

# Séparation à la source: une alternative pour une meilleure gestion de l'eau en ville

Mathilde Besson, Mathieu Spérandio, Etienne Paul, Sylvaine Berger,  
Ligia Tiruta-Barna



**MUSES**  
Modélisation Urbaine de  
Séparation des Effluents à la Source



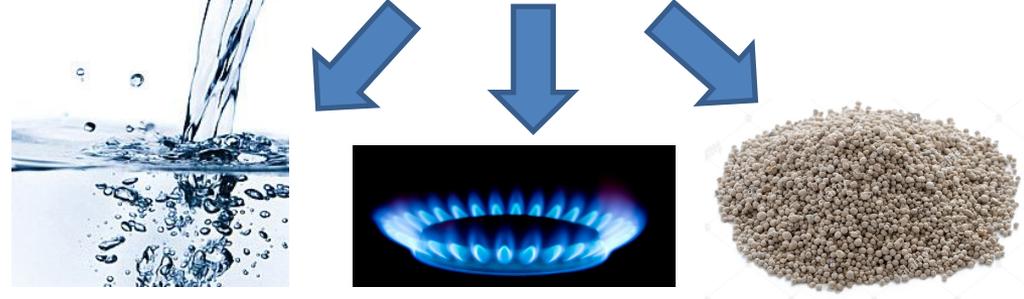
Projet MUSES



DESIGN  
ANR-17-CE22-0017



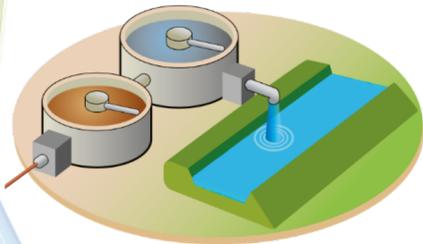
# Eaux usées = **DES** ressources



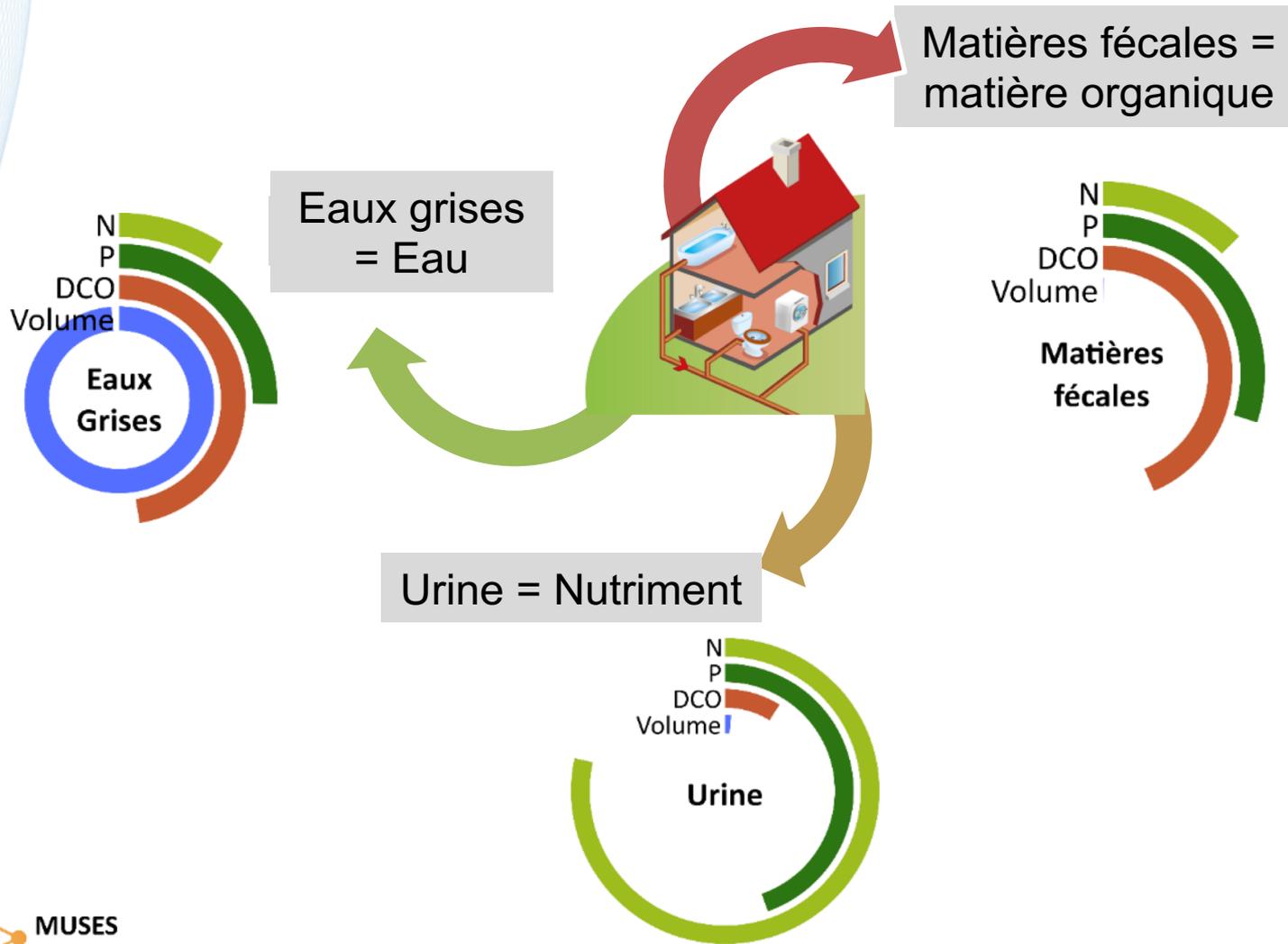
- Vaut-il mieux séparer-valoriser à la source ?

ou

- « End-of-pipe » avec des STEP-(bio)raffineries ?



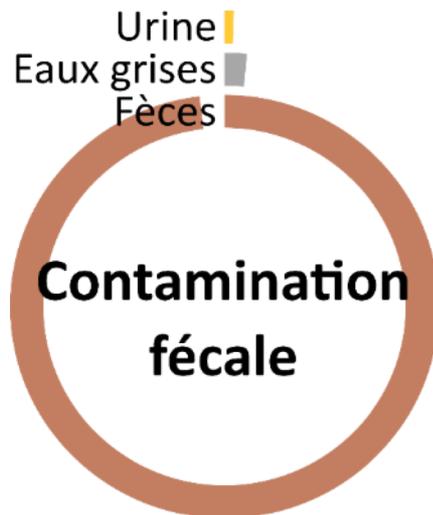
# Pourquoi séparer à la source ?



