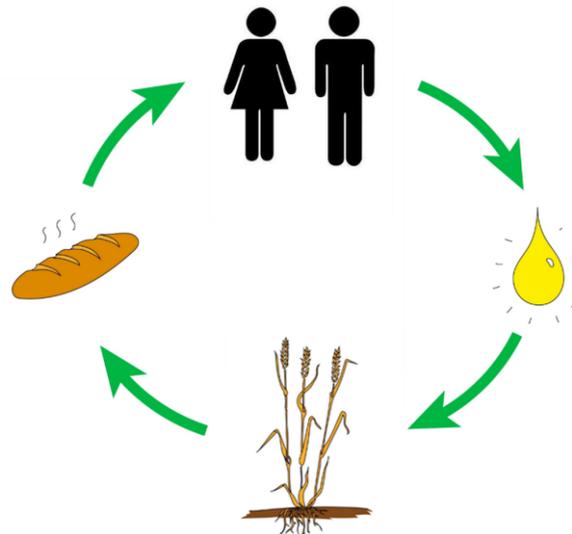


Préserver l'eau et valoriser les nutriments par la séparation à la source des excrétions humaines



Plan

1. L'assainissement en tension : historique et état des lieux
2. Possibilités de mutation de l'assainissement pour des systèmes soutenable

Aux origines de la dynamique (2012)

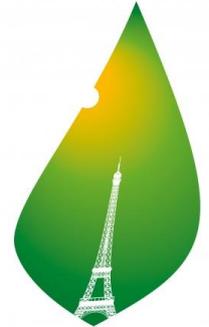
L'effet ciseau de l'assainissement parisien

LE GRAND
PARIS

Plus de rejets
polluants (azote)



Diminuer les
émissions de GES



COP21 • CMP11
PARIS 2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

Atteindre le
bon état



Moins de capacité de
dilution en Seine

Nager
en Seine



Programme de recherche-action

Premiers partenaires du programme
(2015-2018)



