



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



**OCAPI**

# Les enjeux environnementaux de la séparation à la source

Colloque MUSES / INSA-Solagro



École des Ponts  
ParisTech



AGENCE DE L'EAU  
**ADOUR-GARONNE**

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTRE  
DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Fabien ESCULIER - OCAPI

[fabien.esculier@enpc.fr](mailto:fabien.esculier@enpc.fr)

27 novembre 2018

« Notre maison brûle »...

... plus que jamais !

*« Pour limiter le réchauffement planétaire à 1,5°C, il faudrait modifier rapidement, radicalement et de manière inédite tous les aspects de la société : énergie, usages des sols, villes, infrastructures, transport, bâtiments, industries, etc. Il n'y a aucun précédent historique documenté de changement de système à cette échelle. »*

Rapport du GIEC, octobre 2018

*Trad. personnelle*



# Le programme OCAPI



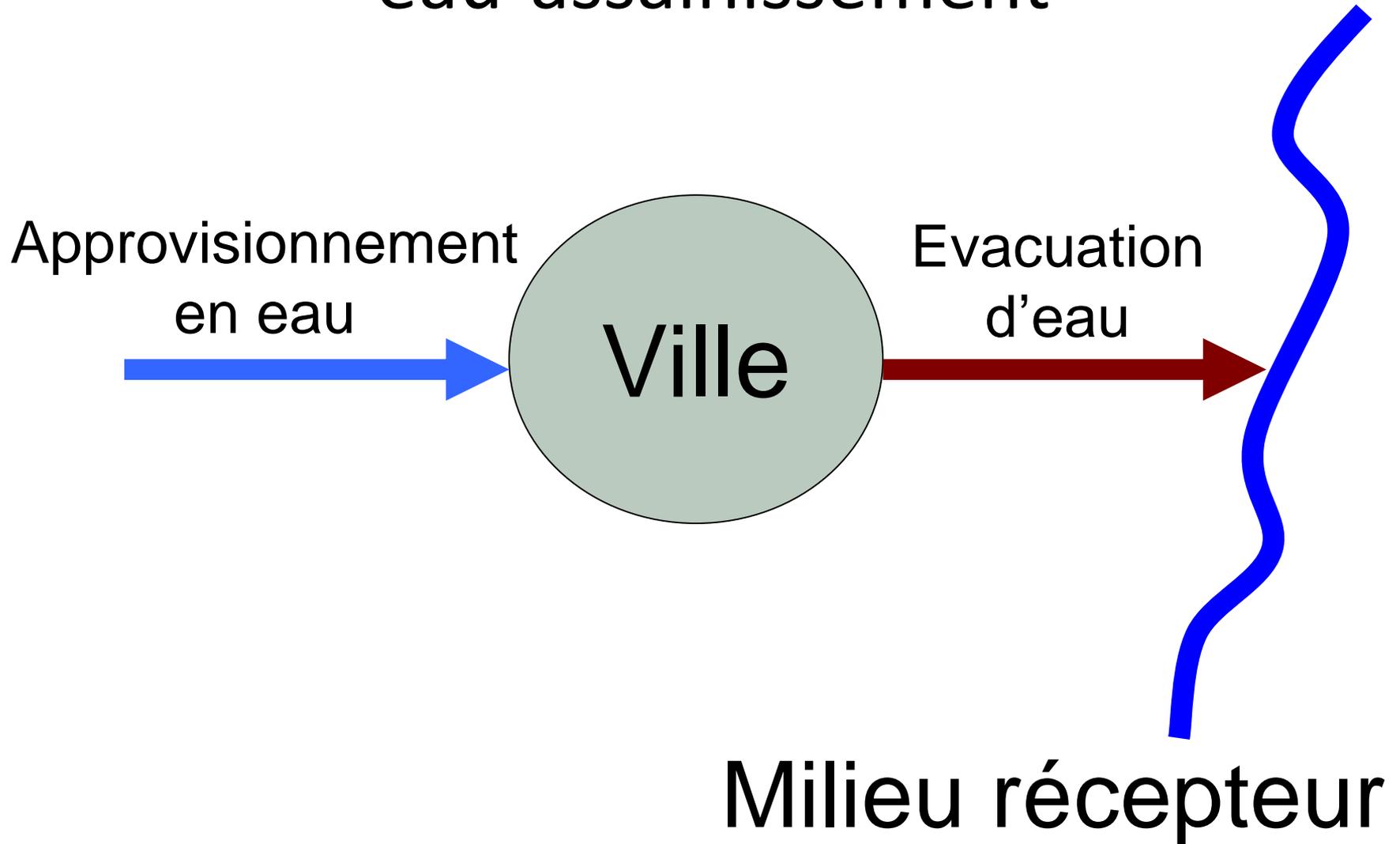
**OCAPI**

- Un programme de recherche et action
- Etudier et accompagner la transition biogéochimique des sociétés urbaines occidentales
- Membres initiateurs (OCAPI 1 – 2014-2017)



- OCAPI 2 : agronomie, anthropologie, urbanisme
- Développer une pensée systémique (tentative)

# Les enjeux du système eau-assainissement



# Les enjeux du système eau-assainissement

- La salubrité par la circulation d'eau
  - Logique d'usage puis d'externalisation/destruction
- CSHPF 1933 : « Il faut détruire les eaux usées »
- Situation française :
  - Le confort moderne
  - Le sacrifice des rivières : contamination multiples de toutes les rivières de France
  - 21 millions d'épisodes de gastro-entérites aiguës virales par an en France... par le vecteur mains !

