

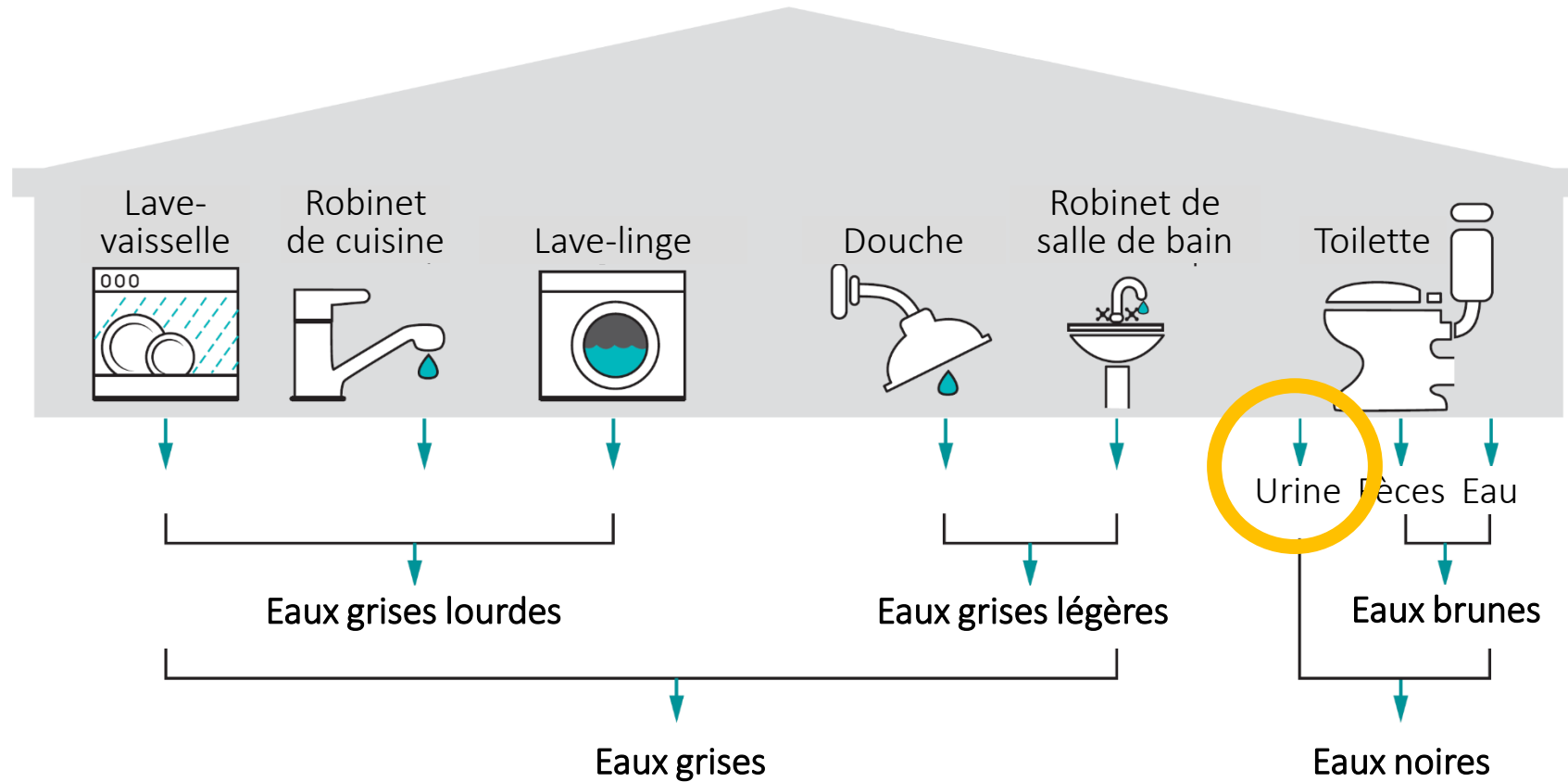
Retour sur 30 ans de séparation à la source en Europe

Tove Larsen

Colloque anniversaire, programme de recherche-action OCAPI

10 ans de séparation à la source des excréta humains :
le moment propice pour changer d'échelle

