

MUSES : Les enseignements de la modélisation

Introduction à MUSES, premier outil d'aide à la décision pour les décideurs et gestionnaires

Mathilde Besson, LISBP-INSA de Toulouse



Programme

Partie 1

Pourquoi un outil ?

Echanges

Partie 2

Cas d'étude :
La Cartoucherie
Toulouse

Echanges

Partie 3

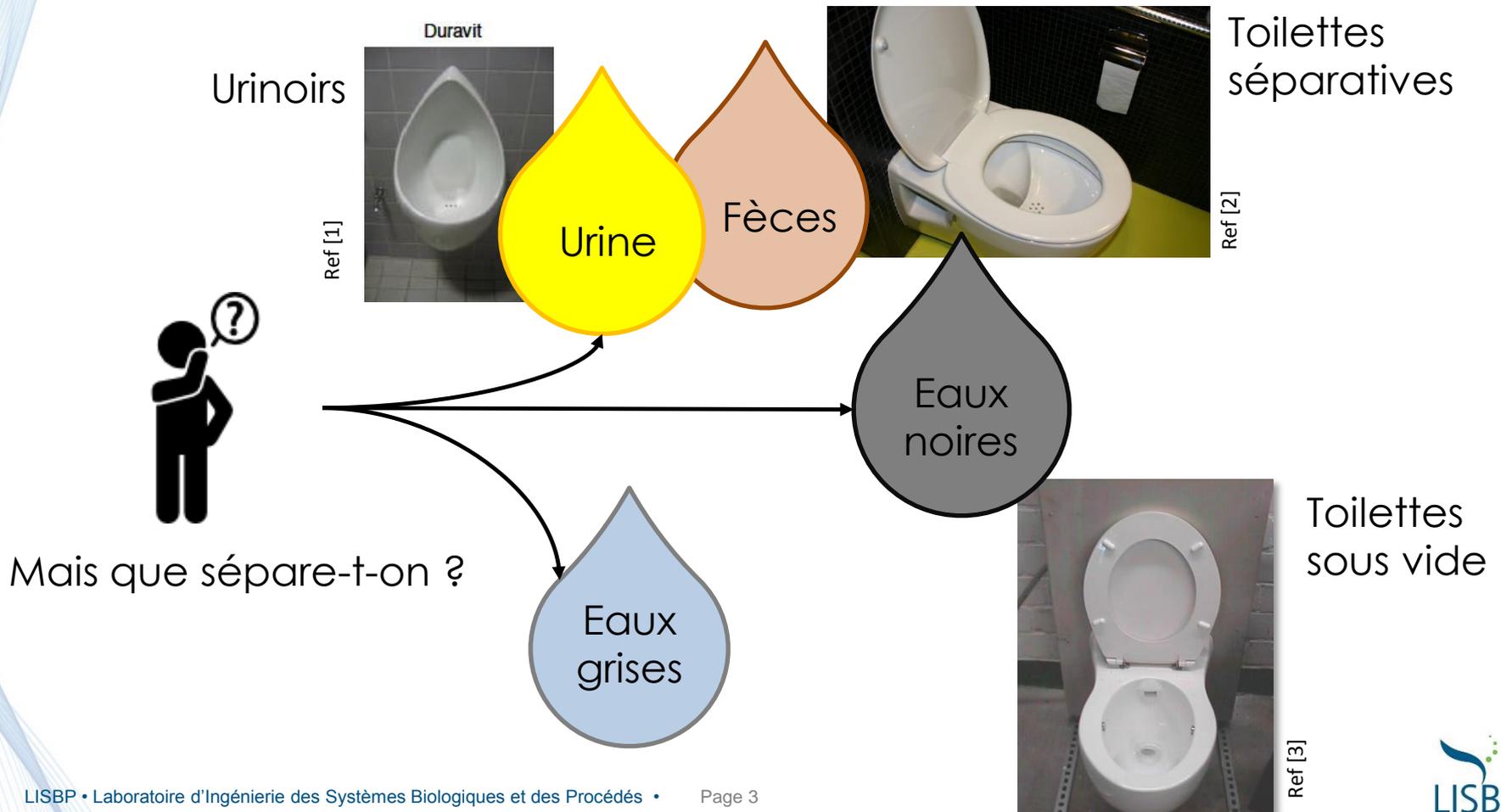
Pour aller plus
loin

Echanges

Pourquoi l'outil MUSES ?



- Nouveau quartier à urbaniser
 - En avant pour la séparation à la source...



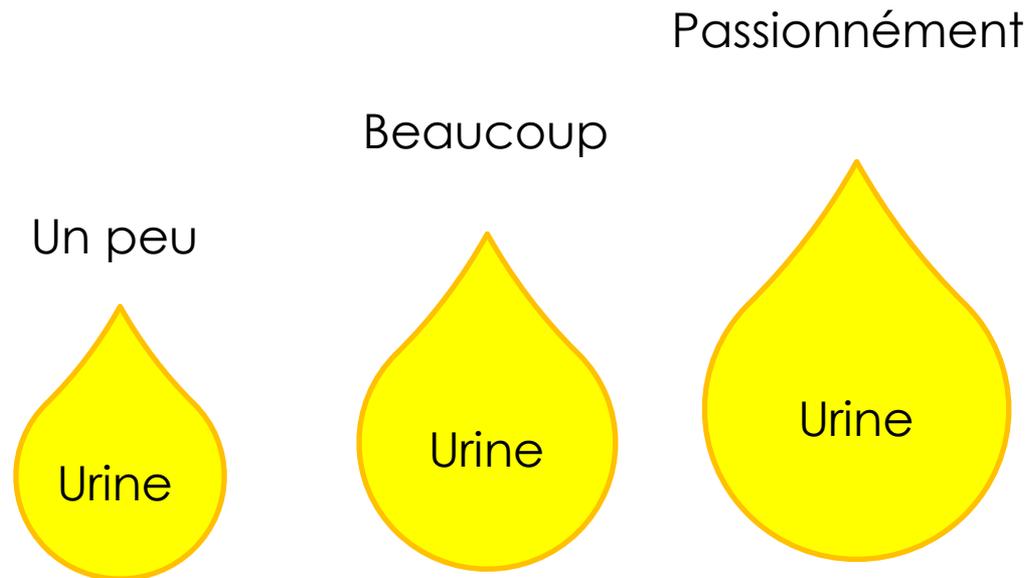
Pourquoi l'outil MUSES ?



- Essayons la séparation de l'urine avec des toilettes séparatives ...



Oui mais
combien en
récupère-t-on ?



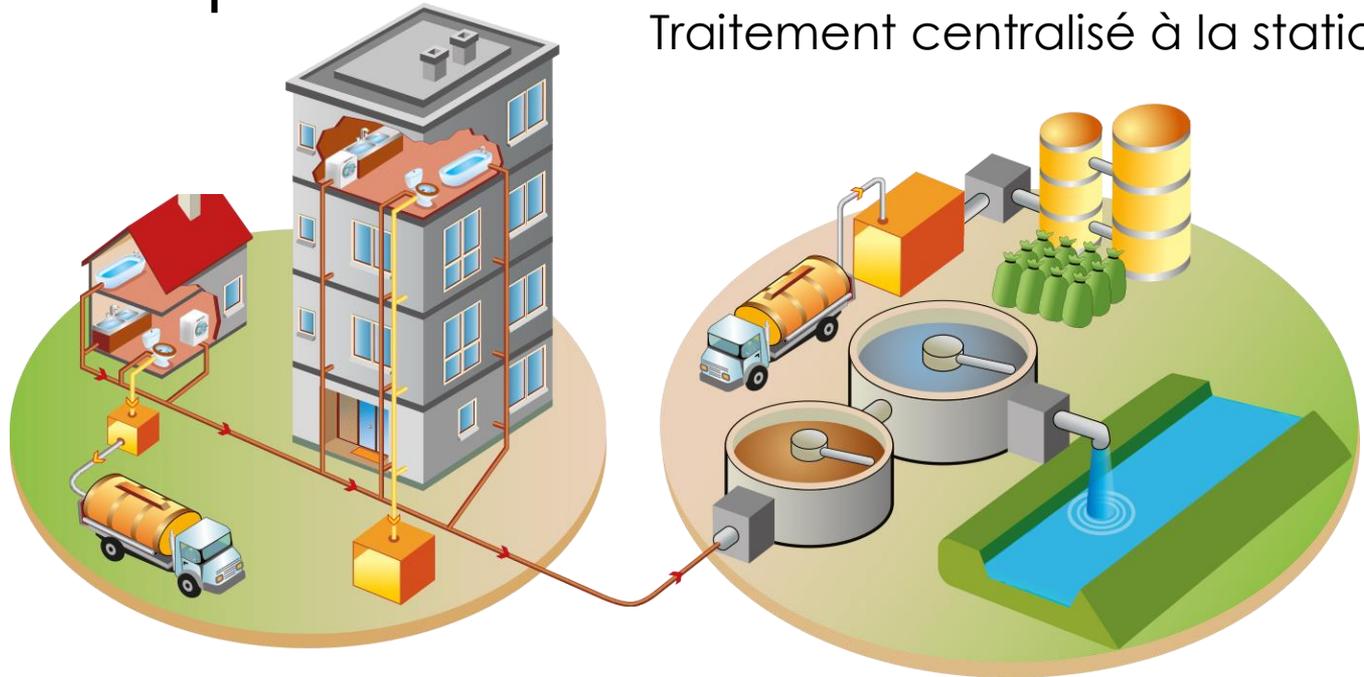
Pourquoi l'outil MUSES ?

- Essayons la séparation de l'urine avec des toilettes séparatives ...

Traitement centralisé à la station



noitserqz-DW



Oui mais où
traite-t-on ?

Pourquoi l'outil MUSES ?

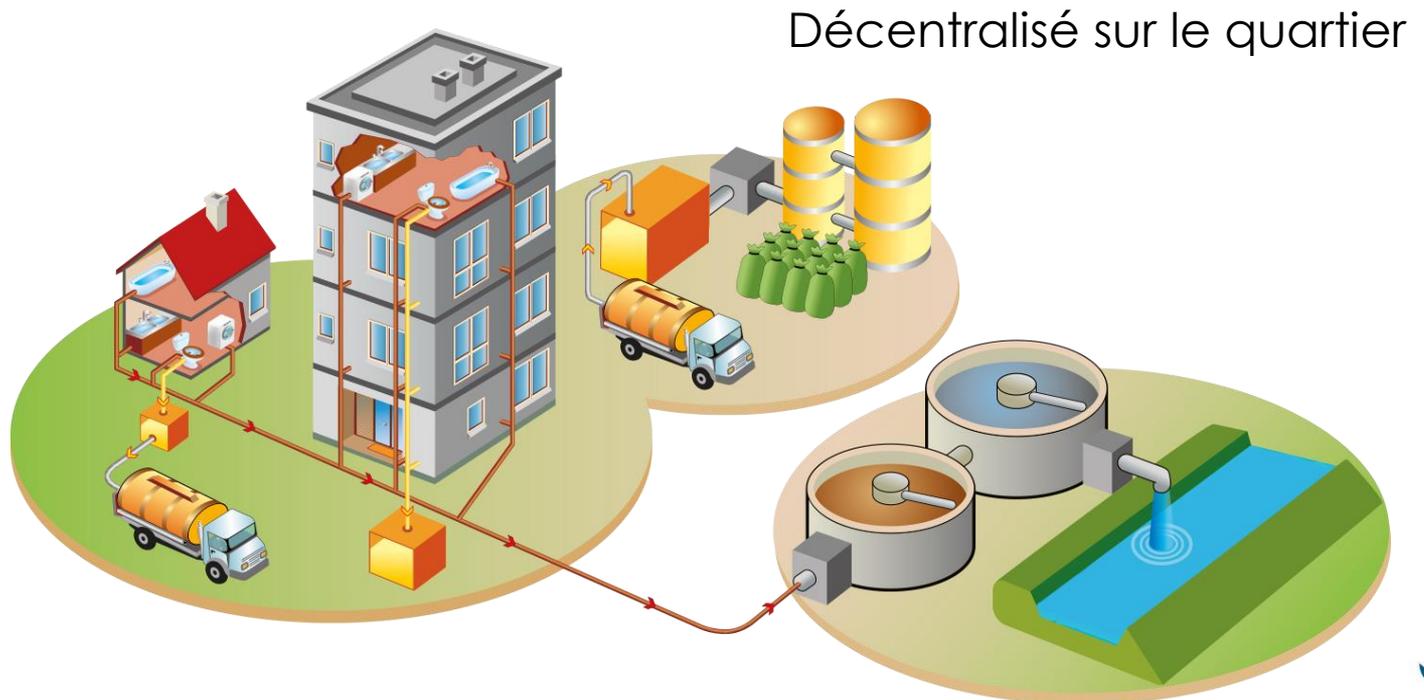
- Essayons la séparation de l'urine avec des toilettes séparatives ...



WC-séparatif



Oui mais où traite-t-on ?



Pourquoi l'outil MUSES ?

- Disons centralisé ...



Oui mais comment
transporte-t-on
l'urine ?



Pas conseillé :
risque de
précipitation



Ref [4]

Par réseau
gravitaire ?

Par camion



Par réseau sous
vide ?

Jamais encore testé

Pourquoi l'outil MUSES ?

- Par camion ...



Oui mais comment traite-t-on l'urine ?



Oui mais comment valorise-t-on les sous produits ?