# Pourquoi séparer à la source ?

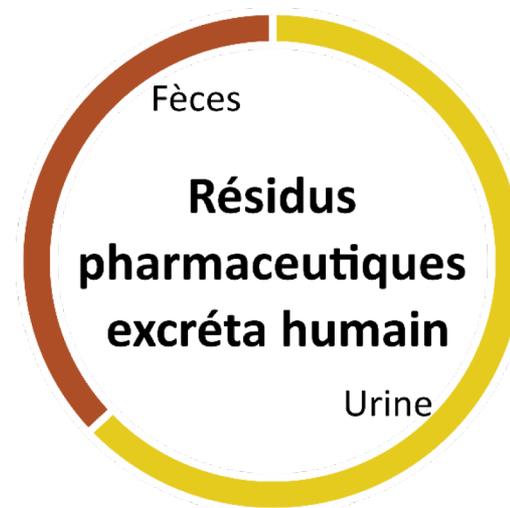
- Ségrégation des risques

Pathogènes



A partir de Schönning et al.,  
2002 et Ottoson and Stenström  
2003

Micropolluants



Lienert et al 2007

- MUSES: Développement d'un outil d'évaluation de scénarios alternatifs de gestions des eaux usées
  - Critères environnementaux
  - Critères économiques
  - Scénario avec
    - Gestion conventionnelle
    - Séparation à la source
    - Gestion potentiellement décentralisée



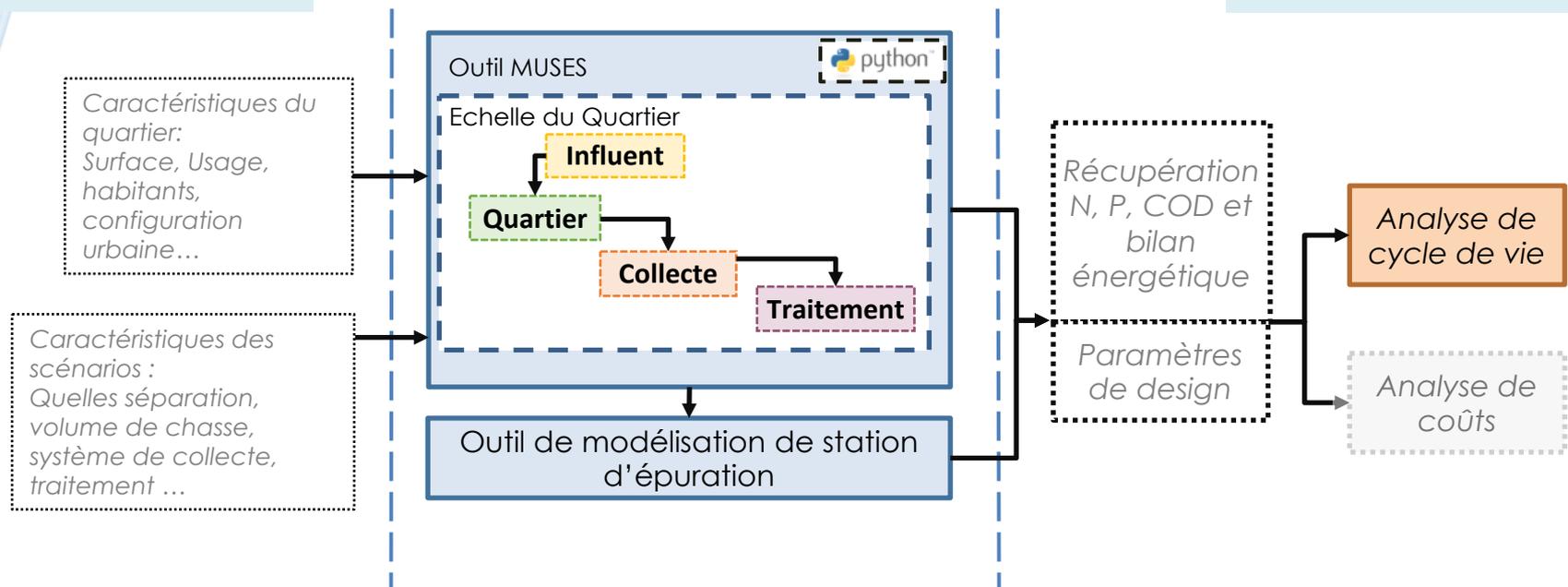
# Outil MUSES : prendre en compte l'urbanisme



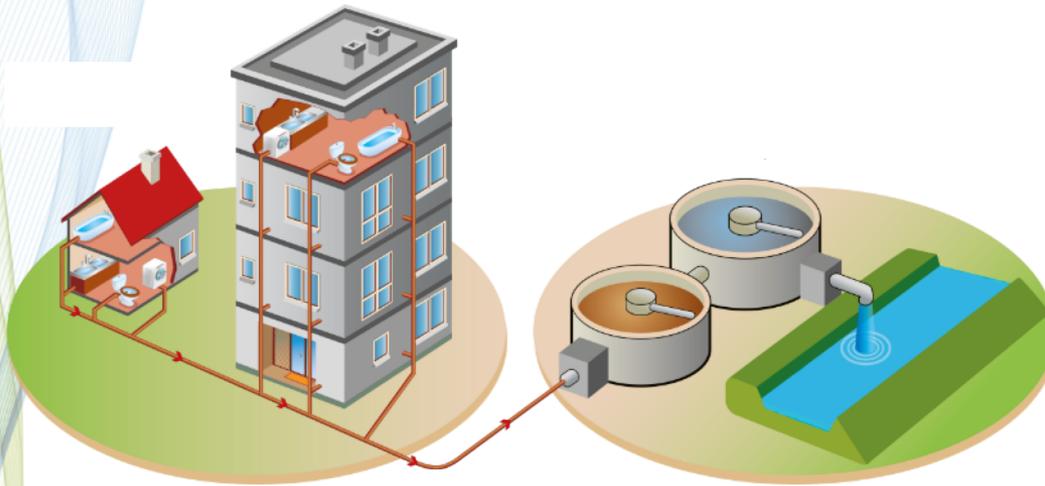
**Collecte de données**

**Modélisation**

**Création d'indicateurs**



# La gestion des eaux usées : le constat



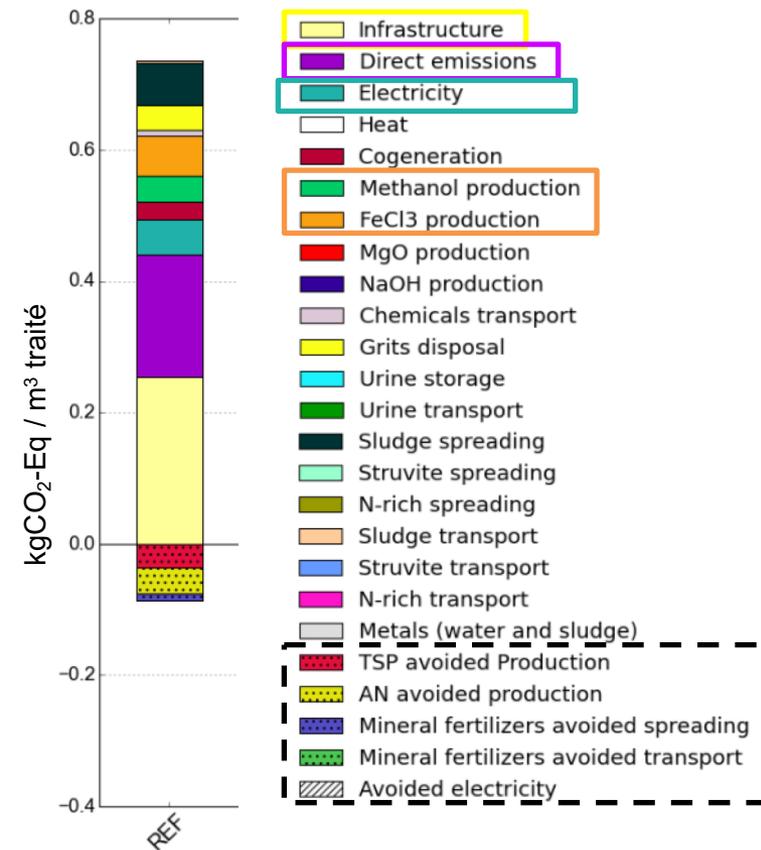
Emissions de  $N_2O$ ,  $CH_4$  et  $CO_2$

**Pour améliorer le bilan ?**

- Installation + compacte → granules ?
- Réduire les émissions directes dans l'air ?
- Eaux usées = des Ressources !

