

Avis du conseil scientifique du comité de bassin Seine-Normandie sur les gestions alternatives des urines et matières fécales humaines

Un potentiel d'amélioration conjointe de la gestion de l'eau et de la souveraineté alimentaire

Résumé

Cet avis vise à remettre en débat le mode de gestion des excréments humains (urines et matières fécales) vers des alternatives davantage sobres et circulaires, présentant des bénéfices potentiels sur les plans hydriques, environnementaux, sanitaires, économiques et de souveraineté alimentaire. Depuis plusieurs décennies, le tout-à-l'égout est le mode dominant de gestion des excréments humains dans les villes occidentales, ce qui tend à le faire considérer comme naturel. Pourtant, les limites de ce mode de gestion, majoritairement linéaire, présentent de forts enjeux en termes de soutenabilité et de résilience. Les nombreuses alternatives à ce mode de gestion, communément nommées « séparation à la source des excréments humains », tendent à se développer depuis dix ans sur le bassin Seine Normandie, au point que **ce bassin est désormais devenu une référence mondiale en matière de séparation à la source des excréments humains** (Binz, 2024). Les filières professionnelles de gestion alternative pour une valorisation agricole sont actuellement en émergence. Il y a un intérêt stratégique à favoriser le développement de ces filières, ce qui nécessite **le soutien de la puissance publique et la coordination des acteurs**. À court terme, de très nombreuses opportunités « sans regret » sont à saisir. À long terme, le déploiement de la séparation à la source doit être pensé en articulation avec la remise en cause plus générale du paradigme actuel de gestion de l'eau et de l'alimentation, incompatible avec le respect des limites planétaires et les adaptations nécessaires aux changements climatiques et géopolitiques.

Ainsi, le conseil scientifique recommande :

- de soutenir les filières alternatives déjà mises en place ;
- de développer la sensibilisation du grand public, l'information sur les pratiques alternatives et les soutiens possibles, en particulier ceux apportés par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie ;
- de soutenir la recherche, le développement et l'innovation en la matière ;
- de systématiser les études d'opportunités de mises en œuvre de séparation à la source et réaliser les projets dès que le contexte local est favorable ;
- de former les acteurs à ces nouvelles pratiques ;
- d'animer et d'accompagner la structuration des filières, entre autres en favorisant la mise en relation des acteurs concernés (exemple : lieux dédiés, associations, etc.) ;
- de réformer les modèles économiques pour permettre le déploiement de ces pratiques par un travail conjoint des acteurs concernés (secteurs eau, assainissement, agriculture, ville, bâtiment, logistique, etc.) ;
- d'instaurer des politiques biogéochimiques intégrées, c'est-à-dire des politiques cohérentes, circulaires et soutenables en matière de gestion des éléments biogènes (carbone, azote, phosphore, etc.) qui embrassent toutes les étapes de leur circulation.

Historique de la gestion des excréments humains

Dans l'histoire de l'humanité, il semble assez rare que les sociétés n'aient pas géré les excréments humains de manière à permettre leur valorisation comme matières fertilisantes. En effet, l'agriculture exporte structurellement les nutriments des champs (azote, phosphore, potassium, etc.) pour nourrir les humains. Or la physiologie du corps humain est telle que la quasi-intégralité des nutriments consommés sont excrétés, après leur transformation et dégradation par le métabolisme. En dehors du gaz carbonique qui est expiré, la quasi-intégralité des nutriments consommés se retrouvent ainsi dans les excréments humains. Comme l'agriculture nécessite de restaurer la fertilité des sols, le retour aux sols agricoles des nutriments présents dans les excréments humains est une pratique qui fait sens et qui est très courante dans l'histoire de l'humanité (Esculier, 2018).

Cette pratique était très développée dans le bassin de la Seine au XIXe siècle. À Paris, en particulier, les excréments humains étaient stockés dans des fosses d'aisance au pied des immeubles et toute une filière économique permettait leur collecte, leur transformation et leur valorisation agricole. Avec l'adduction d'eau dans les foyers, les consommations d'eau domestique ont décuplé, passant d'environ 15 L/hab/j à 200 L/hab/j (Barles *et al.*, 2021). L'égout, construit pour évacuer les eaux pluviales, a alors servi aussi à évacuer les eaux ménagères (eaux de douche, de cuisine, etc.), mais pas les excréments qui conservaient leur valorisation dans la filière agricole. L'égout se rejetait directement en rivière et l'envoi systématique des urines et des matières fécales à l'égout aurait entraîné la contamination des milieux aquatiques et la perte des engrais agricoles. Toutefois, la technique de la toilette à chasse d'eau a commencé à se développer pour le confort qu'elle apportait aux usagers. L'idée est alors venue de combiner le confort de la toilette à chasse d'eau avec l'infrastructure existante de l'égout en créant des champs d'épandage des eaux usées pour permettre le retour aux sols agricoles des excréments humains. C'est ainsi que Paris a instauré le tout-à-l'égout, à partir de 1894, combiné avec des champs d'épandage situés à Gennevilliers, Achères, Méry-Pierrelaye et Carrières-Triel (Esculier & Barles, 2019).

