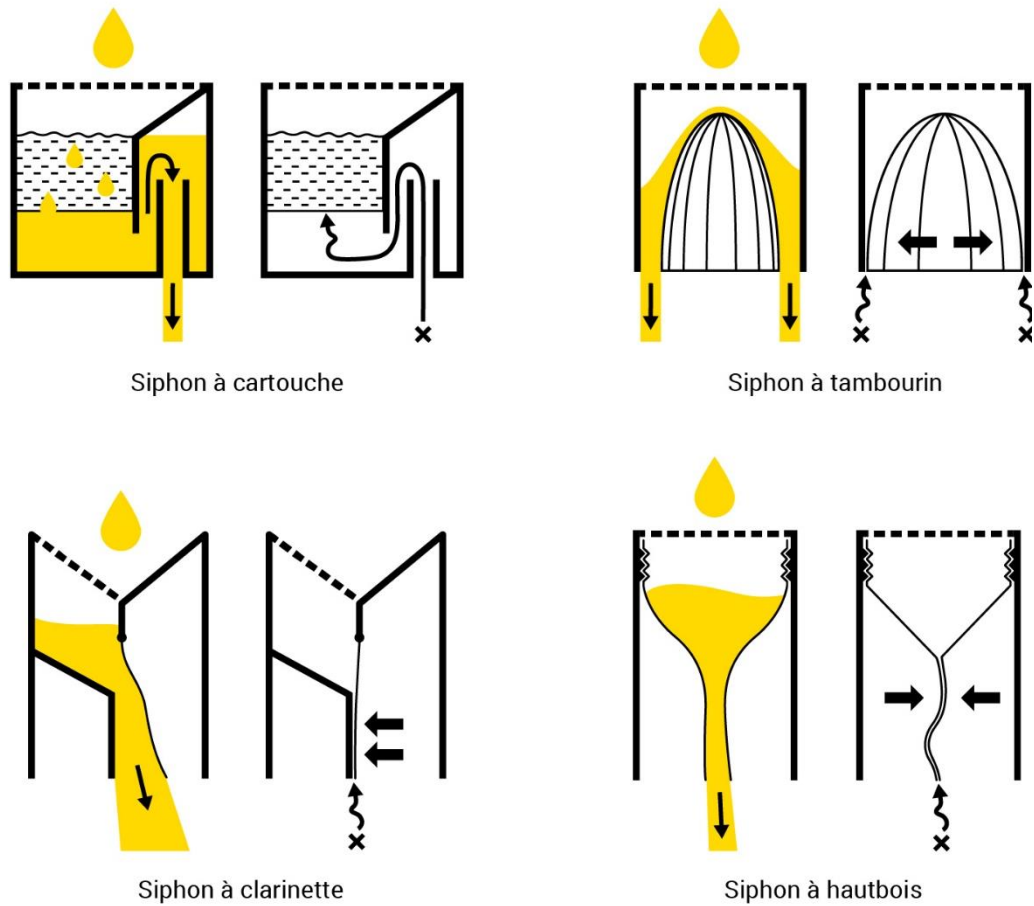


Figure 2 : Siphons secs

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 comme sur la Figure 3 (crédits Rich Earth Institut, 2023).

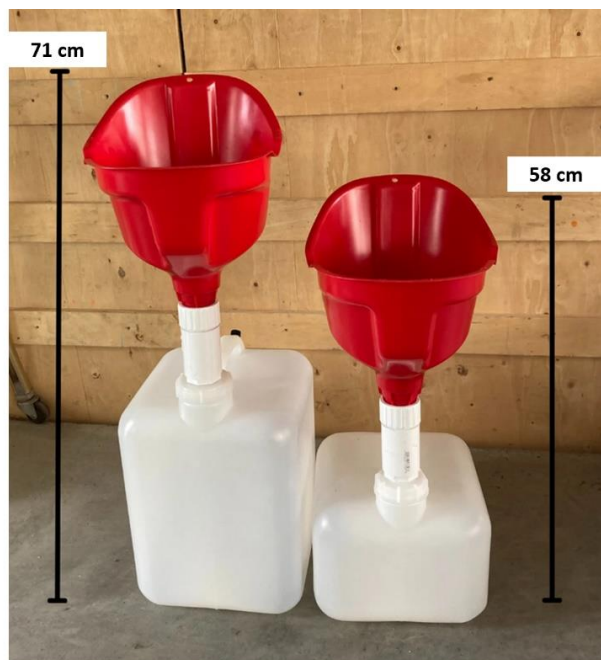


Figure 3 : Anti-remontées d'odeur à balle.

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 à favoriser un précipité (L'ôôberge, VUNA, et Ecosec 2018). Toutefois, plus la dilution de l'urine est forte, plus le risque d'obstruction est faible (Gujer 2007) et la formation du dépôt sera lente.

Quel que soit le modèle de toilette ou d'urinoir, après une action d'entretien, une chasse peut être réalisée après le nettoyage, de 1 à 2 L d'eau (hors siphon à membrane) pour évacuer le reliquat de dépôt. Pour ne pas diluer l'urine récoltée, il est préférable de ne pas collecter cette eau de chasse dans la cuve pour cela un by-pass de la cuve de collecte peut être installé en amont de celle-ci. Un seau doit permettre de récupérer cette eau de chasse qui peut s'avérer riche en nutriments (du fait de l'évacuation du dépôt).

Par ailleurs, la recirculation d'eau de pluie ou d'eaux ménagères peut être contreproductive si ces eaux sont turbides ou riches en calcium ou magnésium (voir ci-après). 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 (voir partie entretien ci-après).

2. La précipitation

L'encrassement 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 qui s'apparente à du tartre que ce soit avec de l'urine pure ou diluée par la présence d'une chasse.

a. Mécanismes de la précipitation

Nous allons voir que l'obturation progressive de la tuyauterie facilite la perte d'azote contenu dans l'urine alors que la conservation de l'azote est justement l'objectif principal 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 de collecte d'urine, car les minéraux contenus dans l'urine (principalement le calcium, le magnésium et le phosphore) sont majoritaires dans ces dépôts (K. M. Udert, Larsen, et Gujer 2003). Un tiers du phosphore et la totalité du magnésium et du calcium précipiteraient ainsi spontanément 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 (Saetta and Boyer 2017). Cette enzyme se développe rapidement dans les conduites de collecte d'urine ; 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 l'activité bactérienne favorise l'hydrolyse par l'uréase. Plusieurs précipités peuvent alors se former :

- 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. C'est principalement une boue épaisse qui est produite.

- 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 et magnésite (CaCO_3 ; MgCO_3) : Ce 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. C'est principalement un encrassement dur et solide qui est produit.
- Phosphate d'octacalcium (OCP : $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6\text{H}_2\text{O}$) : Ces minéraux précipitent principalement dans le tuyau avant de se transformer en hydroxyapatite (HAP) dans la cuve de stockage.

Avec de faibles dilutions, c'est majoritairement de la struvite qui est obtenue 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 favorisant la précipitation. Les dilutions avec de l'eau de pluie ou des eaux déminéralisées dites douces (K. M. Udert, Larsen, et Gujer 2003; Hashemi, Han, et Kim 2015) diminueraient la vitesse d'encrassement.

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

b. Techniques testées pour limiter la précipitation

Globalement, les travaux de recherche sur l'encrassement 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 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'encrassement 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 (tests réalisés dans des siphons à cartouche) permettant de 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 termes d'efficacité. De plus, on obtient alors du phosphate, disponible pour les plantes. Par contre, la mise en œuvre d'une telle technique interroge 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 (Nimoh 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 – vinaigre –, citrique, lactique, etc.) est utilisé par ajout (comme une chasse) dans les conduites afin de réduire le pH et dissoudre la struvite.**

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

Enfin, il convient de souligner des retours d'expériences montrant l'absence d'encrassement dans des réseaux d'urines sans dilution. Certains de ces retours d'expériences (Merotto 2022 et Réau 2022) permettent d'identifier des facteurs menant à l'absence d'encrassement même s'ils méritent d'être précisés. Dans le premier cas, il semblerait qu'un entretien qui préconise de n'introduire aucun autre liquide que de l'urine dans le réseau joue un rôle majeur. C'est-à-dire ni eau, ni produit de nettoyage, ni acide, ni base. Cette attitude d'entretien de l'interface usager en le nettoyant à sec ou avec une éponge légèrement humidifiée permettrait d'éviter l'encrassement du tuyau de collecte. Dans le second cas, c'est la conception du réseau qui amène à avoir un réseau en charge d'urine et donc une absence de circulation d'air.

Une étude plus approfondie comprenant un protocole de comparaison mérite d'être menée pour identifier précisément les effets des différents types de pratiques recensées. On identifie déjà 3 familles de facteurs qui devraient être étudiées et caractérisées pour apporter des éléments tangibles :

- Les usagers concernés et les urines entrant dans le réseau
- La conception du réseau
- Les interventions de nettoyage et d'entretien de l'interface usager

c. Valoriser le précipité

Au-delà des contraintes dans les réseaux de collecte, la présence non négligeable de nutriments dans les précipités issus de l'urine interroge quant à leur valeur agronomique. 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 la présence de produits pharmaceutiques et de métaux lourds dans les urines. Il est démontré que dans la struvite issue d'urine stockée, les métaux lourds ne sont pas détectables (Ronteltap, Maurer, et Gujer 2007) tandis qu'ils peuvent l'être si les urines sont mélangées aux restes des eaux usées (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). L'utilisation en agriculture de ce précipité doit faire appel à une filière structurée de collecte d'urine, de transformation en struvite et de commercialisation de l'engrais. Bien qu'il existe des brevets déposés pour générer de la struvite avec des eaux usées ou des eaux industrielles concentrées, il n'existe pas encore de brevet dédié en France sur l'urine, certainement faute d'un gisement collecté d'urine qui soit suffisant. Au-delà des freins relatifs à la mise en place d'une nouvelle filière, la faible concentration obtenue de struvite avec un NPK (Azote-Phosphore-Potassium) de 6 %, 12 % et 0 % reste peu concurrentielle vis à vis des engrais industriels qui titrent à plus de 30 % en phosphore (Brun 2018).

3. Le réseau de collecte

a. Objets concernés

Concernant le réseau de collecte et le stockage, les conceptions sont encore variées : voir à titre d'exemple respectivement les Figures 4 (Crédits : Elise Auffray et Florent Brun, 2024) et 5 (Crédit : Tristan Martin, 2018).

