



Vers des systèmes alimentation/excrétion sobres et circulaires

*Contributions territoriales de la
séparation à la source*



OCAPI



École des Ponts
ParisTech

Programme de recherche
et action OCAPI
www.leesu.fr/ocapi

Fabien ESCULIER *et al.*

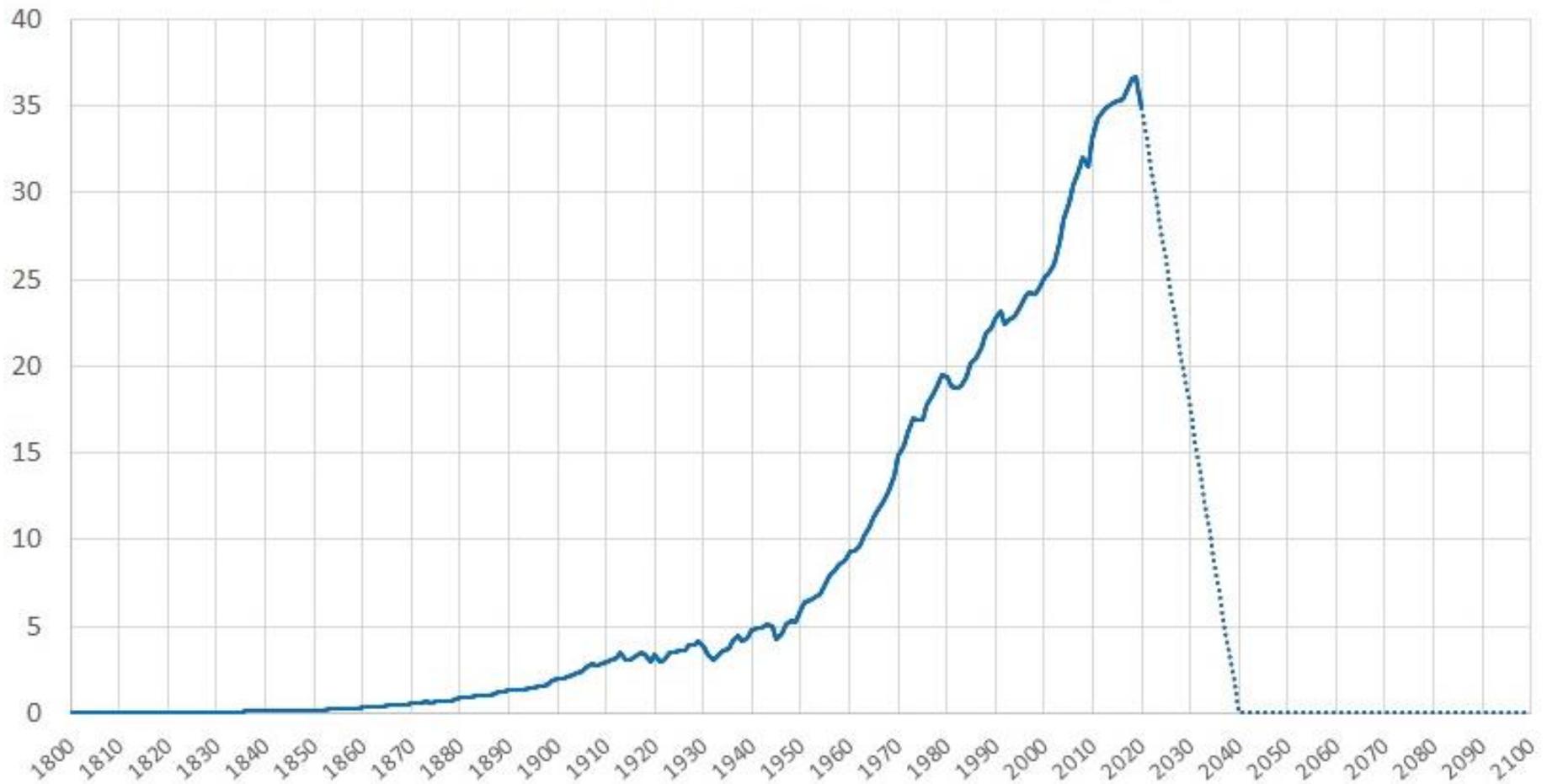
fabien.esculier@enpc.fr

Mercredi 25 novembre 2020

Contexte

Émissions passées de CO₂ fossile par l'humanité et trajectoire future permettant de rester sous 1,5°C

