AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

MUSES
Modélisation Urbaine de Séparation des Effluents à la Source

MUSES : Les enseignements de la modélisation

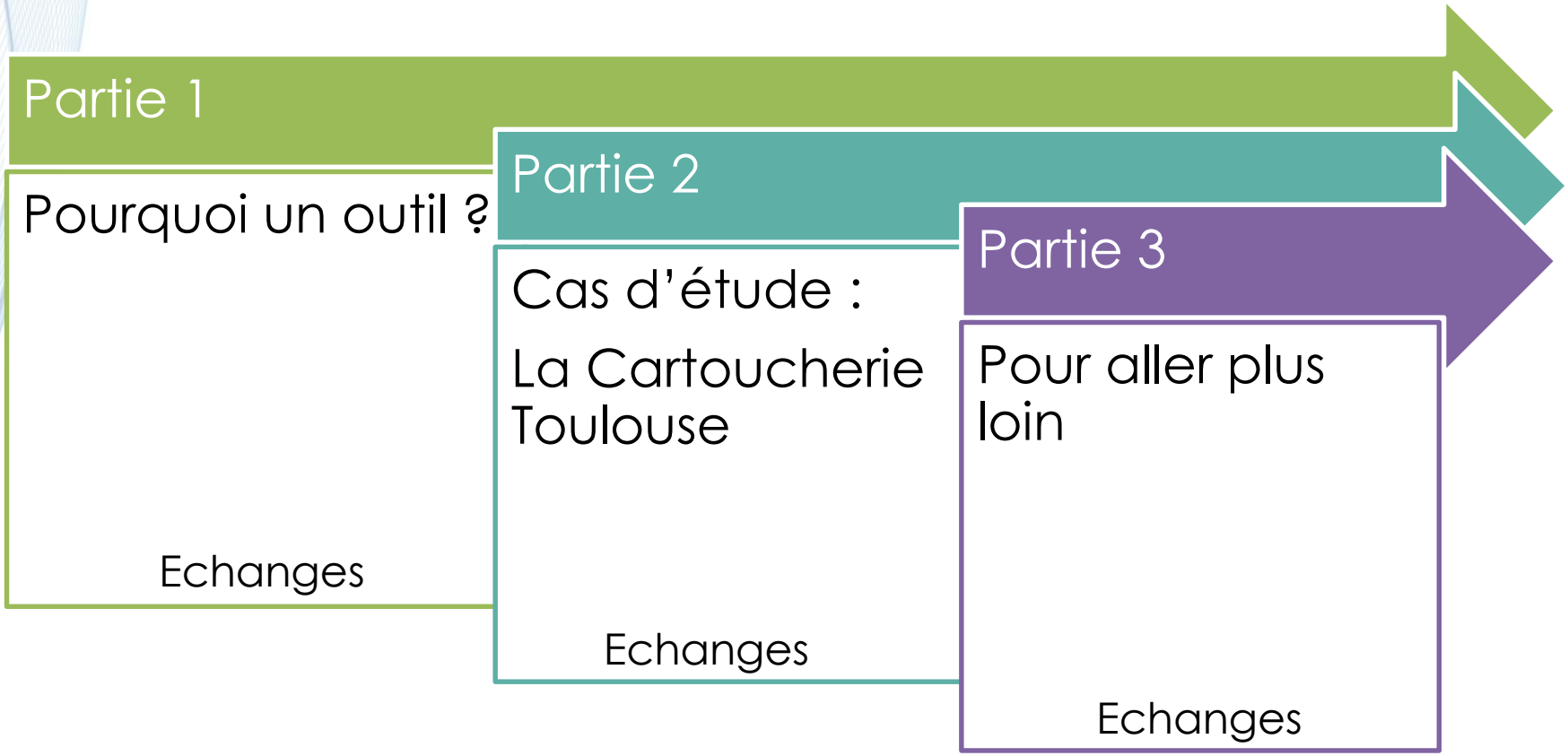


Introduction à MUSES, premier outil d'aide à la décision pour les décideurs et gestionnaires

Mathilde Besson, LISBP-INSA de Toulouse

LISBP
INSA TOULOUSE
INRA SCIENCE & IMPACT
cnrs
Solagro
SFGP SOCIETE FRANÇAISE DE GÉNIE DES PROCÉDÉS

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…

Urinoirs



Ref [1]

Urine

Fèces



Toilettes séparatives

Ref [2]



Mais que sépare-t-on ?

Eaux noires

Eaux grises



Toilettes sous vide

Ref [3]

LISBP

Pourquoi l'outil MUSES ?

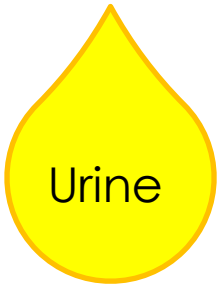


- Essayons la séparation de l'urine avec des toilettes séparatives …

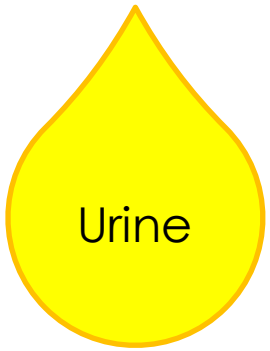


Oui mais combien en récupère-t-on ?

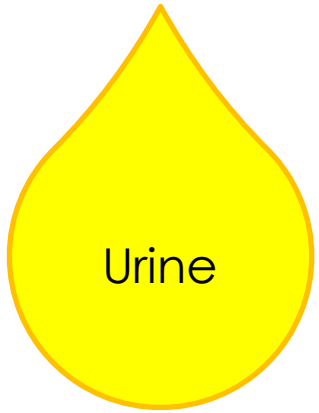
Un peu



Beaucoup



Passionnément



Pourquoi l'outil MUSES ?



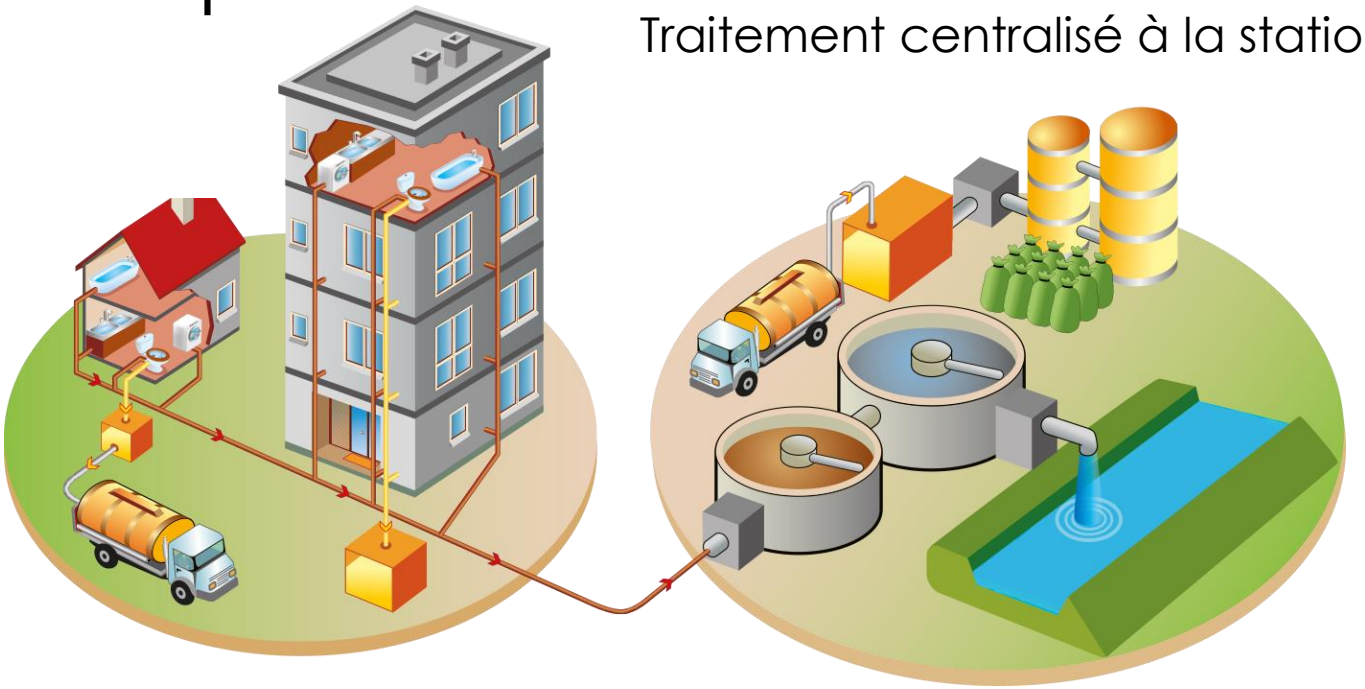
- Essayons la séparation de l'urine avec des toilettes séparatives …





Oui mais où traite-t-on ?

Traitement centralisé à la station



Pourquoi l'outil MUSES ?



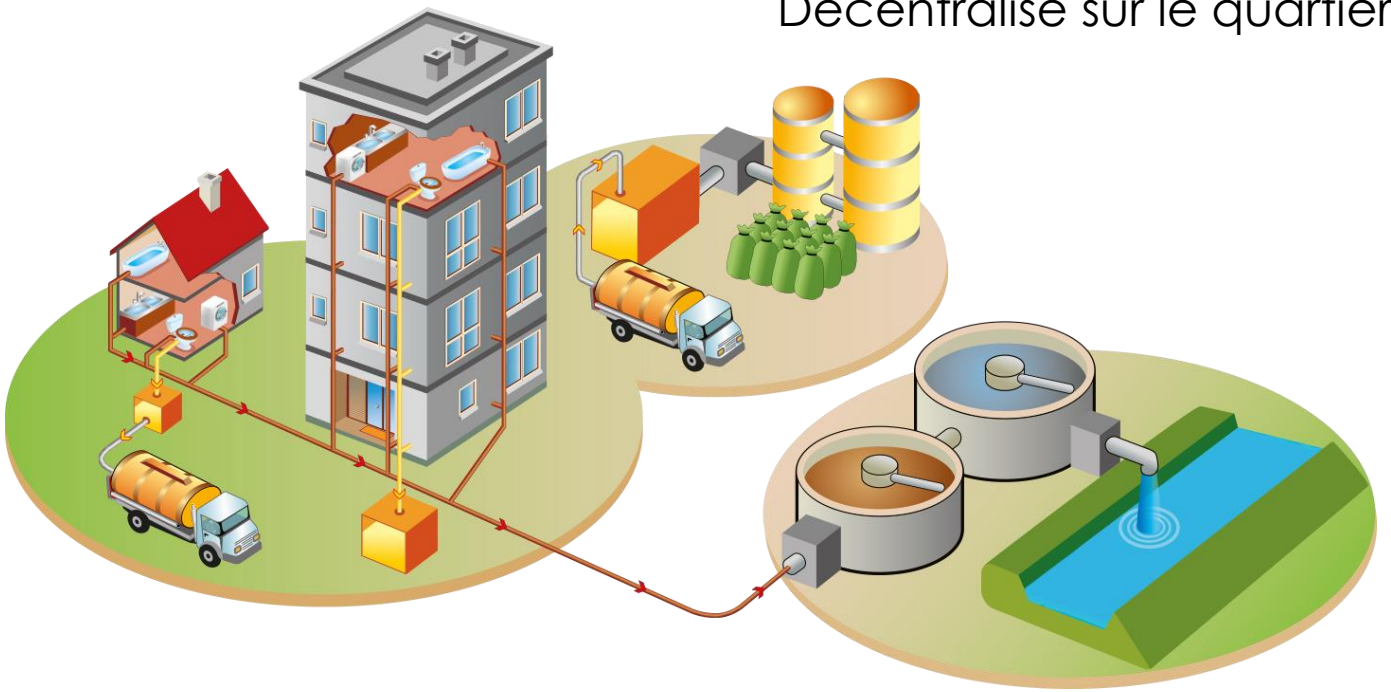
- Essayons la séparation de l'urine avec des toilettes séparatives …





Oui mais où traite-t-on ?

Décentralisé sur le quartier



LISBP

Pourquoi l'outil MUSES ?



- Disons centralisé …

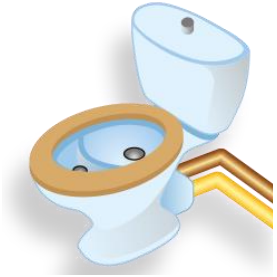
Pas conseillé : risque de précipitation



Ref [4]



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





Par réseau gravitaire ?

Par camion



Par réseau sous vide ?

Jamais encore testé

LISBP

Pourquoi l'outil MUSES ?

