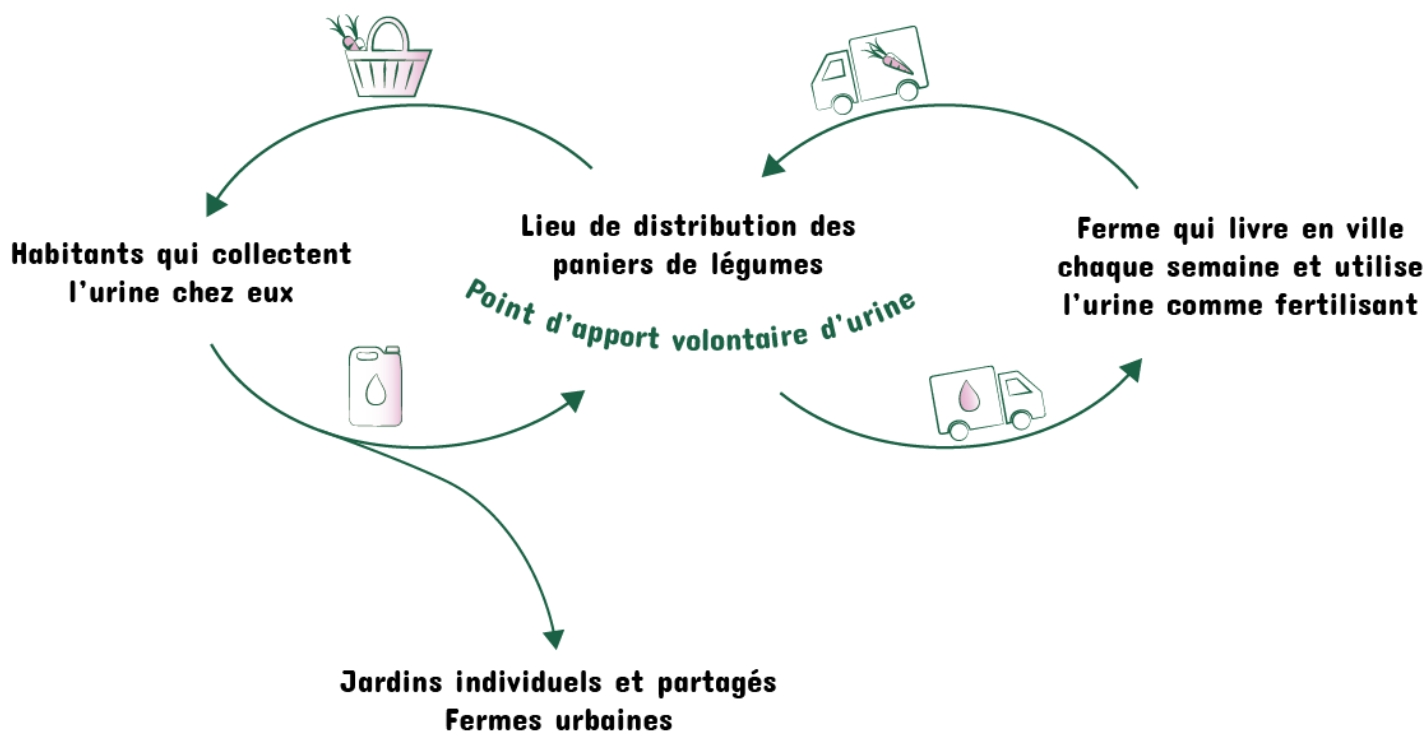


EXEMPLE DE DÉVELOPPEMENT D'UNE FILIÈRE CITOYENNE DE VALORISATION AGRICOLE DE L'URINE HUMAINE

Rapport du projet Enville porté par le programme de recherche-action OCAP1
au sein du LEESU à l'École des Ponts ParisTech, avec le soutien de l'ADEME Île-de-France



Mai 2024

Rédaction : Louise Raguet et Fabien Esculier

« L'histoire montre que les décisions politiques suivent et rattrapent les évolutions et les revendications de la société civile, et non qu'elles les précèdent ou les anticipent. » Philippe Bihouix, auteur de L'Âge des low-tech : vers une civilisation techniquement soutenable.

Table des matières

| | |
|---|----|
| PREMIÈRE PARTIE Cadre général du projet Enville | 5 |
| 1. Introduction..... | 6 |
| 1.1. Enjeux de la séparation à la source de l'urine | 6 |
| 1.2. Pourquoi développer la collecte de l'urine dans l'habitat existant ? | 7 |
| 1.3. Les principes du projet Enville | 8 |
| 2. Démarrer une micro-filière de valorisation de l'urine humaine | 10 |
| 2.1. Comment utiliser ce rapport pour monter votre propre filière de collecte d'urine ? ... | 10 |
| 2.2. Précautions à prendre avant de se lancer | 10 |
| 3. La filière développée dans le projet Enville..... | 12 |
| 3.1. Orientations choisies dans le développement du projet | 12 |
| 3.2. L'AMAP partenaire du projet Enville..... | 13 |
| 3.3. Méthodologie de conception dans le projet Enville..... | 14 |
| 3.4. Fonctionnement de la filière avec l'AMAP..... | 16 |
| 3.5. Filières « secondaires » développées dans le projet Enville..... | 16 |
| 4. D'autres exemples de micro-filières de valorisation de l'urine humaine..... | 18 |
| 4.1. La Fumainerie, à Bordeaux..... | 18 |
| 4.2. Le Rich Earth Institute, dans le Vermont (États-Unis) | 18 |
| SECONDE PARTIE Description détaillée des maillons de la filière du projet Enville..... | 20 |
| 5. Les objets de collecte à domicile | 21 |
| 5.1. Le choix du contenant | 21 |
| 5.2. L'urinoir d'appoint..... | 22 |
| 5.3. Comment intégrer le bidon d'urine chez soi ? | 33 |
| 5.4. Gestion des odeurs | 37 |
| 5.5. Retours d'expérience des habitants participant au projet Enville | 41 |
| 6. Point d'apport volontaire d'urine et logistique jusqu'à la ferme..... | 42 |
| 6.1. Amener l'urine au point d'apport volontaire d'urine | 42 |
| 6.2. Choix du lieu pour le point d'apport volontaire d'urine..... | 43 |
| 6.3. Choix de la cuve d'urine au point d'apport volontaire..... | 44 |
| 6.4. Système de transvasement..... | 45 |
| 6.5. Station mobile de collecte d'urine | 52 |
| 6.6. Cuve dans le camion de livraison de la ferme | 53 |
| 6.7. Vidange de la cuve du point d'apport volontaire d'urine..... | 56 |
| 7. Application d'urino-fertilisants sur des cultures | 61 |
| 7.1. Cadre réglementaire..... | 61 |
| 7.2. Logique « multi-barrière » et hygiénisation de l'urine humaine par stockage..... | 62 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7.2.1. | Méthode de collecte de l'urine | 62 |
| 7.2.2. | Stockage de l'urine pour auto-hygiénisation..... | 63 |
| 7.2.3. | Technique d'application : fertilisation à même le sol..... | 64 |
| 7.2.4. | Restriction relative aux cultures..... | 64 |
| 7.2.5. | Délai entre l'application d'urine et la récolte | 65 |
| 7.2.6. | Equipements de protection | 65 |
| 7.3. | Cas particulier de l'agriculture biologique..... | 66 |
| 7.4. | Dosages pour la fertilisation au lisain..... | 66 |
| 7.4.1. | Teneur du lisain en nutriments..... | 66 |
| 7.4.2. | Application de lisain, dilution éventuelle et fréquence d'apport..... | 67 |
| 7.4.3. | Mélange urine et matière organique..... | 67 |
| 7.4.4. | Dosages recommandés..... | 68 |
| 7.5. | Conseils pratiques pour épandre du lisain | 68 |
| 7.5.1. | Application manuelle sur culture en rangs espacés..... | 69 |
| 7.5.2. | Application manuelle sur des arbres fruitiers | 69 |
| 7.5.3. | Précautions..... | 70 |
| 7.5.4. | Application de lisain à grande échelle..... | 70 |
| 7.6. | Exemples de matériel d'épandage auto-construits | 71 |
| 7.7. | Expérimentations de fertilisation au lisain dans le projet Enville..... | 72 |
| 7.7.1. | Les pratiques de fertilisation sur la ferme partenaire..... | 72 |
| 7.7.2. | Fertilisation au lisain à l'arrosoir | 74 |
| 7.7.3. | Moto-pompe et tuyau d'arrosage | 74 |
| 7.7.4. | Goutte-à-goutte..... | 76 |
| 7.7.5. | Injecteur à engrais..... | 79 |
| 7.7.6. | Fertilisation au lisain : importance de la démonstration | 80 |
| | Conclusion..... | 82 |
| | Remerciements | 83 |
| | Références..... | 84 |

PREMIÈRE PARTIE

Cadre général du projet Enville

1. Introduction

1.1. Enjeux de la séparation à la source de l'urine

L'urine humaine, une alternative aux engrais issus de ressources fossiles

L'urine est riche en nutriments (azote, phosphore et potassium notamment), éléments essentiels à la croissance des plantes. Son utilisation comme fertilisant agricole permet d'assurer une agriculture soutenable (1), reposant sur des engrais locaux et durables, et non pas sur des engrais de synthèse, dépendants de ressources fossiles (gaz naturel, minerais). À titre d'exemple, la synthèse d'engrais azotés représente 2% de la consommation énergétique mondiale (2,3). La valorisation agricole de l'urine répond à de multiples enjeux actuels : hausse récente des prix de l'énergie et des engrais, baisse souhaitée des émissions de gaz à effet de serre, engrais azotés chers et peu disponibles en agriculture biologique, tensions sur la disponibilité en eau, etc.

L'urine humaine, une source de pollution dans nos cours d'eau

Par ailleurs, l'azote et le phosphore provenant de l'urine (et qui sont justement des nutriments essentiels pour l'agriculture) constituent une pollution importante s'ils sont rejetés dans les cours d'eau. Ainsi, la collecte et valorisation de l'urine permettent de diminuer la pression environnementale sur les rivières qui reçoivent les rejets issus de nos systèmes d'assainissement, qui ne traitent pas toute la pollution azotée reçue, provenant à plus de 80% de l'urine (4). En Île-de-France, 40% de l'azote excrété par les habitants est rejeté dans la Seine (5), et seulement 5% est valorisé via l'épandage des boues issues des stations de traitement des eaux usées (6). La collecte de l'urine à la source est d'autant plus importante en Île-de-France que la Seine est un fleuve relativement petit par rapport au bassin de population qu'il accueille (plus de dix millions d'habitants pour l'agglomération parisienne). La pression environnementale sur le fleuve s'aggrave aujourd'hui puisque la population continue à augmenter tandis que le débit fluvial diminue avec le réchauffement climatique (7). Ainsi, pour garantir le bon état écologique de la Seine, nous devons développer des solutions alternatives de gestion de nos excréments.

En outre, l'urine - à l'inverse des matières fécales - présente très peu de risques sanitaires biologiques ce qui facilite sa collecte et son utilisation en agriculture. Cette pratique permettrait de rendre circulaire notre système alimentation-excrétion, qui est aujourd'hui linéaire, polluant et énergivore (6).

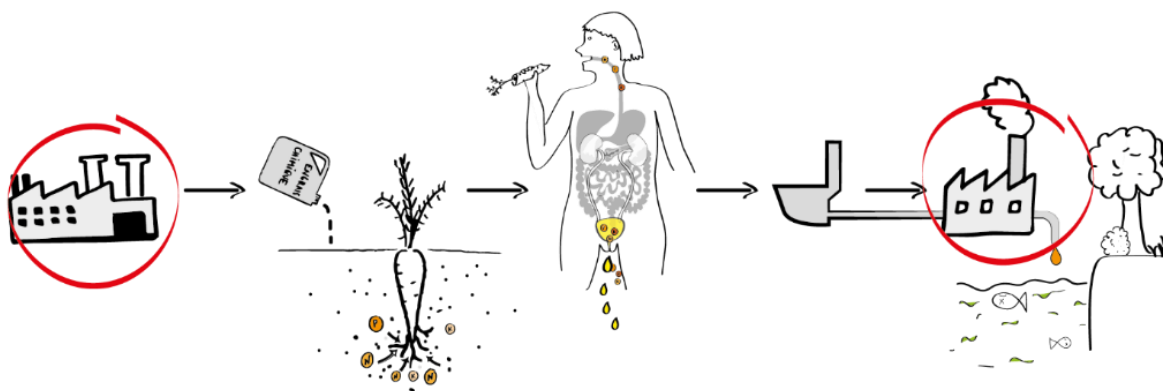


Figure 1 : Notre système « alimentation-excrétion » est actuellement linéaire, polluant et énergivore. Il repose d'un côté sur l'utilisation d'engrais de synthèse pour enrichir les sols en nutriments et de l'autre côté sur le traitement des eaux usées pour éliminer les nutriments issus de notre urine. On dépense autant d'énergie pour produire 1kg d'azote d'engrais chimiques que pour détruire 1kg d'azote issu de notre urine, en station de traitement des eaux usées.

Quelques chiffres clés (8)

- L'urine de 1 personne pendant un an = environ 500 m² de champs fertilisés.
- 25 millions de baguettes de pain par jour pourraient être préparées avec la production d'urine de toute l'Île-de-France.
- Comme les systèmes d'assainissement n'éliminent que 60% de l'azote des eaux usées, c'est comme si 4 millions de parisiens envoyaient l'azote de leur urine dans la Seine.
- Emissions de gaz à effet de serre liées au système alimentation-excrétion divisées par 3 par la collecte de l'urine et sa valorisation dans un champ à moins de 100 km
- 20% de la consommation d'eau des foyers représentée par la chasse d'eau

Le programme de recherche-action OCAP

Le projet Enville est porté par le programme de recherche-action OCAP (<https://www.leesu.fr/ocapi/>), au sein du LEESU (Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains) à l'École des Ponts ParisTech. Ce programme, qui est aussi centre de ressources public sur la séparation à la source de l'urine, vise à accompagner les transformations des systèmes alimentation/excrétion urbains dans un contexte de transition écologique et solidaire. Parmi les projets du programme OCAP, le projet Agrocapi (2017-2022) donne un état de l'art détaillé des enjeux de valorisation de l'urine humaine en agriculture. Vous pouvez en consulter les [fiches pratiques](#) (9) ou le [rapport complet](#) (8).

1.2. Pourquoi développer la collecte de l'urine dans l'habitat existant ?

De nombreux projets dans des constructions neuves

Le territoire francilien voit l'émergence de plusieurs projets de valorisation agricole de l'urine humaine, à moyenne et grande échelle. Par exemple, la ville de Paris a initié depuis 2015 l'installation de la séparation à la source de l'urine dans toute la ZAC Saint-Vincent-de-Paul dans le 14^{ème} arrondissement, soit plus de 600 logements et des infrastructures recevant du public (crèche, centre culturel, gymnase). A partir de 2026, l'urine sera collectée et transformée en engrais concentré, par stabilisation et distillation, grâce à une station de traitement installée au sein du quartier. Toujours sur le territoire francilien, l'Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay (EPAPS) a fait construire un bâtiment de bureaux de 5 étages dans lequel les urinoirs masculins sont reliés à une cuve d'urine, qui sera valorisée par un agriculteur céréalier installé à proximité. Ces deux projets de grande ampleur sont développés dans des contextes de construction neuve (ou réhabilitation très poussée), mais peu d'expérimentations existent pour expérimenter la collecte de l'urine dans des immeubles existants.

Par ailleurs, ces projets sont caractéristiques d'une dynamique prédominante aujourd'hui, dans laquelle les initiateurs ou concepteurs des systèmes sont relativement éloignés des futurs utilisateurs ou gestionnaires du lieu : ces derniers ne sont pas consultés et reçoivent un système qui leur est inconnu et qu'ils n'ont pas réclamé. De plus, dans l'exemple parisien, la technique de transformation de l'urine est relativement « high-tech » et peut être difficilement appropriable par les habitants, qui se verront équipés de toilettes à séparation d'urine nécessitant une vigilance d'entretien particulière de leur part.

Une demande citoyenne

En marge de ce type de grands projets, le programme Ocap est témoin d'un intérêt croissant des citoyens envers les techniques d'assainissement alternatif. En effet, les membres du programme sont sollicités régulièrement par des habitants franciliens qui souhaitent participer individuellement à valoriser en agriculture les nutriments contenus dans leur urine, plutôt que de les diluer dans l'eau et les envoyer dans les égouts. Ainsi, nous avons connaissance d'habitants à Paris et en petite

couronne qui collectent déjà leur urine dans l'espoir de la valoriser en engrais, mais ils peinent grandement à trouver des débouchés. La mise en place de filières low-tech et citoyennes de valorisation de l'urine humaine en centre-ville permettra de répondre à cette demande et d'en faire émerger de nouvelles.

Les projets de grande ampleur mentionnés ci-dessus sont nécessaires pour « passer à l'échelle » et avoir un impact significatif sur l'approvisionnement en engrais et la réduction de la pollution des cours d'eau. Mais soutenir les volontés citoyennes, pour en faire un moteur de projets émergents et novateurs nous semble tout autant important. Ces « primo adoptants »(10) permettent d'esquisser de nouvelles possibilités pour le futur, qui seront reprises ensuite à plus grande échelle.

Enfin, la collecte de l'urine humaine est relativement simple à mettre en œuvre techniquement, en tout cas elle ne présente pas de défi technique particulier. En effet, il « suffit » d'un urinoir sans eau, d'une canalisation et d'une cuve, puis d'attendre un à six mois que l'urine se « transforme » toute seule (cf. section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) pour produire un urino-fertilisant prêt à l'emploi en agriculture (11). L'utilisation de l'urine comme alternative aux engrais de synthèse est donc surtout une question d'organisation de la société, de logistique de stockage et de transport, de réagencement des métiers et des responsabilités, entre consommateurs, habitants, urbanistes, professionnels de l'assainissement, agriculteurs, etc. Comme bien souvent d'ailleurs dans les projets qui visent à valoriser des « déchets » qui sont pourtant bien des ressources : faire du compost à l'échelle de son quartier ou mettre en place la collecte de bouteilles consignées n'est pas un défi principalement technologique mais bien un défi organisationnel. Nous faisons le pari qu'il en est de même pour la collecte de l'urine à domicile.

1.3. Les principes du projet Enville

Low-tech

Le projet Enville a été lauréat de l'appel à manifestation d'intérêt "Stratégies low-tech d'innovation en Île-de-France" (édition 2020). Dans l'esprit de cet appel à manifestation d'intérêt, le projet Enville cherche à développer des objets et protocoles qui puissent être reproduits par le plus grand nombre de personnes, dans l'objectif de favoriser le développement de filières à l'initiative de citoyens. Nous entendons par « initiative citoyenne » des groupes d'habitants ou de consommateurs qui décident de s'organiser pour valoriser leur urine et de la mettre à disposition de la production agricole, plutôt que de la perdre dans l'eau des toilettes où elle devient une source de pollution.

Les objets proposés dans le projet Enville se doivent donc d'être simples techniquement, facilement accessibles, relativement peu coûteux, et les plus sobres possibles dans les matériaux employés.

Aussi, nous rappelons ici les principes de la low-tech que nous chercherons à appliquer (12) :

- 1- utile : répondre à des besoins essentiels tels que la santé, l'alimentation, l'habitat...
- 2- durable : robuste, modulaire, réparable, fonctionnelle.
- 3- accessible : économiquement mais aussi en termes de connaissances.

Tirer parti des opportunités logistiques existantes en contexte urbain dense

Dans un objectif de sobriété et d'économie de moyens, le projet Enville s'efforce de tirer parti des opportunités et logistiques existantes au sein des villes. Ainsi, le projet s'intéresse au « retour à vide » des camions qui acheminent des denrées agricoles en circuit court : comment ces véhicules pourraient participer à la boucle des nutriments en ramenant l'urine des citadins dans les espaces agricoles ?

L'autre opportunité à laquelle le projet Enville s'intéresse pour valoriser l'urine en contexte urbain, c'est l'agriculture urbaine et les jardins partagés : comment ces espaces peuvent-ils recevoir l'urine des habitants autour et la valoriser sur leurs espaces de cultures ?

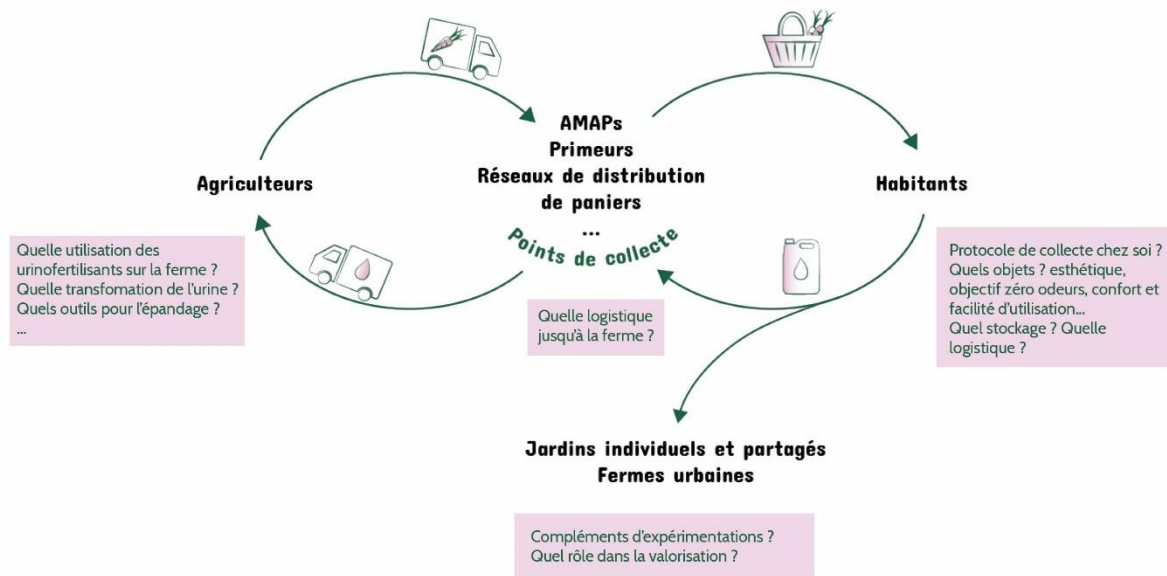


Figure 2 : Le projet Enville cherche à tirer parti des flux existants entre la ville et les territoires agricoles autour, pour valoriser en agriculture l'urine collectée en ville.

Réalisation concrète

L'objectif du projet Enville est de faire exister au moins une filière opérationnelle, dans les meilleures conditions possibles et en se confrontant aux réalités de terrain. Le programme Ocap, dans une dynamique de « recherche-action », revendique qu'il est important de produire des vrais exemples de filières, dans une diversité de contextes, pour fournir la démonstration qu'il est possible d'imaginer une gestion alternative et durable de nos urines (et matières fécales, pour d'autres projets). En effet, la réalisation opérationnelle d'une filière permet plusieurs choses :

- Une démonstration concrète, par l'exemple, pour accélérer le changement : le fait de « déjà exister » permet d'aller au-delà des scénarii fictifs de projection. Chaque acteur concerné et sollicité par le projet, chaque partie prenante, peut se projeter dans un futur proche où on « fait autrement ».
- Se confronter aux questions et problèmes concrets que posent les filières de valorisation de l'urine : la mise en œuvre opérationnelle permet de soulever très explicitement les défis techniques mais aussi règlementaires ou socio-culturels, qui ne sont qu'abordés théoriquement dans la construction de scénarii fictifs.

La séparation à la source de l'urine est déjà là, elle est relativement facile à mettre en œuvre dans certains contextes, développons-la !

2. Démarrer une micro-filière de valorisation de l'urine humaine

2.1. Comment utiliser ce rapport pour monter votre propre filière de collecte d'urine ?

Si vous lisez ce document, c'est peut-être que vous cherchez à développer une filière citoyenne de collecte d'urine humaine. Peut-être même que vous collectez déjà de l'urine chez vous et cherchez un moyen de la valoriser ! Ce document vous permettra de comprendre les choix qui ont été faits pour le projet Enville, et de vous en inspirer pour les adapter à votre propre contexte. L'objectif de ce document n'est donc pas de décrire précisément comment vous devriez faire, mais de vous indiquer comment nous avons procédé pour développer la filière du projet Enville. Chaque projet de séparation à la source de l'urine aura ses spécificités propres car leur développement est très dépendant du contexte, de ses contraintes et opportunités(13,14).

2.2. Précautions à prendre avant de se lancer

Le développement d'une filière de collecte et valorisation de l'urine nécessite la coordination d'au moins deux groupes de participants – les « donneurs » d'urine et l'agriculteur.ice – et éventuellement des parties prenantes intermédiaires, auxquels vous n'auriez peut-être pas pensé en premier lieu. Représentez la filière correspondant à *votre contexte* afin d'identifier tous les maillons et les acteurs associés.

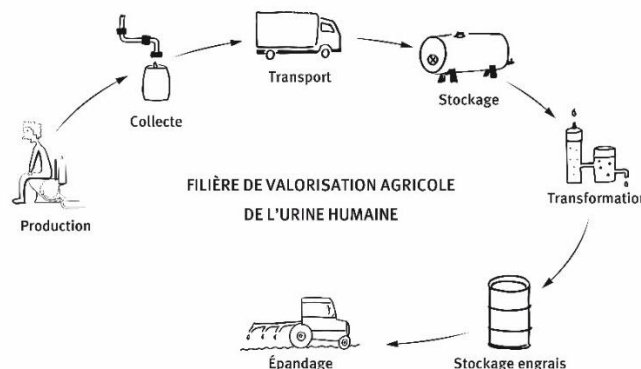


Figure 3 : Exemple (théorique) de filière de valorisation agricole de l'urine humaine.

Le Rich Earth Institute (15) propose 5 points clés sur lesquels porter son attention pour démarrer une filière citoyenne de collecte d'urine :

- 1- Identifier et sensibiliser toutes les parties prenantes du projet
- 2- Développer les partenariats nécessaires pour faire fonctionner le projet, prendre en compte les contraintes des partenaires dans le développement du projet
- 3- Identifier clairement un « noyau » responsable du projet sur le long terme (ou toute la durée du projet si c'est une collecte temporaire, circonscrite dans le temps)
- 4- Comprendre votre contexte et ses caractéristiques spécifiques
- 5- Bien organiser l'ensemble de la filière : dans quoi collecter l'urine, comment l'acheminer, quel traitement et quel stockage, comment elle sera épandue.

