

Le projet DESIGN :

De la scénarisation de la séparation à la source aux développements techniques de la collecte et du traitement

Mathieu Spérandio - Etienne Paul - Mathilde Besson



Toulouse Biotechnology Institute
Bio & Chemical Engineering

- ▶ **Gilles TRUAN** Director
- ▶ **Emmanuelle TREVISIOL** Deputy director
- ▶ **Mathieu SPERANDIO** Deputy director



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

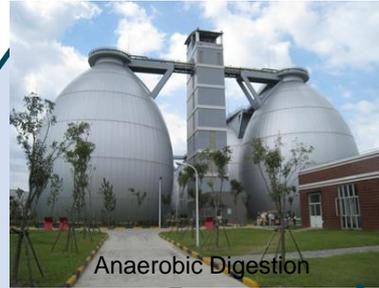
La station d'épuration comme nouvelle raffinerie

STEP => STARE (station de récupération des ressources de l'eau)

Sur la filière boues (concentré)

Production biogaz

Fertilisant P



**Extraction
ammoniacale
(Sel d'ammonium)**



P
N



Liqueurs et digestats

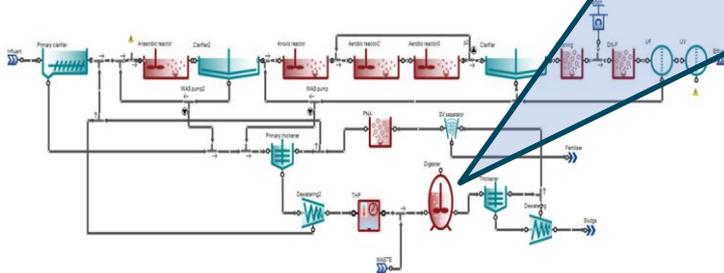
N



**Nitrification
partielle**

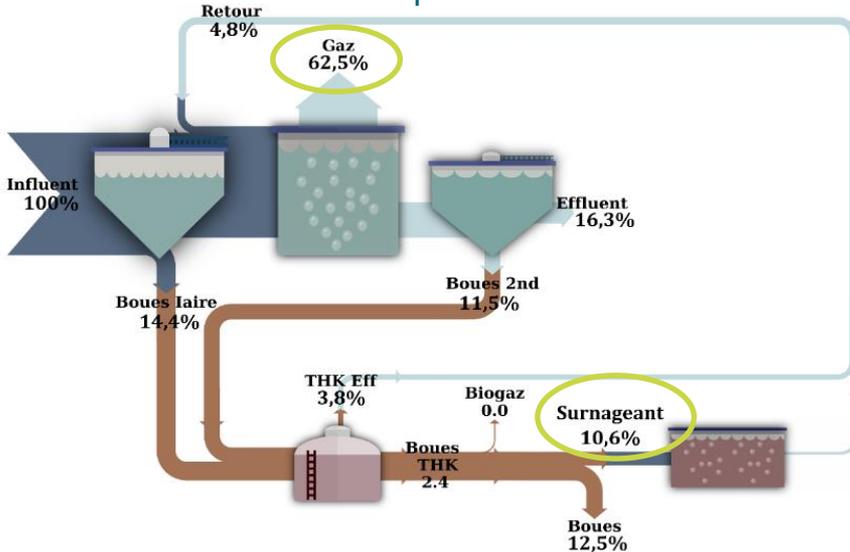


Anammox



Récupération de l'azote en station

Exemple: flux de N station
d'épuration



(Besson et al, 2022)

- **Limites d'une action centralisée**
 - Trop de dilution pour envisager la récupération N sur la ligne eau
 - Seulement 10-15% de l'azote sont récupérables
- **Alternatives:**
 - Capturer plus d'azote dans les boues (HRAS)
 - Séparer à la source

La séparation à la source : pourquoi ?