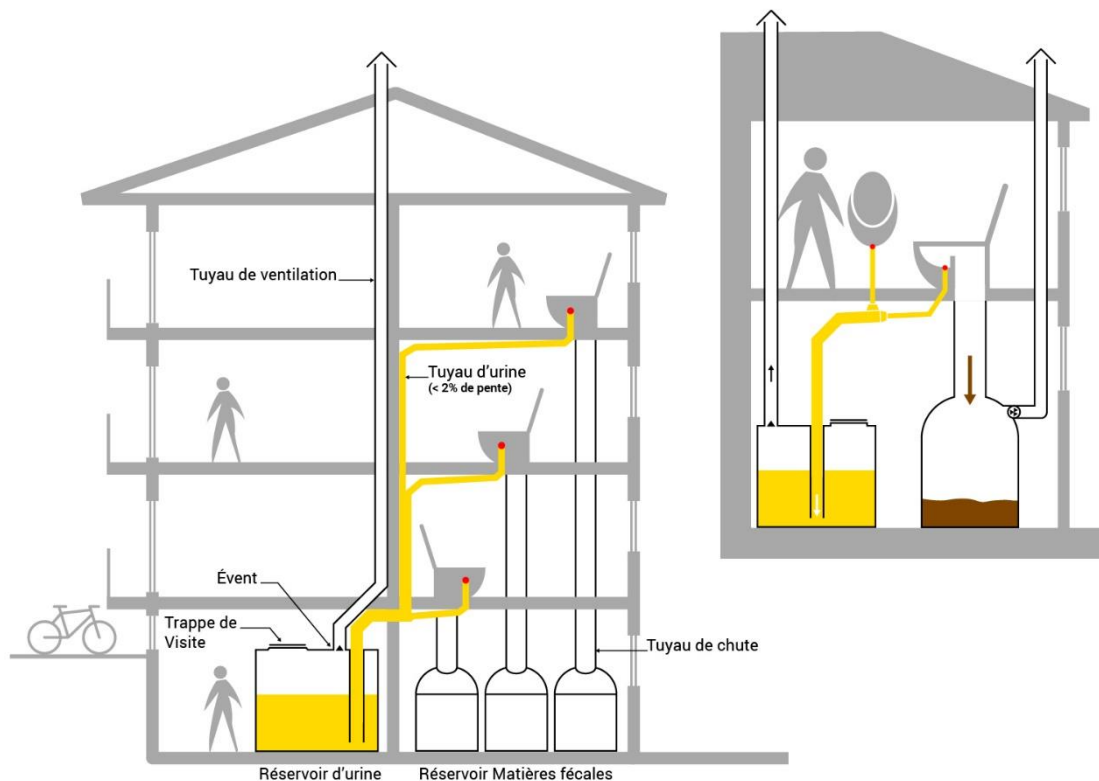


Figure 4 : Partie collecte correspondant au réseau d'urine dans le bâtiment

A notre connaissance, les conduits de plomberie employés pour l'évacuation des eaux usées sont aujourd'hui encore majoritairement en polychlorure de vinyle (PVC) rigide ou en fonte. Toutefois, des exemples de tuyauterie existent en polytéraphthalate d'éthylène (PET), Polyéthylène haute ou basse densité (PEHD, PEBD). Nous n'avons pas connaissance de retour d'expérience sur le choix spécifique de la famille de plastique à préconiser pour défavoriser les dépôts et sur l'impact des urines sur les plastiques (corrosion, agressivité, etc.). On remarque que le PVC est généralement utilisé en assainissement pour les eaux usées et qu'il conviendra de veiller à éviter d'utiliser des tuyaux dont l'intérieur n'est pas lisse afin de ne pas favoriser les dépôts. A cet effet, les PE sont généralement plus lisses et plus résistants que le PVC. D'autres matériaux peuvent être utilisés en assainissement comme le grès, ils n'ont pas fait l'objet d'une recherche dédiée pour ce rapport. Le critère du coût semble être dominant dans le choix d'un matériau.

b. Conception

La littérature basée sur des retours d'expériences (cf. en particulier Münch et Wincker (2011)) semble unanime pour souligner les éléments ci-dessous :

- Ne pas utiliser de coude à 90° pour le changement de direction des écoulements.
- Avoir une pente de tuyauterie supérieure à 2 %, ne pas avoir de pente inversée, ni de poche de sédimentation, ni de risque d'affaissement générant des flashes¹.

¹ Un flash est un affaissement dans une canalisation qui entraîne une accumulation de matière (graisse, papier, etc.).

- Employer des matériaux non corrosifs (PVC ou PE voir même de la fonte de type SMU²).
- Éviter de grandes longueurs pour diminuer le risque de colmatage, faciliter le rinçage et réduire le temps de séjour de l'urine dans les tuyaux.
- Égaliser les pressions, mais ne pas ventiler pour ne pas perdre l'azote. Pour cela, fermer les conduites aux prises d'air. En l'absence de chasse d'eau, il est possible de connecter les conduites de collecte d'urine à la cuve de collecte ou de stockage sans la ventilation primaire³ habituelle aux réseaux d'eaux usées. La pression au niveau de la cuve de stockage peut alors s'égaliser par le trop-plein de la cuve (vers une canalisation d'évacuation des eaux usées, vers une seconde cuve...). Cette préconisation doit faire l'objet d'un avis technique ou utiliser des aérateurs à membrane pour assurer la ventilation, comme imposée par les DTU 60.1 et 60.11
- Implanter le réseau de collecte d'urine dans les mêmes passages que les autres réseaux d'eaux usées, quand c'est possible, sinon créer des gaines techniques spécifiques pour la collecte des urines. Utiliser une codification spécifique dédiée comme eaux jaunes.
- Éviter les connexions dans le sol ou dans une dalle pour faciliter les actions de maintenance.
- Éviter les collecteurs sous dallage pour s'affranchir du risque de stagnation de l'urine, à cause de la faible pente. Il est très difficile de prévoir des pentes allant jusqu'à 2 % sur des réseaux sous dallage à l'intérieur d'un bâtiment



Figure 5 : Dépôt dans un PVC Ø 40 mm avec une pente de 4 % en deux ans de fonctionnement

Concernant les diamètres de la tuyauterie⁴, l'unanimité est moins évidente. Il est possible de retenir que le diamètre minimum posés est de Ø 25 mm. Aujourd'hui, la tendance est plutôt à la pose de Ø 32 mm minimum en sortie de l'interface usager. Il est corrélé à une pente linéaire importante, jusqu'à une pause verticale du tuyau. La Figure 5 (crédit : Tristan Martin, 2018) présente l'encrassement dû à un précipité visqueux sur une conduite d'urine pour un urinoir sec nettoyé comme un urinoir à eau.

² Les fontes « super métallit à bouts unis » ou SMU ont les extrémités des tuyaux qui sont lisses sans emboîtements. Leur démontage est aisé et résiste aux eaux agressives.

³ La ventilation primaire est l'amenée d'air dans les tuyaux d'évacuation des eaux depuis la terrasse pour éviter le siphonage des interfaces usagers notamment lorsqu'on tire la chasse d'eau des toilettes.

⁴ Les diamètres convoqués dans la note sont des diamètres externes. Le matériau est par défaut du PVC avec en absences de pression et de passage sous voies de circulation, une classe de résistivité CR 4.

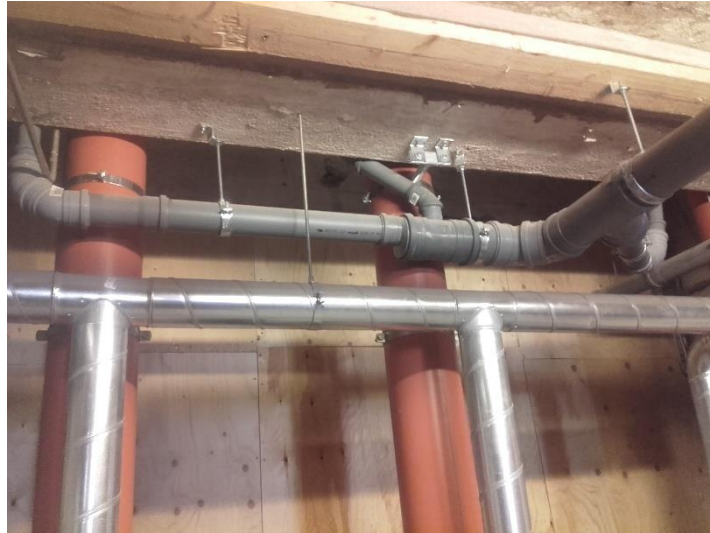


Figure 6 : Réseau de collecte d'urine (PVC), de chute des matières fécales (rouge) et de ventilation des cuves de collecte des matières fécale (argenté) à Tampere - Finlande

La présence de courbes, de plusieurs toilettes connectées comme sur la Figure 6 (Crédit : Florent Brun, 2018) et d'une faible pente (<2 %) engendrent de facto de choisir des diamètres plus importants dans le bâtiment (jusqu'à \varnothing 110 mm). Ainsi, le diamètre minimum généralement préconisé dans le bâtiment était de \varnothing 40 mm en réseau primaire et de \varnothing 50 mm en réseau secondaire. Certains bureaux d'études préconisent déjà de diamètres élevés supérieurs ou égaux à \varnothing 60 à 75 mm pour tous les réseaux d'urine du bâtiment avec des pentes minimums qui ne doivent pas être inférieures à 2 % et si possible de 3 %. D'autres porteurs de projet sont encore plus sécuritaire en implantant des réseaux de \varnothing 100 mm dans le bâtiment (L'Ôôôberge 2022),

À l'extérieur du bâtiment, la tuyauterie de collecte secondaire, c'est-à-dire collectant plusieurs réseaux primaires, est nécessairement d'au moins \varnothing 110 mm. Pour les collecteurs enterrés, où la pente est souvent très faible ; celle-ci est vérifiée pour être supérieure à 2 %. Cependant, il est difficilement acceptable d'assurer des pentes supérieures à 1,5 % pour les réseaux sous dallage (Yemjou 2023).

Notons ici l'existence de certains réseaux d'urine qui sont en charge, donc toujours plein d'urine. L'absence de contact avec l'air limiterait la création d'un dépôt dans le réseau. Il y a peu de retour d'expérience sur cette pratique à ce jour.

4. Cuve de stockage

a. Objets concernés

Il existe beaucoup de dispositifs de stockage différents pour l'urine. La Figure 7 montre quelques exemples de cuves de quelques litres et plusieurs milliers des mètres cubes. Elles peuvent être rectangulaires, cylindriques ou souples qui sont le plus souvent en PVC renforcé ou PEHD. Ces cuves en fonction de leur emprise au sol peuvent être posées au sous-sol, enterrées à côté du bâtiment et parfois même selon les contraintes être implantées sous voirie.



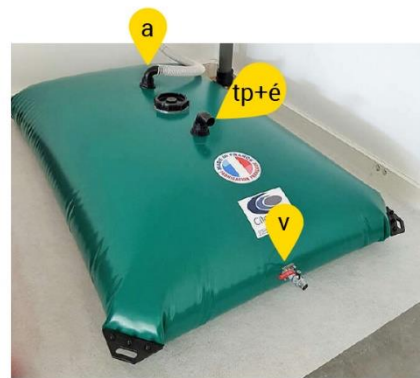
Bidons de 20 à 200 L



Cuve IBC de 1 m³ - 1000 L



Cuve enterrée de 2 à 10 m³



Citerne souple de 50 à 400 m³

(c) : couvercle	(tp) : trop-plein
(a) : arrivée de l'urine	(v) : vidange
(é) : évent	(t) : trappe de visite

Figure 7 : Exemples de dispositifs de stockage de l'urine. Crédit : Elise Auffray et Florent Brun

b. Conception

Le pH de l'urine dans la cuve de stockage 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 présent sur la Figure 8 (crédit : Tristan Martin, 2018) obstrue conduites et siphons, il ne pose aucun problème dans les cuves de stockage, car il ne peut s'y dessécher et n'a donc que peu de possibilité de se fixer (Gujer 2007). On ne peut s'empêcher ici de mettre en regard ces informations avec la construction de réseaux d'urine en charge qui limiterait l'encrassement. On peut toutefois observer à l'usage le dépôt sur les parois d'une légère croûte.



Figure 8 : Précipité collecté dans la cuve de stockage des urines, projet Azuris.