Le concept de la séparation à la source



Source: Larsen et al., 2016,
Science 352(6288), 928-933

Objectif : Maximiser la protection de l'environnement, optimiser la gestion des ressources



1997

Numéro spécial de « Water Science and Technology » sur la gestion durable des eaux urbaines

Angleterre

Récupération des eaux grises

Allemagne

Toilettes sous-vide avec digestion anaérobie

Suède et Suisse

Séparation des urines



Séparation des urines à la source 1990-2000

Projets pilotes en Suède



Understenshöjden (Stockholm)
Premiers habitants en 1996
Motivation principale : pénurie de phosphore



Toilettes développées pour
les maisons de vacances



Conduite d'urine
supplémentaire



Stockage local pour la
réduction des pathogènes
(3-6 mois)



Les agriculteurs
locaux récupèrent



Épandage d'urine stockée
sur des terres agricoles

Séparation des urines à la source 1990-2000

Eawag: Explorer la faisabilité et le désirabilité



- Une approche de recherche complémentaire
- Motivation : Élimination de l'azote pour améliorer le traitement des eaux usées
- Une recherche de consensus à l'Eawag : la séparation des urines en vaut-elle la peine ?
- Projet de doctorat sur la stabilisation de l'azote (Kai Udert, doctorat obtenu en 2002)
- Le projet Novaquatis est accepté par l'Eawag en 1999 et cofinancé par une municipalité suisse

Qu'avons-nous appris des années 90 ?

Principales conclusions de la Suède et de la Suisse

L'approche **suédoise** dépend

- d'un espace suffisant pour le stockage local
 - de la proximité avec les agriculteurs
 - de l'acceptation de toilettes moins optimales
 - de plus, le blocage des tuyaux est un problème majeur
- Principalement applicable dans les zones rurales