- Par camion …





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



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

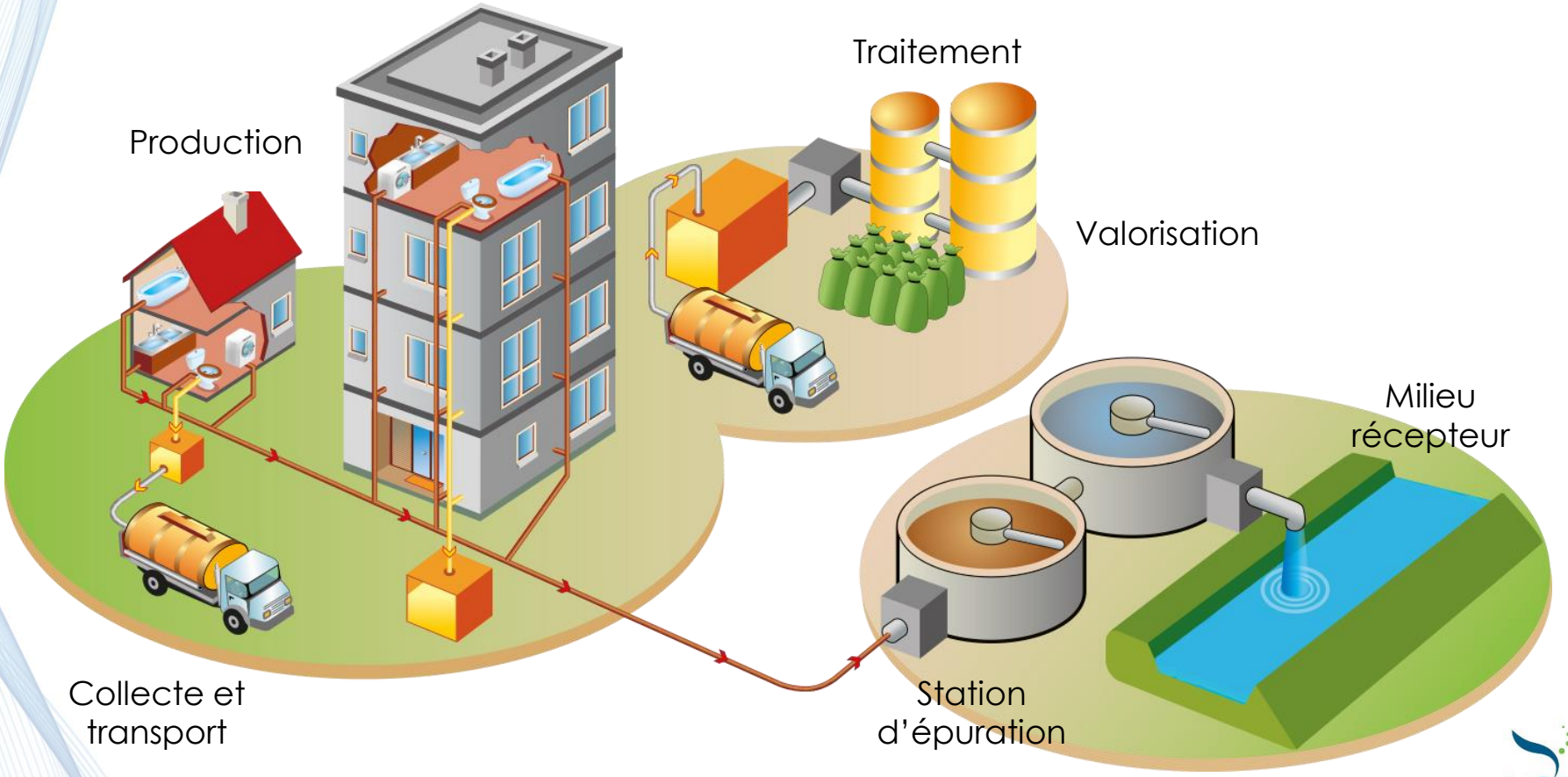




Oui mais quel est l'impact sur la station ?

Pourquoi l'outil MUSES ?

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



Méthodologie de l'outil

Collecte de données

Modélisation

Production d'indicateurs

Caractéristiques du quartier

Caractéristiques du système d'assainissement

Echelle quartier

python

Influent

Quartier

Collecte

Traitement

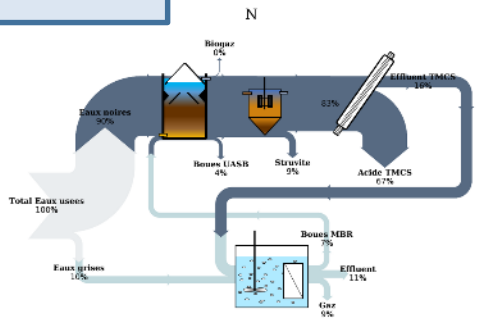
Modélisation de station d'épuration

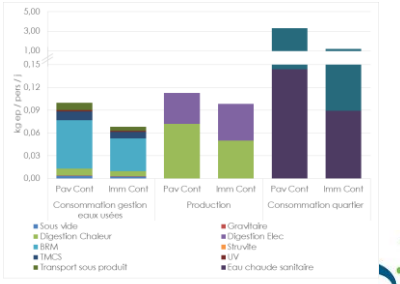
Bilan matière et énergie

Paramètres de design

Analyse environnementale

Analyse de coûts



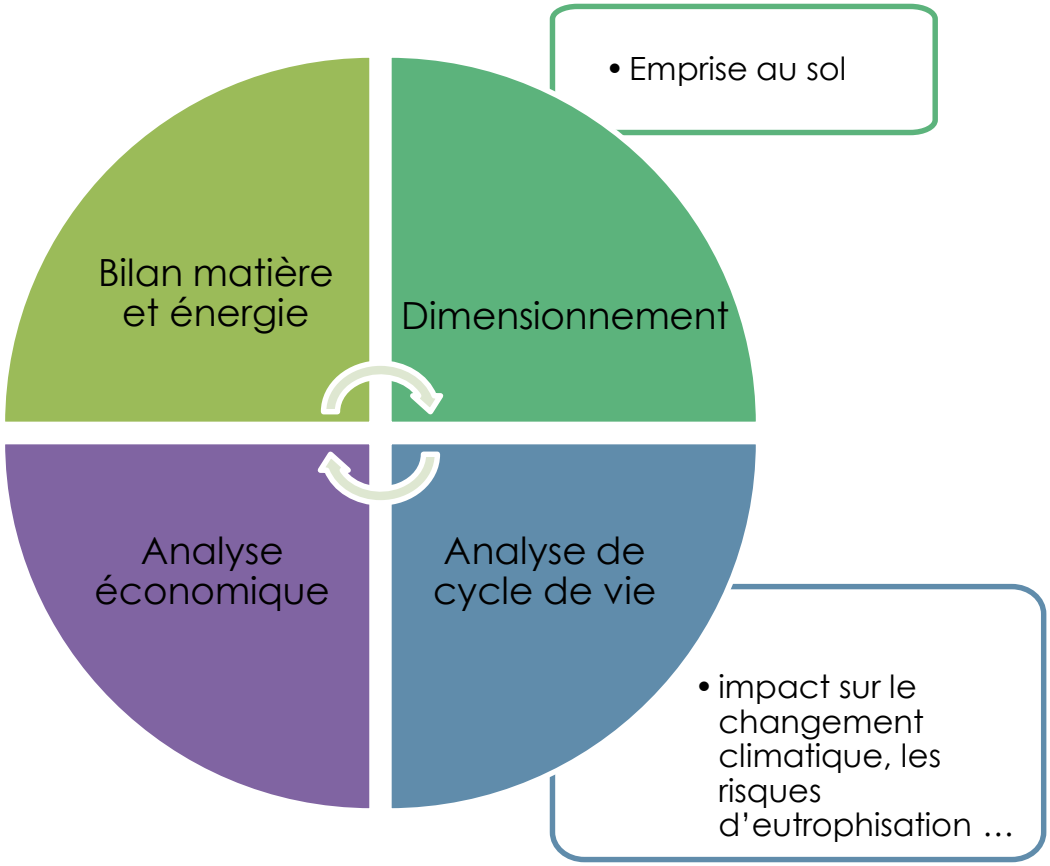


Ref [6]

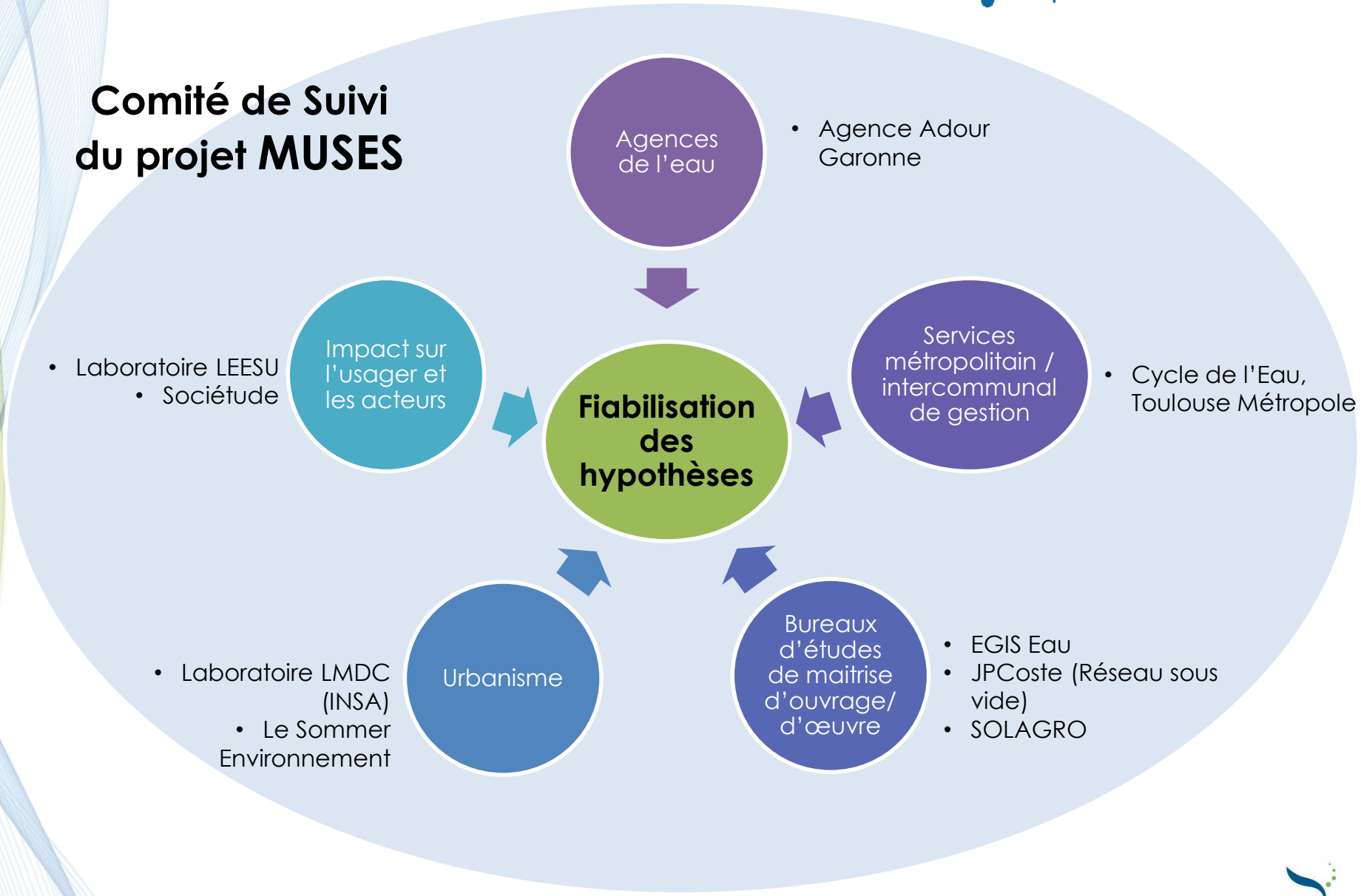
LISBP

Avec quels résultats ?

- Avec des critères de comparaison objectifs :



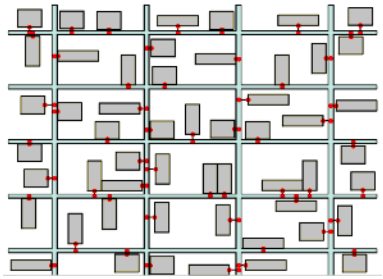
Comité de Suivi du projet MUSES

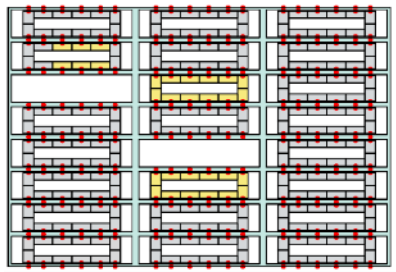


Quelles utilisations ?