Quelques précisions sont apportées sur l'installation de la cuve de stockage. Elle peut être en plastique résistant, souple ou en maçonnerie. Cette cuve est étanche au fond et en surface. Elle est suffisamment robuste pour accueillir le volume d'urine voulu. Pour les cuves en maçonnerie, une double paroi peut être requise pour éviter les infiltrations non voulues vers la nappe (norme NF EN12056-4).

Les constructeurs de cuves plastiques émettent des recommandations quant aux liquides que leurs cuves doivent contenir. Quel que soit le type de plastique de la cuve, l'urine ne semble pas faire partie des liquides qui pourraient détériorer la paroi. Plusieurs constructeurs publient des tableaux de résistance à certains fluides ou réactifs de leurs cuves fabriquées en plastique ou tissu PVC. L'urine, quand elle fait partie des fluides testés, est jugée comme n'impactant pas la résistance des cuves. Certains constructeurs mentionnent des préconisations pour des engrais liquides généralement beaucoup plus concentrés que les urines en urée ou phosphore. A notre connaissance et en lien avec le laboratoire Ecosys d'INRAE, il n'existe pas d'étude sur l'impact des fertilisants (au sens large donc y compris fumiers et lisiers) sur les plastiques composant les cuves souples de stockage.

Par ailleurs, notons que PVC, PET et PEHD sont couramment utilisés en assainissement collectif par les collectivités. Ainsi, nous n'émettons pas ici de préconisation sur un poids au m² de tissage plastique de la cuve. Seule la densité volumique contenue par la cuve est à prendre en compte dans la conception du dispositif ainsi que les contraintes d'implantation.

A propos de l'implantation, il est recommandé de ne pas exposer la cuve aux écarts de température (notamment au gel), aux rayons du soleil et de l'implanter sur un sol terrassé et stable. Les mouvements de terrain ou les écarts de température pourraient favoriser des fuites au niveau des connexions et fragiliser les cuves. 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 pour la maintenance (Kvarnström et al. 2006) comme sur la Figure 9 (Crédit : Florent Brun, 2018).



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

Les pièces métalliques sont à éviter autant que possible à cause du fort pouvoir corrosif de l'urine. Le niveau d'urine dans la cuve doit être facilement mesurable. La cuve doit être protégée et sécurisée notamment de l'accès d'enfants.

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 souples, qui se gonflent au fur et à mesure, sont généralement directement équipées d'un clapet. L'arrivée du tuyau de collecte de l'urine dans le fond d'une cuve rigide permet à l'urine de jouer le rôle d'étanchéité à l'air (comme pour un siphon à étanchéité liquide). Une soupape située au sommet de la cuve peut permettre d'évacuer l'air vicié présent dans celle-ci à l'arrivée d'urine fraîche. Cette soupape doit être branchée sur un système de ventilation en direction de l'extérieur du bâtiment. Cette pratique est en accord avec la réglementation sanitaire qui impose des ventilations statiques des cuves de stockage comme pour les eaux de pluie ou les fosses de relevage. Ces ventilations primaires statiques débouchent en faitage des bâtiments.

c. Pompage

Certaines installations sont équipées de pompes pour les urines. Celles-ci comportent des pièces métalliques avec un risque de corrosion et d'encrassement. L'ensemble des fabricants de pompes de relevage, disposent d'une gamme assez large pour les eaux chargées, adaptées à de l'urine et pouvant être utilisées dans notre contexte.

Sur les installations temporaires (évènementielles), les montages et démontages des installations entraînent un nettoyage par rinçage à l'eau des équipements. Les retours d'expériences montrent de faibles encrassements des pompes.

A ce jour, peu de retour d'expérience sur des installations fixes et de longue durée de pompage sont recensées. Pour éviter l'encrassement, le démontage et nettoyage de la pompe à intervalles réguliers est recommandé. Toutefois, il est préférable dans la conception d'éviter autant que possible la pose d'installations de pompage fixes.

Les dépôts en fond de cuve qui peuvent être plus visqueux pourraient nécessiter un modèle de pompe ayant une acceptation plus large de viscosité du fluide pompé. Les pompes vide-caves peuvent être utilisées dans ce cas.

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'information sont les bienvenus pour éviter les indésirables comme le papier ou autres matières solides.

Nous soulignons ici qu'il convient de différencier les actions d'entretien pour les différentes composantes du système en termes de périodicité et d'action à mener. Certaines actions de nettoyage d'un élément du système peuvent être néfastes pour d'autres éléments comme nous allons le décrire ci-après.

a. Interface usager

Il semble nécessaire de nettoyer la toilette ou l'urinoir périodiquement avec un tissu (chiffon, éponge) non abrasif et imbibé d'un acide (voir Annexe 1). Plusieurs types d'acides sont utilisés dans les retours d'expérience avec une préférence pour le vinaigre blanc et des acides faibles pour éviter tout risques de brûlure.

La périodicité de nettoyage recommandée est journalière comme pour les toilettes à eau.

Il n'est pas recommandé de réaliser, ni lors de l'utilisation, ni lors de l'intervention de nettoyage, une chasse (versement d'un grand volume d'eau pour évacuer les matières en suspension). Le risque est de chasser également le liquide d'étanchéité pour le siphon à cartouche et cela ne semble apporter aucun nettoyage supplémentaire pour les siphons à membrane. Il est possible de faire la chasse ou d'ajouter un éventuel produit contre l'encrassement de préférence lorsque le siphon est déposé. Certains siphons peuvent être sensibles au produit d'entretien employé (acide notamment).

b. Siphons

Pour des siphons à cartouche, le nettoyage du dépôt et des indésirables de la cartouche est fait quotidiennement (Bristow, McClure, et Fisher 2006). La cartouche d'un siphon doit être remplie avec le liquide d'étanchéité dédié tous les 1500 à 7000 passages en fonction des fabricants.

Il est important de prévoir un siphon qui se démonte facilement. Les membranes sont plus ou moins fragiles et notamment sensibles aux produits d'entretien (y compris le vinaigre blanc). En particulier, les siphons à tambourin ont une membrane fine dont la forme peut être altéré par un produit d'entretien agressif. Le remplacement de la membrane se fait si elle est déchirée ou si l'étanchéité à l'air n'est plus respectée. Un nettoyage à l'eau de la membrane est généralement conseillé.

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 10 (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 10 : Périodicité d'entretien d'urinoirs secs

c. Réseau de transport

Différents retours d'expériences recommandent d'assurer une chasse d'un litre d'eau douce (non minéralisée) chauffée dans la tuyauterie une fois par semaine s'il y a présence d'odeurs. Si le siphon fonctionne correctement, l'ajout de 2 dl d'acide acétique (Kvarnström et al. 2006 ; Morier-Genoud 2017) dans le réseau est recommandé. Ces actions d'entretiens ont une incidence dans la conception car il faut prévoir un poste à proximité équipé d'une bouilloire et d'un dispositif de stockage (bidons) et de collecte d'eau douce (eau de pluie). Ces équipements peuvent être difficile à mettre en place en fonction des usages du bâtiments (bureaux par exemple).

Il y a 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'entretien employés. Ces matières sont riches en nutriments et peuvent donc à cet effet rejoindre la cuve de collecte.



Figure 11 : Réseau après 12 ans de fonctionnement sans ajout d'intrant autre que de l'urine.

La périodicité des entretiens est difficile à définir, car elle dépend des conditions de fréquentation et d'utilisation de l'infrastructure. Les erreurs de conception obligent 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 l'Annexe 1 ci-après. Sont ici mentionnés, à la fois des publications (documents, articles, rapports, guides, étude de cas) et des comptes rendus d'entretiens.

D'autres retours d'expériences montrent l'absence d'encrassement des conduites si aucun additif n'est rajouté dans le réseau (acides, bases, eaux, etc.) pour son entretien comme dans la Figure 11 (Crédit : Pierre et Terre, 2022).

d. Cuve de collecte

Dans une cuve hermétique contenant de l'urine non stabilisée, il s'établit un équilibre entre la concentration en azote dans l'urine et la concentration en ammoniac dans le ciel gazeux de la cuve.

Pour de l'urine non diluée, cette concentration peut aller jusqu'à des valeurs supérieures à 1 000 ppm d'ammoniac. L'ammoniac est un gaz toxique pour l'humain. Ainsi, sa présence dans le ciel gazeux d'une cuve, et les risques subséquents encourus par les personnes exposées, ont été documentés au moins depuis l'ouvrage de Bernardino Ramazzini de 1743 (*De morbis artificum*). Il s'intéressait alors aux maladies professionnelles des vidangeurs de fosses d'aisance (Adler, 2020).

L'INERIS a produit en 2003 un document précisant les seuils de dangerosité de l'ammoniac gazeux⁵ tel que présenté dans la Figure 12. Il est a priori exclu que les concentrations en ammoniac du ciel gazeux d'une cuve d'urine stockée puissent présenter un risque de mortalité (exposition à un seuil de 8.200 ppm pendant 10 minutes).

En revanche, dans la situation où un ciel gazeux de cuve de stockage d'urine serait directement respiré sans dilution, il est possible de dépasser les seuils d'effets irréversibles (seuil de 1.500 ppm pendant 1 minute). Il convient donc de réduire les risques d'exposition à un tel danger du personnel en charge de la maintenance ou de la vidange de la cuve.

		Concentration	
		mg/m ³	ppm
Seuils létaux			
Temps d'exposition (minute)	1	17710	25300
	10	5740	8200
	60	2380	3400
Seuils effets irréversibles			
Temps d'exposition (minute)	1	1050	1500
	10	606	866
	60	248	354
Seuils d'effets réversibles⁶			
Temps d'exposition (minute)	1	196	280
	10	105	150
	60	56	80
Seuil olfactif de perception		5-50	ppm

Figure 12 : Seuil des effets de l'ammoniac chez l'humain.

Cette situation doit être prise en compte dans le dimensionnement de la cuve. Des astuces de conception de la cuve doivent permettre d'éviter une exposition à ce risque comme empêcher le personnel de pénétrer (au moins la tête) dans la cuve pour assurer une maintenance en présence de ce ciel gazeux. Le renouvellement de l'air du ciel gazeux par une ventilation au moment de l'intervention peut aussi être un moyen de diminuer le taux d'ammoniac. Ainsi, il est nécessaire d'avoir des procédures de maintenance pour que le personnel qui intervient dans la cuve ne soit pas exposé à ce danger (précision sur la méthode de ventilation ou d'extraction du ciel gazeux, port d'équipements de protection individuel (EPI) comme masque et un détecteur de gaz adaptés, intervention à deux personnes minimums, etc.). Enfin, l'utilisation d'une cuve souple permet de limiter la présence de ce ciel gazeux.

⁵ <https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2658>

⁶ Effets réversibles : irritation de la gorge, inconfort, signes fonctionnels respiratoires, nuisance olfactive, larmolement, irritation oculaire, irritation nasale, etc.

II. Recommandations

Sur la base de la revue de la bibliographie et des différents retours d'expériences (voir Annexe 1), nous tentons de proposer ici des recommandations. L'objectif principal est la réduction de l'encrassement pour éviter les risques de colmatage. Au regard de la diversité des retours d'expérience en termes de conception, d'utilisation et d'exploitation, il apparaît très difficile d'identifier clairement les pratiques permettant de garantir l'absence d'encrassement.

Des études comparatives approfondies en maîtrise des différents paramètres de conception-utilisation-exploitation doivent être menées pour pousser plus en avant les recommandations.