OCAPI

www.leesu.fr/ocapi



Organisation des cycles
Carbone, Azote et Phosphore
dans les territoires



Changement de perspective sur le problème azote du bassin Seine-Normandie

Alimentation

Excrétion

Bilan annuel

OMS,
2007

3,4 kg N



3,4 kg N

protéines

urée

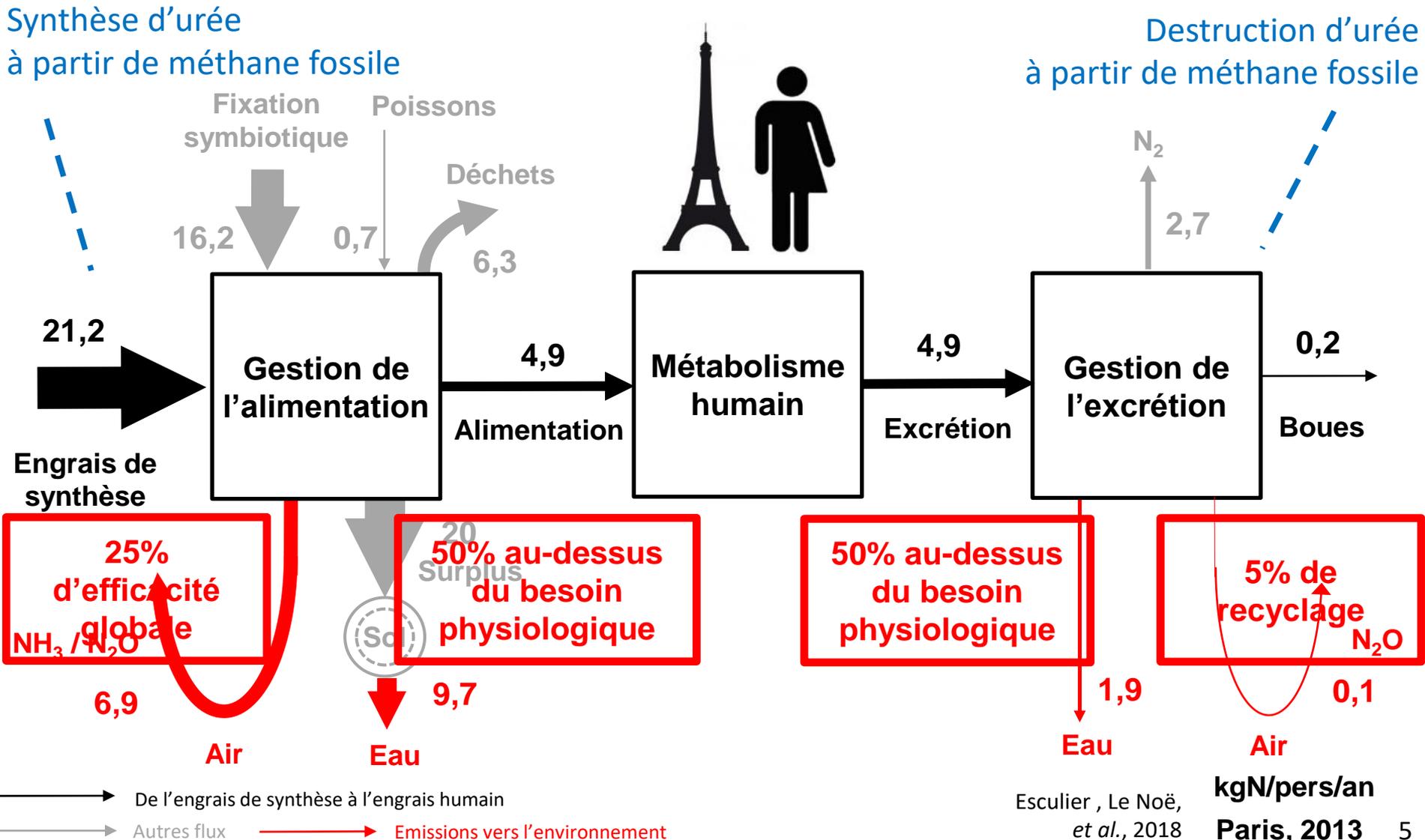
Besoin physiologique
confortable

Besoin physiologique
confortable

Système alimentation/excrétion

« Un égout est un malentendu » (V. Hugo, 1862)

Le système alimentation/excrétion non soutenable des sociétés industrielles occidentales



Un siècle de linéarisation de l'économie de l'engrais humain

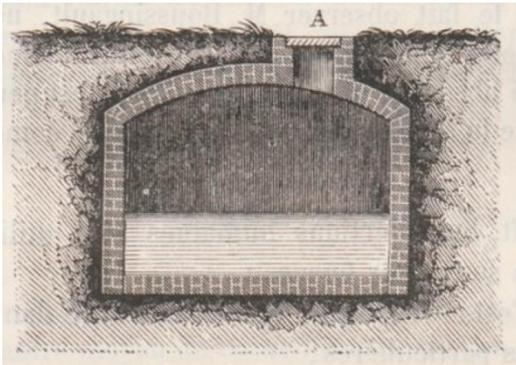


~200 brevets
français au XIXe
siècle !
(Adler, 2020)