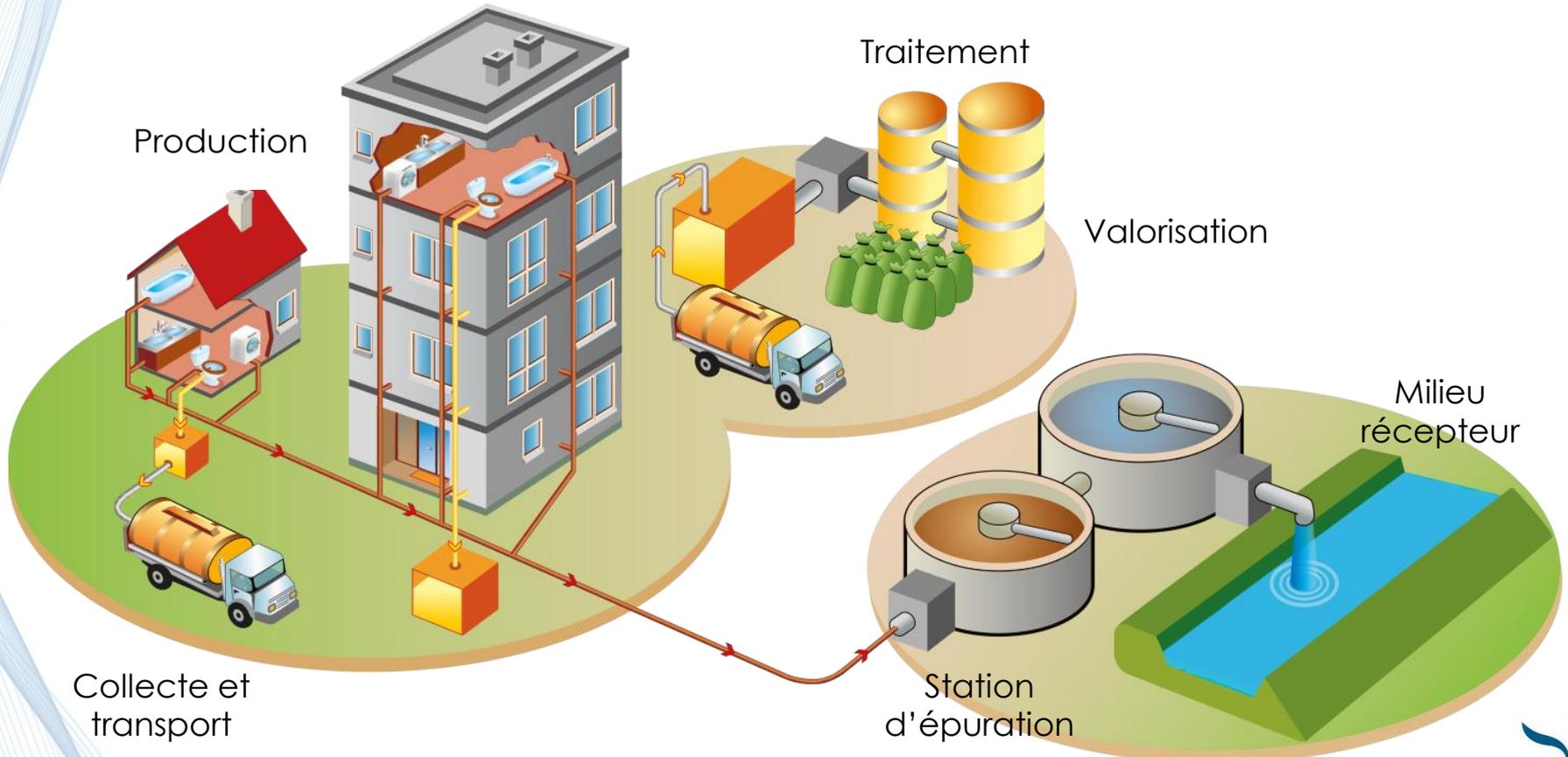


Oui mais quel est l'impact sur la station ?

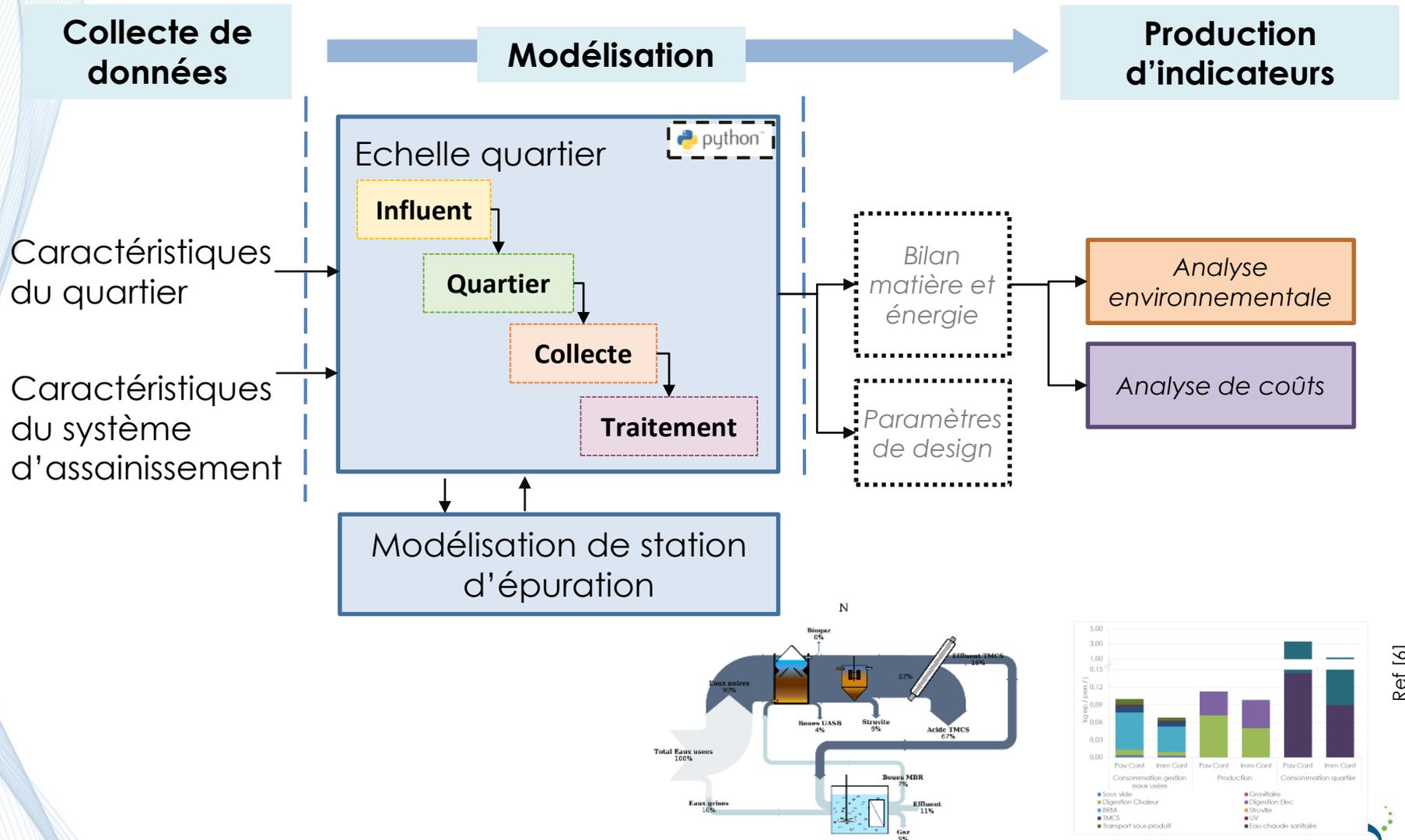
Pourquoi l'outil MUSES ?



- Il faut un outil pour modéliser les différents scénarios sur l'intégralité de la filière

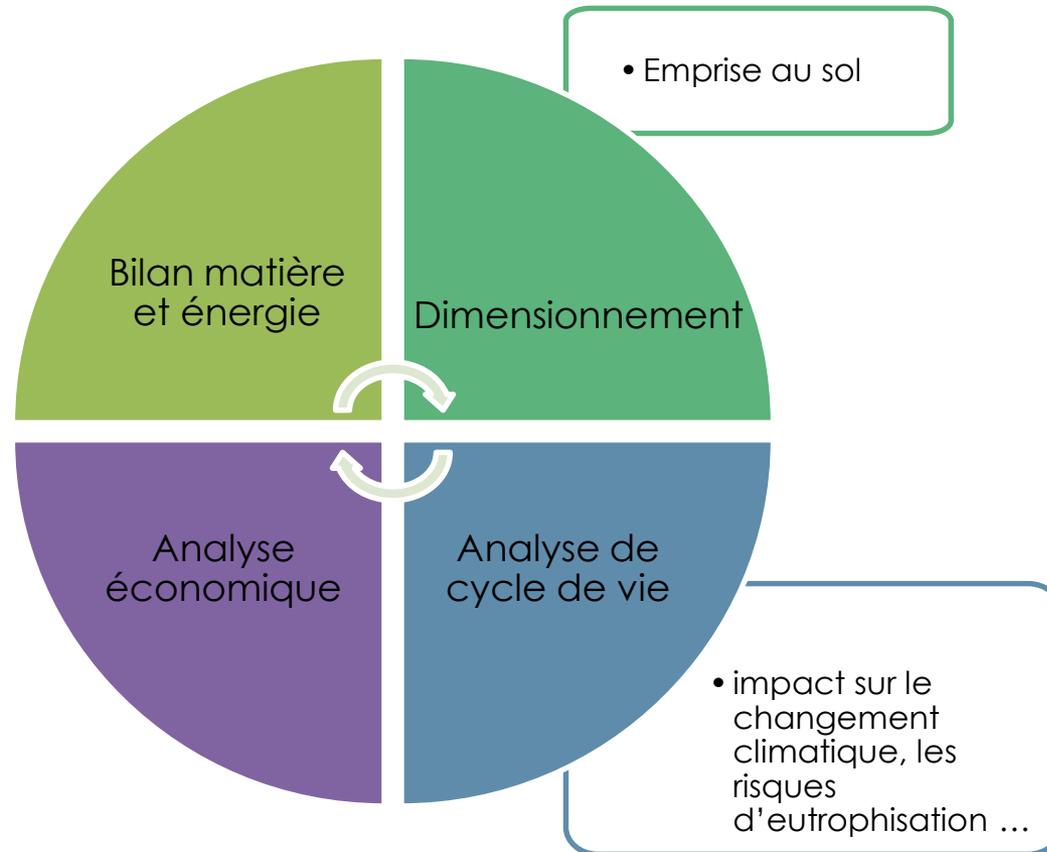


Méthodologie de l'outil

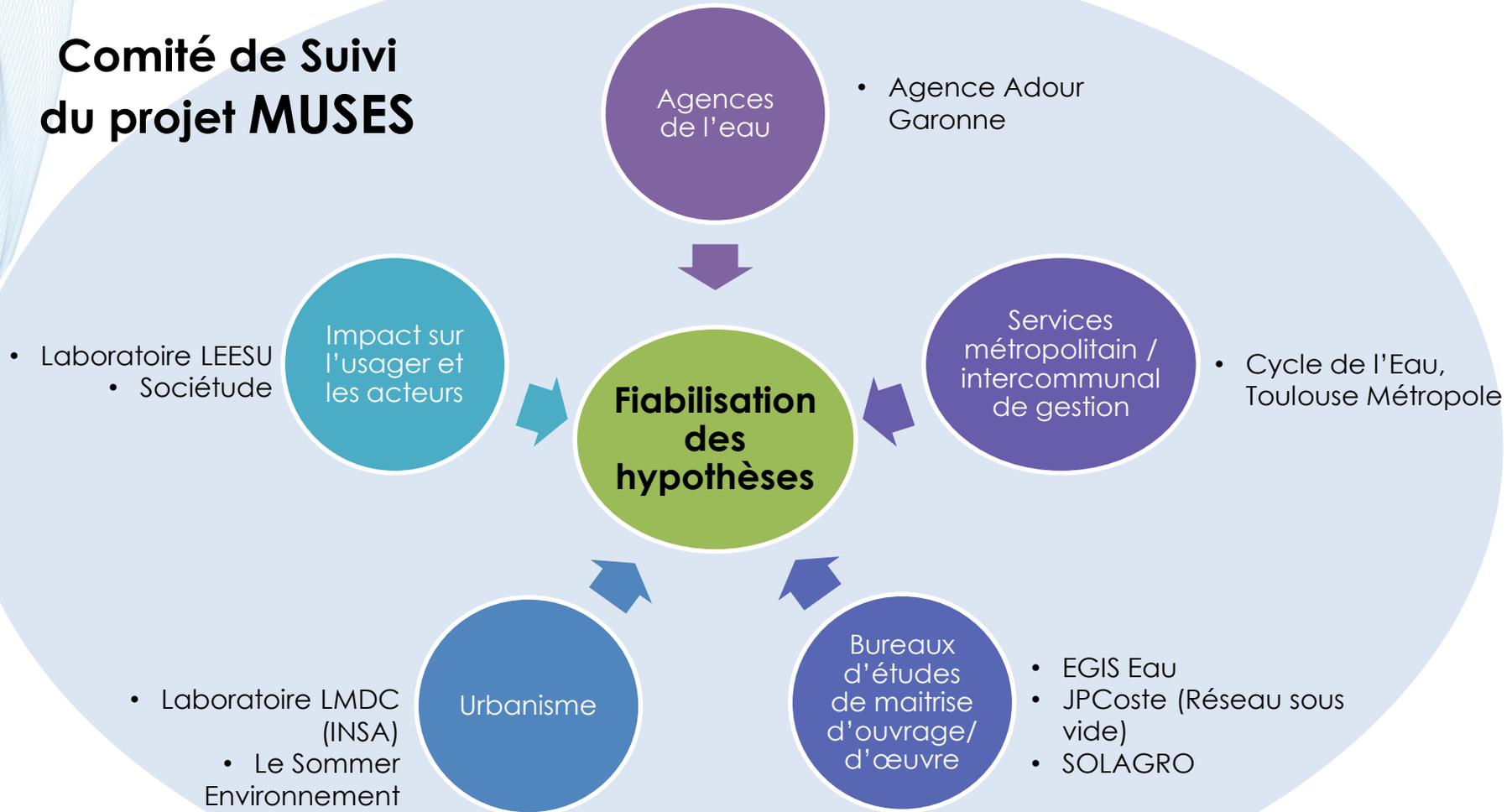


Avec quels résultats ?

- Avec des critères de comparaison objectifs :



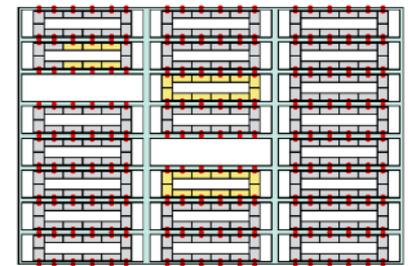
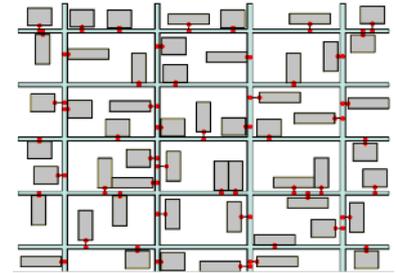
Comité de Suivi du projet MUSES



Quelles utilisations ?

