Manneken Pis - Bruxelles

Mairie de Saint-Ouen sur-Seine

L'urine humaine

Une ressource à valoriser

Fabien ESCULIER

fabien.esculier@enpc.fr

Chercheur

OCAPI

École des Ponts ParisTech

Programme de recherche et action OCAPI

www.leesu.fr/ocapi

Mardi 8 novembre 2022

Programme du jour

1) Comment en vient-on à se passionner pour le pipi ?
2) Que découvre-t-on quand on s'intéresse à l'urine et à l'histoire de sa gestion ?
3) Comment utiliser son urine chez soi autrement qu'en tirant la chasse d'eau ?
4) Comment peut-on transformer la gestion de l'urine à l'échelle de la société ?

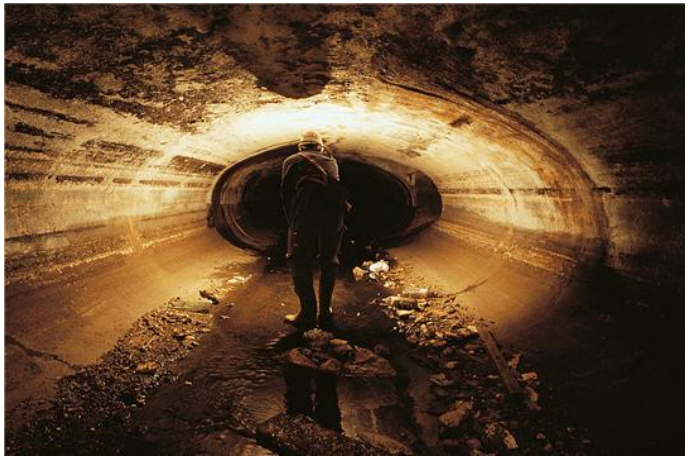
Le Grand Paris peut-il être « soutenable » ?

Le Grand Paris peut-il être « soutenable » ?

La Seine,
un tout petit fleuve

Paris été 1942

Logique fondamentale de l'assainissement = exporter et diluer la « pollution »