GtCO₂/an

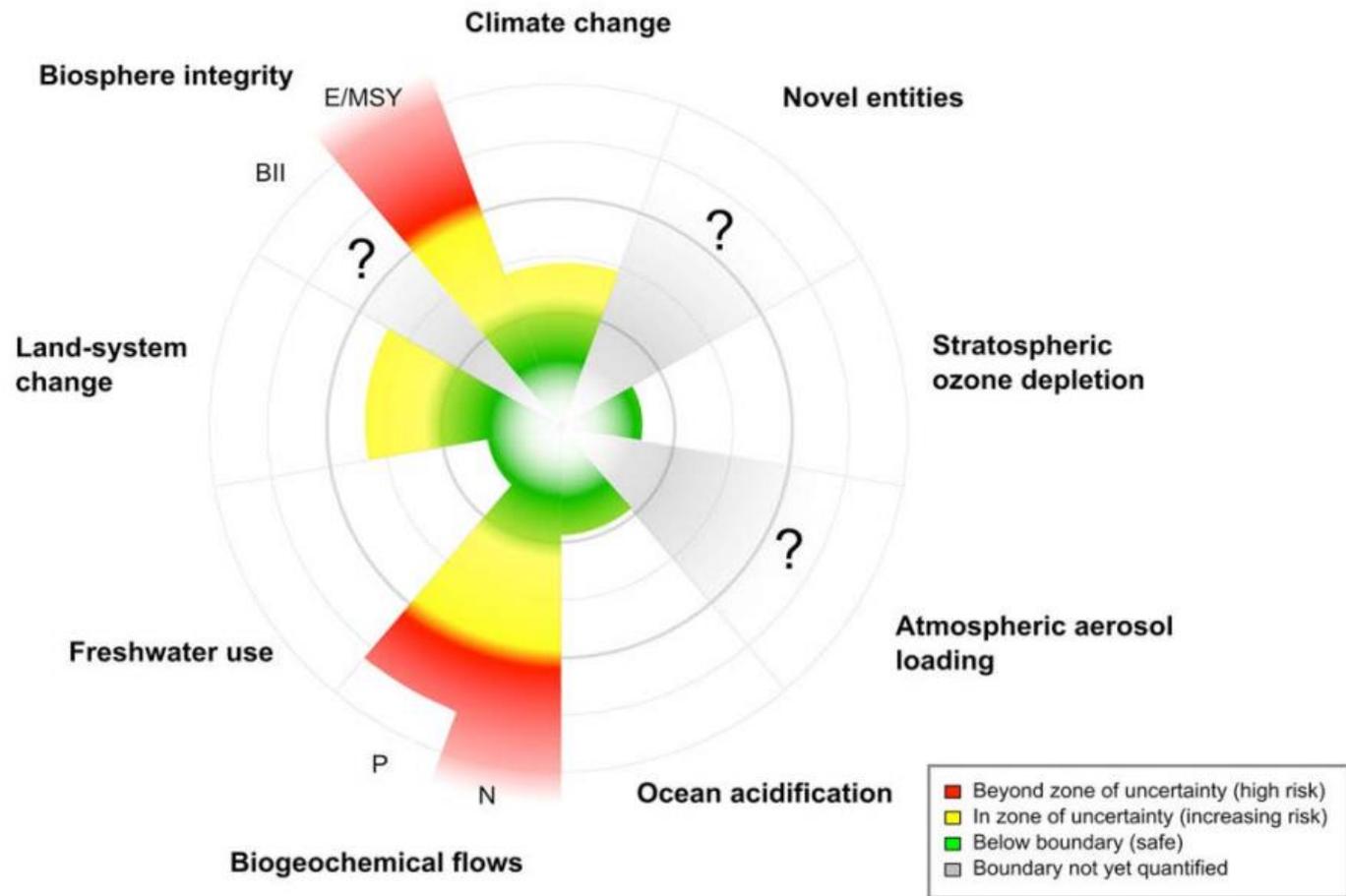


Données 1800-2020 : Gilfillan *et al.*, 2019 ; Friedlingstein *et al.*, 2019 ; Le Quéré *et al.*, 2020

Trajectoire 2020-2100 : GIEC, 2018

Compilation : F. Esculier, 2020

Les limites du système Terre à l'Anthropocène



Steffen, Rockström, *et al.*, 2015

Principes d'une transition socio-écologique juste et soutenable

1. La sobriété

Quels sont les besoins (fondamentaux) ?
Comment les assouvir (équitablement) ?