Identifier et sensibiliser toutes les parties prenantes du projet

La plupart des partenaires que vous allez solliciter n'ont probablement jamais entendu parler de la séparation à la source de l'urine. Pour comprendre l'importance de mettre en place la fertilisation

à l'urine et les enjeux environnementaux associés, il faut être familier avec plusieurs notions de domaines distincts :

- Connaître l'assainissement actuel et savoir que les nutriments de notre urine (notamment l'azote) constituent une pollution pour nos cours d'eau ;
- Connaître le fonctionnement de l'agriculture et la dépendance du système alimentaire actuel en engrais de synthèse et donc en ressources fossiles (gaz naturel, minéral).

Ainsi vous devrez vous familiariser avec l'ensemble de ces enjeux pour pouvoir les expliquer et les vulgariser auprès des différentes personnes à qui vous présenterez le projet. De notre expérience, il arrive souvent que quelqu'un puisse être tout à fait réticent à l'utilisation de l'urine en agriculture, mais une fois qu'on a pris le temps de lui expliquer convenablement les enjeux, son avis peut changer radicalement, la personne peut même devenir ambassadrice du sujet ! Le « déclic » vient souvent du fait de comprendre l'absurdité du système actuel qui consomme autant d'énergie à synthétiser de l'azote pour l'agriculture, qu'à détruire l'azote provenant de notre urine qui est « perdu » dans les eaux usées et qui devient alors une pollution, sans compter la question de l'économie d'eau liée à la chasse d'eau que vous ne tirerez plus à chaque miction !

Préparez-vous aussi à devoir répondre aux questions fréquemment posées : résidus pharmaceutiques, pathogènes et enjeux sanitaires, réglementation, etc. Vous trouverez de nombreuses documentations et références sur le site internet du programme OCAP (www.leesu.fr/ocapi). Nous vous recommandons notamment la lecture des fiches synthétiques « Utiliser l'urine humaine en agriculture » (9).

Prendre en compte les contraintes des partenaires dans le développement du projet.

Si le projet est trop contraignant, certaines personnes voudront mettre fin à leur participation, même si elles vous paraissent très motivées au début. Nous pensons notamment aux partenaires agricoles : beaucoup d'agriculteurs ont déjà un métier difficile, avec des longues journées, un travail souvent physique et beaucoup de charge mentale, aussi bien technique qu'administrative. Essayez de rendre leur participation la plus simple et pratique possible, et ne partez surtout pas du principe que vous leur faites une faveur en leur mettant de l'urine à disposition !

Identifier clairement un « noyau » responsable du projet sur le long terme (ou toute la durée du projet si c'est une collecte temporaire, circonscrite dans le temps).

Il est impératif d'avoir des personnes clairement identifiées à contacter en cas de besoin ou de problème. Il faut aussi que ces personnes référentes puissent répondre aux questions des différentes parties prenantes, d'après les points 1 et 2.

Comprendre votre contexte et ses caractéristiques spécifiques.

Ce document vous permet de comprendre les choix qui ont été faits pour le projet Enville, et de vous en inspirer pour les adapter à votre propre contexte. L'objectif de ces « fiches pratiques » n'est donc pas de décrire précisément comment vous devriez faire, mais de vous indiquer comment nous avons procédé pour développer la filière du projet Enville. Chaque projet de séparation à la source de l'urine se construit en fonction des contraintes et opportunités de son contexte.

Bien organiser l'ensemble de la filière : dans quoi collecter l'urine, comment l'acheminer, quel traitement et quel stockage, comment elle sera épandue.

Il suffit qu'un seul maillon de la chaîne soit dysfonctionnel pour que toute la dynamique soit mise en échec, quand bien même les autres maillons fonctionnent très bien. Anticipez donc bien les contraintes de chaque maillon (parties prenantes, dispositifs techniques, cadre réglementaires...) et les interdépendances entre eux.

3. La filière développée dans le projet Enville

3.1. Orientations choisies dans le développement du projet

Le projet s'est développé avec l'objectif principal de mettre en place au moins une filière opérationnelle. Il s'agissait donc, en premier lieu, de trouver les participants de la filière : habitants, agriculteurs, acteurs intermédiaires, etc. Ainsi, le projet qui s'est organisé de décembre 2021 à novembre 2023 repose uniquement sur les opportunités rencontrées pendant ce laps de temps, et sur les conditions posées par les personnes qui ont accepté d'y participer.

Pour revenir sur les étapes de développement du projet, nous avons d'abord fait un appel à participation aux habitants franciliens, par l'intermédiaire de la lettre d'information du programme OCAPI. Nous avons aussi repris contact avec les personnes qui nous avaient sollicités dans le passé parce qu'elles avaient déjà commencé à collecter leur urine. Ceci a constitué un premier groupe de participants d'environ 20 personnes, dispersés entre Paris et la banlieue Est.

Par ailleurs, nous étions déjà en relation avec un site d'agriculture urbaine parisien, qui expérimentait la fertilisation à l'urine humaine depuis deux saisons maraîchères. Nous avons donc proposé à l'association gestionnaire du site de participer au projet Enville, en tant que lieu de valorisation de l'urine.

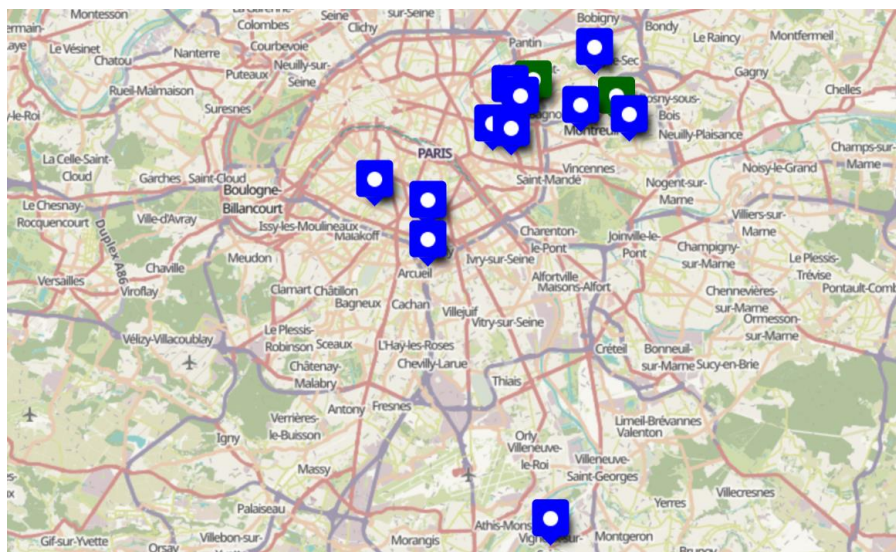


Figure 4 : Carte des potentiels participants au projet Enville. En bleu : habitants franciliens volontaires pour collecter leur urine à domicile. En vert : sites possibles pour des points d'apport volontaire d'urine (mais non développés pour le moment).

En parallèle, une autre opportunité de filière, plus facile à organiser, s'est présentée à nous : il s'agit d'une AMAP¹, dans laquelle un petit groupe d'adhérents était motivé pour collecter leur urine chez eux et le maraîcher qui livre les légumes était volontaire pour expérimenter la fertilisation à l'urine sur sa ferme. Cette opportunité nous permettait d'avoir, à la fois, le gisement d'urine et le débouché de valorisation agricole, avec également l'organisation logistique via le camion de livraison de l'agriculteur. Ne pouvant accorder du temps à toutes les opportunités, nous avons choisi de développer plutôt cette filière-ci, au détriment des autres habitants qui sont donc malheureusement encore en attente d'une filière fonctionnelle.

¹ AMAP = association pour le maintien d'une agriculture paysanne.

Enfin, nous collectons aussi de l'urine sur le campus de l'École des Ponts ParisTech, site principal du programme Ocap. Cette collecte nous permet de tester certains dispositifs mais surtout d'augmenter le volume total d'urine disponible pour les essais de fertilisation.

3.2. L'AMAP partenaire du projet Enville

AMAP signifie « Association pour le maintien d'une agriculture paysanne ». C'est une association de consommateurs qui se regroupent pour contractualiser, avec une ou plusieurs fermes paysannes, la vente directe de leurs produits, souvent pour une année entière. Il s'agit d'un engagement réciproque, sur une période définie, où les membres consommateurs (= les amapiens et amapiennes) s'engagent à venir récupérer chaque semaine un « panier » (souvent de légumes mais aussi parfois d'autres denrées alimentaires : fromage, œufs, pain, viande...) livrés en direct par les agriculteur.ices, qui, en retour, s'engagent sur l'approvisionnement pour la période définie. Les paniers sont généralement payés à l'avance, pour l'année entière ou pour le trimestre, permettant aux producteurs d'avoir de la trésorerie pour leur activité et une garantie de revenu quels que soient les aléas de la saison, en particulier climatiques. Très souvent, les amapien.nes s'engagent à venir aider de temps en temps sur la ferme pour des chantiers spécifiques, le temps d'une journée ou ½ journée, organisée bien à l'avance. Ce mode de consommation regroupe habituellement des citoyens particulièrement engagés pour soutenir une agriculture de petite échelle, locale et respectueuse de l'environnement (très souvent en Agriculture Biologique). Le fait d'être membre d'une AMAP est aussi une démarche « d'auto-organisation » - au moins pour une partie d'entre eux qui organisent l'association - puisqu'il n'y a pas d'acteurs intermédiaires qui gèrent la logistique pour les consommateurs ou les producteurs.

L'agriculteur partenaire du projet Enville connaissait déjà la thématique de la fertilisation à l'urine humaine et était très volontaire pour tester la pratique sur sa ferme. Il avait même évoqué ce sujet aux adhérents de l'AMAP lors de l'inauguration de l'association en 2020 : « je vous apporte des nutriments dans les légumes, un jour vous me ramènerez les nutriments *via* votre urine ».

Si le programme Ocap est très actif pour organiser la filière au sein de l'AMAP depuis 2021, l'objectif est qu'au bout d'un certain temps celle-ci soit autonome dans son fonctionnement, entre les habitants et la ferme qui livre chaque semaine.

Les étapes pour développer le projet avec l'AMAP

Dans l'objectif de témoigner explicitement comment s'est développée la filière au sein de l'AMAP, nous détaillons les étapes qui ont permis la rencontre avec les participants du projet.

Nous étions déjà en contact avec une personne membre de l'AMAP, qui connaissait bien le programme OCAP et la thématique de la fertilisation à l'urine humaine. Par ailleurs (et c'est une coïncidence), l'agriculteur-paysan de l'AMAP connaissait également le programme OCAP et la thématique. Interrogé par ce membre de l'AMAP, l'agriculteur a manifesté un vif intérêt pour expérimenter la fertilisation à l'urine humaine sur sa ferme. Son exploitation s'y prête d'autant plus qu'elle est très diversifiée et présente de nombreuses opportunités, en plus du maraîchage, pour tester la pratique : cultures de fleurs, petits fruits, céréales...

Suite à ces premiers échanges « de principe » avec ces deux personnes, nous avons pu proposer le projet à l'AMAP, selon le calendrier suivant :

Janvier 2022 : Prise de contact par mail, d'un côté avec les membres du bureau de l'AMAP et de l'autre côté avec l'agriculteur, pour leur présenter le projet.

Février 2022 : Rencontre avec l'agriculteur sur la ferme, accompagnement pour la livraison et présence lors d'une distribution, à la fois pour rencontrer les membres du bureau mais aussi découvrir l'organisation logistique de l'AMAP. Pour ce premier rendez-vous, nous sommes restés discrets sur le projet, puisque nous souhaitions organiser une communication officielle à tous les membres de l'AMAP. Avec les membres du bureau, nous avons convenu de la marche à suivre pour cette communication officielle : organisation d'une réunion d'information, annoncée dans la prochaine « lettre d'info » de l'AMAP envoyée régulièrement à tous les membres.

Mars 2023 : Organisation de la réunion d'information et appel à participation. Nous avons d'abord présenté les enjeux généraux de la fertilisation à l'urine, puis nous avons donné quelques exemples de projets existants, et enfin nous avons présenté le projet Enville et proposé aux personnes intéressées pour participer de se manifester.

Avril 2023 : Deuxième appel à participation auprès de tous les membres de l'AMAP par la lettre d'information ; inscription progressive des participant.e.s.

En novembre 2023, nous avons 17 participant.e.s répartis dans 14 foyers.

À retenir : La fertilisation à l'urine humaine est un sujet encore peu connu et il ne faut partir du principe ni que les gens sont au courant ni qu'ils seront volontaires pour soutenir la démarche (cf. section « Précautions à prendre avant de se lancer »). Dans chacune des communications que nous avons faites pour mobiliser des parties prenantes, nous avons veillé à toujours rappeler les enjeux.

3.3. Méthodologie de conception dans le projet Enville

Dans le projet Enville, les participants (habitants et agriculteurs) sont décisionnaires pour l'organisation de la filière mais aussi les objets et protocoles développés. Différents scénarii logistiques possibles leur ont été proposés jusqu'à décider du fonctionnement.

Le travail de conception a consisté à :

- Apporter une veille sur les options possibles
- Proposer et si possible tester ou faire tester les options qui semblaient pertinentes
- Développer les prototypes retenus par les participants.

Conception avec les habitants

Les premiers choix relatifs à la filière côté habitants ont fait l'objet de deux temps d'échanges spécifiques, où différentes options leur étaient présentées. Il s'agissait de rassembler et proposer des objets déjà existants, permettant de collecter l'urine à domicile, puis de la transporter jusqu'au lieu de distribution des légumes.

Par ailleurs, en amont de ces temps d'échange, les habitants avaient répondu à deux questionnaires dans l'objectif de :

- Comprendre leur contexte d'habitation (colocation, famille, seul), comment ils se rendent à l'AMAP, la configuration de leur logement (appartement, maison, étage, ascenseur...)
- Savoir dans quelles options logistiques ils se projetaient : le choix du contenant, du point d'apport volontaire, ...

Ceci a permis déjà de dégager des hypothèses pour les lieux de stockage de l'urine, et certaines personnes ont proposé de stocker des bidons pleins ou de participer à la logistique avec leurs véhicules (vélo triporteur, voiture...) ; mais ces options n'ont pas été retenues ensuite.



Figure 5 : Discussions avec les membres de l'AMAP autour des objets de collecte d'urine à domicile

Propositions de logistique avec la ferme partenaire

Les agriculteur.ices travaillent beaucoup et sont déjà sur-sollicité.e.s par une diversité de tâches et d'acteurs, aussi bien sur le plan technique, qu'administratif ou commercial. Même s'ils paraissent très motivés par le projet, il est fort probable qu'ils n'aient que très peu de temps à y accorder. Il faut donc optimiser les temps d'échange et de discussion, mais aussi organiser la logistique de façon à leur alléger le plus possible le temps qu'ils devront investir dans la filière. Si la collecte ou l'épandage sont trop compliqués ou avec des outils peu adaptés, ils mettront probablement fin à leur participation.

Dans le cadre du projet Enville, l'agriculteur était d'accord sur le principe de faire le « retour à vide » de son camion avec l'urine, lors de la livraison. Nous lui avons proposé les logistiques possibles à travers un « arbre logique » présentant toutes les options auxquels nous avons pensé. Ceci a servi de support de discussion pour qu'il identifie celles qui étaient les plus adaptées pour lui. Ce document a aidé aussi à la projection concrète dans la participation au projet, à partir des outils qui seront effectivement déployés.

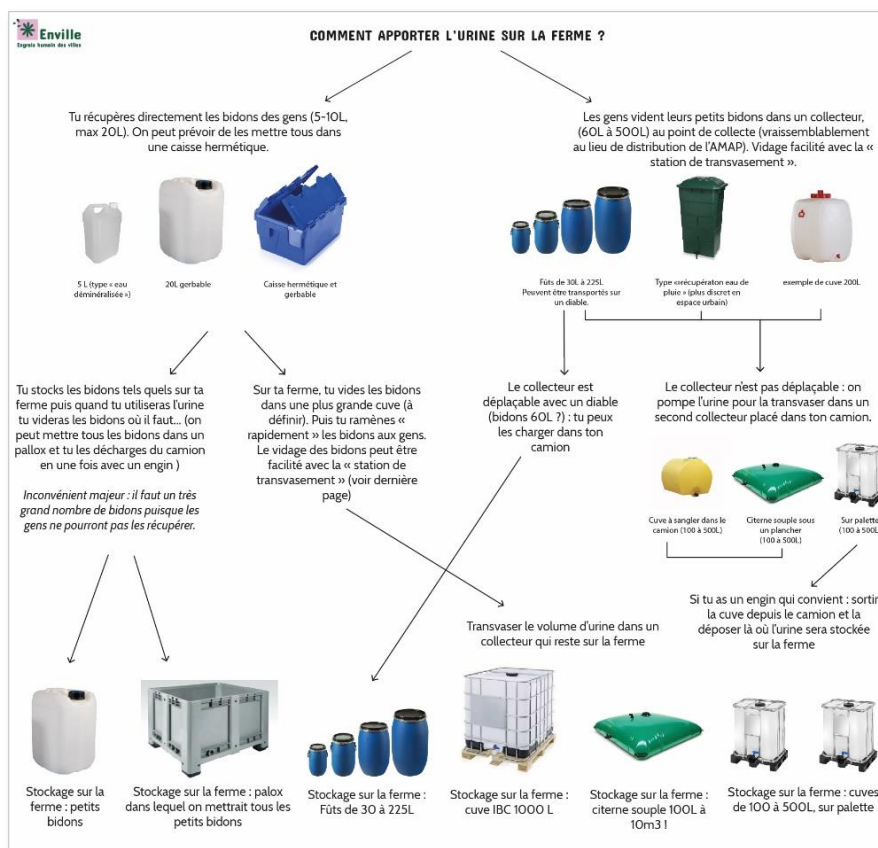
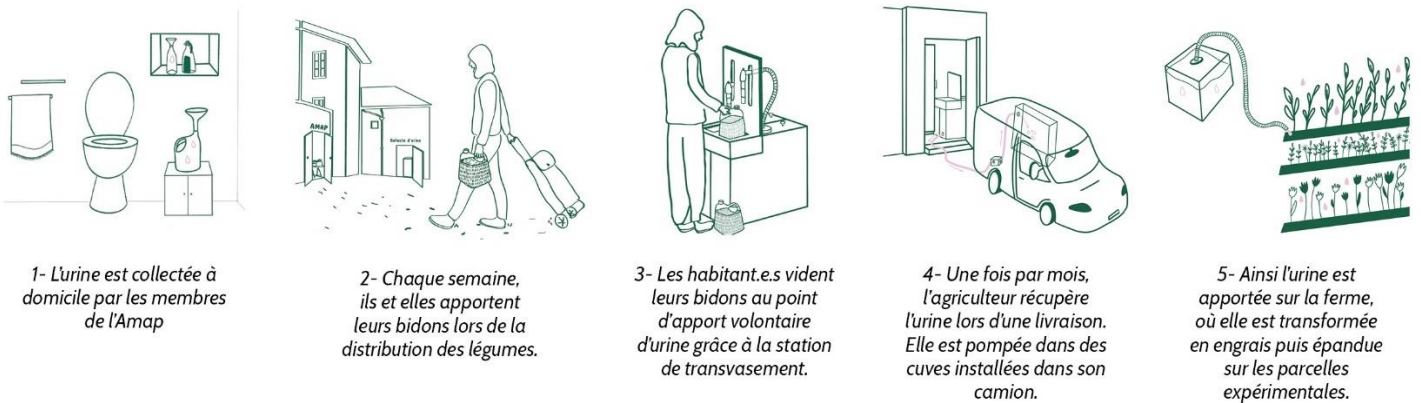


Figure 6 : Arbre logique présenté à l'agriculteur pour les choix logistiques et le matériel associé à chaque option.

Nous détaillons dans la section « Point d'apport volontaire d'urine et logistique jusqu'à la ferme » les arbitrages que nous avons faits sur certains choix logistiques.

3.4. Fonctionnement de la filière avec l'AMAP

À partir de ces temps d'échange, voici ce qui a été décidé pour la logistique de la filière :



3.5. Filières « secondaires » développées dans le projet Enville

Site d'agriculture urbaine dans Paris

Nous avons cherché à collaborer avec un site d'agriculture urbaine, comme lieu de débouché possible pour l'urine collectée à proximité. Le site présente 4500 m² de maraîchage diversifié (800kg produits en 2022) et cultures de fleurs. Les personnes en charge du site avaient identifié que le sol était particulièrement pauvre et elles cherchaient depuis quelques temps à l'enrichir par différents moyens. Elles étaient déjà très mobilisées pour apporter de la matière organique au sol et avaient un partenariat avec un centre équestre pour récupérer du crottin de cheval, en plus du compost produit sur place. L'association avait déjà interrogé le programme OCAPI sur la fertilisation à l'urine humaine et un chercheur du programme était venu présenter la thématique et les pratiques possibles.

L'été 2021, l'association s'était faite livrer de l'urine dans une cuve de 1000 litres (urine collectée lors de festivals par une entreprise de toilettes sèches). Faute d'outils adaptés, l'application de l'urine avait été assez fastidieuse : à l'aide d'un arrosoir de 10 litres, urine diluée 10 fois donc d'autant plus de volume à épancher, sur des parcelles parfois éloignées de la cuve...

Malgré ces difficultés, les membres de l'équipe étaient motivés pour continuer à expérimenter cette pratique. En 2022, nous leur avons proposé d'installer un système « injecteur à engrais venturi » pour faciliter l'application d'urine diluée (cf. section « Expérimentations de fertilisation au lisain dans le projet Enville »). Ce système leur a permis d'épancher les 2000 litres disponibles.

Nous gardons en tête la possibilité d'installer un point d'apport volontaire d'urine sur ce lieu, à disposition des habitants qui collectent chez eux. Cela n'a pas encore pu être mis en place, par manque de temps mais aussi en raison de quelques freins logistiques et humains qu'il fallait lever progressivement :

- l'espace de maraîchage est associé à un établissement scolaire et l'accès pour un public extérieur est très limité
- le personnel qui travaille sur le site n'est pas encore « prêt » pour que nous mettions en place un tel projet, nous devons encore les familiariser avec la question de la fertilisation à l'urine humaine.

Collecte de l'urine à l'École des Ponts ParisTech et au sein du laboratoire

- Point d'apport volontaire d'urine

Afin de tester les systèmes de transvasement de l'urine, un point d'apport volontaire d'urine a été installé à l'École des Ponts ParisTech dans un local technique du LEESU. Ce point d'apport, de petite capacité (bidons de 60L), est à disposition des membres de l'équipe OCAP uniquement. En octobre 2023, trois personnes participent à cette collecte, et viennent déposer régulièrement leur urine.

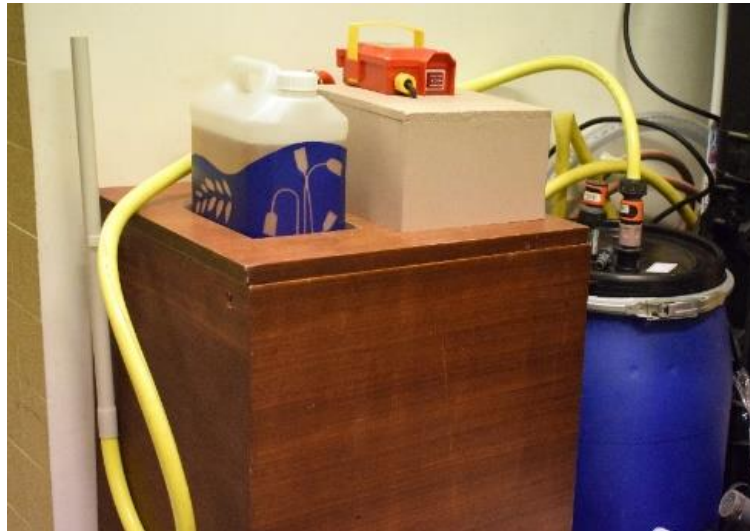


Figure 7 : Point d'apport volontaire d'urine au LEESU et prototype de système de transvasement.

- Urinoir de collecte

De plus, dans un bâtiment du campus il y a également un urinoir sans eau relié à une cuve de 300 litres qui collecte l'urine. Cet urinoir nous a permis d'augmenter considérablement les volumes d'urine disponibles pour l'agriculteur dès 2023, même si la filière à l'AMAP n'était pas encore totalement fonctionnelle.



Figure 8 : Urinoir masculin sans eau (à gauche) relié à une cuve de collecte d'urine au sous-sol (à droite).

4. D'autres exemples de micro-filières de valorisation de l'urine humaine

Il existe d'autres projets de filières citoyennes de valorisation des excréments humains, qui constituent autant d'exemples pour inspirer le développement de nouveaux projets. Nous avons rencontré les personnes en charge de ces filières afin de comprendre leur fonctionnement et les choix qui avaient été faits.

4.1. La Fumainerie, à Bordeaux

La Fumainerie est le premier réseau urbain de collecte et valorisation des excréments humains. De 2020 à 2022, ce réseau a proposé aux habitants du centre-ville de Bordeaux la possibilité de remplacer leur toilette à chasse d'eau en toilette sèche, avec un service de collecte des matières en porte à porte, puis leur valorisation en compost ou fertilisant agricole.

Malgré le succès de ce projet (60 personnes équipés, et la majorité des participants ne souhaitait pas retourner aux toilettes à chasse d'eau), il a pris fin en décembre 2022. Cependant, cette initiative a permis de faire émerger une dynamique forte sur le territoire bordelais, en faveur de la valorisation des biodéchets et de l'assainissement écologique, qui s'est concrétisée par la création d'un collectif, la MAMMO (Maison de la Matière Organique).

Plus d'information sur <https://www.lafumainerie.com/>



Figure 9 : A gauche, toilettes sèches à séparation d'urine, modèle Bibok, développé par Un Petit Coin de Paradis ; A droite, collecte en porte-à-porte des urines (bidons) et fèces (boîtes bleues) à l'aide d'un vélo triporteur.

4.2. Le Rich Earth Institute, dans le Vermont (États-Unis)

Le Rich Earth Institute, situé dans le Vermont aux États-Unis, est une organisation à but non lucratif en faveur de l'assainissement écologique, et notamment la valorisation agricole de l'urine. Ils sont à la fois institut de recherche et communauté de producteurs d'urino-fertilisants, puisqu'ils ont organisé la première filière étasunienne (mondiale ?) de collecte d'urine à domicile avec point d'apport volontaire et débouché de valorisation agricole.

Leur initiative est un très bon exemple de recherche-action, puisque l'institut a commencé par un projet modeste mais très concret de collecte d'urine suivi d'un épandage sur des prairies fauchées en partenariat avec une ferme : ce projet les a poussés à être pionnier sur plusieurs aspects de

l'assainissement écologique aux Etats-Unis, notamment administratif et juridique, en obtenant des autorisations fédérales officielles. Depuis la première collecte, en 2012, ils ont développé des outils et savoir-faire, réalisés de nombreuses expérimentations relatives à la fertilisation à l'urine, fédéré une communauté internationale avec l'organisation annuelle du « Rich Earth Summit » (conférence internationale relative à la valorisation des excréments humains), tout en faisant grandir la communauté de « donneurs » (d'urine) sur leur territoire. Ils ont rédigé un guide, « Urine Diversion Guide », pour partager leur expérience sur le développement de filière de valorisation de l'urine humaine.

