L'or liquide

Emilie Maysonnave, Mathias Lebihain, Arnaud Crolais, Antoine Le Gal

▶ **To cite this version:**

Emilie Maysonnave, Mathias Lebihain, Arnaud Crolais, Antoine Le Gal. L'or liquide : L'innovation socio-technique en assainissement par la mise en synergie d'acteurs locaux : le cas de la collecte sélective des urines sur le plateau de Saclay. 2016. hal-01320819

HAL Id: hal-01320819
https://enpc.hal.science/hal-01320819

Submitted on 24 May 2016

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

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

L'or liquide

L'innovation socio-technique en assainissement par la mise en synergie d'acteurs locaux : le cas de la collecte sélective des urines sur le plateau de Saclay

Rapport du Groupe d'Analyse d'Action Publique pour le mastère PAPDD, année universitaire 2015-2016. Pour le compte de l'Etablissement Public Paris-Saclay (EPPS).

Emilie MAYSONNAVE, Mathias LEBIHAIN, Arnaud CROLAIS, Antoine LE GAL

Encadré par Fabien Esculier (LEESU-METIS), Benoit Lebeau (EPPS) & Tristan Landré (EPPS)

Le projet du Grand Paris interroge la durabilité du paradigme en vigueur de l'assainissement en région parisienne. L'aménagement du *cluster* Paris-Saclay présente un contexte favorable au développement d'une innovation en matière d'assainissement écologique : la séparation à la source des urines. Comment faire émerger une synergie d'acteurs locaux afin de développer une filière autour de cette innovation socio-technique ? Quels sont les freins de chaque acteur et les leviers mobilisables ? Peut-on imaginer un modèle économique viable pour ce système d'assainissement alternatif ?

Pourquoi envisager cette innovation sur le *cluster* Paris-Saclay ?

Les projections démographiques du Grand Paris annoncent un million d'habitants supplémentaires d'ici à 2030. Cela entraînera un flux plus important d'eaux usées dans le système centralisé d'assainissement du Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP), alors que le réchauffement climatique limitera les capacités de dilution des rejets des stations d'épuration (STEPs) en diminuant le débit d'étiage de la Seine. Cet effet ciseau questionne la capacité des STEPs actuelles à absorber les surplus d'azote et de phosphore que contiendront ces eaux usées, annonçant des problématiques environnementales importantes en cas de rejets dans les milieux, faute de traitement suffisant.

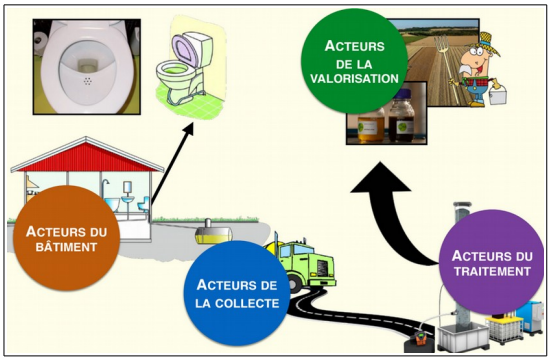
L'azote et le phosphore sont concentrés dans les urines mélangées au reste des eaux usées. Dériver les urines en les collectant de manière séparée permettrait de les traiter à part tout en soulageant le système centralisé d'assainissement, qui ne recycle pratiquement pas l'azote et relativement peu le phosphore. Ces deux éléments nutritifs sont essentiels dans la croissance des végétaux et les urines peuvent être valorisées en tant que fertilisant agricole, comme le démontrent diverses expériences étrangères (Caby, 2013). Cette fertilisation pourrait se substituer aux engrais de synthèse dont la fabrication est énergivore et mobilise des ressources finies (hydrocarbures, phosphore). La collecte sélective de l'urine et sa valorisation en agriculture pourrait être de surcroît un moyen efficace de reconnecter les villes avec l'agriculture et constituerait une avancée dans le recyclage des ressources phosphorées et dans l'allégement du coût énergétique de production d'engrais azotés.

Utilisation des engrais de synthèse en France :

Pour l'ensemble des grandes cultures, 140kg d'azote minéral et 56kg de phosphore minéral sont épandus en moyenne par hectare (Agreste, 2014).

Consommation énergétique :

Le procédé Haber-Bosh nécessite 12 kWh pour produire 1kg d'azote ammoniacal utilisable comme engrais de synthèse (Larsen *et al.*, 2013).