L’effet ciseau de l’assainissement de l’agglomération parisienne

LE GRAND PARIS

Diminuer les émissions de gaz à effet de serre

COP21 · CMP11
PARIS 2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

Plus de rejets polluants

Moins de capacité de dilution

Atteindre le bon état

Nager en Seine

Bifurcation en 2013

Programme de recherche et action

www.leesu.fr/ocapi

OCAPI

SIAAP
Service public de l'assainissement francilien

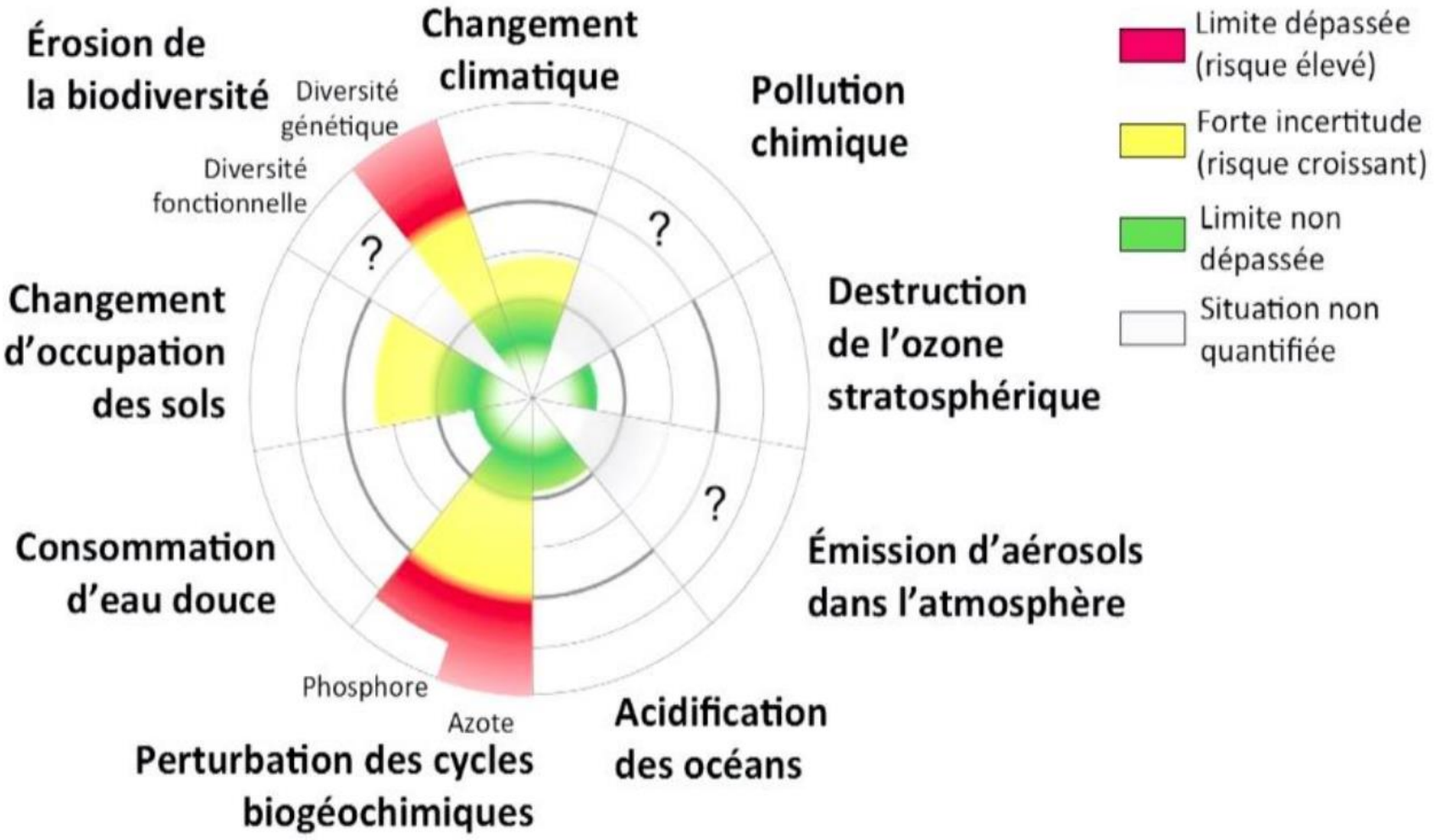
eau seine NORMANDIE
Agence de l'eau

Thèse soutenue en 2018

Poste de chercheur depuis 2018

Quelques éléments sur le fonctionnement des écosystèmes, l'agriculture et la gestion des excréments

Les limites du système Terre



D'après Steffen, Rockström, *et al.*, 2015
Trad. Bourg 2016

L’azote sous toutes ses formes

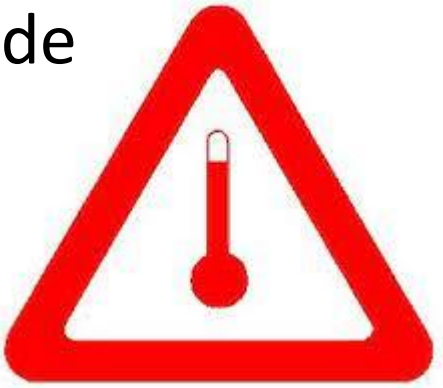
Symbole chimique : N

2 formes de l’azote :

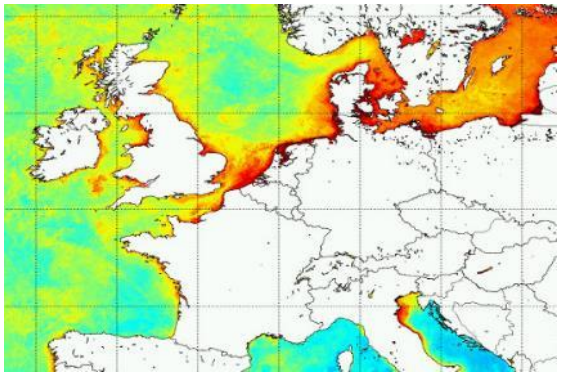
1) Inerte & fossile : diazote (N_2)

2) Réactif : nitrates, nitrites, ammoniac, acides aminés, protéines, urée, gaz hilarant (protoxyde d’azote), oxydes d’azote (NO_x), etc.

Les neuf plaies en cascade de l'azote réactif



N_2O



1 captage fermé chaque semaine !

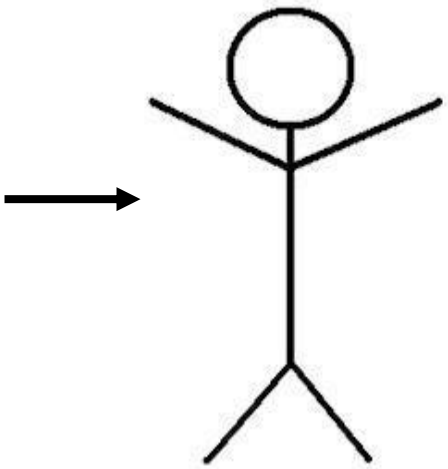
Marées vertes

Mortalité de poissons

Origine des flux d'azote (N)

Besoin annuel

3,5 kg de N (protéines)