Pour en savoir plus : <https://richearthinstitute.org/> et le « Urine diversion guide »².

² Ce guide sera bientôt disponible en français sur le site internet OCAP.

SECONDE PARTIE

Description détaillée des maillons de la filière du projet Enville

5. Les objets de collecte à domicile

5.1. Le choix du contenant

Dans la mesure où tous les participants du projet se rendent à l'AMAP à pied ou à vélo, avec un cabas, des sacoches ou un chariot de courses, il était important que le poids du contenant plein ne soit pas un frein à la logistique. Nous avons donc décidé qu'un volume de 5 litres par bidon était le plus pratique.

Ce choix a aussi été guidé par la disponibilité de bidons de 5L en réemploi : la plupart des produits ménagers à destination des professionnels sont vendus dans des bidons de 5L, qui sont ensuite jetés (au mieux recyclés). Les particuliers achètent aussi des produits en bidons de 5L (lessive, eau déminéralisée, vinaigre, huile, etc.)

Il a donc été très facile de trouver plusieurs dizaines de bidons de 5L auprès de différentes structures :

- En demandant au personnel d'entretien dans les lieux de travail des participants
- Dans l'espace de recyclage de l'École des Ponts ParisTech, où les bidons vides sont entreposés avant d'être évacués
- Dans n'importe quel bar, restaurant : nous avons demandé de mettre les bidons vides de côté. Il faut passer régulièrement pour qu'ils n'aient pas besoin de les stocker.

Des bidons de 15 et 20L ont aussi été récupérés auprès d'un pressing (bidons de lessive), mais ces volumes ont été jugés vraiment trop inconfortables à transporter par les participants.

Seuls les bidons contenant des produits non toxiques (savon, vinaigre blanc, produit nettoyant pour le sol, lessive, ...) ont été récupérés. Tous les bidons ont été rincés avant usage et, quand c'était possible, débarrassés de leurs étiquettes, essentiellement pour des aspects esthétiques (cf section « décoration des bidons »).

Les bidons entièrement opaques n'ont pas été gardés car il est difficile de voir le niveau de remplissage. Les bidons totalement transparents ont aussi été évités progressivement car ils laissaient apparaître des dépôts après plusieurs mois d'utilisation. Nous avons utilisé des bidons opaques présentant une ligne transparente sur le côté, ce modèle était particulièrement présent à l'École des Ponts ParisTech.

Une famille avait choisi un bidon qui contenait de l'huile d'olive. Ce bidon était plus esthétique mais malheureusement il présentait une ouverture très étroite et nous avons malheureusement dû uniformiser le modèle de bidon utilisé pour faciliter la conception de la station de transvasement.



Figure 10: A gauche, bidon 5L avec ligne transparente pour contrôle visuel du niveau. Au milieu, nettoyage des bidons et décollage de l'étiquette. A droite, dépôts sur les parois d'un bidon d'urine translucide.

5.2. L'urinoir d'appoint

Les participants du projet sont équipés de toilettes à chasse d'eau et il n'a pas été question d'enlever cette installation, puisqu'elle permet d'évacuer aussi les fèces et de conserver la possibilité d'évacuer les urines par les égouts si besoin. L'objectif était donc de concevoir un dispositif destiné à recueillir l'urine, installé en plus des toilettes et de façon plutôt temporaire, sans faire de travaux conséquents. Nous l'appellerons « urinoir d'appoint », même si les participants n'urinent pas forcément directement dedans.

Etat des lieux des pratiques existantes de collecte d'urine à domicile

La première étape de conception de l'urinoir d'appoint a été de récolter des témoignages auprès de personnes qui collectent déjà l'urine chez eux, avec des systèmes simples, en plus de leurs toilettes habituelles. La collecte de témoignages s'est faite à travers trois moyens principaux :

- appel à témoignages auprès des membres du Réseau de l'Assainissement Ecologique, dont le programme Ocap est membre
- réseaux sociaux : recherches sur le groupe facebook « toilettes sèches » ou auprès du « low-tech lab »
- forum de Susana (Sustainable Sanitation Alliance) : Sanitation Systems → Toilets with urine diversion → Urinals

Nous avons regroupé les dispositifs de ces témoignages en trois catégories :

- ceux pour uriner assis.e (urinoirs assis ou toilettes à séparation d'urine)
- ceux pour uriner debout
- les objets intermédiaires à vider ensuite dans le bidon.

SEAU (ET COPEAUX)



Figure 11: Lunette de toilette et double seau en plastique : Grand pour la hauteur de l'assise, petit avec anse pour transport des matières. Ajout de matière sèche (copeaux et feuilles morte). Tissu pour cacher le contenu. Source : témoignage RAE.

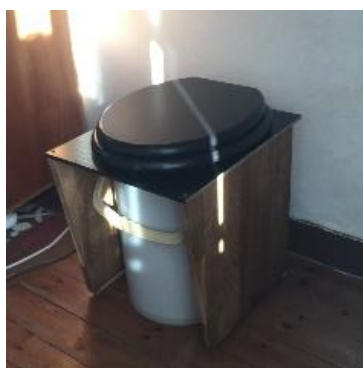


Figure 12: Seau en plastique, assise auto-construite en bois et lunette de toilette. Source : témoignage RAE.

TOILETTE À SEPARATION D'URINE

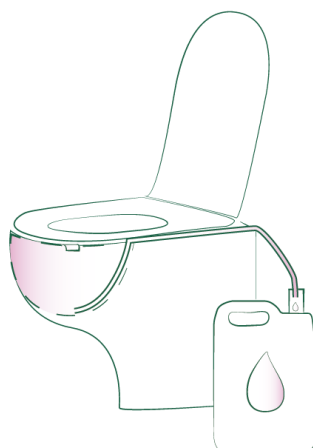


Figure 13 : Représentation schématique d'un séparateur à insérer dans une toilette à chasse d'eau, relié à un bidon de 5L. Système développé par l'entreprise PEELLOOP. Il est également possible d'uriner dans une baignoire installée sous la lunette des toilettes, puis de la vider ensuite dans le bidon collecteur : cf. section « uriner dans un objet intermédiaire » page 27.

URINER ASSIS.E



Figure 14: Toilettes sèches à séparation « Bibok » développées par Un Petit Coin de Paradis. A droite, système intérieur de la toilette : séparateur en céramique, bidon de 10 litres en dessous pour l'urine, caisse en plastique refermable pour les fèces, les copeaux et le papier toilette (matériel disponible sur <https://www.bibok.fr/>) Crédit : La Fumainerie.

SIÈGE (URINOIR ASSIS)



Figure 15 : Siège associé à un grand entonnoir et un bidon en-dessous. Crédit : [Toilets for people](https://www.toiletsforpeople.com/)

ENTONNOIR POSÉ DANS LE BIDON



Figure 16: Bouchon « à clipser » (pour l'ouvrir plus rapidement) et entonnoir inséré dans le bidon à chaque miction. Source : enquête sur Les usages urbains de l'urine comme fertilisant (11).

ENTONNOIR AVEC PAS DE VIS DE BOUTEILLE



Figure 17 : Bouteille de 1,5L utilisé par un jeune garçon, avec entonnoir à visser « Ibili » (conçu initialement pour la collecte de l'huile alimentaire à domicile). Source : témoignage RAE. Lien pour acheter l'entonnoir « Ibili » : <https://www.stock-bureau.fr/bol-recipient-mesureur/160575-ibili-entonnoir-pour-le-recyclage-de-l-huile-plastique.html>

ASSEMBLAGE PVC PLOMBERIE FIXÉ SUR UN BIDON 20L



Figure 18: Couvercle boîte camembert en bois / Réduction PVC 100-40 / Tube PVC 40 collé / Vanne (finalement inutile à l'usage) / Réducteurs et coudes 60° / Douille à visser sur bidon 20L. Source : témoignage RAE.

ENTONNOIR FIXÉ OU VISSÉ SUR UN BIDON 20L



Figure 19 : Entonnoir grand format (classiquement utilisé pour le carburant, mais difficile à trouver en France) fixé à une connexion en PVC et dans le goulot du bidon. Source : Rich Earth Institute ; vidéo d'instruction pour auto-fabrication : « [How to make a DIY urine collector for home gardening](#) » et vente sur [etsy.com](#), mais attention le format du pas de vis pour le bidon utilisé aux Etats-Unis est différent des bidons disponibles en France.

URINOIR INDUSTRIEL EN PLASTIQUE FIXÉ SUR UN BIDON DE 20L



Figure 20 : Urinoir « [Addicom](#) » avec membrane EcoSmellStop (qui ne semblent plus être commercialisés ?) relié à un bidon de 20L. Source : Sustainable Sanitation on [Flickr](#), Témoignage sur le [Susana Forum](#). Crédit : Elisabeth von Muench.

BOUTEILLES DECOUPÉES



Figure 21 : Bouteille plastique découpée et insérée dans le goulot d'un bidon 5L (à gauche) ou scotchée sur tube PVC, inséré dans le bidon et pour tenir l'urinoir d'appoint à la hauteur souhaitée (à droite). Source : groupe Facebook « Low-tech Lab France ».

URINER DEBOUT



Figure 22 : A gauche, bidon découpé pour faire un entonnoir utilisable par les femmes (à porter à la main et approcher de sa vulve). Source : Chris Canada (<https://inodoroseco.blogspot.com/>). A droite : Deux bouteilles en plastique de 5L assemblées par des éléments en PVC et support en bois pour maintenir le système en place. Source : Susana Forum (<https://forum.susana.org/172-urinals/6679-simple-urine-valves-to-control-odour-on-waterless-urinals-or-on-urine-diversion-toilets?start=12>)

RECIPIENT DETOURNÉ (POT DE CONFITURE, DE GLACE, CASSEROLE)



Figure 23 : De gauche à droite : Bocal en verre format large (type « pot de compote »), pot de glace (forme oblongue pratique), casserole en inox, pichet en plastique avec couvercle. Sources : témoignages RAE ; Crédits photos de gauche à droite : Boboco.fr ; Unilever-France pour Open Food Facts ; landmade.fr ; cdiscout.com.

URINETTE OU « PISSE-DEBOUT »



Figure 24 : Utilisation d'une urinette ou « pisse-debout » permet à une femme d'uriner dans un dispositif conçu plutôt pour les hommes, type urinoirs masculins. Source du témoignage : Rich Earth Institute ; Crédit photo : afriska.ch consulté sur mariannetrux.wordpress.com.

OBJET INTERMEDIAIRE POSE DANS LES TOILETTES



1.

2.

3.

Figure 25 : 1. « Nun's cap » : collecteur d'urine à poser dans les toilettes (photo 2.), doté d'un petit bec verseur pour faciliter le transvasement. Cet objet ne semble pas très courant en France et nous ne l'avons pas trouvé à acheter auprès de fournisseurs français ou européens. Source du témoignage : Rich Earth Institute ; Crédit photo 1. : cascadehealthcaresolutions.com
3. Bassine carrée posée dans les toilettes, sous la lunette, puis vidée dans le bidon collecteur : l'angle de la bassine carrée permet de faire office de bec verseur. Source : témoignage en Île-de-France.

- Conclusions après cet état des lieux

Parmi tous les témoignages collectés, nous n'avons pas identifié de façon *ad hoc* et d'objet industriels conçus pour collecter facilement l'urine à domicile, à installer à côté d'une toilette conventionnelle. Il existe aussi des dispositifs médicaux permettant de collecter l'urine, mais les personnes interrogées ne les utilisent manifestement pas.



Figure 26 : Exemple de dispositif médical conçu pour collecter l'urine (source : www.amazon.fr)

La plupart des personnes interrogées utilisent des systèmes auto-construits, plus ou moins élaborés :

- Dispositifs « bruts » : simple bidon ou bouteille ; seau avec mélange de matière sèche
- Dispositifs « auto-construits » plus élaborés : entonnoirs fixés sur les récipients (souvent par un « bricolage » adapté), entonnoir-urinoir fabriqué sur mesure.
- Dispositifs achetés : entonnoir à visser sur bouteille max 2L, urinoir en plastique, séparateur à urine

Pour la gestion des odeurs, les personnes interrogées ont mentionné :

- Couvercle, bouchon (inclus dans le dispositif utilisé ou rajouté)
- Balle de ping-pong dans la canalisation ou dans l'entonnoir (cf. détails plus loin)
- Robinet pour fermer l'échange d'air entre le bidon et l'air ambiant
- Acidification avec du vinaigre ou de l'acide citrique
- Alcalinisation avec de la cendre

- A propos de l'entonnoir utilisé par le Rich Earth Institute

Le système du Rich Earth Institute a manifestement fait ses preuves puisqu'il est déployé dans un grand nombre de foyers aux Etats-Unis (237 en novembre 2023). Cependant, le modèle d'entonnoir utilisé n'est pas simple à trouver en Europe et donc nous devons écarter ce dispositif au profit de fournitures plus courantes en France.

- Difficultés rencontrées par les femmes

D'après les témoignages collectés, il ressort également que les femmes ont plus de difficultés à trouver un dispositif qui leur convienne : elles rencontrent plus d'incidents (éclaboussures voire renversements) et témoignent avoir testé plus d'objets différents avant de s'arrêter sur un système, sans d'ailleurs avoir forcément trouvé le dispositif idéal... Un travail spécifique sur ce sujet pourra être mené ultérieurement.

Les objets disponibles dans le commerce pour collecter l'urine

Nous avons aussi cherché les objets disponibles dans le commerce permettant d'assurer la collecte de l'urine à domicile : des objets conçus spécifiquement pour cet usage ou bien des objets qui pourraient être détournés. Cette liste est non exhaustive, ils existent certainement d'autres dispositifs sur le marché et ailleurs dans le monde ! N'hésitez pas à nous écrire pour nous proposer des objets et pratiques dont vous avez connaissance, nous serons ravis de les ajouter à cette liste !

- « Urinoir » connecté à un bidon :



Figure 27: Urinoir autoportant relié à un bidon
Crédit : Toilet for People <https://www.toiletsforpeople.com/space-saver-1/TFP-urinal>



Figure 28 : Urinoir-collecteur Oriaz, à visser sur des bidons de 10L à 60L : cône amovible et support intérieur pour vider une bouteille. Objet développé par Robert Cossette, disponible sur <https://oriaz-environnement.sumupstore.com/article/urinoir-collecteur-oriaz>



Figure 29 : Siège ou « urinoir assis »
Crédit : Toilet for people <https://www.toiletsforpeople.com/space-saver-1/TFP-pee-toilet>

- Système très basique avec un simple entonnoir du commerce :



Figure 30 : Bidon 5L et entonnoir inséré dans le bouchon avec couvercle boîte camembert.

- Objets intermédiaires pour uriner dedans et verser l'urine dans le bidon



Figure 31 : Objets pour collecter son urine puis la verser dans le bidon. (1) Bidet d'appoint à poser sur les toilettes (équivalent du « Nun's cap », proposé par le REI mais difficile à acheter en France), (2) Pipinette, <https://www.smartasaker.com/en/pipinette> (3) pichet en plastique (à trouver d'occasion sur Le Bon Coin !), (4) urinette Oriaz, <https://sevellia.com/urinette-oriaz.html>, (5) bourdaloue en porcelaine, (6) cruche émaillée, (7) urinoir portable médical, (8) pot de chambre

Pratiques historiques de collecte d'urine

Nous n'avons fait qu'une exploration très succincte des pratiques historiques de collecte d'urine, qui présentent une diversité impressionnante (6) et pourraient être une source d'inspiration féconde. Toutefois, une telle documentation fouillée nécessiterait un travail spécifique qu'il n'a pas été jugé prioritaire de mener dans le cadre du projet Enville. On pourra se référer à la thèse (en allemand) de Bettina Moellring (16) pour un premier recensement des dispositifs historiques de collecte d'urine.

Les objets retenus par les membres de l'AMAP

Toutes les options ont été proposées aux habitants participant au projet Enville. Il a semblé qu'en l'absence de système fiable de fixation de l'entonnoir sur le bidon de 5L, la meilleure option était

simplement d'uriner directement dans le bidon pour les personnes qui le pouvaient (certains hommes cisgenres, mais pas tous).

Pour les autres personnes, qui ne souhaitent pas ou ne peuvent pas uriner directement dans le goulot du bidon, elles urinent dans un objet intermédiaire puis versent l'urine dans le bidon. L'étape de transvasement semble être délicate à réaliser, étant source de renversement.

L'objet « intermédiaire » le plus utilisé par les participant.e.s est « l'urinette Oriaz », notamment car nous en avons proposé la distribution. C'est un objet individuel (= 1 par personne) qui s'utilise au contact des parties intimes (au moins pour les personnes avec une vulve, sans quoi il y a renversement). La forme du rebord de l'objet permet de faire office de bec verseur.

Une personne du groupe utilise plutôt la « [pipinette](#) » et une autre personne utilise une bassine avec bec verseur posée dans les toilettes, vidée ensuite dans le bidon. Le « nun's cap » qui nous a été apporté directement des Etats-Unis est en cours de test dans les foyers, notamment auprès des personnes qui ne souhaitaient pas uriner debout.

Pour faciliter le transvasement, nous avons proposé des bouchons « à clipser », plus facile et rapide à ouvrir puisqu'ils peuvent être manipulés avec une seule main. De peur que le bouchon ne s'ouvre tout seul, certaines personnes conservent un bouchon sans « clips » pour le transport des bidons.



Figure 32 : De gauche à droite : Urinette Oriaz (<https://oriaz-environnement.sumupstore.com/article/urinette-oriaz-3d>), Pipinette (Crédit : Pipinette ; Source : <http://pipinette.com/Pages/fr/produits.html>), Bouchon à clipser.



Figure 33 : Exemple de disposition dans un foyer participant au projet Enville. Premier plan : l'urinette vissée sur une bouteille pour collecter l'urine avant de la verser ensuite dans un bidon ; second plan : le bidon avec bouchon « à clipser ».

Les autres objets ont été jugés soit pas pratiques, soit trop encombrants (salles de bain petites en contexte urbain dense), soit non adaptés aux bidons de 5L.

Conception d'entonnoirs à visser avec couvercle

Après avoir exploré les objets disponibles dans le commerce – qui ne se sont pas révélés particulièrement pratiques – nous avons réfléchi aux éléments supplémentaires à concevoir.

Le premier objet sur lequel nous nous sommes concentrés est un entonnoir à visser sur bidon de 5L. En effet, il nous a semblé que la possibilité de fixer un entonnoir sur le bidon, de façon parfaitement fiable, était assez importante, d'autant plus si les personnes urinaient dans un objet intermédiaire type l'urinette Oriaz.



Figure 34 : Entonnoir avec pas de vis et couvercle, conçu pour la collecte de l'urine dans bidons de 5L et imprimé en 3D.

Ainsi, nous avons développé un entonnoir avec un pas de vis correspondant à celui des bidons de 5L utilisés par les amapiens, et doté également d'un couvercle contre les odeurs. Plusieurs modèles ont été conçus :

- version « grand entonnoir » permettant d'uriner directement dedans ou de verser l'urine recueillie avec un objet intermédiaire
- version « petit entonnoir » qui sert plutôt aux personnes qui urinent dans un objet intermédiaire. L'intérêt de la version « petite » est d'avoir un objet avec moins de matière et plus rapide à imprimer en 3D : version utilisée dans les foyers où il y a seulement des femmes qui collectent (elles urinent dans un objet intermédiaire et versent dans le bidon via le petit entonnoir).



Figure 35: A gauche : version grande / A droite : version petite

La plupart des membres de l'AMAP ont reçu un entonnoir à visser, imprimé en 3D, pour tester chez eux. Ce sont surtout les personnes qui urinent dans un objet intermédiaire qui se sont montrées particulièrement intéressées par l'entonnoir à visser, car il facilite beaucoup le transvasement.

Le modèle 3D des entonnoirs et de leur couvercle sont téléchargeables sur la plateforme Thingiverse : <https://www.thingiverse.com/thing:6585457> (lien disponible également sur la page du projet ENVILLE du site internet OCAPI : <https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/enville/>).

5.3. Comment intégrer le bidon d'urine chez soi ?

Nous avons exploré la question de « l'esthétique » du bidon d'urine présent dans le domicile. Bien que cette partie ne soit pas totalement aboutie, nous vous livrons les pistes qui ont été explorées.

Habillage

Nous avons cherché à « habiller » les bidons d'urine dans l'objectif de les rendre soit plus discrets dans l'habitat soit simplement plus beaux.

Dans un objectif de sobriété, nous avons cherché à ne pas acheter de matériaux neufs et à travailler à partir de matériaux récupérés.

| MATERIAUX | PHOTOS | COMMENTAIRES |
|--|---|---|
| Autocollant vinyle et découpeuse numérique |  | Rendu particulièrement esthétique mais matériau vinylique polluant et procédé qui génère beaucoup de déchets plastiques. |
| Feuille plastique translucide (récupérée) |  | Dépendant du gisement de matériau à récupérer. |
| Peinture acrylique |  | Ne tient pas dans le temps, d'autant plus que le bidon est transporté régulièrement. Nous n'avons pas testé d'autres sortes de peintures. |

« Serviettagage » :
serviette en papier
appliquée avec de la
colle-vernis



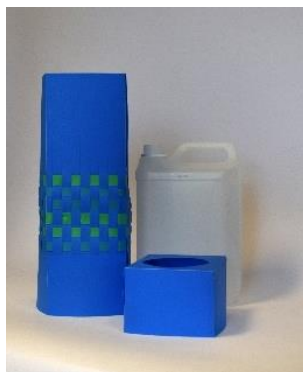
Rendu très satisfaisant, résistant 6 mois mais se détériore au bout d'un moment.
Particulièrement adapté pour que les participants puissent décorer leurs bidons le temps d'un atelier collectif (cf. section suivante).

Plastique alvéolaire
(récupéré) semi-rigide,
façonné en « boîte »
autour du bidon



Dépendant du gisement de
matériau à récupérer.

Plastique de fournitures
de bureau, découpés et
tressés



Long à façonner

Cache-pot (récupéré)



Dépend des trouvailles en
brocante 😊

Meilleures options retenues dans le cadre du projet Enville :

- « serviettage », même si un peu fragile, adapté pour un temps de décoration collectif (cf. « atelier de décoration »)
- cache-pot existant.

Le REI utilise un tissu élastique qui vient couvrir le bidon transparent (cf. photo ci-dessous). Nous n'avons pas exploré cette piste pour le moment.



Figure 36 : Tissu pour cacher le bidon proposé par le Rich Earth Institute (Crédit : Rich Earth Institute)

Nous avons surestimé l'importance de la question esthétique avec les participants. En effet, la plupart d'entre eux ne semblaient pas préoccupés par la vue des bidons en plastique, ou alors ils ont simplement rangé le bidon dans un placard accessible pour le sortir à chaque miction.



Figure 37: Exemple de bidons d'urine rangés, au domicile des participants.

Un meuble-support dans les toilettes

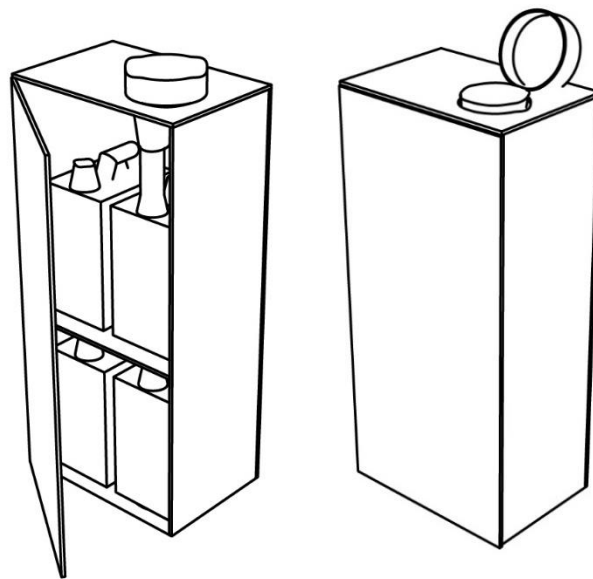


Figure 38 : Schéma proposé aux habitants pour leur soumettre l'idée d'un petit meuble dans les toilettes.

Dès le début du projet nous avons proposé la fabrication d'un petit meuble dédié à recevoir plusieurs bidons, permettant aussi d'atteindre une hauteur agréable d'utilisation, pour verser l'urine dans l'entonnoir voire pour uriner directement dedans.

Si nous n'avons pas abouti de prototype de cette proposition, deux habitants (dans le même foyer) se sont fabriqué un meuble similaire à partir de deux caisses de vin récupérées. Chaque caisse reçoit un bidon et une ouverture sur le dessus permet d'y connecter l'entonnoir directement. Petit détail d'usage : les bidons étant tournés contre le mur et donc non visibles, les participants témoignent qu'ils veillent au niveau de remplissage « grâce au son ».



Figure 39: Installation dans un foyer participant à la collecte à domicile, construite à partir de deux caisses de vin en bois. L'uriette ORIAZ vissée sur une bouteille est posée à côté sur le sol.

Atelier de décoration avec les participants

Dans le cadre du projet Enville, nous avons une douzaine de foyers participants qui avaient chacun entre 2 et 5 bidons chez eux. Quelle que soit la piste retenue pour habiller ou décorer les bidons, il nous a semblé important de pouvoir la déployer à l'échelle de tous les foyers participants et donc, que nous puissions proposer un temps collectif où chaque foyer s'occupe de réaliser l'habillage.

Parmi les différentes pistes explorées, seul le « serviettage » était à la fois simple de mise en œuvre et peu coûteux, avec l'obtention d'un résultat satisfaisant assez facilement. En effet, il n'y a pas besoin d'avoir des compétences de dessinateurs ou de bricoleur pour obtenir un habillage coloré et joyeux.

De plus, cette technique nous a semblé relativement sobre puisqu'elle ne requiert que du papier de soie (ou serviettes en papier) et de la colle-vernis lavable à l'eau. Enfin, c'est un atelier que des enfants peuvent réaliser, les matériaux ne présentant pas de danger particulier.

Nous avons donc proposé aux participants du projet Enville de décorer leurs bidons. Ce temps collectif et convivial, assorti d'un apéro, a permis notamment de mobiliser les enfants des foyers participants, qui s'étaient jusqu'à présent tenus très à l'écart de l'étrange démarche de collecte de leurs parents. Même des membres de l'AMAP qui ne collectaient pas d'urine chez eux se sont joints à l'activité manuelle.