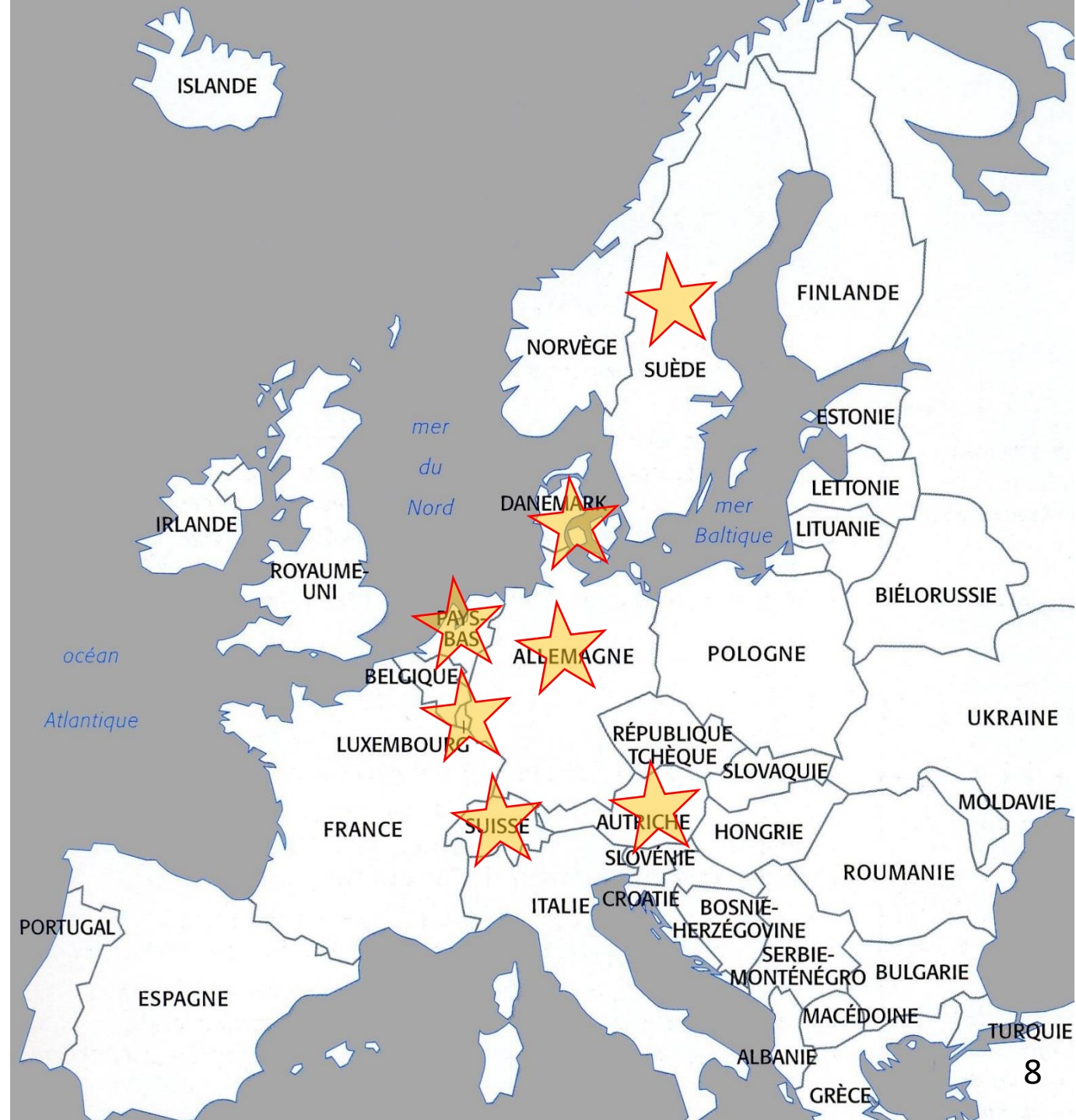
Conclusions pour **la Suisse**

- La croissance se produit dans les villes - l'espace et les transports sont des enjeux importants
 - Les clients suisses n'accepteraient pas les toilettes disponibles
 - La plomberie et l'entretien doivent se concentrer sur l'évitement des bouchons
- Un effort majeur est nécessaire pour clarifier la désirabilité et la faisabilité

Explorer la séparation à la source de l'urine en Europe 2000-2010

Projet pilotes

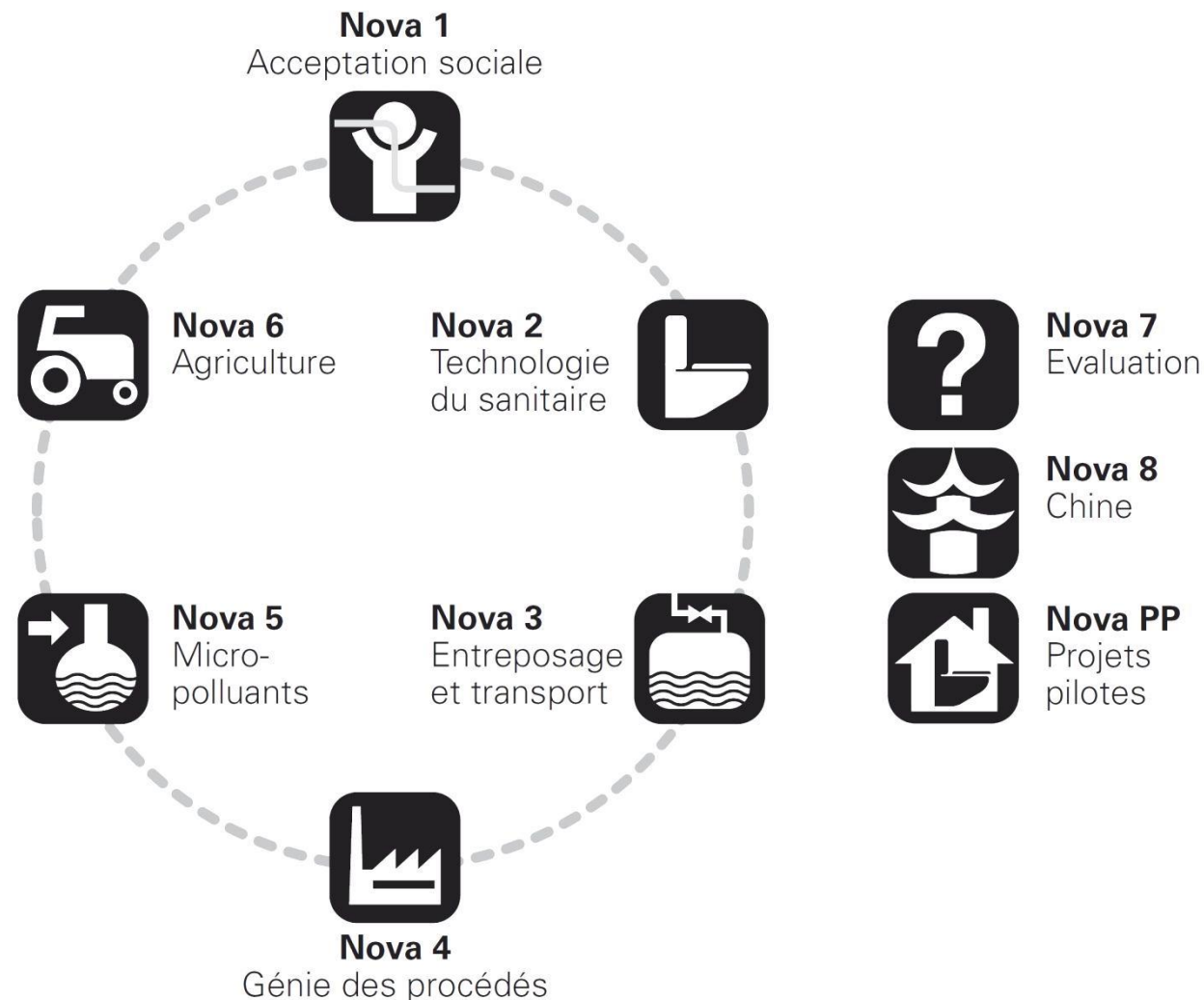
- Peu de projets dans des maisons privées (sauf en Suède)
- Question de recherche typique : Comment les gens évaluent-ils le concept et les toilettes ?
- Expérience commune : Les gens aiment le concept, mais n'aiment pas les toilettes
- Seuls quelques-uns de ces projets pilotes existent encore