Etude théorique

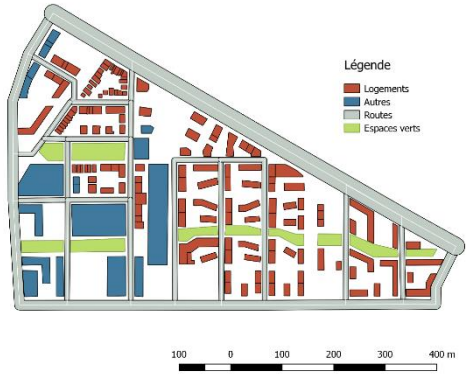
- Créer des préconisations entre configurations urbaines (types de quartiers) et types de séparation





Cas d'étude

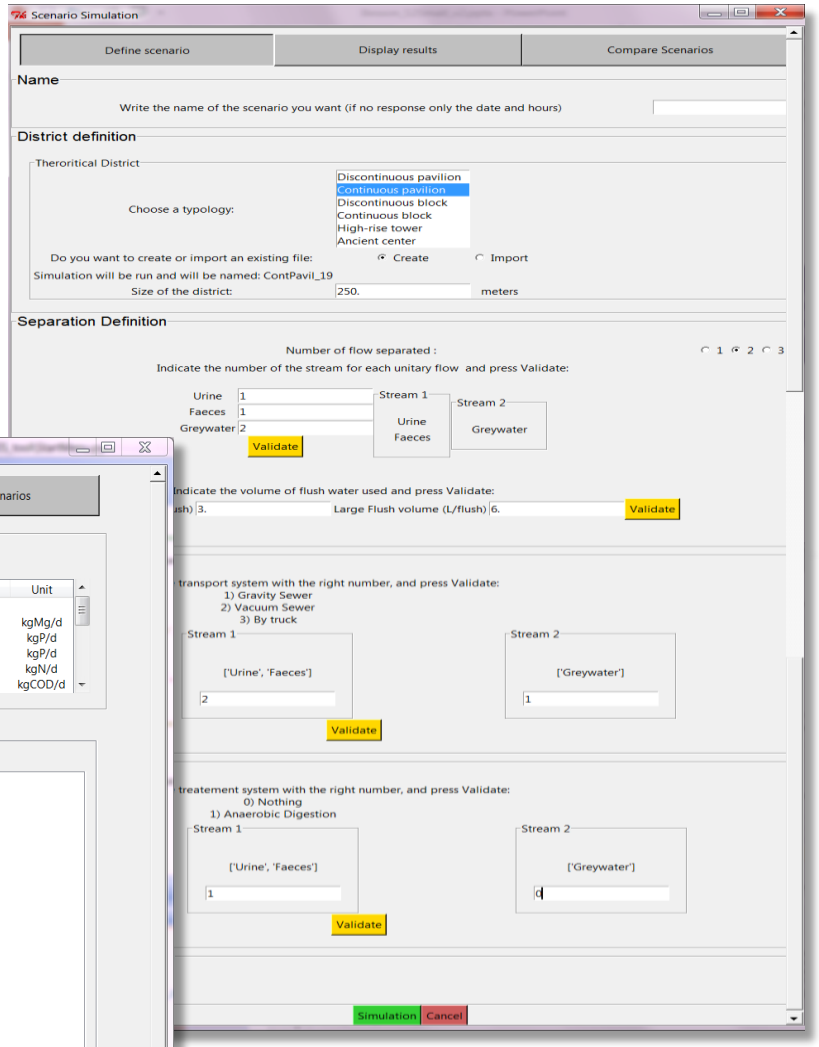
- Configuration réelle : prendre en compte les spécificités du terrain

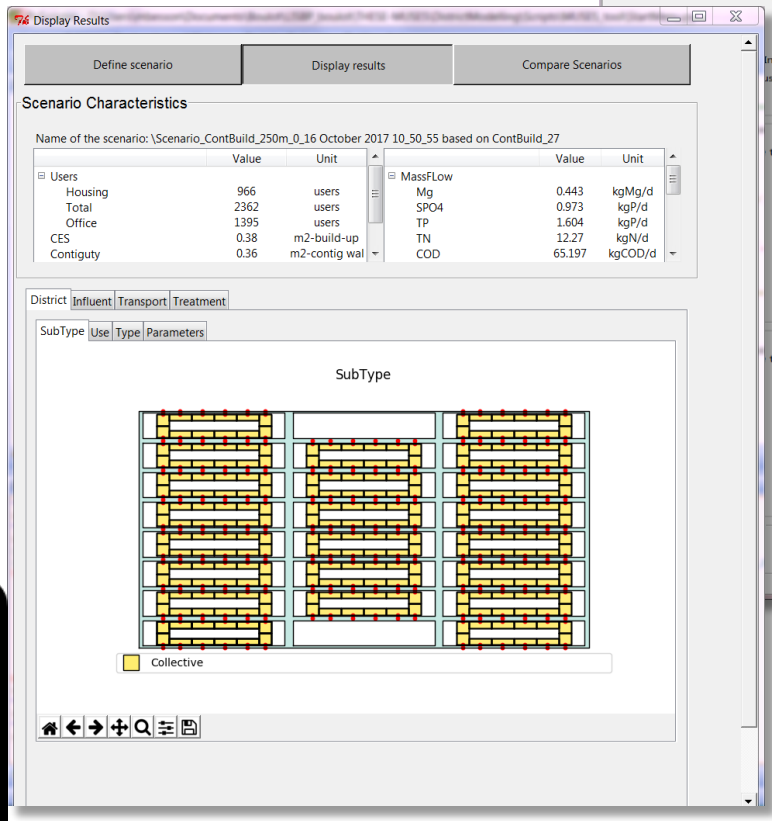


Ca ressemble à quoi ?

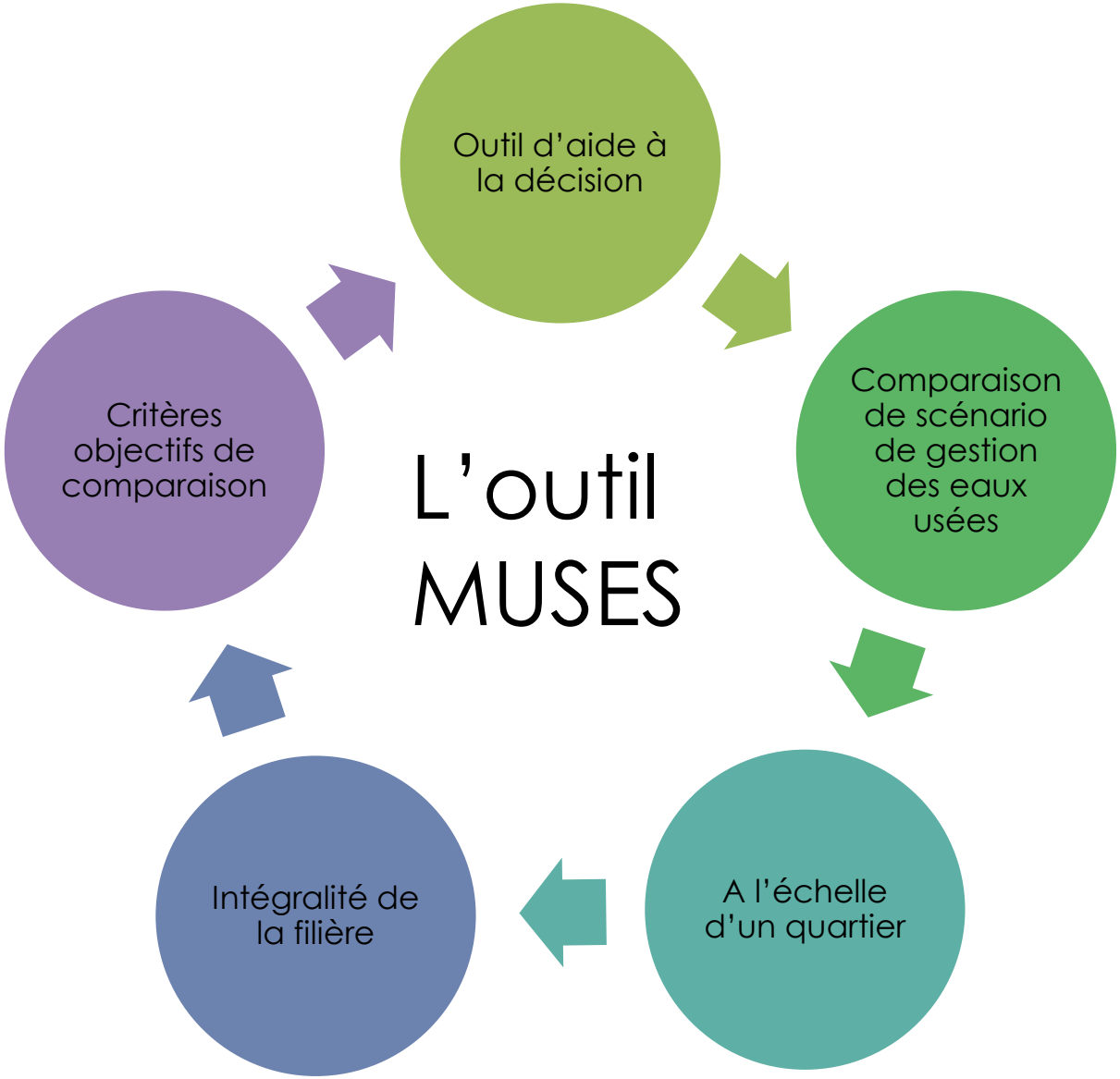
- Un outil d'aide à la décision







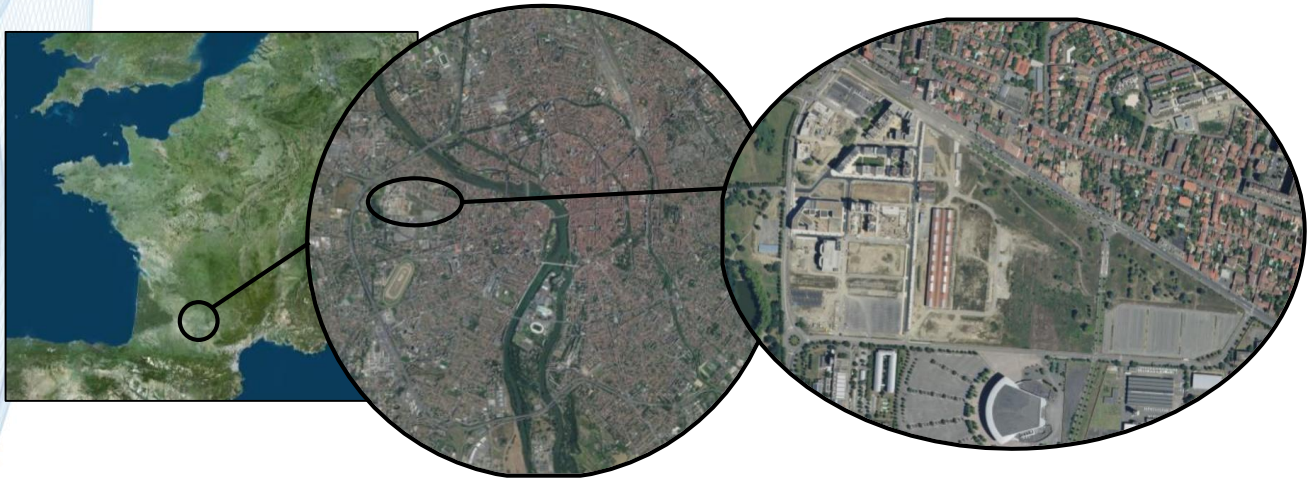
Conclusion


Outil d'aide à la décision
Comparaison de scénario de gestion des eaux usées
A l'échelle d'un quartier
Intégralité de la filière
Critères objectifs de comparaison
L'outil MUSES

Echanges

Partie 2 : Exemple de la Cartoucherie

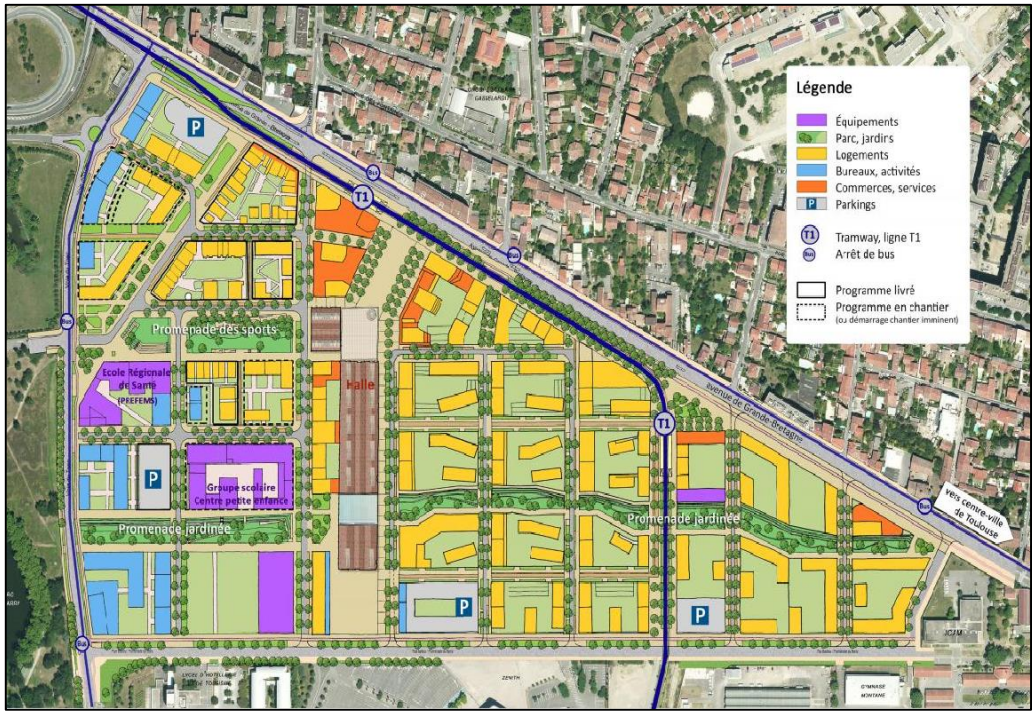
Exemple la ZAC Cartoucherie



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

En chiffres

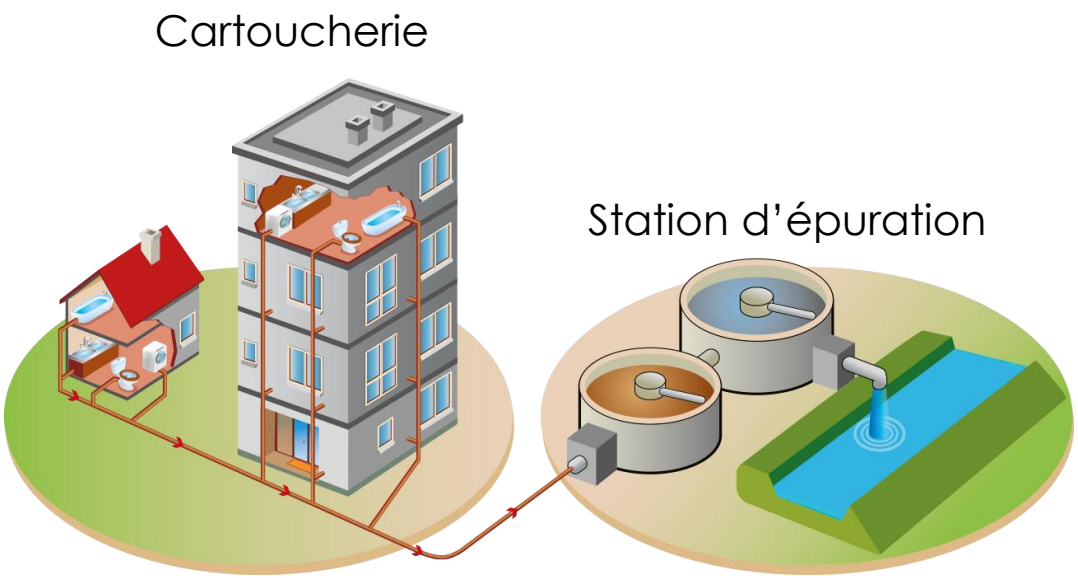
- **33 hectares** de superficie
- **3 500 logements**
- **2 hectares d'espaces naturels,** de promenades et de parcs
- **Mix d'usages :** bureaux, équipements publics, commerces