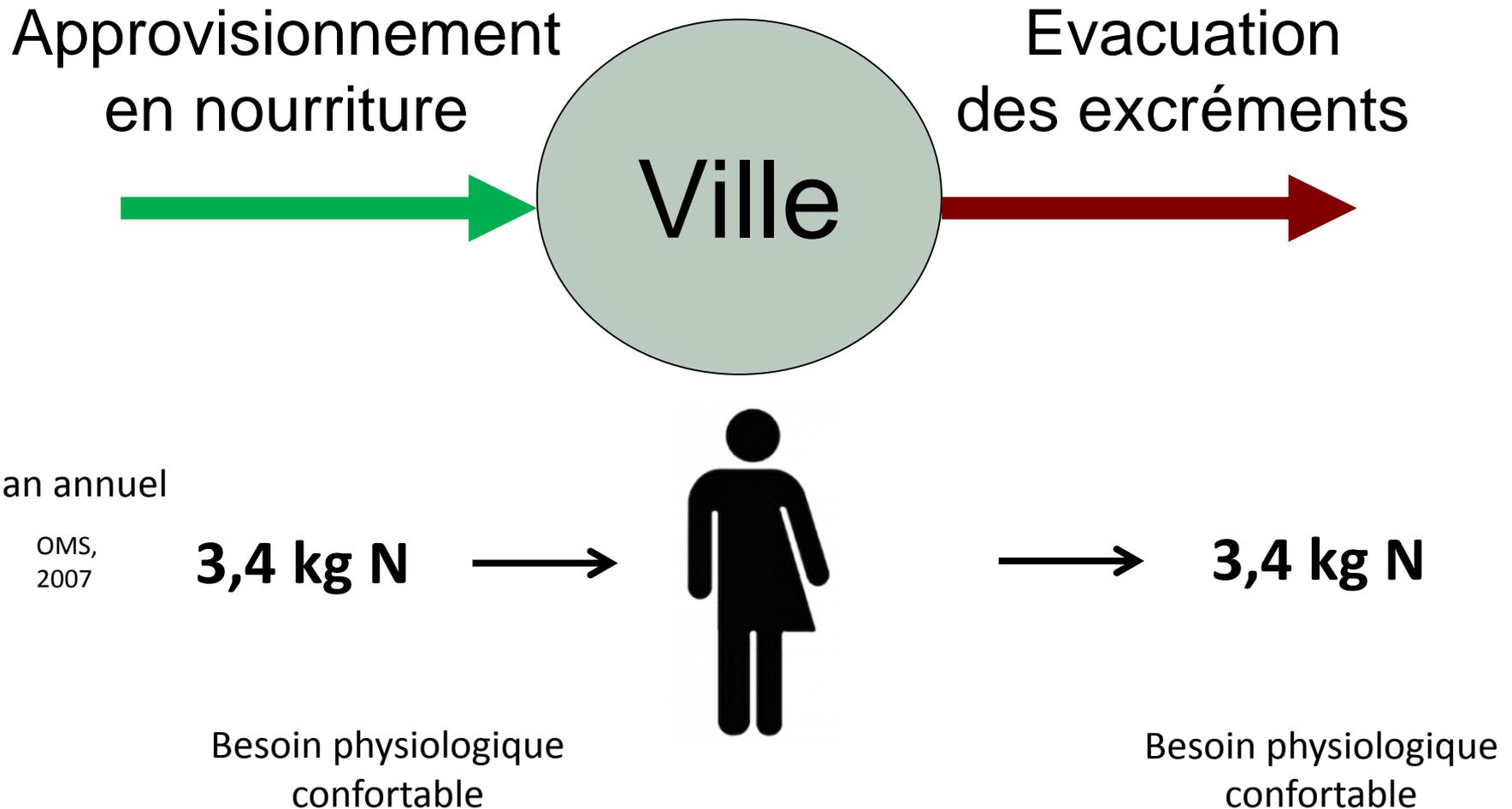


# Le « Chocolat express » de Copenhague



Le refus du tout-à-l'égout n'a pas empêché le déclin du choléra

# Les enjeux du système alimentation/excrétion



# Les enjeux du système alimentation/excrétion

- **La fertilité par le retour au sol des nutriments**

Chine, ~1000 av. J.-C. « Les excréments humains [...] sont la force et la santé du peuple »

cité par Cross (1985)

- **Situation française :**

- Épandage début XXe siècle

- Taux de recyclage auj :

- Phosphore : 23%

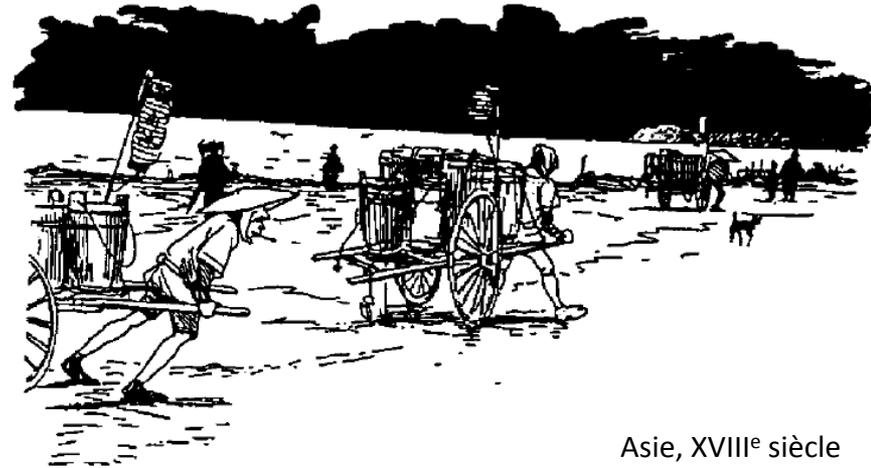
- Azote : 3%

(Paris - Esculier et al., 2018)