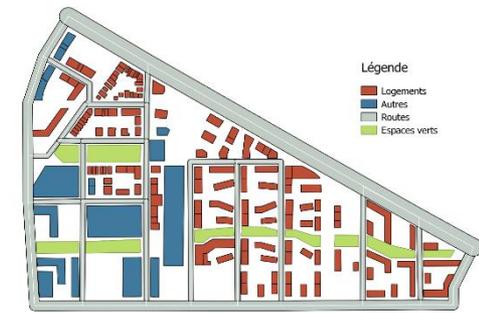
Etude théorique

- Créer des préconisations entre configurations urbaines (types de quartiers) et types de séparation



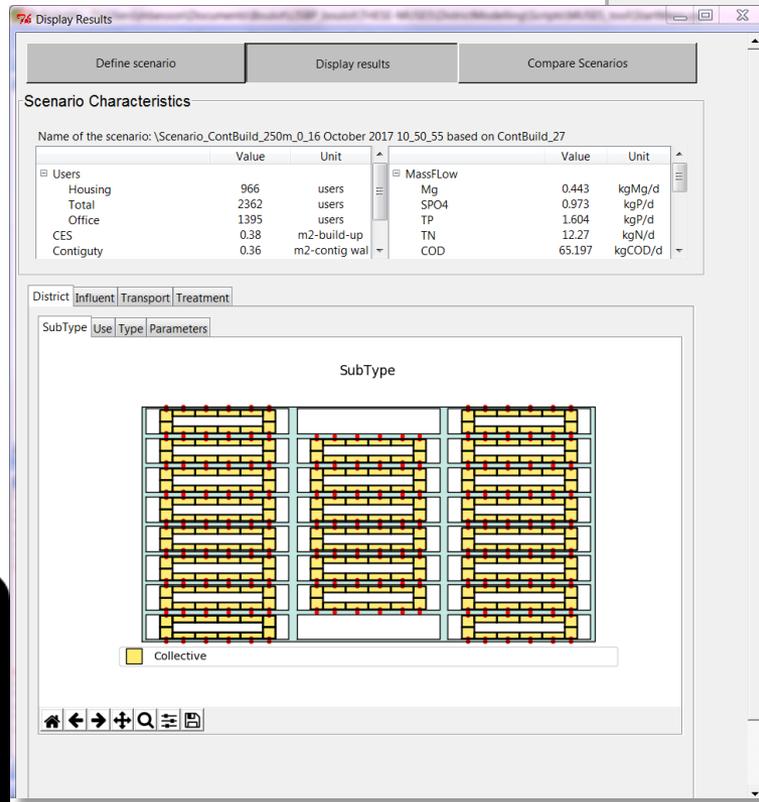
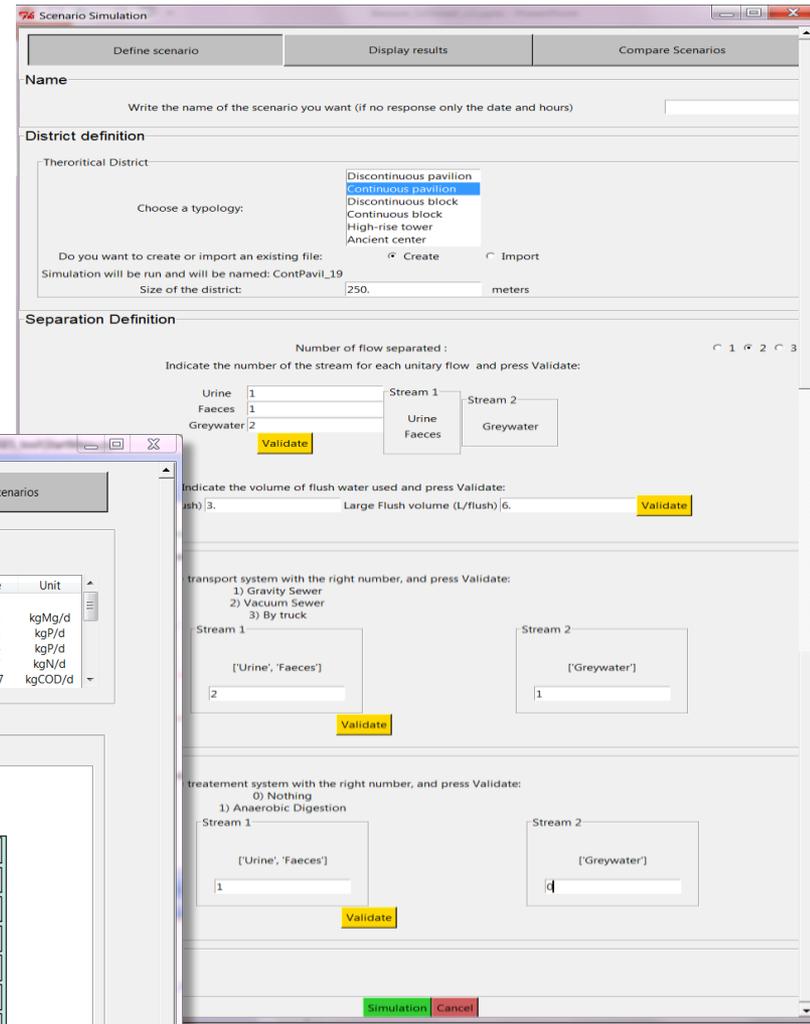
Cas d'étude

- Configuration réelle : prendre en compte les spécificités du terrain

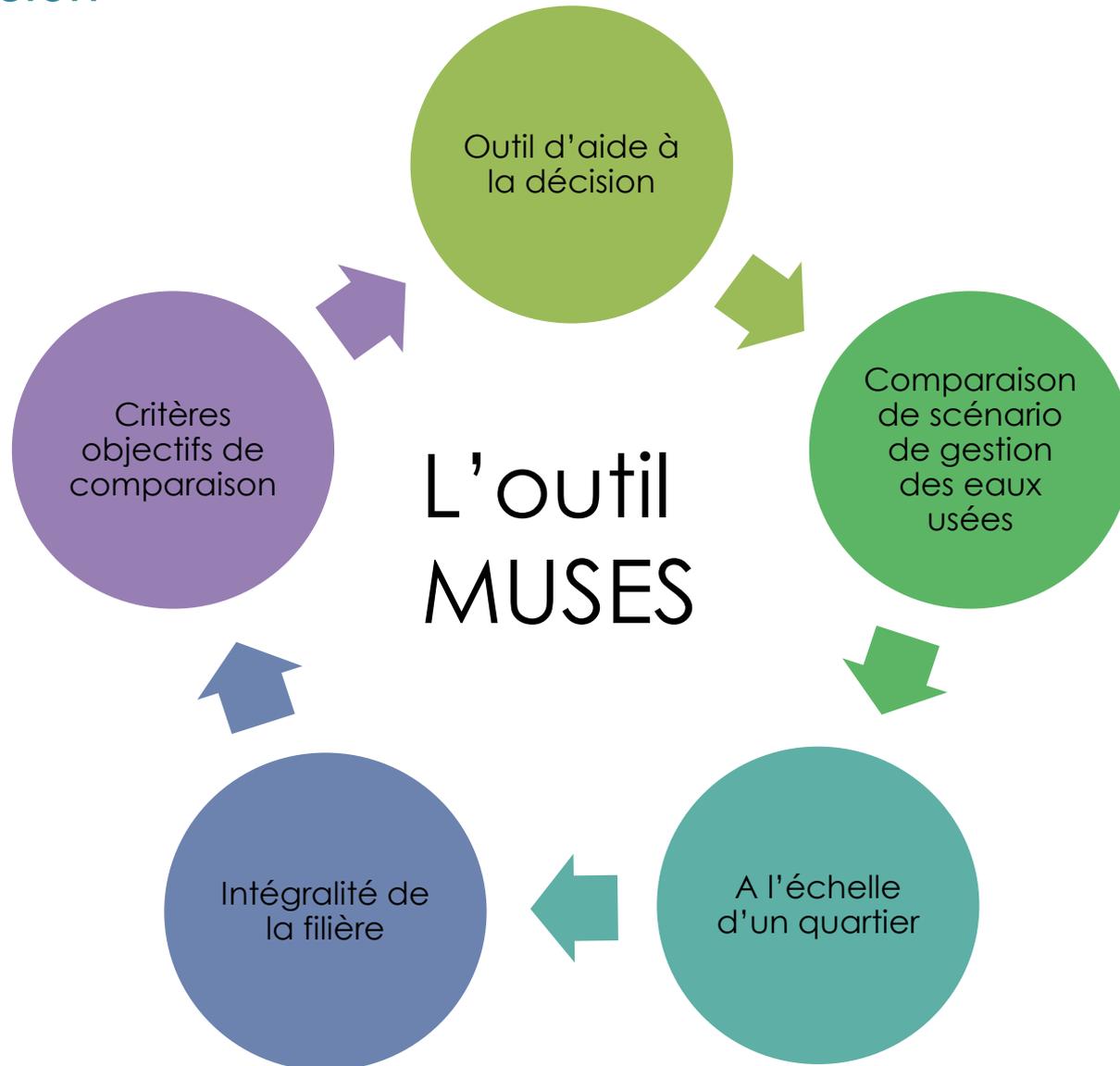


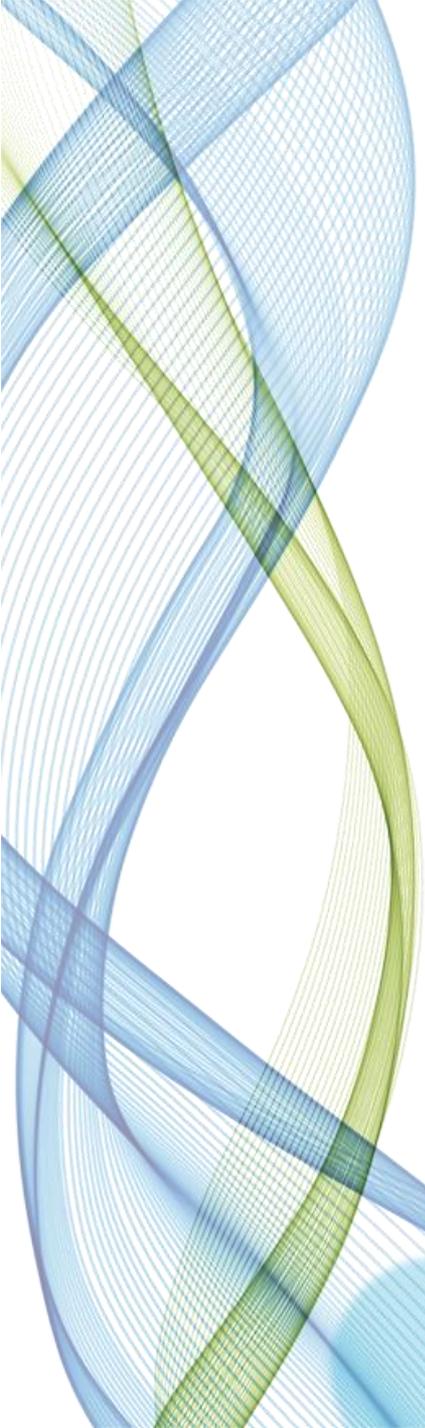
Ca ressemble à quoi ?

- Un outil d'aide à la décision

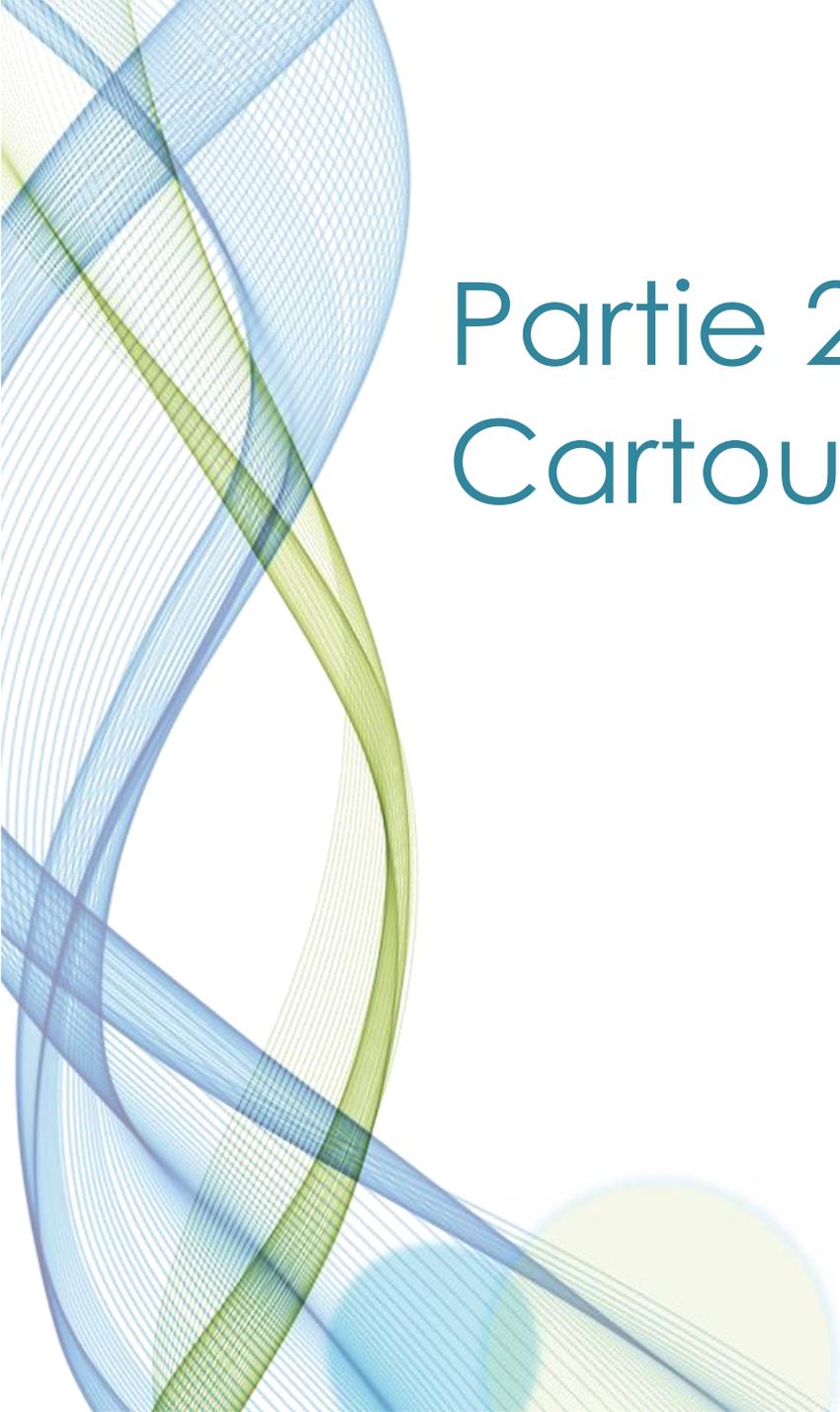


Conclusion



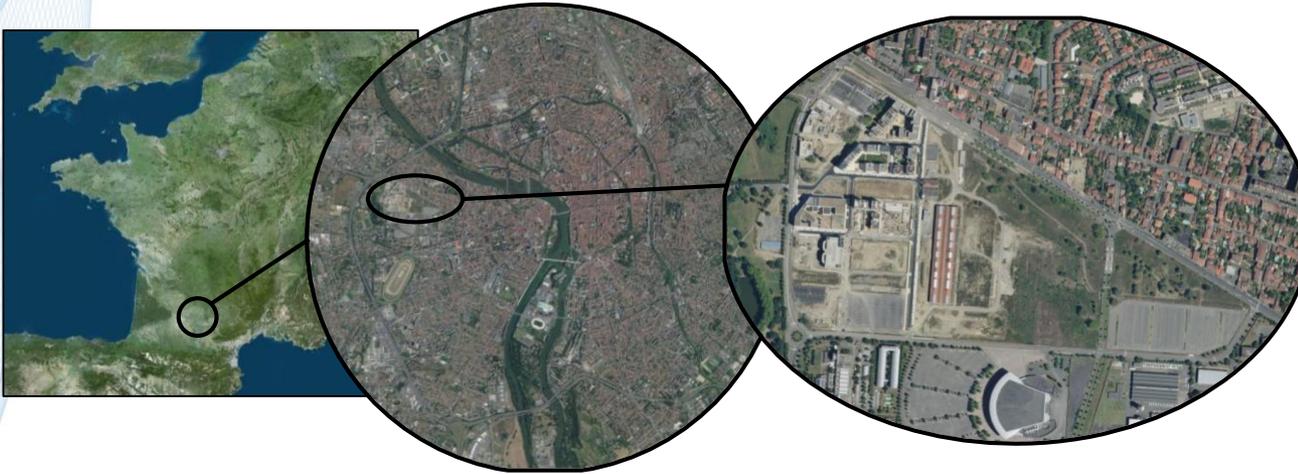


Echanges



Partie 2 : Exemple de la Cartoucherie

Exemple la ZAC Cartoucherie



- Début des travaux : **2013**
- Fin des travaux : **2025**

En chiffres

- **33 hectares** de superficie
- **3 500 logements**
- **2 hectares d'espaces naturels**, de promenades et de parcs
- **Mix d'usages** : bureaux, équipements publics, commerces