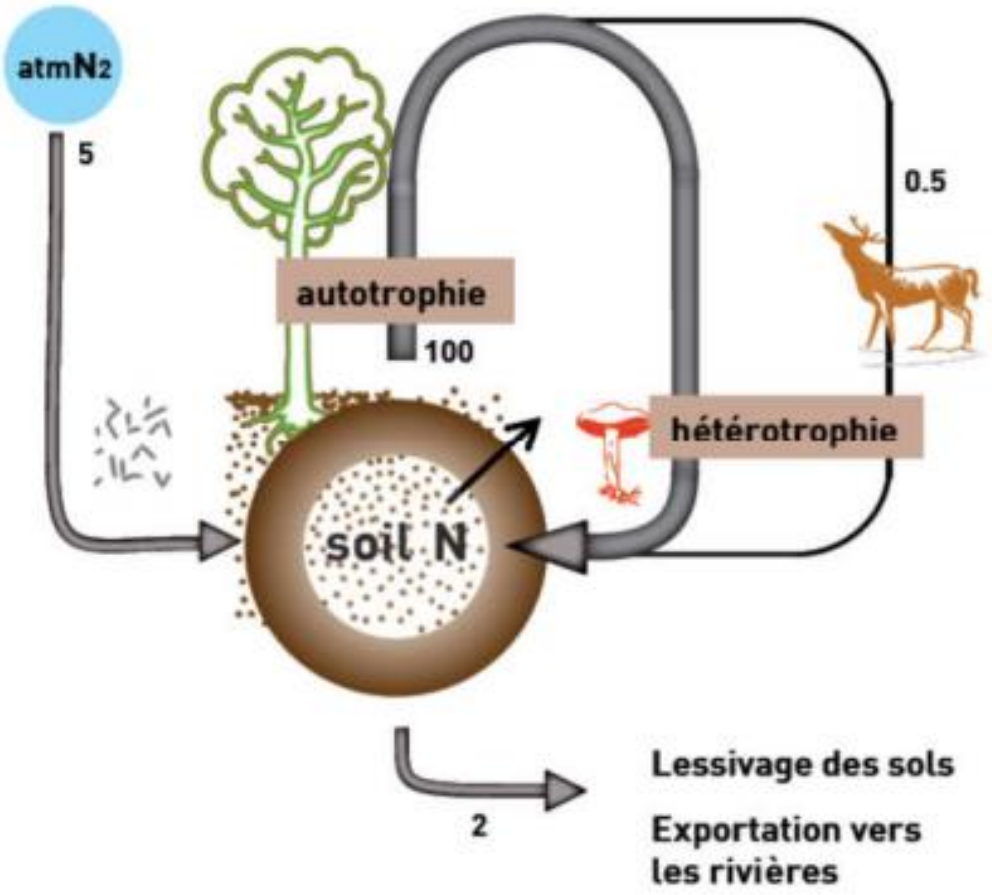
3 kg de N (urée)