Jusqu'aux années 1970, le paradigme de la valorisation agricole des excréments humains a continué d'être soutenu par les pouvoirs publics, du moins dans de nombreux contextes (Dufour, 2024). Pour autant, en utilisant la technique du tout-à-l'égout et des champs d'épandage, il aurait fallu agrandir les champs d'épandage pour permettre de recevoir toutes les eaux usées produites par l'agglomération parisienne mais ces opérations n'ont pas été menées¹. Avec le développement des engrais de synthèse agricoles dans l'entre-deux-guerres, les eaux usées ont progressivement été perçues comme des déchets, avec l'objectif de s'en débarrasser à moindres frais. Le rejet direct en rivière a été très pratiqué jusqu'à ce que, pour des motifs de protection des milieux aquatiques et des autres usages de l'eau, les eaux usées soient majoritairement traitées en station d'épuration.

La taille et le coût des infrastructures de traitement des eaux usées n'ont fait que croître ces dernières décennies. D'abord pour traiter le carbone, puis l'azote réduit et le phosphore, puis

¹ Par ailleurs, il a été mis au jour à la fin du XXe siècle que cette technique de tout-à-l'égout et d'épandage d'eaux usées n'avait pas apporté aux champs que les urines et matières fécales mais aussi des contaminants provenant du reste des eaux usées, et en particulier des métaux. Cette contamination des champs d'épandage, majoritairement advenue durant les dites "Trente Glorieuses" et persistante dans les sols, a entraîné l'arrêt des cultures alimentaires sur ces terres.

l'azote oxydé, parfois également les pathogènes voire les micropolluants². La logique est toujours curative mais aussi essentiellement dissipative : le traitement volatilise les nutriments carbone et azote dans l'atmosphère et escompte une dilution du reliquat non traité par les milieux aquatiques. Les boues des stations d'épuration ne captent qu'une fraction minoritaire des nutriments présents dans les eaux usées (Starck *et al.*, 2024).

Un mode de gestion actuel non soutenable

Ainsi, sur le bassin Seine-Normandie, le taux de valorisation des nutriments présents dans les eaux usées est estimé à 9% pour l'azote, 48% pour le phosphore et 2% pour le potassium (Starck *et al.*, 2024, Esculier 2018). Une grande partie du phosphore n'est ainsi pas retournée aux champs, et perdue dans l'enfouissement des cendres d'incinération de boues ou le rejet d'eaux usées dans les milieux aquatiques, alors même que le phosphore utilisé en agriculture provient de mines fossiles situées à l'étranger. Quant à l'azote, le principe de son traitement en station d'épuration est de le volatiliser vers l'atmosphère (la dénitrification), une réaction inverse à celle de sa synthèse en usines d'engrais azotés. Et plus d'un tiers de cet azote est toujours rejeté vers les milieux aquatiques³. Or la France est presque totalement dépendante des importations pour l'azote de synthèse, soit en l'important directement, soit en le fabriquant en France à partir de gaz naturel importé. À l'échelle mondiale, cette synthèse d'engrais azoté représente 1 à 2% de toutes les consommations d'énergie (Starck, 2024). Or l'azote des excréments humains est dans une forme similaire à celle des engrais et pourrait être utilisé en agriculture. Les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, pour dissiper l'azote en station d'épuration, sont du même ordre de grandeur, par kilogramme d'azote, que les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre de sa synthèse en usine de production d'engrais (Martin *et al.*, 2022). La figure ci-dessous (Figure 1) montre le bilan des flux d'azote, essentiellement linéaires, qui soutiennent l'alimentation et l'excrétion humaines dans l'agglomération parisienne et qui est relativement transposable à l'échelle de tout le bassin Seine-Normandie.

² Une large mise en œuvre du traitement des micropolluants des eaux usées est prévue dans la directive DERU 2, adoptée fin 2024 (https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/directive-eaux-r%C3%A9siduelles-urbaines-r%C3%A9vis%C3%A9e_janvier2025.pdf)

³ Principalement sous forme de nitrates, une forme moins nocive pour les milieux aquatiques que celle de l'azote des excréments humains, mais tout de même polluante.