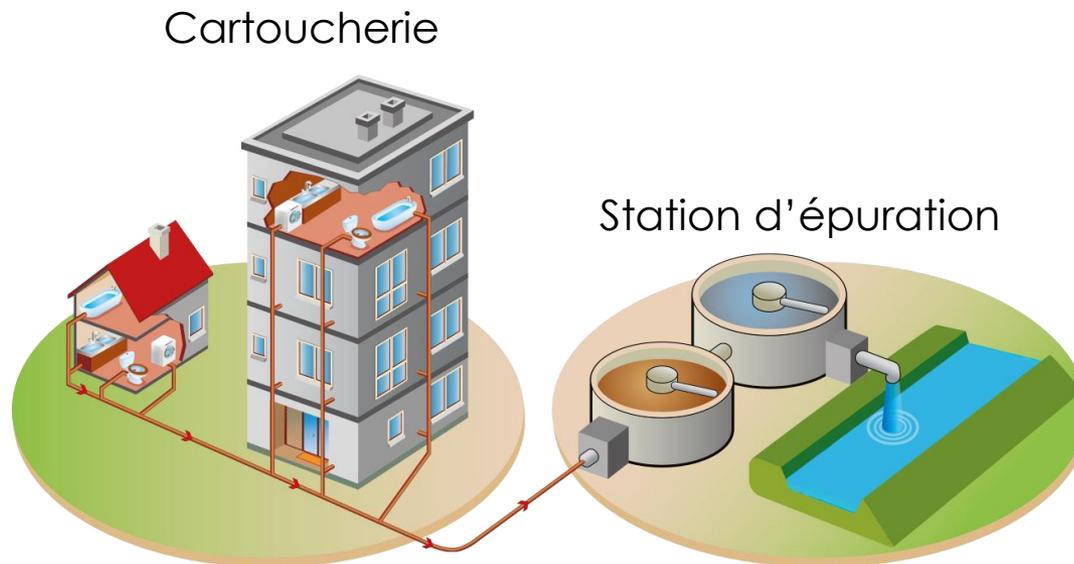
Oppidea [7]

Exemple la ZAC Cartoucherie

- Scénario de référence :
 - Pas de séparation à la source
 - Envoie des eaux usées à la station épuration

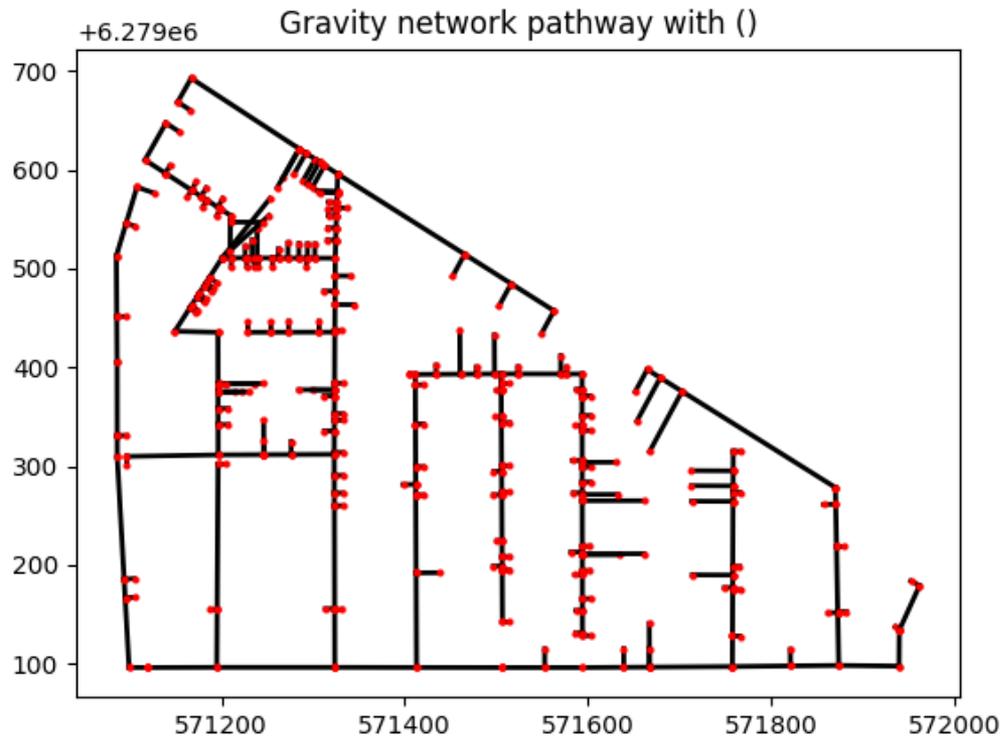
- 6 700 habitants
- 1 600 employés

- 958 m³/j
- 6000 EH



ZAC Cartoucherie – Référence

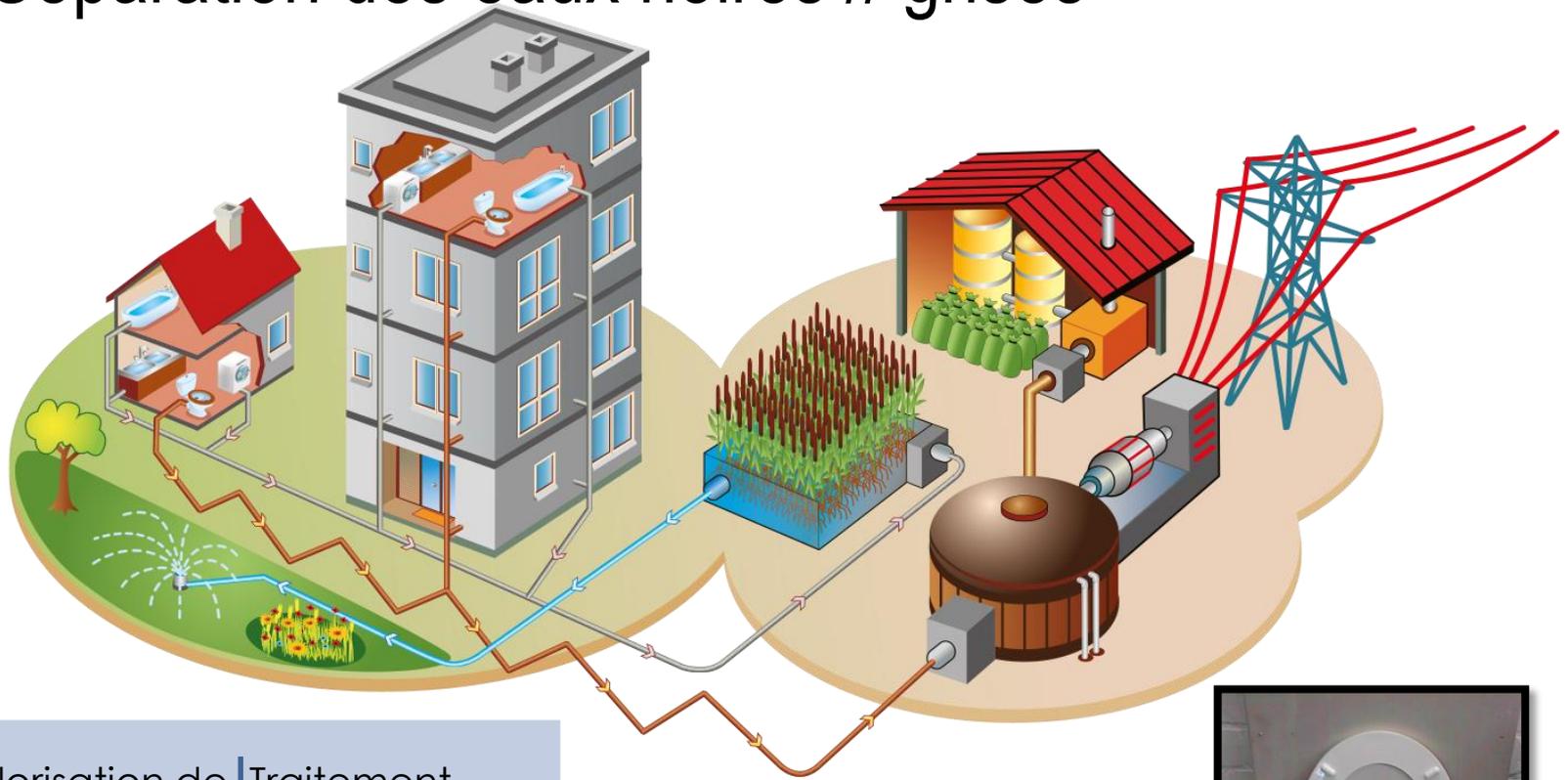
- Réseau gravitaire : 8 km de réseau



L'outil permet
de caractériser
des scénarios
sans séparation

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Séparation des eaux noires // grises



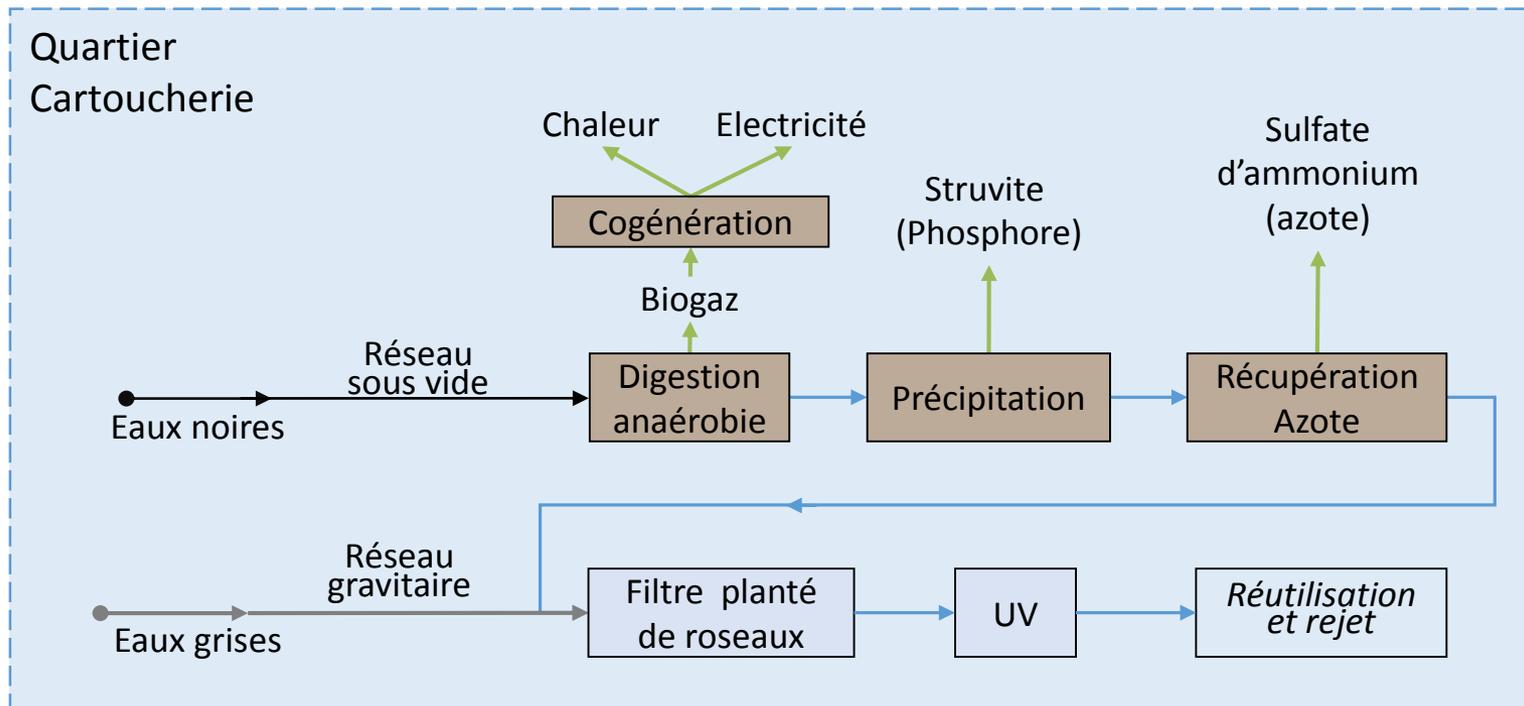
| | |
|--|----------------------------------|
| Valorisation de l'eau possible | Traitement décentralisé |
| Récupération de l'intégralité des nutriments | Haute technicité des traitements |

Toilette sous vide,
Roediger Ref [3]



ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

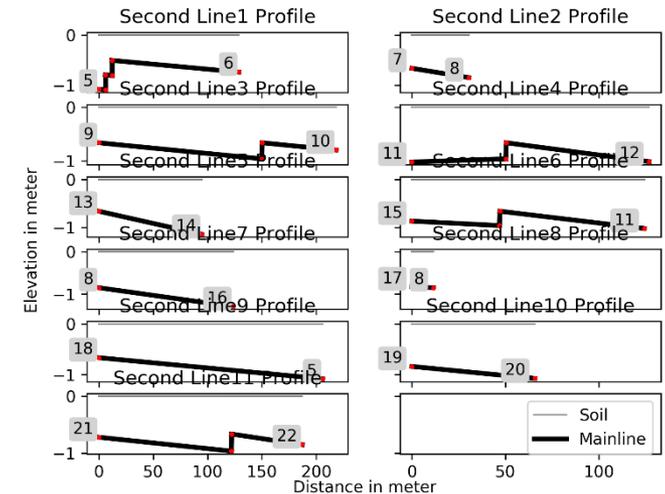
- Séparation des eaux noires // Grises



ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Transport
 - 2 réseaux de 8 km (16 km de tuyau et 8 km de tranchées)
 - Plus besoin de collecteurs jusqu'à la station

+6.279e6 Vacuum Network pathway in the District

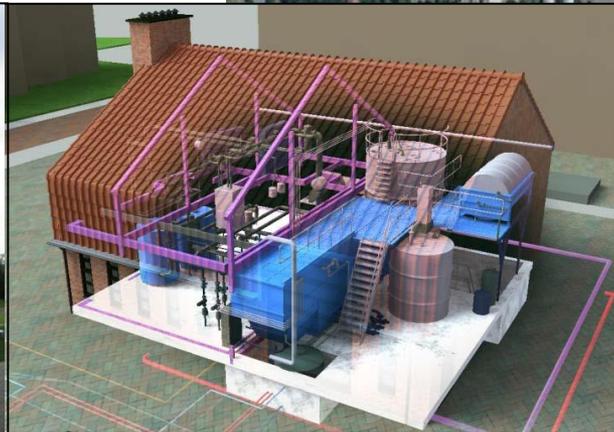


ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Infrastructure
 - Traitement des eaux noires :
Emprise foncière d'environ 200m²