0,5 kg de N

Système alimentation/excrétion

La voie majoritaire des écosystèmes

Le recyclage : urée ↔ protéines

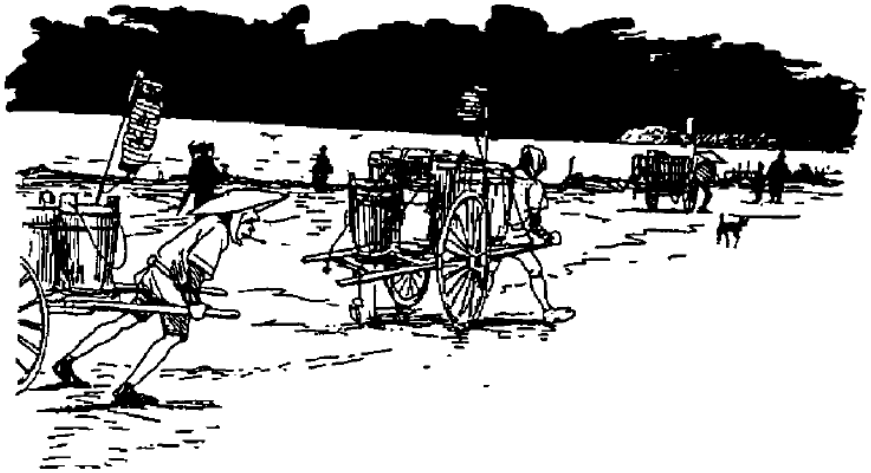


Les plantes :
Mangent de l'urée et fabriquent des protéines

Les animaux :
Mangent des protéines et excrètent de l'urée

Billen et al. 2009

Extrême diversité spatio-temporelle

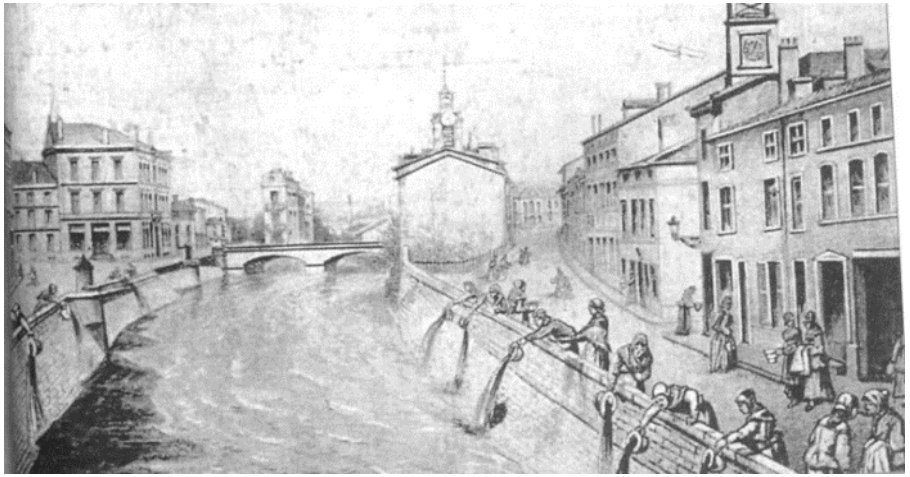


Matsui, 1998

Asie, XVIII[e] siècle

« Les excréments humains […]
sont la force et la santé du peuple »
Décret impérial chinois cité par Cross (1985)

金汁行

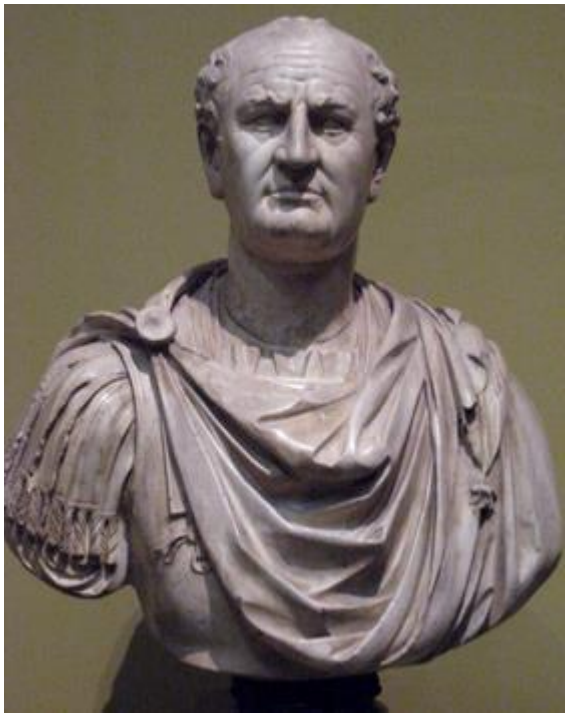


Adler, 2015

Europe, XIX[e] siècle

Hydronymie : Merderet, Merdillon,
Merdron, Merdereau, etc.

Empereur Vespasien (70 ap. JC)



« Atqui e lotio est »

Révolution industrielle
Déchets = ressources

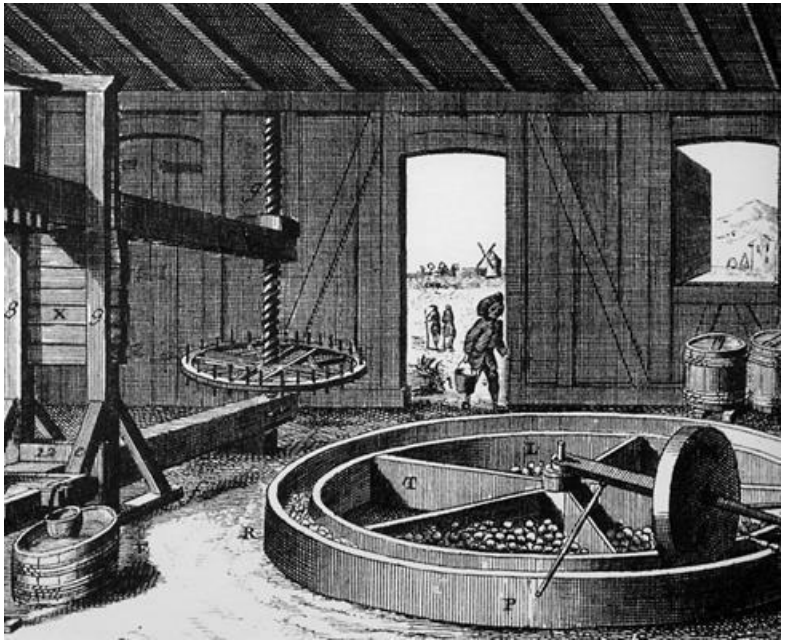
Caby 2013

1819 : brevet Donat sur l'urate calcaire
Médaille d'or de la société royale d'agriculture

Annales de l'industrie, 1820

ARCHIVES NATIONALES

AVIS
AUX CULTIVATEURS,
SUR
L'ENGRAIS POUDRETTE.