- État écologique des rivières

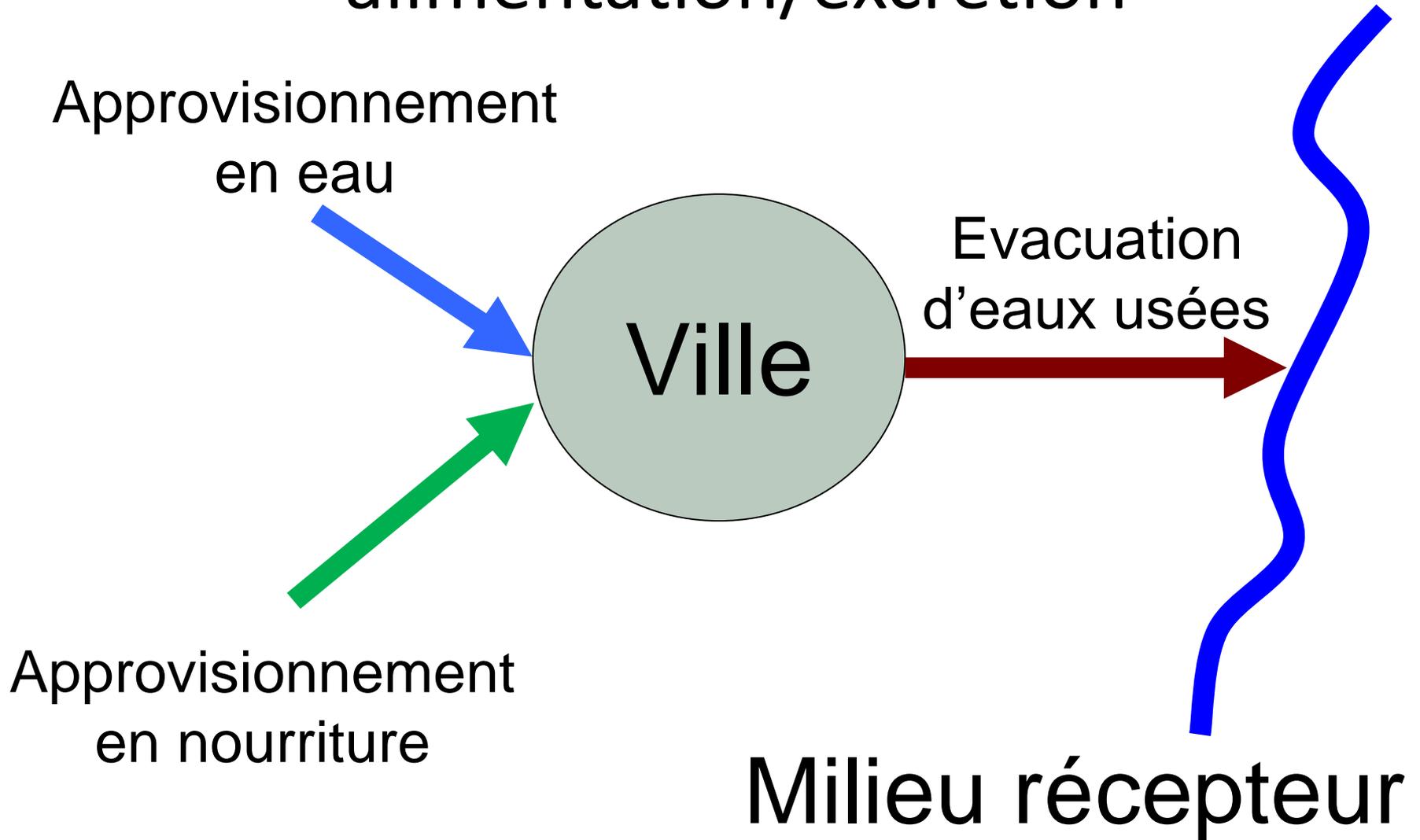
- et eutrophisation des mers

- Émissions de N<sub>2</sub>O des filtres compacts (nit°/dénit°)