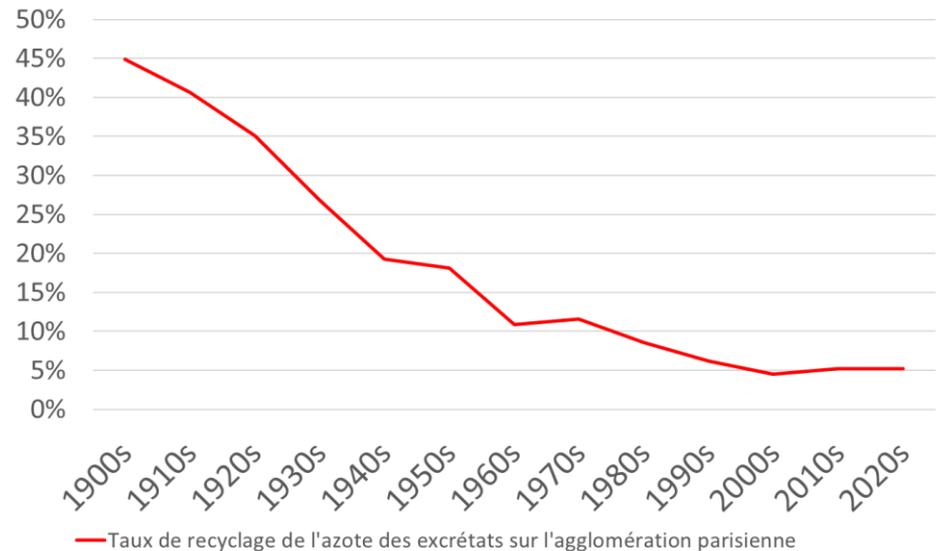


Crédit Roger-Viollet Parisemimages

Paris, 1964



Taux de recyclage de l'azote des excréments sur l'agglomération parisienne

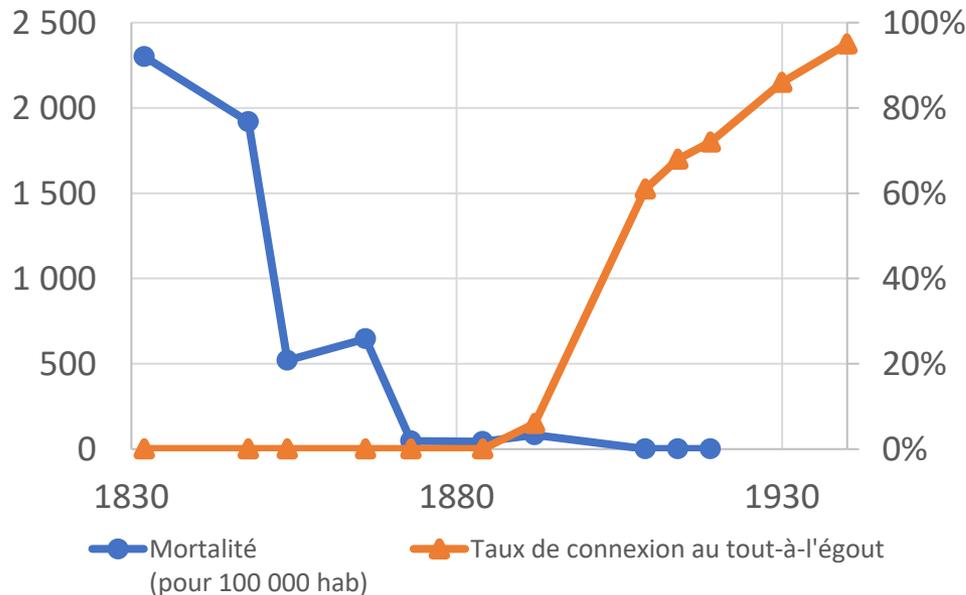


Girardin, 1867

Dispendieux et peu efficace pour gérer les nutriments, le tout-à-l'égout n'est même pas performant sur le plan sanitaire !

(Minier, 2023; Minier et al. 2023)

Choléra et tout-à-l'égout à Paris



Sacrifice des autres usages de l'eau



Baignade



Eau potable



Conchyliculture

« Quand les agences de l'eau se mettent en place, elles sont surtout sollicitées par les communes pour financer le tout-à-l'égout qui accroît le confort des ménages » (Bouleau, 2009)

130 ans plus tard, ne peut-on pas fournir du confort avec d'autres techniques plus performantes ?