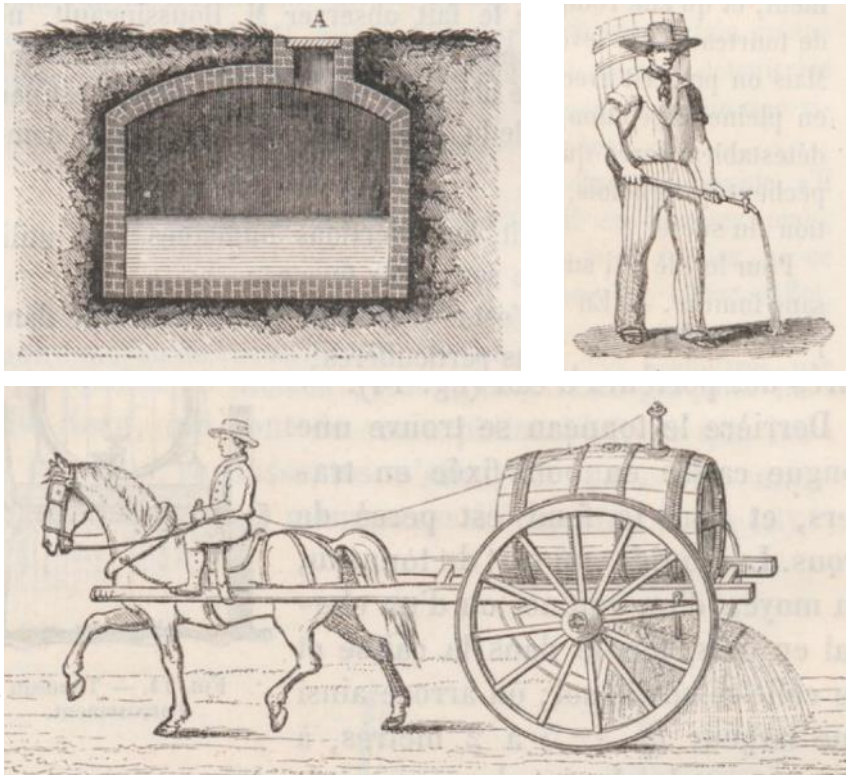
1796 : brevet Bridet sur la poudrette

~200 brevets français au XIXe siècle !

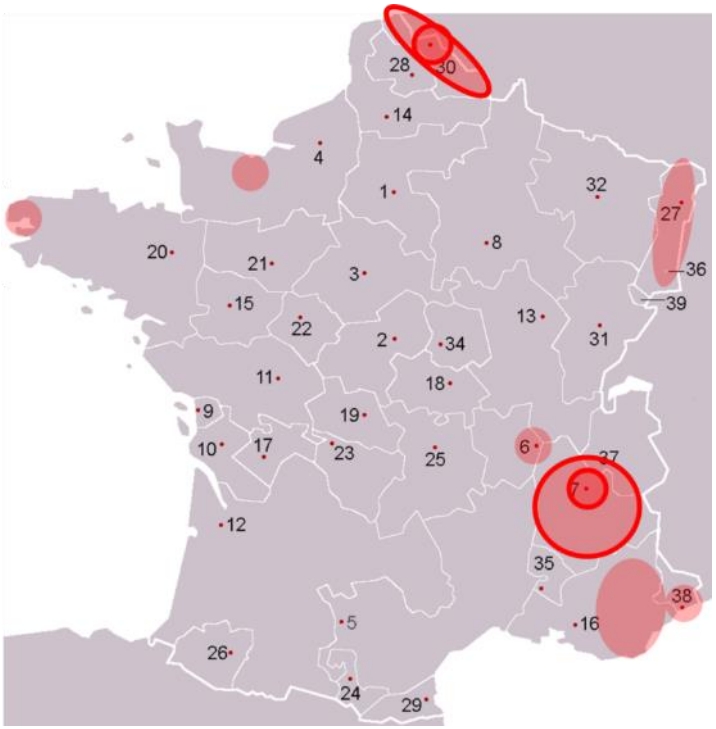
« Mutualisme fécond » du XIX^{e} siècle en France

Barles, 2005

- Valorisation des matières de vidange de fosses d'aisance
- Une méthode : l'épandage à la flamande



Girardin, 1867



Zones identifiées d'épandage à la flamande

(recensement non exhaustif)

Entouré de rouge : vidange rémunératrice pour les citadins

La révolution du XXème siècle

- Synthèse industrielle de l'azote – Haber-Bosch (1914)
- A partir d'hydrocarbures fossiles (gaz naturel)