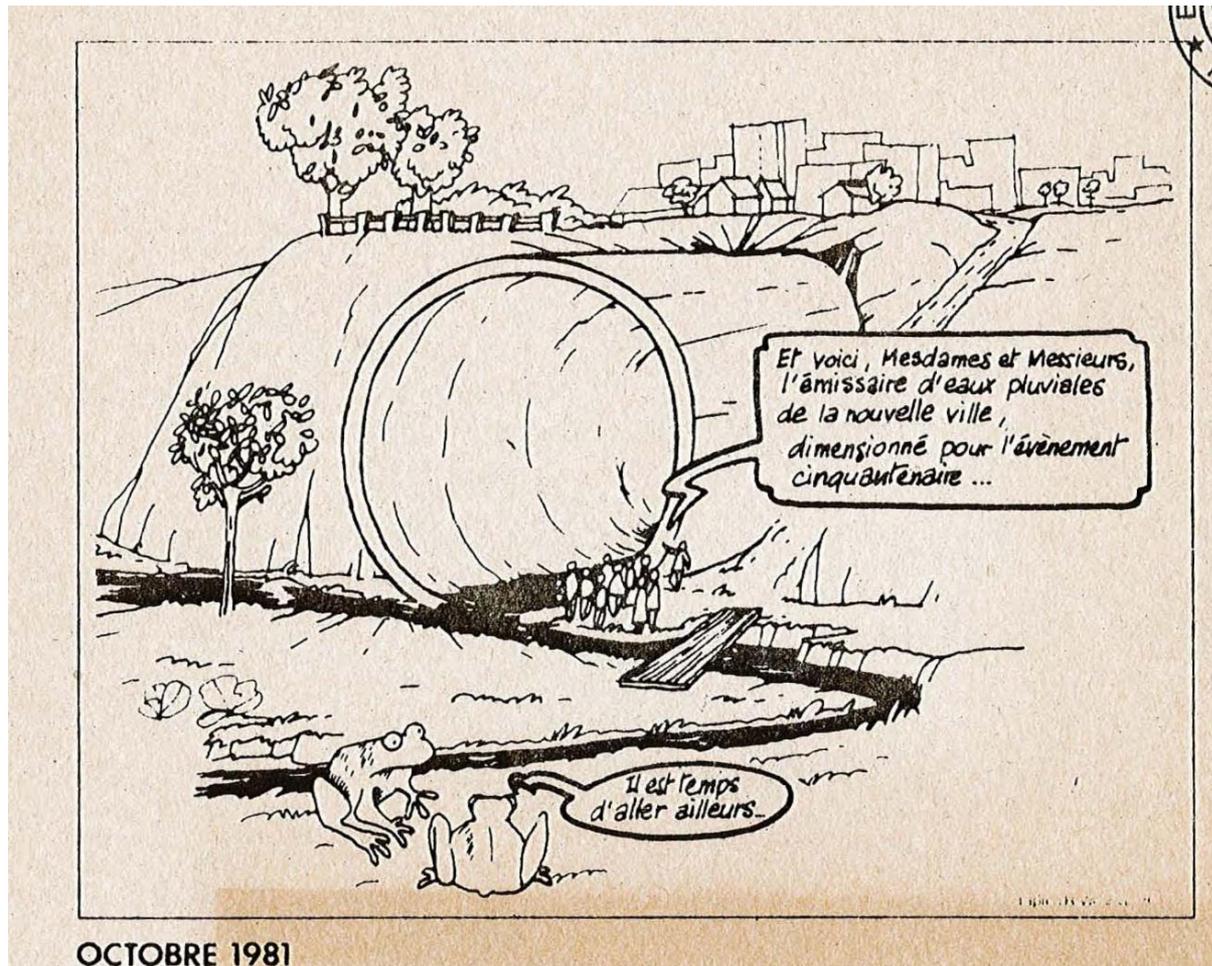
2. La circularité

Application aux eaux urbaines

Eaux pluviales



Eaux pluviales



- Sobriété infrastructurelle déjà acquise (en principe)
⇒ plus d'égout !
- Utilisation de l'eau pluviale (« Use » et pas « re-use »)

Autres eaux urbaines

- Consommation d'eau par habitant rapportée à la pluie (Barles, 2019)
 - Paris début XIXe : ~15 %
 - Paris depuis fin XIXe siècle : ~300%



Paris, 1875

- Adduction d'eau et évacuation par égout : un paradigme d'abondance, peu flexible
=> sobriété difficilement compatible
(stagnation d'eau potable, décantation en égout, etc.)

Autres eaux urbaines

Vers une sobriété radicale ?

- Plus d'adduction d'eau potable, plus d'évacuation par tuyau ?
- Off the grid scenario : 10 L/p/j (Vinnerås, 2017)
 - Sobriété d'usage / changements d'usage
 - Utilisation d'eau pluviale
 - Utilisation d'eau de nappe
 - Réutilisation des eaux ménagères et autres eaux locales

Une piste :

- déplacer le curseur AC/ANC (+ semi-centralisé)
- arrêter l'égout en zones peu denses (pavillonnaire) ?

Restent les urines et matières fécales

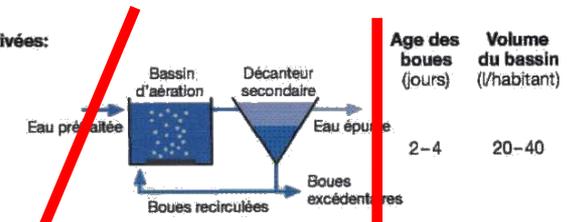


1960

C

Introduction des boues activées:

Elimination de la matière organique facilement biodégradable



Age des boues (jours)

2-4

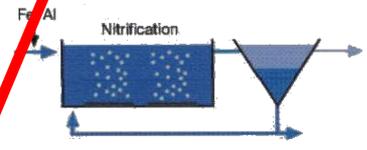
Volume du bassin (l/habitant)

20-40

N_{red}

Extension par:

Précipitation des phosphates et une étape de nitrification

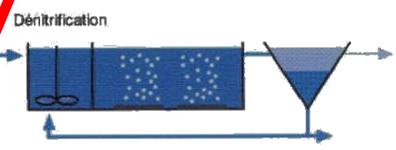


8-12

80-140

N_{ox}

L'étape de dénitrification



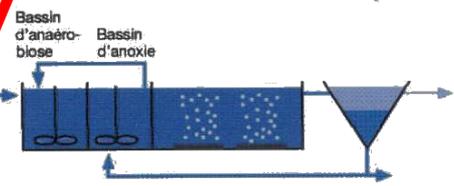
10-15

100-160

2010

P

Elimination biologique de phosphates



14-20

140-200

REUSE
Bactério
Nitrites
Micropoll
P des
cendres
Recycler
N-K-S... ?

Le besoin fondamental

Alimentation

Excrétion

Bilan annuel

OMS,
2007

3,4 kg N →

→ **3,4 kg N**

Brownlie,
2015

350 g P →

→ **350 g P**

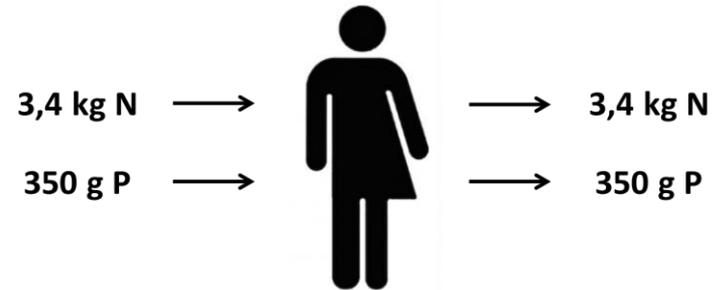
Besoin physiologique
confortable

Besoin physiologique
confortable



Système alimentation/excrétion

Comment caractériser les systèmes alimentation/excrétion urbains ?



1) Sobriété

Écart au besoin physiologique

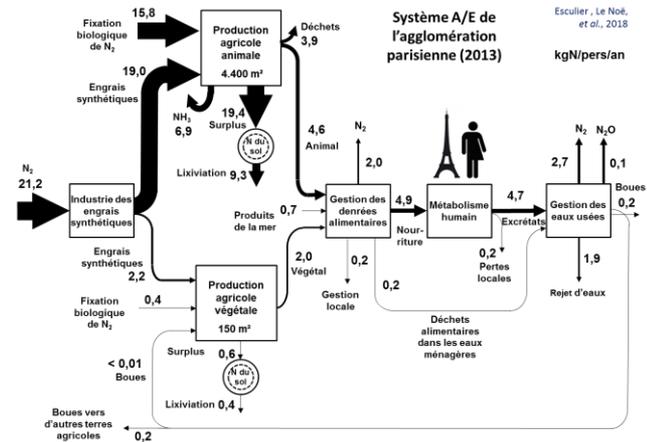
2) Circularité

*Taux d'utilisation des nutriments des excréments urbains
en production agricole*