## Changement climatique

Midpoint analysis ReCiPe method



Bisinella et al., 2015

# La gestion des eaux usées : le constat

- Si valorisation de toutes les ressources :  
**DCO, N, P et eau :**  
**Gain maximum :**

Valorisation agricole des nutriments

Méthanisation et production d'électricité par cogénération

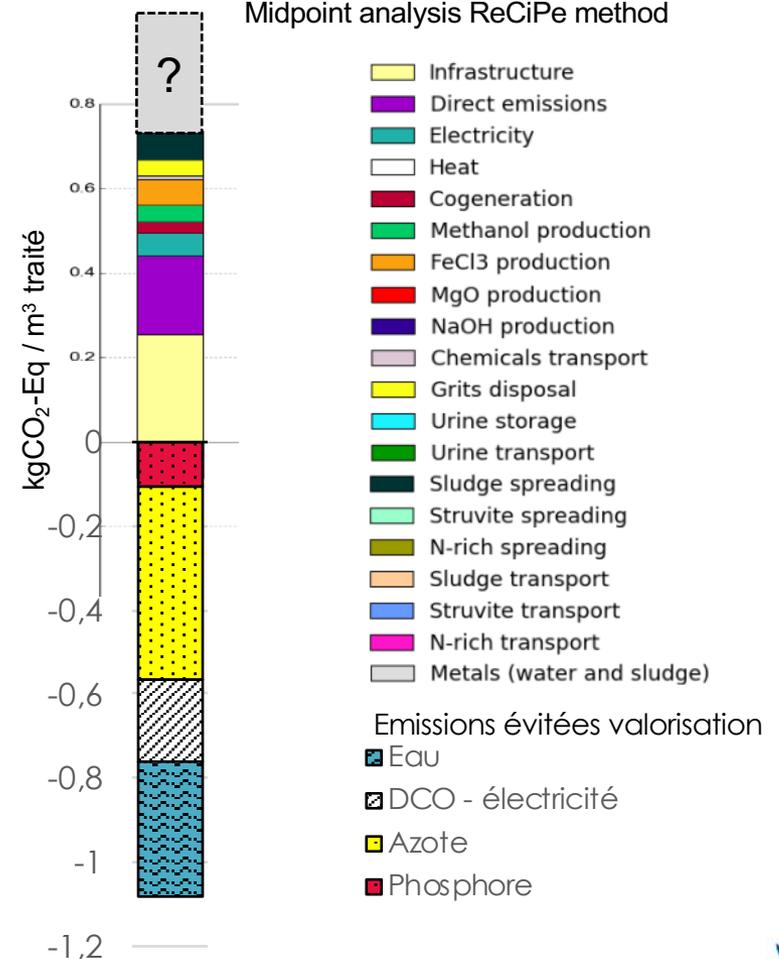
Si réutilisation totale eaux traitées pour des usages en remplacement de l'eau potable.

**Potentiellement** compensation des impacts du traitement sur le changement climatique mais :

- Valorisation de **l'azote** et de **l'eau obligatoire**

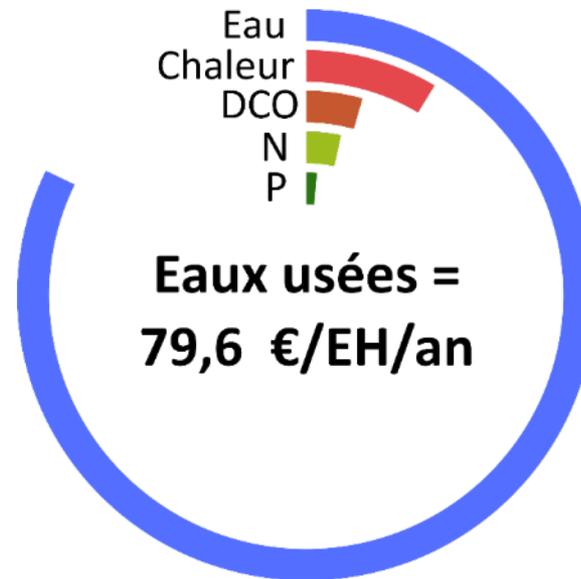
## Changement climatique

Midpoint analysis ReCiPe method



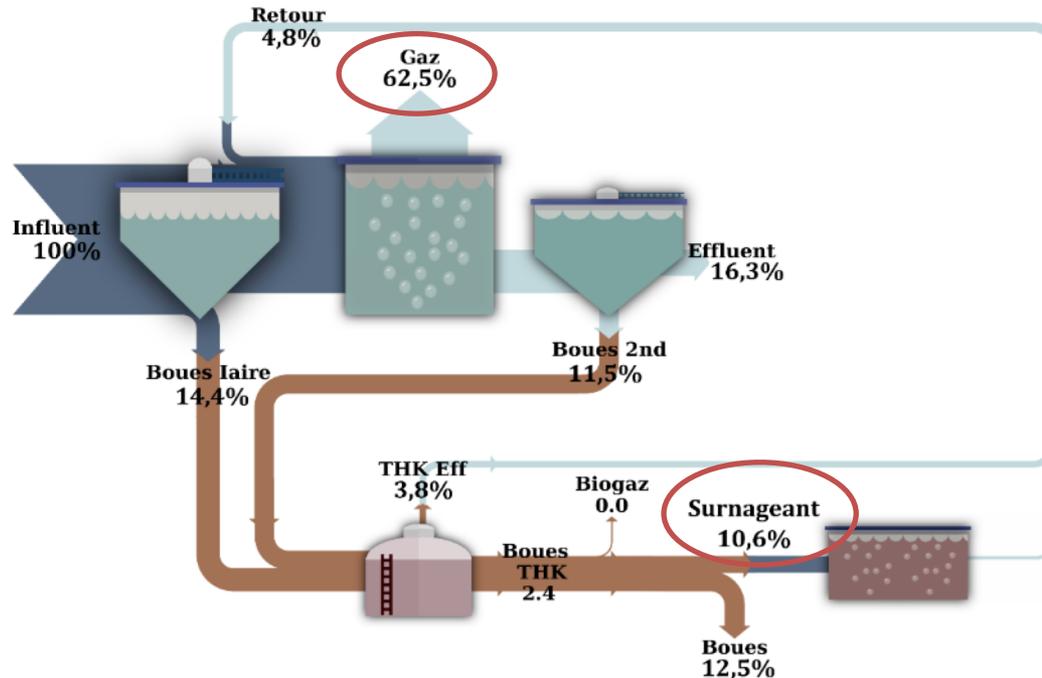
# La gestion des eaux usées : le constat

- **Valeur économique des eaux usées** (si intensification STEP  
(Verstraete 2011))



# La gestion des eaux usées : le constat

## – Flux d'azote dans la station



## – Procédés de valorisation de l'azote :

- Sur des flux concentrés (stripping, précipitation de struvite, chimiosorption transmembranaire)
- Digestat liquide : 10 à 15% des flux d'entrée !