Figure 40 : Atelier de décoration de bidons d'urine avec les membres de l'AMAP

5.4. Gestion des odeurs

Pourquoi l'urine finit-elle par sentir mauvais ?

L'urine fraîche ne présente pas une odeur désagréable mais quand l'urine rancit, elle dégage une odeur incommodante. Nous excrétons l'azote sous une forme organique : l'urée. Cette molécule est rapidement dégradée par l'uréase, une enzyme très commune et présente partout : l'azote se trouve alors, selon le pH, soit sous forme d'ion ammonium (NH_4^+) ou sous forme d'ammoniac (NH_3). C'est la forme ammoniacale qui est volatile et qui sent mauvais. Or le pH de l'urine, quand elle rancit, monte naturellement aux environs de 9 et, à cette valeur, une grande partie de l'azote est sous la forme volatile de l'ammoniac (NH_3) ! Malheureusement, le système olfactif des humains est très

sensible à l'ammoniac : il suffit de quelques molécules dans l'air pour qu'on le détecte³... De plus, si on laisse l'ammoniac s'échapper, on perd les atomes d'azote utiles pour l'agriculture.

La « stabilisation de l'urine » consiste donc à éviter la volatilisation de l'ammoniac⁴. Pour cela on peut :

- Chercher à garder l'azote sous forme d'urée en bloquant l'enzyme uréase : changement de pH (acide ou basique), ajout d'inhibiteurs (17).
- Si l'urée est déjà hydrolysée : on peut bloquer l'azote sous forme d'ions ammonium (pH acide : vinaigre, etc.). Il faut alors toutefois environ dix fois plus d'acide que pour que stabiliser l'azote avant l'hydrolyse de l'urée.
- Favoriser la transformation de l'ammoniac en nitrates, grâce à l'action de bactérie nitrifiantes (18) : procédé proposé par Aneco avec le [système « Pitribon »](#) ou encore utilisé par l'entreprise [Vuna Nexus](#) pour produire un urino-fertilisant filtré et concentré, *l'Aurin*.

Acidifier

Il est possible d'utiliser des acides faibles, facilement disponibles à l'achat, pour stabiliser l'urine et limiter les odeurs(19) :

- Vinaigre blanc ménager disponible dans toutes les grandes surfaces et très peu cher (0,5€ le litre environ) : mettre 5cl pour 5L au fond du bidon
- Acide citrique (en poudre, disponible en grand surface et dans les magasins de bricolage) : une cuillère à soupe dans un bidon de 5L
- Acide lactique 80% (disponible dans les boutiques en ligne de produits pour la brasserie ou la vinification) : 5cL pour 5L
- Jus de lactofermentation (contenu dans les bocaux lactofermentés, après avoir mangé les produits qu'ils contiennent).

Concrètement, les membres de l'AMAP ont surtout utilisé l'ajout de vinaigre blanc. La plupart des foyers ont commencé en mettant 5cl de vinaigre au fond de leur bidon. Cependant, ils ont progressivement presque tous arrêté « pour ne pas utiliser de produit supplémentaire », au profit d'un simple couvercle qui bloque physiquement les odeurs (cf. section suivante). Les participants du projet ont presque tous témoigné que l'odeur ne se dégageait que quand ils ouvraient le couvercle et que cela était supportable. A notre connaissance, seule une personne continue de mettre du vinaigre blanc en grande quantité (10cL pour 5L) car sinon elle est trop incommodée.

Alcaliniser

Il est possible de stabiliser l'urée avec un pH au-dessus de 11, en utilisant une base. Cela doit être pratiqué sur l'urine la plus fraîche possible car une fois l'urée hydrolysée, un pH élevé favorise la volatilisation de l'ammoniac.

Comme produit « basique » ou « alcalin », on peut utiliser :

- De la cendre de bois
- De la chaux (10g/L d'urine fraîche)(20)

Attention toutefois, la production de la chaux se fait selon un procédé énergivore, et donc l'utilisation de chaux fera baisser l'impact positif de la démarche de collecte d'urine.

³ D'autres composés volatils participent également à l'odeur spécifique de l'urine fraîche et de l'urine rance.

⁴ Cf. aussi la fiche pratique Agrocapi [« Stabilisation » \(p. 13\)](#)

Parmi les témoignages collectés (cf. section « Etat des lieux des pratiques de collecte d'urine à domicile »), une personne utilise du jus de lactofermentation pour acidifier, et une autre met une cuillère de cendre pour 1 litre d'urine fraîche.

Nitrification de l'urine

Il existe une solution low-tech de traitement des urines, appelée Pitribon, qui produit un fertilisant inodore (si la transformation est opérante). Cette solution est promue et développée par l'association Aneco, basée à Genève. Elle repose sur l'utilisation d'un filtre à charbon de bois, sur lequel se développent naturellement des bactéries aérobies qui ont la capacité de stabiliser l'ammoniac en nitrates.

Cette technique, sous licence Creative Commons, semble relativement simple à mettre en œuvre. Nous n'avons pas encore pu la tester dans la cadre du projet Enville, mais elle pourra faire l'objet d'expérimentations dans la suite du projet.

Bloquer la remontée des odeurs du bidon

Si l'urine n'est pas stabilisée, le contenu du bidon sentira mauvais au cours du temps. Cependant, il suffit de le fermer hermétiquement pour ne pas être dérangé par les odeurs. Le moment où le bidon sera ouvert pour uriner dedans, il y aura forcément des odeurs qui se dégageront, mais dès la fermeture du bidon, les odeurs se dissipent assez rapidement. C'est globalement ce que pratiquent les participants du projet.

- Couvercle

Il existe quelques entonnoirs avec couvercle⁵. Autrement, il est possible de fabriquer son propre couvercle à poser sur l'entonnoir-urinoir à partir d'une simple boîte de Camembert ou Mont d'or, comme nous l'avons appris d'un des témoignages collectés au début du projet.

Nous avons augmenté ce système d'un joint en caoutchouc sur le rebord de la boîte pour assurer une meilleure étanchéité du couvercle. Aussi, nous avons peint le couvercle pour des raisons esthétiques.



Figure 41 : Couvercles d'entonnoir fabriqués à partir de boîte de camembert peinte, et augmentée d'un joint en caoutchouc (rayon bricolage pour l'isolation des fenêtres. L'entonnoir « grand format » à imprimer en 3D convient pour un couvercle de ce type si vous souhaitez économiser l'impression du couvercle.

- Balle de ping-pong

Certaines personnes utilisent une balle de ping-pong, placée au fond de l'entonnoir, pour bloquer la remontée des odeurs. La balle fait office de bouchon, puis se soulève lorsqu'il y a de l'urine dans l'entonnoir, de sorte à laisser couler le liquide dans l'entonnoir.

⁵ Par exemple le [modèle proposé « RS Pro »](#) ou [l'entonnoir « Ibili »](#) conçu pour collecter les huiles ménagères dans une bouteilles classique.

Cette technique est particulièrement adaptée si votre bidon présente un évent, *en plus* de l'ouverture par laquelle l'urine s'écoule. C'est le cas par exemple des bidons utilisés par le Rich Earth Institute, dont les bidons présentent un évent avec un bouchon.

Comme il n'était pas possible d'ajouter un évent sur les bidons de 5L utilisés pour le projet Enville, nous n'avons pas utilisé la technique de la balle de ping-pong.

Nous avons collecté un témoignage où l'évent a été percé sur le bidon, et il est simplement refermé au scotch : mais l'utilisateur épand directement dans son jardin donc peu de transport du bidon.



Figure 42 : Exemple de trou supplémentaire percé dans le bidon d'urine pour faire évent, puis rebouché au scotch contre les odeurs et renversements.

Enfin, nous avons trouvé une installation dans laquelle la balle de ping-pong est insérée dans la canalisation directement (cf. photo).



Figure 43: Source : Susana Forum

- Membranes

Il est aussi possible d'utiliser une membrane, insérée à l'intérieur de l'entonnoir. Nous n'avons pas testé ce système à l'usage. Il est probable que l'urine et le vinaigre blanc, utilisé pour nettoyer l'entonnoir, attaquent progressivement le silicone de la membrane et qu'il faille la changer assez fréquemment.

Nettoyage d'appoint de l'entonnoir

Nous avons recommandé à chaque participant d'avoir un spray de vinaigre blanc dilué, éventuellement avec une goutte d'huile essentielle d'un parfum au choix s'ils n'aimaient pas l'odeur du vinaigre. Ce spray permet d'appliquer un peu de vinaigre dans l'entonnoir et l'urinette Oriaz après chaque miction, ce qui dispense de les rincer à l'eau. Certains participants ne nettoient pas les entonnoirs à chaque miction mais à des fréquences beaucoup plus espacées.



Figure 44 : Spray de vinaigre blanc (à droite), entonnoir et urinettes Oriaz, disposés au-dessus des toilettes dans un foyer participant.

5.5. Retours d'expérience des habitants participant au projet Enville

Une étude a été menée auprès des participant.e.s au projet Enville pour rassembler leurs retours d'expérience et la façon dont ils et elles se sont appropriés les outils mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation. Cette étude s'appuie sur une dizaine d'entretiens d'une heure, enregistrés puis retranscrits et analysés selon une approche qualitative. Ces entretiens ont été menés au domicile des participant.e.s ou à distance (visio) en fonction de leurs disponibilités.

La grille d'entretien a été conçue en concertation entre la coordinatrice d'Enville (Louise Raguét) et l'enquêtrice, anthropologue et chargée de recherche et animation au sein d'OCAPI (Marine Legrand).

En complément, l'enquêtrice a également assisté à deux sessions de collecte d'urine sur le site de l'AMAP, à Chatillon, selon une approche d'observation participante : des discussions complémentaires avec les membres de l'expérimentation, et des échanges approfondis avec la coordinatrice, ont ainsi pu avoir lieu, pour compléter ces retours d'expériences.

Les entretiens se sont attachés à approfondir différents thèmes :

- Le démarrage du projet et les motivations initiales pour y participer
- La collecte au quotidien (étapes ou gestes mis en place à la maison autour de la collecte, matériel utilisé, mise en place de trucs et astuces, gestion des odeurs, de la propreté, etc.)
- L'organisation du transport
- Les relations à l'entourage (Discussions suscitées par le projet, adoption ou non d'une posture d'ambassadeur.ice du sujet de la séparation à la source, etc.)
- Maintien de la motivation au cours du temps
- Place du projet dans l'AMAP et points de vue sur la dimension agricole d'Enville

- Perspectives et pistes d'amélioration

Enfin, les entretiens ont porté sur la place des engagements environnementaux dans la vie quotidienne, pour resituer la participation à Enville dans ce contexte plus large.

Ce volet de l'étude est encore en cours et donnera lieu à la production d'un document de restitution en 2024.

6. Point d'apport volontaire d'urine et logistique jusqu'à la ferme

6.1. Amener l'urine au point d'apport volontaire d'urine

Puisque le projet s'est déployé au sein d'une AMAP, nous avons cherché à installer le point d'apport volontaire d'urine à proximité du lieu de distribution des légumes.

La distribution a lieu le mercredi soir, de 18h15 à 19h15. Les participants au projet arrivent à pied ou à vélo, généralement depuis chez eux. Deux foyers viennent aussi en poussette avec des enfants en bas âge.

Les personnes qui sont à pied ont soit un caddie de courses, soit des cabas. Il est arrivé quelques fois que les participants du projet arrivent en voiture pour déposer justement un plus gros volume d'urine. Une personne possède un vélo avec des plateformes de transport à l'avant et à l'arrière, avec lequel il peut transporter jusqu'à 40 litres d'urine !

Au retour, les membres de l'AMAP accrochent les bidons autour de leurs sacs de courses, caddie ou sac à dos. C'est beaucoup plus facile car les bidons sont vides.



Figure 45 : Transport des bidons à vélo. À gauche : bidons vides accrochés sur le sac à dos, à droite vélo avec plateau de transport à l'avant.

Il arrive que certains membres de l'AMAP déposent leurs bidons la veille ou plus tôt dans la journée, dans un endroit discret. Ou inversement, certains y laissent les bidons vides car ils sont trop encombrés par les légumes, et ils viendront les chercher plus tard dans la semaine. Dans ces cas, les bidons sont déposés dans un local abandonné (cf. photo), juste à côté du point de distribution des légumes. Ce local hors-service présente aussi une chambre-froide hors-service où sont stockés les

légumes restants après la distribution et les cagettes vides du maraîcher. Ce local sera d'ailleurs le lieu ciblé pour accueillir le point d'apport volontaire d'urine.



Figure 46 : Photo du local « abandonné », à côté du point de distribution des légumes.

6.2. Choix du lieu pour le point d'apport volontaire d'urine

La distribution des légumes a lieu dans un bâtiment municipal, mis à disposition de l'association par la mairie. L'association a signé une convention d'usage pour un créneau hebdomadaire couvrant la réception des légumes dans la salle l'après-midi puis la distribution le soir (mercredi de 18h15 à 19h15).

Ce bâtiment est lui-même situé dans un parc de la ville, qui est fermé la nuit. Accolé à ce bâtiment, il y a un local désaffecté, que nous avons jugé idéal pour recevoir une cuve d'urine et une station de transvasement des bidons d'urine. En effet, le local est relativement isolé des autres habitations, il donne directement sur l'extérieur et le lieu n'est pas accessible la nuit, en dehors des horaires d'ouverture du parc.



Figure 47 : Lieu de distribution des légumes de l'AMAP dans un bâtiment de la mairie, situé dans un parc qui ferme la nuit.

Nous avons donc fait une demande officielle, au nom de l'association de l'AMAP, auprès de la mairie pour obtenir l'autorisation d'installer ce point d'apport volontaire d'urine. Nous avons été reçus par l'élue en charge de la vie associative, à qui nous avons exposé à la fois les enjeux de la collecte séparative des urines et le projet concret porté par l'AMAP avec le programme OCAP.

Pour cette étape, il était très important de rappeler à l'élu rencontré les enjeux environnementaux liés à la collecte séparative des urines (protection des cours d'eau et approvisionnement en fertilisants), qui sont bien souvent méconnus. Nous avons aussi plaidé en faveur du développement des projets citoyens à petite échelle, en plus de projets de grande ampleur qui existent déjà.

Par ailleurs, il a été très important d'apporter des garanties sur les aspects sanitaires et les précautions prises par rapport aux nuisances possibles (odeurs, renversement, vandalisme, etc.). Il ne faut surtout pas partir du principe que les personnes sollicitées accepteront d'emblée de soutenir le projet. Ils ont de nombreuses raisons, légitimes, d'être sceptiques au premier abord, surtout si leur responsabilité est engagée. Aussi, il était important de pouvoir répondre aux questions plus générales relatives à la fertilisation à l'urine qui d'ailleurs reviennent très souvent : enjeux sanitaires, réglementaires, question des micro-polluants, etc.).

Neuf mois se sont écoulés entre la demande et l'autorisation officielle. Il y a eu 1 visite « technique » sur place avec l'élu rencontré et les services techniques. Un document descriptif leur a été remis à cette occasion, ainsi que des sachets de « Biscodors », pour témoigner de l'ampleur de la démarche (« ça se fait déjà »).



Figure 48 : A gauche, visite avec un élu et les services techniques municipaux. A droite, sachet de Biscodors remis aux personnes présentes (biscuits fabriqués à partir de farine de blé fertilisé à l'urine humaine).

Après la validation de la mairie (9 mois plus tard, en septembre 2023), le local a été « remis en état » par les services techniques : renfort du plafond et de la porte qui étaient abîmés, remplacement d'une prise électrique et installation d'une arrivée d'eau dans le local.

6.3. Choix de la cuve d'urine au point d'apport volontaire

D'après la logistique choisie, l'agriculteur devra transvaser l'urine du point d'apport volontaire à la cuve présente dans son camion. Pour que les cuves dans le camion ne débordent jamais lors de ce transvasement, nous avons décidé que le volume stocké au point d'apport volontaire soit légèrement inférieur à la capacité de stockage dans le camion. Nous détaillons davantage cet aspect dans la section « 6.6. Cuve dans le camion de livraison de la ferme ».

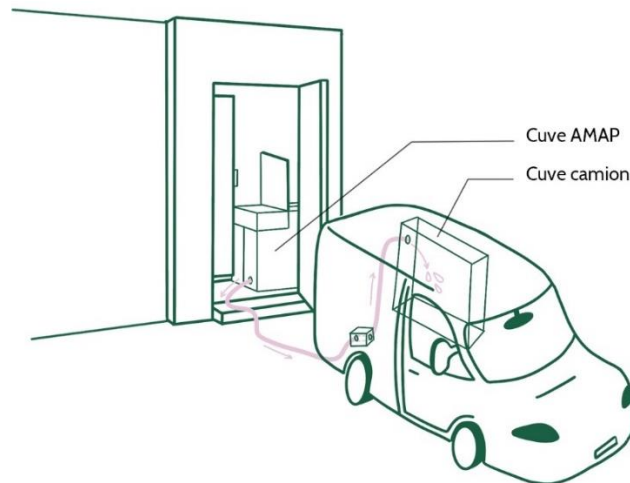


Figure 49 : Volume cuve AMAP < volume cuve Camion pour que la cuve dans le camion ne déborde jamais lors du transvasement.

Les cuves sont transparentes ce qui permet un contrôle visuel de leur remplissage sans devoir les ouvrir, ni mettre un capteur (nous avons cherché à minimiser les besoins de maintenance du système).

Il s'agit d'une cuve en polyéthylène, conçue pour recevoir de l'eau douce, équipée d'une trappe d'inspection et de 4 trous aveugles taraudés. Sur les sites d'équipement de van ou de matériel nautique, vous trouverez une grande diversité de modèle de cuves. Certains fabricants proposent même des modèles sur mesure.



Figure 50 : Réservoir eau douce 130L sur www.distrimarine.com.

6.4. Système de transvasement

Pourquoi une station de transvasement ?

L'organisation de la logistique entre le domicile des amapiens et la ferme a été décidée avec les participants. Le fait de devoir vider son bidon dans une grande cuve, à proximité du local de l'AMAP, est l'option qui a semblé la plus raisonnable, en regard des autres possibilités.

En effet, l'option alternative consistant à simplement déposer le bidon plein et le laisser à la gestion de l'agriculteur n'a semblé raisonnable pour personne :

- Cela imposerait que la vidange des bidons se fasse sur la ferme, où toutes les personnes sont déjà surchargées de travail, il aurait été délicat de leur confier cette tâche supplémentaire.
- Cette logistique imposerait de disposer de beaucoup de bidons en attendant le retour des bidons vides.

- Il faudrait beaucoup d'espace pour stocker tous ces bidons, vides ou pleins, à la ferme ou chez les membres de l'AMAP.

A l'inverse, le fait que chaque participant vide son propre bidon permet que le temps de vidange soit réparti entre tous les foyers. De plus, la plupart des participants ont trouvé acceptable de manipuler un bidon d'urine provenant de son propre foyer, mais plus désagréable de manipuler les bidons d'urine « des autres ».

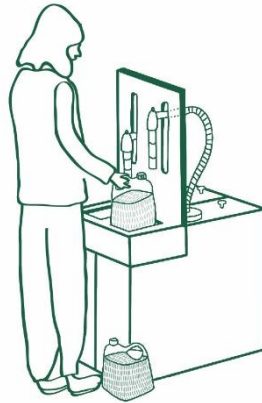


Figure 51 : Illustration de la station de transvasement d'urine au point d'apport volontaire, pour que les habitant.e.s vident leurs bidons de 5L.

Fonctionnement du système

L'objectif de la station de transvasement est que les habitants puissent vider relativement rapidement leurs bidons d'urine dans une grande cuve commune, en limitant au maximum les risques de renversement et les odeurs. Il était donc exclu que chaque habitant ouvre le grand bouchon de la cuve et bascule simplement le bidon de 5L. Il suffit d'essayer quelques fois pour constater que cela est long et fastidieux, et surtout, émet un grand nombre d'éclaboussures incontrôlables...

Nous nous sommes inspirés du système installé par le Rich Earth Institute (fig. 48). Cependant, nous n'avons pas reproduit leur système à l'identique :

- Ils utilisent une pompe à vide et nous avons jugé cette option trop technique pour le moment : nous l'envisagerons éventuellement dans une seconde version du projet, à plus grande échelle.
- Au Rich Earth Institute, les bidons à vider sont posés au sol mais il s'agit de bidons beaucoup plus gros et lourds, puisque dans leur contexte rural, les participants les amènent plutôt en voiture.
- Nous avons cherché à mettre le moins d'électronique possible dans le système pour le rendre reproductibles avec un minimum de compétences.



Figure 52 : Station de pompage installée à un point d'apport volontaire d'urine par le Rich Earth Institute.
Crédit : Rich Earth Institute

Nous avons cherché à concevoir la station de transvasement avec du matériel simple, pas trop cher et facilement accessible. Le cahier des charges que nous avons établi pour le système est le suivant :

- Remplissage des cuves par le bas pour limiter le brassage de l'urine avec l'air (cela créerait de la mousse et favoriserait la volatilisation)
- Auto-amorçage de la pompe
- Bidon posé dans un emplacement dédié et ne peut se renverser quand il est ouvert
- Limiter les éléments sensibles à la corrosion et donc favoriser l'inox ou le plastique
- L'évent de sortie d'air doit être relié à l'extérieur du local pour que l'air (malodorant) de la cuve ne soit jamais envoyé dans le local
- Trop-plein de la cuve à l'extérieur du local
- Volume de la cuve légèrement inférieur au volume que peut recevoir la cuve dans le camion
- Limiter la manipulation des tuyaux et vannes par les habitants
- Permettre la vidange des cuves très simple et rapide pour l'agriculteur, à partir de la même pompe qui a servi au transvasement.

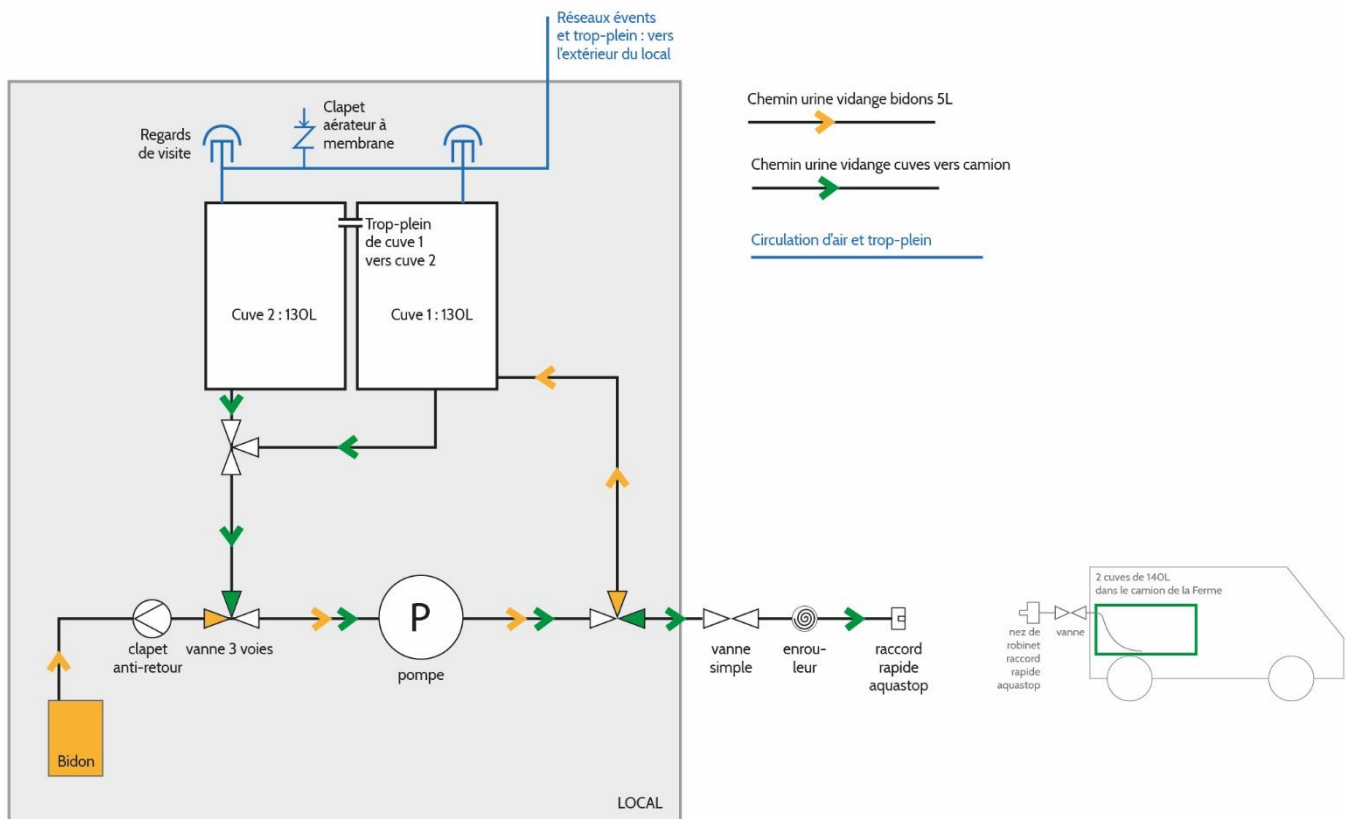


Figure 53 : Schéma de principe de la station de transvasement. La même pompe sert à la vidange des bidons et à la vidange des cuves. Le choix du fonctionnement se fait par les vannes 3 voies. Le trop-plein sert aussi d'évent, et il part vers l'extérieur du local, dans une grille reliée aux eaux usées.

Interface d'usage et signalétique

En plus d'avoir un système fonctionnel, il faut veiller à ce que son utilisation soit pratique et ne soit pas source d'erreurs de manipulation. Il faut anticiper les « mésusages » qui pourraient aboutir à un débordement ou renversement d'urine, et mettre en œuvre le nécessaire pour limiter ce risque au maximum.

« L'interface usager » est l'ensemble du dispositif visible et manipulé par les utilisateur.ices. Elle doit être pensée pour aider à l'utilisation du système, mais aussi pour rendre l'ensemble du projet plus agréable à utiliser. N'hésitez pas à passer du temps sur cette partie, qui peut paraître superflue mais

qui peut vraiment être source d'enthousiasme de la part des participant.e.s si elle est bien faite, avec quelques détails qui embellissent votre système !

Dans notre cas, nous avons gardé les tuyaux apparents pour favoriser la maintenance et que les éventuelles fuites soient détectées rapidement. Nous avons donc composé avec l'esthétique de tous ces tuyaux, raccords et vannes... Par ailleurs, l'espace disponible dans le local était très petit, ce qui a contraint la taille des cuves d'urine et la configuration du dispositif (vannes et tuyaux installés à la verticale, cf. figure 50).