3) Pollution

Taux de nutriments rejetés dans l'environnement

Les systèmes alimentation/excrétion urbains français



1) Sobriété

Écart au besoin physiologique

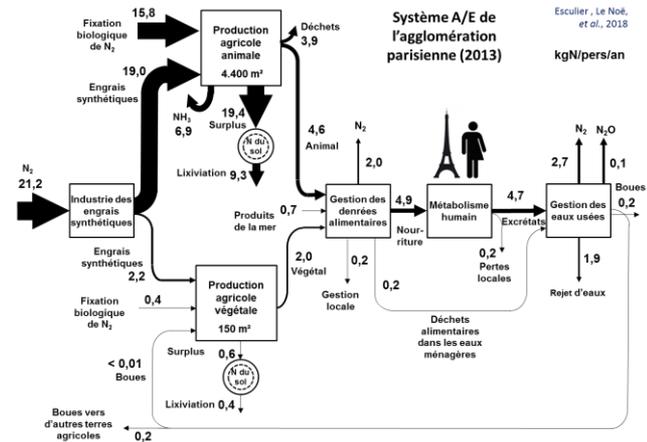
2) Circularité

Taux d'utilisation des nutriments des excréments urbains en production agricole

3) Pollution

Taux de nutriments rejetés dans l'environnement

Les systèmes alimentation/excrétion urbains français



1) Non sobres

Ingestion = 150% du besoin physiologique
Importation en ville = 200% du besoin

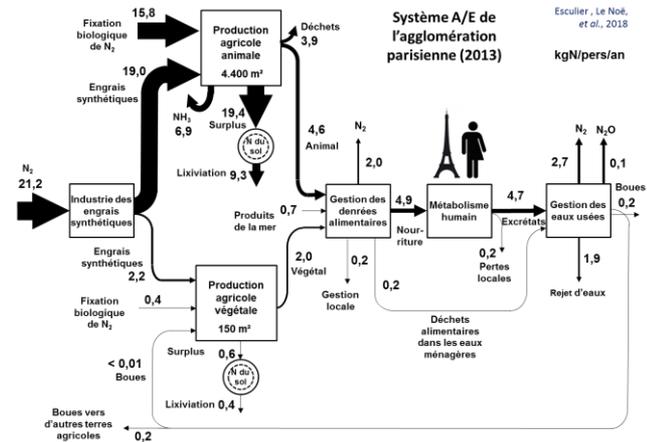
2) Circularité

*Taux d'utilisation des nutriments des excréats urbains
en production agricole*

3) Pollution

Taux de nutriments rejetés dans l'environnement

Les systèmes alimentation/excrétion urbains français



1) Non sobres

Ingestion = 150% du besoin physiologique

Importation en ville = 200% du besoin

2) Linéaires

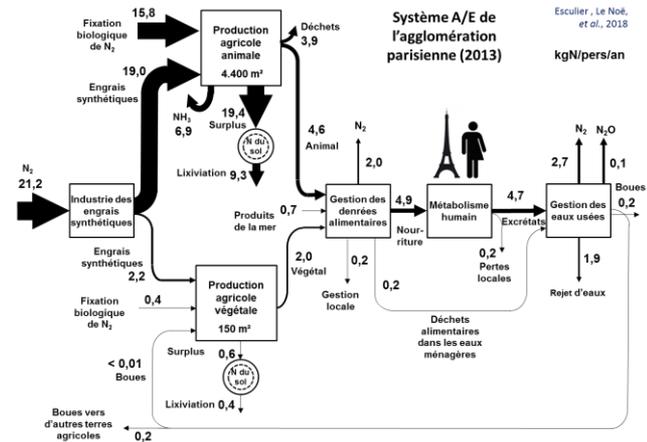
Égout & station d'épuration

4% de recyclage de l'azote par les boues (Paris)