Urine = 85% de l'azote

La séparation à la source facilite la valorisation des nutriments (effluent plus concentré)

- Urine
- Eaux noires (BW)
- Eaux grises (GW)

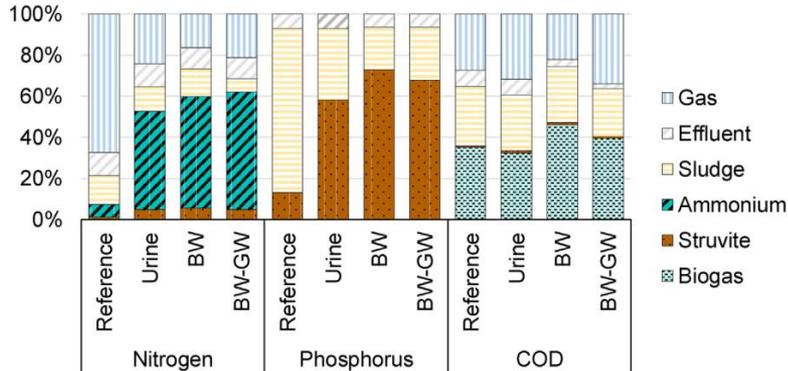
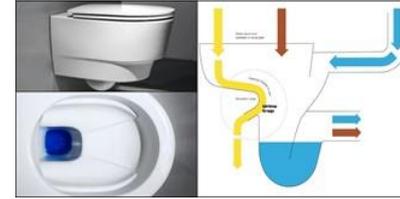


Fig. 3. Recovery rates for each scenario and each compound at district scale.

NEST building for building scale research at Eawag
 → <http://www.eawag.ch/waterhub>



Quelles filières et quels modèles ?

Séparation,
stockage, collecte

Traitement
Centralisé vs
décentralisé?

Transport
Avant/après
concentration?

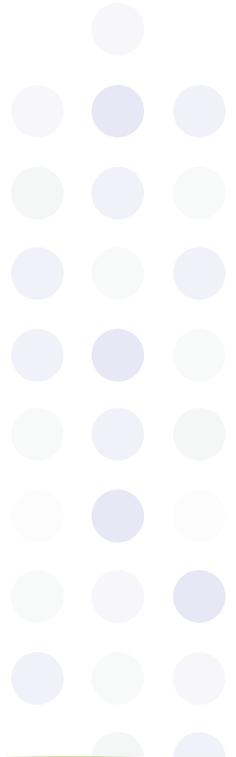
Produits
Liquide/solide,
extraits, concentré ?

Echelle?



3 axes de recherches

- Développement de procédé de valorisation
- Evaluation environnementale de scénario
- Quantification des gisements / niches



Filière de traitement pour valoriser les nutriments

- Extraction du phosphore par précipitation de struvite
+
 - Extraction de l'azote par le procédé TMCS
(transmembrane chimiosorption)

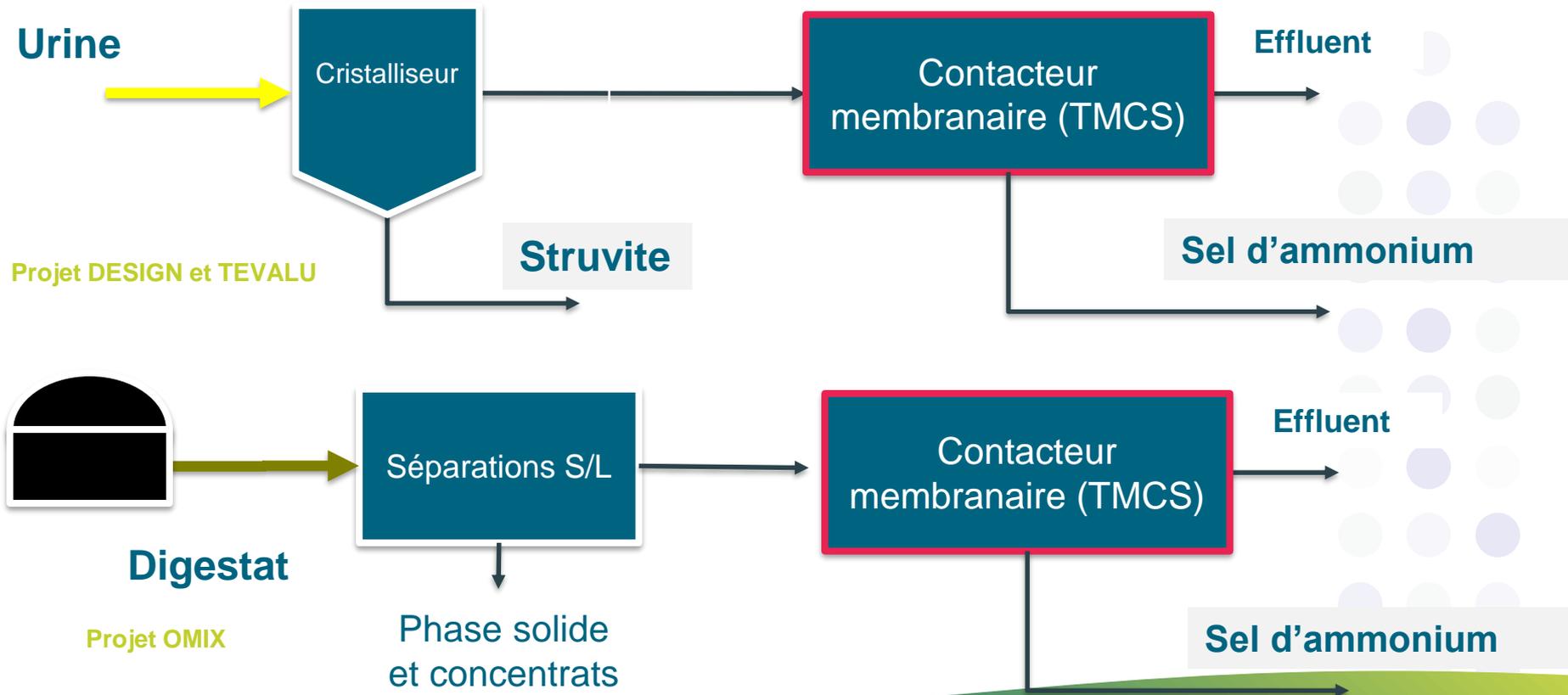
→ **Avantages** :