Ainsi, les préconisations émises ci-après visant à réduire l'encrassement n'engagent pas les auteurs sur une garantie d'absence totale d'encrassement. En fin de note, nous proposons un résumé des recommandations sur une infographie synthétique en Annexe 2 et un résumé de ce qu'il ne faut pas faire en Annexe 3.

1. Conception des maillons de la filière

a. Interface usager et siphon

- 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.
- Employer des matériaux non sujets à la corrosion (pas de métaux sauf de l'inox).
- Poser des urinoirs secs permet d'optimiser la collecte de l'urine et d'éviter l'encrassement des réseaux.
- Mettre un siphon, quelle que soit sa technologie (mais de préférence à membrane pour limiter les consommables), pour chaque interface usager (urinoir sec ou urinoir avec une eau de dilution).
- Employer une eau non minéralisée (eau de pluie) si présence d'une chasse pour l'urinoir.
- Poser un urinoir avec une chasse d'eau non minéralisée (eau de pluie) ou une toilette séparative diminue les risques de colmatage du réseau mais pénalise fortement la filière traitement - transport - valorisation de l'urine.

b. Réseau de transport

Principe de base : Si le tuyau n'est pas en charge, l'urine doit séjourner le moins de temps possible dans la tuyauterie. Pour cela, il est nécessaire d'avoir des pentes suffisantes avec des diamètres adaptés et un accès facilité aux tuyaux pour les interventions de désencrassement (visualiser, chasser, purger, curer, démonter, remplacer). Un exemple d'installation est présenté en Figure 13 (Crédit : Ingérop, 2023).

Cette installation a été conçue suivant le principe ci-après :

- Nombre de WC à double compartiment : > 40
- Nombre d'urinoir sec : > 20,
- Pentes des collecteurs : \geq à 3 cm/m,
- Réseau séparatif 75 mm (PVC) diamètre niveau Interface Usager,
- Collecteurs et Chutes en DN 110 (PVC),
- Local Technique 50 m²,
- Cuve de 10 m³,
- Tampons de visite en pied de chute et changement de direction des collecteurs.

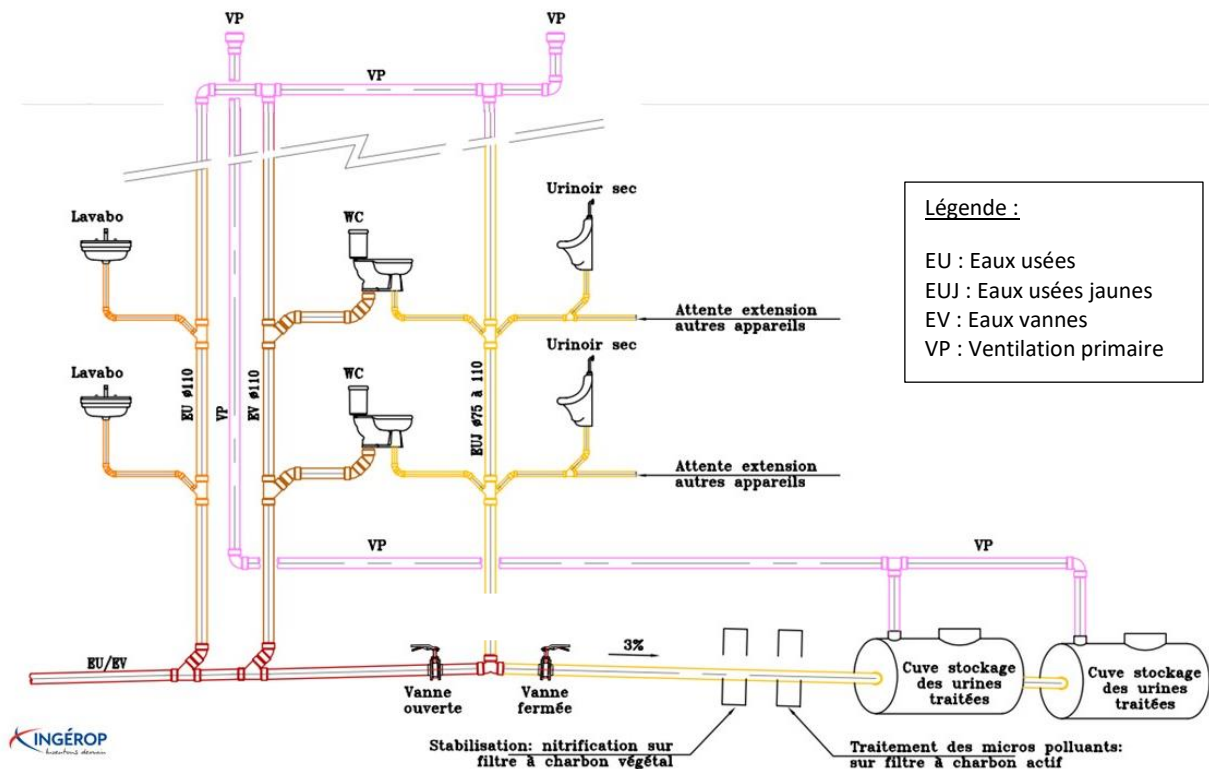


Figure 13 : Exemple de réalisation pour un bâtiment parisien

i. Généralités

- Employer des matériaux qui ne s'oxydent pas (éviter les métaux). À cet effet, le PVC qui est généralement utilisé en assainissement peut être aussi utilisé mais il est fragile (interdit en Suisse à cause des émanations de produits chlorés). Favoriser l'emploi du PE qui est plus souple, plus lisse, plus résistant et donc plus durable.
- Éviter les passages de conduites dans des zones inaccessibles où le démontage n'est pas possible (dalles, sols, etc.).
- Si le réseau est un dispositif en charge (toujours plein d'urine), il faut prévoir une purge et des vidanges.
- Vérifier vos préconisations en lien avec les règles professionnelles en ce qui concerne la conception et l'exploitation des réseaux à l'intérieur du bâtiment, en particulier les normes françaises : DTU 60.11 - Les règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales, ainsi que le DTU 60.1.

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

- Poser des tuyaux visitables avec un accès régulier autant que possible.
- Poser des Té de dégorgeement avec bouchon voir la Figure 14 (crédit : Pierre et Terre, 2021) et culotte 45° voir la Figure 15 (Crédit : Nicoll, 2019) qui sont de bonnes options à tout changement de direction et à chaque extrémité de réseau.
- Des sections de tuyau transparentes sont envisageables pour observer l'état d'encrassement.



Figure 14 : Té de dégorgeement en Y avec bouchon, Ø 50 mm



Figure 15 : culotte 45° Ø 75 mm

- Il est possible de mettre régulièrement à des endroits stratégiques des vannes afin de permettre la mise en charge de longueurs de tuyaux avec un produit d'entretien. Bien que ces vannes soient à risque pour le colmatage de la canalisation, leur implantation doit être définie lors de la phase de conception. Les vannes doivent être facilement accessibles et démontables car elles sont les premières à s'encrasser du fait du changement de diamètre. Ceci risquerait de rendre impossible leurs manipulations à terme.
- Mettre des raccords unions à des endroits stratégiques et accessibles comme sur la Figure 16 (Crédit : Manomano) pour démonter facilement des longueurs de tuyaux, deux raccords unions sont nécessaires pour démonter une longueur. Attention, ces raccords unions ne sont pas envisageable pour de gros diamètres ($\text{Ø} > 75 \text{ mm}$). Si le réseau n'est pas en charge, il est également possible tout simplement de ne pas coller la tuyauterie et de la fixer avec du téflon qui assure de plus une étanchéité.

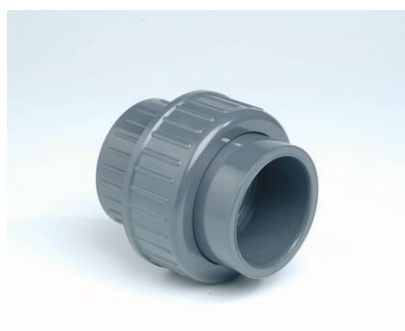


Figure 16 : Raccord union° Ø 50 mm

iii. Eviter l'encrassement

- Favoriser les conduites verticales.

- Éviter les courbes sur le réseau.
- Favoriser les coudes 22° ou 45° comme sur la Figure 17 (Crédit : Pierre et Terre, 2019) au détriment des coudes 90° (accessoires étanchéifiés au téflon et donc démontables).
- 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 50 mm si la pente est supérieure à 2 % ou verticale. À augmenter pour des pentes inférieures jusqu'à Ø 60 mm.
 - Réseau secondaire (1^{er} nœud de collecte – pied d'immeuble) : préconisé de Ø 60 mm avec une pente supérieure à 2 %. À augmenter pour des pentes inférieures à 2 % jusqu'à Ø 75 mm.
 - Réseau tertiaire (pied d'immeuble – cuve) : principalement hors bâtiment ou en sous-sol au moins Ø 110 mm avec une pente supérieure à 2 %.
- 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 17 : Réseau de transfert avec des coudes à 22° et 45° Ø 50 mm

c. Cuve de collecte

- Employer des matériaux non oxydables (éviter les 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.

- Favoriser l'installation d'une cuve souple (limite les pertes en azote dans le ciel gazeux de la cuve) en fonction des contraintes du bâti. Celle-ci doit comprendre un clapet soupape pour équilibrer les pressions. Ce clapet peut être branché sur la ventilation secondaire.
- Installer un trop-plein (connecté vers une autre cuve de préférence).
- Installer un dispositif de purge de diamètre minimum 32 mm pour que le fond de cuve, qui peut contenir une boue visqueuse, puisse être vidangé. Si la cuve doit être vidangée par un camion hydrocureur d'assainissement ou un autre engin agricole, un raccord pompier 80 mm placé sur la cuve ou déporté avec un châssis fixe est requis.
- Dimensionner la cuve pour une période minimale de 6 mois. Le dimensionnement peut aller jusqu'à un an de stockage en contexte urbain dense pour minimiser la logistique de transport. On peut 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.
- Afin de stabiliser l'urine et de limiter les pertes d'azote en ammoniac odorant, de l'acide citrique (voir précédemment) peut être apporté en fond de cuve. Le dosage varie en fonction de la concentration en acide (voir ci-après II.2.c.i).
- Si possible, mettre en place un conduit d'accès à la cuve pour le dépotage débouchant en façade du bâtiment pour la vidange.

2. Entretien et maintenance des maillons

Au moment de la prise de possession des matériels et de l'installation par le Maître de l'Ouvrage, l'Entrepreneur met à sa disposition le personnel nécessaire pour fournir les explications utiles au fonctionnement et à l'utilisation de ces installations, et ce jusqu'à entière satisfaction du Maître de l'Ouvrage, confirmée par écrit.

A ce titre, l'Entrepreneur doit notamment :

- Indiquer, au personnel utilisateur, les possibilités qu'offrent les matériels et le mode de fonctionnement,
- Examiner les documentations techniques et indiquer à ce personnel les principaux organes de fonctionnement,
- Indiquer au personnel d'entretien toutes les opérations courantes d'entretien et les principales pannes possibles.

a. Personnes en charge de l'entretien et de la maintenance

Les personnes en charge de l'entretien et de la maintenance peuvent être différentes en fonction des maillons considérés. Ainsi, le service de nettoyage d'un bâtiment public par exemple devra être formé pour intervenir au quotidien sur des urinoirs secs. Il en est de même pour les interventions plus ponctuelles sur le réseau ou la cuve.