3) Pollution

Taux de nutriments rejetés dans l'environnement

Les systèmes alimentation/excrétion urbains français



1) Non sobres

Ingestion = 150% du besoin physiologique
Importation en ville = 200% du besoin

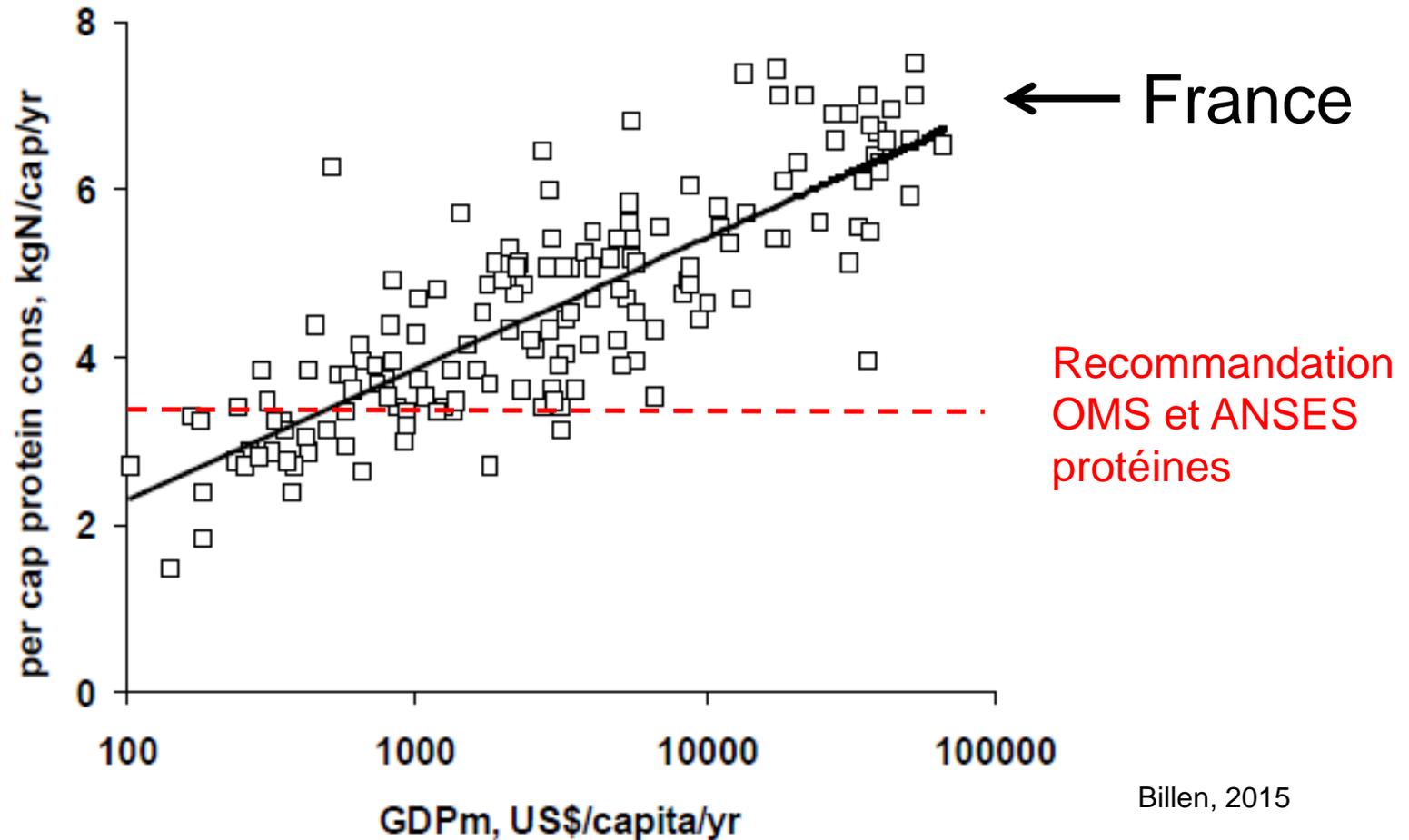
2) Linéaires

Égout & station d'épuration
4% de recyclage de l'azote par les boues (Paris)

3) Polluants

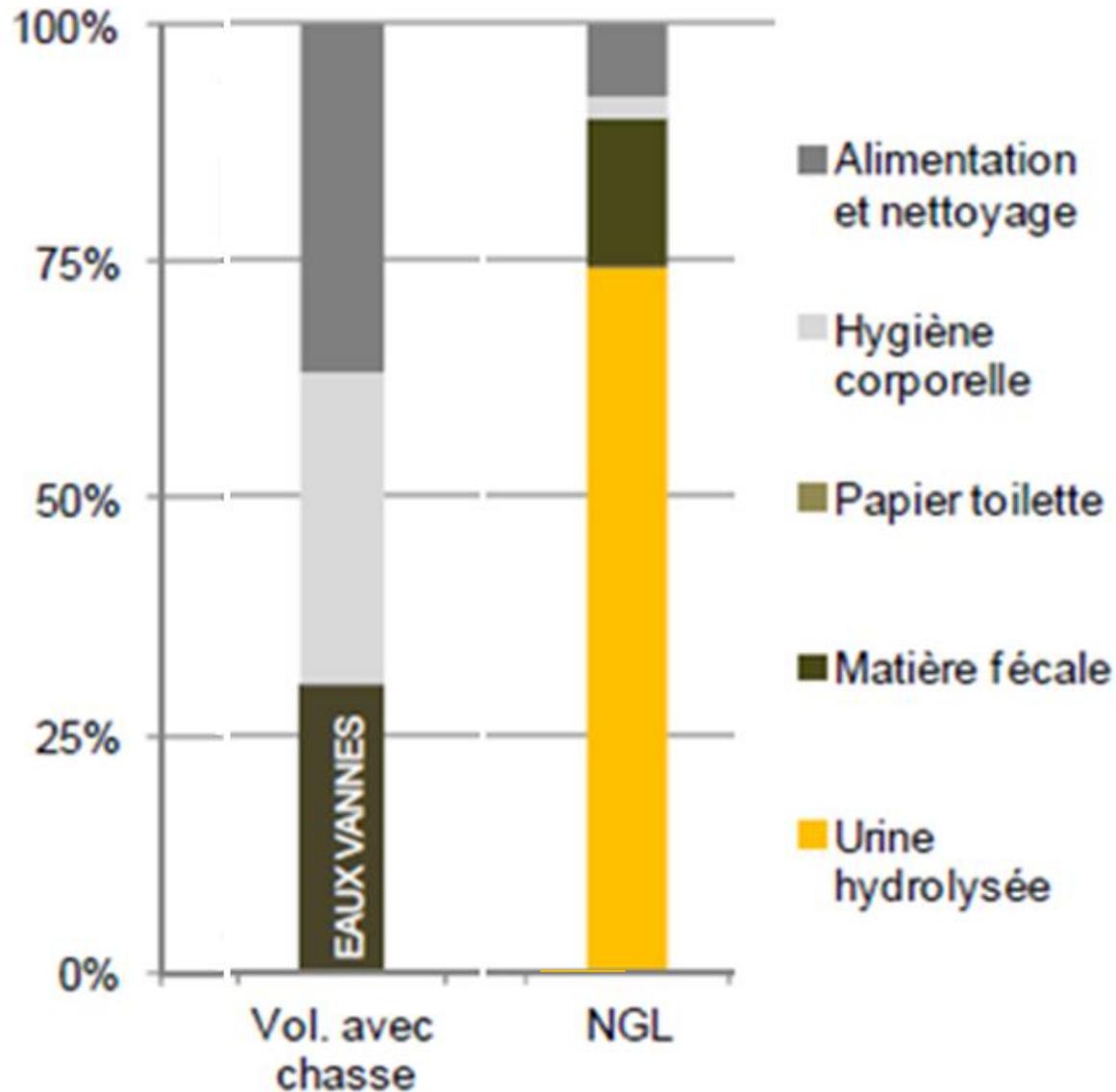
En ville : 37% de l'azote rejeté en rivière + N_2O
Aux champs : 550% de l'azote rejeté dans l'environnement

Sobriété = Manger moins riche (et être en meilleure santé !)