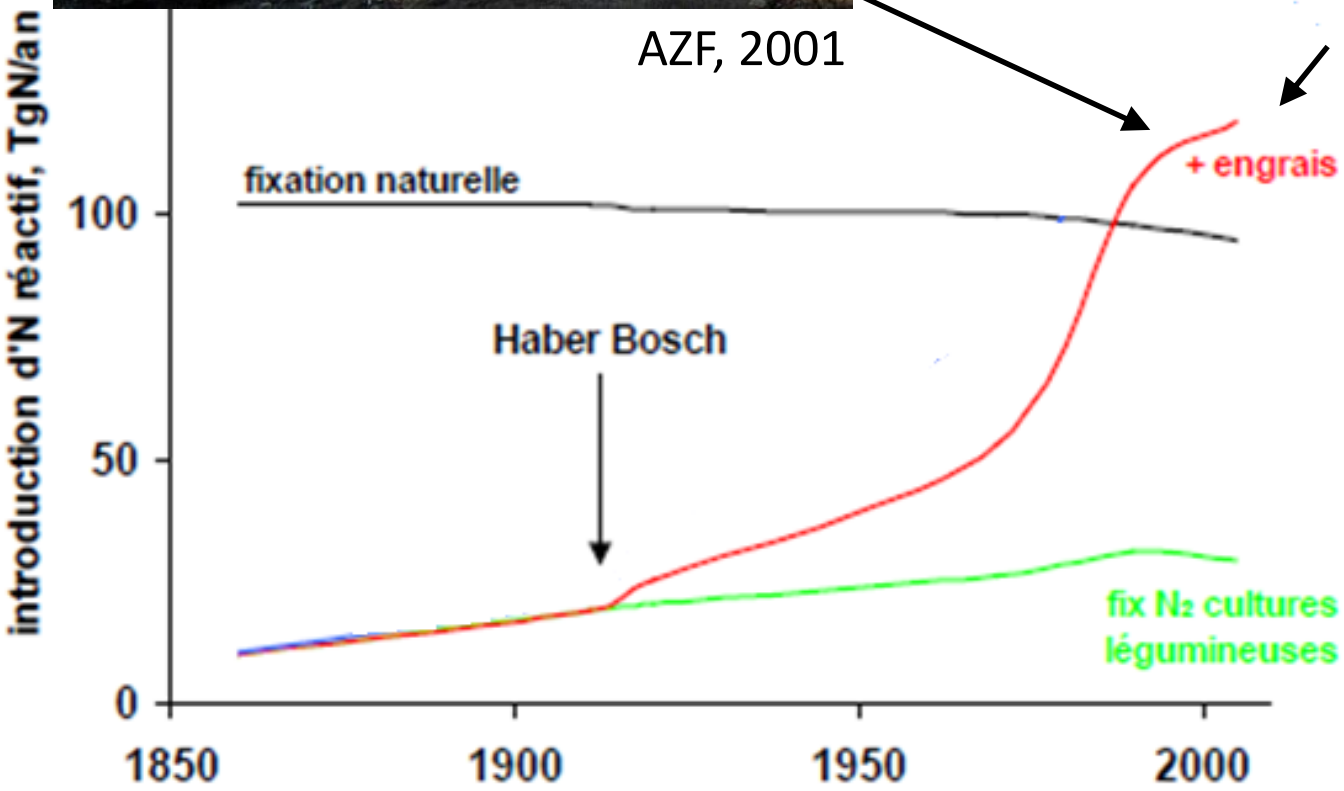
Usine Yara au Havre, ouverture fin années 60

2% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde !

Dérè d

AZF, 2001

Beyrouth, 2020



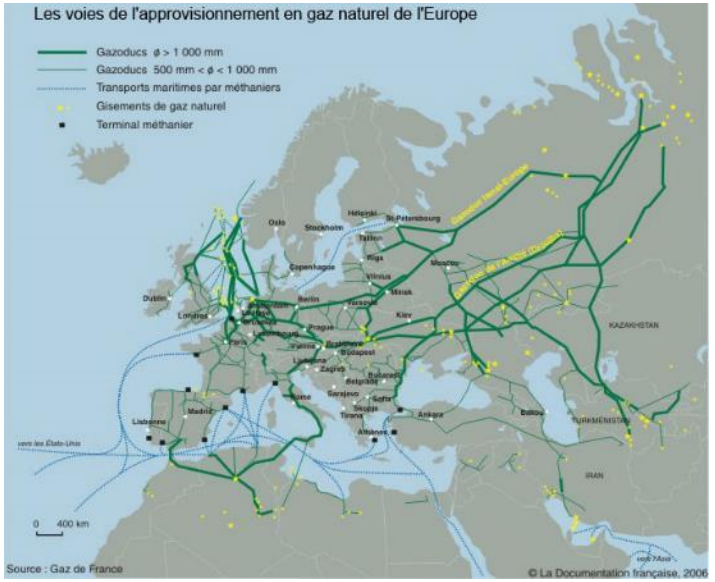
Billen, 2015

Chemin de l'azote vers mon assiette

↓ N_2

←

Méthane
(gaz naturel)