Il est préconisé d'anticiper les interventions de maintenance sur le réseau et les cuves de collecte dans des périodes de faible sollicitation des équipements (vacances par exemple).

Avant toute intervention de maintenance, il faut réaliser une information aux usagers. Et d'une manière générale réaliser régulièrement des actions d'information-éducation-communication adaptées aux usagers et au personnel.

b. Actions d'entretien

i. Interface usager

- Nettoyer régulièrement l'interface avec un torchon imbibé d'un acide faible.

- Mettre régulièrement un coup de spray avec de l'eau non minéralisée.

ii. Siphon

Prioriser l'installation d'un siphon à membrane qui est plus durable et comporte moins de consommable. Les interventions de maintenance sont aussi plus rapides.

- ✓ Siphon à liquide
 - Renouveler régulièrement le liquide du siphon
 - Changer la cartouche tous les 3 à 6 mois
- ✓ Siphon à membrane
 - Nettoyer la membrane avec de l'eau dès qu'apparaissent des odeurs ou des problèmes d'écoulement dans le fond de l'urinoir.
 - Renouveler la membrane si elle n'assure plus son rôle d'étanchéité (en cas de déchirement par exemple à force de la nettoyer).
 - Vérifier au moins une fois par an que le siphon est en bon état en le démontant.

iii. Réseau

La fréquence d'intervention est fonction du bon écoulement des urines dans le réseau. Si le réseau montre des difficultés d'écoulement, le protocole ci-après peut être appliqué. S'il y a une volonté d'intervention pour une gestion préventive au colmatage, ce protocole peut être réalisé une fois par an.

Si le réseau fonctionne à écoulement libre, voici les tâches à réaliser. Ces tâches doivent être réalisées jusqu'à obtention d'un bon écoulement des urines dans le réseau. Elles sont classées de la plus simple à mettre en œuvre à la plus complexe :

- Verser 1 L d'eau chaude non minéralisée dans les conduites (une petite chasse).
- Si odeurs, ajouter 2 dL d'acide dans l'eau chaude.
- Mettre en charge avec un acide (tout le minéral, voir ci-dessous pour le type d'acide) dans le réseau comme sur la Figure 18 (Crédit : Pierre et Terre, 2019). Laisser agir une nuit. Procéder ensuite de même avec de la soude pour la part organique (formation biofilm). Attention aux confusions entre soude et acide dans la pratique. Si l'on souhaite éviter ce risque, 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 18 : Vanne à tourner pour la mise en charge d'une portion de réseau (PVC Ø 50 mm) avec du vinaigre blanc

- Favoriser d’abord l’entretien chimique (par additifs en faible concentration : voir ci-après le paragraphe sur les réactifs) à l’entretien mécanique qui engendre plus de risques de bris.
- 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 grâce aux réservations d’accès (bouchons, Y, etc.) prévues à la conception du réseau.
- En dernier recours :
 - Nettoyer sous pression avec un kit mobile ou une hydrocureuse. Attention aux risques d’éclatement des tuyaux, bouchons ou raccords si des très hautes pressions (jusqu’à 300 bars) sont appliquées dans des diamètres Ø 32 ou 40 mm. Notamment pour les tuyaux en PVC non renforcés.
 - Remplacer les tuyaux obstrués et augmenter les sections.

Si le réseau fonctionne en charge, purger le réseau avant de réaliser le protocole ci-avant dédié aux réseaux à écoulements libres.

iv. Cuve de collecte

Une intervention au niveau de la cuve de collecte des urines doit prendre en considération la présence d’ammoniac dans le ciel gazeux de la cuve (situé entre la phase liquide et le plafond de la cuve) et les risques d’inhalation associés.

Bien qu’aucun accident n’ait été recensé à ce jour, pour limiter les risques, il est recommandé de créer une procédure d’intervention pour les actions auprès de la cuve. Cette procédure, établie par le maître d’ouvrage, doit prendre en compte des préconisations pour limiter l’exposition du personnel au risque d’inhalation d’ammoniac. Ces préconisations doivent porter à minima sur le fait d’ouvrir puis ventiler la cuve en gardant le couvercle ouvert pendant quelques minutes avant toute intervention. L’environnement de la cuve doit lui-même être aussi bien ventilé sans que cela ne génère de nuisances olfactives à proximité. Un ventilateur peut être posé à cet effet avec une manche à air raccordée à la conduite d’extraction de l’air vicié (ventilation mécanique contrôlée) du local où la cuve est implantée. Il est aussi possible de procéder à une vidange de la cuve pleine et d’envisager l’entretien ou le nettoyage après cette vidange, lorsque la cuve se vide l’air présent de celle-ci est renouvelé. Le port d’EPI dédiés est conseillé (masque, détecteur d’ammoniac) ainsi qu’une intervention par au moins 2 personnes.

Si la cuve est positionnée dans un espace confiné, une formation CATEC⁷ des agents intervenants serait un plus pour garantir l’absence d’accident.

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 pluie 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.

⁷ Certificat d’Aptitude à Travailler en Espaces Confinés. Voir à cet effet : <https://www.inrs.fr/risques/espaces-confines/formation-personnel.html>

- Acides théoriquement possibles avec un classement du plus pertinent au moins indiqué (Fardet 2023) :
 - Acide citrique : 8-10 % dans le citron, c'est un acide faible qui se trouve facilement solide dans le commerce, pas cher et qui est réactif pour stabiliser l'ammoniac. A prioriser pour stabiliser l'urine en cuve. Théoriquement 1kg d'acide pour 35 L d'urine.
 - Acide lactique : détartrant et antibactérien mais aussi solvant pour savon. Quelques gouttes suffisent. Augmenter la dose si besoin. Sent bon et n'est pas cher (dosés à 80%). Liquide et pratique pour l'entretien des réseaux.
 - Vinaigre blanc d'alcool : composé d'eau + acide acétique, généralement les dosages sont assez faibles, de 8 à 10 %, sent fort et existe aussi en cristaux.
 - Acide acétique : odorant, faibles concentrations généralement autour de 25% donc riche en eau.
 - Acides chlorhydriques et sulfuriques : dangereux car acides forts, faire un dosage à 20-25 %. Attention aux émanations.
- 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 comme sur la Figure 19 (Crédit : Ebba af Petersens) ou un furet métallique souple comme sur la Figure 20 (Crédit : Pierre et Terre, 2019) de diamètre adapté à la canalisation.
- Rallonge métallique pour goupillon (fil de fer flexible).
- Une bâche (1 à 3 m²) pour protéger la zone d'entretien des éclaboussures.
- Une petite pelle ou une grande cuillère pour gratter/curer les zones incrustées de dépôts de la cuve.
- Un bidon pour récupérer puis valoriser le dépôt.



Figure 19 : Exemple de matériel d'entretien



Figure 20 : Furet métallique souple et rouleaux de téflon.

iii. Équipements de protection individuels

- Gants.
- Lunettes de protection.
- Vêtements dédiés aux interventions en assainissement.
- Se laver les mains au savon après n'importe quelle intervention d'entretien ou de maintenance.
- Eventuellement un détecteur de gaz qui détecte l'ammoniac et un masque d'évacuation d'espace confiné.

Conclusion

Par rapport à une solution d'assainissement unitaire, l'objectif de la collecte à la source des urines est de supprimer les pollutions aquatiques aux nutriments (azote, phosphore, etc.) et de valoriser ces derniers en agriculture. Nous avons dans cette note mis en regard des informations collectées dans la littérature avec différents retours d'expériences pour produire des recommandations de conception et d'entretien adaptée au contexte français et à destination des maîtres d'œuvre

Nous avons pu voir que pour collecter les nutriments contenus dans l'urine, la séparation à la source dans un bâtiment fait face à des contraintes de conception et d'exploitation. Si nous avons laissé de côté la collecte en bidons, c'est pour se concentrer sur la collecte d'urine via des réseaux dans les bâtiments et les enjeux associés. En particulier, la mise en œuvre de la séparation des urines dans un bâtiment existant s'avère compliqué. C'est pourquoi, il est recommandé d'anticiper dès la conception d'un nouveau bâtiment, de prendre en compte cette solution dans le Programme Technique Détaillé (PTD) afin de faciliter des interventions futures.

La formation d'un dépôt encrassant la tuyauterie est récurrente. Elle peut être prévenue par des points de vigilance dans la conception, mais aussi et surtout grâce à des pratiques spécifiques d'entretien de l'interface usager et du réseau de collecte. Les usagers et le personnel d'entretien jouent alors un rôle déterminant dans cet objectif. Il convient donc de souligner la nécessité de mettre en œuvre des actions adaptées d'information-éducation-communication à leur égard.

Alors que nous sommes dans une phase d'expansion des pratiques de séparation à la source en France, de nouvelles constructions et des mises en fonctionnement de bâtiments équipés apparaissent. Ils sont souvent, mais pas toujours, équipé de dispositifs réversibles (collecte ou égout). Cependant, la multiplicité des pratiques, ainsi que la diversité des facteurs conditionnant l'encrassement des réseaux, ne permettent pas encore d'émettre des préconisations définitives. Par exemple, deux pratiques continuent d'être observées comme les réseaux en charge (plein d'urine) et les réseaux en décharge (avec écoulement à l'air dans la tuyauterie) sans réussir à déterminer si l'un des deux systèmes serait plus pertinent que l'autre, tant les paramètres de conception, d'utilisation et d'exploitation varient. Il convient également de rester vigilant quant aux « produits miracles » en charge de dissoudre l'encrassement créé par la circulation d'urine. Les retours d'expérience montrent que ces produits se retrouvent dans l'urine collectée et que leur efficacité est relative. D'un autre côté des pratiques d'entretien excluant l'ajout de tous types d'intrants (autre que de l'urine) dans les réseaux d'urine montrent une absence d'encrassement.

Dans un tel contexte d'incertitude vis-à-vis des pratiques d'entretien qui seront mise en œuvre mais aussi des effets de la conception et des usages, il est important de respecter des prescriptions de conception qui permettent encore d'intervenir avec un outil physique dans les canalisations pour les curer. En particulier dans le bâti collectif où le réseau d'urine peut passer dans des zones difficiles d'accès. Il semble, à ce jour, difficile de faire l'économie d'une telle intervention pour la pérennité du dispositif construit. Aussi, cette situation amène à attirer l'attention sur la nécessité de réaliser une étude comparative détaillée avec différents systèmes répondant à des variations maîtrisées des critères de conception – utilisation – exploitation. À défaut, seule la poursuite d'un suivi précis des infrastructures en cours de fonctionnement doit permettre d'obtenir des conclusions plus précises.