Noorderhoek, Sneek (NL)
Pour 400 personnes [8]



Lemmerweg, Sneek (NL)
Pour 130 personnes [9]

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Infrastructure

- Traitements des eaux grises par filtres plantés de roseaux :
- Emprise foncière de l'ordre de 2500 m²



Filtre planté – Projet de Flintenbreite, Lübeck
Allemagne. Ref [10]

L'outil permet de dimensionner le transport et les traitements nécessaires

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

• Indicateurs bilan matière

Diminution des consommations d'eau avec les toilettes sous vide

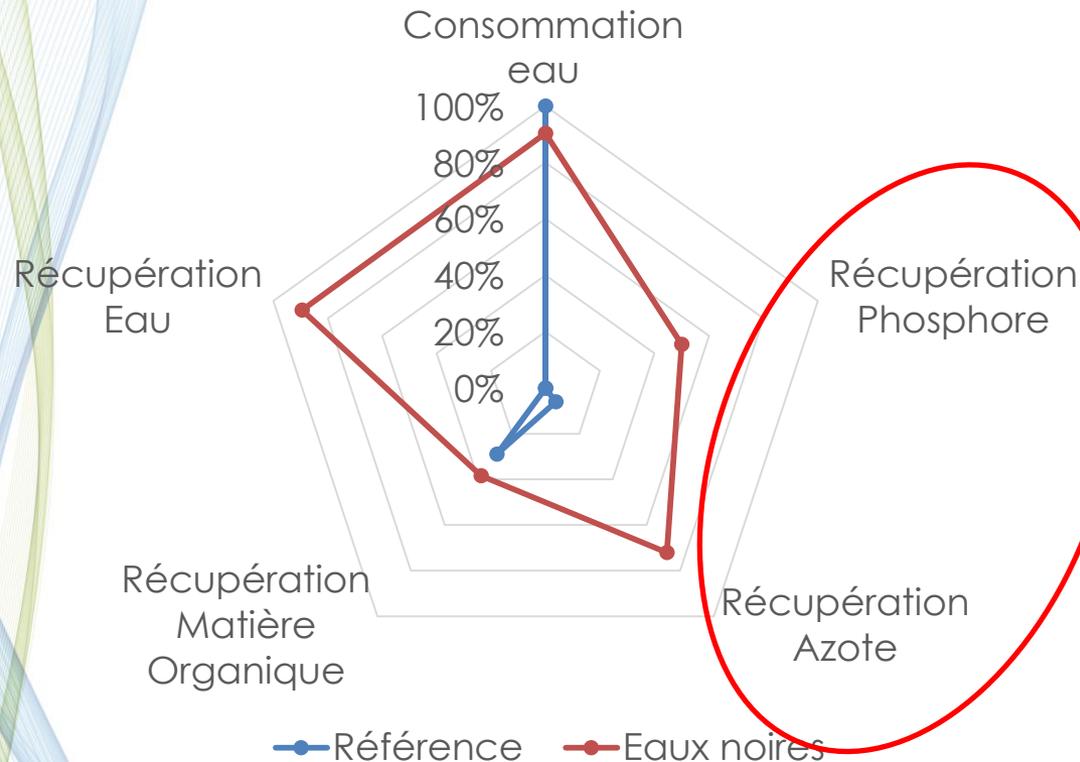
- 1L au lieu de 3 à 6L par chasse

Augmentation des taux de récupération par rapport à la station

- Hypothèse : les nutriments des boues ne sont pas valorisés

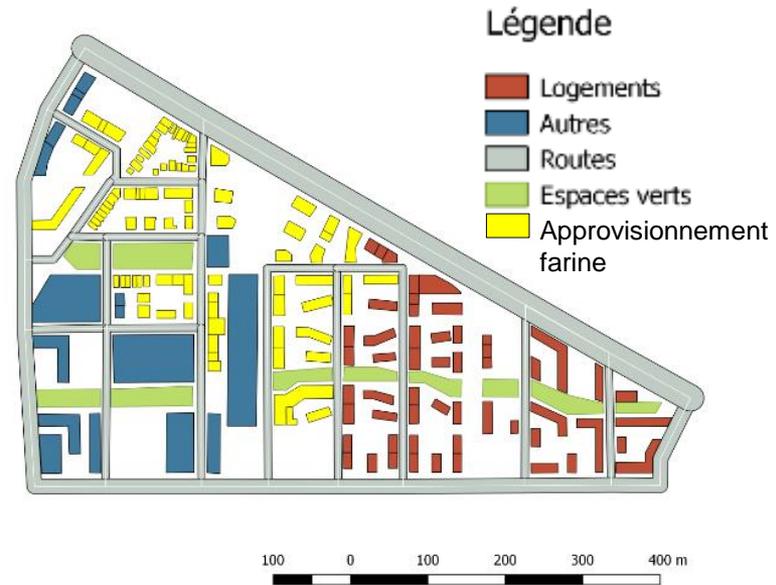
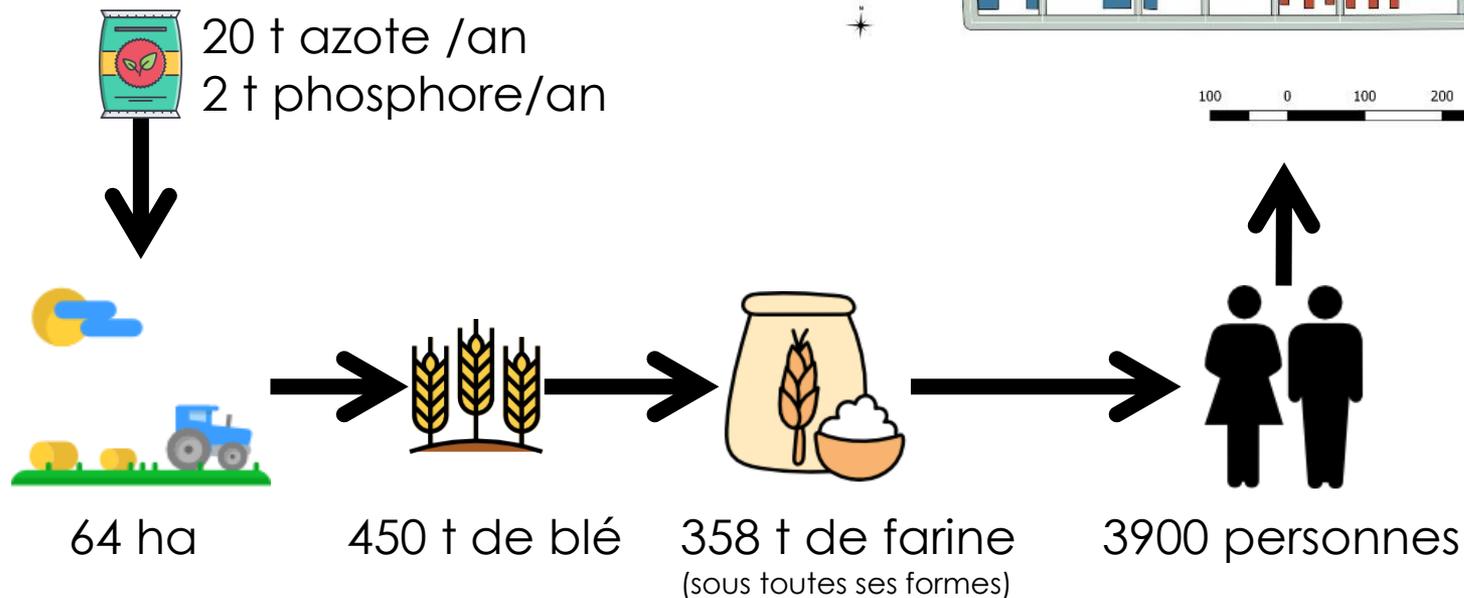
Faible augmentation de la production de méthane

Fort potentiel de valorisation de l'eau



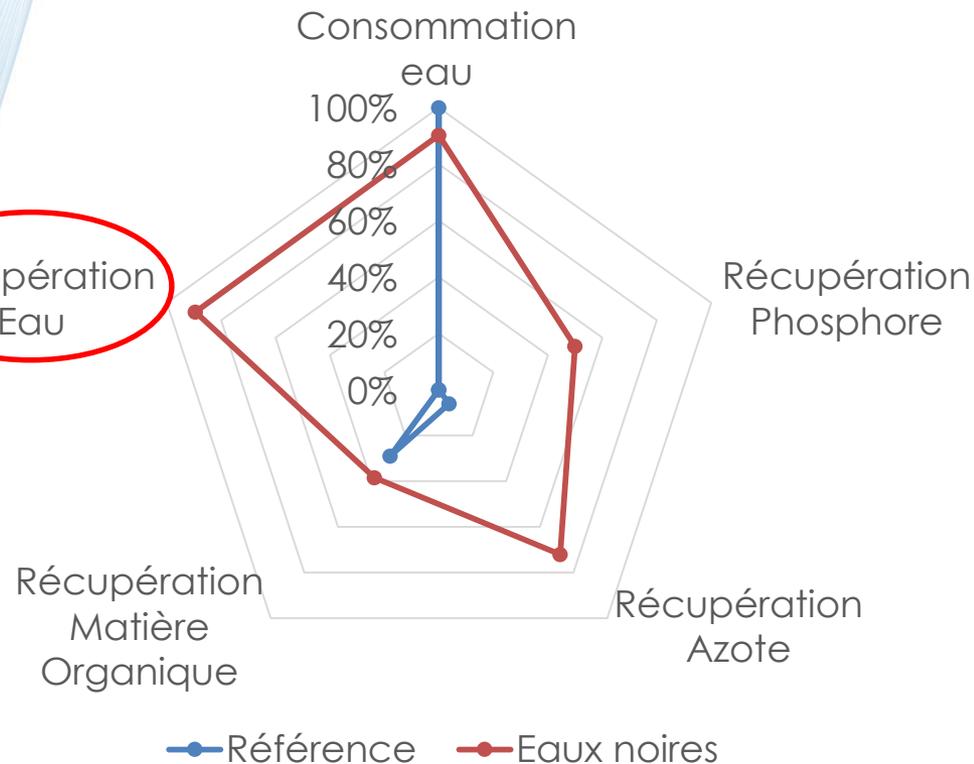
ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Azote / Phosphore récupérés



ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

• Indicateurs bilan matière



Diminution des consommations d'eau avec les toilettes sous vide

- 1L au lieu de 3 à 6L par chasse

Augmentation des taux de récupération par rapport à la station

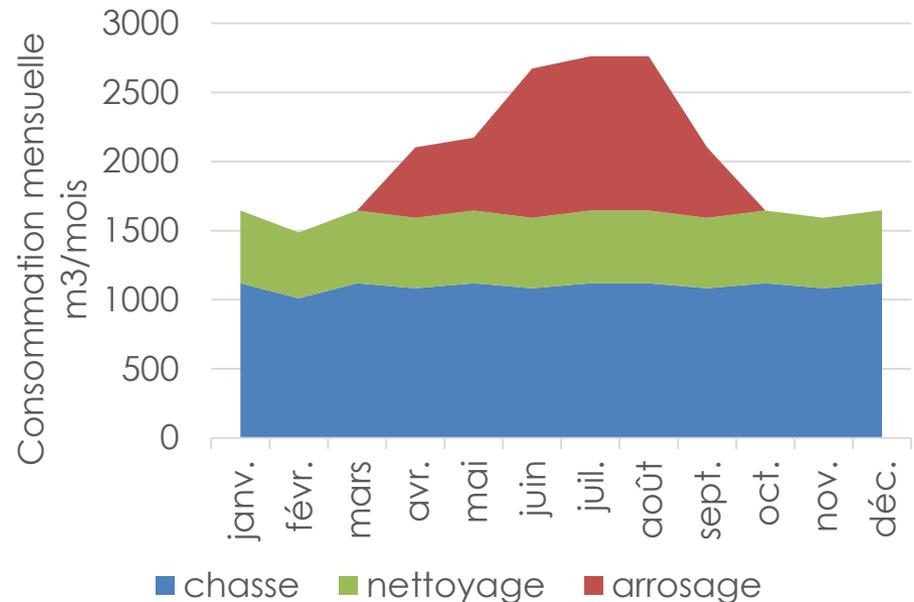
- Hypothèse : les nutriments des boues ne sont pas valorisés

Faible augmentation de la production de méthane

Fort potentiel de valorisation de l'eau

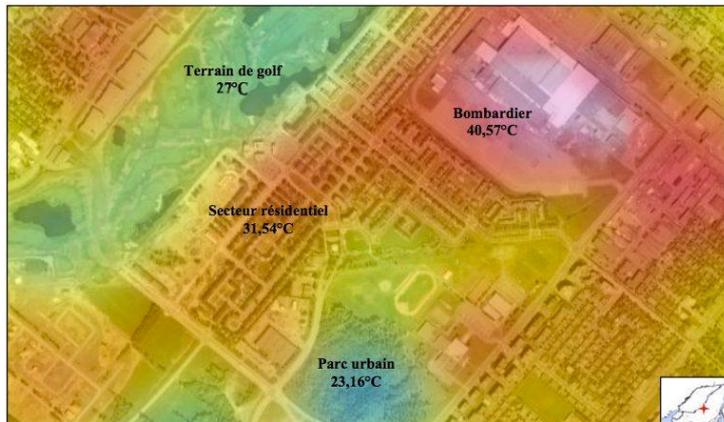
ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Quelle réutilisation pour les eaux grises traitées ?
- Utilisable : 857 m³/j
 - Chasse d'eau : 36 m³/j
 - Besoin irrigation : 13 m³/j
 - Nettoyage voirie : 17 - 30 m³/j
- **Utilisation de 8% des eaux traitées**



ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Il nous reste 790 m³/j → Pour quel usage ?
 - Contre les ilots de chaleur en période estivale ?
 - Récréatif ?
 - Agriculture urbaine ?
 - Réinjection de nappe ?



Ref [11]

Toulouse ... un petit Amsterdam ?