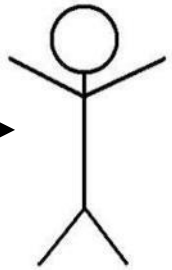
↓ Engrais azoté de synthèse

→

→

→

→

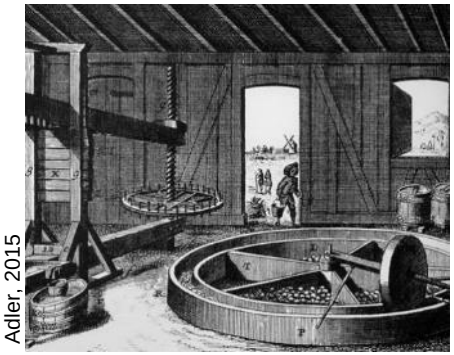


5 kg de N

20-50 kg de N

Le cas de l'agglomération parisienne 1850-2010

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



Adler, 2015

Poudrette : « procédé barbare »

Paulet, 1853

Bellanger, 2010

Ammoniac + épandage

Crédit Roger-Viollet

Paris, 1964

Rejets en rivière

Parisenimages

Crédit SIAAP

Stations d'épuration

100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%

1840 1860 1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020

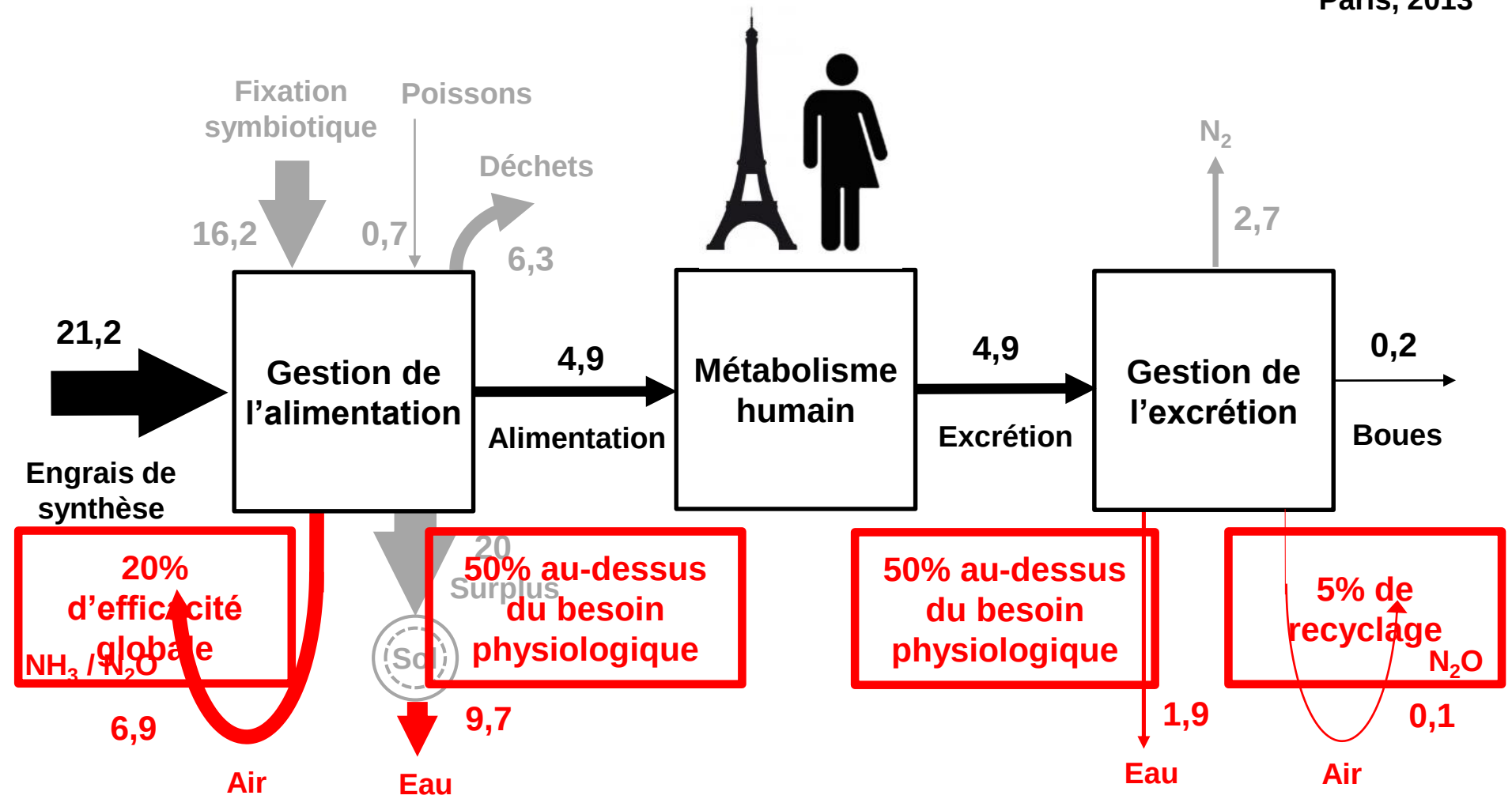
Esculier, 2018

Le système alimentation/excrétion des sociétés industrielles occidentales