Oppidea [7]

Exemple la ZAC Cartoucherie

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

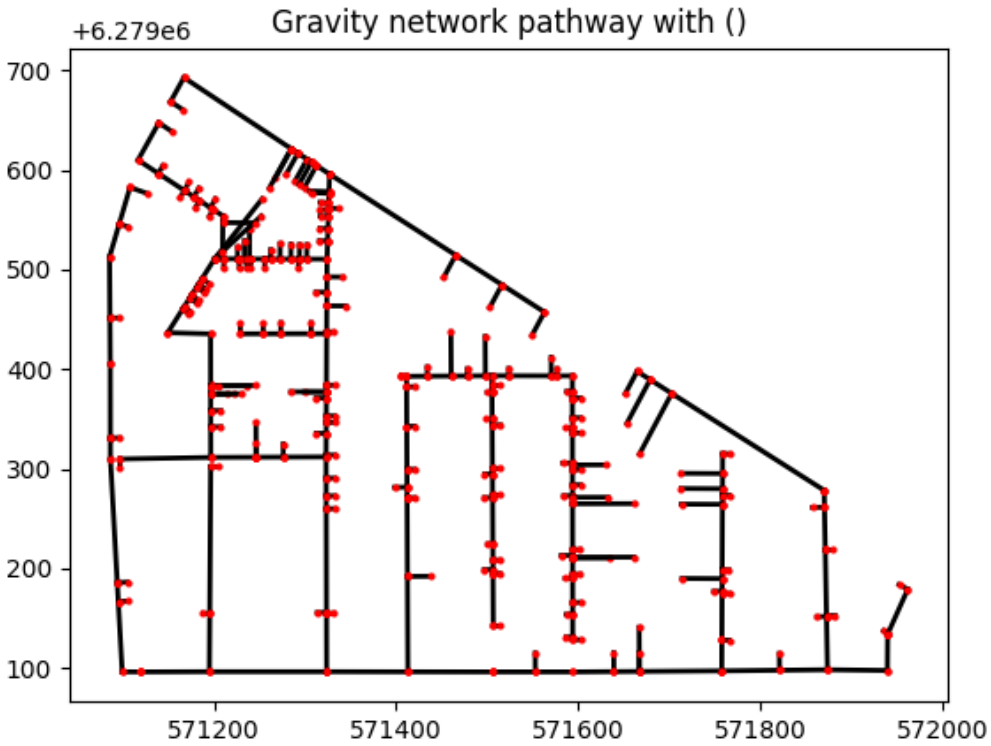


- 6 700 habitants
- 1 600 employés

- 958 m^3/j
- 6000 EH

ZAC Cartoucherie – Référence

- Réseau gravitaire : 8 km de réseau

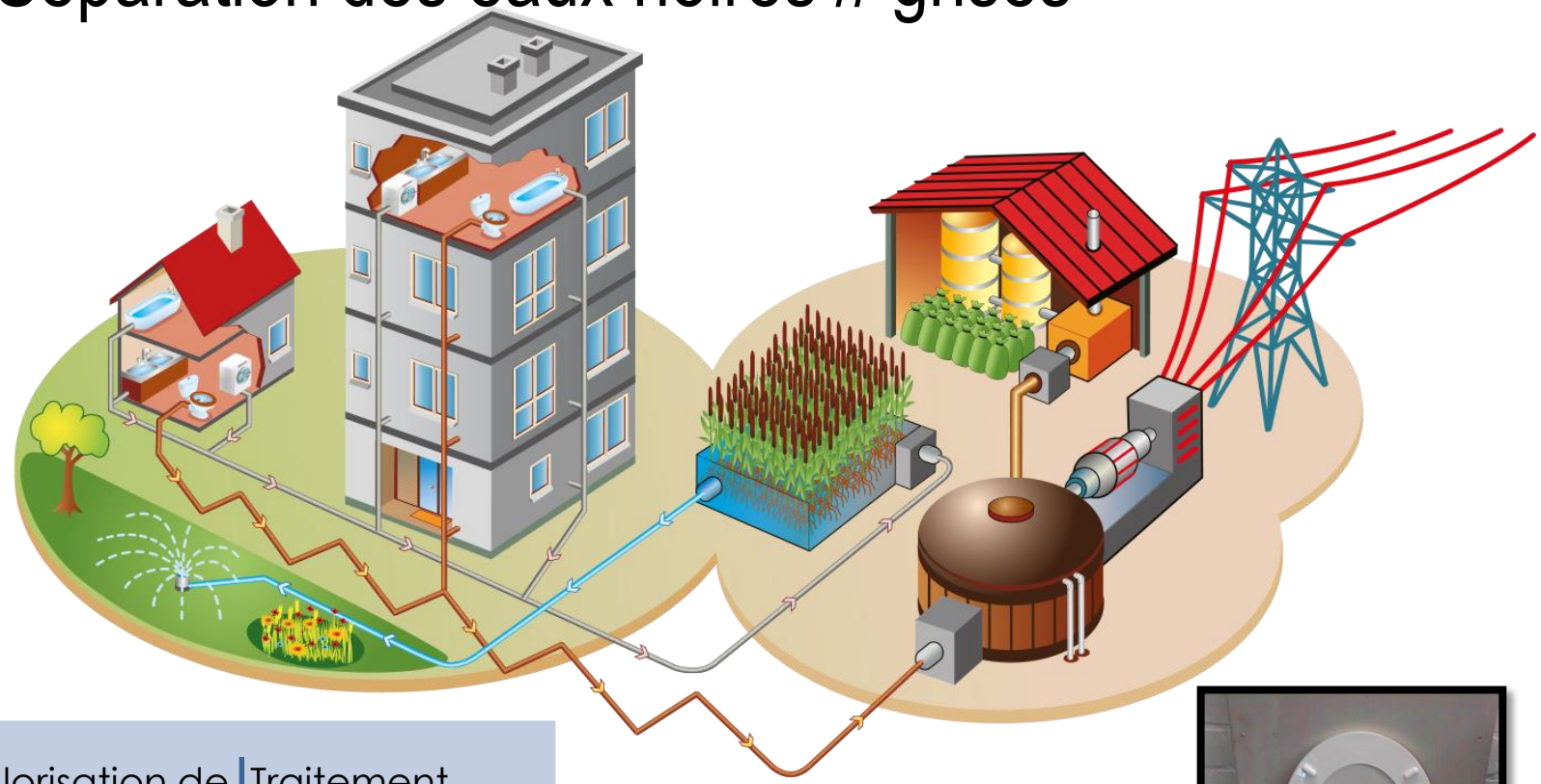


ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

L'outil permet de caractériser des scénarios sans séparation

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Séparation des eaux noires // grises



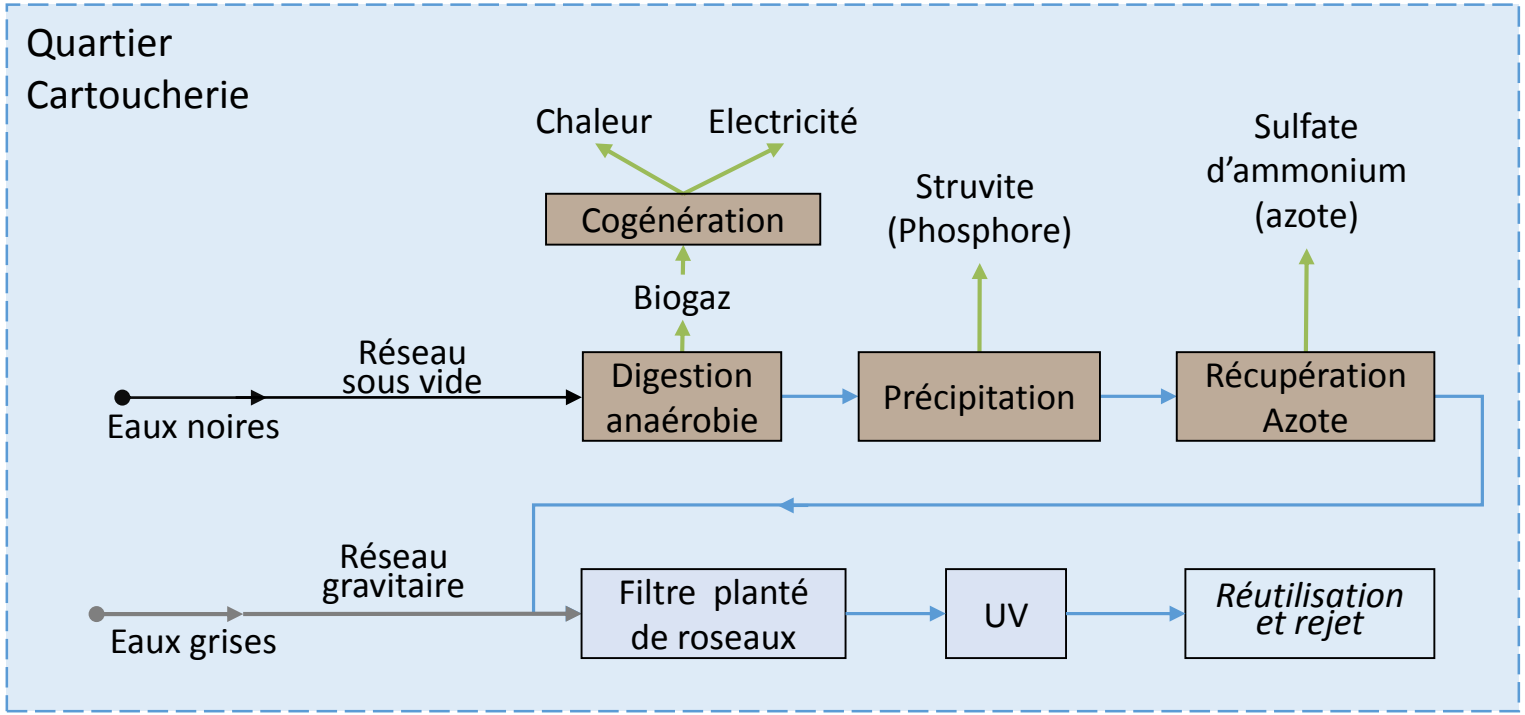
Valorisation de l'eau possible	Traitement décentralisé
Récupération de l'intégralité des nutriments	Haute technicité des traitements



Toilette sous vide, Roediger Ref [3]