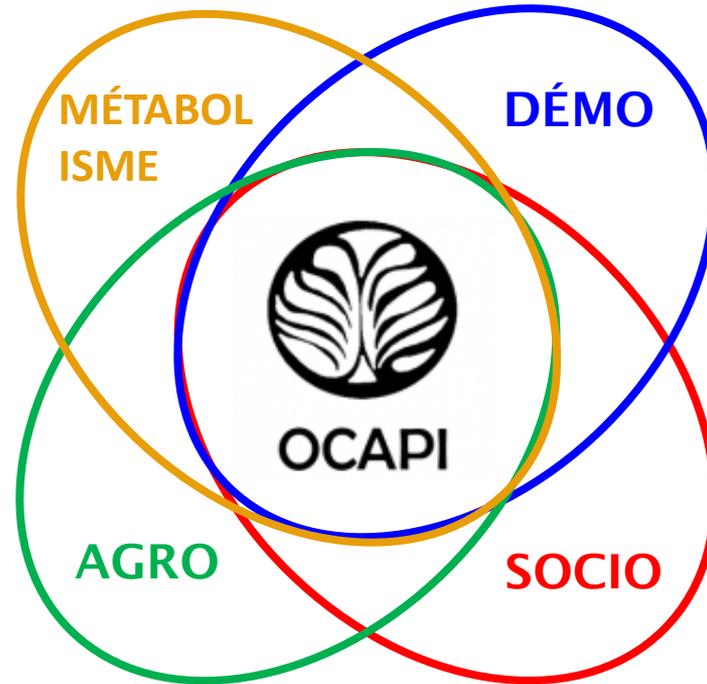


=> Une assiette soutenable au cœur de la stratégie INRAE !

Reconsidérer urines et matières fécales



Recherche-action & pluridisciplinarité



ADEME

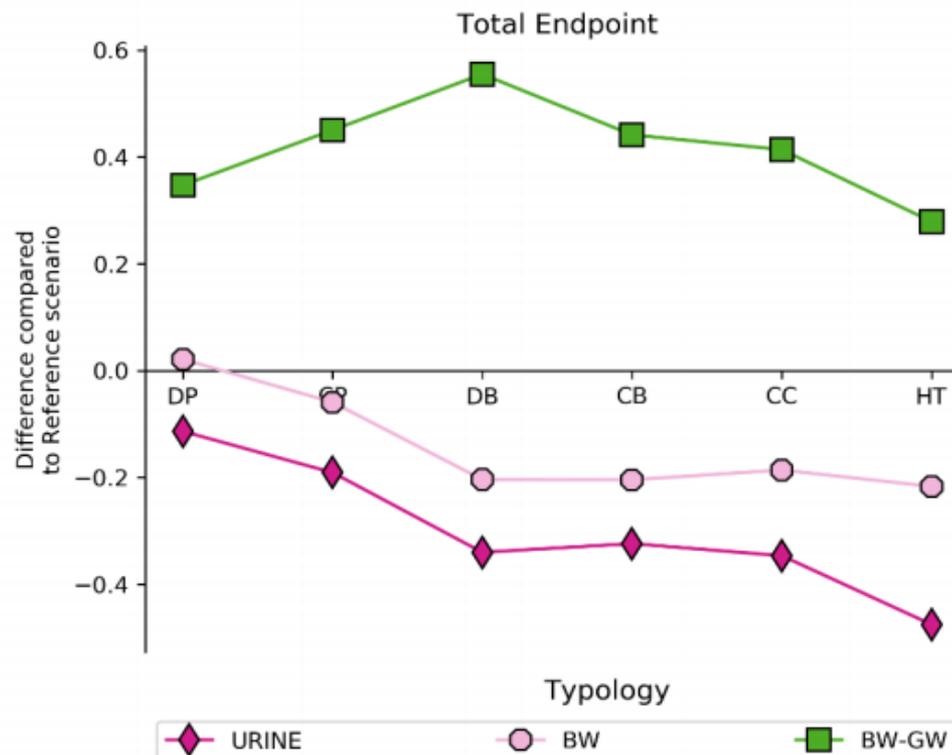


Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie



Axe socio

- ACV Besson (2020) : mieux vaut séparer (eaux noires ou urine)



Axe socio

- Quels arrangements socio-techniques pour dépasser le verrouillage ?
 - Ce qui s'est déjà passé :
Vivons-nous une parenthèse historique ?
Esculier & Barles, 2019 ; Adler (2020) ; Dufour (en cours)
 - Ce qui se passe aujourd'hui :
- Développement des toilettes sèches (Soyer, en cours)
- Des « communs » dans la gestion des urines et matières fécales (Joveniaux, de Gouvello, et al., soumis)
 - Ce qui peut se passer demain :
- Des appropriations différentes selon les contextes et les arrangements
- Une redéfinition des rapports hommes/sols (Legrand, sous presse)
- Vers des obligations réglementaires ? (cf. déchets)



Axe Agro



AGROCAPI
INRAE

- Revue des urino-fertilisants conservatifs (Martin et al. 2020)
- Essais en serre
- Essais au champ
- ACV
- Pharmas & antibiorésistance



Crédit FE



Ray-grass sans urine



Ray-grass avec urine



- Appropriation par le monde agricole (Brun, 2018)

- ⇒ KEQ-N > 70% pour la majorité des urino-fertilisants
- ⇒ Bilan environnemental meilleur que le standard actuel
- ⇒ Vigilances = énergie pour conc° & volatilisation au champ