Novaquatis 2000-2006

Un projet transdisciplinaire de l'Eawag

- Organisé autour du cycle des nutriments
- Un projet préliminaire a examiné l'acceptation publique du concept (partie de Nova 1)
- Chercheuses principales : Tove Larsen et Judit Lienert
- Pour plus d'informations : <https://www.novaquatis.eawag.ch/>



Quelques résultats de Novaquatis

- **Acceptation sociale** : Les gens aiment le concept, mais des projets pilotes ne devraient pas être mis en œuvre tant qu'il n'y a pas de meilleures toilettes
- **Technologie sanitaire** : Les efforts pour engager de grandes entreprises sanitaires ont échoué, mais une entreprise allemande a produit des toilettes plus acceptables
- **Transport** : Aucune solution satisfaisante n'ayant été trouvée, il a été décidé de privilégier le traitement des urines sur place.
- **Technologies de traitement** : La grande variété de procédés disponibles offre une flexibilité substantielle
- **Micropollutants** : Nous estimons que la séparation des urines peut éliminer environ la moitié de l'écotoxicité des eaux noires. Certains procédés de traitement des urines permettent d'éliminer les micropolluants.
- **Agriculture** : L'urine donne un engrais bien accepté, surtout si les micropolluants ont été éliminés et qu'il n'y a pas de risque sanitaire

Que avons-nous appris de la phase 2 ?

Principales conclusions de l'Eawag

- Consensus à l'Eawag sur la désirabilité et la viabilité de la séparation des urines à la source
- La séparation des urines à la source a été déclarée axe stratégique majeur à Eawag
- Un nouvel immeuble de bureaux ouvert en 2006 ne propose que des toilettes à séparation d'urine
- Presque toutes les autres toilettes de l'Eawag ont été remplacées par des toilettes à séparation d'urine



« Reculer pour mieux sauter » 2010-2020

- De nouveaux projets pilotes et de démonstration dans les pays à revenu élevé sont bloqués en raison du manque de toilettes adéquates
- Un financement est disponible pour des projets dans les pays à faible revenu – par exemple, à travers la Fondation Bill & Melinda Gates (BMGF)
- Le développement technologique progresse
- Les chances de succès d'une telle innovation ont été remises en question

Malgré les défis, nous constatons des avancées majeures durant cette période

La séparation à la source remet en question la manière d'organiser l'assainissement