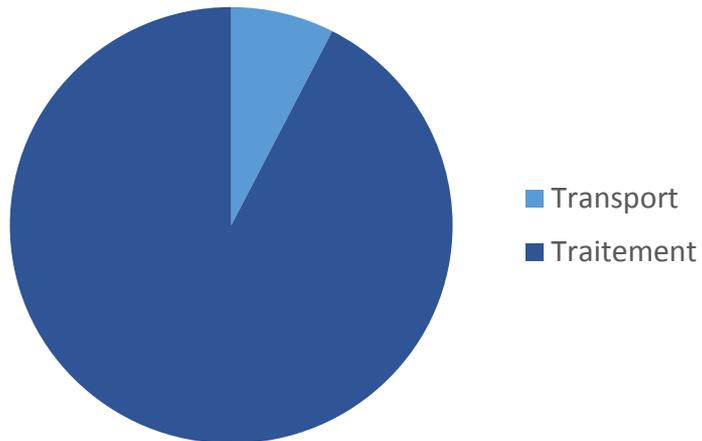
Ref [12]

L'outil produit des
critères de
comparaison sur
les bilans matières

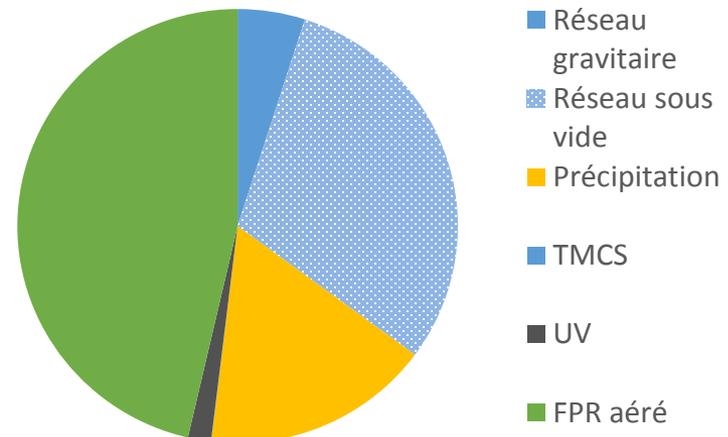
ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

• Bilan électrique

Bilan électrique : Référence

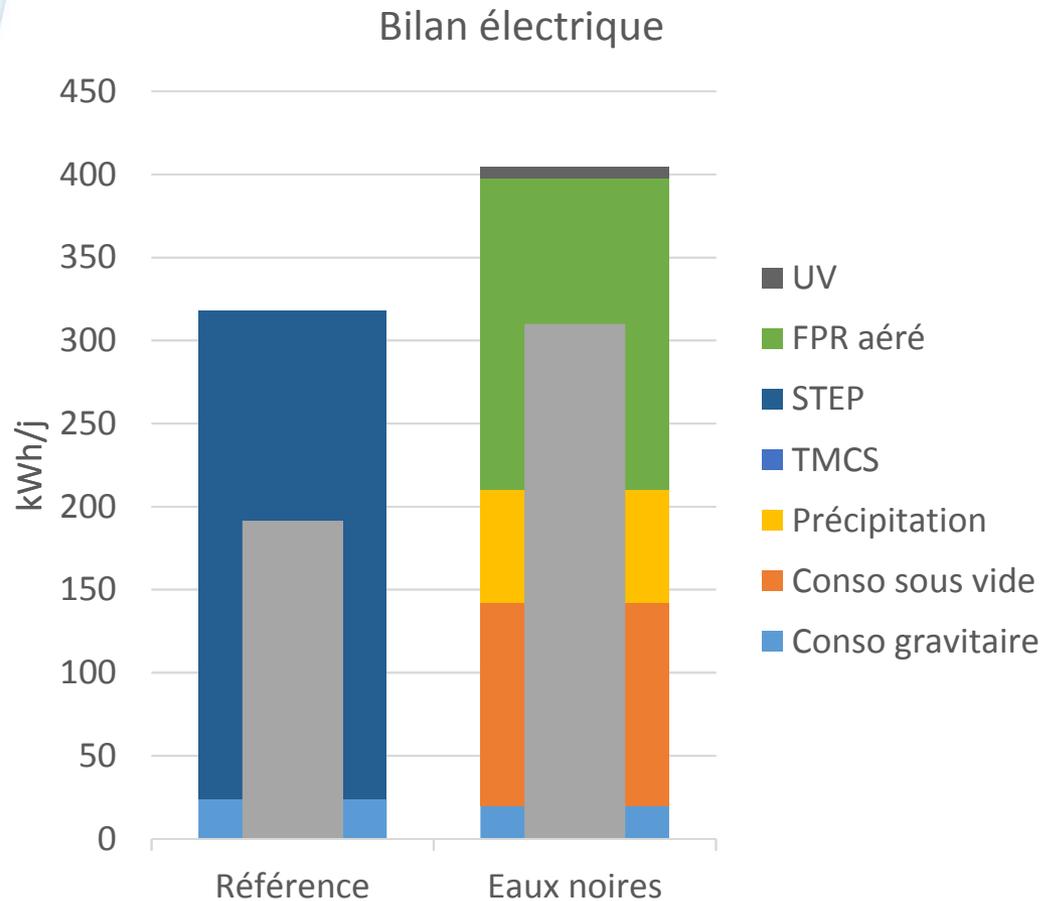


Bilan électrique : Eaux noires



ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

• Bilan électrique



Augmentation des consommations

Mais aussi des productions

Légère amélioration du bilan électrique

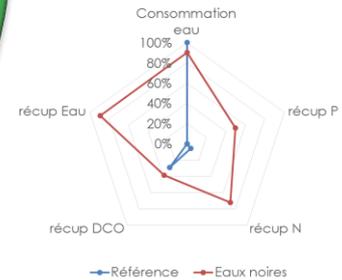
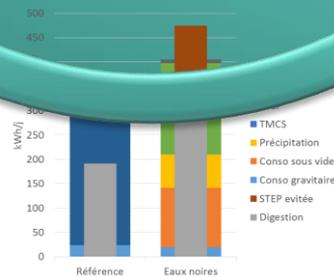
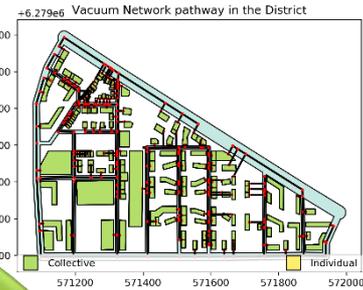
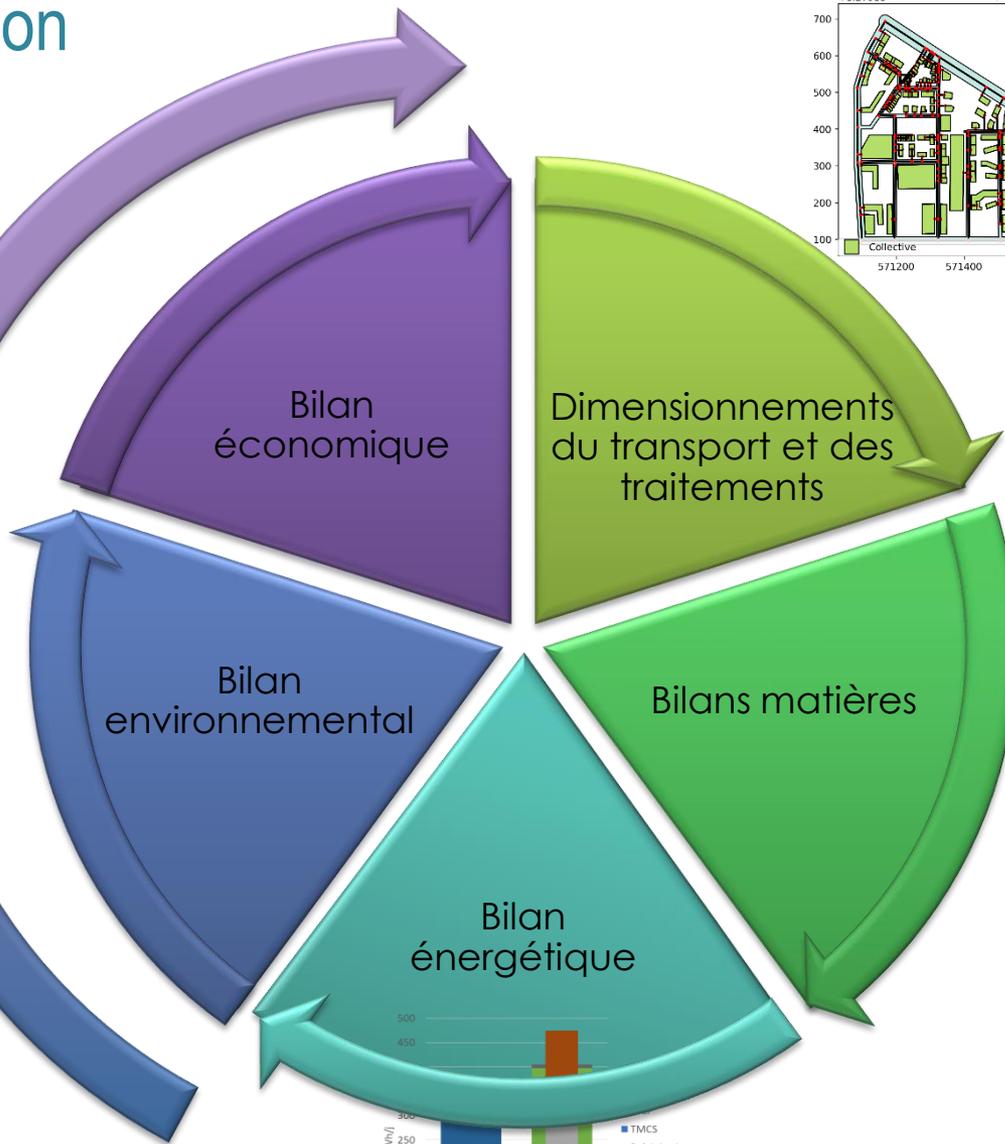


Mais avec augmentation des services rendus

L'outil produit des
critères de
comparaison sur les
bilans énergétiques

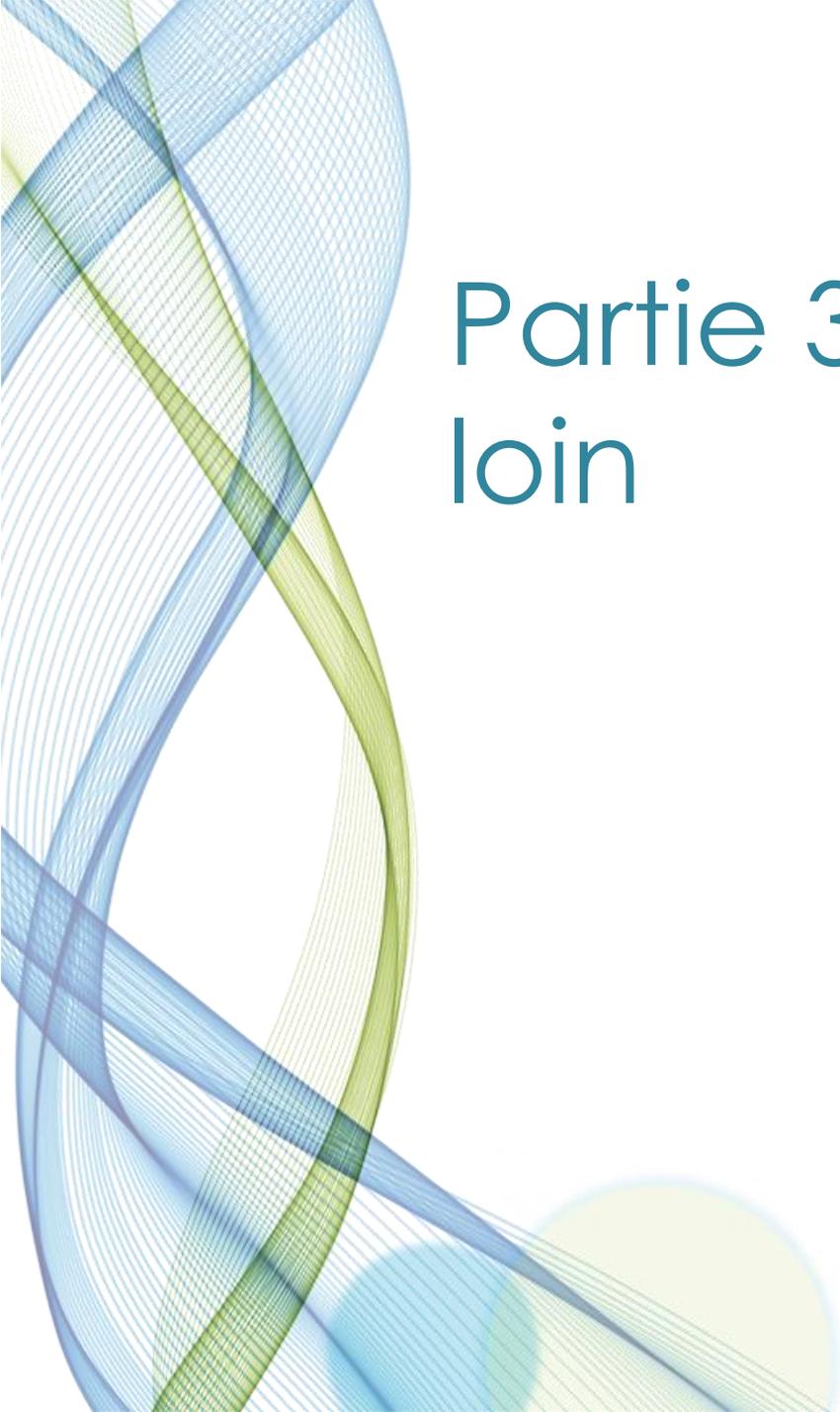
Conclusion

EN COURS





Echanges



Partie 3 : Pour aller plus loin

Des analyses de filières complètes

Analyse de scénarios complètement décentralisé

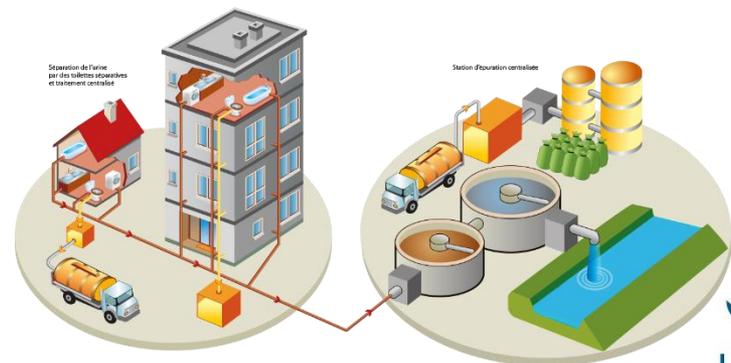
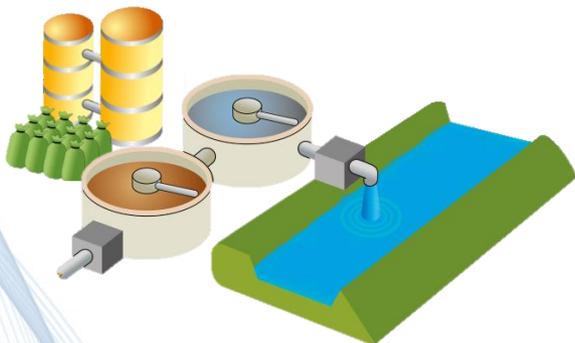
Séparation des eaux noires et grises

Comparaison avec des solutions sans séparation

Analyse avec des couplages avec le centralisé (Station d'épuration)