- extraire les éléments d'intérêts sans les micropolluants
- Traitement peu énergivore
- Traitement compact

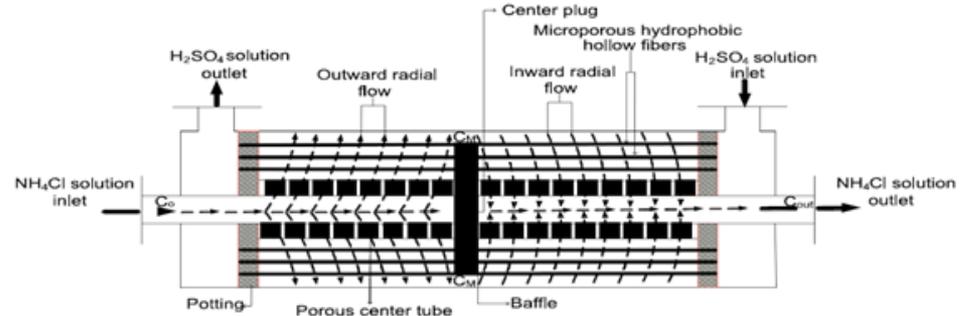
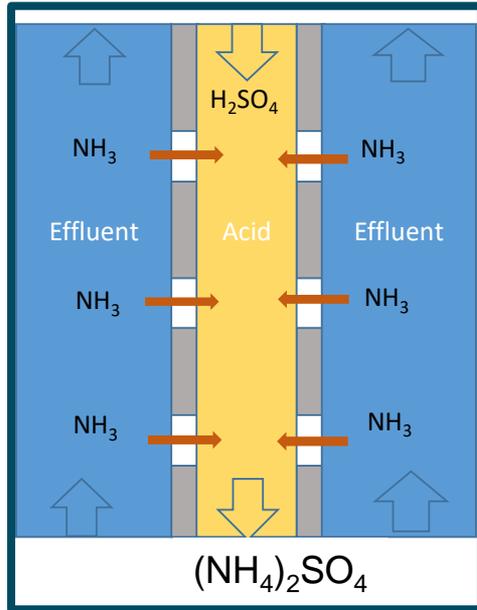
→ **Inconvénients** : besoin de produits chimiques et pas de valorisation des micronutriments (K, etc ..)