Une innovation si radicale nécessite un Système d'Innovation Technologique, qui

- dépend d'un réseau d'acteurs et d'institutions de soutien
- se forme autour de la technologie de base et aide à développer et diffuser la nouvelle approche
- commence souvent dans des espaces protégés et s'étend ensuite à de nouveaux contextes
- devient de plus en plus élaboré et puissant pour remettre en question le régime acquis d'un secteur

Une innovation radicale et complexe

Chaîne de valeur suédoise originale



Toilettes développées pour les maisons de vacances



Conduite d'urine supplémentaire



Stockage local pour la réduction des pathogènes (3-6 mois)



Les agriculteurs locaux récupèrent



Épandage d'urine stockée sur des terres agricoles

Chaîne de valeur pour la mise à l'échelle



Toilettes développées pour les marchés de masse



Nouveaux codes de plomberie et formation



Industrialisation des unités de traitement locales et/ou
Organisation du système de transport



Système de distribution d'engrais basé sur l'urine



Législation et recommandations pour ce nouveau type d'engrais

Le problème de la poule et de l'œuf

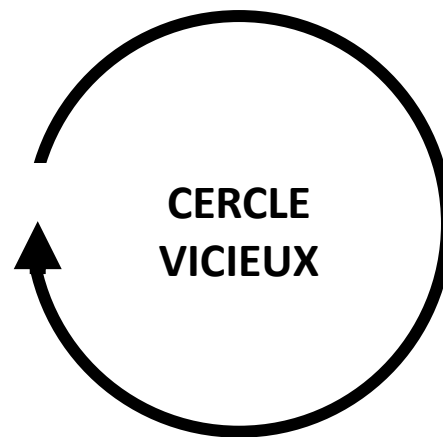
Pas de technologie, pas de marché pour les engrais, pas de projets de démonstration - pas d'intérêt pour le développement des toilettes



Pas de toilettes adéquates – pas de projets de démonstration



Pas de technologie pour la production d'engrais - pas d'intérêt de l'agriculture



Pas de projets de démonstration – pas de financement pour le développement technologique

Ce cercle vicieux a été brisé : Que s'est-il passé pendant la période 2010-2020 ?

Vuna s'est passé



Vuna: Premier projet d'assainissement financé par la Fondation Bill & Melinda Gates (BMGF) 2010-2015

- 100 000 toilettes sèches à séparation des urines à Durban, Afrique du Sud
- Projet transdisciplinaire pour explorer la technologie et l'économie sociotechnique de la technologie
- Piloté par Kai Udert



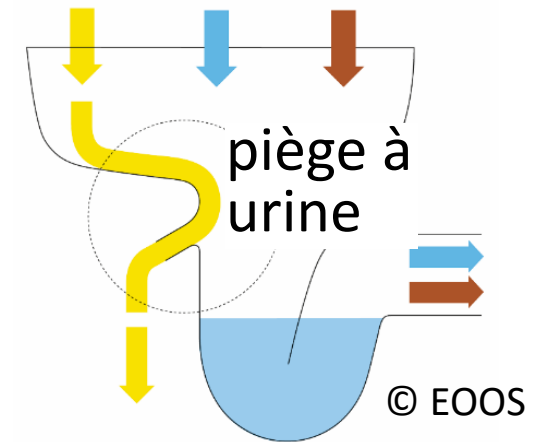
Vuna GMBH / VunaNexus AG
Kai Udert, Bastian Etter, Nadège de Chambrier, David de Chambrier
2016 / 2022

- Vuna GMBH : Basé sur l'expérience technique du projet Vuna
- VunaNexus : D'après l'expérience de Vuna GMBH et de la recherche Eawag sur le traitement de l'urine
- 2018, l'engrais produit (Aurin) a obtenu une licence en Suisse pour une utilisation sur toutes les cultures

« Réinventer les toilettes » s'est passé

Un programme BMGF avec la participation de l'Eawag

- Le projet „Blue Diversion“ (2011-2014, piloté par Tove Larsen) a été suivi par „Blue Diversion Autarky“ (piloté par Kai Udert)
- Harald Gründl, un designer de la société autrichienne EOOS, a été impliqué dès le début
- Plus tard, Harald Gründl obtint sa propre subvention de la BMGF
- Grâce à cette subvention, le piège à urine a été inventé (2018)
- Avec le piège à urine, l'entreprise céramique sanitaire Laufen a développé les toilettes Save! (2019)



LAUFEN, SAVE!