Station d'épuration du futur

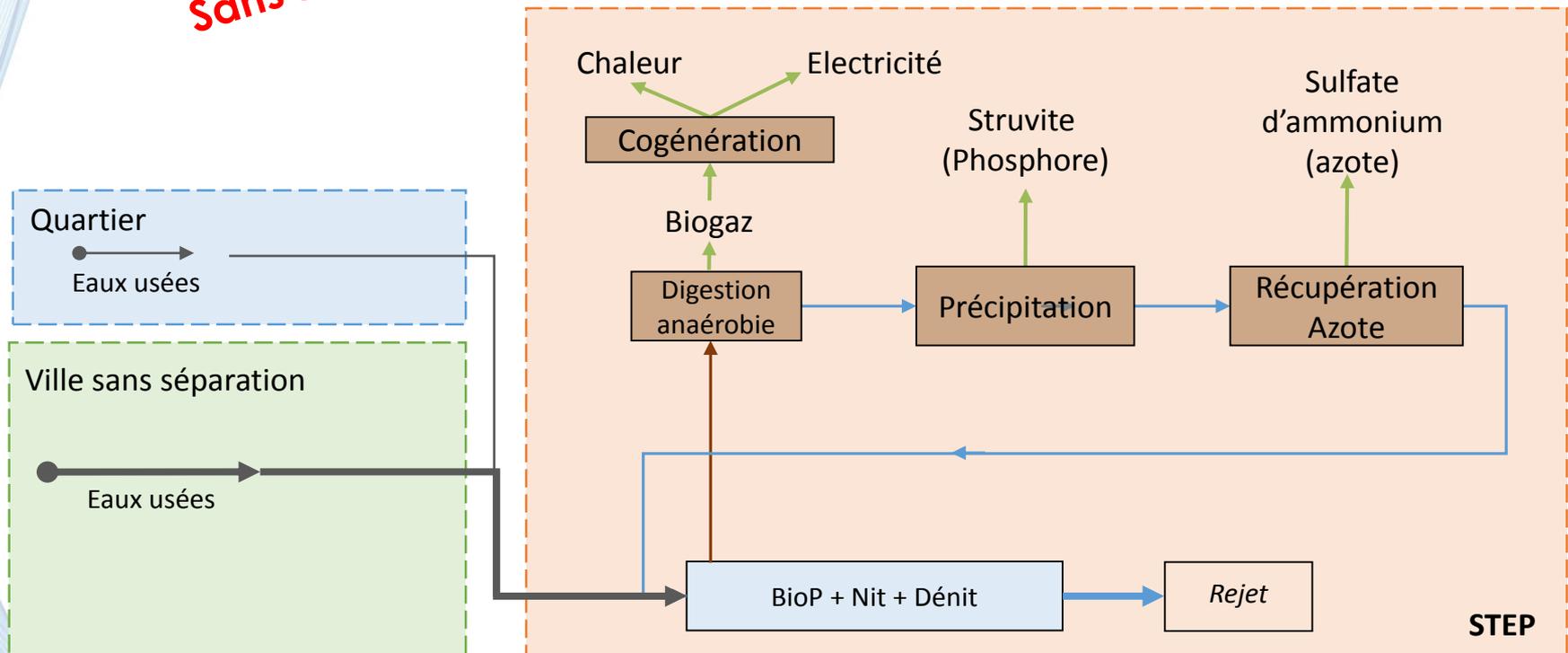
Séparation des urines et traitement à la station



Synergie avec la station d'épuration

- Station d'épuration du futur productrice de fertilisant

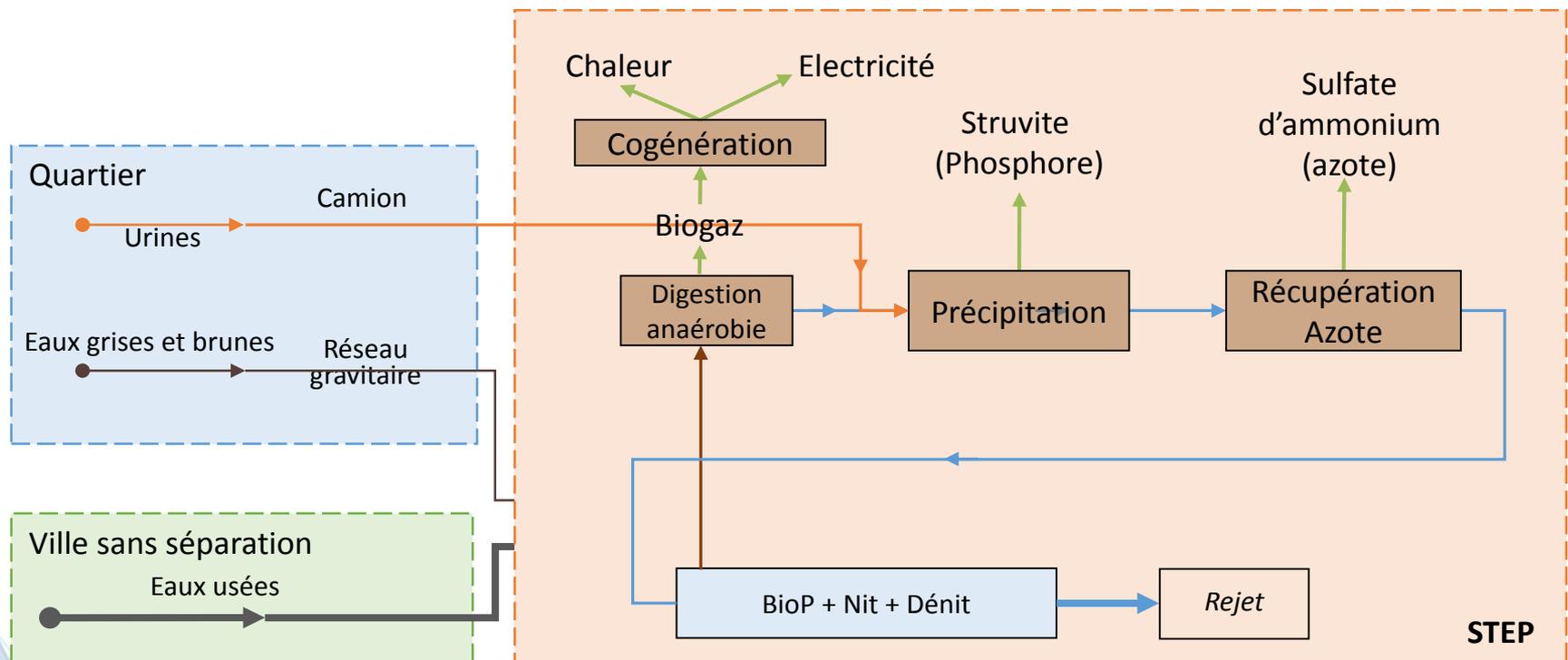
Sans séparation



Synergie avec la station d'épuration

- Séparation Urine + station du futur

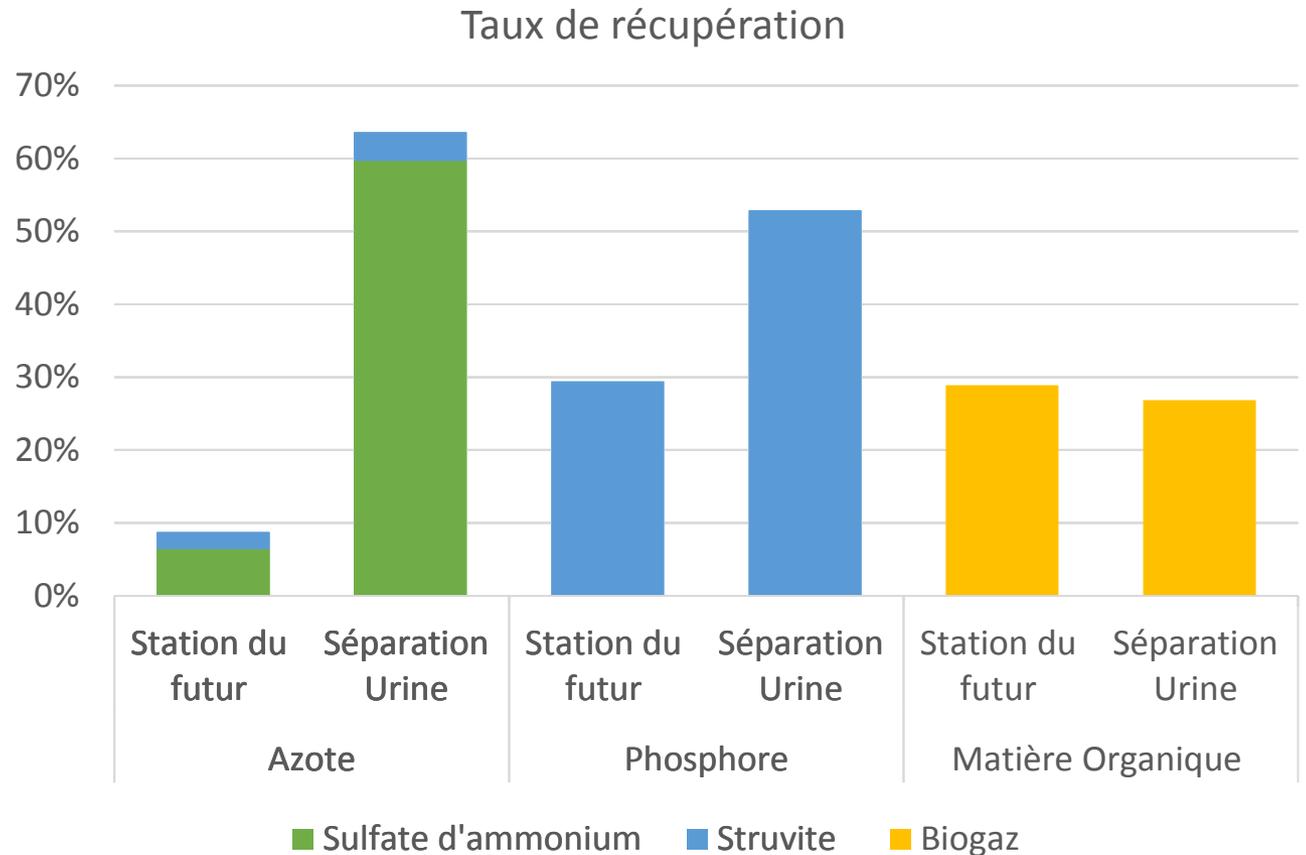
Avec séparation



Synergie avec la station d'épuration

- Résultats : bilan matière

La station
d'épuration ne peut
pas valoriser
l'azote !!



Synergie avec les déchets

- La méthanisation des eaux usées couplées au bio déchets
 - Broyeur de cuisine raccordé au réseau sous vide des eaux noires



Ref [13]

Développement futur dans le projet européen Urban Frog

Pour aller plus loin

- Etude en partenariat avec le SIAAP sur l'impact de la séparation des urines sur la station d'épuration de Seine Aval



Ref [14]

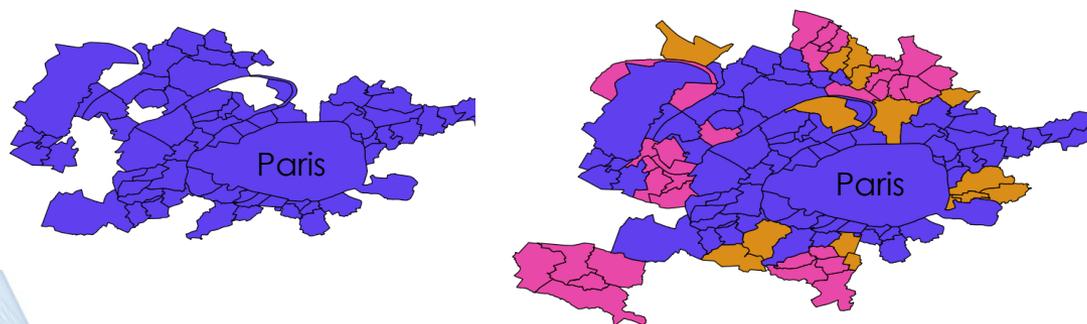
Conclusion

- L'assainissement de demain ... une évolution qui prend du temps ... un mix de solution

Le tout à l'égout

Réseau séparatif
eaux pluviales

Réseau séparatif
eaux pluviales,
excréta humain ?



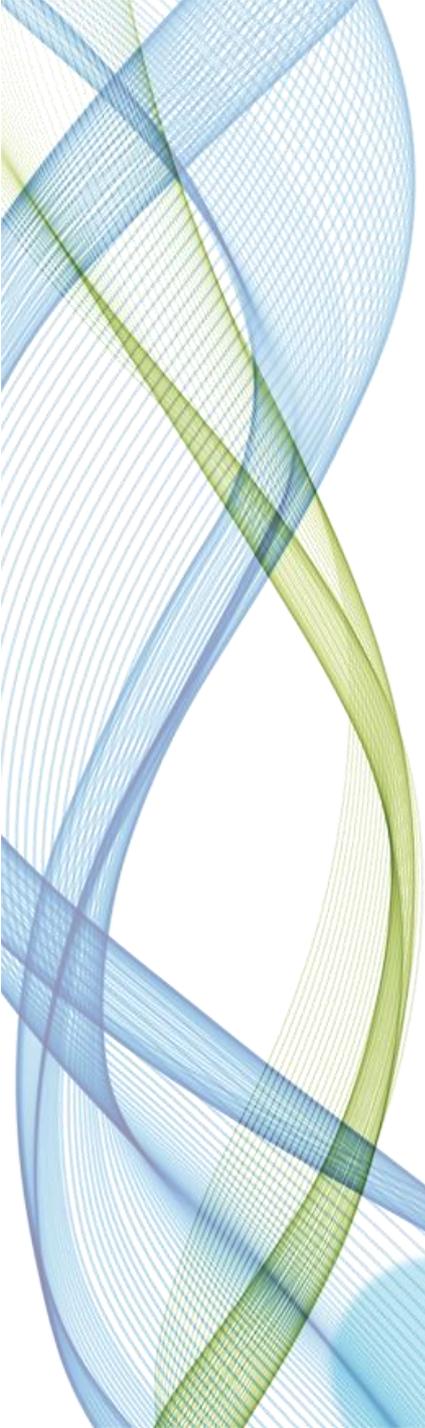
■ Réseau unitaire

■ Réseau séparatif

■ Réseau mixte



Echanges



Merci beaucoup !