Filières extraction de l'azote ammoniacal : digestat et urine

Développement avec l'entreprise NEREUS



Principe de fonctionnement du procédé



Transfert de NH_3
à travers des membranes
hydrophobes

NH_3 capté dans solution acide
(sulfurique)

Production d'une solution de sulfate
d'ammonium

Montage d'une unité semi-industrielle

- **Plateforme SOLIDIA, Site de ClerVert, Bélesta en Lauragais**
Méthanisation, compostage



Unité pilote semi-industrielle:

Contacteur membranaire à fibres creuses PP (LiquidCel Membrana GmbH-3M). Surface d'échange : 53 m²



Modéliser et éco-concevoir le déploiement

Water Science & Technology

© 2022 The Authors

Water Science & Technology Vol 86 No 3, 482 doi: 10.2166/wst.2022.208

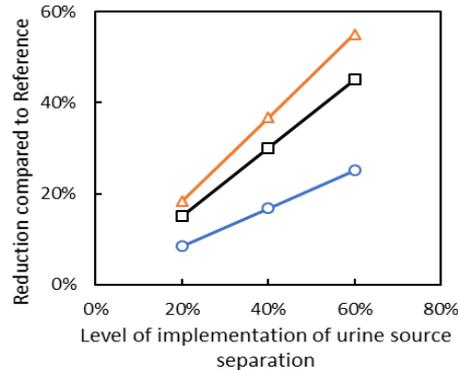
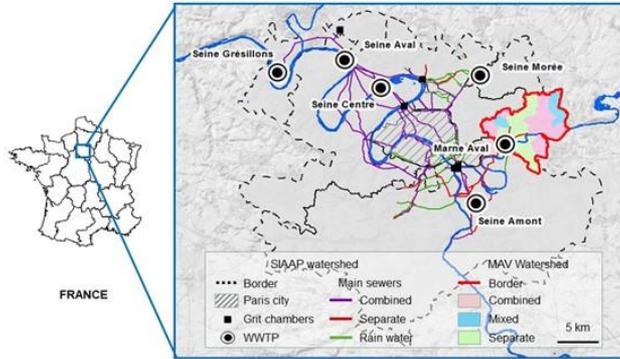
Modelling the benefits of urine source separation scenarios on wastewater treatment plants within an urban water basin

Gerald Matar^a, Mathilde Besson^{ib,a,*}, Jennifer Mas^b, Sam Azimi^b, Vincent Rocher^b and Mathieu Sperandio^{IWA^a}

^aTBI, Université de Toulouse, CNRS, INRA, INSA, Toulouse, France

^bSIAAP, Direction Innovation, 92700, Colombes, France

*Corresponding author. E-mail: mathilde.besson@insa-toulouse.fr



—○— Aeration reduction —△— Methanol reduction
—□— Ammonium load

Les bénéfices à la station: moins de méthanol, moins d'aération, moins de N_2O

Comparaison des scénarios techniques par ACV (transport, traitement, concentration)

Les filières doivent être évaluées dans leur ensemble

ACV comparative

Les résultats sont sensibles :

- au contexte (ex: station produisant plus ou moins de N_2O)
- aux infrastructures ajoutées (ex: réseau, procédés)
- aux surcoûts énergétiques de la petite échelle

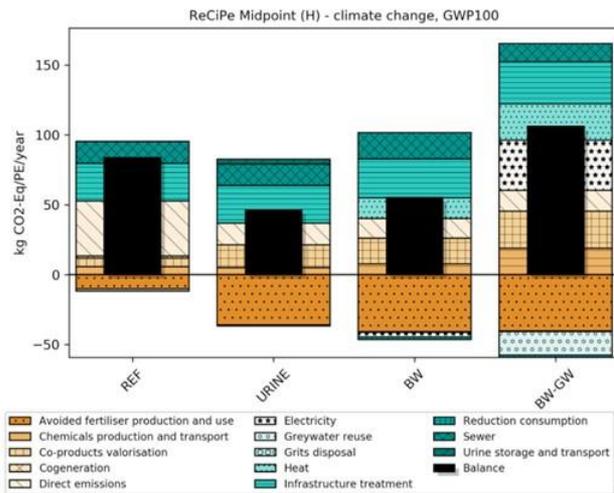


Fig. 6. Comparison of the four scenarios on climate change impact (ReCiPe Midpoint H).