Asie, XVIII<sup>e</sup> siècle

# Le couplage des systèmes eau et alimentation/excrétion



## Que mettre à l'égout ?



**Eaux  
pluviales**

**Eaux  
ménagères**

**Urines**

**Matières  
fécales**

**Bio-  
déchets**

Moyen-Âge

Début XIXe

Milieu XIXe

Fin XIXe

Début XXIe

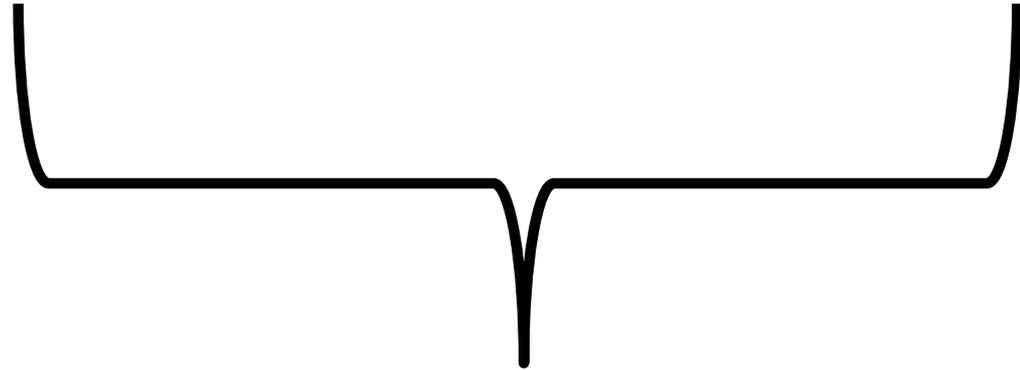
**Eaux  
pluviales**

**Eaux  
ménagères**