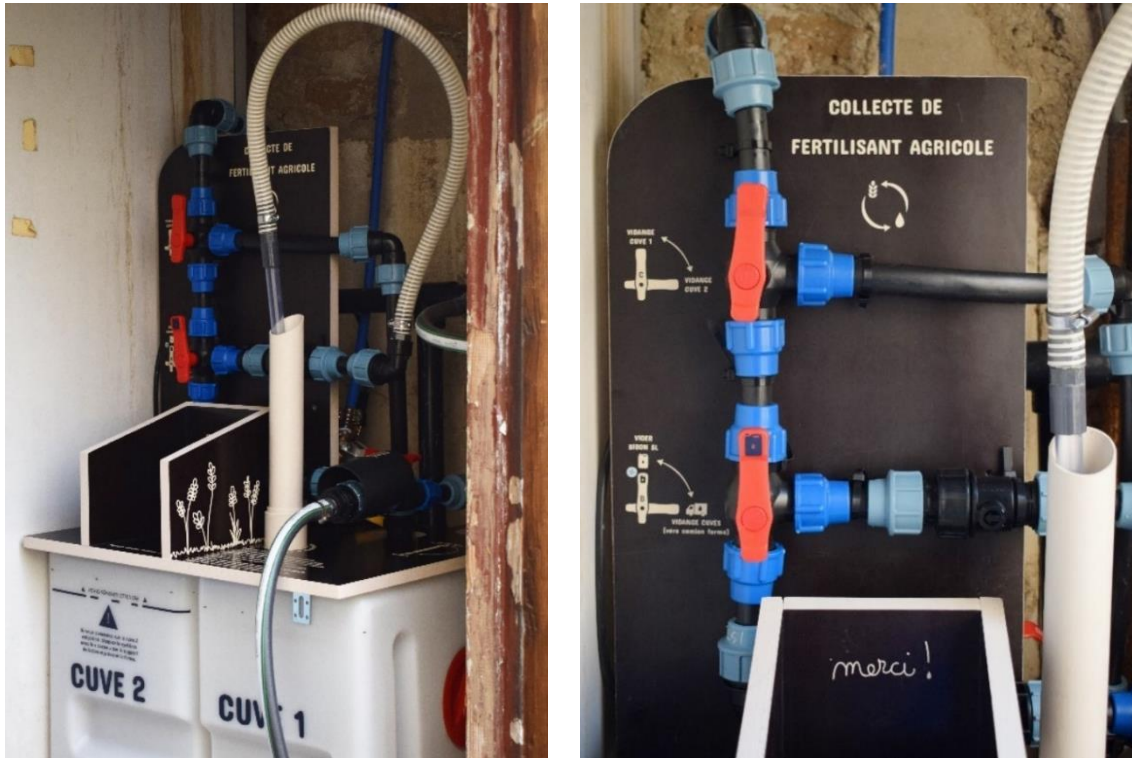


Figure 54 : Interface d'utilisation du point d'apport volontaire d'urine à proximité du lieu de distribution des légumes.

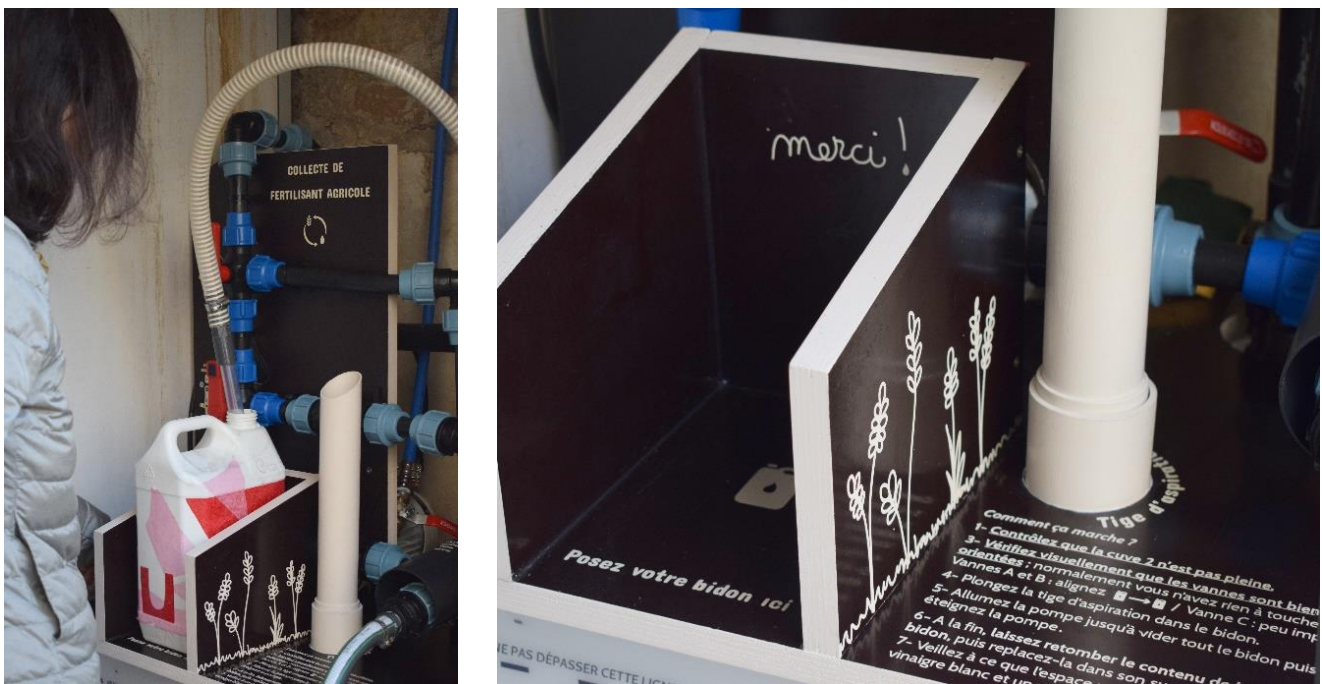


Figure 55: Station de transvasement en cours d'utilisation et vue de détail de l'interface usager.

Pompe utilisée

Nous avons considéré que l'usage d'une pompe électrique était encore dans le champ des « low-tech ». Malgré la technicité de l'objet et la puissance nécessaire pour la faire fonctionner, c'est un objet qui est relativement accessible économiquement et qui peut éventuellement être entretenu et réparé si besoin.

Pour éviter l'utilisation d'une pompe électrique nous aurions pu considérer aussi :

- Faire un système de vidange des bidons par siphon
- Utiliser une pompe manuelle.

Cependant, ces systèmes rendraient le transfert beaucoup plus long et la rapidité nous a semblé être un paramètre important. De plus, pour le transfert des gros volumes (cuve AMAP vers cuve camion) il nous semble impossible de se passer d'une pompe, puisqu'un système manuel serait trop fastidieux pour l'agriculteur. Ainsi, dès lors qu'une pompe est en jeu pour ce transfert-là, autant l'utiliser aussi pour le transfert des bidons de 5L.

Le cahier des charges pour la pompe est le suivant :

- Non sensible à la corrosion (pompe en inox)
- Auto-amorçante à 2m de haut environ
- Peut supporter une discontinuité du fluide (air dans les tuyaux)
- Peut fonctionner à vide quelques minutes

Nous avons utilisé des pompes dites « de transfert ». Les pompes utilisées en brasserie ou vinification sont assez pratiques car elles sont auto-amorçantes, supportent d'avoir des fluides discontinus et il y a plusieurs modèles en inox.

La pompe que nous avons retenue est une pompe à membrane en EPDM (type de caoutchouc synthétique, résistant à l'oxydation), et corps en plastique (polypropylène), utilisée normalement pour le transfert d'Adblue (liquide utilisé en automobile, composé essentiellement d'urée et d'eau déminéralisée). Cette pompe ne s'utilise que dans un seul sens et elle est auto-amorçante. Ce modèle nous a été recommandé par un fournisseur de pompes et de matériel de gestion des eaux usées, « Pompes H2O ».



Figure 56: Pompe pusi Adblue (Source : pompes-h2o.fr) - coût 338€ TTC

CIRCULATION D'URINE

Remplissage des cuves / Manipulation par les habitants pour vider les bidons 5L



Vidange des cuves / Manipulation par la ferme pour remplir les cuves dans le camion



CIRCULATION D'AIR

Remplissage des cuves (sortie d'air)



Vidange des cuves (entrée air)



VANNES 3 VOIES :

Elles seront orientées en permanence pour le remplissage des cuves depuis les bidons 5L (usage « habitants »). Seuls les membres de la ferme auront à manipuler les vannes, pour vider les cuves vers le camion de la ferme.

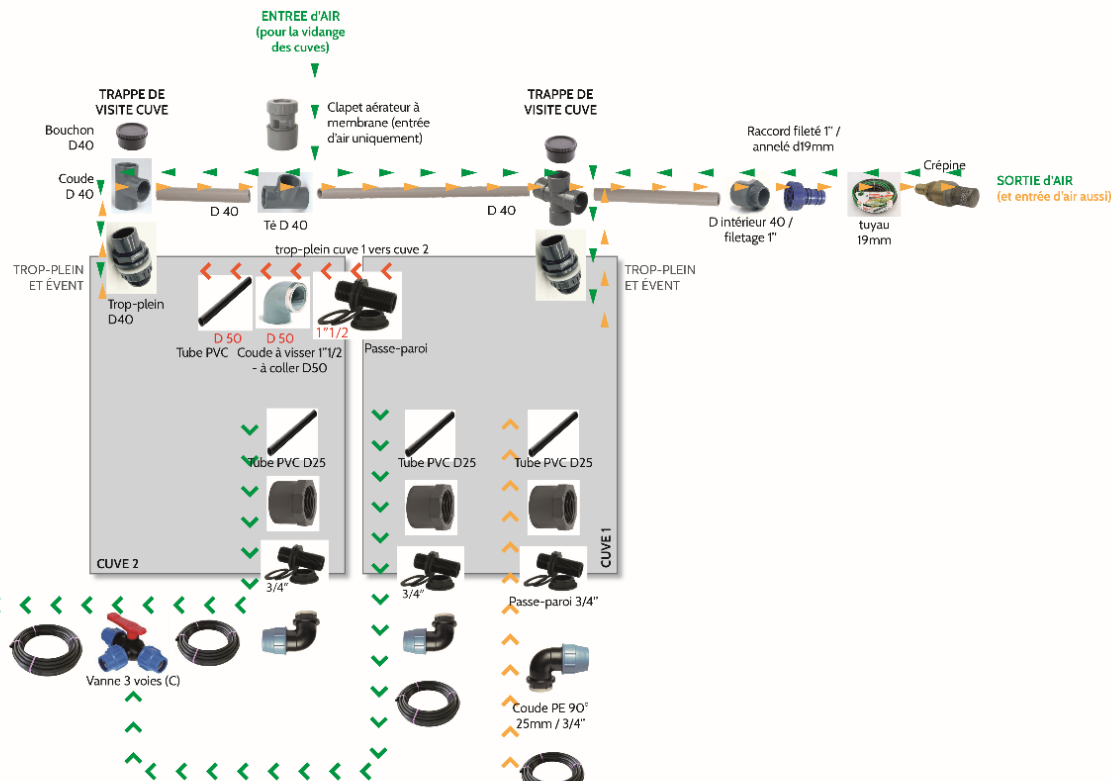


Figure 57 : Détails du matériel utilisé pour la station de transvasement.

Coût du matériel pour la station de transvasement (prix 2023)

| FOURNITURE | QUANTITE | PRIX UNITAIRE TTC (€) | PRIX TOTAL (€) |
|---|----------|-----------------------|----------------|
| Cuve 130L | 2 | 154,31 | 308,62 |
| Pompe | 1 | 338 | 338 |
| Peinture | 1 | 10 | 10 |
| Stickers (découpeuse numérique) | 1 | 15 | 15 |
| Bois et vis (réemploi) | 1 | 25 | 25 |
| Tube PVC pression D20 | 1 | 6,47 | 6,47 |
| Raccord à coller F 25mm / annelé 20mm | 1 | 0,68 | 0,68 |
| Tuyau transparent 20mm PVC pression | 1 | 2,7 | 2,7 |
| Douille Cannelée D 20x3/4" mixte fileté | 3 | 1,33 | 3,99 |
| Raccord taraudé 25 x 3/4" | 1 | 3,1 | 3,1 |
| Tube PE 25 | 1 | 17,2 | 17,2 |
| Clapet anti retour 25mm | 1 | 22,84 | 22,84 |
| Vannes 3 voies | 3 | 10,28 | 30,84 |
| Coude à 90° PE 25 x Femelle 1" | 1 | 4,12 | 4,12 |
| Raccord PE 25 x femelle 1" | 1 | 3,1 | 3,1 |
| Coude à 90° taraudé 3/4" | 4 | 4,1 | 16,4 |
| Passe-paroi 3/4" | 3 | 10,9 | 32,7 |
| Manchon D 20/25x3/4 bo. PN16 mixte taraudé | 3 | 2,96 | 8,88 |
| Tube PVC D25 | 3 | 3,74 | 11,22 |
| Passe-paroi 1"1/2 | 2 | 14,9 | 29,8 |
| Coude à visser 1"1/2 - à coller D50 | 1 | 11,03 | 11,03 |
| Tube PVC D50 (1m) | 1 | 2 | 2 |
| Trop plein PVC 40 | 2 | 9,9 | 19,8 |
| Té PVC 40 | 2 | 2,52 | 5,04 |
| Trappe de visite (bouchon PVC 40) | 2 | 1,05 | 2,1 |
| Clapet aérateur à membrane | 1 | 15,6 | 15,6 |
| Croix PVC 40 | 1 | 7,05 | 7,05 |
| Tube 40 (2m) | 1 | 11,19 | 11,19 |
| Coude PVC 40 | 1 | 1,97 | 1,97 |
| Coudes à 90° PE | 4 | 4,8 | 19,2 |
| Coude à 90° taraudé 3/4" | 1 | 4,1 | 4,1 |
| Raccord taraudé 25 x 1" | 1 | 3,1 | 3,1 |
| D intérieur 40 / filetage 1" | 1 | 2,22 | 2,22 |
| Raccord fileté 1" / annelé d19mm | 1 | 3,71 | 3,71 |
| Tuyau arrosage 19mm (25m) | 1 | 46,99 | 46,99 |
| Raccord rapide aquastop avec vanne | 1 | 26,86 | 26,86 |
| Crépine | 1 | 2,4 | 2,4 |
| Support tuyau | 1 | 3,9 | 3,9 |
| COÛT TOTAL MATERIEL STATION DE TRANSVASEMENT | | | 1061,72 |

6.5. Station mobile de collecte d'urine

Le local pour accueillir le point d'apport volontaire d'urine appartenant à la mairie, l'association de l'AMAP a fait une demande officielle pour cette installation auprès de la municipalité. Le temps d'instruction du dossier a été un peu long (~10 mois) et a mis le fonctionnement de la filière en attente. Dans le même temps, les membres de l'AMAP collectaient déjà leur urine à domicile et avaient besoin de la déposer quelque part, ne pouvant stocker de gros volumes chez elleux. Afin d'honorer cette motivation et ne pas perdre cet enthousiasme, mais aussi pour avoir déjà un gisement d'urine à fournir à la ferme partenaire, la coordinatrice du projet a proposé de venir 1 fois par mois lors de la distribution des paniers, pour récupérer l'urine collectée par les participant.es. L'urine était ensuite acheminée et stockée à l'Ecole des Ponts où est situé le programme OCAPI, avant d'être apportée à la ferme partenaire lors des séances de travail sur la ferme.

Toujours dans l'idée de faciliter le transfert d'urine et de limiter impérativement les odeurs et renversements, nous avons mis au point une station mobile de collecte de l'urine, qui pouvait être repliée et placée dans le véhicule de service, pour aller faire la collecte. La station était déployée sur le parking à proximité du lieu de distribution des paniers et les amapien.nes venaient vider leurs bidons de 5L dans des bidons de 20L qui étaient ensuite chargés dans le véhicule. Cette collecte ponctuelle a aussi permis de tester diverses façons de transvaser l'urine, différents types de pompes et de systèmes. Ce sont 1000 litres d'urine qui ont été collectés ainsi et environ 20 000 litres d'eau économisés, de novembre 2022 à octobre 2023.

Les décorations associées à la station mobile de collecte d'urine (couleurs, messages...) et la mise en valeur des volumes collectés, permettaient aussi de rendre le projet plus convivial et sympathique, favorisant également la motivation des participant.es.



Figure 58 : De gauche à droite : station mobile de collecte d'urine installée sur le parking avec panneau d'accueil et de suivi des volumes collectés ; détail de l'interface d'utilisation pour transvaser les bidons de 5L des habitants vers les bidons de 20L ; station mobile repliée et bidons d'urine de 20L qui seront apportés à la ferme ultérieurement, stockés à l'Ecole des Ponts en attendant.

6.6. Cuve dans le camion de livraison de la ferme

Choix de la logistique avec l'agriculteur

Pour mettre en place la logistique de retour des nutriments sur la ferme partenaire, il faut impérativement inclure les personnes concernées dans les discussions et les prises de décisions techniques et organisationnelles. Il est fort probable que ça soit leurs contraintes et limites qui vont définir le cadre du projet, et donc il faut vraiment être très attentif à leur avis.

Les agriculteur.ice.s ont déjà des journées très remplies, ils/elles auront probablement peu de temps à accorder au projet, quand bien même ils/elles semblent très motivé.e.s pour y participer. De plus, dans le cas du maraîchage, le moment des livraisons est souvent très intense, aussi bien physiquement (les allers-retours pour récupérer les récoltes, charger/décharger le camion, etc.) que psychologiquement (vérifier attentivement la disponibilité des produits récoltés, s'assurer que chaque commande est honorée, sachant que l'offre et la demande changent chaque semaine...). Dans le cas de la ferme partenaire du projet Enville, le chargement du camion a parfois lieu très tard la veille ou très tôt le jour même du départ (on a vu des chargements à 3h du matin !). La personne en charge de la livraison enchaîne ensuite une journée complète, à circuler dans Paris pour déposer les différentes commandes. Souvent la personne ne revient sur la ferme que tard dans la soirée...



Figure 59: Récolte le jour-même pour livraison extra-fraîche, préparation des commandes, et chargement du camion (en fonction des points successifs de livraison !)

Ainsi, il faut optimiser au maximum la logistique pour la personne de la ferme qui fera la vidange : si c'est elle-même qui récupère directement l'urine (comme c'est le cas pour le projet Enville) il faut s'assurer que le système de vidange soit rapide, simple et pas trop engageant physiquement (peu de poids à porter, aucun débordement possible, limiter les odeurs au maximum, pas de dysfonctionnement à gérer, etc.).

Pour développer le projet Enville, nous avons proposé plusieurs options logistiques possibles à partir d'un schéma (cf. image ci-dessous), envoyé par message téléphonique, puisque c'était le canal d'échanges le plus efficace avec l'agriculteur. Sur cette base dont il avait pris connaissance, nous avons discuté au téléphone de l'option la plus raisonnable. Puis nous avons fait des allers-retours pour qu'il puisse valider le système finalement installé.

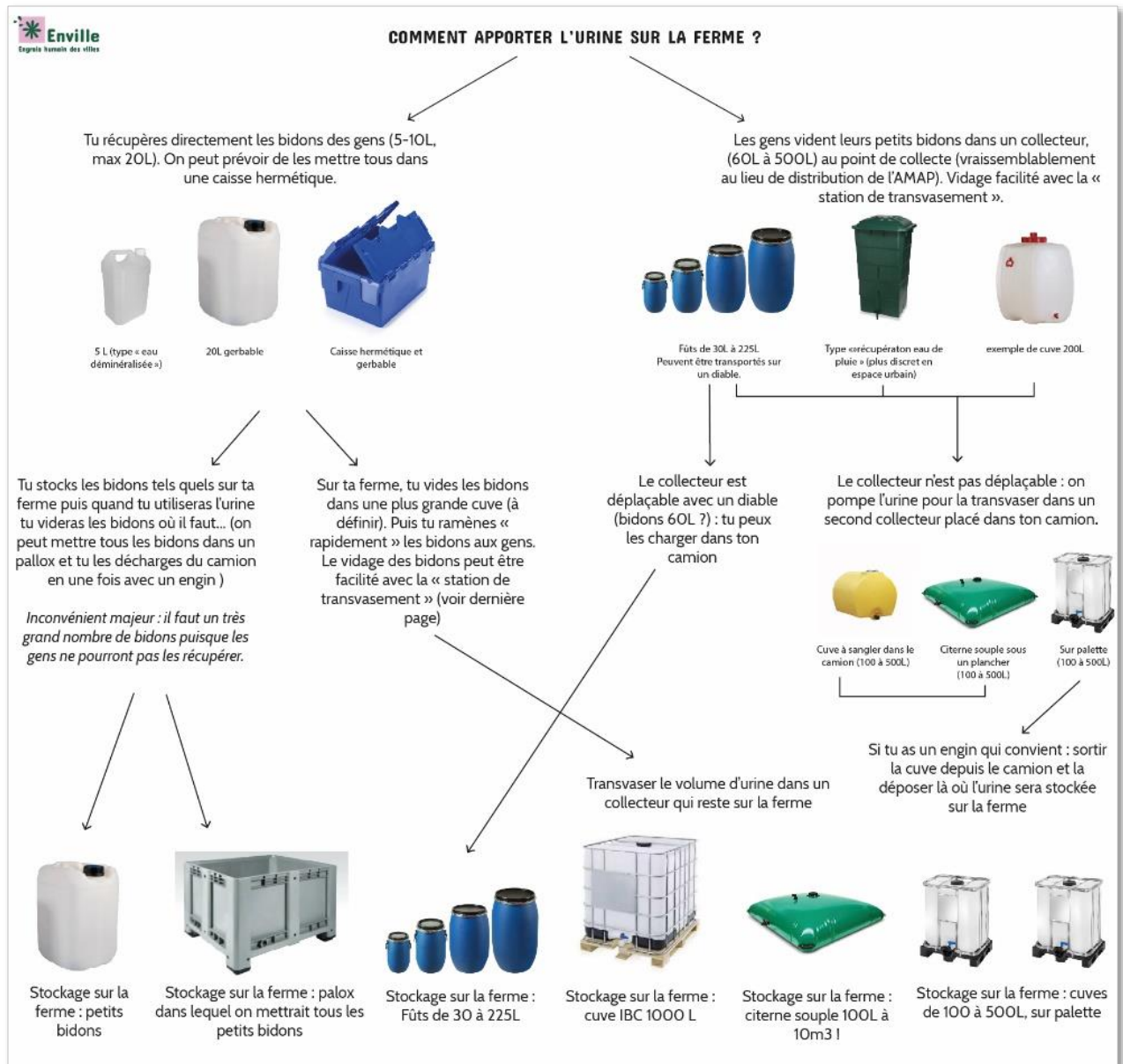


Figure 60: Document de travail pour identifier la meilleure logistique à mettre en place avec la ferme partenaire

Pour les raisons déjà mentionnées (cf. section « Système de transvasement »), nous avons exclu le fait de ramener tous les bidons pleins à la ferme. Nous avons donc cherché quelle cuve pouvait être installée dans le camion.

Choix de la cuve dans le camion

Comme expliqué plus haut, la préparation de livraison est un moment très intense en charge de travail et donc il ne nous a pas paru raisonnable d'installer un système à enlever et réinstaller dans le camion à chaque livraison et collecte d'urine. Nous nous sommes donc orientés vers un système installé de façon pérenne dans le camion, qui prenne le moins de place possible, sinon dans des espaces « morts » qui ne trouveraient pas d'autres usages, ou en tout cas en aucun cas des espaces qui pourraient accueillir des caquettes de légumes puisque le camion est déjà au maximum de sa capacité de chargement certaines semaines pendant la haute saison.



Figure 61: Camion de livraison de la ferme

Nous avons donc cherché les endroits disponibles dans le camion où il ne peut pas y avoir de légumes, en s'inspirant notamment de ce qui se fait pour les vans aménagés :

- Sur le toit du camion (→ risque de modifier le centre de gravité du camion avec le poids de la cuve pleine ?)
- Dans l'espace au-dessus des sièges avant (→ mais dans notre cas, souvent occupé par du matériel)
- Sous le camion (→ le camion de la ferme circule souvent sur des terrains accidentés, entre les parcelles : attention à ne pas trop abaisser le bas de caisse du camion...)
- Au-dessus des roues, le long des parois du camion.

Nous nous sommes concentrés pour le moment sur la dernière option et nous avons cherché des cuves avec des dimensions adaptées à cet espace. Nous avons trouvé des cuves de 140L dont les dimensions correspondaient à la place disponible. Une cuve de chaque côté permet un chargement de 280L. C'est un volume petit au regard des besoins d'une ferme mais pour démarrer le projet et la filière nous considérons que c'est convenable.



Figure 62 : Installation de la cuve d'urine dans le camion de la ferme partenaire du projet, protégée d'un caisson.

Nous n'avons pas retenu l'option d'une cuve souple installée sur le sol de l'espace de chargement du camion, sous un « faux plancher », notamment car cette option faisait perdre en hauteur pour empiler les caisses de légumes, et nous craignons que la cuve souple ne se perce.

Nous avons cherché à isoler les cuves d'urine du reste du camion et à les protéger des chocs. C'est pourquoi nous avons construit des caissons autour de chaque cuve, de part et d'autre du camion.

6.7. Vidange de la cuve du point d'apport volontaire d'urine

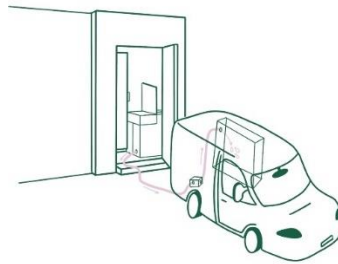


Figure 63 : Illustration du transvasement de la cuve de l'AMAP à la cuve du camion de l'agriculteur

Cahier des charges pour remplir les cuves du camion de l'agriculteur

- Aucun échange d'air entre la cuve et l'intérieur du camion car l'air de la cuve est chargée en ammoniac et malodorante.
- Pas de gouttes ou de renversements possibles ni au moment du remplissage, ni après pendant que le camion roule avec les cuves pleines.
- Les tuyaux et les pompes utilisés sont gardés en dehors du camion pour ne pas risquer de le salir : il faut donc avoir un système de pompage à déployer à la fois à la ferme et à l'AMAP.