Bibliographie

- Atlee, Jennifer, Abraham Noe-Hays, Kim Nace, Tatiana Schreiber, Arthur Davis, Conor Lally, et Stephen Dotson. 2019. « Guide to Starting a Community-scale Urine Diversion Program ». Rich Earth Institute.
- 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>.
- Bernard, Sébastien. 2022. Retour d'expérience de gestion des urines en évènementiel : collecte-transfert-stockage. Entretien téléphonique.
- 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 ». Rapport de recherche. LEESU, Ecole des Ponts, Univ Paris Est Creteil. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01914242>.
- Chesneau, Anaïs, Christophe Merotto, Paul Cottavoz, et Florent Brun. 2023. « L'assainissement écologique : Toilettes sèches et filtres à broyat de bois ». Ecocentre Pierre et Terre - Réseau d'Assainissement Ecologique. <https://reseau-assainissement-ecologique.org/wp-content/uploads/2023/01/Guide-Assainissement-Ecologique-2023-1.pdf>.
- Coopérative Equilibre, éd. 2018. « Assainissement écologique autonome en milieu urbain ». Coopérative Equilibre.
- Cossette, Robert. 2023. Déploiement de collecte d'urine sans réseaux. Echange mail.
- De Gouvello, Bernard. 2009. *La gestion durable de l'eau*. 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 excréta et des eaux ménagères*. 2012. OMS-PNUE. Volume I : Considérations d'ordre politique et réglementaire.
- Esculier, Fabien. 2018. « Le système alimentation/excrétion des territoires urbains : régimes et transitions socio-écologiques », 530 p.
- Etter, Bastian. 2019. Entretien de réseau de collecte des urines. Entretien téléphonique.
- Fardet, Tanguy. 2023. Gestion d'additifs à base d'acides dans les cuves d'urine : dosages, facilité d'accès et effets. Entretien téléphonique.
- Fischer, Jean-Marie. 2024. Commercialisation de siphons et urinoirs secs par Vision Verte. 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-Toiletten system ». *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 ».
- 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. Entretien téléphonique.
- 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.
- Lanoë, Samuel. 2023. Conception et mise en place d'une collecte en habitat participatif. Projet de l'Ôôberge. Entretien téléphonique.
- LAUFEN. 2022. « Guide de planification de l'installation de séparation des urines ». Laufen.
- 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 ». SLU Institutionen för lantbruksteknik.
- L'Ôôberge. 2022. « Expérimentation d'un assainissement cyclique sans eau, au sein d'un projet d'habitat participatif social ». Dol de Bretagne: L'Ôôberge.
- 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.
- Merotto, Christophe. 2018. Entretien du réseau de collecte des urines de l'école de Saint-Germé (32400). Entretien téléphonique.
- . 2022. Retour d'expérience de réseau d'urine sur une toilette en extérieur à l'Ecocentre Pierre et Terre. 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>.
- Nimoh, Fred, Kwasi Ohene-Yankyera, Kofi Poku, F Konradsen, et Robert Abaidoo. 2017. « Farmer's Perception on Excreta Reuse for Peri-Urban Agriculture in Southern Ghana ». *Advanced Science Letters*. 23(12) : 12231-12234(4). <https://doi.org/10.1166/asl.2017.10609>.
- Raguet, Louise. 2022. Retour d'expérience conception d'installation de collecte et de stockage sur la zone des Grands Voisins. Entretien téléphonique.
- 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>.
- Réau, Sylvain. 2023. Retour d'expérience de gestion des urines dans les bâtiments : cuves, pompes, réseaux et équipements. Entretien téléphonique.
- 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 Granurin. Entretien téléphonique.
- 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 », 81p.
- 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, 2018. « Comment valoriser l'urine en agriculture ? » Mémoire de M2 Risques et environnement, Université du Havre.
- 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 », 2p.
- Urinetrapp.com. 2019. 28 janvier 2019. <http://www.urinetrapp.com/>.
- Wincker, Martina, et Amel Saadoun. 2011. « Urine and Brownwater Separation at GIZ Main Office Building Eschborn, Germany ». GIZ ecosan program.
- Yemmou, Mohammed. 2023. Retour d'expérience Ingérop de pratiques de maîtrise d'oeuvre sur réseaux d'urine (ESA et autres). Entretien téléphonique.

Annexes

Annexe 1 : Retours d'expérience de projets de terrain

Source	Site	Points saillants
(Lindgren 1999) (Baur et al. 2002)	Uppsala en Suède	Blocage des conduites d'urine après 2 ans de fonctionnement. Obturation des conduites due à des corps étrangers (cheveux, etc.). Utilisation d'un fil de nettoyage pour une intervention mécanique. Entretien chimique plus que mécanique qui abimerait la plomberie. 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. Utilisation de l'acide chlorhydrique ou un agent d'entretien à base d'acide phosphorique.
	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)	Importance de la taille des tuyaux (110 mm plus que 40-50 mm) et de l'absence de coude à 90°. Recommandation d'une pente de tuyaux de 1 %. Chasse de 0,2 L. Nettoyage avec de la soude lors des obstructions.
(Bristow, McClure, et Fisher 2006)	Texas, USA	Changement des cartouches des siphons secs tous les 90 jours. Une bonne maintenance est la clef du succès des urinoirs secs. Information au préalable des usagers et du personnel d'exploitation de la présence d'urinoirs secs et de leurs fonctionnements et objectifs.
(Austin 2006)	Ecosan in South Africa	Utilisation d'un nettoyeur pour drain à base de soude caustique pour le réseau d'urine.
(Kvarnström et al. 2006)	Plusieurs sites dans différents pays.	L'emploi d'eau chaude est approprié. Alternier la soude (tout l'organique comme les bouchons de cheveux) et l'acide (tout le minéral). Recours à des gants et des lunettes de protection lors des interventions. Nettoyage mécanique de réseau au furet 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). Intervention sur le réseau deux fois par an. Plus en cas de blocage.
(Lienert et Larsen 2007)	Eawag Old and New Office Building (including Forum Chriesbach Four Apartments in a Swiss German City The University of Applied Sciences Northwestern Switzerland Cantonal Library Basel-Landschaft in Liestal	Recommandations d'entretiens basées sur (Kvarnström et al. 2006). 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. 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. La présence des siphons favoriserait la précipitation pour collecter la struvite avant le réseau. 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. Toutes les installations de séparation nécessitent un très bon nettoyage et entretien. L'entretien des toilettes est estimé à 10 % de temps en plus que pour des toilettes unitaires à eaux.
(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	<p>Dissolution et évacuation des produits de précipitation à intervalles réguliers (avec de l'acide citrique à 10 % par exemple).</p> <p>Évacuation rapide de l'urine en dehors des conduites à petite section avec des conduites verticales.</p> <p>Utilisation d'eau de pluie au lieu d'eau potable pour les chasses</p> <p>Élargissement de la section des conduites pour limiter les obstructions.</p>
(Ayele, Oldenburg, et Hartmuth 2008)	Ecosan en Ethiopie	<p>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 %).</p> <p>Pour prévenir les obstructions, le tuyau est rincé à l'eau une fois par semaine.</p>
(Goosse 2009)	Eawag (Forum Chriesbach), Suisse	<p>Bâtiment avec des Roediger :</p> <p>Le papier toilette reste coincé sur la séparation (→plusieurs chasses).</p> <p>Emploi d'eau du robinet. La soupape se colmate.</p> <p>Mise en charge avec de l'acide citrique 20 % une fois par mois.</p> <p>Pas de problème d'odeur.</p> <p>Emploi de l'eau de pluie pour les rinçages.</p> <p>Besoin d'information de l'utilisateur.</p> <p>Assurer un nettoyage régulier.</p>
(Wincker et Saadoun 2011)	GIZ in Eschborn near Frankfurt	<p>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.</p> <p>Maintenances :</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>Le taux de renouvellement du personnel a fait que les maintenances ont été réalisées de manière moins précise. 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.</p>
(McConville et Rosemarin 2012)	Erdos en Chine	<p>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.</p>
(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)	Danemark, Hyldepsjaeldet, Albertslund	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.
	Danemark, Munksøgård	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. Encrassement dans les coudes et nettoyage annuel sous pression.
	Suède, Understenshöjden	<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)	Soubeyran - Genève	<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>
	Les Vergers - Genève	<p><1an d'exploitation : separett privy</p> <p>PE Ø 32 mm flexible – Ø 40 mm et colonne de chute en Ø 56 mm. Retour garage en Ø 110 mm.</p> <p>Rinçage en spray à l'eau du robinet à chaque passage.</p>
(Simha 2018b)	Entretien avec Prithvi Simha, Swedish University of Agricultural Sciences le 10/12/18	Sur la base de la généralisation de la mise en place du dispositif suivant : (Simha 2018a). En attente de retour d'expérience.
(Merotto 2018)	École de Saint-Germé (32400)	5 Urinoirs secs Vision Verte en céramique. 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 de l'eau chaude puis un acide. Entretien au bout de 6.

		<p>Nettoyage quotidien avec le produit vision verte, démontage des membranes tous les ans pour nettoyage. Changement des membranes tous les 3 ans. Dépôt d'encrassement sous forme de boues uniquement facilement nettoyable. Ne colle rien, montage de toute la tuyauterie avec des joints téflon.</p> <p>Les canalisations sont nettoyées au furet tire-bouchon ou à la brosse.</p>
(Merotto 2022)	Eco-centre Pierre et Terre	<p>Bâtiment de toilettes sèches en extérieur avec plusieurs urinoirs secs construit en 2010. Les réseaux sont en PVC rigide, diamètre de canalisation 50 mm, sans points de visite et collecte en cuve de type IBC 1000L plastique. Les urinoirs sont au nombre de 3 et de modèle vision verte. Les usagers types sont le grand public et le jeune public c'est-à-dire le personnel et les visiteurs du site qui accueille des événements. Démontage de la tuyauterie de collecte des urines de plusieurs urinoirs secs (3) pour maintenance après 12 ans de fonctionnement. Absence de colmatage ni même de dépôt dans ces conduites posées à la verticale et à l'horizontale. Les modalités d'entretien et de nettoyage des urinoirs secs étaient de ne pas procéder à l'ajout d'un quelconque liquide (eau ou produit) dans le réseau d'urine. Les urinoirs étaient nettoyés à l'éponge et les siphons démontés pour être nettoyés dans un évier.</p> <p>Une pompe de relevage de type Sanidouche (SFA) peut être installée pour relever des urines si besoin par contrainte gravitaire de rejoindre une cuve de stockage ou un dispositif de traitement. Une installation en fonctionnement est en cours de suivi avec de l'urine. Un entretien annuel est prévu pour son nettoyage d'encrassement.</p>
(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 termes 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 installée dans les mois à venir. Au moment de changement de version (octobre 2018) aucune maintenance dû à l'encrassement n'a été nécessaire. Seul 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	<p>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.</p>
(Réau 2023)	Installations temporaires courtes et moyennes durées (max 4 mois)	<p>En événementiel les dépôts de struvite sont faibles, on démonte et rince les équipements (y compris pompes) régulièrement. Je prends plutôt des pompes eaux claires en marques pros. Celles qui cassent, c'est plus à cause de l'électrique ou des chocs. Il y aura peut-être plus d'entretien si elles sont posées en fixe. Il y a potentiellement des risques d'encrassement sur les flotteurs après quelques mois. Par ailleurs, il semblerait que pour les réseaux en charge d'urine (toujours pleins à cause de contraintes d'implantation) avec l'absence d'oxygène et d'autres fluides, il n'y ait pas de dépôt</p>