**Urines**

**Matières  
fécales**

**Bio-  
déchets**



**Ressource**

**Ressource**

**Ressource**

**Utiliser**

**Chaleur**

**Nutriments**

**Infiltrer**

**Recycler  
ou**

**Changer les  
usages**

Vinnerås 2017  
2-10 L / pers / jour

**Systeme alimentation/excrétion**

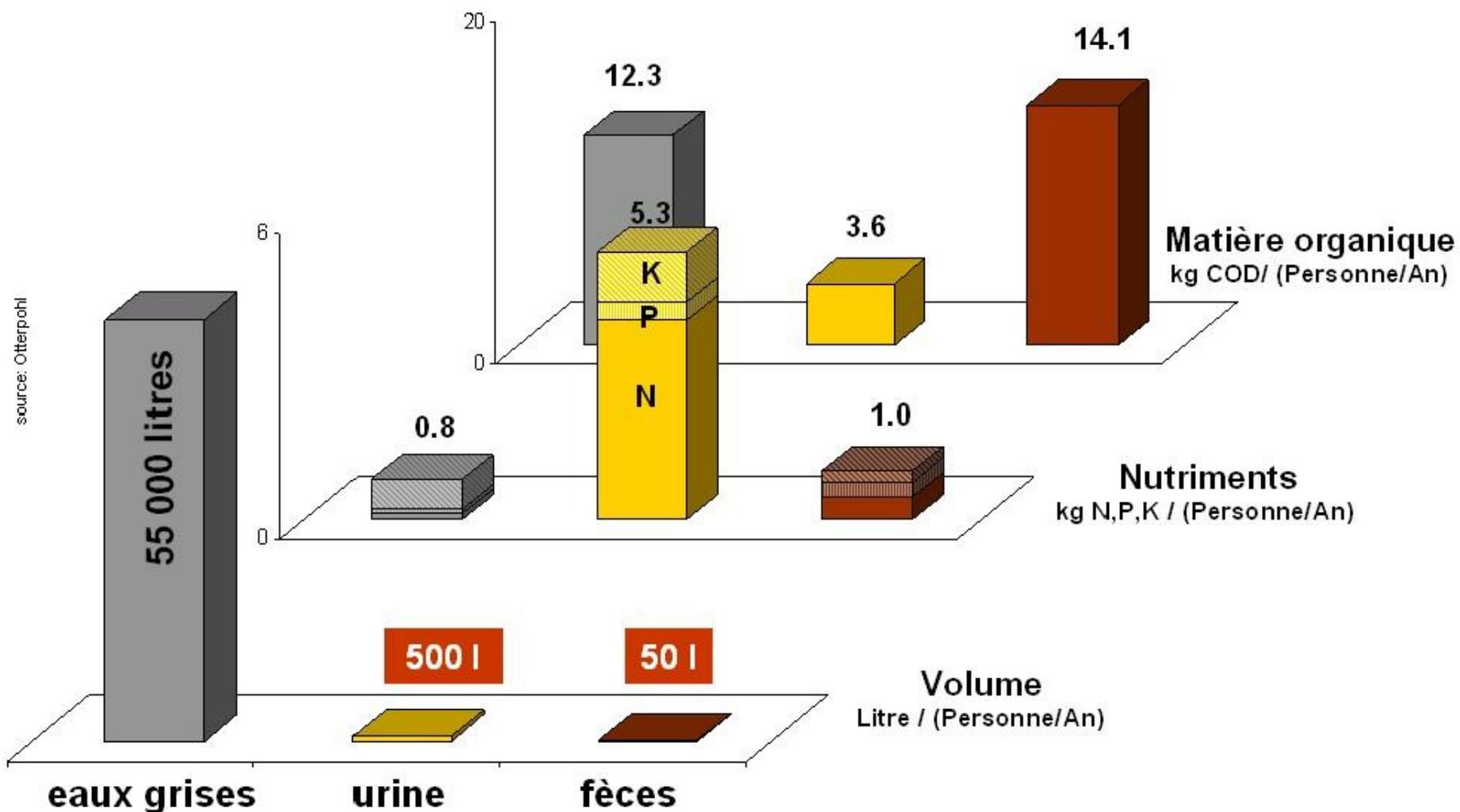
Sans rapport *a priori* avec les systèmes eau