Chaîne technique de la collecte séparée des urines

La chaîne technique de la séparation des urines se déroule en plusieurs étapes. Les bâtiments concernés sont équipés de toilettes à séparation, dont le principe repose sur une double évacuation : les urines à l'avant de la cuvette, et les fèces à l'arrière dans le flux entraîné par la chasse d'eau. Une collecte s'effectue dans une cuve en bas d'immeuble, ou mutualisée dans l'îlot. Les traitements des urines pour les transformer en substances valorisables sont multiples, du plus simple (stockage pour hygiénisation) au plus complexe (nitrification-distillation, ou précipitation sous forme de struvite avec traitement de l'azote). Le traitement choisi impose les propriétés de la substance et donc la forme de sa valorisation agricole. Ces substances sont transportées entre les différents lieux par des acteurs de transport, *a priori* par la route car les urines précipitent dans les tuyaux même sur de courtes distances (Caby, 2013). Enfin les substances issues des traitements sont épandues sur les sols agricoles.

En France, le secteur de l'assainissement est largement verrouillé dans un régime sociotechnique fortement centralisé. L'innovation que constitue la collecte sélective des urines en matière d'assainissement écologique n'a pas encore vu le jour en France, mais intéresse l'Etablissement Public Paris-Saclay (EPPS), aménageur du plateau de Saclay. Celui-ci souhaite mettre en œuvre un projet de gestion durable des eaux sur le plateau, dans lequel la collecte sélective des urines pourrait trouver sa place. Le contexte est en effet favorable, grâce notamment à la zone agricole présente à proximité. A la suite d'une première étude recommandant la mise en place d'un projet pilote (Caby, 2013), l'EPPS nous a missionné afin d'analyser les synergies d'acteurs qui permettraient l'émergence de cette innovation dans les nouveaux aménagements du plateau de Saclay.

Une approche méthodologique variée

Nous avons choisi de répondre à notre problématique en privilégiant des angles d'attaque complémentaires. D'abord, une recherche bibliographique nous a permis d'une part de constituer des hypothèses sur les freins et leviers des acteurs techniques (collecte des urines, transport, traitement et valorisation) que nous avons rencontrés lors d'une série d'une vingtaine d'entretiens, et d'autre part de traiter les logiques des acteurs que nous n'avons pas pu aborder par une approche de terrain. La confrontation des différents discours a permis d'élaborer plusieurs scénarios de filière. Nous avons ensuite complété ces travaux par une modélisation économique de ces scénarios afin de proposer une analyse des déterminants de la rentabilité de la filière.

Enfin, sur la base des freins et leviers identifiés, en nous appuyant sur des travaux en sociologie, nous avons identifié les moyens qui permettraient de faire émerger cette innovation en considérant une approche multi-scalaire : d'abord à l'échelle du cas d'étude du plateau de Saclay, puis en vue d'une généralisation à l'échelle du Grand Paris.

Analyse socio-économique de la collecte sélective des urines

Analyse socio-technique

Les entretiens ont permis de révéler les logiques et attentes des acteurs. Il apparaît que tous les interlocuteurs rencontrés sont ouverts à l'exploration concernant la mise en place d'une filière de collecte sélective des urines. L'argument de l'économie circulaire et de l'intérêt écologique, s'il leur est réellement démontré, serait pour eux moteur dans leur processus d'acceptation. Cependant, les besoins, contraintes et visions sur la forme que devrait

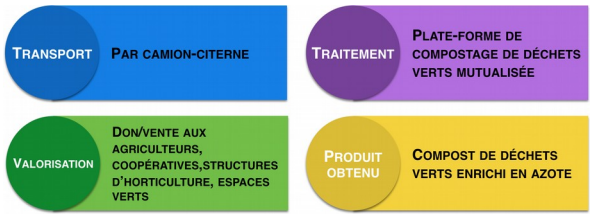
prendre la filière ne sont pas nécessairement partagés par tous les acteurs.

Tout d'abord, les entretiens ont révélé, au moins localement, un contexte compliqué entre les acteurs agricoles et l'EPPS, en raison de l'historique des décisions d'aménagement. Cette tension s'inscrit dans une **relation plus générale de méfiance entre les mondes urbains et ruraux**, qui forme l'un des principaux freins à l'établissement d'une synergie locale. Les scandales sanitaires des premières boues d'épuration d'Achères chargées en métaux qui ont forcé certains maraîchers d'Ile-de-France à quitter leurs terres sont restés dans les mémoires. Plusieurs acteurs agricoles rencontrés ont le sentiment que leurs terres sont ainsi perçues comme les « poubelles » des urbains.

Un résultat important de l'analyse est **l'importance de la préoccupation sanitaire**, à résoudre avant d'envisager toute valorisation. Les acteurs agricoles veulent être certains qu'ils ne risquent ni la qualité de leurs sols ni la santé des consommateurs de leurs produits s'ils épandent de l'urine ou ses dérivés.