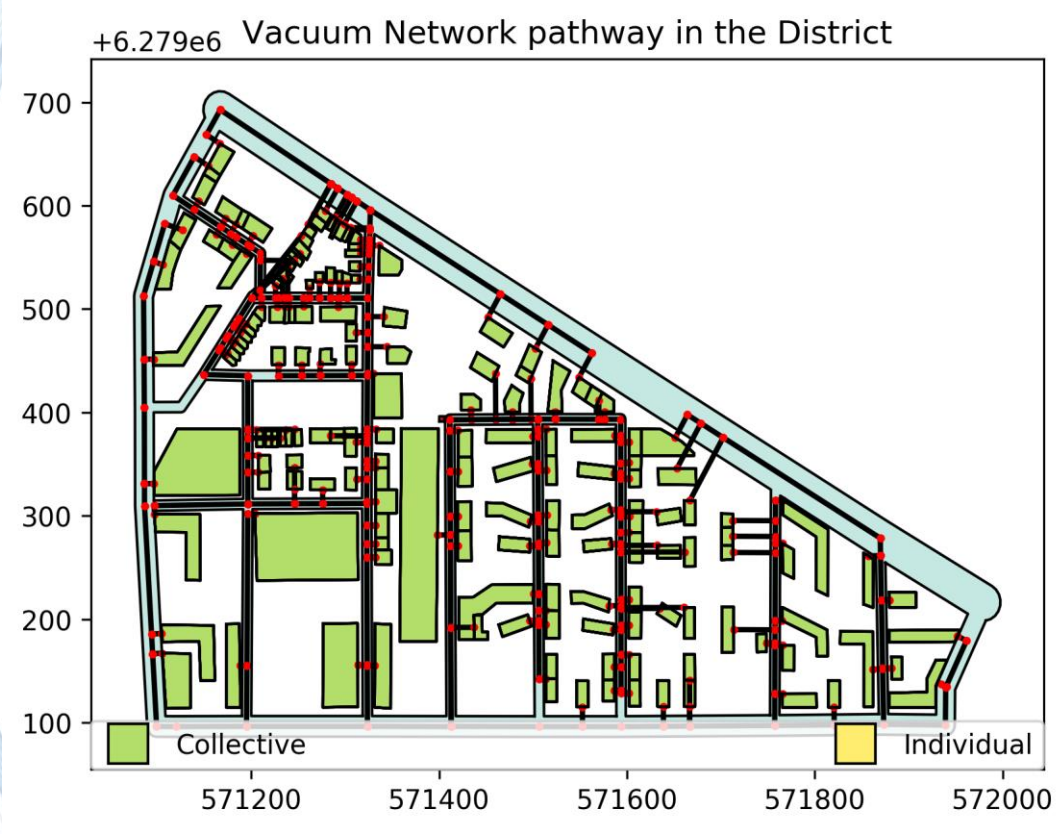
ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

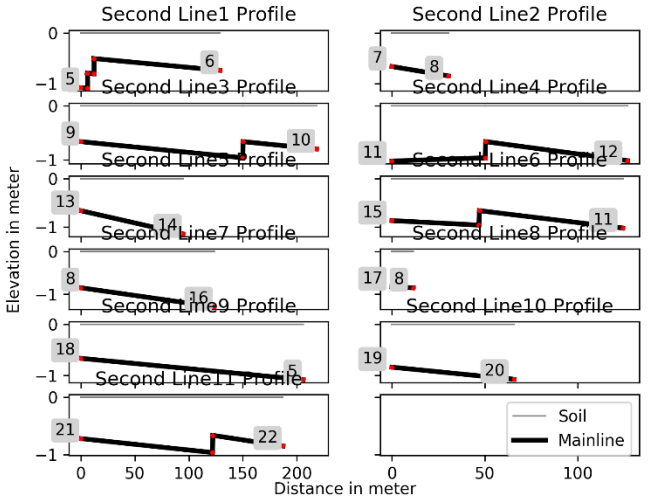
- Séparation des eaux noires // Grises



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



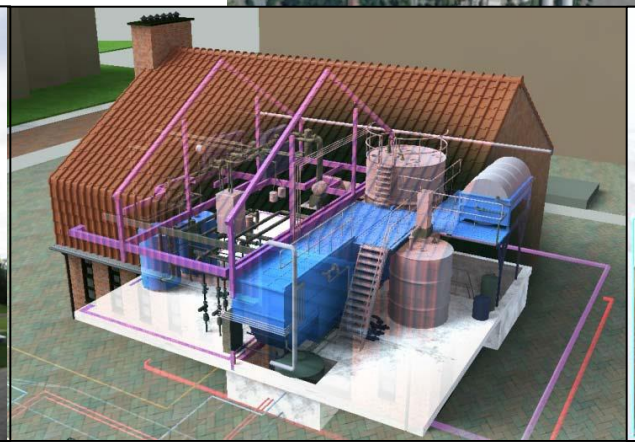


ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

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







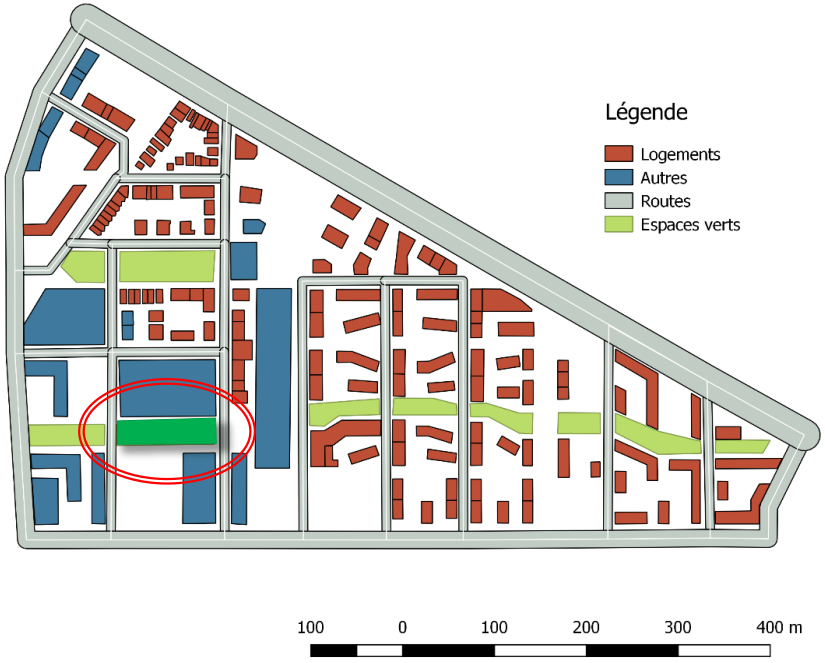


Noorderhoek, Sneek (NL)
Pour 400 personnes [8]

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]

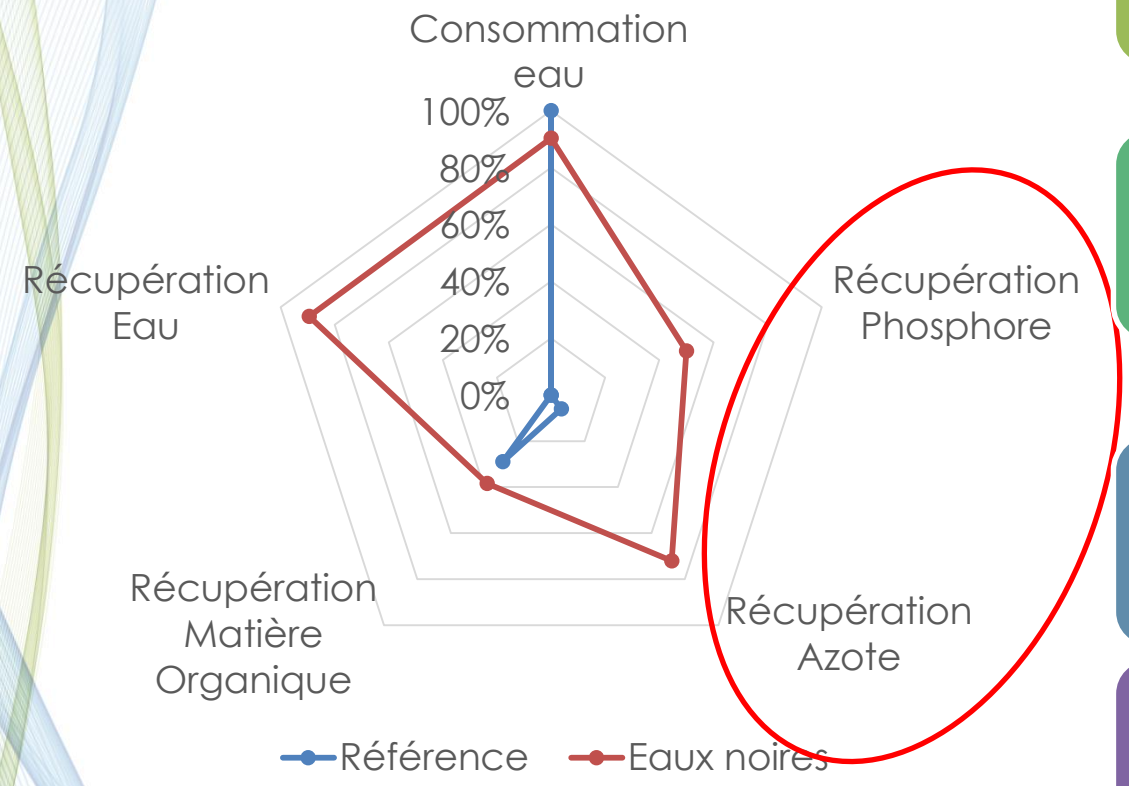
LISBP

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

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

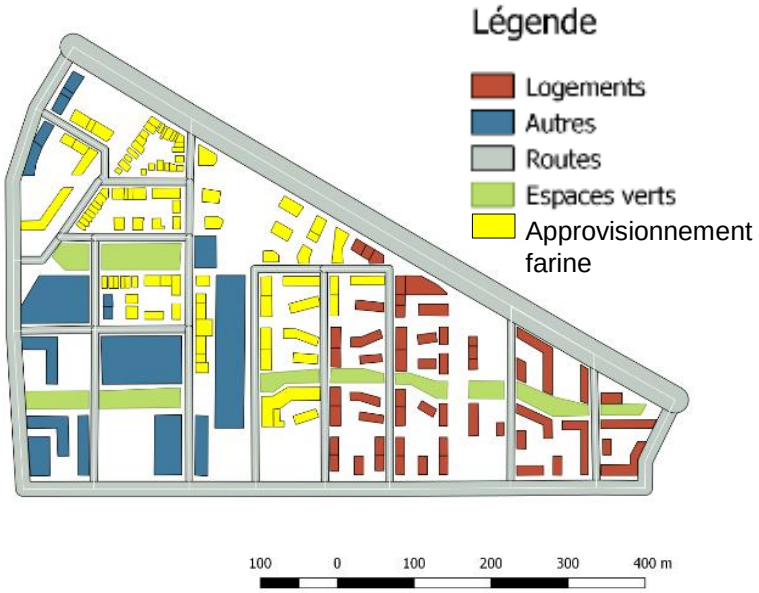
- Hypothèse : les nutriments des boues ne sont pas valorisés

Faible augmentation de la production de méthane

Fort potentiel de valorisation de l'eau

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Azote / Phosphore récupérés

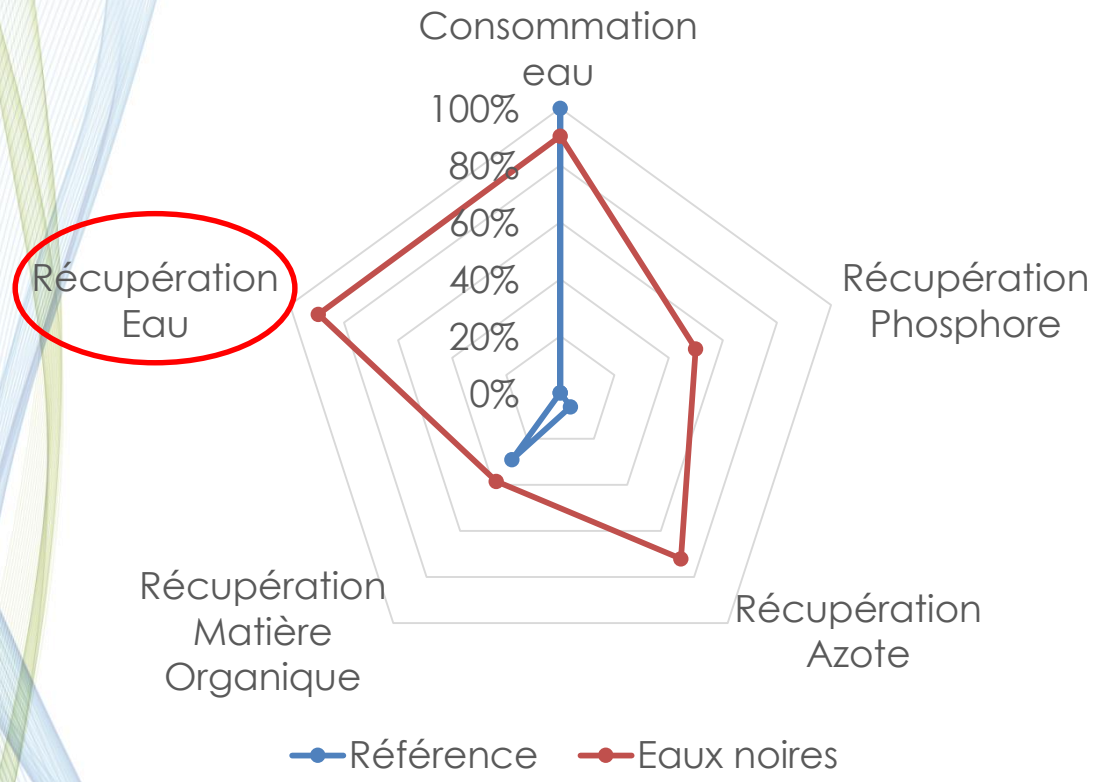


20 t azote /an
2 t phosphore/an

64 ha → 450 t de blé → 358 t de farine (sous toutes ses formes) → 3900 personnes

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

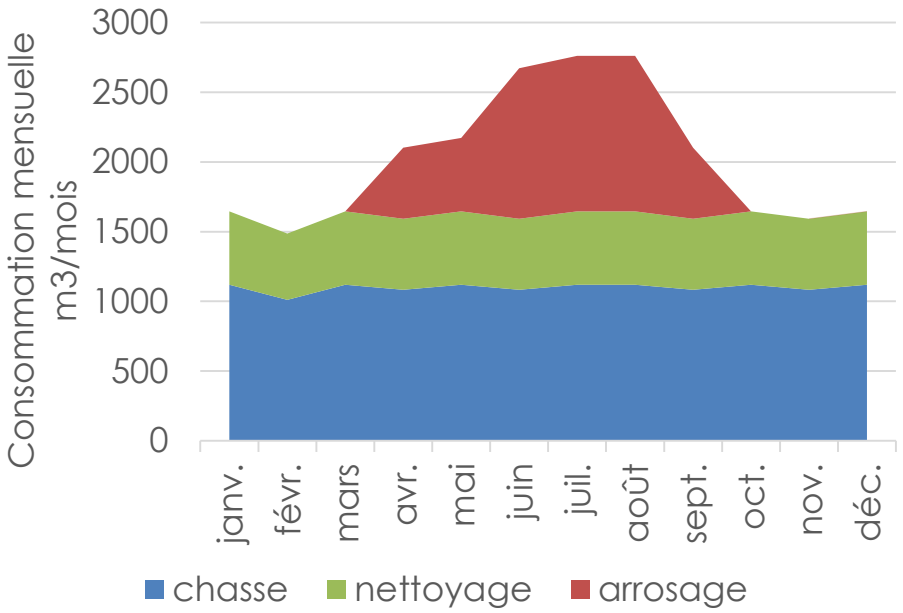
Faible augmentation de la production de méthane

Fort potentiel de valorisation de l'eau

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Quelle réutilisation pour les eaux grises traitées ?