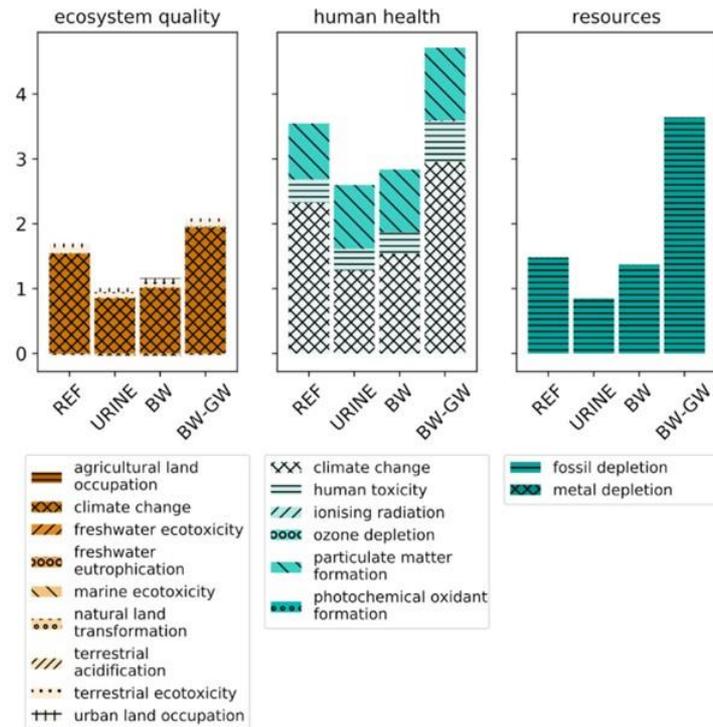
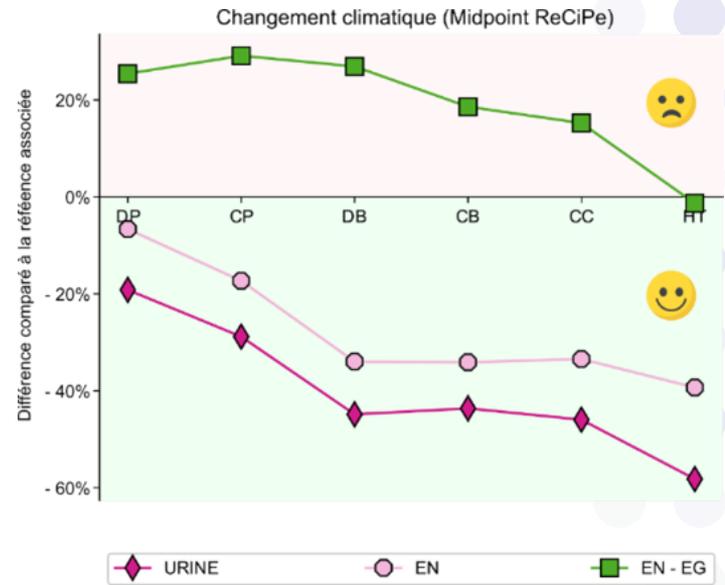
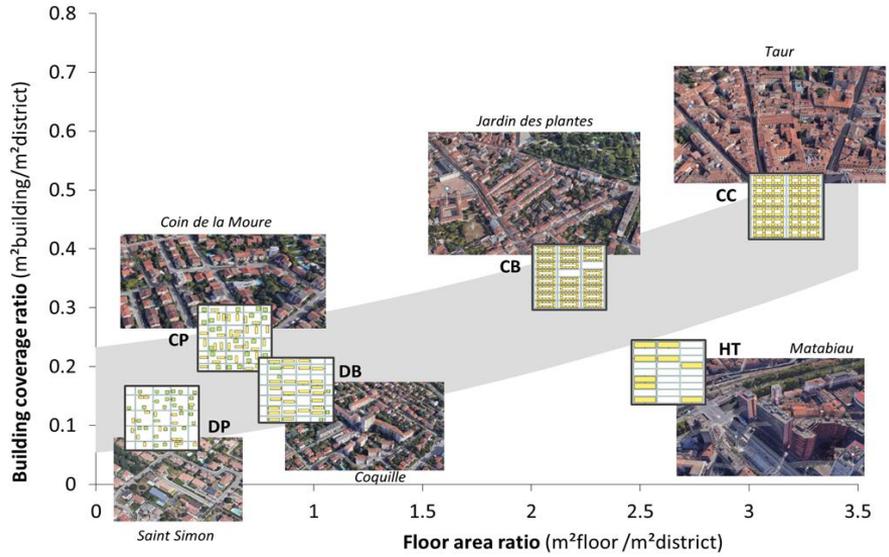


Fig. 5. Endpoint results for ecosystems quality, human health and resources depletion impact categories.