		et moins de pertes d'azote. Il faudrait avoir des éléments comparatifs avec peu de paramètres qui changent (usage-entretien-conception) mais c'est plus intuitif.
(Bernard 2022)	Installations évènementielles courtes durées	En évènementiel, je n'ai pas de dépôt, l'urine coule rapidement et reste chaude jusqu'à la cuve donc pas d'encrassement. Également grâce aussi au démontage et au rinçage. Pour les pompes, les vide-caves vont très bien notamment pour pomper le fond de cuve et en présence de sciures et copeaux. Malgré la crépine il y a toujours des mégots qui passent et donc les vide-caves qui pompent aussi un peu de la boue marchent bien. Mais je n'ai pas vu d'encrassement particulier dû à la struvite.
(Raguet 2022)	Installations moyennes durées : Les Grands Voisins	Tuyau de 40 mm en charge sur 1 an. Il y a beaucoup de paramètres qui peuvent varier d'une installation à une autre ce qui fait qu'il est difficile de donner des enseignements solides. Après démontage des installations un mystère demeure, pas d'incrustation / d'encrassement des urines. Observations similaires entre réseau en charge et réseau à écoulement libre. Difficile de produire des recommandations dans un tel contexte dont on n'arrive pas à expliquer les raisons pour lesquels il n'y a pas d'incrustation. Une enquête plus poussée sur certains paramètres pour identifier les raisons (Usager - Conception de l'installation - Actions menées d'entretien et de nettoyage - Etat des conduites après usage).
(LAUFEN 2022)	Guide d'implantation de la toilette Laufen et du traitement Vuna	<p>Conduite de raccordement min. DN 60 horizontale (min 2 %) aussi courte que possible à la conduite de chute verticale - Tenir compte de l'espace nécessaire pour deux conduites d'évacuation séparées dans la paroi d'installation de la salle d'eau, conduites de chute et conduites d'aération - Faire passer les conduites de compensation de pression d'urine par le toit.</p> <p>Nettoyages publics : nettoyage quotidien des surfaces en céramique avec de l'acide citrique (acide citrique à 5%)</p> <p>Important : en fonction du procédé de l'installation de traitement des urines, les produits de nettoyage antibactériens ne sont pas appropriés.</p> <p>Dosage (avec de l'eau douce / utilisation de l'eau de pluie pour la chasse d'eau) : 10% d'acide citrique.</p> <p>Ménages privés (construction de logements) : Nettoyage hebdomadaire avec du vinaigre de nettoyage.</p> <p>- Augmenter le nombre de tubulures/ouvertures de nettoyage. Installer localement des pièces de tuyauterie transparentes pour surveiller les dépôts - Augmenter l'intervalle de nettoyage.</p> <p>L'équilibrage de la pression de la conduite de collecte d'urine, des conduites de chute et du réservoir de collecte doit être assuré par une soupape d'aération (mécanique) qui, par l'intermédiaire d'une membrane, ne s'ouvre qu'en cas de dépression dans le réseau.</p> <p>La transition entre les conduites de chute d'urine et les collecteurs horizontaux doit être réalisée à l'aide de coudes de 45° et une distance d'au moins 2 fois la largeur intérieure de la dimension de la conduite de chute.</p> <p>Une dérivation qui directement dans le trop-plein du réservoir/la canalisation doit être prévue afin que, pendant le fonctionnement de l'installation, les des travaux d'entretien puissent également être effectués sur le réservoir de collecte.</p> <p>Recommandation pour les conduites d'évacuation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tuyaux en plastique PE (polyéthylène) - Conduite de raccordement individuelle min. DN 60 (directement après le raccordement de l'appareil de DN40) - Conduite de raccordement jusqu'à quatre WC à séparation d'urine DN 60 - Conduite de raccordement de cinq à six WC de séparation d'urine DN 70 - Conduites de chute avec plusieurs raccords min. DN 90 - Conduites collectives min. DN 90 <p>En principe, il est recommandé, comme pour l'évacuation des eaux domestiques, de procéder tous les cinq ans à un nettoyage complet de la canalisation et de rincer à l'eau l'ensemble du réseau de canalisations. Il ne faut pas utiliser de buses de nettoyage professionnelles. Un simple rinçage à l'eau avec une pression d'environ 3-4 bars est suffisant.</p> <p>Le réservoir d'urine sert au stockage, à l'entreposage et à la surveillance des eaux jaunes drainée séparément. Un agitateur n'est pas nécessaire.</p> <p>Tous les raccords doivent être étanches aux odeurs. Il est recommandé d'utiliser des raccords soudés.</p>

		<p>Réservoir cylindrique, exécution avec toit plat en PE-HD, résistant aux UV pour une installation à l'intérieur sur un sol plat, nivelé et solide. Convient pour un fonctionnement sans pression. Densité $\leq 1.25 \text{ kg / dm}^3$</p> <p>Une variante d'installation plus économique est l'utilisation de "réservoirs d'économie d'espace" disponibles dans le commerce qui peuvent être reliés en cascade en fonction du volume souhaité.</p> <p>Pour le nettoyage, il faut prévoir un trou d'homme ou une trappe de visite pour la citerne de collecte.</p> <p>Le réservoir de collecte d'urine doit être équipé d'un trop-plein vers la canalisation. Une vanne d'arrêt doit être installée.</p> <p>Il ne faut pas installer de siphon ou vanne d'arrêt au niveau du trop-plein,</p> <p>Il faut privilégier les sondes de niveau avec mesure de la pression différentielle, car les sondes de niveau avec radar sont sensibles à l'eau de condensation et à la mousse et émettraient donc souvent des signaux erronés. La mesure de niveau doit, dans la mesure du possible, être placée au sommet du réservoir (révision).</p> <p>Les collecteurs d'urine doivent être ventilés séparément par le toit. Il faut prévoir une ventilation sur le toit</p> <p>Les modèles courants de véhicules de transport présentent une quantité de déchets aspirés comprise entre 7 et 13 m³.</p> <p>L'efficacité de séparation des toilettes SAVE ! est d'environ 80%. Cela signifie qu'à chaque chasse d'eau le mélange urine-eau se répartit en 50-75% d'urine et 25-50% d'eau de rinçage.</p> <p>Les récipients de collecte pour l'urine doivent être placés à proximité du lieu de production de l'eau jaune.</p> <p>Il est recommandé de prévoir un local technique séparé avec une ventilation mécanique. Pour éviter les nuisances olfactives, il ne faut pas les placer à proximité des lieux de vie. Les réservoirs de collecte d'urine doivent être placés de manière à éviter les dommages dus au gel et à permettre l'accès aux tous les composants de l'installation devant faire l'objet d'un entretien régulier soient facilement accessibles à tout moment. Nous recommandons de prévoir un espace libre (surface de service / d'entretien) d'au moins 600 mm autour du collecteur d'urine de l'urinoir et du réservoir. L'emplacement du collecteur d'urine ou de la conduite de raccordement de la vidange doit être accessible au camion de vidange. A titre indicatif, on peut utiliser pour la structure du sol une valeur de charge utile de 2 kN/m².</p> <p>Une arrivée et une évacuation d'air doivent être installées dans le local d'installation. En fonction de l'emplacement du local technique, un renouvellement d'air de 6 fois a fait ses preuves dans la pratique. Selon la situation, il peut être réduit à un renouvellement d'air de 2 à 3 fois.</p> <p>L'évacuation de l'air doit être réalisée dans des tuyaux en plastique ou des gaines en PP. Le ventilateur doit être placé côté aspiration sur le toit.</p> <p>Le local doit être planifié légèrement en dépression, ce qui permet de réduire ou d'éviter les nuisances olfactives.</p> <p>Un écoulement au sol doit être prévu dans le local technique afin de permettre la vidange complète du réservoir pour le nettoyage.</p> <p>Il convient de choisir un revêtement de sol vitrifié, par exemple une peinture PU.</p> <p>Les changements de direction de la conduite d'aspiration doivent être réalisés par des coudes à 45°. Les rayons étroits sont à éviter.</p> <p>Il faut utiliser des raccords résistants à la traction pour les différents tuyaux et raccords.</p>
(Lanoë 2023)	L'ôoberge – Dol de Bretagne	<p>Nous avons installé que des conduites de 100 mm avec des pentes supérieures ou égales à 2 %. On suit de près l'encrassement de nos installations depuis qu'elles sont actives (2022), avec un traitement préventif par chacun des foyer toutes les semaines (alternance vinaigre / soude). On envisage des traitements plus puissant (acide chlorhydrique) deux fois par an. L'encrassement des canalisations d'urine est notre gros point de vigilance.</p>
(Cossette 2023)	Collecte de l'urine en bidon sans réseau	<p>Je préconise des contenants individuels transportées des toilettes à un point de dépôt collectif extérieur. Pour l'utilisateur ce n'est qu'une ou deux bouteilles de 1L par jour à redescendre dans son sac.</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour la collecte il faut quelques Urinettes et installer de 4 à 10 bouteilles dans ses toilettes sur une tablette. - Au retour, l'utilisateur rince sans savon (car le PH est basique) ses bouteilles à l'eau après chaque vidange de l'urine (NB l'eau de rinçage ~ 10 à 20 % du volume est 100 % utilisée dans les plantes). Deux jets de vinaigre sont laissés au fond pour acidifier et éliminer tout risque d'odeur. J'utilise les mêmes bouteilles depuis 3 ans.

		<p>- Les bidons de 10 à 60 L sont transportés fermés vers un point de transformation dans n'importe quel véhicule utilitaire ou même une automobile. Idéalement chaque jour ou au minimum une ou deux fois par semaine.</p> <p>- Au point de transformation ces bidons sont vidées - rincées - acidifiées et reviennent propres avec un petit fond de vinaigre vers le point de collecte extérieur.</p> <p>- Il faut 3 urinettes par personne pour en avoir toujours une propre et disponible. Un urinoir collectif extérieur pour messieurs qui sert aussi de point de vidange des petites bouteilles.</p> <p>Au risque de remettre en question l'idée des réseaux séparé pour l'urine la justification est simple :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les conduites d'urine sont coûteuses à installer et à faire accepter par les copropriétaires (plomberie double). (facilement de 200 à 1 000 € d'installation). - Ces conduites sont sources d'odeurs et demandent des clapets / moyens anti-retour d'air. - il n'y a pas de flexibilité d'utilisation (dans les douches, WC, un simple isoloir intérieur ou extérieur). - Les conduites ou clapets se colmatent et demandent des détartrages réguliers. - La séparation à la source est moins sûre. Il peut y avoir des pathogènes fécaux dans le circuit en cas de diarrhée. - Le contenant collectif à l'intérieur du bâtiment est coûteux et plus difficile à laver. Il peut devenir une source d'odeur à l'intérieur en plus du coût de raccordement. <p>Pour la vidange de la citerne du bâtiment : il faut des pompes et un véhicule citerne d'urine de collecte.</p> <p>Bref cette option sans aucun aménagement permanent dans les édifices est aussi à évaluer. Il faut juste accepter de se balader tous les jours avec des contenants d'urine. C'est possible d'appliquer cette solution partout dès maintenant pour moins de 100 € par utilisateur sans demander d'autorisation à ses voisins.[FB1]</p>
(Yemmou 2023)	Conception de réseaux d'urine sur le bâtiment de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) à Paris	<p>Explication des pratiques et préconisations en vigueur au sein du bureau d'étude Ingérop sur différents projets de construction de bâtiments avec séparation à la source des urines dont celui de l'ESA à Paris.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eviter les collecteurs sous dallage pour s'affranchir du risque de stagnation de l'urine, à cause de la faible pente. Il est très difficile de prévoir des pentes allant jusqu'à 2 % sur des réseaux sous dallage à l'intérieur d'un bâtiment - Eviter les cuves enterrées. - Cependant, il est difficilement acceptable d'assurer des pentes supérieures à 1,5 % pour les réseaux sous dallage.
(Fischer 2024)	Commercialisation de siphons et urinoirs secs par Vision Verte	<p>Description du fonctionnement de la membrane à Clapet, une membrane très petite et très fine comme un film transparent. Ne prend pas l'odeur, elle est faite en polymère. Les préconisations sont : Garantie 4 mois, durée environ 1 an en contexte d'utilisation intensive et certains ne la remplace que tous les 2 ans.</p> <p>Plusieurs constructeurs ont des systèmes à clapet très volumineux et dont le remplacement prend du temps et embaume toute la pièce. Ses membranes permettent une réduction des coûts de maintenance car plus rapides à changer et tiennent bien dans le temps. De plus, les urinoirs secs permettent une réduction des risques de colmatage et de casse. Il insiste sur le fait de ne pas mettre d'eau dans les réseaux pour limiter les encrassements. Nettoyage de l'urinoir à sec avec une éponge imbibée et changement de la membrane du siphon. Les coûts relatifs aux problèmes de réseaux d'urine (casse ou changement du fait du colmatage du fait d'urinoirs à eau) dans les murs ou dalles sont difficilement quantifiables.</p>

Synthèse _{1/2}

Information - Communication

- ➡ Faire une **information aux usagers et au personnel d'entretien** sur le fonctionnement de l'installation. Utiliser différents canaux (réunion, panneaux, mode d'emploi, fiches, etc.).
- ➡ Avant toute intervention une information aux usagers est réalisée.