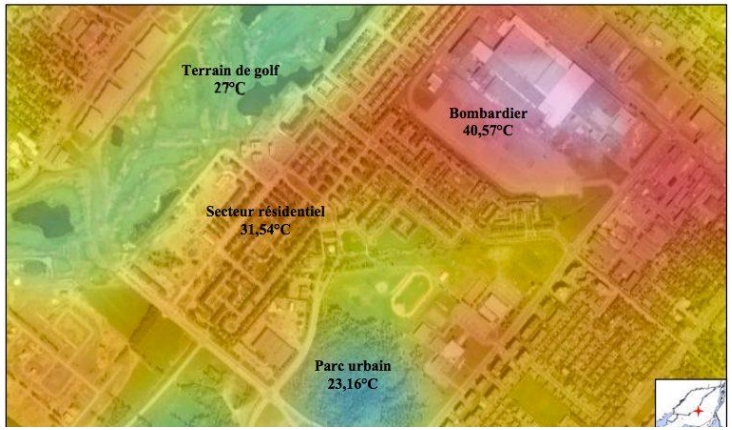
- Utilisable : 857 m^3/j
  - Chasse d'eau : 36 m^3/j
  - Besoin irrigation : 13 m^3/j
  - Nettoyage voirie : 17 - 30 m^3/j



- **Utilisation de 8% des eaux traitées**

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Il nous reste 790 m^3/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]

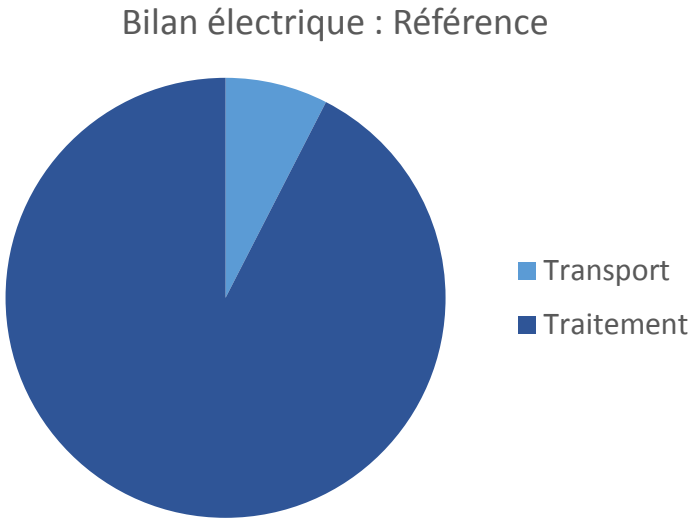
LISBP

ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

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

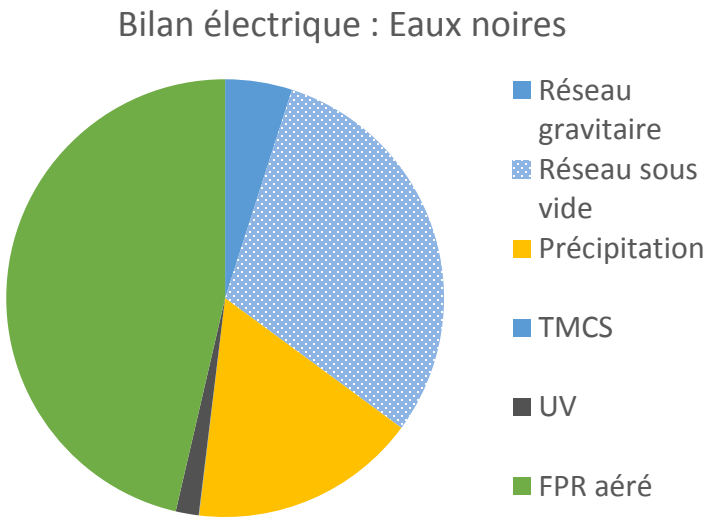
ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Bilan électrique



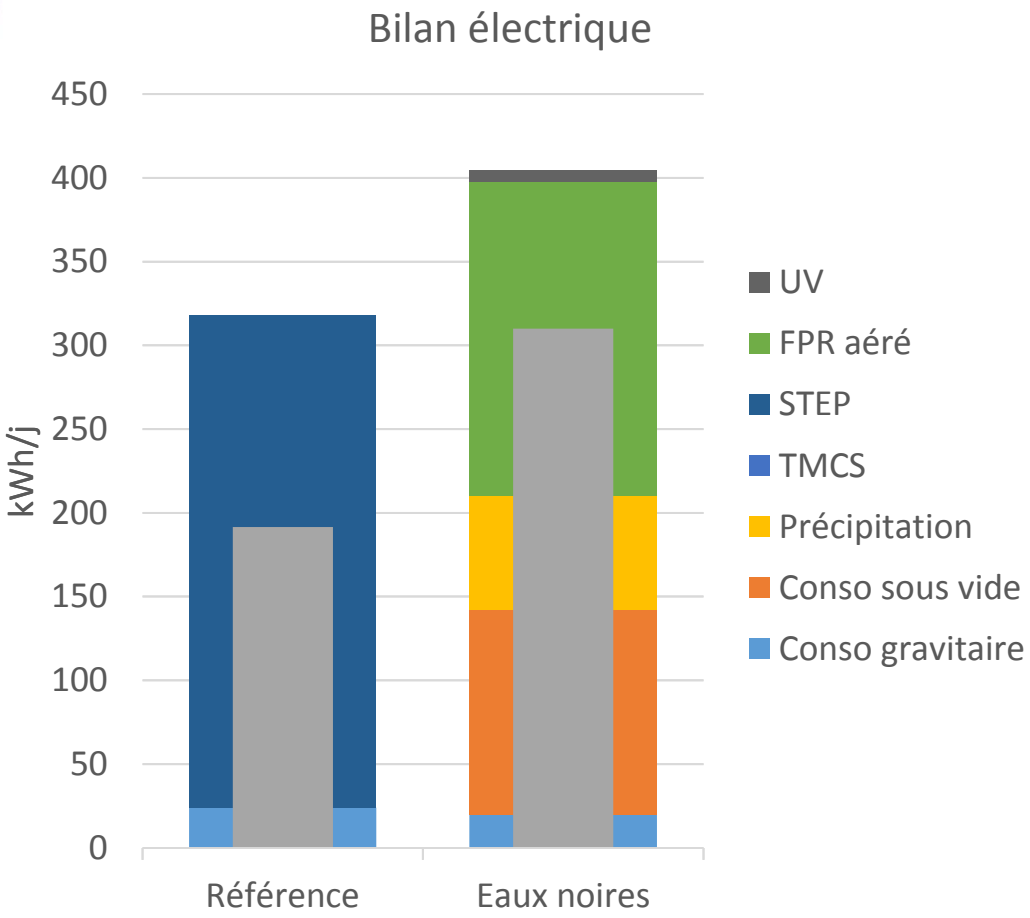
Traitement le plus impactant

Collecte non négligeable



ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

- Bilan électrique



Augmentation des consommations

Mais aussi des productions

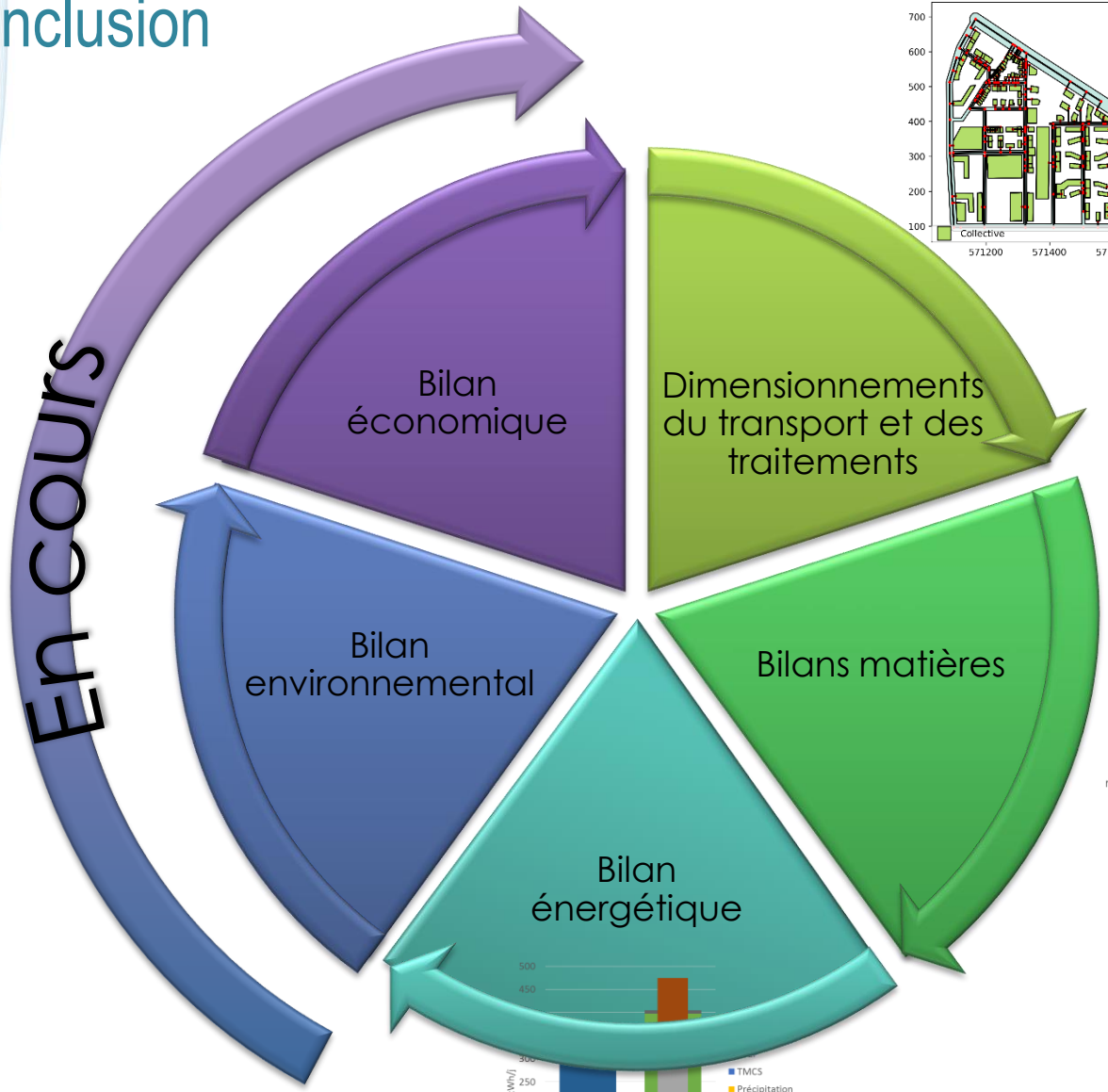
Légère amélioration du bilan électrique

Mais avec augmentation des services rendus

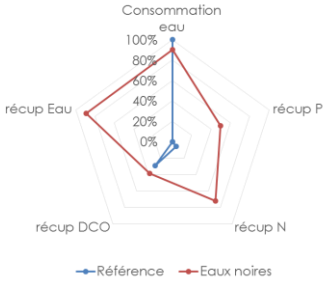
ZAC Cartoucherie Eaux noires // grises

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

Conclusion


En cours
Bilan économique
Dimensionnements du transport et des traitements
Bilans matières
Bilan énergétique
Bilan environnemental

+6.279e6
Vacuum Network pathway in the District
Collective
Individual


Consommation eau
récup P
récup N
récup DCO
récup Eau
Référence
Eaux noires

kWh/j
Référence
Eaux noires
TMCS
Précipitation
Conso sous vide
Conso gravitaire
STEP evitée
Digestion