Le programme OCAPI

www.leesu.fr/ocapi

Approche systémique

Transition socio-écologique des systèmes alimentation/excrétion

Tourné vers l'action

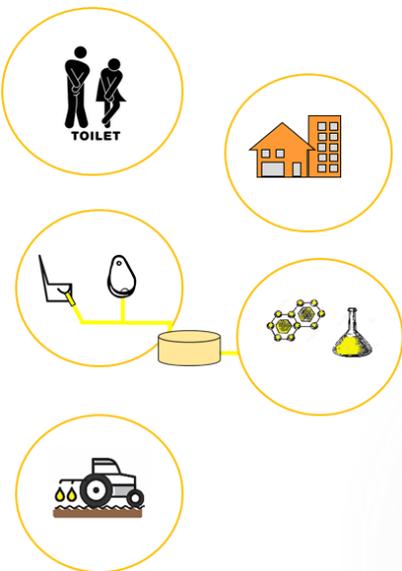
Interdisciplinaire

Recherche

Sensibilisation

Animation

Accompagnement

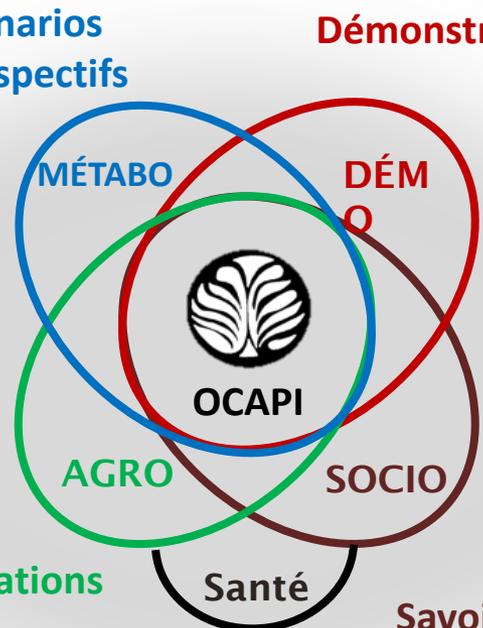


Scénarios prospectifs

Trajectoires historiques

Fertilisation et Itinéraires techniques

Normes et réglementations



Démonstrateurs

Suivi socio-technique

Métiers et techniques

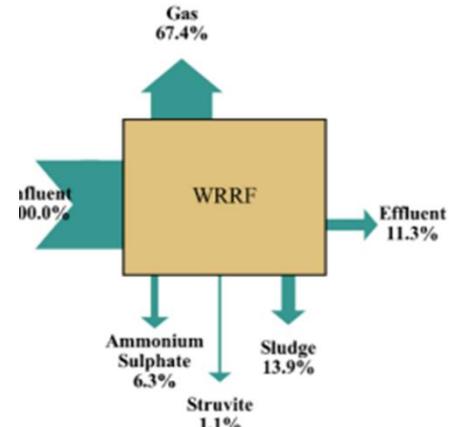
Territoires et filières

Savoirs et imaginaires

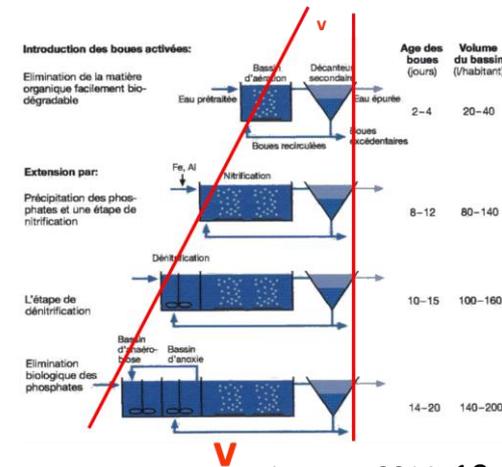


Vers la station d'épuration circulaire ?

- Difficultés liées aux fortes dilutions
 - Max envisageable pour N \approx 30% (Besson, 2020)
 - K et micronutriments grands oubliés
- Problème structurel des déversoirs d'orage
- REUT (Réutilisation des Eaux Usées Traitées)
 - ACV défavorable hors bord de mer (Maesele & Roux, 2021)
 - Non sobre sur l'usage de l'eau
 - Besoin en eau & nutriments des plantes principalement au printemps/été
- Fuite en avant curative depuis des décennies : carbone, $N_{\text{réduit}}$, $N_{\text{oxydé}}$, P et demain N_2O , REUT, microbio, micropolluants, etc.

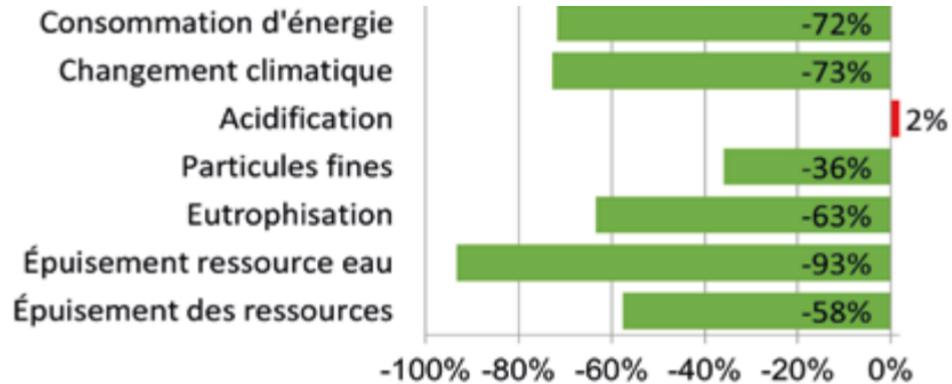
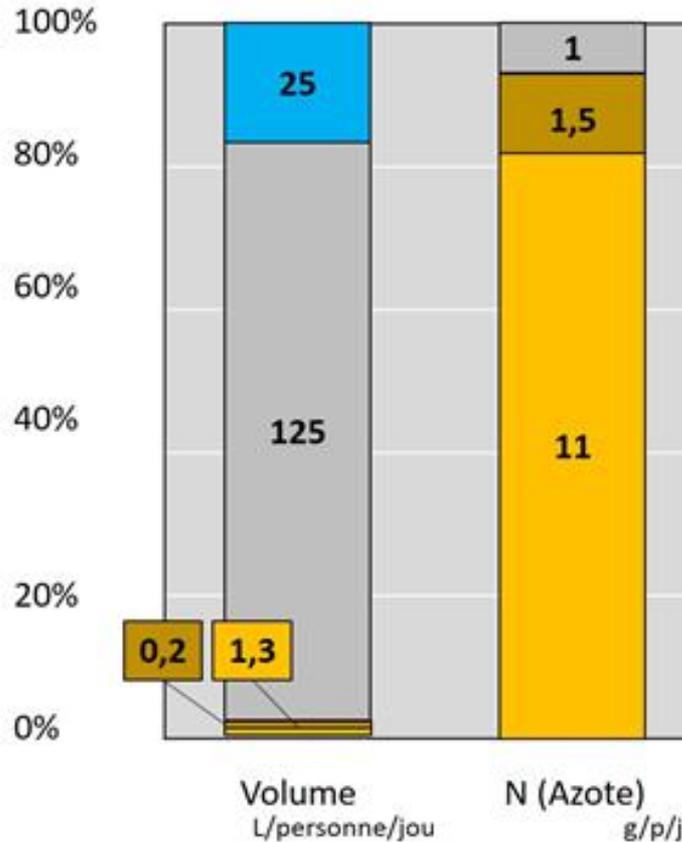