# La séparation à la source : Comment ?

- Séparation des urines

## Avantages :

- valorisation agricole facilité
- Faible volume
- Peut être implanté à toutes les échelles

Toilette Save!

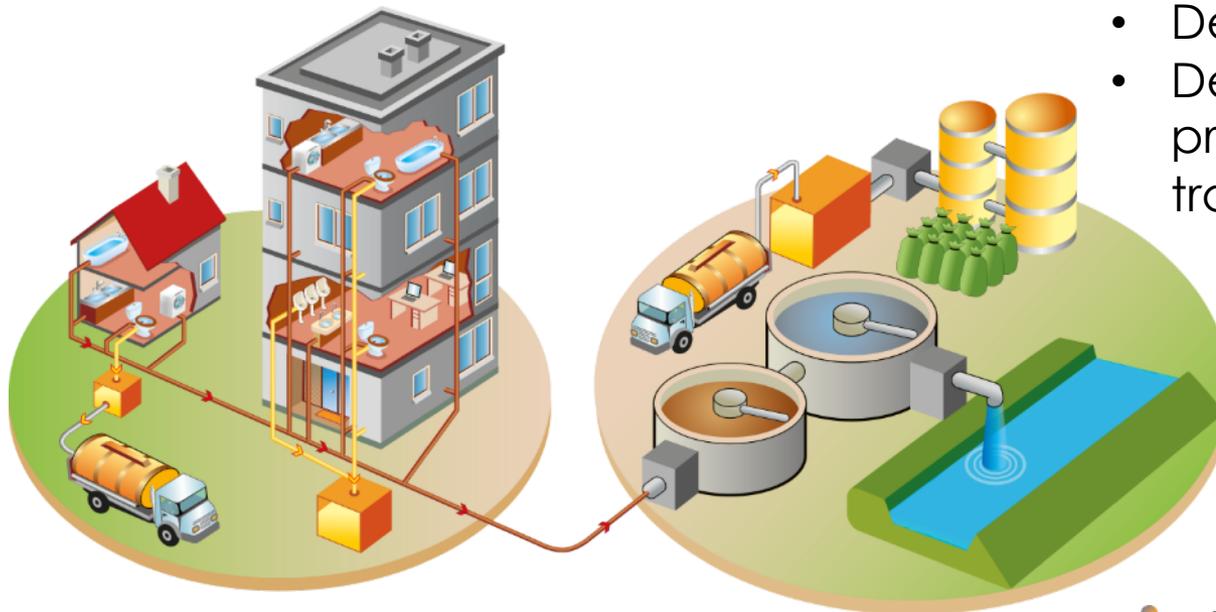


Ref [1]

Toilette No-Mix



Ref [2]



## Inconvénients :

- Des toilettes non mature
- Des problèmes de précipitation spontanée → transport par camion

# La séparation à la source : Comment ?

- Séparation des eaux noires // eaux grises

Avantages :

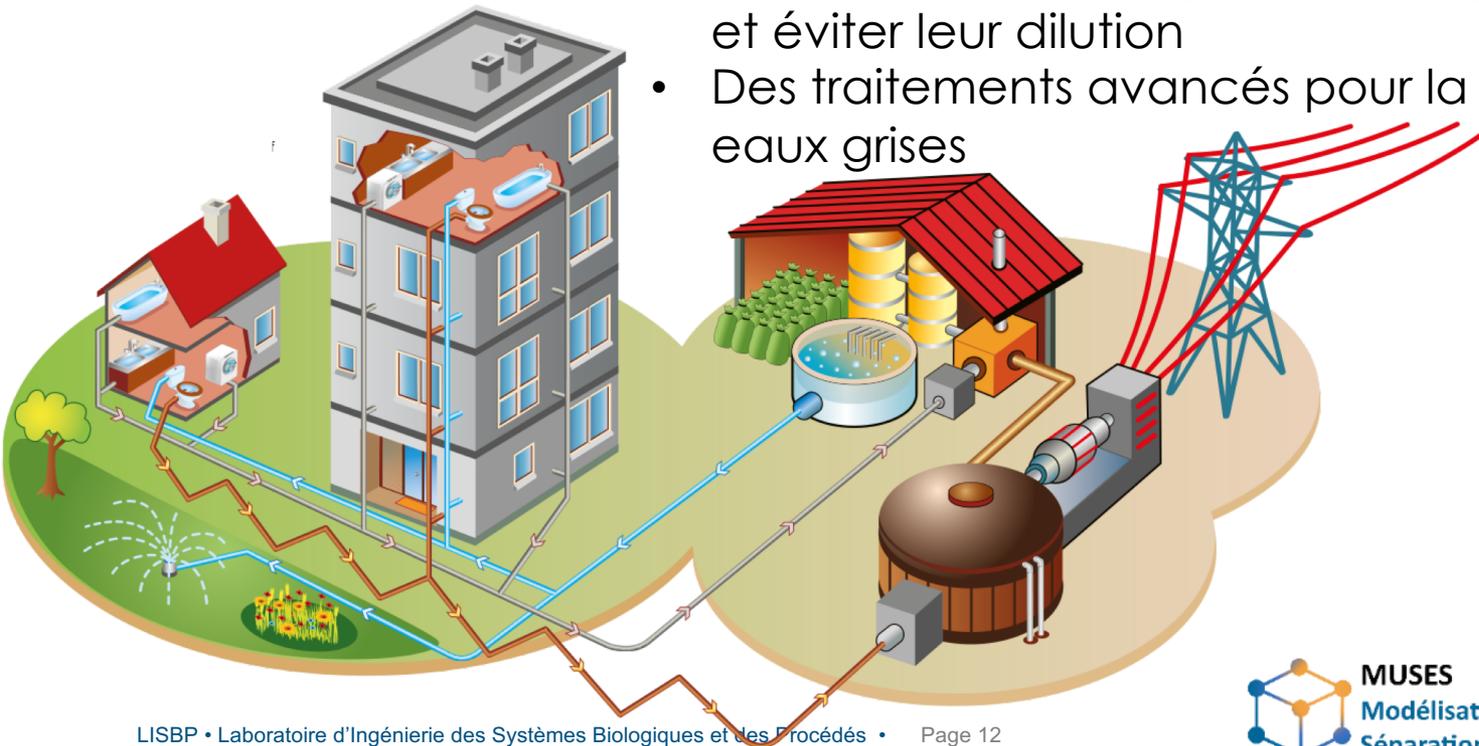
- Valorisation des eaux possibles
- Valorisation énergétique des eaux noires