Echanges

Partie 3 : Pour aller plus loin

Des analyses de filières complètes

Analyse de scénarios complétement décentralisé

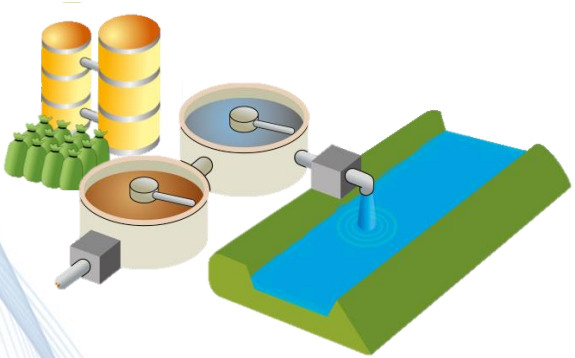
Séparation des eaux noires et grises

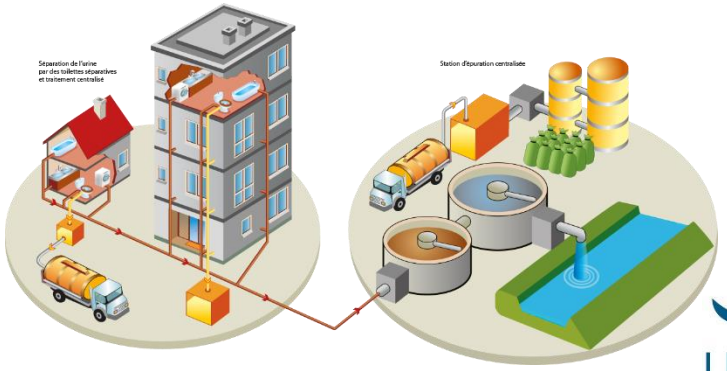
Comparaison avec des solutions sans séparation

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

Station d'épuration du futur

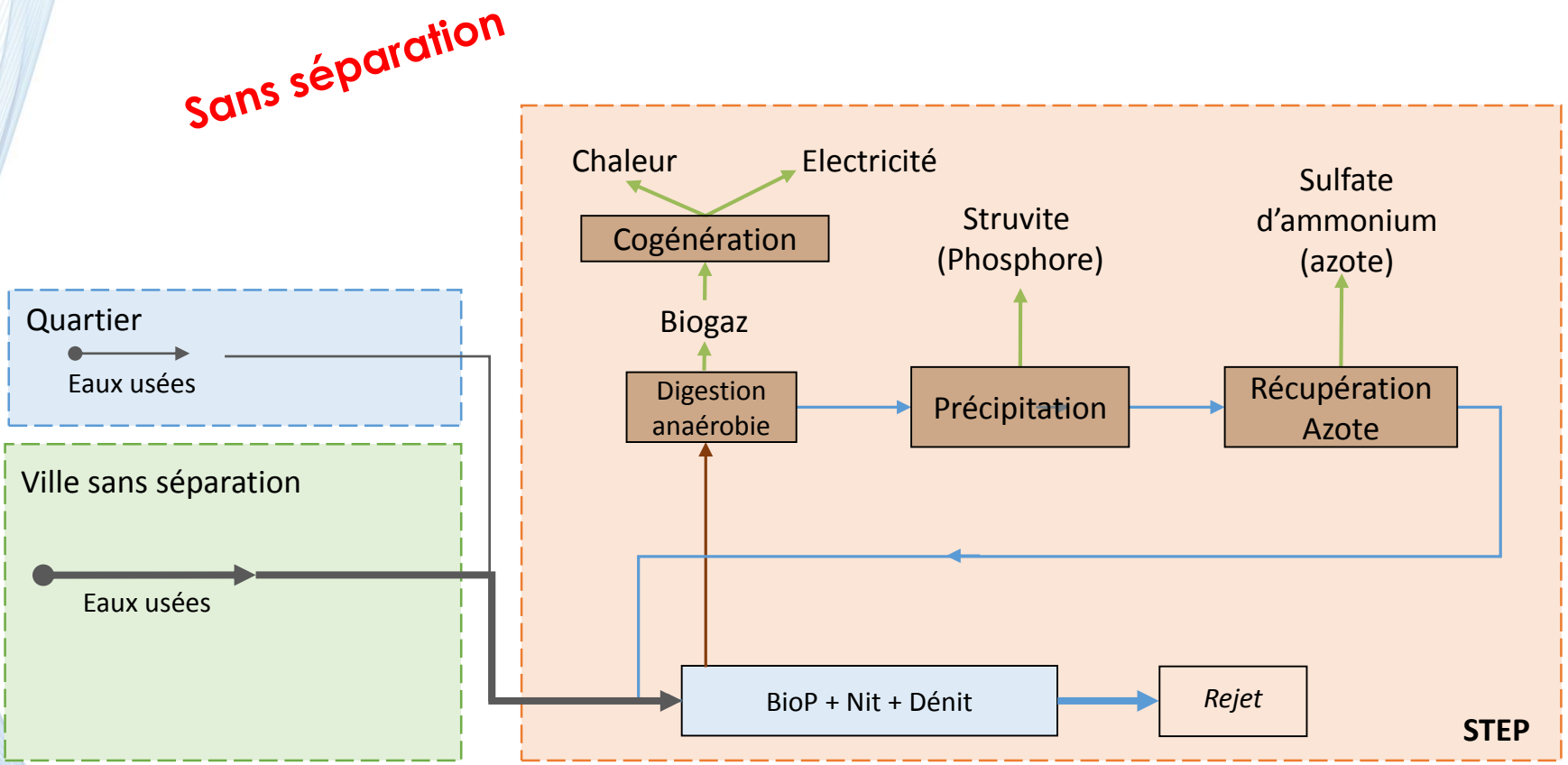
Séparation des urines et traitement à la station