Besson, 2020



Lesavre, 2014 10

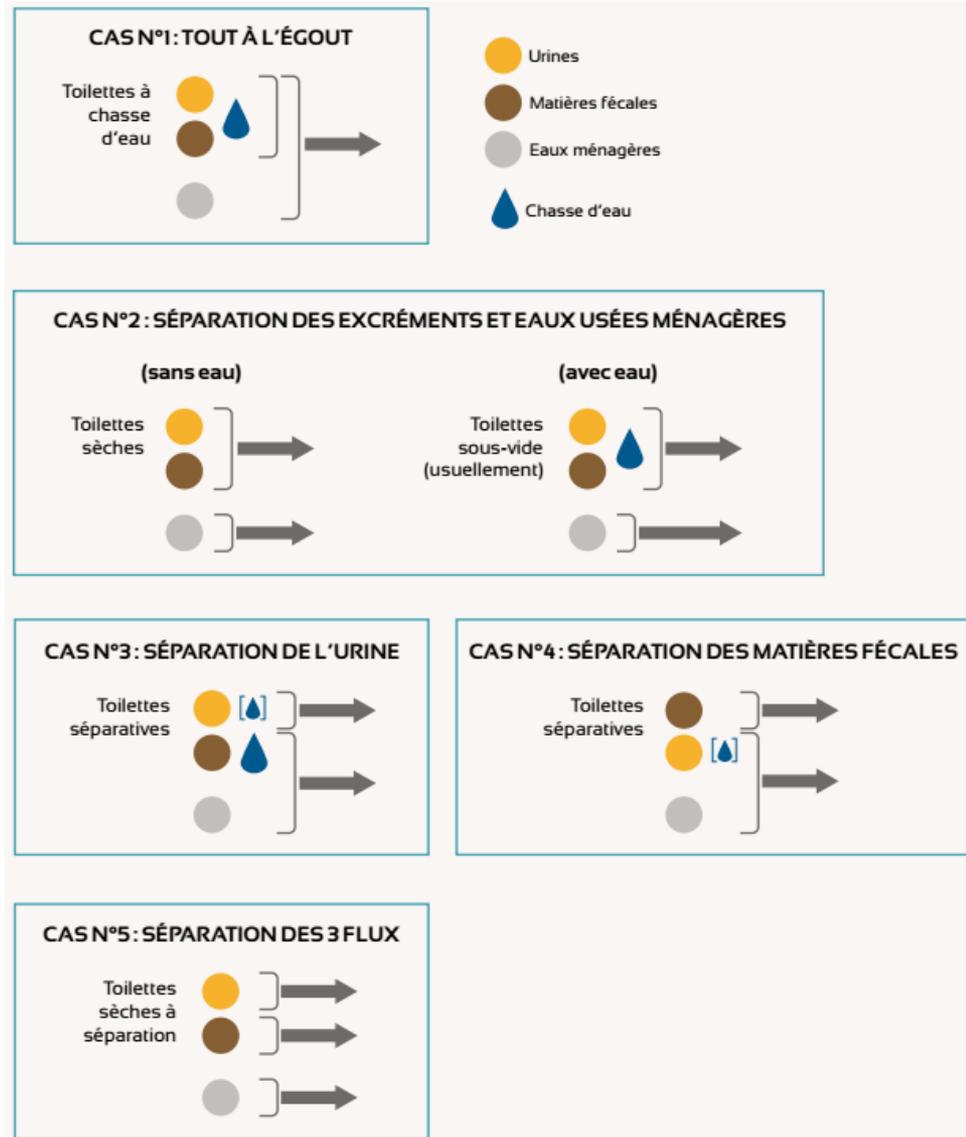
Séparer à la source



ACV comparative :
 « Produire un kilogramme de grain de blé »
 Haber-Bosch + STEU
 VS
 urine stockée
 (Martin et al. 2022)

Urine
 Matières fécales
 Eaux ménagères
 Chasse d'eau

De nombreuses configurations possibles



(Ré-)émergence d'alternatives en Europe

Éco-villages scandinaves :