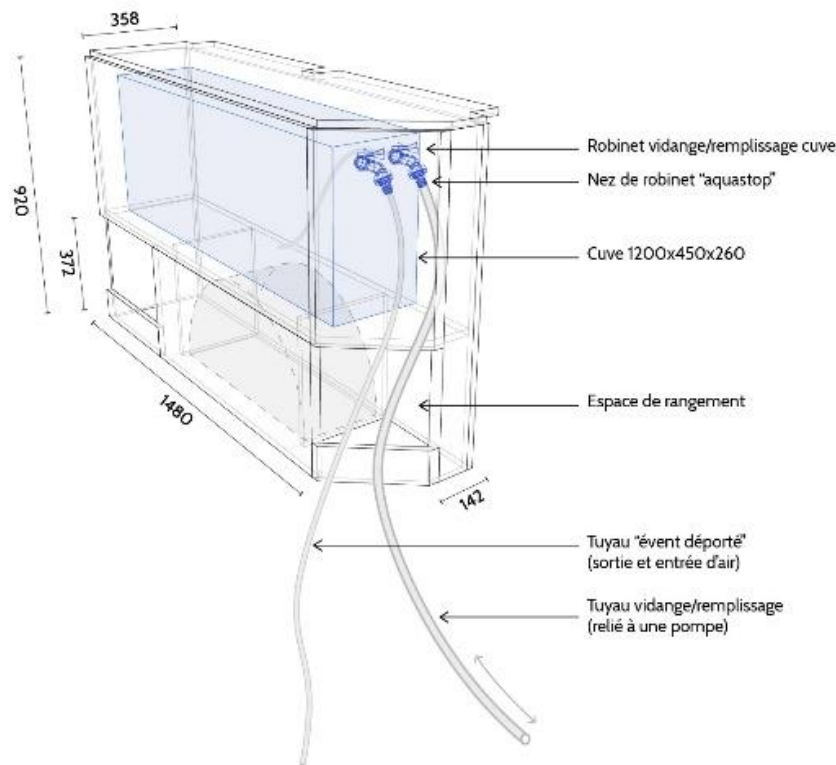


Figure 64 : Schéma de l'installation dans le camion de la ferme.

Description du système installé

La station de transvasement a été conçue de sorte à ce que la même pompe puisse être utilisée aussi pour vidanger les cuves de l'AMAP. Le mode « vidange » est activé en manœuvrant les vannes qui inversent les tuyaux d'aspirations et de refoulement (cf. schéma ci-dessous). Seul l'agriculteur sera amené à actionner ces vannes, il a pour consigne de remettre le système en mode « vidange des bidons » quand il repart.

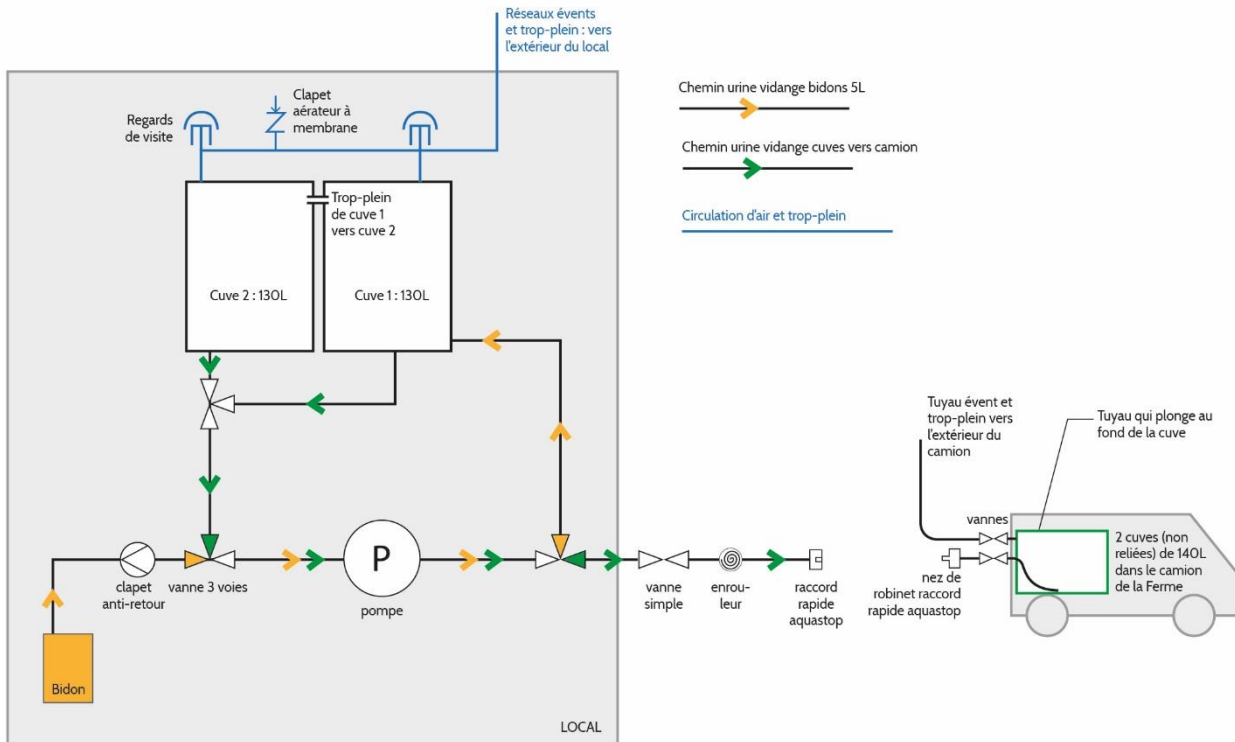


Figure 65 : Schéma de principe du point d'apport volontaire et de vidange des cuves vers le camion de la ferme.

Les tuyaux utilisés pour cette opération restent stockés au local de l'AMAP afin de ne pas encombrer le camion de l'agriculteur, d'autant plus avec du matériel qui pourrait être souillé. En plus d'actionner les vannes et la pompe, l'agriculteur doit raccorder le tuyau de vidange et le tuyau-évent sur chacune de ses cuves, puis ouvrir les robinets correspondants.

Pour assurer une entrée d'air optimale lors de la vidange des cuves, nous avons ajouté un évent unidirectionnel sur les cuves (« clapet aérateur à membrane », qui laisse uniquement entrer l'air dans les cuves) pour éviter une aspiration trop forte sur leurs parois.



Figure 66 : Exemple de clapet aérateur à membrane. Source : Castorama.fr

Equipements de protection individuelle

Bien que la station de transvasement ait été conçue afin de limiter au maximum les risques d'éclaboussures ou projections, la personne qui effectue le transfert n'est pas à l'abri d'un dysfonctionnement ou d'une fausse manipulation, qui pourraient entraîner des projections d'urine. Or, l'hygiénisation par stockage n'a pas encore eu lieu quand ce transfert est effectué. Pour fournir une barrière supplémentaire de protection aux personnes qui réalisent la manipulation, nous recommandons de porter des équipements de protection individuelle : gants, lunettes, masque, et survêtements à retirer après la manipulation. Ces éléments limiteront encore davantage le contact avec l'urine. Ces équipements ne nous semblent pas nécessaires lorsque les habitants vident leur propre bidon puisqu'ils manipulent l'urine de leur foyer.

Après transvasement, la personne qui a réalisé l'opération doit se laver les mains avec de l'eau et du savons (mis à disposition à proximité de la cuve), ou au moins se frotter les mains au gel hydroalcoolique.

Vidange sur la ferme

Pour vider les cuves du camion, l'agriculteur utilise du matériel qui reste sur la ferme à un endroit dédié pour cet usage. Seul le tuyau de vidange est à brancher sur les cuves du camion, mais le robinet de l'évent doit être ouvert pour laisser l'air entrer dans la cuve. Le tuyau de vidange est ensuite plongé au fond des cuves IBC de la ferme, numérotées pour être distinctes les unes des autres.

La logistique d'organisation de la vidange sur la ferme n'est pas encore tout à fait aboutie. Deux options sont possibles :

- Vidanger les cuves toujours au même endroit, à proximité de là où est garé le camion (et de l'alimentation électrique, pour la pompe) mais comme les parcelles sont très espacées les unes des autres, il faudra alors déplacer les cuves pour les apporter aux bons endroits, en « bout de champ ».
- Vidanger les cuves directement à proximité des parcelles où l'urine est ensuite utilisée, mais cela implique d'utiliser une pompe sur batterie, ou une motopompe reliée au bras de force du tracteur, pour être indépendant de l'alimentation électrique générale de la ferme. Ceci rend également plus difficile le suivi des dates de remplissage des cuves pour compter le temps d'hygiénisation (cf. section « Logique multi-barrière et hygiénisation de l'urine par stockage »).

Coût du matériel pour une cuve dans le camion (prix 2023)

Détails pour l'installation d'une cuve, hors coût des outils utilisés pour la construction (perceuse, scie circulaire, etc.) et hors temps de travail.

| FOURNITURES | QUANTITE | PRIX UNITAIRE TTC (€) | PRIX TOTAL (€) |
|--|----------|-----------------------|----------------|
| Bois structure caisson : contreplaqué "marin" (réemploi) | 1 | 109,25 | 109,25 |
| Vis à peinture | 1 | 10 | 10 |
| Vis à bois | 1 | 25 | 25 |
| Charnière piano | 1 | 6,7 | 6,7 |
| Sangle métal fixation cuve | 1 | 24,94 | 24,94 |
| Cuve 140L | 1 | 177,95 | 177,95 |
| Tuyau arrosage 19mm | 1 | 46,99 | 46,99 |

| | | | |
|--|---|-------|---------------|
| Raccord annelé D19 / fileté 3/4" | 1 | 5,5 | 5,5 |
| Passe-paroi 3/4" fileté int (1/2") et ext (3/4") | 1 | 8,6 | 8,6 |
| Vanne 1/4 tour 20x27 | 1 | 8,9 | 8,9 |
| Nez de robinet aquastop | 1 | 22,64 | 22,64 |
| Traverse cuve laiton | 1 | 7,1 | 7,1 |
| Robinet laiton 1/4 de tour | 1 | 7,9 | 7,9 |
| Nez de robinet 20/27 | 1 | 5,5 | 5,5 |
| Raccord rapide plastique classique 19mm | 1 | 5,9 | 5,9 |
| Raccord rapide plastique « aquastop » 19mm | 1 | 8,5 | 8,5 |
| COUT TOTAL MATERIEL POUR UNE CUVE DANS LE CAMION | | | 480,77 |
| COUT TOTAL MATERIEL POUR L'EQUIPEMENT COMPLET DU CAMION (2 CUVES) | | | 961,54 |

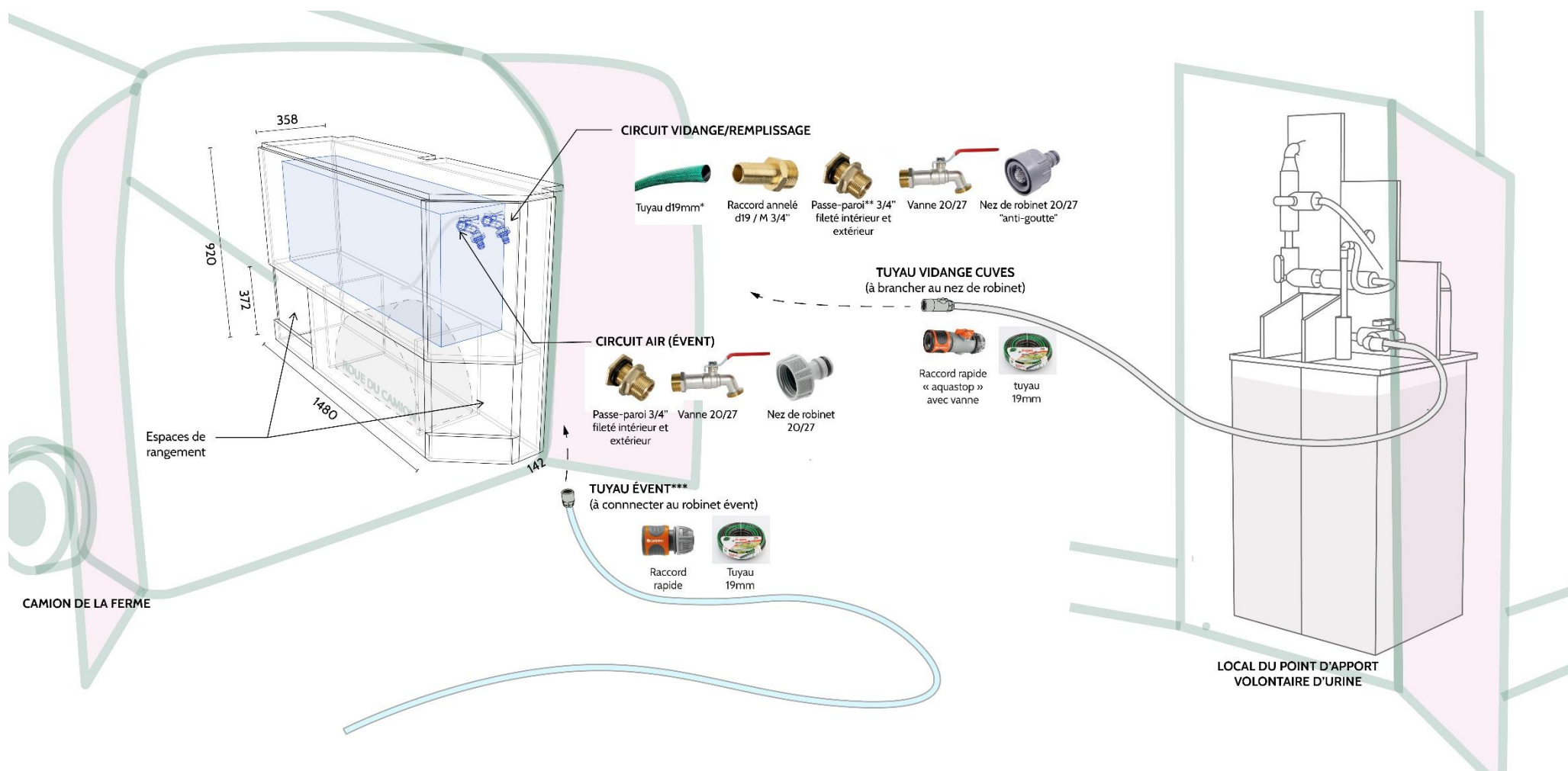


Figure 67 : Schéma détaillé du matériel utilisé pour la cuve dans le camion de livraison de la ferme

7. Application d'urino-fertilisants sur des cultures

7.1. Cadre réglementaire

On nomme urino-fertilisants les matières fertilisantes spécifiques issues d'un traitement de l'urine humaine et permettant d'en valoriser les nutriments. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de réglementation spécifique relative à l'utilisation d'urino-fertilisants en agriculture. La réglementation relative à l'assainissement permet difficilement de prendre en compte les enjeux de circularité, salubrité et de sobriété, liés à la gestion des urines et matières fécales humaines.

La pratique étant émergente⁶, il est logique que la réglementation existante ne prévoie pas explicitement l'utilisation d'urino-fertilisants. L'absence de cadre réglementaire ne signifie pas une interdiction et ne devrait donc pas nécessairement être un frein au développement des projets de séparation à la source, comme le montre l'émergence de plusieurs filières expérimentales en France, qui sont parfois même de grande ampleur.

Au moins cinq cadres réglementaires possibles ont été identifiés pour les urino-fertilisants :

- La conformité à un règlement européen. À l'heure actuelle, aucun règlement européen pouvant concerner les urino-fertilisants n'a été repéré ;
- l'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM). À l'heure actuelle, aucun acteur n'a demandé une AMM pour les urino-fertilisants envisagés dans le projet Enville ;
- un cahier des charges du Ministère en charge de l'Agriculture. À l'heure actuelle, le Ministère en charge de l'Agriculture n'a pas rédigé de cahier des charges sur les urino-fertilisants ;
- la conformité à une norme. La possibilité d'utiliser cette voie réglementaire est actuellement à l'étude ;
- le plan d'épandage sous statut de déchet. Par défaut, cette voie peut être utilisée. L'épandage d'urino-fertilisant est alors encadré par la loi sur l'eau (rubrique 2.1.4.0 *a priori*). La déclaration au titre de la loi sur l'eau est requise pour les projets qui épandent davantage que 1tN/an (soit environ 160m³ d'urine de bureaux/habitat ou 250m³ d'urine issue de contexte événementiel). La procédure d'autorisation est requise au-delà de 10 tN/an.

Le groupe de travail thématique « séparation à la source » de l'association Arceau IdF a rédigé une note spécifique sur les questions réglementaires. Vous pouvez la consulter sur le site internet d'Ocapi pour une analyse juridique complète du sujet ([Bibliothèque → Bibliographie](#)) (21).

Le texte de référence internationale pour l'utilisation de l'urine en agriculture est le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé relatif à l'utilisation sans risque des excréments humains (22). Ce rapport indique notamment que le stockage de l'urine constitue une opération de traitement permettant d'utiliser l'urine sans danger pour la santé humaine, en adoptant également une logique multi-barrière. L'Institut de l'Environnement de Stockholm a également publié un guide pour l'utilisation de l'urine en agriculture (23). Ce sont les deux documents de référence principaux que nous appliquons pour le projet Enville.

⁶ Si la pratique est aujourd'hui « émergente », elle n'est pourtant pas nouvelle : la fertilisation des cultures avec les excréments humains, notamment collectés dans les villes, était pratiquée pendant des siècles. Elle a été peu à peu abandonnée avec l'arrivée des engrais de synthèse, au début du 20^{ème} siècle, puis oubliée.

7.2. Logique « multi-barrière » et hygiénisation de l'urine humaine par stockage

Nous appliquons la méthode « multi-barrière » préconisée par l'Organisation mondiale de la santé pour l'utilisation des excréments humains en agriculture (22). Il s'agit d'un ensemble de conditions de collecte, stockage et d'application de l'urine qui permettent d'assurer une pratique sans risque pour la santé des consommateurs et des opérateurs. Chacune des barrières proposées permet d'abaisser le risque et elles peuvent être additionnées pour atteindre un niveau maximal de précaution. Les barrières sont les suivantes :

- Séparation à la source (méthode de collecte de l'urine)
- Stockage de l'urine
- Technique d'application
- Restriction des cultures fertilisées
- Période d'attente avant récolte
- Equipement de protection
- Lavage des mains
- Cuisson des aliments
- Promotion de la santé et de l'hygiène.

Dans ce rapport, nous détaillerons les 5 premières barrières.

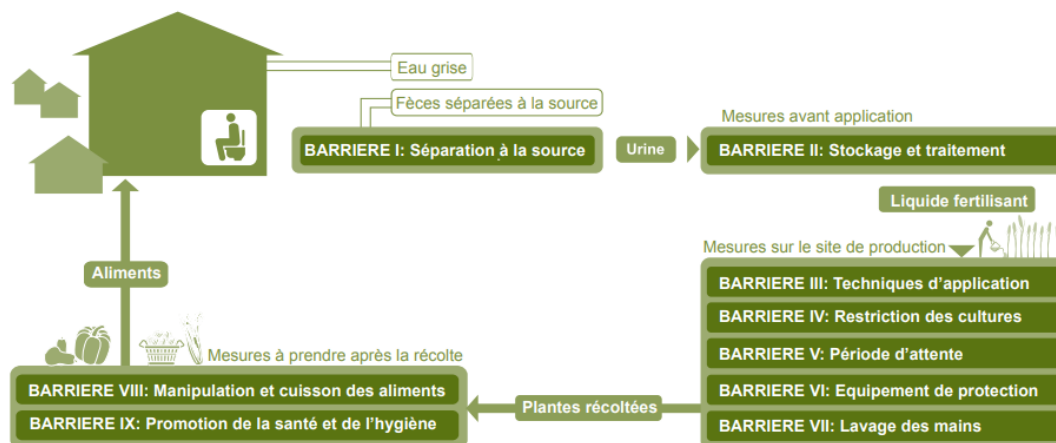


Figure 68 : Logique multi-barrières pour une utilisation sûre de l'urine comme engrais. Issue de (23).

7.2.1. Méthode de collecte de l'urine

L'urine présente moins de risques sanitaires que les matières fécales : elle est beaucoup moins susceptible de contenir des micro-organismes pathogènes qui pourraient transmettre des maladies, surtout dans les pays à climat tempéré (22). Le risque sanitaire principal de l'utilisation de l'urine humaine en agriculture est la contamination fécale croisée, qui pourrait avoir lieu dans le cas de collecte par toilettes à séparation d'urine. En effet, les fèces peuvent contenir des pathogènes entériques, beaucoup plus courants que les pathogènes urinaires, susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine. Or la séparation dans une toilette à séparation d'urine ne peut pas être considérée comme totale.

Ainsi, si l'urine est collectée dans un urinoir, sans aucun contact possible avec les fèces, le risque sanitaire est déjà considérablement réduit. Pour le projet Enville, nous sommes dans ce cas puisque les participant.e.s utilisent un urinoir d'appoint pour le moment⁷.

Certains foyers participants du projet Enville ont demandé s'ils pouvaient collecter l'urine de leur enfant via son pot, quand celui-ci avait seulement uriné. Nous avons préféré refuser pour le moment, afin de ne recueillir que de l'urine sans contamination fécale possible, ce qui ne serait pas le cas dans le pot d'un enfant. Cet exemple montre aussi qu'il est raisonnable de respecter un temps de stockage le plus long possible, malgré la collecte par urinoir, car il n'est pas possible de contrôler les pratiques au sein de chaque famille, et dans le cas de cet exemple, les personnes auraient pu décider de le faire sans demander au préalable. Il est par ailleurs possible de proposer aux enfants, en âge d'aller sur le pot, d'uriner dans des urinoirs adaptés (cf. section « les objets de collecte à domicile »). Un travail spécifique dédié aux urinoirs pour enfants serait à mener.

7.2.2. Stockage de l'urine pour auto-hygiénisation

- Le principe de l'auto-hygiénisation

La transformation de l'urine qui a lieu au cours de son stockage est un traitement en soi. En effet, la transformation spontanée de l'urée en ammoniac fait atteindre un pH de 9,1 (24). La combinaison du pH élevé et de l'ammoniac en solution assure un abattement des micro-organismes pathogènes susceptibles d'être présents dans l'urine, même en cas de contamination fécale croisée (22).

Le temps de stockage nécessaire varie de 1 semaine à 6 mois : il dépend à la fois du risque de contamination, de la température de stockage et de la culture sur laquelle l'urine sera épandue (cf. section « Restriction relative aux cultures »).

Si l'urine provient d'un urinoir (= aucune contamination fécale possible) et que l'urine sera épandue sur une culture « non sensible » (exemple : blé) le temps de stockage peut être réduit à deux semaines d'après l'Institut de l'Environnement de Stockholm (23). A l'inverse, si vous souhaitez

| Température de stockage (°C) | Durée de stockage (mois) | Agents pathogènes pouvant être présents dans le mélange d'urines après stockage | Cultures recommandées |
|------------------------------|--------------------------|---|--|
| 4 | ≥1 | Virus, protozoaires | Cultures alimentaires et fourragères à traiter |
| 4 | ≥6 | Virus | Cultures alimentaires à traiter, cultures fourragères ^d |
| 20 | ≥1 | Virus | Cultures alimentaires à traiter, cultures fourragères ^d |
| 20 | ≥6 | Probablement aucun | Toutes cultures ^e |

Figure 69 : Durées de stockage recommandées pour les mélanges d'urines^a d'après la teneur estimée en agents pathogènes^b et cultures recommandées pour les systèmes à grande échelle^c (tableau extrait de OMS, 2012).

^a Urines ou urines et eau. Une fois dilué, on suppose que le mélange d'urines présente un pH de 8,8 au moins et une teneur en azote de 1 g/l au moins.

^b Les bactéries à Gram positives et formant des spores ne sont pas comprises dans les évaluations des risques sous-jacentes, mais sont normalement reconnues comme à l'origine de toute infection préoccupante.

^c Dans ce cas, un système à grand échelle est un système dans lequel le mélange d'urines est utilisé pour fertiliser des cultures qui seront consommées par des individus n'appartenant pas au ménage chez lequel les urines ont été collectées.

^d Pas d'herbages pour la production de fourrage.

^e Dans le cas des cultures consommées crues, il est recommandé d'appliquer les urines au moins un mois avant la date de la récolte et de les incorporer dans le sol si les parties comestibles poussent au-dessus de la surface du sol.

⁷ Nous pourrions développer un séparateur à urine à installer dans la toilette à chasse d'eau, afin de collecter l'urine tout en étant assis. Dans ce cas, le risque de contamination fécale croisée serait à prendre en compte.

utiliser l'urine sur des cultures qui se consomment crues et qui se développent à proximité du sol (exemple : salades), le stockage doit être poussé jusqu'à six mois à 20°C par mesure de précautions.

L'urine stockée, prête à être utilisée en agriculture comme fertilisant, est l'urino-fertilisant le plus simple à produire, appelé « lisain » (25) (= « lisier humain »). Dans la suite du document, nous utiliserons le terme « lisain » pour signifier qu'il s'agit d'urine hygiénisée, avec un temps et une température de stockage correspondant à la culture fertilisée.

- Application de l'auto-hygiénisation sur la ferme

Afin de garantir un temps de stockage permettant l'hygiénisation de l'urine, il convient de réaliser un suivi des dates de remplissage des cuves. Pour que le temps de stockage de six mois soit respecté, il ne faut pas que la cuve ait reçu d'apport d'urine supplémentaire durant toute la période de stockage.

Sur la ferme partenaire du projet, nous avons numéroté les cuves pour pouvoir les identifier et suivre les dates de leur remplissage.

Même si une cuve n'est pas encore pleine, il peut être intéressant de stopper son remplissage afin que le volume soit disponible six mois plus tard pour des cultures plus sensibles.

7.2.3. Technique d'application : fertilisation à même le sol

La façon d'appliquer l'urine sur les cultures participe aussi à réduire le risque sanitaire associé à la fertilisation à l'urine humaine. L'urine doit être appliquée dans le sol et non sur les parties comestibles des plantes. Si possible l'urine doit être recouverte ou enfouie dans le sol tout de suite après application (recouvrir par exemple de paillage ou tonte d'herbe), ce qui permet aussi d'augmenter l'efficacité fertilisante, et réduire la perte ammoniacale et les odeurs (23). Par exemple, il est recommandé de creuser un sillon dans le sol pour y appliquer l'urine puis de le refermer après application de l'urine. Une autre possibilité est d'appliquer de l'eau d'irrigation tout de suite après l'application d'urine : ceci favorisera l'assimilation dans le sol.

Le recours au système de goutte-à-goutte peut être utilisé pour appliquer l'urine sur ou dans le sol, avec quelques précautions à prendre relatives au colmatage des buses (cf. 1.6.4. Goutte-à-goutte).

Les systèmes à aspersion, utilisés couramment en arrosage, sont à exclure pour la fertilisation au lisain : en effet, le produit pourrait être déposé sur les parties consommées des cultures, le cas échéant, et l'aspersion augmente la volatilisation.