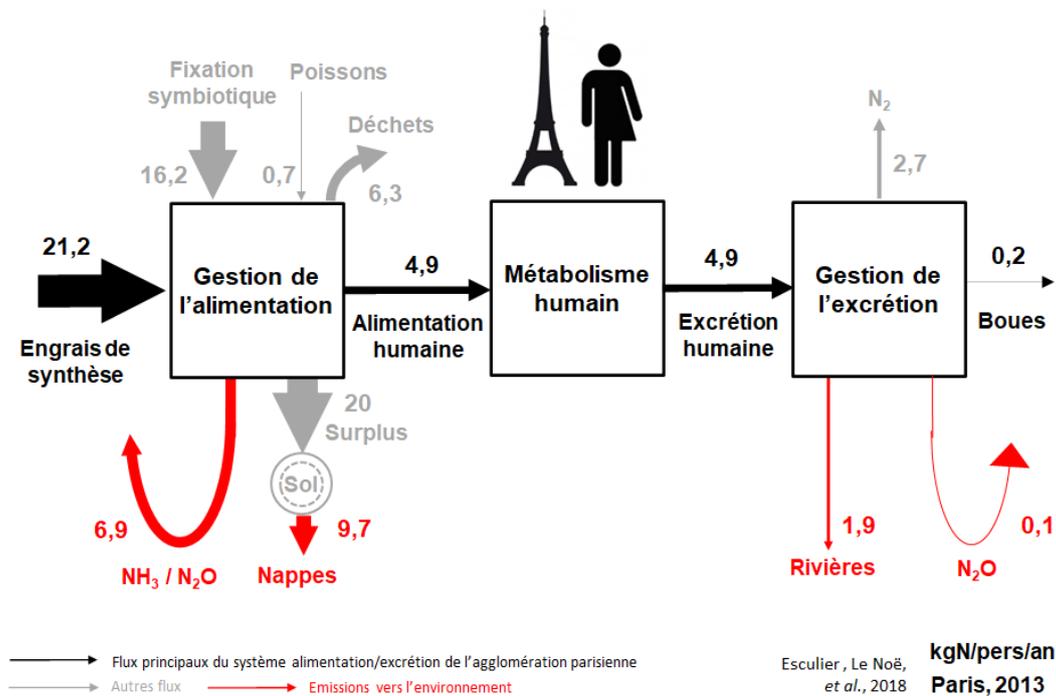


Figure 1 : Bilan des flux d'azote de l'alimentation et de l'excrétion humaines de l'agglomération parisienne (adapté de Esculier *et al.*, 2018)

Les tailles des flèches sont proportionnelles aux flux, comptabilisés en kilogrammes d'azote (kgN) par personne et par an. Les données sont pour l'année 2013. Les flèches noires représentent les flux d'azote, depuis les engrais de synthèse jusqu'aux boues d'épuration. Les flèches rouges représentent les émissions d'azote vers l'environnement. Les flèches grises représentent les autres flux.

Analysé aujourd'hui, le tout-à-l'égout comme mode de gestion des excréments humains apparaît coûteux, polluant et linéaire dans sa gestion des ressources. En dehors du confort apporté à l'utilisateur, il se révèle inefficace sur un très grand nombre de plans :

- Sur le plan hydrique, les chasses d'eau du bassin Seine Normandie représentent de 20 à 30% du volume d'eau utilisé par les ménages. Même si ces eaux sont *in fine* restituées au milieu naturel, leur prélèvement est conséquent : il représente un volume du même ordre de grandeur que l'ensemble des prélèvements d'eau agricoles du bassin pour irrigation (qui eux ne sont pas retournés au milieu naturel en grande partie).
- Sur le plan alimentaire, même en cas de valorisation agricole des boues d'épuration, il ne permet qu'un recyclage marginal du principal nutriment des plantes, l'azote, alors même que l'économie agricole du bassin est très fortement dépendante des importations pour la fourniture d'engrais. La valorisation agricole de l'urine des habitants de l'agglomération parisienne pour fertiliser du blé correspondrait à la production de 25 millions de baguettes de pains par jour (Esculier *et al.*, 2018). Il y a là un enjeu de souveraineté alimentaire pour la France. L'autonomie en azote de la France n'est que de 10% environ (calculé à partir de Starck, 2024). Selon les fluctuations des marchés mondiaux, la valeur monétaire des 270.000t d'azote excrété annuellement par les urines en France varie de 270 millions d'euros à plus de 1 milliard d'euros annuels.
- Sur le plan environnemental, le traitement des eaux usées induit un nombre important d'émissions vers l'environnement. Outre les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre déjà mentionnées, un des impacts principaux est le rejet vers les milieux aquatiques, d'autant plus sensible que le rapport entre la population d'un territoire et le débit des cours d'eau qui le traverse est élevé. C'est le cas de l'agglomération parisienne mais

également de nombreuses collectivités du bassin Seine-Normandie. Avec le changement climatique et la baisse subséquente du débit des cours d'eau, ce problème devrait s'aggraver à l'avenir. À titre d'exemple, le rendement effectif de traitement de l'azote du système d'assainissement de l'agglomération parisienne n'est que de 63%, ce qui correspond au rejet en Seine des 37% restant, soit l'azote des excréments d'environ 4 millions d'habitants (Esculier *et al.*, 2018).

- Sur le plan sanitaire, le tout-à-l'égout a surtout induit une externalisation du risque sanitaire lié aux maladies infectieuses entériques. La mortalité au choléra à Paris avait déjà drastiquement diminué à la fin du XIXe siècle, alors même que le tout-à-l'égout n'était pas encore déployé, grâce entre autres à l'approvisionnement en eau sanitaire sûre. Aujourd'hui, moins de 2% des stations de traitement des eaux usées françaises sont équipées d'un traitement spécifique des pathogènes. Le rejet des eaux usées, même traitées, induit une contamination systémique des milieux aquatiques récepteurs par les pathogènes fécaux et un transfert du risque vers les usages impactés : l'eau utilisée pour la production d'eau potable, la conchyliculture, la baignade, etc. (Minier, 2023)

Le principe de la séparation à la source

Face à ces constats, de nombreux acteurs du bassin Seine-Normandie, et de l'agglomération parisienne en particulier, ont investigué depuis 2013 la possibilité de gérer les excréments humains par séparation à la source, c'est-à-dire par des filières spécifiques de gestion (Larsen *et al.*, 2013).