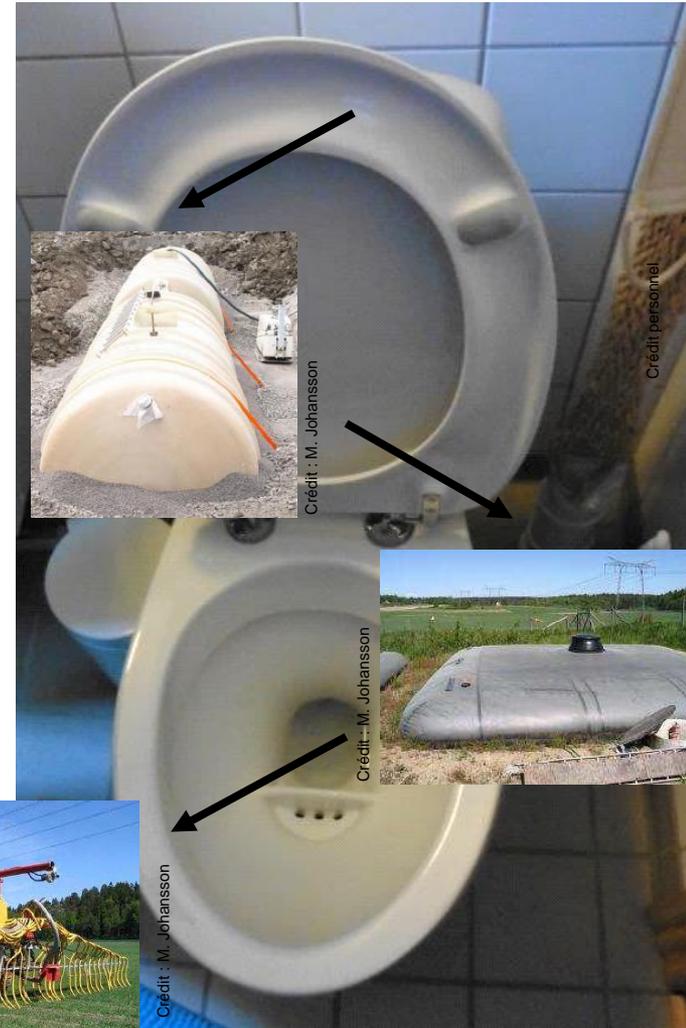
- engagement bénévole
- faible densité



Localités avec séparation
(1995-2006)

Une diffusion dans
l'Europe scandinave
et germanique
(années 1990-2000)

Recommandations
OMS (2012)



En France, quelques jalons

- **Années 1990** : vision renouvelée des toilettes sèches dans une approche d'assainissement écologique
- **Années 2010** : tensions sur l'assainissement → intérêt pour la séparation à la source de l'urine → *2015 programme OCAPI*
=> *centre de ressources public : www.leesu.fr/ocapi
ocapi@enpc.fr*
- **2018** : 80% de subvention votée par le comité de bassin Seine Normandie
- **2020** : l'opération Saint-Vincent de Paul, 1^{er} projet de quartier urbain avec séparation à la source
- **2024** : étude séparation d'urine pour 20.000 habitants sur le plateau de Saclay



Un fort déploiement en France

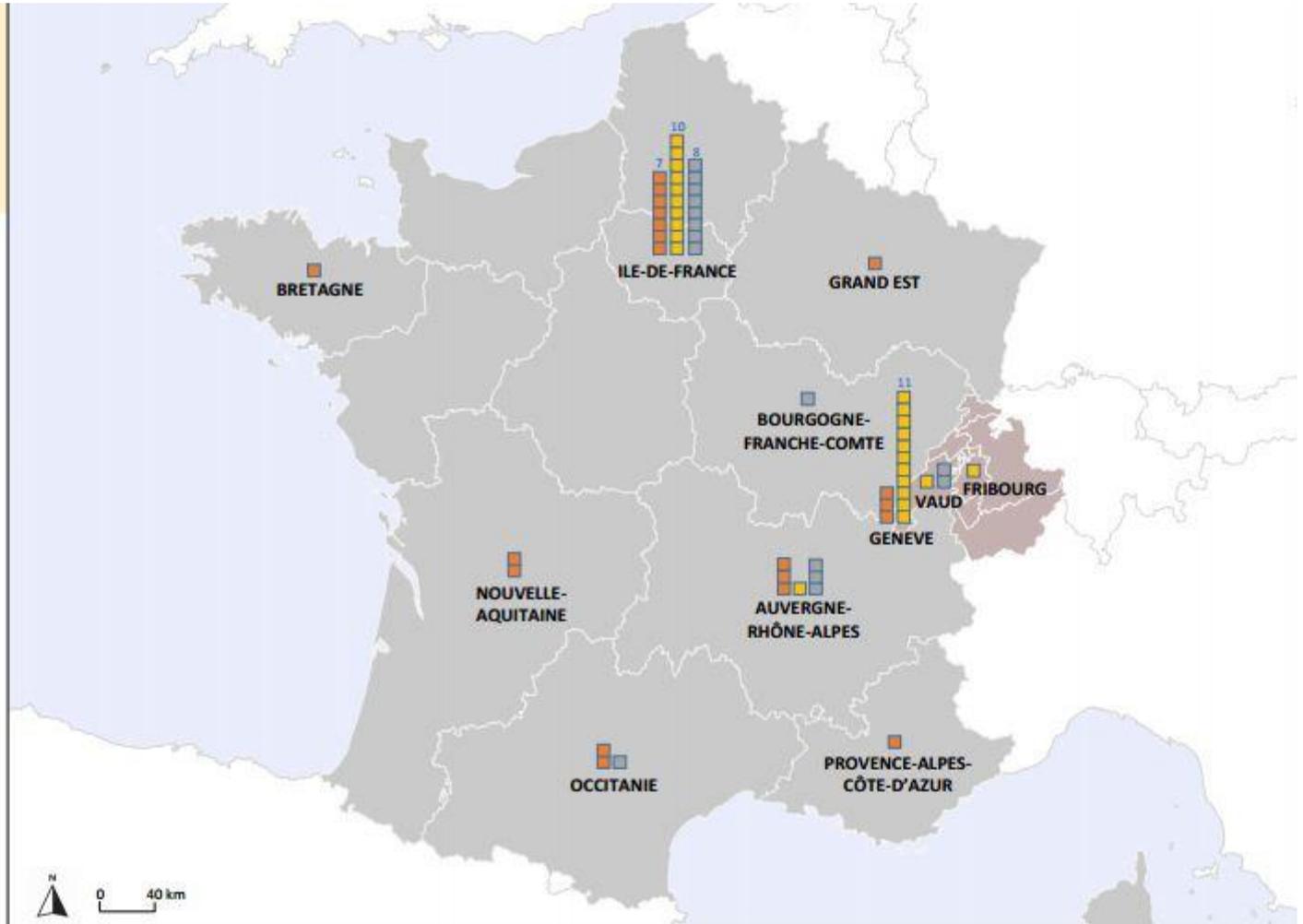
Etat des lieux des projets urbains de gestion séparative des excréments dans des bâtiments collectifs identifiés en France et en Suisse romande en 2023