Nécessite :

- un réseau sous vide pour le transport des eaux noires et éviter leur dilution
- Des traitements avancés pour la réutilisation des eaux grises

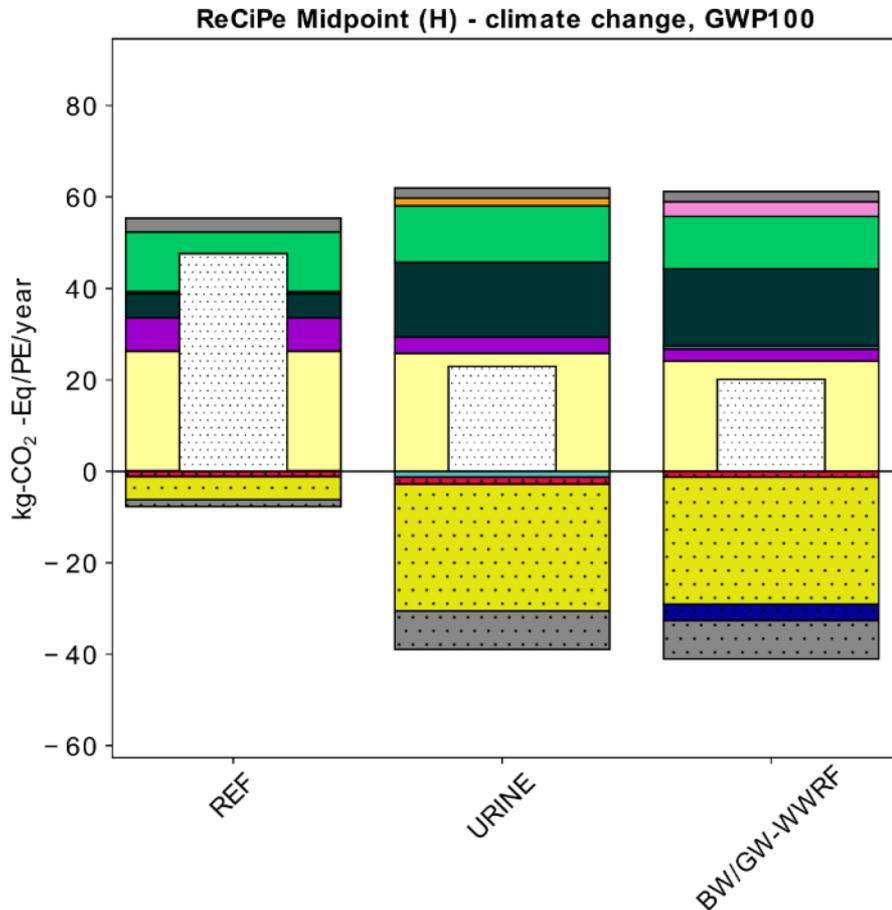


Toilette sous vide, Roediger  
Ref [3]

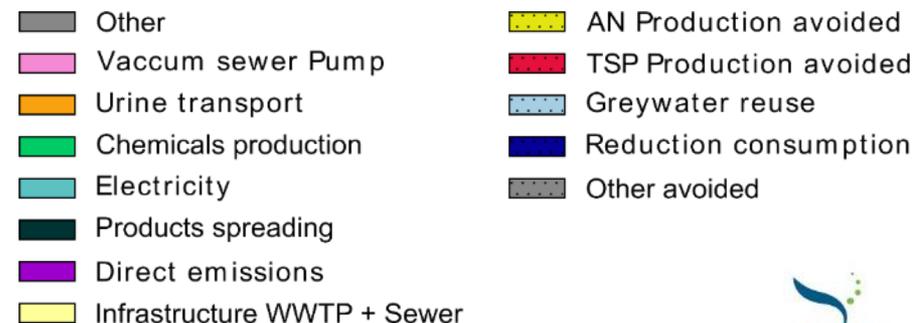


# La séparation à la source, comment ?

- Séparation eaux noires ou urine ?



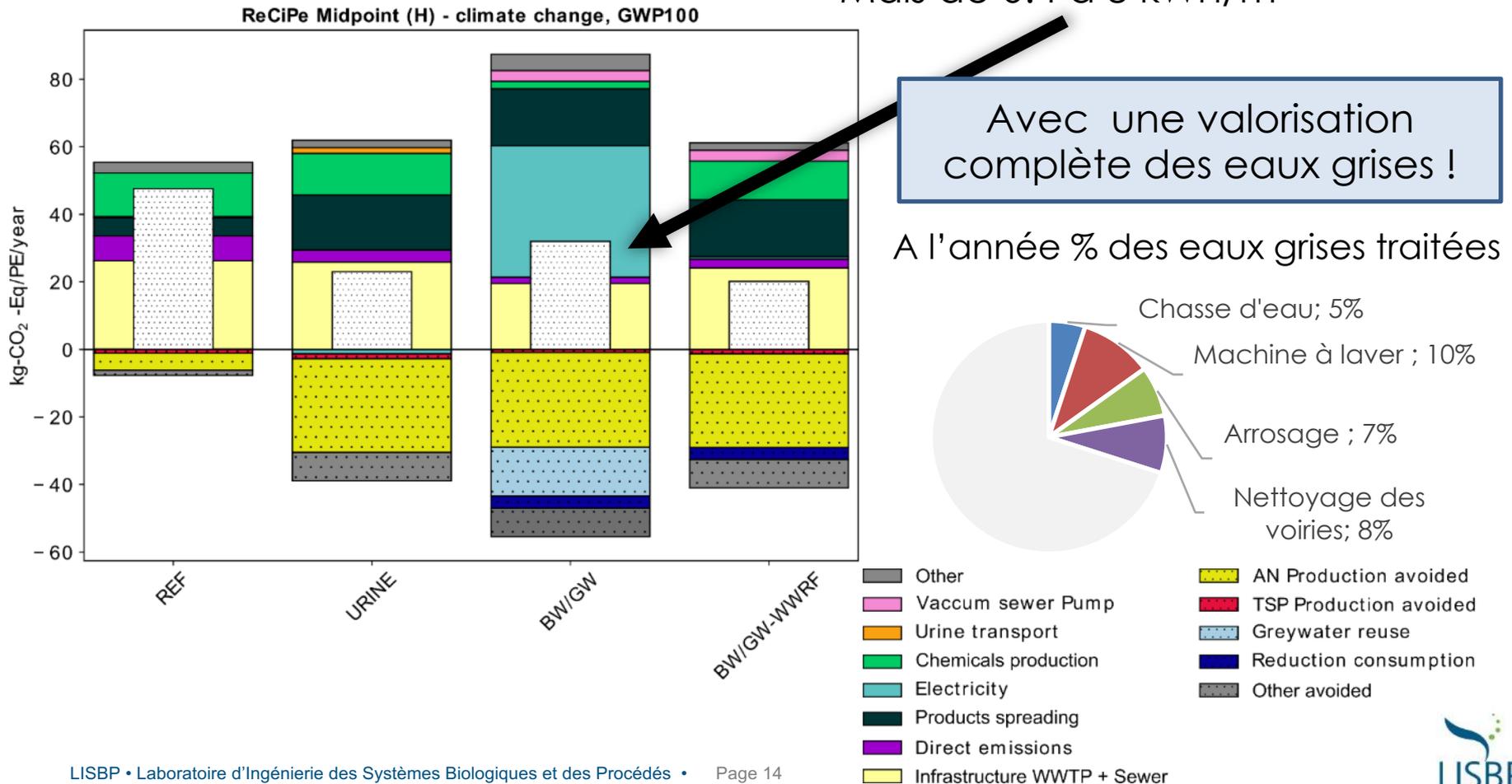
Si traitement des eaux grises en STEP :  
Même bilan sur le changement climatique car même quantité valorisé en N ~ 60% de l'azote du quartier