Références

• Sources

- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sorlin, S., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 1259855–1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Meininger, F., Otterpohl, R., Londong, J., 2010. Resource efficiency of urban sanitation systems: a comparative assessment using material and energy flow analysis, *Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft. Ges. zur Förderung und Entwicklung der Umwelttechnologien an der Techn. Univ. Hamburg-Harburg, Hamburg.*

Références

• Photographies

- [1] Urinoir duravit dans Peter-Fröhlich, A., Bonhomme, A., Oldenburg, M., 2007. Sanitation concepts for separate treatment of urine, faeces and greywater (SCST) (Final report: EU-demonstration project No. Contract : LIFE03ENV/D000025). Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH.
- [2] Toilettes no mix Yvonne Lehnhard dans Larsen, T.A., Lienert, J., 2007. Novaquatis final report. NoMix – A new approach to urban water management. Eawag, 8600 Duebendorf, Switzerland.
- [3] Toilettes sous vide : Otterpohl, Presentation: Innovative reuse oriented water concepts high-, medium- and low-tech options. Available at https://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/susan/downloads/SuSan_en.pdf
- [4] Précipitation tuyau : Kai Udert dans Larsen, T.A., Lienert, J., 2007. Novaquatis final report. NoMix – A new approach to urban water management. Eawag, 8600 Duebendorf, Switzerland.
- [5] Bonhomme, M., 2013. Contribution à la génération de bases de données multi-scalaires et évolutives pour une approche pluridisciplinaire de l'énergétique urbaine (Thèse de doctorat en Génie Civil). Laboratoire de recherche en architecture et Laboratoire matériaux et durabilité des constructions - Université de Toulouse, France.
- [6] Igos, E., Besson, M., Navarrete Gutiérrez, T., Bisinella de Faria, A.B., Benetto, E., Barna, L., Ahmadi, A., Spérandio, M., 2017. Assessment of environmental impacts and operational costs of the implementation of an innovative source-separated urine treatment. Water Research 126, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.016>
- [7] Oppidea. <http://www.oppidea.fr/amenagement/la-cartoucherie.html>
- [8] de Graaff, R., van Hell, A.J., 2014. Nieuwe Sanitatie Noorderhoek, Sneek deelonderzoeken (New Sanitation Noorderhoek, Sneek sub-studies) (No. 2014–48), STOWA. STOWA, Amersfoort - Netherlands.
- [9] STOWA, 2014. Nieuwe Sanitatie op Wijkniveau: Ervaringen met de toegepaste technologie op de demo-site Lemmerweg-Oost in Sneek (New Sanitation at District level: Experiences with the applied technology at the demo site Lemmerweg-Oost in Sneek) (No. W02). STOWA.
- [10] By Nelsnelson - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15096605>
- [11] Études des biotopes urbains et périurbains de la CMM, Évolution des occupations du sol, du couvert végétal et des îlots de chaleur sur le territoire de la CMM, janvier 2008, rapport destiné au CRE de Laval, réalisé par l'Université de Montréal et l'Université du Québec à Montréal, bande thermique Landsat - 5 (27 juin 2005) superposée à Google Earth 2006 (source : Martin P. 2007 dans Giguère 2009)
- [12] Par Didier Descouens — Travail personnel, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34757963>
- [13] Jules van Lier 2012, CIE4485 Wastewater treatment. 13 (Re)source oriented sanitation. Disponible sur https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/13_Re_source_Oriented_Sanitation.pdf
- [14] SIAAP <http://www.siaap.fr/equipements/les-usines/seine-aval/>

Références

- **Copyright :**

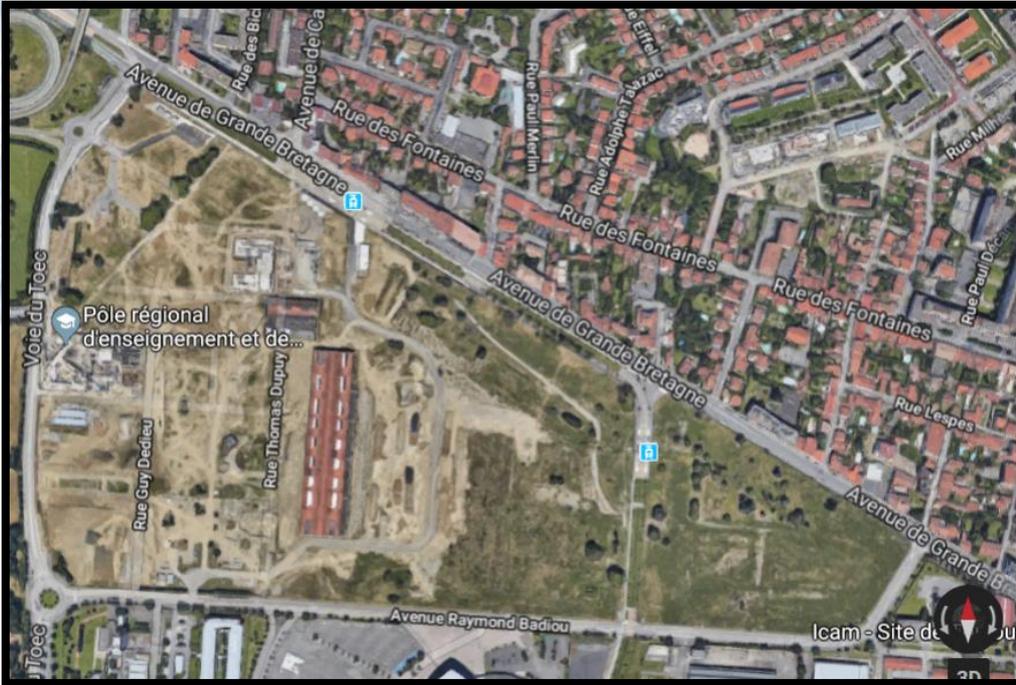
Yoga-posture, man thinking, racing flag, family of heterosexual couple, flour, filed : Icon made by Freepik from www.flaticon.com

Fertilizer : Icon made by Nikita Golubev from www.flaticon.com

Wheat : Icon made by PongsakornRed from www.flaticon.com

Speed business : Icon made by Eucalyp from www.flaticon.com

Pourquoi l'outil MUSES ?



- Nouveau quartier à urbaniser

...

La Cartoucherie à
Toulouse

Méthodologie de l'outil

Collecte de données

Modélisation

Fournir des indicateurs

Entrée

Caractéristiques du quartier:
Surface, Usage, habitants, configuration urbaine...

Caractéristiques des scénarios:
Quelles séparation, volume de chasse, système de collecte, traitement...

Outil MUSES



Echelle quartier

Eaux jaunes
Eaux noires
Eaux grises

Réseaux gravitaire ou sous vide, transport par camion

Digestion anaérobie
Précipitation
TMCS

Bioréacteur à membrane

Influent

Quartier

Collecte

Traitement

Outil de modélisation de station d'épuration

Sortie

Récupération N, P, COD et bilan énergétique

Paramètres de design

Comparaison avec des références

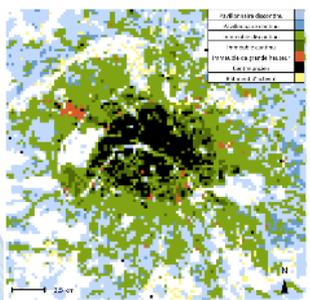
Représentation et visualisation

Analyse de cycle de vie

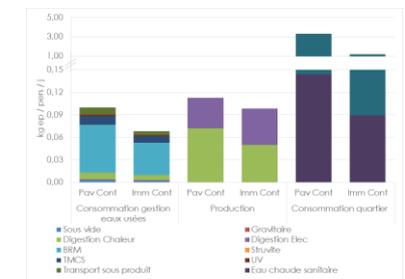
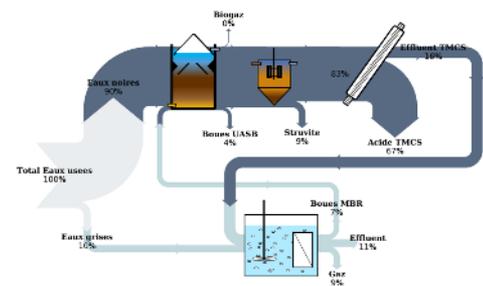
Analyse de coûts

- Energie
- ACV
- Coûts

Ref [2]



Ref [5]



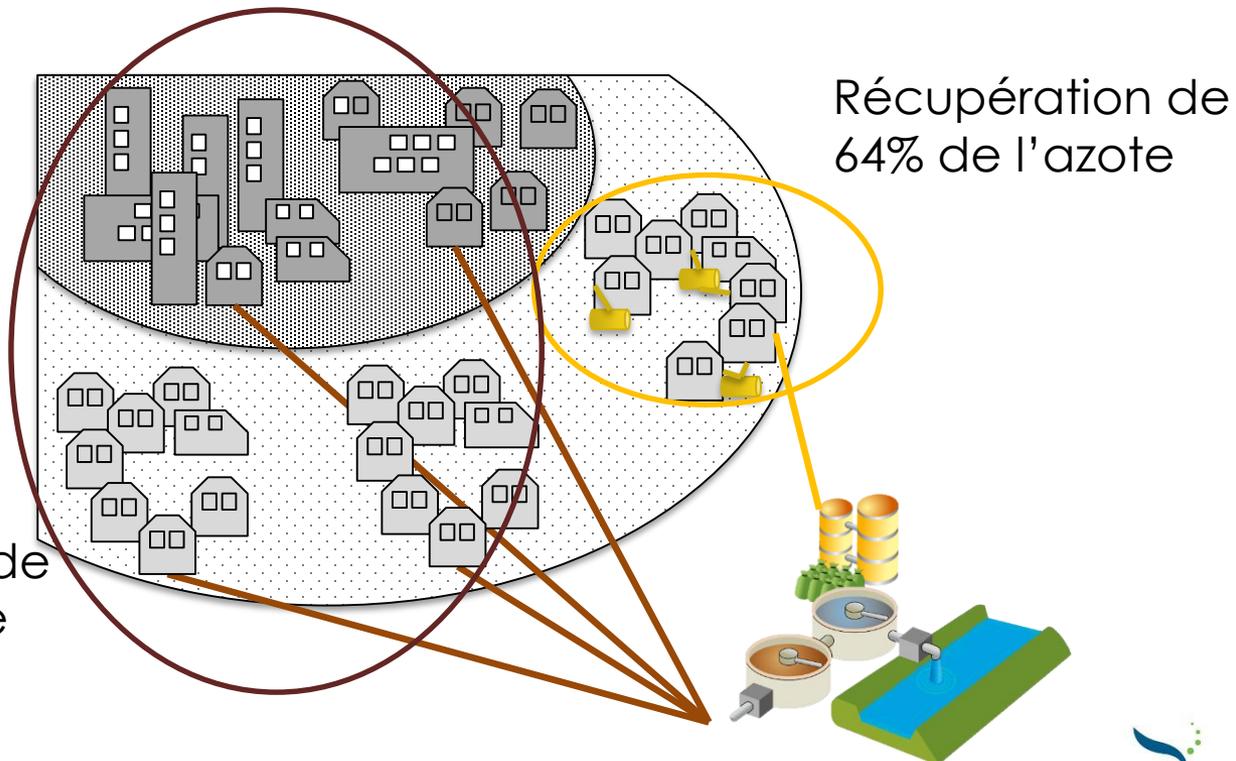
Ref [6]

Synergie avec la station d'épuration

- Ville existante sans possibilité de séparer à la source avec un nouveau quartier séparant les urines

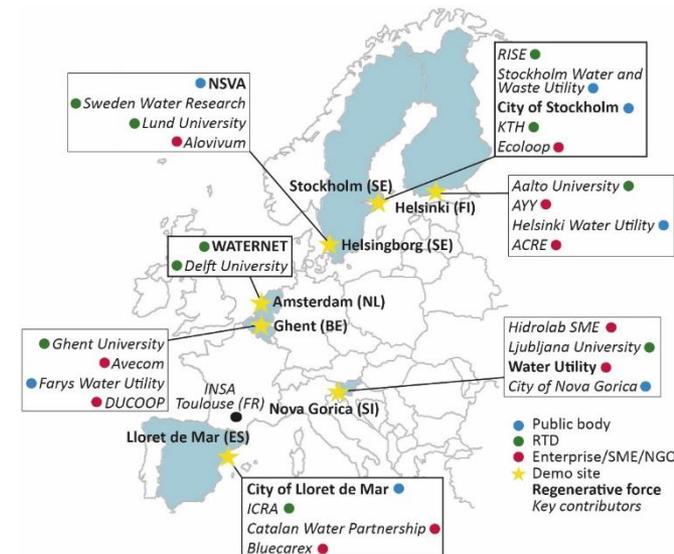
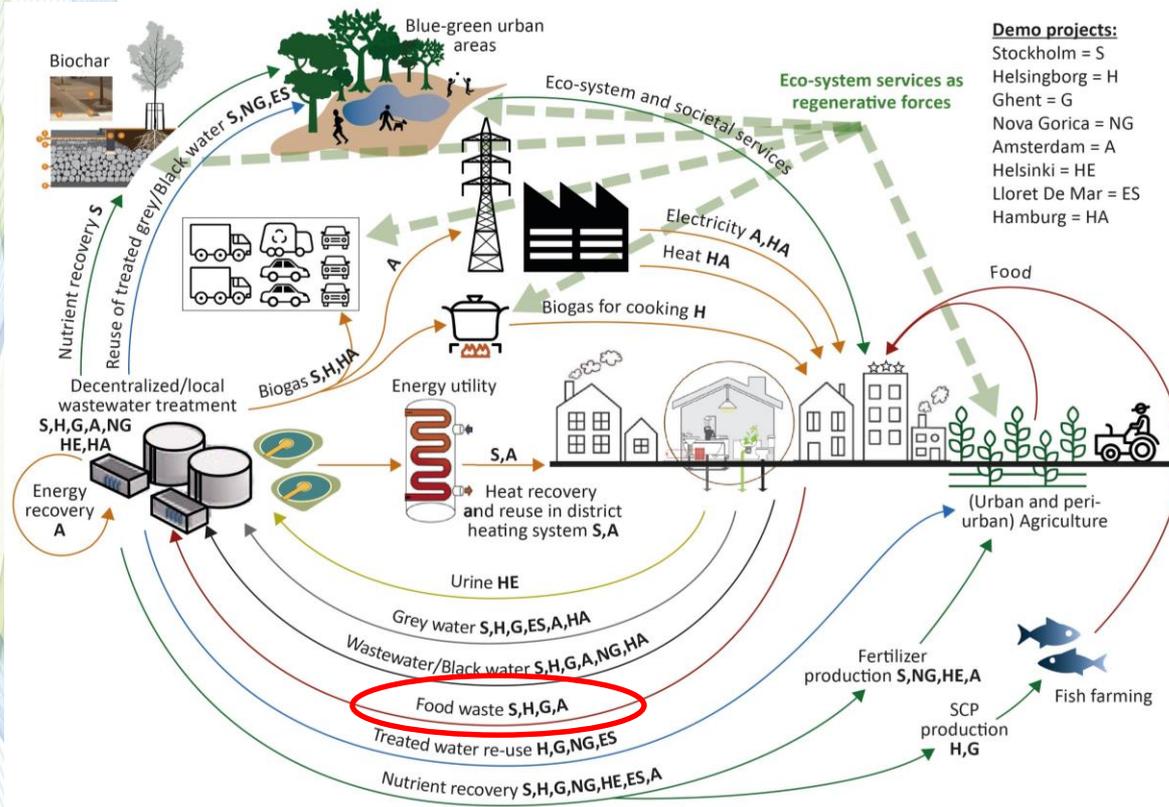
- Une période de transition
- 2 approches complémentaires

Récupération de 10 % de l'azote



Synergie avec les déchets

- Traitée dans le projet européen URBAN Frog déposé à l'appel H2020



• En attente de financement