Projets identifiés par régions (France) et par cantons (Suisse romande), selon leur état d'avancement :

-  Réalisés et en fonctionnement
-  Validés et/ou en construction
-  A l'étude

Note : les projets présentés sont issus d'un travail de recensement effectué par l'équipe OCAPI non forcément exhaustif et encore en cours. Si vous connaissez un projet, en France ou en Suisse, qui n'est pas sur la carte et que vous souhaitez communiquer à son propos, merci de prendre contact à l'adresse suivante : ocapi@enpc.fr.

Auteur : A. Joveniaux, OCAPI/LEESU-ENPC, 2023. Source : OCAPI et Aneco.



Panorama en ligne « Toilettes fertiles »

<https://storymaps.arcgis.com/stories/495f0ceb57044510b121d2f144e8acbd>

Interfaces usagers (urine)

- Toilette séparative / urinoir pour éviter la dilution et le mélange avec les matières fécales ou les eaux ménagères
- Collecte dans un réseau dédié et stockage plus ou moins (dé)centralisé (toilette, bâtiment, quartier...)



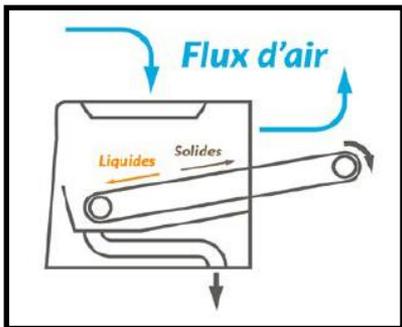
Urinoir sec masculin
(École des Ponts)



Urinoir sec féminin
(Marcelle)



Toilettes à eau à
séparation
(Roediger)



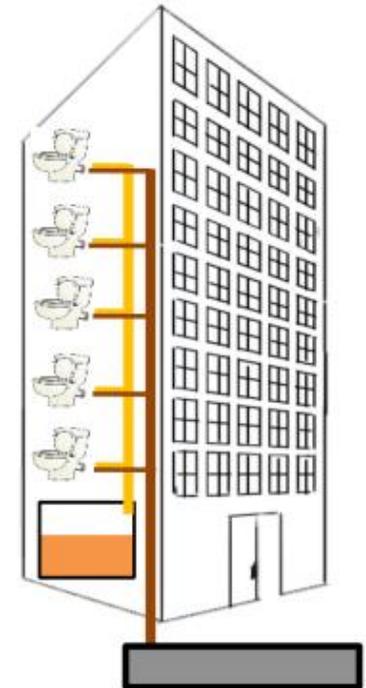
Toilette à tapis roulant



Toilettes sèches à
séparation (Separett)



Toilettes à séparation par
capillarité (Laufen)



Des filières à adapter selon les configurations territoriales

Procédés de concentration de l'urine :

- Limitation des volumes à stocker et transporter (~ 1,3 L/pers/j)
- Facilité à l'épandage