# La séparation à la source, comment ?

- Si Valorisation des eaux grises

Bioréacteur à membrane : 1.6kWh/m<sup>3</sup>  
Mais de 0.4 à 8 kWh/m<sup>3</sup>

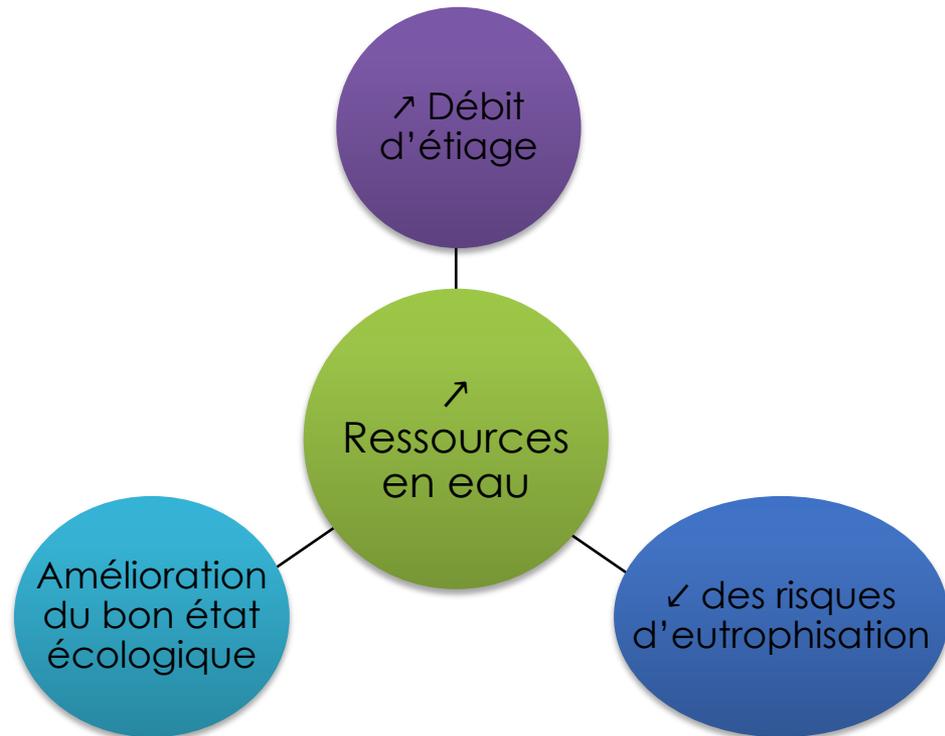


# La séparation à la source, comment ?

- Si Valorisation des eaux grises
  - Nécessite une analyse sur plus de critères :

Extraction évitée :

- 12 m<sup>3</sup>/EH/an grâce au économie sur la chasse d'eau
- 52 m<sup>3</sup>/EH/an grâce à la réutilisation des eaux grises

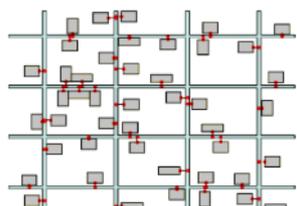


# La séparation à la source, oui mais où ?

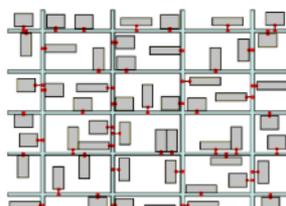
- L'urbanisme et la taille du projet influencent les résultats :
  - Densité urbaine
  - Usage des bâties
- L'outil MUSES prend en compte le type d'urbanisme :



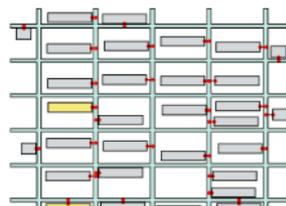
Cas d'étude : la Cartoucherie à Toulouse



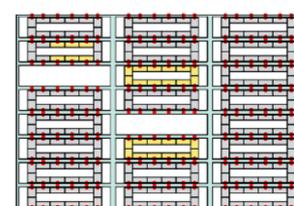
Pavillons  
Discontinus



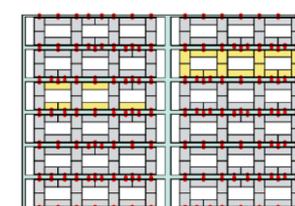
Pavillons  
Continus



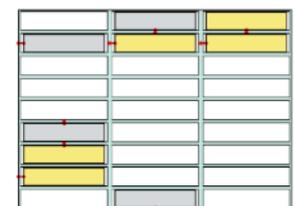
Immeubles  
Discontinus



Immeubles  
Continus



Centre ancien



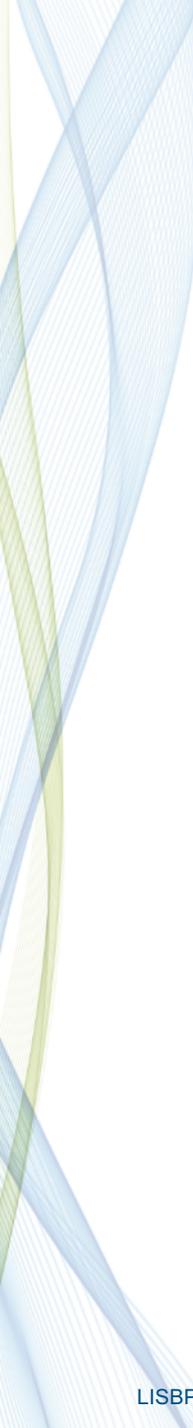
Grande Tour

# Conclusion

- ① Un bénéfice sur le changement climatique de la valorisation matière: N, Eau, P et DCO
- ② Un bénéfice économique à valoriser l'eau et une diminution des pressions d'extraction sur la ressource
- ③ La séparation à la source peut résoudre les limitations de valorisation de la station d'épuration → mix de solutions
- ④ Besoin d'une vision intégrée (MUSES)

Merci beaucoup !

Des questions ?



Restitution Projet SMS  
Séparer les micropolluants à la source  
12 juin 2019 – Toulouse

[inscription restitution SMS](#)

# Références

Bisinella de Faria, A.B., 2016. Development of an integrated approach for wastewater treatment plant optimization based on dynamic modelling and environmental assessment. Université de Toulouse, Toulouse, France.