Environmental assessment of urine, black and grey water separation for resource recovery in a new district compared to centralized wastewater resources recovery plant
 M Besson, S Berger, L Tiruta-Barna, E Paul, M Sperandio
 Journal of Cleaner Production, 2021

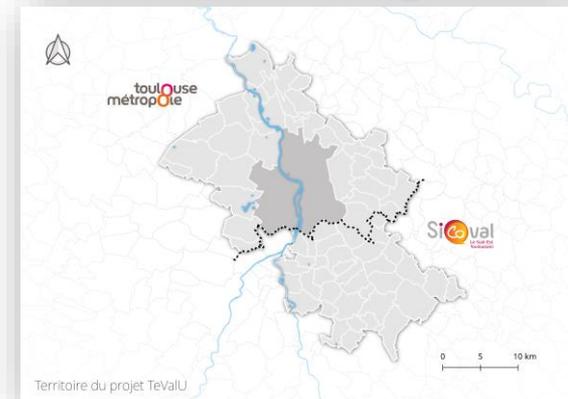
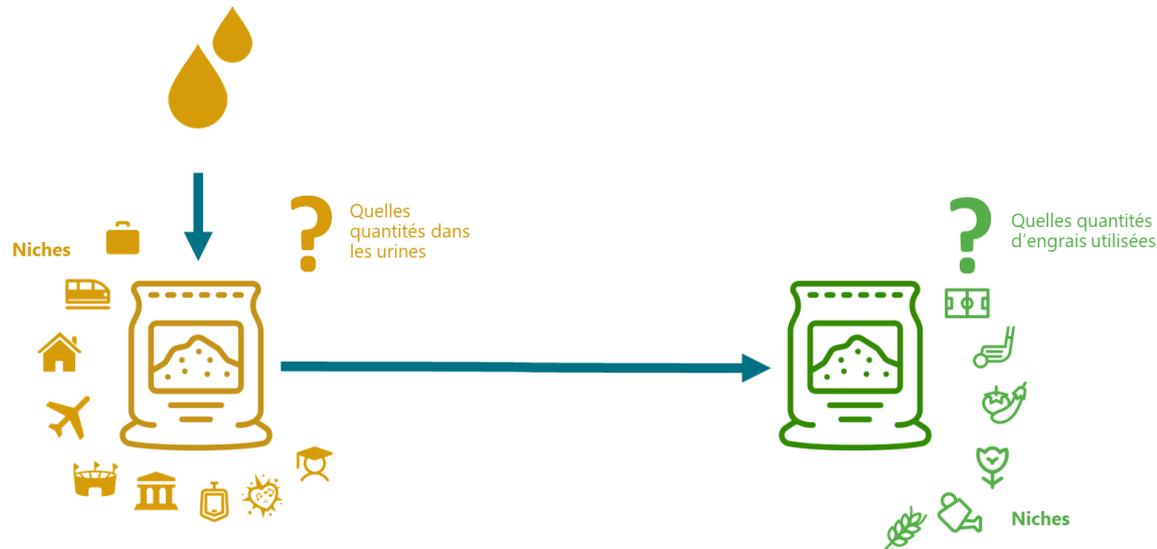
Des scénarios techniques adaptés à l'urbanisme

Les bénéfices des scénarios par rapport à l'existant dépendent de la typologie et densité urbaine



Environmental assessment of urine, black and grey water separation for resource recovery in a new district compared to centralized wastewater resources recovery plant
M Besson, S Berger, L Tiruta-Barna, E Paul, M Sperandio, - Journal of Cleaner Production, 2021

A l'échelle d'un territoire, combien d'urine est collectable et quels sont les besoins de niches en fertilisants