Trois substances obtenues à partir d'urines collectées, de gauche à droite : urines nitrifiées, urines nitrifiées et concentrées, extrait sec (Etter *et al.*, 2015)

Plusieurs procédés de traitement existent, qui permettent de transformer les urines en des substances valorisables, comme le montre la photographie ci-dessus. En fonction des traitements, les contraintes technico-économiques sont différentes pour les acteurs en amont (bâtiment, collecte, transport), ce qui les conduit à privilégier des solutions différentes. Cependant, le traitement doit aussi permettre de produire une substance qui réponde aux besoins des agriculteurs (intérêt agronomique, insertion dans les pratiques, compétitivité économique…). Plusieurs scénarios de traitement et donc d'organisation de filière ont été explorés : **hygiénisation simple des urines par stockage de six mois, procédé de nitrification/distillation des urines avec** deux alternatives correspondant à l'emplacement de l'unité de traitement (à l'échelle de l'îlot ou du territoire), **précipitation des urines sous forme de struvite**. Mais, pour se développer, des obstacles posés par les acteurs dans ces scénarios devront être levés. Par ailleurs, nos entretiens ont révélé une autre voie de valorisation des urines : **leur incorporation à un compost de déchets verts.** En effet, nous avions jusqu'alors considéré les urines exclusivement comme un stock d'éléments nutritifs pour les cultures. Or il serait possible d'utiliser les urines en mélange avec des composts de déchets verts, dont la qualité souffre d'un déficit en azote. Ce mélange formerait *a priori* un bon amendement organique permettant d'améliorer la structure des sols cultivés. Ce scénario de filière semble bien accepté par les acteurs qui n'ont pas exprimé d'obstacle majeur.



La filière d'intégration des urines brutes à un compost de déchets verts

Analyse technico-économique

L'étude économique s'est concentrée sur deux scénarios : le stockage pour hygiénisation des urines et le procédé industriel de nitrification/distillation. Une hypothèse forte a été de considérer des équipements en toilettes à séparation uniquement dans les constructions neuves sur le plateau. Malgré cela, les coûts d'investissement dans la logistique (collecte et transport) restent très importants.

Les recettes dégagées par la vente des engrais liquides à base d'urines, au prix du marché, sont trop faibles pour assurer la rentabilité de la filière. Dans cette mesure, adopter un principe de « 0 euro rendu racine », s'il permet une meilleure acceptabilité du monde agricole, aurait un faible impact sur le modèle économique global de la filière.

Contrairement à nos attentes initiales, la solution la plus simple techniquement, qui consistait à un stockage des urines pendant 6 mois pour leur hygiéni-

sation, se révèle plus onéreuse qu'un traitement plus complexe et industriel de type nitrification-distillation. Cependant il est complexe d'obtenir un résultat fiable en raison des difficultés d'évaluation des baisses de coûts par rendement d'échelle.

Dans le scénario du procédé de nitrification/distillation, l'analyse économique tend à favoriser le cas où l'unité de traitement est placée à l'échelle de l'îlot (plutôt que mutualisée sur le territoire) car les coûts de transport des urines s'en trouvent fortement réduits.

Conditions nécessaires à l'émergence d'une filière autour de cette innovation sociotechnique

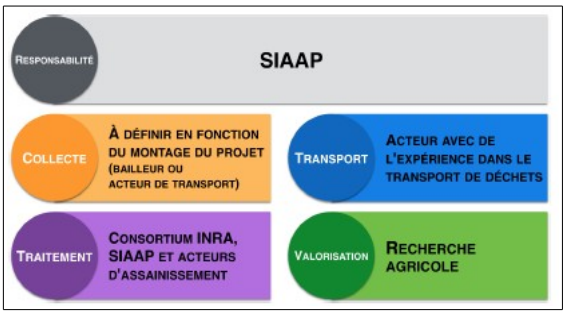
La **question de l'acceptabilité** (construit social en 3 phases distinctes (Terrade *et al.*, 2009) : acceptabilité *a priori*, acceptation, appropriation) d'un tel projet était très présente. Par exemple, une utilisation correcte des toilettes détermine le rendement de récupération des urines et la réussite d'une filière en aval (Besson *et al.*, 2015). Il est donc nécessaire de faire accepter cette innovation technique par les usagers. **Une communication adéquate sur les enjeux de ce système et une réflexion sur le design pourraient être des moyens d'atteindre cet objectif**. Afin de résoudre la question de la confiance entre les acteurs locaux et dans la qualité sanitaire de la filière, plusieurs interlocuteurs, notamment agricoles, ont suggéré la mise en place d'une phase d'expérimentations contrôlées puis en champ, légitimée par la participation des agriculteurs et de chercheurs de l'INRA. A sa suite, un observatoire assorti d'une **gouvernance incluant l'ensemble des parties prenantes,** y compris les riverains, les associations environnementales et de consommateurs pourrait aussi contribuer à une meilleure acceptabilité.