Lienert, J., Bürki, T., Escher, B.I., 2007. Reducing micropollutants with source control: substance flow analysis of 212 pharmaceuticals in faeces and urine. *Water Science & Technology* 56, 87. <https://doi.org/10.2166/wst.2007.560>

Ottoson, J., Stenström, T.A., 2003. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water Res.* 37, 645–655. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00352-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00352-4)

Schönning, C., Leeming, R., Stenström, T.A., 2002. Faecal contamination of source-separated human urine based on the content of faecal sterols. *Water Research* 36, 1965–1972. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00427-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00427-4)

Verstraete, W., Vlaeminck, S.E., 2011. ZeroWasteWater: short-cycling of wastewater resources for sustainable cities of the future. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 18, 253–264. <https://doi.org/10.1080/13504509.2011.570804>

# Références

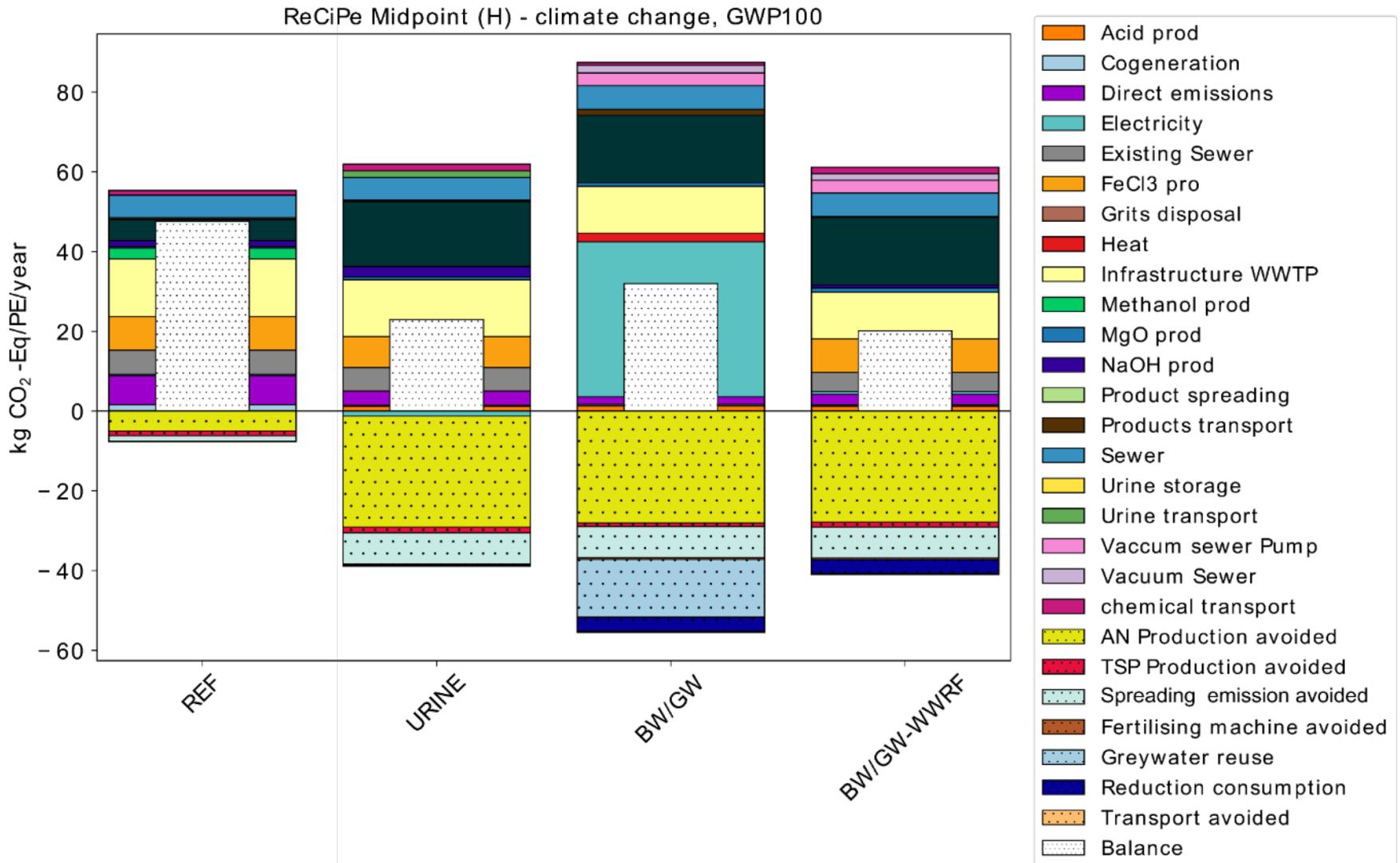
## Crédit photos

[1] EOOS Available at <https://www.laufen.com/en/newsroom-and-press/press-releases/ish-2019>

[2] Judith Lienert. Available at <http://newatlas.com/nomix-toilet-accepted-in-european-project/14502/>

[3] 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](https://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/susan/downloads/SuSan_en.pdf)

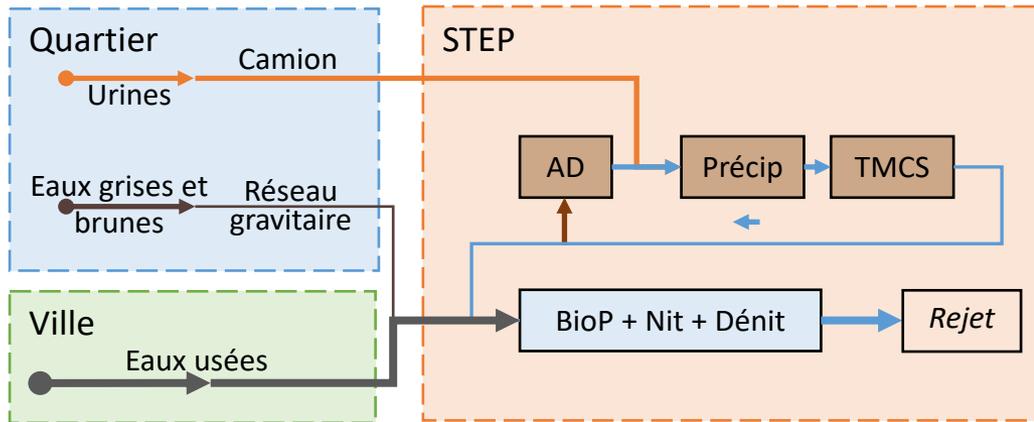
# Annexes : Détails changement climatique