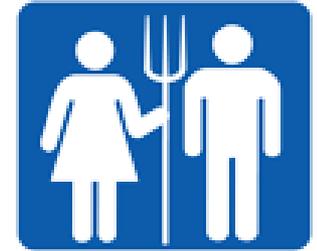


Crédit : EAWAG



Crédit : SLU

Initiative américaine du Rich Earth Institute



Donate Urine in Vermont



<https://ricearthinstitute.org/>



Développement de
procédé de
concentration de
l'urine par
congélation



Des ressources pour mettre en œuvre la séparation à la source

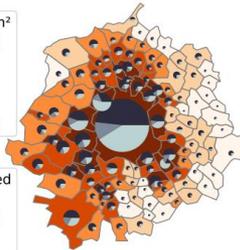
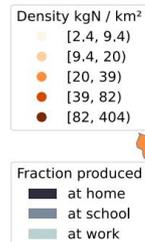
www.leesu.fr/ocapi



GTT ARCEAU-IDF



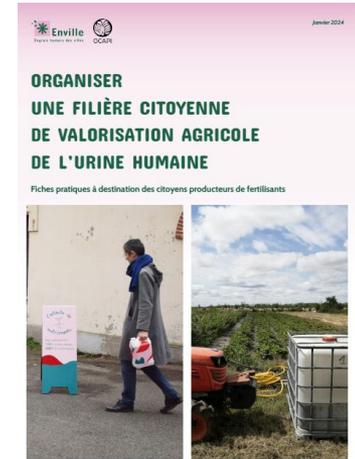
Ateliers collectifs séparation à la source



Projet CAFE (en cours)



Projet Agrocapri



Projet Envilte

- Note sur l'installation de séparation à la source
- Note réglementaire
- Note sur les micropolluants
- etc.

Freins et leviers

(Joveniaux et al. 2022)

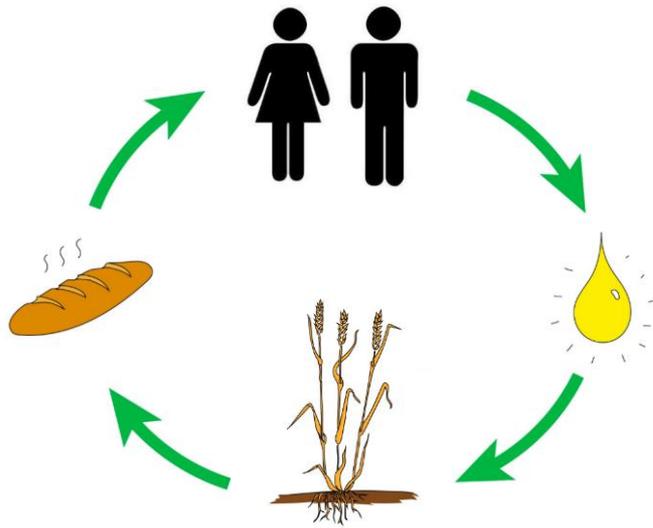
- Une méconnaissance du sujet
- Un coût organisationnel et un coût d'apprentissage
- Un changement majeur pour les acteurs en place (verrouillage socio-technique)

Des réponses pour lever ces freins :

- Importance primordiale du soutien de la puissance publique
- Démonstration
- Trouver l'alignement d'acteurs (intérêt à agir)

Conclusion

- Cohérence d'ensemble de systèmes alimentation/excrétion sobres, locaux et circulaires pour une gestion soutenable de l'eau et des nutriments
- Des filières différentes selon les configurations territoriales
- Un décollage en Europe
- Un décollage imminent au Québec ?



MERCI !



Fabien ESCULIER

fabien.esculier@enpc.fr



OCAPI



École des Ponts
ParisTech

Programme de recherche-
action OCAPI

www.leesu.fr/ocapi

Bibliographie

www.leesu.fr/ocapi/bibliotheque

Bilan de l'économie des nutriments de l'engrais humain en France

	Rendement de traitement	Taux de valorisation
Azote	60 %	10 %
Phosphore	70 %	50 %
Potassium	<i>Sans objet</i>	2 %

Starck et al. 2024

L'assainissement à la croisée de multiples enjeux...

Quantité d'eau

- 150L/pers/j – scénarios à 10-50 L/pers/j
- Chasses d'eau Seine-Normandie = même volume que l'irrigation agricole

Qualité de l'eau

Gaz à effet de serre (N₂O, CH₄, etc.)

Biodiversité

Environnementaux

De confort

Sanitaires

Avant d'être des pollutions à détruire, carbone, azote, phosphore (etc.) sont des ressources majoritairement importées !

Alimentaires

Économiques

Inflation des coûts de collecte et de traitement des eaux usées

Énergétiques