7.2.4. Restriction relative aux cultures

Si l'urine a été traitée par stockage (6 mois à 20°C) et que les autres barrières sont respectées, il n'est pas nécessaire d'appliquer des restrictions particulières aux cultures fertilisées à l'urine.

Cependant, si vous épandez de l'urine qui a été stockée moins de six mois à 20°C, il faut restreindre la pratique à des cultures « non-sensibles » :

- Cultures qui ne se consomment pas (par exemple fleurs ornementales)
- Cultures qui se consomment uniquement transformées ou cuites (par exemple céréales, pomme de terre, aubergine, ...)
- Arbres fruitiers : permettant une distance entre le sol et la partie récoltée de la culture.

L'Institut de l'Environnement de Stockholm propose le tableau ci-dessous, indiquant le niveau de risque en fonction du type de culture.

| Culture | Exemple | Risque inhérent | Personnes exposées au risque | Temps d'application **** | Stockage de l'urine *** |
|---|-------------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Cultures à croissance lente | Ananas | Faible | Ouvriers | premières étapes | Nul besoin de stockage |
| Fleurs ornementales, plantes de jardin | | Faible | Ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Nul besoin de stockage |
| Cultures à croissance rapide mais non cueillies du sol et ayant une «protection» | Banane. | Faible | Ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Nul besoin de stockage |
| Cultures céréalières transformées avant consommation | Millet, Riz, Sorgho, Maïs | Faible | Ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Nul besoin de stockage |
| Plantes pendantes sans contact direct avec le sol et généralement non consommées crues | Aubergine | Moyen | Consommateurs et ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Stockage nécessaire |
| Fruits susceptibles d'être cueillis de la terre et consommés directement* | Mangue, Fruit de la passion, orange | Faible | Ouvriers | Hors saison de fructification ** | Nul besoin de stockage |
| Plantes pendantes partiellement ou entièrement en contact avec le sol et consommées crues | Tomate | Élevé | Consommateurs et ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Stockage nécessaire |
| Racines comestibles transformées/ cuites | Manioc, pomme de terre | Faible | Protection of ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Nul besoin de stockage |
| Racines comestibles consommées crues | Carotte | Élevé | Consommateurs et ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Stockage nécessaire |
| Feuillage au sol et consommé cuit | Blette | Faible | Ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Nul besoin de stockage |
| Feuillage consommé cru | Laitue, chou | Élevé | Consommateurs et ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Stockage nécessaire |
| Cultures énergétiques ou à fibres | Coton, oléagineux | Faible | Ouvriers | Jusqu'à un mois avant la récolte | Nul besoin de stockage |

Figure 70 : Niveau de risque par rapport à la culture et à la stratégie de manipulation ; tableau adapté de (23).

* Si les légumes sont cultivés sous des arbres fruitiers, alors il faudra des mesures de précaution ou des barrières de protection pour les légumes.
** Si la fertilisation a lieu à l'approche de la saison de fructification, alors il faut adopter des mesures de précaution ou des barrières telles que le stockage de l'urine.

*** Le temps de stockage de l'urine n'est pas indiqué, car cela dépend aussi de facteurs locaux tels que la température ou la conception du système de collecte (degré de contamination fécale).

**** L'application d'urine devrait avoir lieu en tenant compte des besoins des plantes et des pratiques usuelles dans la région. Il peut y avoir une application continue lorsque cela est indiqué, du point de vue barrière. Il faudra toujours observer un délai d'attente d'un mois.

Pour renforcer encore la sécurité sanitaire de la pratique, il peut être proposé de ne pas fertiliser avec du lisain les cultures de pleine terre susceptibles d'être consommées crues. Cela simplifie la gestion des temps de stockage car un temps de stockage d'un mois est alors suffisant.

7.2.5. Délai entre l'application d'urine et la récolte

Un temps d'attente entre la dernière application d'urine et la récolte permet d'ajouter une barrière supplémentaire pour abaisser le risque sanitaire puisque les éventuels pathogènes seront détruits par des facteurs externes comme les UV, le séchage et la température (22).

En particulier si les cultures se consomment crues, il faut prévoir un délai d'attente d'un mois entre la dernière fertilisation et la récolte (22,23).

7.2.6. Equipements de protection

Bien qu'il n'y ait pas de risque élevé associé à l'application d'urine traitée, il est recommandé aux ouvriers agricoles de porter des vêtements de protection appropriés (gants, chaussures, vêtements dédiés et changés après manipulation du lisain).

7.3. Cas particulier de l'agriculture biologique

L'agriculture biologique rencontre un enjeu majeur d'approvisionnement en nutriments et pourrait se trouver face à une impasse pour fertiliser ses sols (26). Dans une étude interrogeant la possibilité de produire la totalité de l'alimentation mondiale selon le cahier des charges de l'agriculture biologique (27), l'approvisionnement en azote est présenté comme un facteur limitant important. Il pourrait être pallié notamment par l'utilisation de l'urine humaine, qui contient presque tout l'azote, le phosphore et le potassium que nous ingérons (28).

L'urine humaine pourrait constituer un bon apport dit « starter » en sortie d'hiver quand les températures sont encore trop basses pour que l'activité biologique du sol assure la minéralisation de la matière organique.

Cependant, à ce jour, il est juridiquement peu clair de pouvoir utiliser des urino-fertilisants en agriculture biologique. Selon la réglementation, un fertilisant est autorisé en agriculture biologique s'il remplit deux conditions cumulatives : être légalement mis sur le marché (ou faire l'objet d'une dispense telle que notifiée dans l'article L255-5 du Code Rural et de la pêche maritime) et être inscrit à l'annexe II du règlement 2018/848. Pour le moment, il n'est pas certain que les urino-fertilisants remplissent juridiquement ces conditions.

Cela étant dit, les urines et matières fécales animales non issues d'un élevage industriel sont bien autorisées et certains considèrent que les excréments humains pourraient entrer dans cette même catégorie (en particulier s'il s'agit des matières issues du foyer de la ferme), mais cette interprétation reste à confirmer.

D'après une étude menée auprès de différents acteurs compétents (29), deux freins principaux limitent l'introduction des urino-fertilisants en agriculture biologique. Le premier concerne les incertitudes vis-à-vis des micropolluants et résidus médicamenteux contenus dans l'urine humaine. On notera que les élevages bio, et *a fortiori* les élevages non bio mais non industriels, utilisent des traitements médicamenteux et que l'épandage de leurs effluents est autorisé en agriculture biologique. Le second frein concernerait le taux élevé d'azote sous forme minérale (et non organique) des urino-fertilisants. On notera que l'excrétion d'urine de ruminant ou de fiente de volaille au champ n'est pas interdite en agriculture biologique (!), ni le lisier animal ou les digestats de méthaniseurs dont les teneurs en azote minéral peuvent être similaires à celles du lisain.

La FNAB (Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique) étudie actuellement l'opportunité de l'utilisation de l'urine humaine en agriculture biologique et les conditions qui permettraient à cette pratique de rentrer dans le cahier des charges de la certification, au regard des pratiques actuelles.

7.4. Dosages pour la fertilisation au lisain

7.4.1. Teneur du lisain en nutriments

L'urine stockée, appelé aussi « lisain », est un engrais liquide et majoritairement minéral, contenant, en plus de l'azote, une certaine quantité de phosphore, de potassium, de soufre et de micronutriments (30). **Le « NPK » du lisain est 0,6/0,05/0,1** (31).

L'azote étant le nutriment prédominant, le dosage sera calculé en fonction des besoins en azote des plantes. Les ratios P/N et K/N du lisain sont plutôt inférieurs à ceux d'une fertilisation équilibrée pour la plupart des cultures.

La richesse du lisain en nutriments varie d'un individu à l'autre et dépend du contexte dans lequel l'urine a été collectée. Si le lisain ne peut pas être dosé avant épandage, et que l'urine a été collectée

à domicile ou sur un lieu de travail, on peut prévoir une concentration autour de **6g/L**. En revanche, si l'urine a été collectée dans un contexte événementiel (festival, fête, ...) où les gens consomment de l'alcool (diurétique), la concentration va plutôt être autour de **3g/L**.

Les nutriments contenus dans le lisain sont principalement sous forme ionique et leur biodisponibilité est comparable à celle des engrais de synthèse (8).

7.4.2. Application de lisain, dilution éventuelle et fréquence d'apport

Le lisain peut être appliqué pur ou dilué avec de l'eau, les deux techniques semblent être pratiquées. Le guide édité par l'Institut de l'Environnement de Stockholm (23) rappelle que la disponibilité en nutriments est importante pour la culture, surtout aux premiers stades de croissance des plantes. **Ainsi, dans les cas où le lisain est appliqué non dilué, en une seule fois, il faut le faire en début de culture, voire 15 jours avant le semis (32), car l'ammoniac est un inhibiteur de la germination.**

Le taux de dilution varie de 1:1 (une part de lisain pour une part d'eau) jusqu'à 1:20 (une part de lisain pour 20 parts d'eau). Certaines études semblent montrer qu'il n'y a pas d'effet sur l'efficacité fertilisante - par exemple d'après Bath, 2003 dans (23) - tandis que d'autres recommandent une dilution pour une meilleure assimilation du fertilisant, par exemple Renaud de Looze (32) ; surtout pour certaines cultures dont les systèmes racinaires sont peu développés (oignons, laitues...), d'après Thorup Kristensen (33). L'autre avantage de la dilution est qu'elle permet de diminuer le risque de volatilisation et de salinisation du sol. Il ne faut pas oublier de respecter la période d'attente d'un mois entre la dernière fertilisation et la récolte si celle-ci est susceptible d'être consommée crue, même en cas de dilution (23).

La dilution augmente le volume total à épandre et signifie souvent un épandage en plusieurs fois au cours de la culture, ce qui peut donc augmenter le temps de travail associé. Cependant, il existe des systèmes de « fertirrigation » qui diluent automatiquement le fertilisant liquide avec l'eau d'irrigation (cf. section 1.6.5 Injecteur à engrais venturi). Dans ce cas, la dilution permet l'entraînement du fertilisant et donc facilite le travail d'application du lisain.

La dilution du lisain peut augmenter les risques de colmatage des tuyaux car l'eau d'irrigation est souvent chargée en minéraux, qui précipitent avec ceux contenus dans le fertilisant. Ce risque est réduit très fortement si l'eau de dilution utilisée est de l'eau de pluie.

Enfin, si vous souhaitez diluer l'urine collectée directement dans la cuve, il faut le faire **après** l'hygiénisation par stockage, sur le lisain prêt à emploi, car la dilution de l'urine diminue l'effet hygiénisant du stockage.

7.4.3. Mélange urine et matière organique

L'urine peut être mélangée avec de la matière organique : compost mûr, copeaux de bois, BRF... Ceci permettra d'enrichir l'amendement en azote. La matière organique améliore la structure du sol et favorise l'activité microbienne, qui améliore aussi la disponibilité des nutriments du sol pour les plantes. Il convient alors d'être vigilant sur les risques de volatilisation ou de lixiviation.

Nous n'avons pas testé l'apport de mélange urine/matière organique dans le projet Enville. Cependant les tests réalisés dans le projet ont eu lieu avec une ferme qui utilise uniquement de l'amendement organique.

Par ailleurs, il est fortement déconseillé d'arroser du compost en cours de maturation avec de l'urine car la montée en température au cours du processus de compostage favorisera la volatilisation de

l'azote. Le lisain, s'il est associé au compost, doit préférentiellement être mélangé avec du compost *mûr*, juste avant l'application sur les cultures (32).

7.4.4. Dosages recommandés

Le lisain peut être appliqué sur la plupart des cultures, et en particulier celles qui ont une forte demande en azote (épinards, choux, blettes, maïs, blé...). Le chiffre de base qui est recommandé dans plusieurs ouvrages est **2L/m²**, mais qui peut être affiné en fonction des cultures (23,32).

D'après l'ouvrage « L'urine de l'or liquide au jardin » de Renaud de Looze (32), voici deux méthodes possibles d'application du lisain :

- Méthode 1 : en une fois avant les plantations

En complément de l'amendement habituel (compost, fumier...), incorporer le lisain non dilué dans le sol, 15 jours avant les plantations (dosage en fig. 67).

- Méthode 2 : en cours de culture

En complément de l'amendement habituel s'il y a lieu (compost, fumier...), diluez le lisain au taux 1:20 et appliquez le lisain toutes les 2/3 semaines, à raison de 10 litres de lisain dilué par m².

Apportez la fertilisation surtout en début de croissance des plantes et stoppez l'application d'urine 1 mois avant la récolte si les cultures sont consommées crues.

| Catégorie | Plante | Nombre de litres d'urine à épandre par m ² |
|---------------|----------------|---|
| Usage intense | Chou et blette | 4 |
| Usage soutenu | Céleri | 3 |
| | Carde | |
| | Concombre | |
| | Aubergine | |
| | Poireau | |
| Usage moyen | Poivron | 2 |
| | Artichaut | |
| | Asperge | |
| | Betterave | |
| | Brocoli | |
| | Ail | |
| | Oignon | |
| | Pomme de terre | |
| | Epinard | |
| | Courge | |
| Usage modéré | Tomates | 1 |
| | Courgettes | |
| | Carottes | |
| | Persil | |
| | Radis | |
| Moins utile | Salade | 0,5 |
| | Echalote | |
| | Fraise | |
| | Navet | |
| | Pois, fèves | |
| | Petits pois | |

Figure 71 : Quantité totale de lisain à appliquer, en fonction des cultures. D'après (32).

De nombreuses publications scientifiques décrivent l'efficacité fertilisante de l'urine, notamment en comparaison avec d'autres engrais et fertilisants disponibles, organiques ou minéraux, sur tous types de cultures (céréales, arbres fruitiers, légumes, prairies...). Vous pourrez en trouver une liste détaillée dans Martin *et al.*, 2020 (31).

7.5. Conseils pratiques pour épandre du lisain

Parmi les études disponibles dans la littérature scientifique, seules un petit nombre sont réalisées en contexte d'une « vraie » exploitation agricole et encore moins en Europe. De plus, il y a peu de détails sur les outils disponibles pour l'épandage de lisain en fonction des contextes agricoles (ferme

Exemple de développement d'une filière citoyenne de valorisation agricole de l'urine humaine

céréalière, maraîchage de plein champ, planches maraîchères, etc.). Le document de référence à la pratique, publié par l'Institut de l'Environnement de Stockholm (23) et traduit en français, propose plusieurs techniques d'application.

Les techniques manuelles nous ont semblé peu reproductibles dans les fermes maraîchères en Europe, notamment pour le temps de travail requis. Cependant, nous les renseignons ci-dessous, car les principes sont à respecter tout de même (application dans le sol et recouvrir après application).

7.5.1. Application manuelle sur culture en rangs espacés

Si les cultures sont en rangs espacés, il est conseillé de creuser une tranchée juste à côté de la ligne des cultures et d'appliquer le lisain dans cette tranchée puis si possible la refermer ensuite. La tranchée peut être simplement des petits sillons, recouverts après application. Arroser abondamment ensuite pour favoriser l'assimilation ou bien réaliser la fertilisation avant/après une bonne pluie.

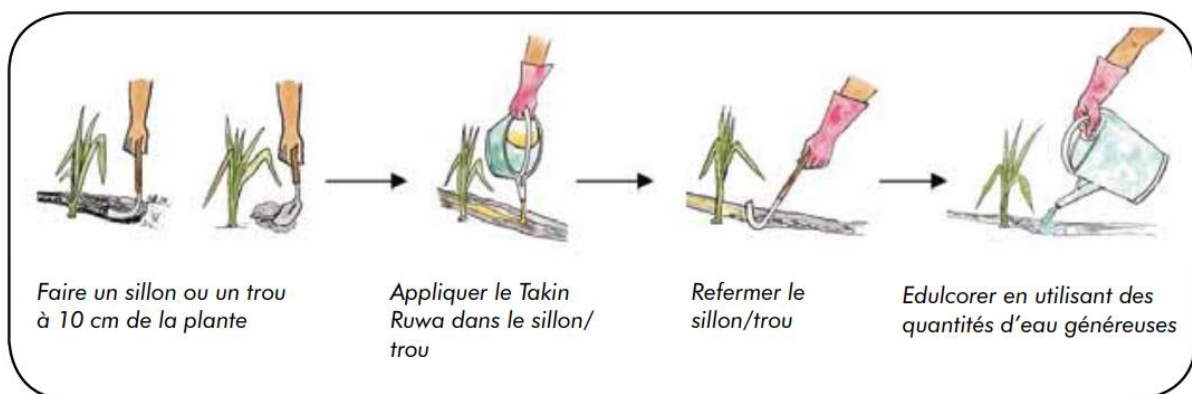


Figure 72 : Méthode d'application de l'urine recommandée par l'Institut de l'Environnement de Stockholm (23). « Takin Ruwa » signifie « lisain » (urine hygiénisée par stockage).

7.5.2. Application manuelle sur des arbres fruitiers

Pour les arbres, le lisain doit être épandu selon un cercle correspondant à la circonférence des branches autour de l'arbre.

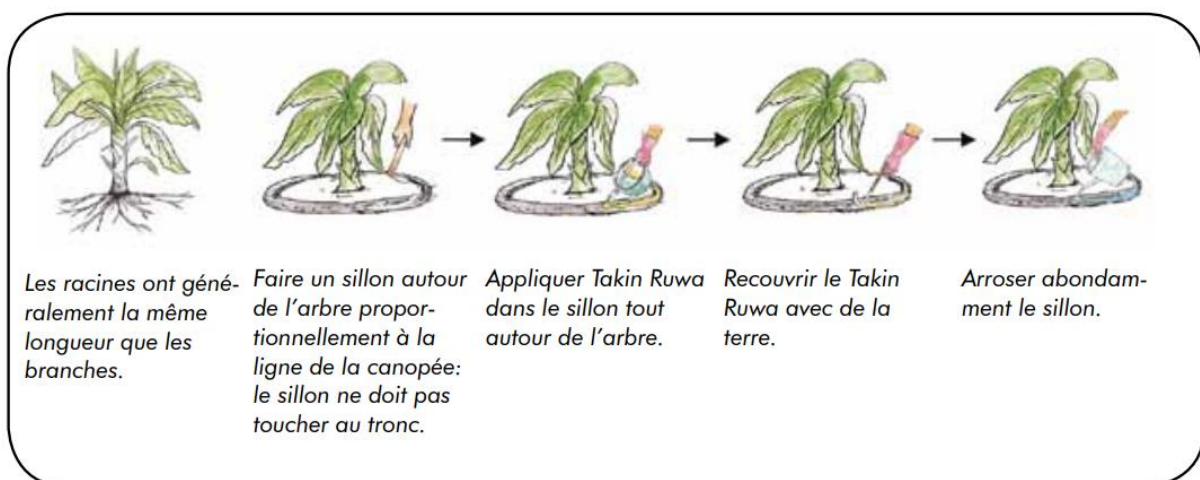


Figure 73 : Méthode de fertilisation à l'urine humaine des arbres fruitiers; illustrations provenant de (23). « Takin ruwa » signifie « lisain » (= urine hygiénisée par stockage).

7.5.3. Précautions

Si la sensibilité de la culture au lisain n'est pas encore connue ou expérimentée, il peut être mieux d'appliquer le lisain soit avant semis (15 jours avant) ou à une certaine distance des plantes, ceci afin d'éviter que les racines de la plante trempent complètement dans le lisain appliqué.

7.5.4. Application de lisain à grande échelle

Pour des « grandes cultures » (blé, maïs, colza...) le lisain peut être appliqué avec du matériel similaire à celui utilisé pour le lisier ou les digestats de méthaniseur, pour lesquels des bonnes pratiques d'épandage ont été définies (34). En effet, le lisain a des caractéristiques très proches de ces fertilisants (produit liquide, concentration en nutriments, risque de volatilisation...).

- Épandage sans tonne

Pour réduire le nombre de passages sur la parcelle, le lisain sera appliqué non dilué. Pour limiter le tassement des sols par le passage de la tonne à lisier, il est recommandé d'utiliser un système d'épandage sans tonne, avec ombilic (35) (cf photo ci-dessous).



Figure 74 : Épandage de lisain « sans tonne », avec épandeur à ombilic, en Suède. Photo extraite de (35).

- Limiter la volatilisation

Autant que possible, le lisain doit être appliqué à même le sol avec un système à pendillards ou, mieux encore, un enfouisseur.

Pour les cultures de printemps (maïs, betteraves par exemple), le lisain peut être enfoui après application, soit en cours d'épandage soit par le travail du sol effectué dans un second temps. Cela permet d'éviter la volatilisation de l'azote, qui peut avoir lieu encore plusieurs jours après l'épandage (11).

La pratique relativement récente du « semis direct » avec travail localisé du sol a favorisé l'émergence d'outils permettant d'enfouir l'engrais en même temps que le semis est réalisé. Les outils utilisés (« strip-till » ou « enfouisseur à dents » par exemple) peuvent enfouir l'engrais spécifiquement sur l'inter-rang, permettant un passage même en période végétative de certaines cultures (maïs par exemple).

- Exemple des essais menés en Île-de-France

Plusieurs essais menés avec la Chambre d'Agriculture d'Île-de-France, interrogeaient la possibilité de substituer les engrais minéraux de synthèse par du lisain ainsi que d'autres urino-fertilisants. Ces expérimentations, menées en partenariat avec des agriculteurs-céréaliers conventionnels, se sont basées sur les pratiques habituelles, à savoir pour le blé un apport fractionné en trois fois de fin février à mi-mai, pour une dose d'azote total de 180kg/ha.

Le deuxième apport pour le blé pourrait être substitué entièrement par du lisain. L'application de lisain pour le premier apport peut être compromise par la faible portance des sols en sortie d'hiver en cas d'épandage avec tonne, et le troisième apport nécessite du matériel permettant d'entrer sur les champs de blés qui sont déjà assez hauts (mi-mai).

Le lisain (6kgN/m^3) est environ 60X moins concentré que l'engrais minéral de synthèse classiquement utilisé en agriculture conventionnelle. Il y a donc une nécessité à adapter le matériel d'épandage et l'itinéraire technique.

Comme il est difficile d'enfouir l'urine sur une culture d'hiver, déjà en cours de développement lors des épandages, il est fortement recommandé d'utiliser une rampe à pendillards, de réaliser l'épandage avant une pluie légère, et d'éviter un temps chaud et venteux.

Les cultures de printemps sont souvent fertilisées avant le semis et donc le lisain peut être enfoui facilement, soit directement avec un enfouisseur ou dans un second temps par travail du sol.

7.6. Exemples de matériel d'épandage auto-construits

Nous avons collecté des exemples de fertilisation au lisain réalisés à partir d'outils auto-construits. Il s'agit souvent de cadres expérimentaux peu reproductibles à grande échelle mais qui méritent tout de même d'y porter une attention particulière, en vue de développer d'autres outils par la suite.

- Épandeur auto-construit par le Rich Earth Institute

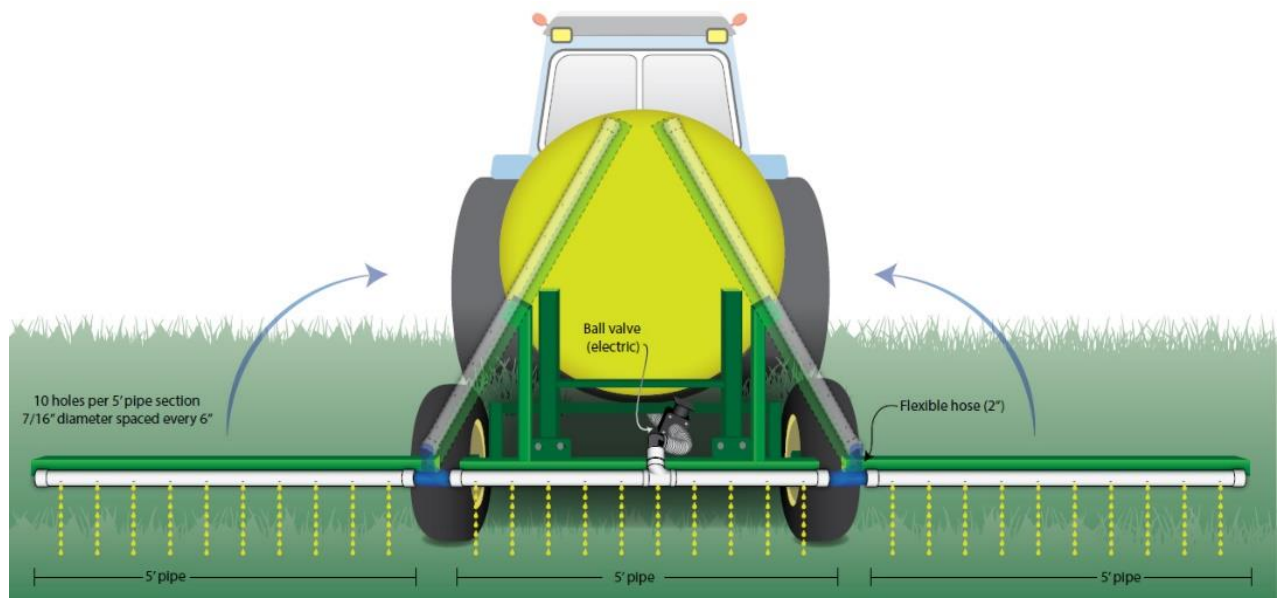


Figure 75 : Épandeur à lisain auto-construit par le Rich Earth Institute (15) à utiliser en grandes cultures et prairies. Source : Rich Earth Institute



Figure 76: Photos de l'épandeur à lisain auto-construit du Rich Earth Institute, en cours d'utilisation. Source : Rich Earth Institute.

- « Râteau » d'épandage par Håkan Jönsson



Figure 77 : Système d'épandage pour gazon conçu par Håkan Jönsson. Sources : A gauche, Håkan Jönsson ; à droite, blog de l'Université Suédoise des Sciences agricoles (SLU).

- Doseur pour épandage manuel (Rich Earth Institute)



Figure 78 : Outils d'épandage manuel auto-construit par le Rich Earth Institute. Sources : publications Instagram du Rich Earth Institute.

7.7. Expérimentations de fertilisation au lisain dans le projet Enville

7.7.1. Les pratiques de fertilisation sur la ferme partenaire

La ferme sur laquelle la fertilisation au lisain a été expérimentée est située en région Centre Val-de-Loire, et présente des cultures très diversifiées : maraîchage et maraîchage de plein champ, céréales diversifiées (blé tendre et dur, sarrasin, millet, ...), petits fruits (cassis, groseille, framboise) et des parcelles de floriculture.

La ferme pratique uniquement l'apport d'engrais organiques et n'utilise pas d'ammonitrate ou autres formes d'engrais azotés de synthèse.