En effet, la gestion mélangée des excréments humains avec le reste des eaux usées obère les possibilités de valorisation du fait de la dilution et du mélange (cf. figure 2 ci-dessous pour la composition des eaux usées par source) et les possibilités de valorisation « au bout du tuyau » s'avèrent limitées (Besson, 2020). Si de multiples techniques et filières ont été investiguées et mises en œuvre, les filières de séparation à la source de l'urine ont connu un fort développement. En effet, l'urine contient la majorité des nutriments excrétés par le corps humain (cf. figure 2), elle présente peu de risques de transmissions de pathogènes et elle peut être collectée par tuyaux.

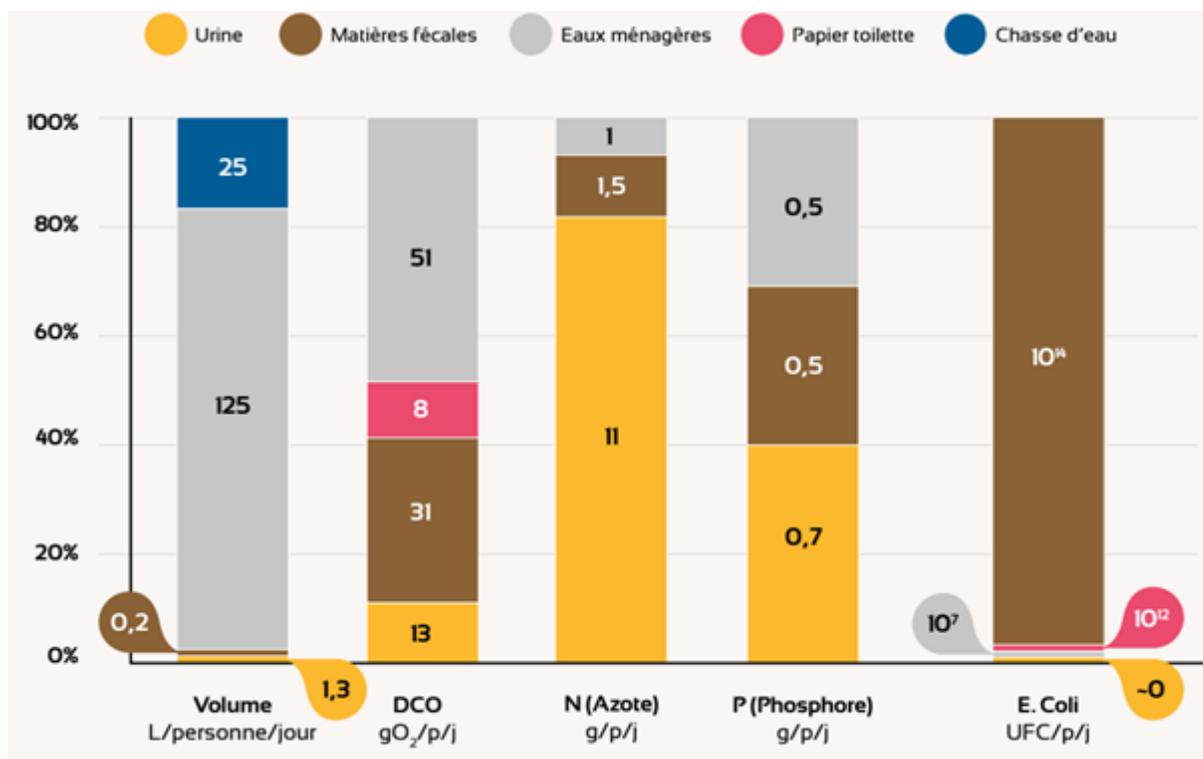


Figure 2 : Caractérisation des différents effluents composant les eaux usées domestiques (urine, matières fécales, papier toilette, eaux ménagères) en pourcentages et valeurs absolues (ARCEAU IDF, 2021)

DCO : demande chimique en oxygène, indicateur pour évaluer la quantité de matière organique présente ;
E. coli est choisie comme bactérie indicatrice fécale

Principales initiatives dans le bassin Seine-Normandie

Après une étude préliminaire menée par le SIAAP (Caby, 2013), le programme de recherche OCAPI (www.leesu.fr/ocapi), basé à Champs-sur-Marne à l'École nationale des ponts et chaussées est progressivement devenu centre de ressources local puis national sur la séparation à la source. Ce programme accompagne ainsi depuis 2014 la dynamique de développement de la séparation à la source qui s'est traduite, à l'échelle du bassin Seine-Normandie, par son inscription dans le SDAGE 2016-2021 puis 2022-2027, dans la stratégie d'adaptation au changement climatique de 2016 puis de 2023, enfin dans les 11e et 12e programmes d'intervention de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, avec des subventions à l'installation pouvant aller jusqu'à 80% et permettant de favoriser le décollage de ces filières et l'appropriation par de nombreux acteurs.

Le groupe de travail « Séparation à la source » de l'association ARCEAU IdF, co-animé par l'École nationale des ponts et chaussées et l'Institut Paris Région, réunit aujourd'hui plus de 50 structures pour favoriser le partage d'expériences, la montée en compétence et les productions documentaires sur le sujet. Ce groupe de travail a ainsi produit :

- Un [fascicule générique](#) sur la séparation à la source (ARCEAU IdF, 2021) ;
- Une [note sur les enjeux réglementaires](#) (ARCEAU IdF, 2023) ;
- Une [note sur la conception et l'entretien](#) des réseaux de collecte d'urine humaine (ARCEAU IdF, 2024).