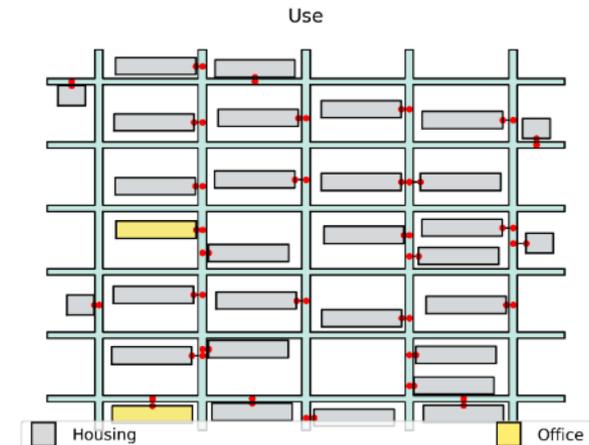
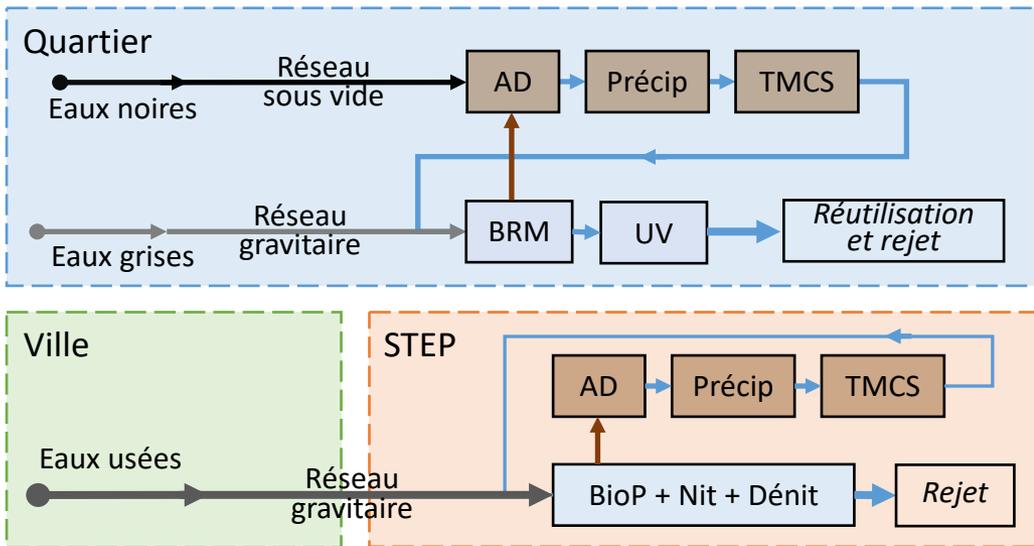
# Annexes : détails des scénarios

- 2 scénarios sur un quartier

URINE

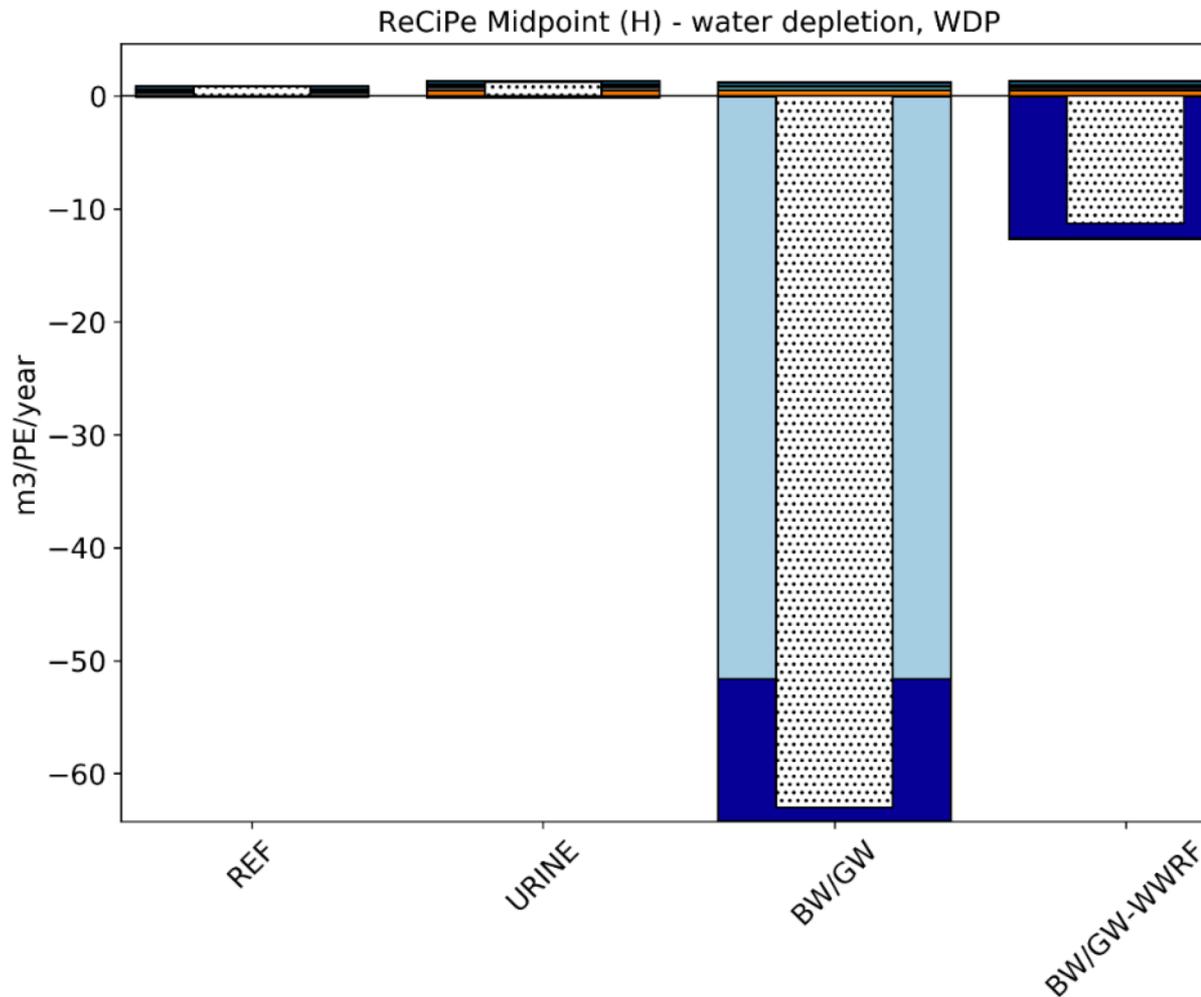


EAUX NOIRES / GRISSES



Habitants	1042	habitants
Employés	469	employés
Nombre étages	R+4	Bâtiments collectifs
Coefficient d'occupation du sol	0,2	$\frac{\text{m}^2 \text{ surface construite}}{\text{m}^2 \text{ surface totale}}$
Densité brute	1,36	$\frac{\text{m}^2 \text{ plancher}}{\text{m}^2 \text{ quartier}}$
Surface	6,25	ha

# Annexes : Water depletion



- AN Production avoided
- Acid prod
- Cogeneration
- Elec avoided
- Electricity
- Existing Sewer
- FeCl3 pro
- Fertilising machine avoided
- Greywater reuse
- Grits disposal
- Heat
- Infrastructure WWTP
- Methanol prod
- MgO prod
- NaOH prod
- Product spreading
- Products transport
- Reduction consumption
- Sewer
- TSP Production avoided
- Transport avoided
- Urine storage
- Urine transport
- Vaccum sewer Pump
- Vacuum Sewer
- chemical transport
- Balance