Paris s'est passé

- 2013 Amandine Caby fait un stage de mastère spécialisé PAPDD sur la collecte sélective des urines sur le territoire du SIAAP
- 2014 «Mardi de l'info» sur la séparation des urines à Paris (organisé par Jean-Pierre Tabuchi)
- 2015 Le programme OCAPL est établi
- 2018 Fabien Esculier soutient sa thèse et prend un poste à l'Ecole nationale des ponts et chaussées
- 2019 Le programme "Eau & Climat" 2019-2024 de l'agence de l'eau Seine-Normandie
- 2020 Je trouve les premières « actualités » sur le projet Saint-Vincent-de-Paul à Paris



Triple zéro :
zéro carbone, zéro déchet, zéro rejet

Source:
<https://www.guidingarchitects.net/fr/saint-vincent-de-paul-paris-projet-damenagement-durable-participatif/>

Qu'avons-nous appris de la phase 3 ?

- Nous avons surmonté un grand nombre de défis, ce qui nous permet maintenant de passer au niveau supérieur du Système d'Innovation Technologique.
- La technologie de séparation à la source ne peut pas se diffuser dans un modèle de commercialisation linéaire
- Il nécessite des expériences répétées avec des éléments sociaux et techniques avant que les premières 'configurations qui fonctionnent' n'émergent
- L'innovation du côté technologique doit donc co-évoluer étroitement avec les innovations sociales

Comment une innovation radicale peut-elle se diffuser ?

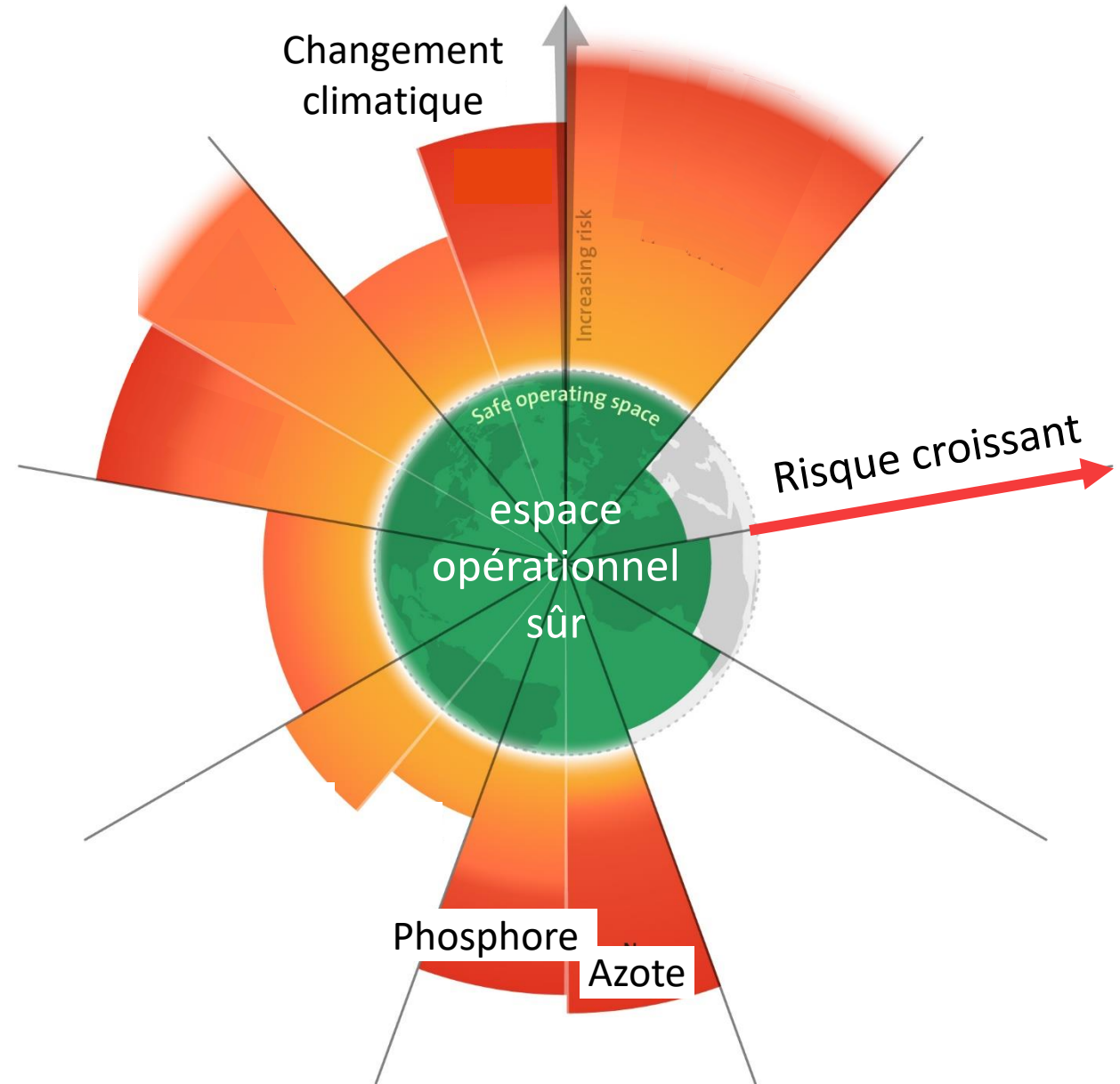
Quatre ressources clés doivent être créées pour permettre une diffusion réussie