L'organisation de la filière restant incertaine, une **démarche de conception collective**, inspirée par exemple de la méthode utilisée par Berthet *et al.* (2014) dans le cadre agricole, doit être menée par les acteurs. Cette conception doit porter sur le traitement et la forme de la substance valorisable issue des urines, afin de faire coïncider besoins et contraintes des acteurs en amont et aval de la filière. Au-delà d'une expérimentation qui pourra s'organiser en lien avec les services de l'Etat, une évolution réglementaire est requise par tous les acteurs dans l'hypothèse de mise en place d'une filière. Celle-ci est notamment réclamée par le monde agricole, afin de clarifier les possibilités offertes dans l'organisation de la filière. Il serait par exemple important de qualifier la nature de « déchet » ou de « produit » qui n'implique pas les mêmes contraintes techniques pour l'épandage.

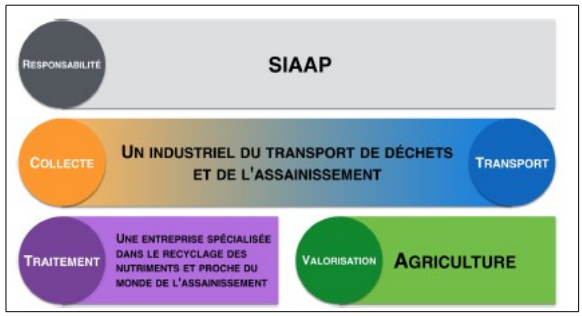
Propositions de filières

L'analyse détaillée ci-dessus et les rencontres avec les différents acteurs nous permettent de formuler des propositions de filières qui pourront constituer une base de travail pour les acteurs dans leur démarche de conception collective. Ces filières reflètent l'avis des auteurs sur l'implantation de ce système d'assainissement dans le contexte de l'Ile-de-France et pourront faire l'objet de remaniements lors du lancement d'un projet-pilote.

Un résultat important concernant l'émergence d'une filière de collecte sélective des urines est la **nécessité de considérer deux échelles spatio-temporelles** : celle du prototype à moyen terme, et celle de la généralisation du système à l'échelle du Grand Paris, à plus long terme. Les filières techniques, avec l'assignation d'acteurs à chaque étape, sont différentes selon l'échelle : notamment concernant la valorisation puisque la phase de prototype qui correspond au déploiement de l'observatoire évoqué ci-dessus, doit permettre de tester toutes les substances obtenues à partir des urines. L'implication de la puissance publique est importante lors de cette première phase. Pour la généralisation à plus long terme, la responsabilité resterait publique mais des acteurs privés spécialistes pourraient se positionner dans la chaîne technique. Le traitement des urines adéquat, tant du point de vue des propriétés agronomiques que du risque sanitaire et des micropolluants, aura été déterminé dans la phase du prototype. On représente ci-dessous les schémas des filières proposées.



Filière imaginée pour un prototype



Filière imaginée à long terme pour le Grand Paris

Préconisations à l'intention du décideur

1. **Répondre à la question sanitaire pour construire l'acceptabilité avec une expérimentation en associant l'INRA et les agriculteurs**
2. **Adopter une gouvernance territoriale rassemblant tous les acteurs locaux pour conduire le projet**
3. **Construire l'usager-producteur dans les logements équipés**
4. **Utiliser une démarche de conception collective pour construire l'organisation de la filière et une valorisation adaptée**
5. **Trouver les modes de financement, en particulier pour les coûts de fonctionnement**
6. **S'appuyer sur l'esprit de la réglementation existante pour un projet-pilote et réfléchir à la nécessaire évolution réglementaire pour encadrer ce nouveau système d'assainissement à grande échelle**

Bibliographie

Agreste (2014). *La fertilisation*. Technical report, Agreste,

Berthet, E., Bretagnolle, V., and Segrestin, B. (2014). Surmonter un blocage de l'innovation par la conception collective. Cas de la réintroduction de luzerne dans une plaine céréalière. *Fourrages*, 217 :13–21.

Besson, M. (2013). *Etude des réalisations internationales et simulation d'un scénario de séparation à la source*. Master Thesis. INSA Toulouse.

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

Etter, B., Udert, K., and Gounden, T. (2015). VUNA Final Report. Technical report, Eawag.

Larsen T.A., Udert, K., and Lienert, J. (2013). *Source separation and decentralization for wastewater management*. Technical report, IWA.

Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Boulanger, J., Guingouain, G., and Somat, A. (2009). L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes. *Le travail humain 2009/4 (Vol.72)*.