De nombreuses autres ressources visant à favoriser l'appropriation du sujet ont été produites, parmi lesquelles :

- Le jeu sérieux « [Des toilettes aux champs](#) » qui permet de rassembler les acteurs d'un territoire autour de la création des filières les plus adaptées au contexte local ;
- Des fiches pratiques pour [l'utilisation de l'urine humaine en agriculture](#) ;
- Des fiches pratiques pour la [mise en place de filières citoyennes de valorisation de l'urine humaine](#) ;
- La cartographie en ligne « [Toilettes fertiles](#) » qui donne un retour d'expérience détaillé de réalisations de séparation à la source.

Parmi ces projets de mise en œuvre de la séparation à la source, deux projets emblématiques sont à signaler :

- le quartier Saint-Vincent-de-Paul, actuellement en construction dans le XIV^e arrondissement de Paris. Il est prévu que la quasi-intégralité des toilettes de ce quartier soient des toilettes à séparation d'urine ou des urinoirs, permettant de collecter séparément les urines et de les acheminer vers une unité de traitement local pour la production d'engrais.
- les nouveaux aménagements du plateau de Saclay, pour lesquels une étude est actuellement en cours afin d'investiguer la possibilité de déployer la séparation à la source de l'urine pour les nouvelles constructions (soit potentiellement 20.000 personnes).

Enfin, face à la multiplication des projets ponctuels, l'Agence de l'eau Seine-Normandie a commandité une étude, actuellement en cours, à l'initiative de la direction territoriale Seine Francilienne et en collaboration avec l'ADEME IDF et l'École nationale des ponts et chaussées, sur les orientations stratégiques à prendre pour organiser et favoriser le déploiement de la séparation à la source à l'échelle de l'Île-de-France.

Principaux enjeux liés à la séparation à la source

Plusieurs enseignements peuvent être tirés des recherches et des réalisations menées ces dernières années sur la séparation à la source.

Le bilan environnemental de la mise en œuvre de la séparation à la source des urines apparaît globalement favorable (Martin *et al.*, 2022). Quatre points de vigilance sont à garder à l'esprit. Premièrement, le risque de volatilisation de l'ammoniac de l'urine est important, en particulier au niveau de l'épandage. Des pratiques adaptées, tout au long de la filière de gestion, voire des traitements spécifiques, sont à prévoir en conséquence (Esculier *et al.*, 2022). Il existe en effet toute une variété d'urino-fertilisants, c'est-à-dire de matières fertilisantes spécifiques obtenues après traitement de l'urine humaine et permettant d'en valoriser les nutriments. L'urino-fertilisant le plus simple, l'urine traitée par simple stockage, est fortement volatil en ammoniac. Lors de l'épandage des lisiers issus des élevages, la volatilisation de l'ammoniac peut également être forte et les techniques développées pour réduire cette volatilisation pourraient être adaptées et mises en œuvre pour l'épandage de l'urine humaine, soit par les pratiques d'épandage, soit par le traitement de l'urine pour produire des urino-fertilisants peu volatils (Esculier *et al.*, 2022).

Deuxièmement, il convient de s'assurer de la désirabilité des urino-fertilisants pour l'épandage sur des terres agricoles, désirabilité qui peut s'avérer très variable en fonction des contextes agricoles locaux et des urino-fertilisants (Brun *et al.*, 2020). S'agissant des boues de stations d'épuration, les travaux de d'Arcimoles et Borraz (2003) ont montré que, par le passé, l'épandage de ces boues ont soulevé des réticences, notamment à propos des nuisances

olfactives liées à des produits encore trop peu stabilisés. En outre, tous les agriculteurs n'acceptent pas d'utiliser des effluents d'élevage dont ils estiment la valeur agronomique moins facilement maîtrisable que les fertilisants chimiques (Peyraud *et al.*, 2014). Il convient donc de construire les filières de valorisation de l'urine en intégrant les acteurs agricoles dans la conception.

Troisièmement, le bilan énergétique de la valorisation de l'urine est positif quand l'urine n'est pas concentrée (cf. figure 3) mais devient négatif quand l'urine est concentrée⁴. Les filières sans concentration d'urine apparaissent les plus pertinentes sur le plan environnemental et énergétique mais elles induisent des complexités logistiques en termes de stockage, de transport et d'épandage. L'amélioration des performances des procédés de concentration de l'urine, encore peu développés, pourrait rendre ces procédés meilleurs sur le plan de la consommation énergétique. À noter que les distances à parcourir, dans le bassin Seine-Normandie, entre les lieux d'habitations où peuvent être collectées les urines et les champs les plus proches sont globalement faibles. Avec une allocation optimale des excréments sur les champs, 70% de la population française habite à moins de 10km de la parcelle qui pourrait être fertilisée par ses excréments (Starck, 2024).