- Connaissance
- Marchés
- Investissement financier
- Légitimité

Limites planétaires

L'excédent de nutriments est une menace au même titre que le changement climatique

- Problème global
- Les stations d'épuration ne résoudront pas le problème global
- La question de légitimité se confond avec la question de la faisabilité



Adapté de "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Richardson et al 2023: Earth beyond six of nine planetary boundaries "

Séparation des urines à la source 2020-2030

Un système d'innovation technologique prend son envol

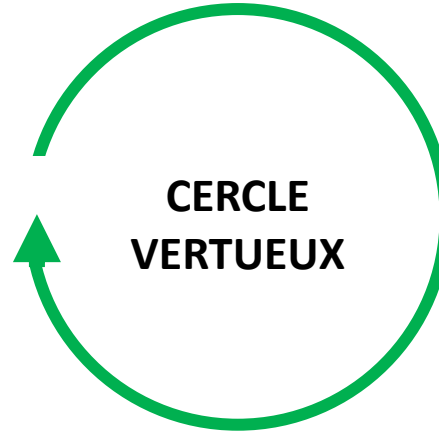
Les avantages environnementaux sont déjà prouvés : avec une maturité socio-technique croissante, la faisabilité économique augmentera aussi



Avec une demande plus élevée, davantage de modèles de toilettes suivront, adaptés aux différents contextes (voir, par exemple, Sanitation 360)



Un marché pour les engrais à base d'urine va se développer



D'autres technologies suivront, celles existantes seront industrialisées pour une production de masse

Le cercle vicieux a été brisé : cette décennie est celle d'un cercle vertueux !

Merci à tous ceux qui ont contribué à cette histoire de la séparation des urines. Un merci spécial à mes co-auteurs de l'article, qui a fourni le contexte en sciences sociales pour cette présentation: Christian Binz, Eawag, et Harald Gründl, EOOS NEXT GmbH

Larsen, Gruendl, Binz (2021) Environ. Sci.: Water Res. Technol., 7, 1161, The potential contribution of urine source separation to the SDG agenda – a review of the progress so far and future development options

Références

- Larsen and Gujer (1996) Wat. Sci. Tech., 34 (3–4), 87–94, Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine).
- Larsen and Gujer (1997) Wat. Sci. Tech., 35(9), 3-10, The concept of sustainable urban water management.
- Hanaeus, Hellström, Johansson (1997) Water Sci. Technol. 1997, 35 (9), 153–160, A study of a urine separation system in an ecological village in northern Sweden.
- Drangert (1998) GeoJournal 45(3), 201-208, Urine blindness and the use of nutrients from human excreta in urban agriculture.
- Jönsson et al. (1999) *Wasser Boden.*, 51 (11), 21–25, Source separation of urine.
- Lindgren, M. (1999) Examensarbete; Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Agricultural Engineering: Uppsala, Sweden, Urinsorterande toaletter - rensning av stopp samt uppsamling och attityder (Urine separating toilets, clearing of blockages, collected volume and attitudes). In Swedish.
- Schönning, C. (2001) Doctoral thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine.
- Larsen et al. (2001) ES&T, 35(9), 192 A-197 A. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management.