- Engrais NPK « organo-minéral », sous forme solide (granules), plusieurs types de produits utilisés :

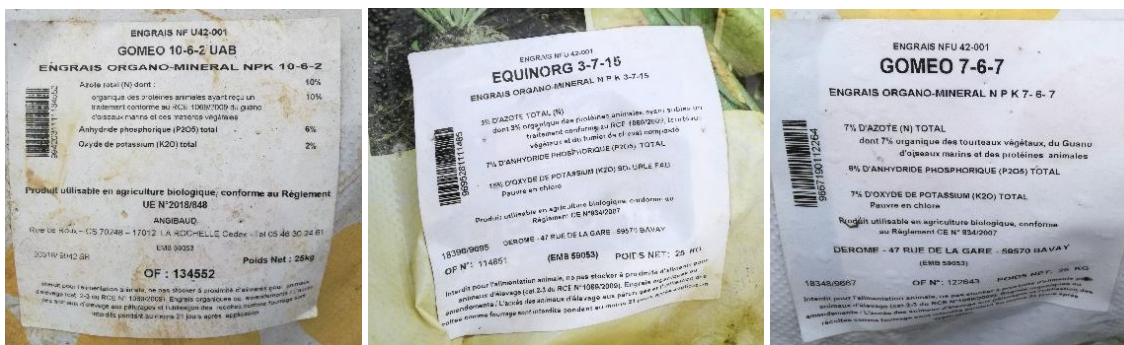


Figure 79 : Différents type d'engrais "organo-minéral" utilisé sur la ferme partenaire du projet

Appliqués à la main, à l'aide d'un seau : granules versés dans un seau qu'on tient à la main et on envoie des poignées « à la volée » au fur et à mesure qu'on avance sur le rang. Cette pratique est un peu fastidieuse (mais il existe des outils pour la faciliter).



Figure 80 : Sachets de granulés « NPK organo-minéral » et seaux pour l'application, devant des rangs de fraisiers.

- Autres engrais solides utilisés sur la ferme :



Figure 81 : Autres types d'engrais organiques solides utilisés sur la ferme

- Engrais liquide utilisé sur la ferme :

Pour les plants qui restent en pot longtemps (tomates, courgettes, céleris raves, aubergines, ...), il est nécessaire de fertiliser à nouveau pour maintenir un taux de nutriments favorable la croissance des plantes. Le produit est appliqué de deux façons possibles, soit à l'arrosoir directement dans le terreau, ou en engrais foliaire, très dilué au pulvérisateur manuel.



Figure 82 : Engrais liquide « Geogreen » pour les plantes restant en pot « longtemps »

7.7.2. Fertilisation au lisain à l'arrosoir

Fraises

Les premières fertilisations au lisain ont été réalisées à l'arrosoir de 10L, en appliquant manuellement au pied de chaque plant. Urine brute, 20cL par plant. 1,75L/m². La fertilisation a eu lieu le 3 avril 2023, en même temps qu'une pluie légère. Nous n'avons pas vu d'effets particulier suite à cette fertilisation, mais les fraisiers sont classés par Renaud de Looze comme des plantes relativement peu gourmandes en azote.



Figure 83 : Arrosoir et pot pour dosage 20cL par plant, versé dans le trou de la bâche.

Cassis et groseilles

Fertilisation réalisée le 3 avril sur 6 pieds, 2 L d'urine par pied, versé à l'arrosoir de 10 litres.

Pas d'effet visuels observés.

7.7.3. Moto-pompe et tuyau d'arrosage

Pour éviter la fertilisation manuelle et ne pas dépendre d'une alimentation électrique (puisque de nombreuses parcelles ne sont pas raccordées), nous avons utilisé une motopompe, c'est-à-dire une pompe reliée à la prise de force du tracteur. Ceci a permis de faire des fertilisations « au tuyau ».



Figure 84 : Motopompe reliée à la prise de force du tracteur (modèle Ferroni M.L.I. 25)

Figuiers : jeunes arbres

La fertilisation a eu lieu le 5 juin 2023, à un moment de stress hydrique des jeunes arbres. Une cuve de 1 m³ contenant 200 litres de lisain a été complétée jusqu'en haut avec de l'eau (800 litres), soit une dilution 1/5^e.

1 rang sur deux a été fertilisé, 40L de lisain dilué ont été apportés au pied de chaque arbre, « sous » la terre (tuyau plongé dans le tas de broyat/BRF au pied de l'arbre, pour éviter la volatilisation) et en trois fois pour attendre que le liquide soit absorbé d'une fois à l'autre.

Chaque arbre fertilisé a reçu l'équivalent d'environ 8 litres de lisain non dilué, soit 40g d'azote si on fait l'hypothèse d'une urine à 6g/L. Les rangs de figuiers non fertilisés ont été arrosés à l'eau selon la même modalité. Nous n'avons pas observé de différences de croissance pour le moment.



Figure 85: Fertilisation de figuiers à lisain dilué (1/5^e)

Artichauts

Deux rangs d'artichauts ont été fertilisés, à côté de deux rangs non fertilisés (application d'eau en témoin).

Cuve de 1000L avec 500 litres de lisain, complétée avec de l'eau.

2 dosages :

- 1 rang avec 6 litres de lisain dilué (à 50%) appliqués par plant, soit environ 3L/m²
- 1 rang avec 3 litres de lisain dilué (à 50%) appliqués par plant, soit environ 1,5L/m²

Les artichauts montraient déjà des signes de mauvaise croissance (feuilles pâle, plants très peu développés...), nous espérons que la fertilisation au lisain puisse aider à leur développement. Malheureusement, après 1 mois, il a été décidé d'arracher cette parcelle pour planter autre chose, faute de récolte possible.



Figure 86 : Rangs d'artichauts fertilisés au lisain (motopompe + tuyau appliqué au pied de chaque plant).

7.7.4. Goutte-à-goutte

L'irrigation en goutte-à-goutte est une méthode d'application possible du lisain (23). Elle présente plusieurs avantages :

- Facilité d'usage : le système de goutte-à-goutte est parfois déjà installé sur les planches maraîchères ou dans les serres, il « suffit » de le connecter au réservoir de lisain pour réaliser la fertilisation
- Fertilisation au sol, limitation de la volatilisation et des odeurs : le lisain est appliqué au sol, et parfois le goutte-à-goutte est recouvert par du paillage ou une bâche plastique.



Figure 87 : Fertilisation épinards au goutte-à-goutte avec du lisain non dilué (2 ans de stockage).

Fertilisation au goutte-à-goutte « gravitaire »

Dans un premier temps, nous avons simplement cherché à surélever la cuve de lisain pour que le lisain circule dans le réseau d'irrigation goutte-à-goutte par gravité. Pour cela, nous avons utilisé les fourches du tracteur qui permettent de surélever une charge importante.

Cette technique nous a permis, très rapidement, de pouvoir réaliser une première fertilisation « test » sur une planche d'épinards. Les 4 lignes d'irrigations installées pour l'occasion faisaient la moitié de la longueur de la planche afin de ne fertiliser au lisain que la moitié, l'autre moitié servant de témoin par irrigation à l'eau.



Figure 88 : Fertilisation au lisain non dilué, appliqué au goutte-à-goutte "gravitaire"

Il pourrait être envisagé d'installer des cuves en hauteur, de façon pérenne comme décrit dans certaines expérimentations (36).



Figure 89 : À gauche : dispositif d'expérimentation de fertilisation au lisain pour mesurer le colmatage en différents contextes au Népal (36) ; À droite : Expérimentation agronomique de fertilisation au lisain en Côte d'Ivoire : cuve surélevée de 1m (37).

Goutte-à-goutte et motopompe

Le lisain (brut ou dilué) peut être injecté directement avec une pompe et un régulateur de pression. C'est par exemple la technique pratiquée par Ecosec pour des expérimentations de fertilisation de vignes (38,39).

Nous avons utilisé la motopompe décrite plus haut pour injecter l'urine dans le réseau d'irrigation en goutte-à-goutte. Il faut veiller à installer un régulateur de pression pour ne pas faire éclater les tuyaux de goutte-à-goutte sous la forte pression de la motopompe.



Figure 90 : A gauche : fertilisation d'une bande de Miscanthus par goutte-à-goutte (lisain dilué à 15% appliqué à 20L/m²), en utilisant la motopompe. A droite : motopompe reliée à la prise de force du tracteur.

Vigilance sur l'application de lisain en goutte-à-goutte

Cette pratique nécessite toutefois une vigilance particulière pour éviter le colmatage du matériel, dû au dépôt d'une boue qui se forme par précipitation des minéraux contenus dans l'urine (similaire à du tartre). Le risque de colmatage est d'autant plus important si le lisain est dilué avec l'eau d'irrigation, qui contient souvent du magnésium et du calcium (cf. photo ci-dessous). Seule une eau sans minéraux, comme l'eau de pluie, peut permettre de diminuer la précipitation dans les tuyaux.



Figure 91 : Dépôts de « boues » par précipitation de l'urine mélangée à l'eau d'irrigation.

Une façon de procéder pour limiter le colmatage est d'épandre le lisain brut et de prévoir systématiquement un rinçage du matériel à l'eau dans un second temps, plutôt que de mélanger

lisain + eau, notamment si la dureté de l'eau est supérieure à 124ppm (36,40). De plus, cet ajout d'eau après application de lisain permet de favoriser la diffusion des nutriments et limiter la volatilisation.

7.7.5. Injecteur à engrais

Pour appliquer le lisain dilué, il est possible d'utiliser un injecteur à engrais, dit aussi injecteur venturi, qui fonctionne avec la pression d'arrivée de l'eau d'irrigation entraînant l'engrais pour le diluer automatiquement.

Le débit d'injection (et donc le % de dilution) dépend du débit de l'eau d'irrigation et donc du nombre de lignes ouvertes. Nous avons utilisé ce système pour fertiliser, sous serre, des tomates, du basilic, du shiso et des aubergines.



Figure 92 : Fertirrigation au lisain, dilué par injecteur à engrais venturi et réseau de goutte-à-goutte. A gauche : cuve de lisain à proximité des serres. A droite : Injecteur à engrais venturi relié au réseau d'irrigation et plongé dans la cuve de lisain.

Les lignes de goutte-à-goutte étaient sur le dessus des bâches, limitant l'accès du lisain au sol et augmentant la volatilisation. Pour favoriser l'assimilation, nous avons suivi la fertilisation d'un arrosage à l'eau ensuite. Si cette méthode était utilisée à nouveau, il faudrait installer les tuyaux de goutte-à-goutte sous la bâche.



Figure 93 : Rang de shiso et lignes de goutte-à-goutte déjà disposée sur les bâches : si cette méthode d'application est retenue (goutte-à-goutte), il faudra modifier la configuration du goutte-à-goutte pour qu'il soit sous les bâches.

7.7.6. Fertilisation au lisain : importance de la démonstration

Les études agronomiques précises sont longues à mettre en place, elles requièrent des compétences et moyens que nous n'avons pas à disposition dans le cadre du projet Enville. Nous n'avons donc pas mené des expérimentations à valeur scientifique pour mesurer l'efficacité fertilisante du lisain sur telle ou telle culture.

En revanche, nous avons mis en place des fertilisations ponctuelles qui permettaient aux acteurs locaux (en l'occurrence les personnes travaillant à la ferme) de se familiariser avec ce nouveau fertilisant et en découvrir l'efficacité par une expérience visuelle et personnelle. Ainsi, toutes les fertilisations réalisées ont été faites sur des petites portions de la culture ou sur une/deux planches, parmi d'autres non fertilisées au lisain. Nous avons essayé, dans la mesure du possible, d'effectuer les témoins « eau » sur les zones qui ne recevaient pas de lisain.

Ces expérimentations à petites échelles, qui sont davantage des démonstrations, pour « l'entraînement des acteurs », que des pratiques prêtes à être déployées, se révèlent très importantes pour l'impact qu'elles ont sur la volonté à développer des nouvelles techniques.

A titre d'exemple, nous avons fertilisé une bande au milieu d'un champ de blé dur. L'effet visuel a été très marqué et a permis à tous les participants du projet de *montrer* et raconter comment le lisain agit en tant que fertilisant. Le lisain brut a été appliqué au goutte-à-goutte, 4L/m², en février sur sol sec.



Figure 94 : Effets de la fertilisation au lisain sur blé dur (épandage lisain stocké 1 mois, dosage 4L/m², réalisé en février 2023). La photo est prise en avril 2023.



Figure 95 : A gauche : nombre de grains de blé sur un épi issu de la bande fertilisé au lisain dans la bande fertilisée au lisain. A droite, droite : nombre de grains de blé sur un épi dans la zone non fertilisée.

Conclusion

Bilan du projet Enville

Le projet Enville a permis la mise en place d'une filière fonctionnelle de valorisation agricole de l'urine humaine entre un groupe d'habitants⁸ et une ferme diversifiée qui récupère l'urine – déposée à un endroit dédié, par les habitants – lorsqu'elle vient livrer les légumes. Cette optimisation logistique, profitant du « retour à vide » du camion, permet de rendre la filière particulièrement sobre.

De septembre 2022 à novembre 2023 – alors que le point d'apport volontaire d'urine n'était pas encore installé – nous avons collecté 1070 litres d'urine⁹. Ce sont aussi 17 120 litres d'eau qui ont été économisés par les chasses non tirées (4 litres par chasse).

Au cours du projet, nous avons recensé les objets disponibles pour faire exister cette filière et proposé quelques nouveaux objets, très simples, notamment pour la collecte à domicile. Nous avons conçu et prototypé des dispositifs permettant aux participants de gérer l'urine de façon la plus rapide et simple possible. Les interfaces usagers proposées tentent de rendre le protocole d'usage clair et l'ensemble de la démarche conviviale, sans désagréments.

Les habitant.e.s participant au projet semblent enthousiastes et motivés, à la fois pour continuer la collecte à domicile mais également gagner en autonomie sur la gestion du dispositif. Certains d'entre eux témoignent, avec fierté et détermination, ne plus uriner dans leurs toilettes à chasse d'eau (sauf éventuellement en même temps qu'ils défèquent). La motivation des habitant.e.s est essentielle, notamment car il n'y a pas d'acteur intermédiaire pour apporter l'urine, à l'inverse par exemple de la Fumainerie (cf. section « D'autres exemples de micro-filières de valorisation de l'urine humaine ») où le système dépend d'un service de collecte en porte-à-porte.

Le projet Enville a aussi créé l'opportunité, pour une ferme diversifiée (maraîchage, fleurs, céréales, arbres fruitiers), de découvrir la pratique de la fertilisation au lisain (= urine hygiénisée par stockage). Même si les épandages effectués sont peu nombreux et parfois réalisés dans des conditions non reproductibles à plus grande échelle, ils ont eu un effet de démonstration manifeste sur les membres de la ferme. Forts de cette motivation, l'enjeu pour ell.eux est aujourd'hui de « passer à l'échelle ».

Enfin, nous considérons que le projet Enville est un exemple symbolique fort – de surcroît bien réel – de la complémentarité possible entre territoires urbains et territoires agricoles. L'existence opérationnelle de cette filière permet de faire connaître la thématique, de la rendre concrète et possible pour les citoyens qui souhaitent mettre en œuvre une gestion écologique et durable de leurs urines.

La suite du projet Enville

La dynamique initiée par le projet Enville va se poursuivre en 2024-2025. Il s'agira à la fois de continuer à soutenir la filière existante et améliorer les dispositifs déployés, mais aussi de favoriser l'essaimage, c'est-à-dire le développement d'autres micro-filières citoyennes dans des nouveaux contextes. Si vous êtes intéressés pour développer une telle filière dans votre environnement, n'hésitez pas à nous contacter : enville@enpc.fr.

⁸ 17 personnes réparties dans 14 foyers

⁹ A partir de décembre 2023, avec le point d'apport volontaire d'urine, le volume théorique collecté est de 390 litres par mois.

En termes d'objets disponibles, nous avons constaté que pour le moment il existe peu d'objets facilement accessibles et/ou pratiques pour collecter l'urine à domicile, notamment pour les femmes. Nous allons poursuivre la conception d'objets dédiés à la collecte de l'urine. Nous produirons ces objets, à l'échelle d'Enville, c'est-à-dire le prototypage ou au mieux la micro-série. Dans une perspective d'un large déploiement, il faudrait que des acteurs industriels et des distributeurs s'intéressent à la thématique, afin de rendre ces objets accessibles à plus grande échelle.

La suite du projet Enville va également se concentrer sur la conception d'outils agricoles adaptés aux fermes maraîchères et sur la définition plus précise d'itinéraires techniques incluant la fertilisation au lisain.

Plus globalement, le projet Enville – à l'instar de la Fumainerie et de la MAMMO¹⁰ par exemple - n'est que le début d'une réappropriation citoyenne et écologique de la gestion des urines et matières fécales humaines. Il reste beaucoup de choses à inventer, tester et documenter pour faire vivre le mutualisme ville/campagne à travers la boucle des nutriments, mais aussi en mobilisant les acteurs de l'agriculture urbaine ou encore les habitants des zones périurbaines ou rurales. Articulé, au sein du programme OCAPI, avec une recherche-action visant à accompagner les systèmes alimentation/excrétion vers la soutenabilité, le projet Enville espère contribuer à une transformation sociale plus profonde vers une gestion circulaire des urines et matières fécales humaines.

Remerciements

Nous remercions les membres de l'AMAP qui participent à ce projet, aussi bien les habitant.e.s amapien.nes que la ferme. Sans votre motivation et votre enthousiasme le projet Enville – alias AMAPipi – n'aurait pas pu se développer ainsi !

Merci à Sophia et Loïc qui ont activement participé au développement du projet.

Merci à la mairie et aux services techniques d'avoir accepté que nous utilisions le local mais aussi de l'avoir remis en état pour accueillir le point d'apport volontaire d'urine.

Merci à toutes les personnes qui ont accepté de tester différents dispositifs de collecte à domicile, notamment mes collègues de l'équipe Ocapi.

Merci particulièrement à Tanguy, dont l'investissement sur la gestion de l'urinoir de collecte sur le campus de l'École des Ponts, a permis de tripler les volumes de lisain disponible pour les expérimentations à la ferme.

Merci à l'ADEME Île-de-France d'avoir accepté de soutenir le développement de ce projet et à Thibaut Faucon pour le suivi.

¹⁰ Maison de la Matière Organique, basée à Bordeaux.

Références

1. Martin TMP, Aubin J, Gilles E, Auberger J, Esculier F, Levavasseur F, et al. Comparative study of environmental impacts related to wheat production with human-urine based fertilizers versus mineral fertilizers. *J Clean Prod.* 1 janv 2023;382:135123.
2. Erisman JW, Sutton MA, Galloway J, Klimont Z, Winiwarter W. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nat Geosci.* oct 2008;1(10):636-9.
3. Programme UNE, Management GP on N, Initiative IN. Our Nutrient World: The Challenge to Produce More Food and Energy with Less Pollution. 2013 [cité 4 déc 2023]; Disponible sur: <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/10747>
4. ARCEAU Î de F. Quel intérêt pour la séparation à la source dans la gestion des eaux usées domestiques en France ? 2023.
5. Esculier F, Le Noë J, Barles S, Billen G, Créno B, Garnier J, et al. The biogeochemical imprint of human metabolism in Paris Megacity: A regionalized analysis of a water-agro-food system. *J Hydrol.* 1 juin 2019;573:1028-45.
6. Esculier F. Le système alimentation/excrétion des territoires urbains : régimes et transitions socio-écologiques. [Internet] [phdthesis]. Université Paris Est; 2018 [cité 4 déc 2023]. Disponible sur: <https://hal.science/tel-01787854>
7. Habets F, Boé J, Déqué M, Ducharne A, Gascoin S, Hachour A, et al. Impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin de la Seine [Internet]. Agence de l'Eau Seine Normandie; 2011 [cité 12 déc 2023]. 48 p. Disponible sur: <https://hal.inrae.fr/hal-02596850>
8. Fabien E, Sabine H, Florent L, Tristan M, Marjolaine D, Christine A, et al. Projet Agrocapi – Étude de filières de valorisation agricole d'urino-fertilisants. Rapport final. :2022.
9. Martin T, Esculier F. Utiliser l'urine humaine en agriculture - fiches pratiques [Internet]. 2023. Disponible sur: https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2023/07/fiches_urine_agriculture_OCAPI-e%CC%81cran-juillet_23.pdf
10. Diffusion of innovations. BY Everett M. Rogers. The Free Press of Glencoe Division of The Macmillan Co., 60 Fifth Avenue, New York 11, N. Y., 1962. xiii + 367 pp. 14 × 21 cm. Price \$6.50. *J Pharm Sci.* 1963;52(6):612-612.
11. Martin T. L'urine humaine en agriculture : des filières variées pour contribuer à une fertilisation azotée durable [Internet] [phdthesis]. Université Paris Saclay; 2020 [cité 4 déc 2023]. Disponible sur: <https://hal.science/tel-03189185>
12. Bihouix P. L'âge des low-tech, vers une civilisation techniquement soutenable. *Le Seuil.* 2014.
13. Joveniaux A. Rapport d'étude sur les projets développés par la coopérative d'habitation Équilibre et les dynamiques en faveur de la séparation à la source en Suisse [Internet]. 2023. Disponible sur: https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2023/05/joveniaux_2023_REX_Rapport-Equilibre-et-Dynamiques-suissees_vf.pdf
14. Joveniaux A. Rapport d'étude sur les dynamiques et projets autour de la séparation à la source sur le plateau de Saclay [Internet]. 2023 mars. Disponible sur: https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2023/05/joveniaux_2023_REX_Rapport-Saclay_vf.pdf

15. Atlee J. Rich Earth Institute : Community Guide [Internet]. 2019 [cité 4 déc 2023]. Disponible sur: <https://richearthinstitute.org/urine-diversion-guide/>
16. Möllring B. Toiletten und Urinale für Frauen und Männer. 2003;
17. Wei SP, van Rossum F, van de Pol GJ, Winkler MKH. Recovery of phosphorus and nitrogen from human urine by struvite precipitation, air stripping and acid scrubbing: A pilot study. *Chemosphere*. 1 déc 2018;212:1030-7.
18. Fumasoli A, Etter B, Sterkele B, Morgenroth E, Udert KM. Operating a pilot-scale nitrification/distillation plant for complete nutrient recovery from urine. *Water Sci Technol*. 21 sept 2015;73(1):215-22.
19. Hellström D, Johansson E, Grennberg K. Storage of human urine: acidification as a method to inhibit decomposition of urea. *Ecol Eng*. févr 1999;12(3-4):253-69.
20. Randall DG, Krähenbühl M, Köpping I, Larsen TA, Udert KM. A novel approach for stabilizing fresh urine by calcium hydroxide addition. *Water Res*. 15 mai 2016;95:361-9.
21. ARCEAU Î de F. ENJEUX RÉGLEMENTAIRES RELATIFS À LA SÉPARATION À LA SOURCE DES URINES ET MATIÈRES FÉCALES EN VUE D'UNE VALORISATION AGRICOLE [Internet]. 2023. Disponible sur: https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2023/03/NOTE-GTT-S%C3%A9paration_web_230330.pdf
22. OMS. Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères. [Internet]. 2012. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/publications-detail/9241546859>
23. Richert A, Gensch R, Jönsson H. Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole. 2011;
24. Udert KM, Larsen TA, Gujer W. Fate of major compounds in source-separated urine. *Water Sci Technol*. 1 déc 2006;54(11-12):413-20.
25. Brun F, Joncoux S, Gouvello B de, Esculier F. Vers une valorisation des urines humaines, le regard des agriculteurs franciliens. *Études Rural*. 1 déc 2020;(206):200-20.
26. Nesme T, Nowak B, David C, Pellerin S. L'Agriculture Biologique peut-elle se développer sans abandonner son principe d'écologie ? Le cas de la gestion des éléments minéraux fertilisants. *Innov Agron*. 2016;np.
27. Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, Brüggemann J, Isensee A, Erb KH, et al. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat Commun*. 14 nov 2017;8(1):1290.
28. Billen G, Aguilera E, Einarsson R, Garnier J, Gingrich S, Grizzetti B, et al. Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity. *One Earth*. 18 juin 2021;4(6):839-50.
29. Marandet O, Esculier F. Analyse des freins et leviers à l'utilisation d'excrétats humains en agriculture biologique. 2022.
30. Etter B, Udert KM, Gounden T. VUNA: Valorisation of Urine Nutrients. Promoting Sanitation & Nutrient Recovery through Urine Separation. Final Project Report 2015 [Internet]. ETH Zurich;

- 2015 [cité 4 déc 2023]. Disponible sur: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/107991>
31. Martin TMP, Esculier F, Levavasseur F, Houot S. Human urine-based fertilizers: A review. *Crit Rev Environ Sci Technol*. 2020;52(6):890-936.
 32. de Looze R. L'Urine, de l'or liquide au jardin - Guide pratique pour produire ses fruits et légumes en utilisant les urines et composts locaux [Internet]. Terran; 2018 [cité 4 déc 2023]. Disponible sur: <https://www.terran.fr/produit/71/9782359811001/l-urine-de-l-or-liquide-au-jardin>
 33. Thorup-Kristensen K. ROOT GROWTH AND SOIL NITROGEN DEPLETION BY ONION, LETTUCE, EARLY CABBAGE AND CARROT. *Acta Hortic*. oct 2001;(563):201-6.
 34. Bes de Berc L, Christ F, Flamin C, Levavasseur F. L'utilisation des digestats en agriculture - Les bonnes pratiques à mettre en oeuvre. ENGIE, INRAE, AAMF, AgroParisTech, ATE, ACE Méthanisation; 2021.
 35. Johansson M, Jönsson H, Höglund C, Richert Stintzing A, Rodhe L. Urine separation - closing the nutrient cycle. 2001.
 36. Zandee M, Etter B, Udert KM. Risk of clogging of drip-line emitters during urine fertilization through drip irrigation equipment [Internet]. 2012. Disponible sur: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/ewm/STUN/Drip_pdfs/Urine_Fertigation_with_Drip_Irrigation.pdf
 37. Tandia CT. ECOSAN en milieu scolaire, Petit Badien (Côte d'Ivoire). *ECOSAN Info* [Internet]. déc 2006;(n°07). Disponible sur: https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1516-ecosan-info-no07-december-2006.pdf
 38. ECOSEC. Valorisation de l'urine au Domaine de la Jasse - Protocole expérimental. 2018.
 39. Clouet B, Molle B, Aït-Mouheb N, Froment G, Heran M. Valurine : valorisation d'Urine Humaines sur Des Parcelles Viticoles. 2019.
 40. Agricultural Uses for Urine Fertilizer: Rich Earth Summit 2021 [Internet]. 2021 [cité 7 déc 2023]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=nZqG2hdS2p8>

Crédits photos et illustrations : si non spécifié, le crédit des photos est Ocapi.