NB : Entretien et exploitation sont supérieurs à des toilettes à eaux.



Interface usager

- ➡ **Nettoyage régulier** de l'interface avec un torchon imbibé d'acide.
- ➡ Ne pas introduire d'autre liquide que de l'urine dans le réseau.
- ➡ **Déposer et nettoyer le siphon** sec au moins une fois par an ou en cas de problème d'odeurs. Si le siphon contient un liquide, **changer la cartouche** (durée de vie estimée: 6 mois). Si le siphon est à membrane, la nettoyer à l'eau ou la renouveler si l'étanchéité n'est plus assurée (durée de vie estimée : de 1 à 5 ans).



Réseau

En cas de difficulté d'écoulement ou une fois par an :

- ➡ Identifier la zone générant des difficultés à l'écoulement. Si possible, l'isoler grâce au **système de vannes**.
- ➡ Réaliser une **chasse d'eau chaude** non minéralisée d'au moins 1 L.
- ➡ Mettre en charge le réseau avec **un acide** pendant au moins 30 minutes. Alternier avec de la soude. Faire une chasse avec au moins 1 L d'eau bouillante après la purge.
- ➡ Si nécessaire, **brosser la tuyauterie** avec un goupillon ou un furet.



Synthèse_{2/2}

Légende :

Conception

Entretien - exploitation

Règles générales



- Employer des **matériaux non corrosifs** : tuyauterie de préférence en PE, à défaut en PVC.



- Favoriser l'emploi d'**eau non minéralisée** pour l'entretien (eau de pluie).

Plomberie

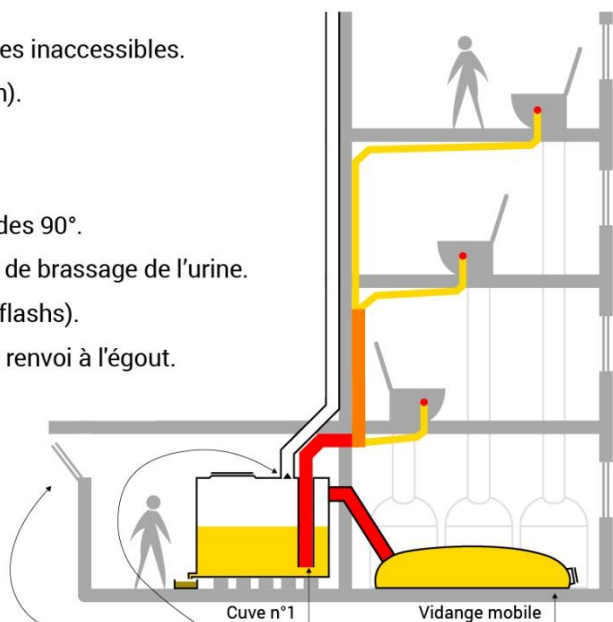
- Éviter les passages de conduites dans des zones inaccessibles.
- Poser **des tuyaux visitables** (accès tous les 4 m).
- Favoriser les **conduites verticales**.
- Éviter les courbes sur le réseau.
- Favoriser **les coudes 45°** au détriment des coudes 90°.
- Éviter de créer des zones de ralentissement ou de brassage de l'urine.
- Éviter les points d'accumulation sur le réseau (flashes).
- Poser une vanne pour garder la possibilité d'un renvoi à l'égout.

- Diamètres de plomberie avec une pente > 2 % :**

Réseau primaire : Ø 50 mm

Réseau secondaire : Ø 60 mm

Réseau tertiaire : Ø 110 mm



Cuve

- Avant toute intervention ventiler la cuve et le local s'il est confiné.
- L'arrivée des urines se fait en fond de cuve.
- Poser coude + Té pour purger les cuves avec une réservation pour collecter les boues précipitées.
- Poser un évent pour une mise à la pression atmosphérique, branché sur la ventilation secondaire du bâtiment.
- Prévoir un dispositif de vidange fixe ou mobile (+ raccord pompier Ø 80 mm.)

Annexe 3 : Foire aux questions (FAQ)

1. Que retenir pour élaborer un dossier de consultation pour les travaux de construction d'un bâtiment équipé d'un dispositif de collecte-stockage des urines ?

○ Aspects économiques

A ce jour, il n'existe pas de ratio au logement des coûts imputable à la séparation à la source.

- ✓ Investissement : Les urinoirs secs et des toilettes séparatives se développent sur le marché avec des prix allant de 150 à 800 €. Le surcoût de l'investissement pour le réseau d'urine en PEHD (à défaut en PVC) apparaît comme négligeable au regard du coût des autres réseaux d'un bâtiment. Le dédoublement du réseau d'eaux usées interne au bâtiment peut être utilisé comme base de calcul. La cuve de stockage et ses accessoires correspondent à un surcoût qui est fonction du volume de stockage va d'une centaine d'euros (moins de 1 m³) à plusieurs milliers d'euros pour une cuve renforcée d'une dizaine de m³.
- ✓ Fonctionnement : L'entretien au quotidien n'entraîne pas de surcoût mais un changement de comportement des agents (voir ci-après). L'exploitation annuel avec nettoyage des réseaux, cuves et siphons génère un surcoût d'une à deux journées de travail pour 2 personnes. Il convient aussi de prendre en compte la vidange de la cuve en fonction de son dimensionnement.

○ Conception

Il est recommandé d'anticiper dès la conception d'un nouveau bâtiment la pose de réseaux séparatifs. Prendre en compte cette solution dans le Programme Technique Détaillé (PTD) permet de faciliter des interventions futures.

En complément des éléments de l'annexe 2, dans la rédaction du cahier des clauses techniques particulières, il conviendra d'éviter de préconiser de :

- ✓ Installer un siphon à eau pour un urinoir sec.
- ✓ Faire passer des réseaux d'urines dans des zones inaccessibles dans lesquelles il ne sera pas possible d'intervenir.
- ✓ Poser des tuyaux d'urine à faible pente (<2 %) ou à faible diamètre (<25 mm).
- ✓ Faire arriver l'urine en déversement / chute dans une cuve de collecte.
- ✓ Connecter la cuve de collecte à un dispositif de ventilation actif.

○ Consultation et choix d'une entreprise pour les travaux

Bien qu'il n'existe pas encore d'entreprise spécialisée « réseaux d'urines », il conviendra de formuler un règlement de consultation qui ouvre la possibilité de proposer des variantes. Les entreprises sont en phase de montée en compétence sur les réseaux séparatifs d'urine. Elles doivent pouvoir proposer leurs solutions techniques. Un arbitrage devra avoir lieu sur la solution technique retenue.

○ Mise en œuvre

Il ne s'agit pas d'un chantier comme les autres. Les spécificités de la séparation à la source sont peu maîtrisées par le secteur du bâtiment. Le maître d'œuvre devra redoubler de vigilance pour s'assurer que la mise en œuvre correspond bien à ses préconisations notamment en ce qui concerne les pentes, diamètres et accès aux conduites.

○ Réception

La vérification des fuites et la conformité des installations au cahier des charges sont importantes. Il peut être demandé à l'entreprise de réaliser un guide d'entretien et d'exploitation permettant d'assurer le transfert de compétence au service dédié. L'implantation d'une signalétique pour l'interface usager mais aussi pour les réseaux d'urines et auprès de la cuve de collecte est nécessaire. Des panneaux explicatifs sur l'usage et l'exploitation sont à prévoir et doivent pouvoir faire l'objet de réserves s'ils sont absents.

2. Quel est le rôle des services en charge de l'exploitation des dispositifs dans la pérennité des ouvrages ?

L'enjeu principal du bon fonctionnement des installations de collecte des urines réside dans l'implication des gestionnaires du bâtiment pour l'entretien du système. Dans ce cadre, il convient d'assurer un transfert de compétences auprès des usagers et/ou des gestionnaires dédiés à l'exploitation. Ainsi les personnes en charge de l'exploitation doivent à minima :

- ✓ Être formées sur le bon usage et le bon fonctionnement de l'installation en étant impliquées au plus tôt dans le projet.
- ✓ Être identifiées comme le point focal relatif à l'exploitation du dispositif. Il devient alors l'interlocuteur des usagers et des prestataires d'entretien (vidangeur, cureur, etc.).
- ✓ Disposer d'outils d'information-éducation-communication sur l'installation et en assurer la diffusion.
- ✓ Disposer des réactifs nécessaires à l'entretien (voir page 24)
- ✓ Utiliser des équipements d'entretien dédiés à l'activité « urine » (voir page 25).
- ✓ Intervenir avec des équipements de protection individuel (voir page 26).

Ainsi, les personnes en charge de l'exploitation doivent disposer de moyens matériels et financiers pour mener à bien ces activités.

3. Quel est le protocole d'entretien d'une installation de collecte-stockage des urines ?

Le gestionnaire du bâtiment doit mettre en œuvre le protocole d'entretien détaillé en annexe 2. Pour rappel, les points importants de ce protocole que le maître d'œuvre doit transmettre au gestionnaire sont :

- ✓ Le nettoyage des urinoirs secs ou du bol des toilettes à séparation des urines doit se faire avec une éponge imbibée d'acide et préférentiellement sans eau (voir page 22).
- ✓ Les usagers doivent éviter d'introduire dans les réseaux d'autres liquides que de l'urine (voir page 22).
- ✓ Les siphons secs doivent être déposés avant toute introduction de base, d'acide ou d'eau chaude non minéralisée dans le réseau (voir page 22).
- ✓ Le nettoyage de la membrane du siphon sec se fait à l'eau. Elle doit être remplacée si elle est déchirée (voir page 22).
- ✓ Les interventions sur la cuve de collecte doivent être faites en ayant prévenu les usagers au préalable et en ayant ventilé son ciel gazeux et l'environnement immédiat (voir page 24).
- ✓ Le curage du réseau, qu'il soit accessible ou pas, se fait d'abord avec de l'eau chaude non minéralisée et apportée sous forme de chasse (gros volume). L'effluent collecté au bout du tuyau peut être stocké séparément de l'urine. Si cela est insuffisant, il est possible de mettre le réseau en charge avec un acide dilué avant de reprocéder à une chasse (voir page 23).