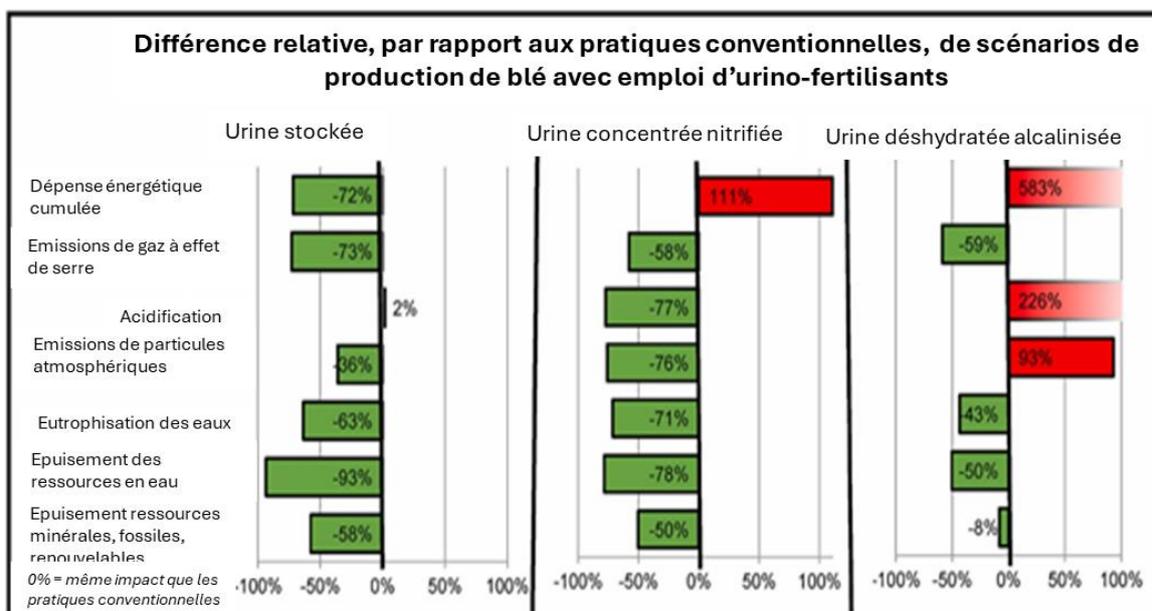


Figure 3 : Différence relative des impacts environnementaux de scénarios de production de blé à partir d'urino-fertilisants, comparés aux pratiques actuelles (Martin *et al.*, 2022).

Quatrièmement, la présence de substances indésirables pour une utilisation agricole dans les urines humaines, en particulier les résidus pharmaceutiques, pose question sur la nécessité ou non de réaliser un traitement spécifique des micropolluants organiques avant valorisation agricole de l'urine humaine (Brun (coord.), 2025). Au regard des pratiques actuelles où de nombreux résidus médicamenteux sont partiellement rejetés en rivière via les rejets d'eaux usées (traitées ou non) et épandus sur les champs via les boues, les fumiers, les lisiers, etc. le seul avis officiel sur la question est celui de l'OMS qui considère que, même sans traitement spécifique des résidus médicamenteux, l'épandage d'urine humaine en agriculture présente un meilleur bilan que la situation actuelle (OMS, 2012). Il demeure toutefois des impacts : une

⁴ Les facteurs de concentration des procédés déjà commercialisés vont de 10 à 20.

étude allemande a montré que certains résidus médicamenteux peuvent être transférés vers les plantes (Häfner *et al.*, 2023). Il faudrait cependant manger plusieurs centaines de milliers de kilogrammes de légumes fertilisés à l'urine humaine pour ingérer l'équivalent d'une dose de médicament. Dans l'état des connaissances scientifiques, relativement lacunaires, sur les impacts toxicologiques et écotoxicologiques, il n'est toutefois pas possible de qualifier précisément les risques liés à ces pratiques.

En termes de freins et leviers, le développement de la séparation à la source fait face à des coûts d'apprentissage et à des coûts organisationnels qui ne sont pas spontanément couverts par les organisations économiques actuelles. Il convient donc de favoriser la connaissance et la montée en compétences des multiples acteurs impliqués le long des filières et de travailler à faciliter leur mise en relation pour l'organisation des filières. La puissance publique a un rôle important à jouer en la matière (Joveniaux *et al.*, 2022). Les changements induits par la mise en place d'une nouvelle économie des excréments humains doivent aussi faire face à un verrouillage socio-technique général autour d'une gestion par le tout-à-l'égout, qui nécessite de travailler en parallèle sur les freins économiques, réglementaires, professionnels, logistiques, institutionnels, de connaissance et culturels. Si la séparation à la source des excréments humains peut sembler décalée par rapport aux normes sociales et aux normes d'hygiène, on constate qu'elle rencontre l'intérêt croissant de plus en plus d'acteurs en demande de modification des normes sociales afin de permettre une transition vers des pratiques davantage économes et soutenables (Soyer, 2022 ; Legrand, 2023).

À ce stade, la démonstration apparaît comme un levier majeur pour favoriser le déploiement de la pratique (cf. figure 4 ci-dessous).



Figure 4 : Pain Boucle d'Or, produit en Ile-de-France, et réalisé à partir de farine de blé issu d'une fertilisation à base d'urine humaine (Crédit : F. Esculier).

Au-delà des projets pilotes déjà mentionnés, la séparation à la source paraît particulièrement indiquée (ARCEAU IDF, 2021) :

- dans les sites producteurs de grands volumes d'effluents (événementiel, établissements recevant du public, etc.) ;
- dans les sites présentant des avantages en termes de démonstration et de sensibilisation (écoles, universités, etc.) ;
- dans les sites où de l'espace est disponible (zones pavillonnaires peu denses) ;
- dans les sites où l'utilisation pourrait être locale (habitat rural) ;

- dans les sites concernés par leur contexte (rivière à faible débit par rapport à la population, zones à enjeux eau potable, conchyliculture ou baignade, îles, etc.).