**4 enjeux :**

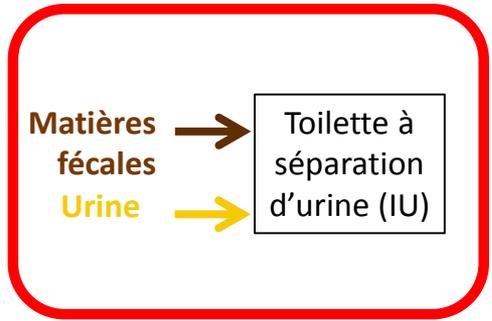
Pollution - Circularité

Salubrité - Sobriété

# Quelques ordres de grandeur



# Exemple de la séparation à la source de l'urine



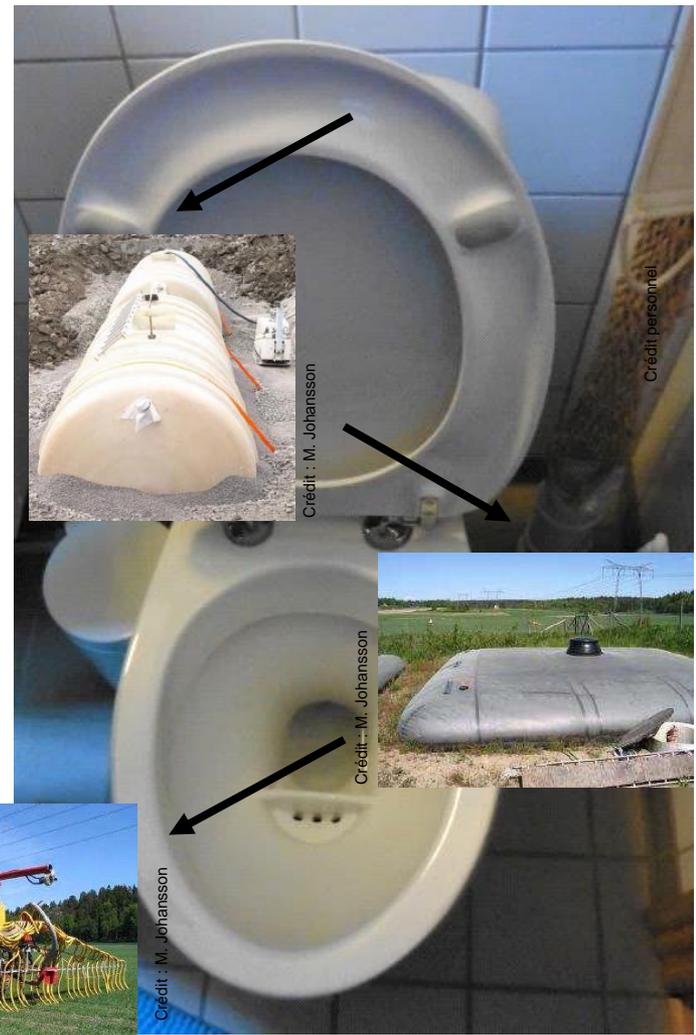
Évolution du régime socio-technique : très forte