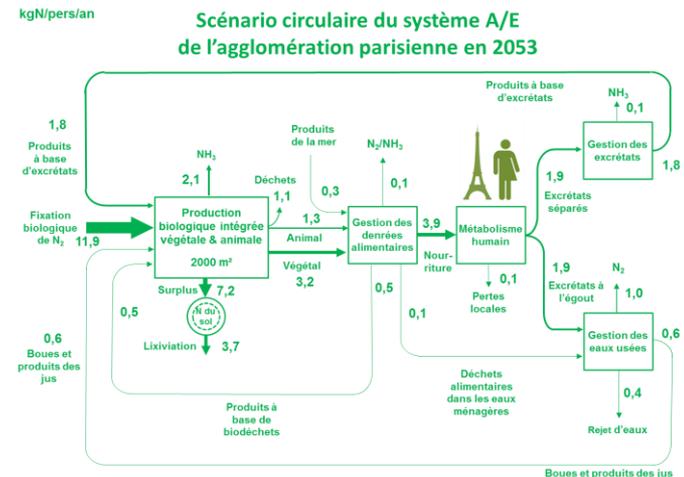
Soutenance de thèse de Tristan MARTIN le 18 décembre matin

Thèse de Paul MINIER qui démarre sur les matières fécales

Axe Métabolisme

- Scénarios de transition (Billen, Garnier, Barataud, Poux, et al.....)
- Changement conjoint des :
 - Modes de production agricole
 - Régime alimentaires
 - Gestion des urines et matières fécales

⇒ Empreinte N divisée par trois
 ⇒ Résilience et indépendance engrais
 ⇒ Vers un respect des limites planétaires
 (Esculier, 2018 ; Martin, à venir)

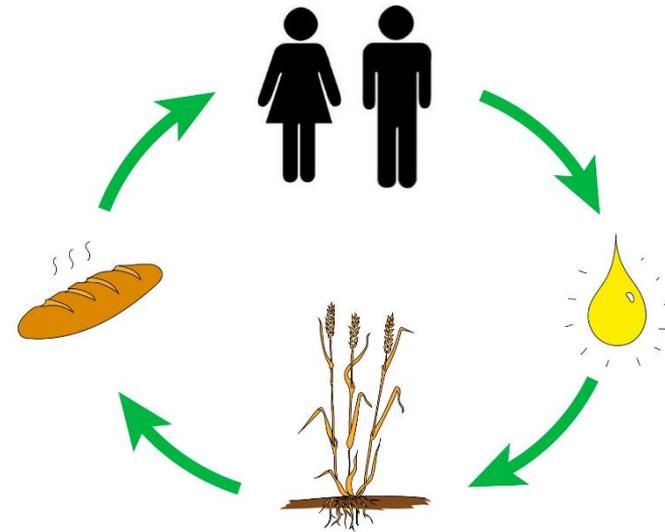




> 1990s

Axe Démo

- Agence de l'Eau Seine-Normandie : 80% de subvention !



Urinoir Marcelle (Raguet)



Projet Saint-Vincent-de-Paul :
Val° urine de 1.000 habitants





**Vers des systèmes
alimentation/excrétion
sobres et circulaires**

Voies à débattre !



OCAPI



École des Ponts
ParisTech

Programme de recherche
et action OCAPI
www.leesu.fr/ocapi

Fabien ESCULIER *et al.*

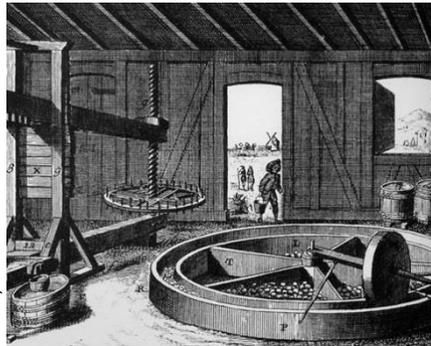
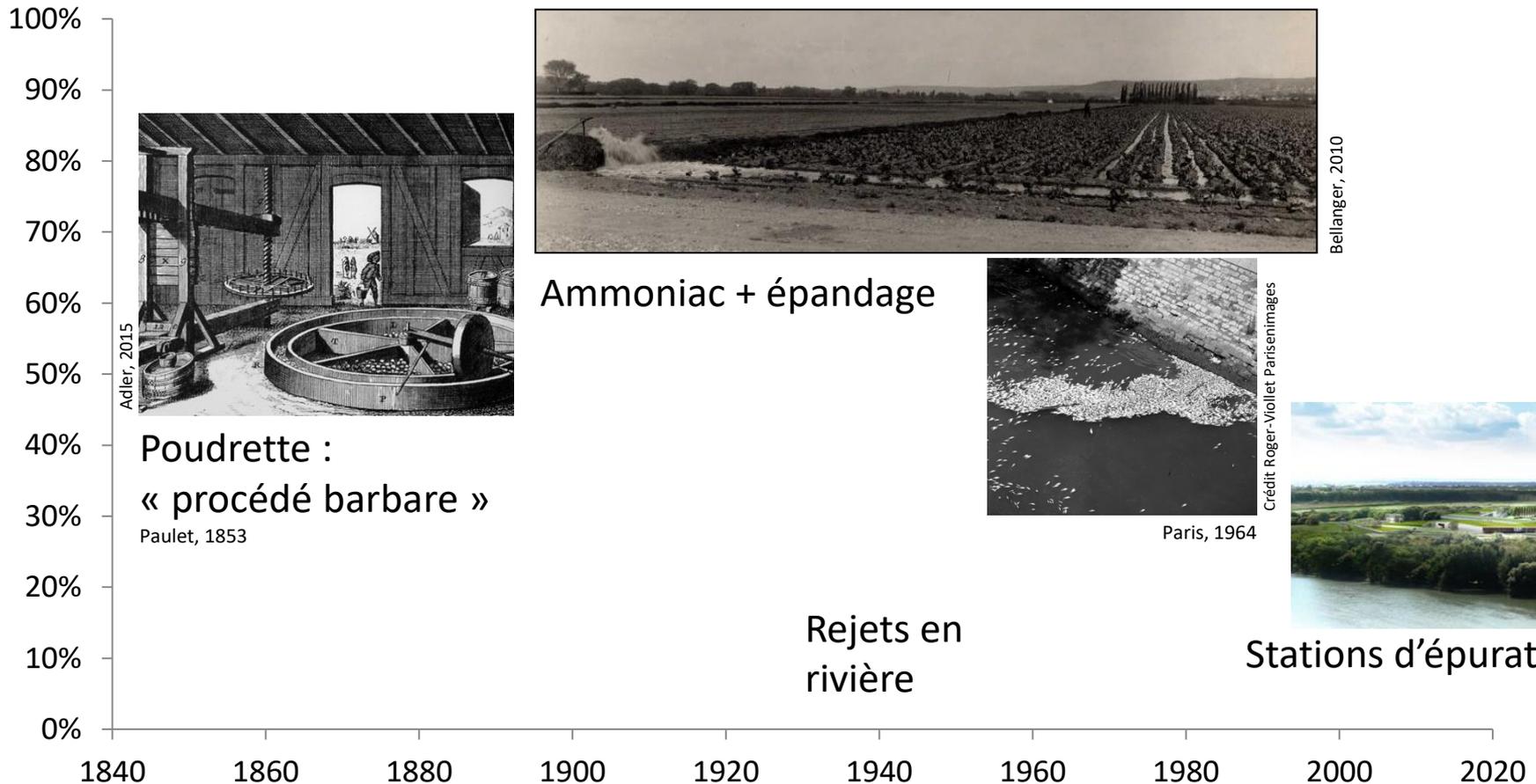
fabien.esculier@enpc.fr