Il y a en particulier des opportunités à saisir lors de nouvelles constructions ou de réhabilitations. Le dynamisme et l'envie d'agir des acteurs constituent également des leviers très favorables à la mise en œuvre et au succès des projets. Certains secteurs ont ainsi constitué des niches de diffusion de l'innovation : habitat participatif, micro-filières citoyennes... (Joveniaux *et al.*, 2022). L'intérêt actuel d'une gamme très diversifiée d'acteurs de toute taille offre une opportunité pour un changement d'échelle.

Conclusion et perspectives

Au vu des enjeux de soutenabilité des modes actuels de gestion des excréments humains et de fertilisation des terres agricoles, il semble impératif de réouvrir le débat sur la gestion des excréments humains et d'orienter cette gestion vers des pratiques circulaires. En termes de circularité, la séparation à la source semble être une opportunité à saisir. Son développement est cohérent avec la transition de l'agriculture vers des pratiques agro-écologiques, les excréments humains pouvant représenter 30 à 40% des intrants azotés totaux de l'agriculture française dans un scénario agro-écologique (Starck, 2024). Les travaux de prospective montrent une cohérence d'ensemble vers des gestions de l'eau et de l'alimentation compatibles avec le respect des limites planétaires (Barles *et al.*, 2024) et invitent à la mise en place de politiques biogéochimiques intégrées (Dufour, 2024). Au stade d'émergence actuel, il n'est toutefois pas encore possible de savoir précisément quelles seront les pratiques les plus adaptées pour l'avenir, d'autant plus que chaque configuration urbaine et agricole peut correspondre à des pratiques différentes.

Il reste de nombreux enjeux de recherche et développement mais il y a déjà toute une communauté d'acteurs sur le sujet, prêts à accompagner une montée en puissance de cette économie, source d'emplois locaux non délocalisables. Pour cela, l'implication de la puissance publique dans l'organisation d'un modèle économique de fonctionnement de ces filières semble impérative. Il semble en outre y avoir une opportunité politique "gagnant-gagnant" entre une baisse de l'empreinte environnementale de la gestion urbaine des excréments humains et une fourniture d'engrais local et renouvelable à l'agriculture.

Il semble pertinent de soutenir les expérimentations, qui doivent permettre d'orienter au mieux le développement de la séparation à la source pour l'avenir et, d'ores et déjà, de soutenir le développement des filières déjà matures qui permettent de valoriser les excréments. Cela nécessite également un travail de communication, d'information, d'animation, de formation et d'accompagnement. Il conviendrait aussi de systématiser les études d'opportunités de déploiement de séparation à la source. Enfin, il convient de mener une réflexion sur l'articulation entre les pratiques conventionnelles d'assainissement et celles de séparation à la source.

Sources

Experts auditionnés par le CS en lien avec cet avis (lien vers les vidéos des auditions) :

Esculier, F. 2024. Séparation à la source de l'urine : une dynamique française et européenne tirée par le positionnement précurseur du bassin de la Seine. Conseil scientifique du comité de bassin Seine Normandie. Séance du 9 février 2024. Visionnable en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=4pWymzco2x0>.

Binz, C. 2024. Décentralisation et séparation à la source dans la gestion des eaux usées : mise en perspective internationale. Conseil scientifique du comité de bassin Seine Normandie. Séance du 9 février 2024. Visionnable en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=o0HyKMTBebE>.

Références bibliographiques

ARCEAU Ile-de-France, 2021. Quel intérêt pour la séparation à la source dans la gestion des eaux usées domestiques en France ? 36 p. https://arceau-idf.fr/sites/default/files/doc-ressources/Brochure-Se%CC%81paration-a%CC%80-la-source-NUM_230417_0.pdf

ARCEAU Ile-de-France, 2023, Enjeux réglementaires relatifs à la séparation à la source des urines et matières fécales en vue d'une valorisation agricole. Partie 1 : Éléments réglementaires actuels. 24 p. https://arceau-idf.fr/sites/default/files/doc-ressources/NOTE%20-%20GTT%20Se%CC%81paration_web%20copie.pdf

ARCEAU Ile-de-France, 2024. Note pour concevoir et exploiter les réseaux de collecte de l'urine humaine. 46 p. https://arceau-idf.fr/sites/default/files/doc-ressources/ARCEAU_2024_note_collecte_urine_V1-06-2024.pdf

Barles, S., Billen, G., Esculier, F., Garnier, J., Poux, X., 2021. Le métabolisme de l'agglomération parisienne, Fascicule #20 du PIREN-Seine, ARCEAU-IdF, 76 p. https://www.piren-seine.fr/publications/fascicules/le_metabolisme_de_lagglomeration_parisienne

Barles, S., Poux, X., Garnier, J. (coord.) Barles, S., Barataud, F., Billen G., Esculier, F., Garnier, J., Lumbroso, S., Petit, C., Poux, X., 2024. Deux scénarios agri-alimentaires et urbains sobres pour le bassin de la Seine en 2050. Piren-Seine. https://www.piren-seine.fr/scenarios_sobres_piren_seine

Besson, M. 2020 Modélisation et évaluation environnementale de scénarios de séparation à la source des effluents domestiques à l'échelle du quartier. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse.