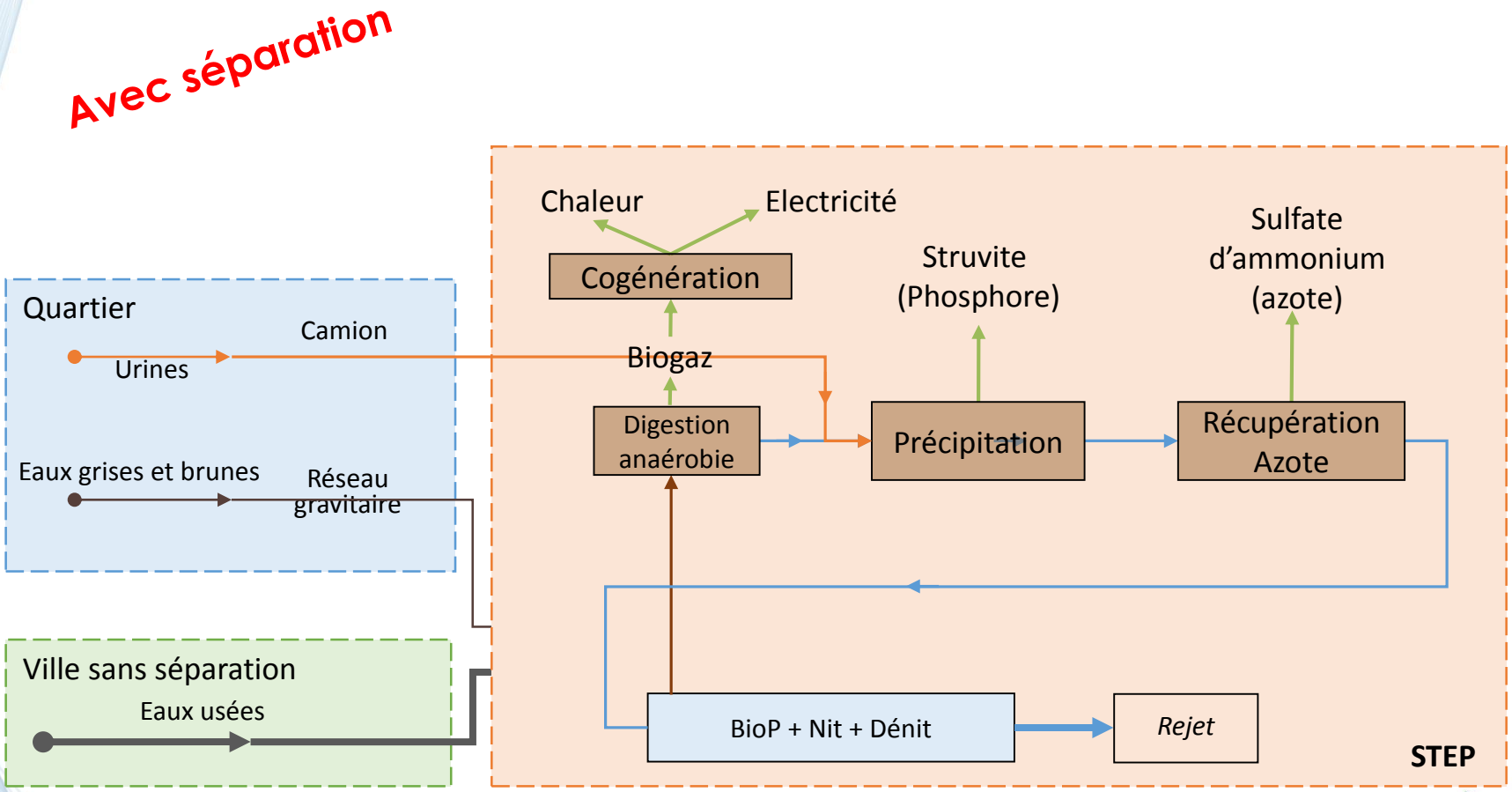
Synergie avec la station d'épuration

- Station d'épuration du futur productrice de fertilisant



Synergie avec la station d'épuration

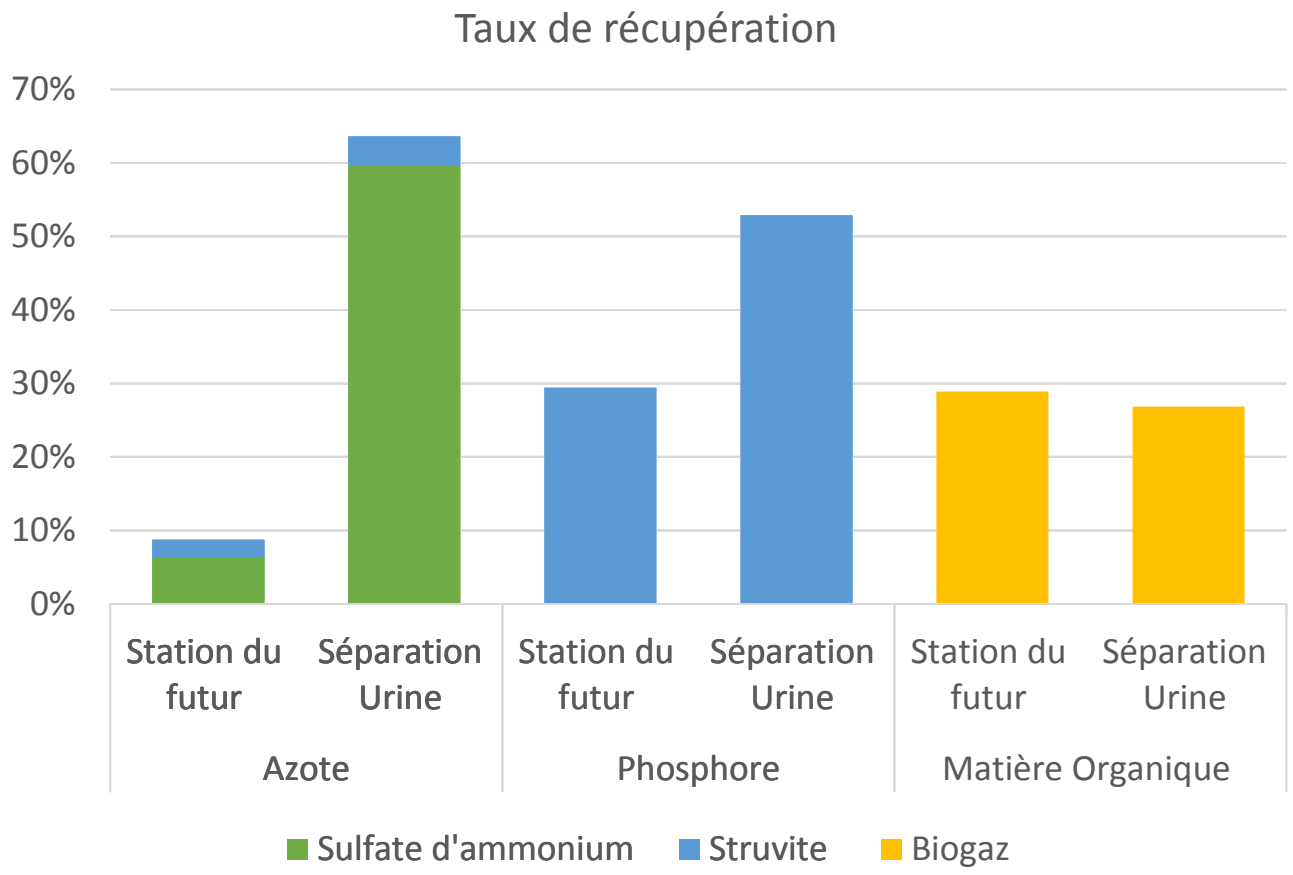
- Séparation Urine + station du futur



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

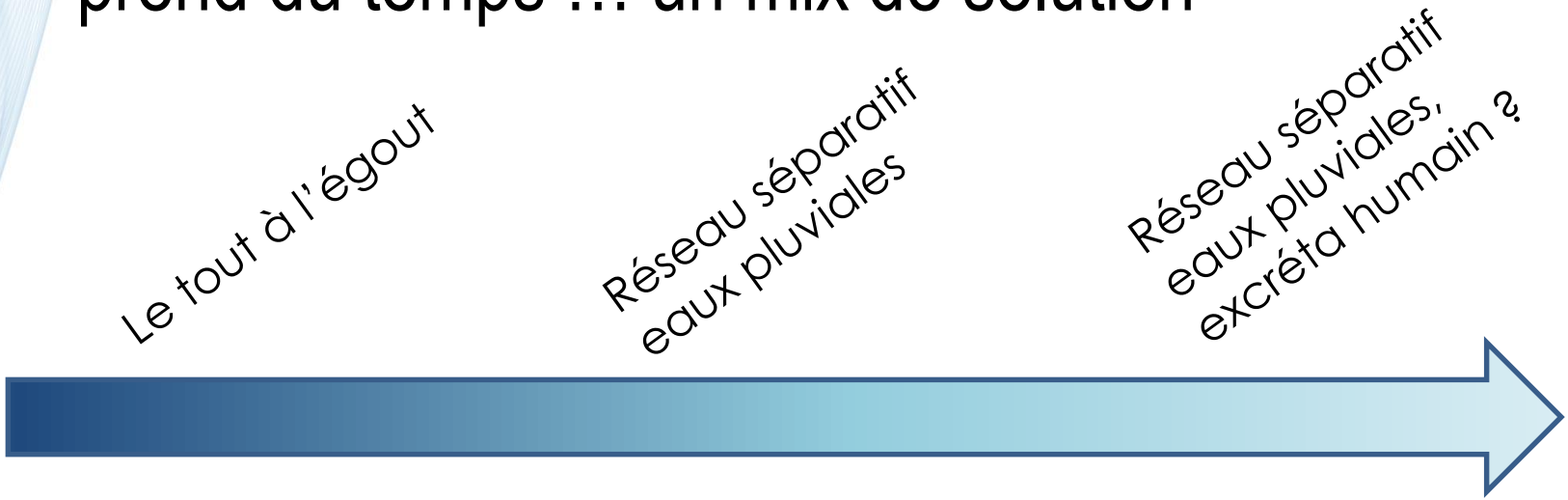
- Etude en partenariat avec le SIAAP sur l'impact de la séparation des urines sur la station d'épuration de Seine Aval

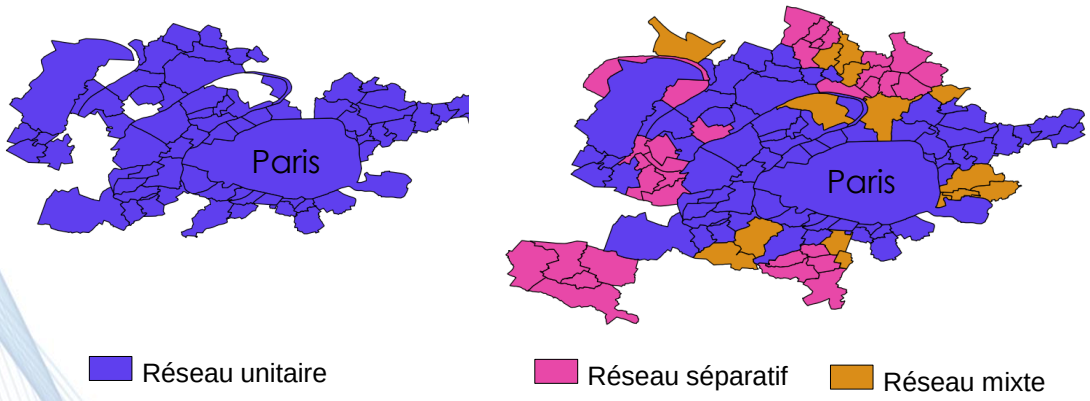


Ref [14]

Conclusion

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





Données SIAAP

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
- Meinzinger, 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/~awwweb/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 oritented 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

python

Echelle quartier

Eaux jaunes
Eaux noires
Eaux grises

Influent → Quartier → Collecte → Traitement

Réseaux gravitaire ou sous vide, transport par camion

Digestion anaérobie
Précipitation
TMCS
Bioréacteur à membrane

Outil de modélisation de station d'épuration

Sortie

Récupération N, P, COD et bilan énergétique

Paramètres de deisgn

Analyse de cycle de vie

Analyse de coûts

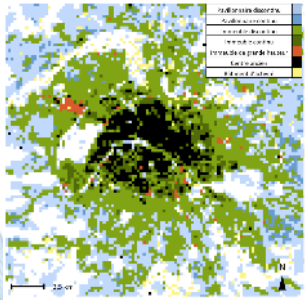
- Energie
- ACV
- Coûts

Comparaison avec des références

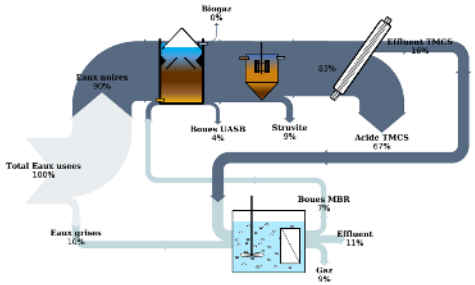
Représentation et visualisation

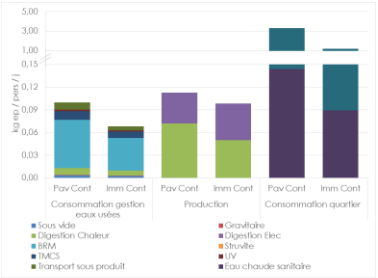
Ref [2]





Ref [5]



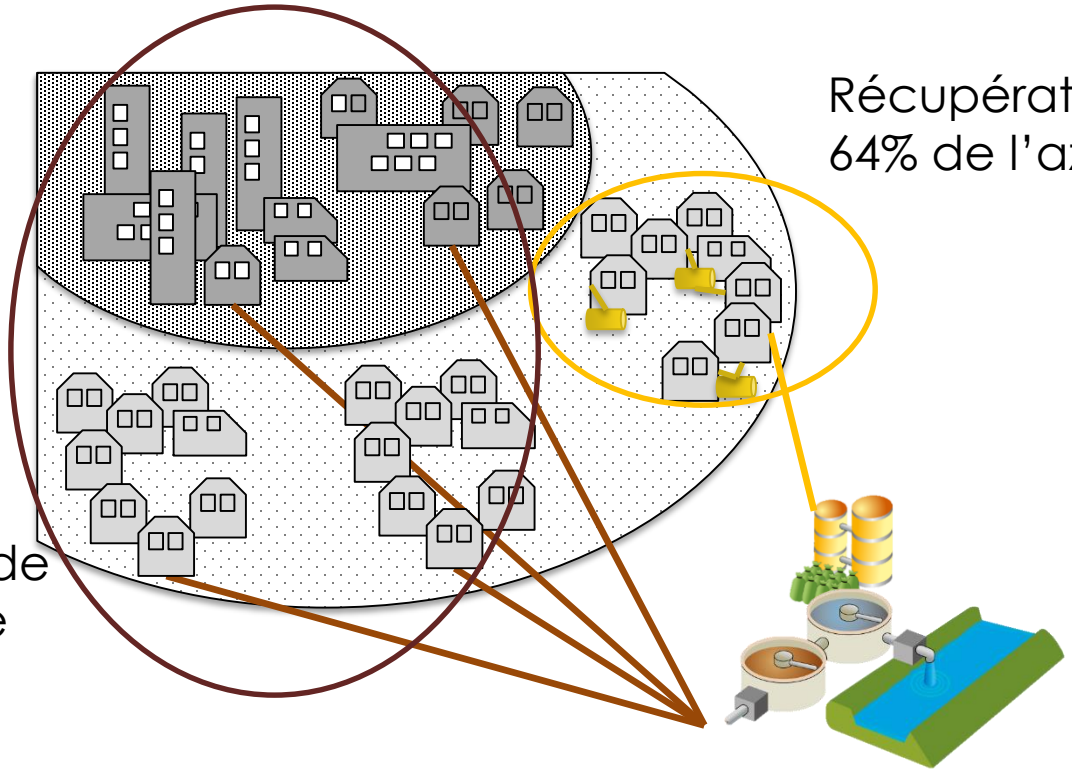


Ref [6]

Synergie avec la station d'épuration

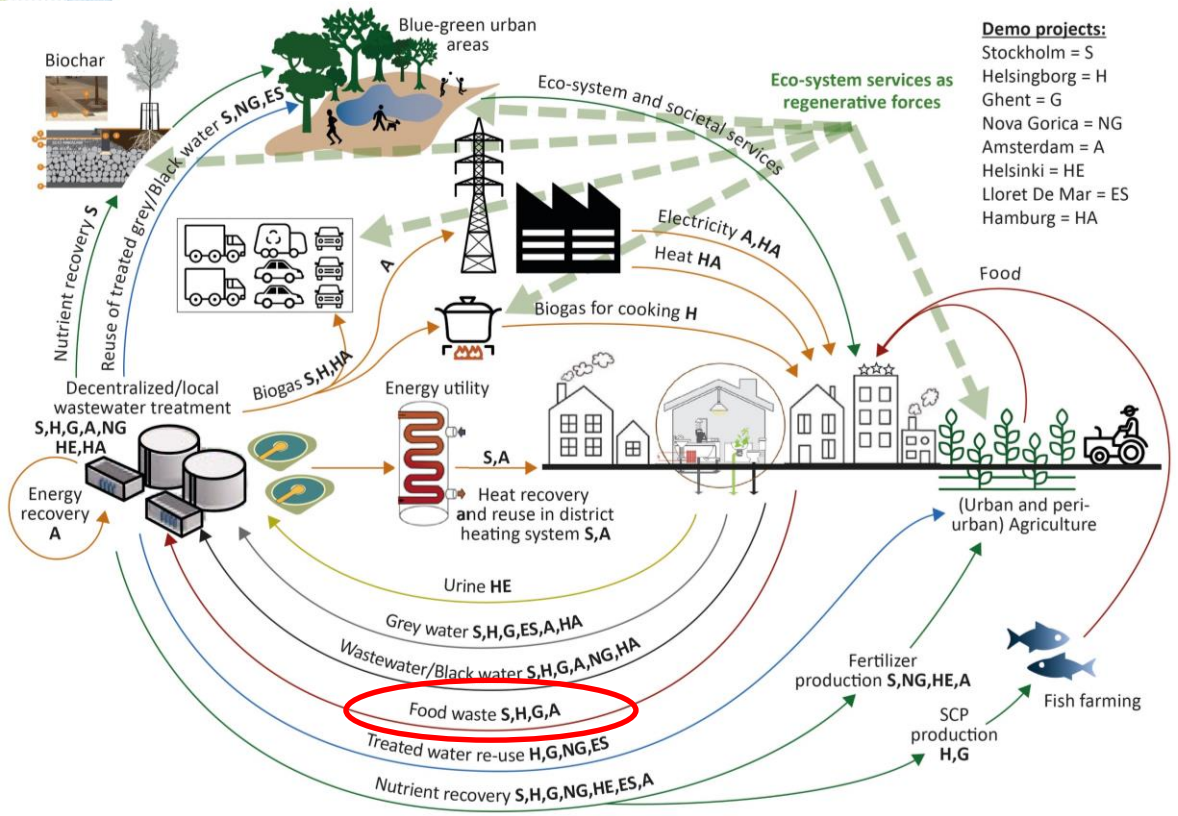
- Ville existante sans possibilité de séparer à la source avec un nouveau quartier séparant les urines

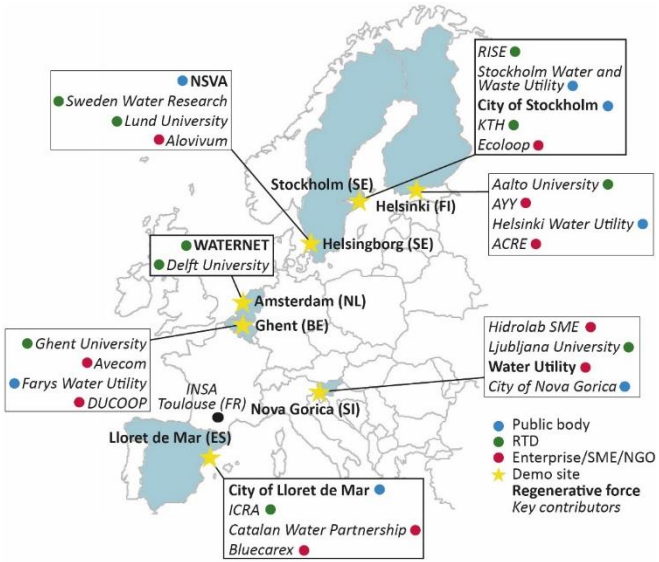
  - Une période de transition
  - 2 approches complémentaires



Synergie avec les déchets

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





- En attente de financement