Mercredi 25 novembre 2020

BONUS

Le cas de l'agglomération parisienne 1850-2010

Taux de recyclage agricole de l'azote
des urines et matières fécales



Poudrette :
« procédé barbare »

Paulet, 1853



Bellanger, 2010



Crédit Roger-Viollet Parisenimages

Paris, 1964



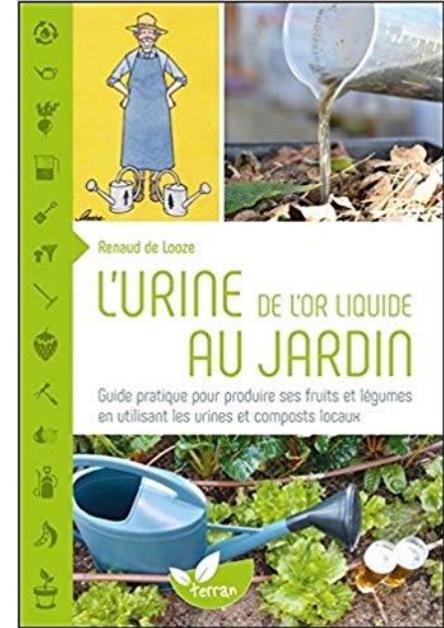
Crédit SIAAP

Données SIAAP & Barles 2007

Pour le faire vous-même



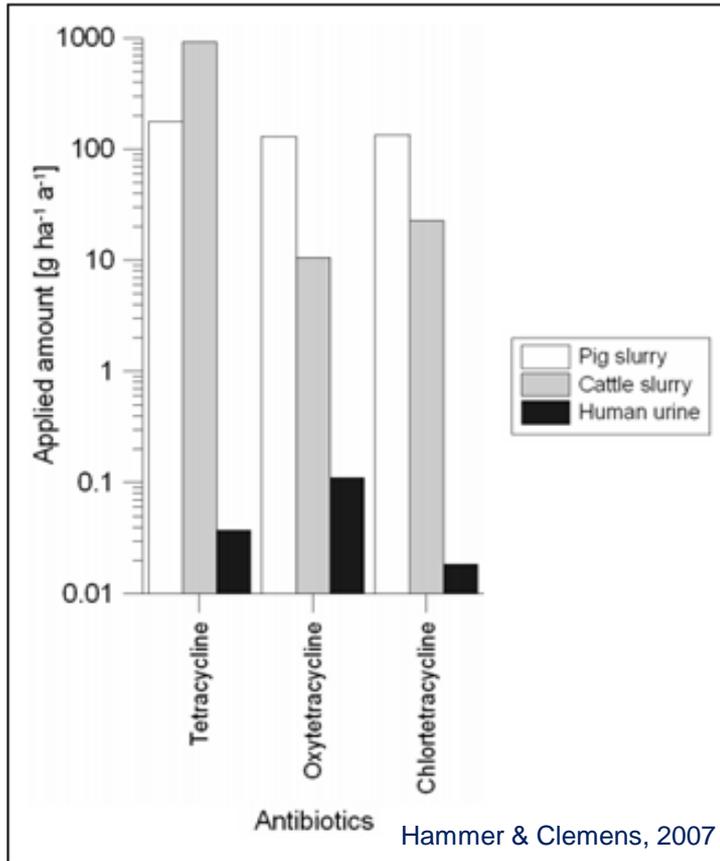
www.leesu.fr/ocapi



« Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole ».
EcoSanRes Programme.

http://www.ecosanres.org/pdf_files/EcoRanRes_Urine_Guide_FRENCH_111026.pdf

Micropolluants dans le retour au sol des excréments humains



Substances indésirables :

- Boues d'épuration
 - Grande variété
- Urines
 - Principalement substances médicamenteuses

Winker, 2009	OMS, 2012
Aucune évaluation possible des effets toxiques	
Recommandé de ne pas utiliser pour les cultures destinées à l'alimentation humaine	Les effets négatifs sont supposés négligeables

=> Note sur les micropolluants organiques de l'urine (Goulas et al. 2020)