Brun, F., Joncoux, S., de Gouvello, B., et Esculier, F., 2020. Vers une valorisation des urines humaines, le regard des agriculteurs franciliens. Études rurales 206 <https://journals.openedition.org/etudesrurales/24043>

Brun, F. (coord.), 2025. Note de synthèse : les éléments indésirables des urinofertilisants en agriculture. Projet Kolos, Programme OCAP, LEESU, Ecole nationale des ponts et chaussées, Institut Polytechnique de Paris, Univ Paris-Est-Créteil, 34 pages. Disponible en ligne sur www.leesu.fr/ocapi.

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. Mémoire de Master 2, École des Ponts ParisTech & AgroParisTech. https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2019/01/CABY_Collecte-s%C3%A9lective-urines-SIAAP_2013.pdf

d'Arcimoles, M., Borraz, O. (2003). « Réguler ou qualifier ? : Le cas des boues d'épuration urbaines », Sociologie du Travail, 45 (1), pp.45-62.

Dufour, E. 2024. La fin du recyclage ? Rupture métabolique et politiques biogéochimiques en région parisienne au XXe siècle. Thèse de doctorat de l'Université Paris 1.

Esculier, F. 2018. Le système alimentation/excrétion des territoires urbains : régimes et transitions socio-écologiques. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est. <https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/theses/these-fabien-esculier/>

Esculier, F., Le Noë, J., Barles, S., Billen, G., Créno, B., Garnier, J., Lesavre, J., Petit L. et Tabuchi, J.-P. 2018. The biogeochemical imprint of human metabolism in Paris Megacity: a regionalized analysis of a water-agro-food system. *Journal of Hydrology* 573 : 1028-1045.

Esculier, F. & Barles, S. 2019. Past and future trajectories of human excreta management systems – the case of Paris XIXth-XXIst centuries. In: *The Seine River Basin*. Flipo, N., Labadie, P., Lestel, L. (Eds). *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Esculier et al., 2022. Projet Agrocapi – Étude de filières de valorisation agricole d'urinofertilisants – Rapport final., 55 p. <https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/agrocapi/Häfner, Franziska, Oscar Rodrigo Monzon Diaz, Sarah Tietjen, Corinna Schröder, et Ariane Krause. 2023. « Recycling Fertilizers from Human Excreta Exhibit High Nitrogen Fertilizer Value and Result in Low Uptake of Pharmaceutical Compounds »>. *Frontiers in Environmental Science* 10:1038175. doi: 10.3389/fenvs.2022.1038175.

Joveniaux, A., Legrand, M., Esculier, F., De Gouvello, B., 2022. Towards the development of source separation and valorization of human excreta ? Emerging dynamics and prospects in France. *Frontiers in Environmental Sciences*. 10:976624. doi: 10.3389/fenvs.2022.976624

Larsen, T.A., Udert, K. M., Lienert, J. (Éd), 2013. *Source Separation and Decentralization for Wastewater Management*. IWA Publishing.

Legrand M., 2023. Les déchets corporels, une matière à penser. *CNRS Le journal / L'anthropologie en partage*. <https://lejournel.cnrs.fr/nos-blogs/lanthropologie-en-partage/les-dechets-corporels-une-matiere-a-penser>

Martin T.M., Aubin J, Gilles E, Auburger J, Esculier F, Levavasseur F, McConville J, Houot S (2022). Comparative study of environmental impacts related to wheat production with human-urine based fertilizers versus mineral fertilizers, *Journal of Cleaner Production*, 135123.

Minier, Paul, 2023. Assainir la ville sans contaminer l'environnement : tout-à-l'égout et séparation à la source face au risque sanitaire lié aux matières fécales. Thèse de doctorat de l'École nationale des Ponts et Chaussées. <https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/theses/these-paul-minier/>

OMS, 2012. Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères. Vol. IV Utilisation des excreta et des eaux ménagères en agriculture Éd. OMS. ISBN 978 92 4 254685 9.

Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C., Vertès F. (coord.) (expertise scientifique collective), *Réduire les pertes d'azote dans l'élevage*, Editions QUAE, collection « Matière à débattre et décider », Sept. 2014, 168 p. (ISBN : 9782759222452)

Soyer, M., 2022. Les usagers de toilettes sèches en Limousin : retours d'expérience. Une enquête sociologique menée sur le plateau de Millevaches. <https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2022/06/RAPPORT-TS-LIMOUSIN-A-DIFFUSER-06-22.pdf>

Starck, T., Esculier, F., 2024. Nutriments dans les eaux usées : premier bilan national détaillé d'une déperdition de ressources stratégiques. *Techniques, Sciences et Méthodes*. 2024 (7-8) p.49-68. <https://astee-tsm.fr/articles/tsm-78-2024-etude-starck/>

Starck, T. 2024. Vers une gestion circulaire de l'azote et du phosphore dans les excréments humains : état des lieux, potentiel agricole global et contrainte spatiale en France. Thèse de doctorat. Ecole nationale des ponts et chaussées. <https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/theses/these-thomas-starck/>