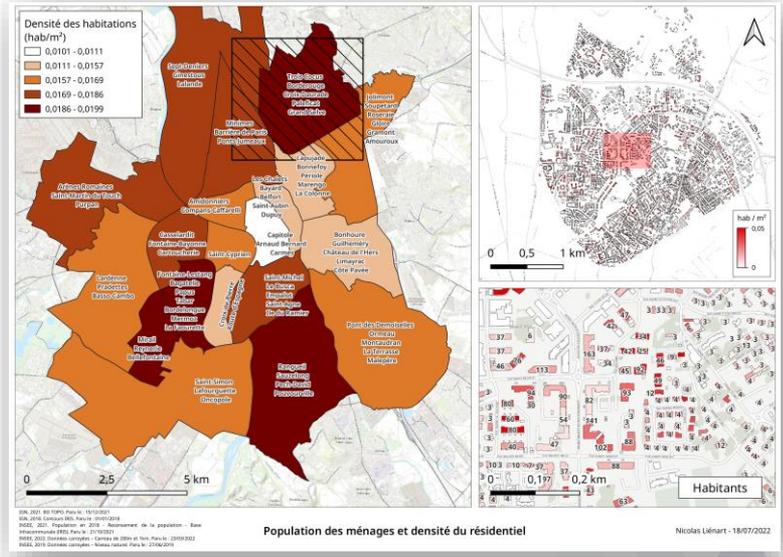


Projet TeValU

TBI, SOLAGRO,
TSE-R, INRAE

Quantification du gisement

Production :
3 845 t N/an
747 t P₂O₅/an



Quantification des usages

Répartition des usages (en tonnes d'azote total)

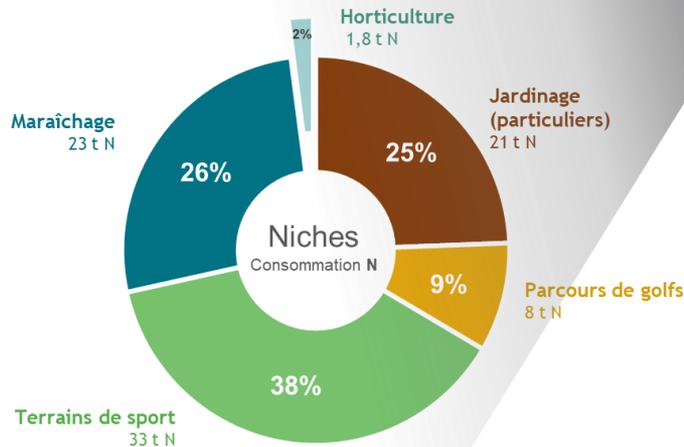
Blé dur et froment
1668 t N



UTILISATION DE L'AZOTE

Répartition des usages en tonnes d'azote total

3 107 t N/an



Proposer des scénarios martyrs pour démarrer des filières

Scénario « expérimentation »

Gisement mobilisé

- 20% Stade Rugby
- 10% des toilettes d'une école d'ingénieur
- Événementiels en extérieur + urinoirs publics
- 5% de la nouvelle ZAC Andromède

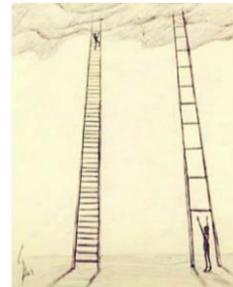
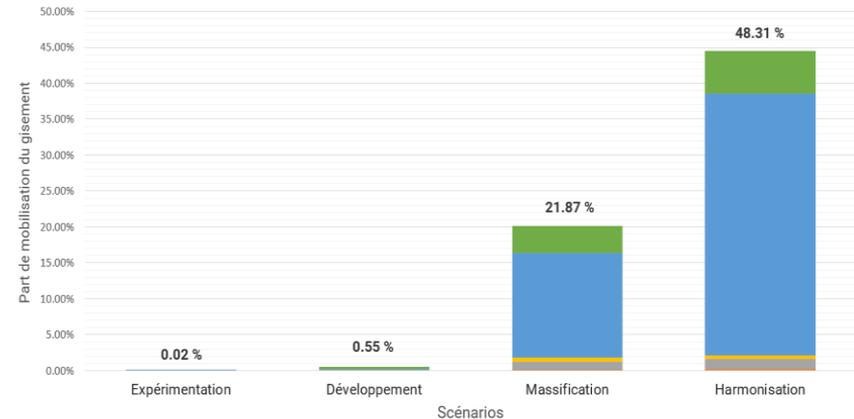
→ 0.75 tN/an

Usage

20% des besoins d'un terrain de sport et d'un golf et d'une serre municipale et une installation de maraichage

→ 0.75 tN/an

Évolution de la part du gisement valorisée, avec la répartition des contributions, en fonction des scénarios



Transition progressive vers la séparation à la source et la valorisation

Conclusion

Des outils de modélisation disponibles pour :

- Quantifier à l'échelle d'un territoire
- Quantifier l'effluent en entrée de station d'épuration
- Simuler différents scénarios de gestion des eaux usées
- Évaluer et comparer des scénarios

Un pilote de valorisation des urines pour extraire le phosphore et l'azote