Références

- Udert, Gujer, Larsen (2003) Water Sci. Tech: Water Supply 3(3), 71–78, Biologically induced precipitation in urine-collecting systems
- Udert, Gujer, Larsen (2003) Wat. Res. 37 (2003), 2667–2677, Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems
- Udert et al. (2003) Water Res. 37, 2571–2582, Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system
- Udert et al. (2003) Water Sci. Tech. 48(1), 119–130, Nitrification and autotrophic denitrification of source-separated urine
- Lienert et al. (2003) Water Sci. Tech. 48(1), 47–56, How farmers in Switzerland perceive fertilizers from recycled anthropogenic nutrients (urine)
- Escher et al. (2006) Environ. Sci. Technol. 40, 5095-5101, Monitoring the removal efficiency of pharmaceuticals and hormones in different treatment processes of source-separated urine with bioassay
- Maurer, Pronk, Larsen (2006) Water Res. 40, 3151 – 3166, Treatment processes for source-separated urine
- Lienert, Bürki, Escher (2007) Water Sci. Tech. 56(5), 87–96, Reducing micropollutants with source control: substance flow analysis of 212 pharmaceuticals in faeces and urine
- Escher, Guedel, Lienert (2007) Environ. Sci. Technol. 41(12), 4471-4478, Screening Method for Ecotoxicological Hazard Assessment of 42 Pharmaceuticals Considering Human Metabolism and Excretory Routes
- Larsen et al. (2009) Environ. Sci. Technol., 43, 6121–6125, Source Separation: Will We See a Paradigm Shift in Wastewater Handling?
- Lienert and Larsen (2010) Environ. Sci. Technol. 44, 556–566, High Acceptance of Urine Source Separation in Seven European Countries: A Review

Références

- Caby, A. (2013) Etude sur le territoire du SIAAP, Ecole des Ponts, ParisTech and AgroParisTech-Engref, Paris, Quel intérêt et quelle opportunité de mettre en place une collecte sélective des urines en milieu urbain dense?
- Larsen et al. (2016) Science 352(6288), 928-933, Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world
- Larsen et al. (2015) J. Water Sanitation Hyg. Dev. 5 (1), 64–71, Blue Diversion: a new approach to sanitation in informal settlements
- Udert, Etter, Grounden (2016) GAIA 25(3), 194-196, Promoting Sanitation in South Africa through Nutrient Recovery from Urine
- Esculier et al. (2018) Journal of hydrology 571, 1028-1045, The biogeochemical imprint of human metabolism in Paris Megacity: A regionalized analysis of a water-agro-food system
- Verger et al. (2018) Resources, Conservation and Recycling 137, 200-213, A N, P, C, and water flows metabolism study in a peri-urban territory in France: The case study of the Saclay plateau
- Gundlach et al. (2021) Journal of Building Engineering 33 (2021) 101500, Novel NoMix toilet concept for efficient separation of urine and feces and its design optimization using computational fluid mechanics
- Larsen, Riechmann, Udert (2021) Water Research X 13, 100114, State of the art of urine treatment technologies: A critical review
- Larsen, Gruendl, Binz (2021) Environ. Sci.: Water Res. Technol., 7, 1161, The potential contribution of urine source separation to the SDG agenda – a review of the progress so far and future development options

Références

- Joveniaux et al. (2022) Front. Environ. Sci. 10:976624, Towards the development of source separation and valorization of human excreta? Emerging dynamics and prospects in France.
- Wald, Chelsae (2022) Nature, 602 (News), How recycling urine could help save the world
- Martin et al. (2023) Journal of cleaner production 382, 135123, Comparative study of environmental impacts related to wheat production with human-urine based fertilizers versus mineral fertilizers
- McConville et al. (2023) Journal of Environmental Management 347, 119108, Legitimacy of source-separating wastewater systems with Swedish water utilities