Éco-villages scandinaves :

- engagement bénévole
- faible densité



Recommandations OMS (2012)



# Exemple de la séparation à la source de l'urine



**Démonstrateur  
Azuris**



École des Ponts  
ParisTech



# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%
<b>Rejet de P</b>	20% – 80%	–

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%
<b>Rejet de P</b>	20% – 80%	–
<b>Recyclage de N</b>	0 – 20%	99%

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%
<b>Rejet de P</b>	20% – 80%	–
<b>Recyclage de N</b>	0 – 20%	99%
<b>Recyclage de P</b>	0 – 80%	70-99%

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%
<b>Rejet de P</b>	20% – 80%	–
<b>Recyclage de N</b>	0 – 20%	99%
<b>Recyclage de P</b>	0 – 80%	70-99%
<b>Recyclage de K</b>	0 – 10%	99%

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%
<b>Rejet de P</b>	20% – 80%	–
<b>Recyclage de N</b>	0 – 20%	99%
<b>Recyclage de P</b>	0 – 80%	70-99%
<b>Recyclage de K</b>	0 – 10%	99%
<b>Cons° d'eau</b>	10 L/j	0 L

# Bénéfices environnementaux

	<b>Tout-à-l'égout</b>	<b>Urinoir sec</b>
<b>Rejet de N</b>	<i>(20% !)</i> 30% – 90%	1%
<b>Rejet de P</b>	20% – 80%	–
<b>Recyclage de N</b>	0 – 20%	99%
<b>Recyclage de P</b>	0 – 80%	70-99%
<b>Recyclage de K</b>	0 – 10%	99%
<b>Cons° d'eau</b>	10 L/j	0 L

## **Distances à parcourir en camion au pétrole :**

- pour équivaloir aux consommations d'énergie de la synthèse des engrais : ~200 km
- pour équivaloir aux émissions de GES en N<sub>2</sub>O de la nit°/dénit° en filtre compact : ~200 km
- Champ à 20 km => Performance énergie & GES 10 fois meilleure !

# Quel assainissement du futur ?

## 1) Gérer l'existant et l'améliorer :

- Recycler le phosphore et l'azote
- La perturbation mondiale du cycle de l'azote questionne la notion de zone « non sensible » à l'eutrophisation

## 2) Prioriser les interventions de séparation à la source :

- STEP saturées
- P/Q élevés
- Gros ERP (aéroports, stades, etc.)

# Quel assainissement du futur ?

3) Reprendre les brevets et les programmes de recherche arrêtés à la fin du XIXe siècle

4) Evaluer l'adéquation entre les différentes techniques de séparation à la source et les différentes configurations locales

5) Permettre une évaluation systémique des avantages et inconvénients



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



**OCAPI**

# Merci pour votre attention !

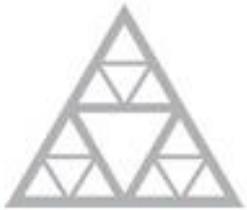


Ray-grass  
sans urine



Ray-grass  
avec urine

Thèse en cours de  
Tristan MARTIN



École des Ponts  
ParisTech



AGENCE DE L'EAU  
**ADOUR-GARONNE**

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTRE  
DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Fabien ESCULIER - OCAPI

[fabien.esculier@enpc.fr](mailto:fabien.esculier@enpc.fr)

27 novembre 2018