Esculier , Le Noë, *et al.*, 2018

kgN/pers/an

Paris, 2013



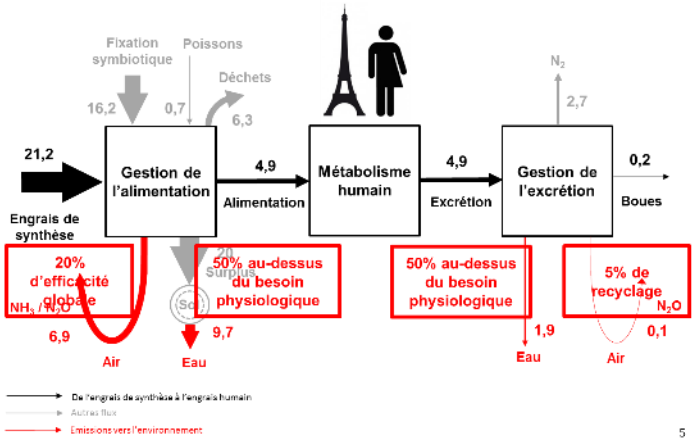
De l'engrais de synthèse à l'engrais humain

Autres flux

Emissions vers l'environnement

Les systèmes alimentation/excrétion du monde occidental

- Incompatibles avec les limites planétaires
- Non sobres
- Linéaires
- Polluants



Une prise de conscience croissante du caractère non soutenable du mode de vie occidental (GIEC, IPBES…)

=> Comment aller vers des modes de vie soutenables pour toutes et tous ?

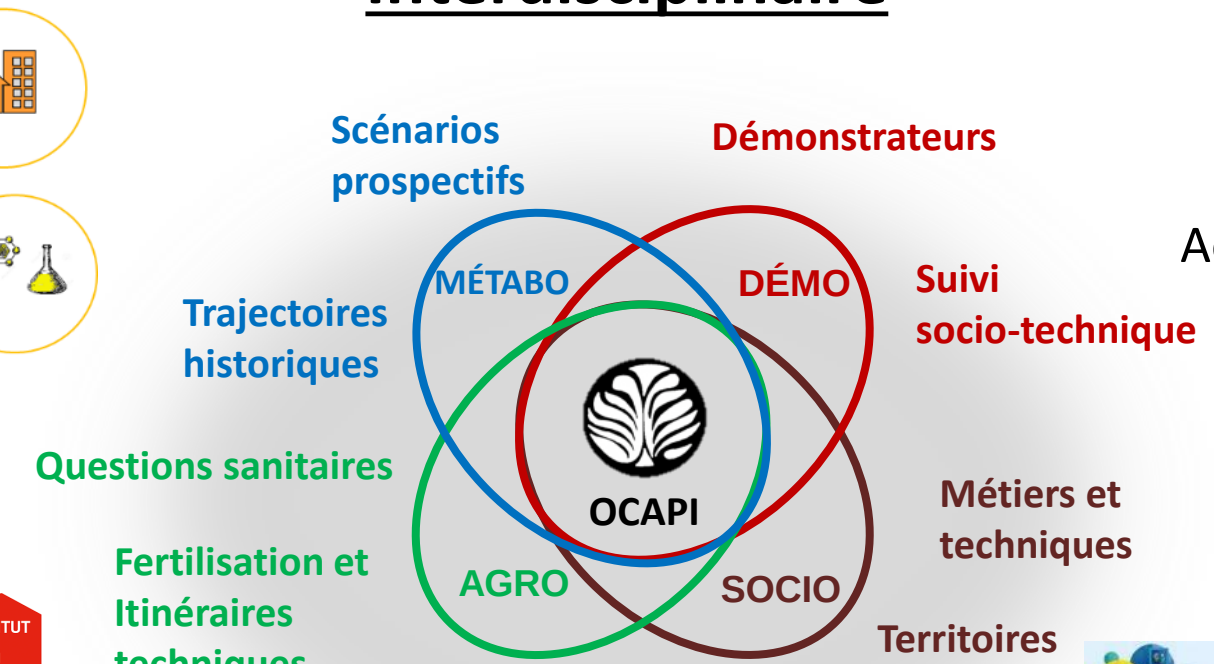
Le programme OCAPI

www.leesu.fr/ocapi

Approche systémique

Transition socio-écologique des systèmes alimentation/excrétion

Interdisciplinaire



Tourné vers l'action

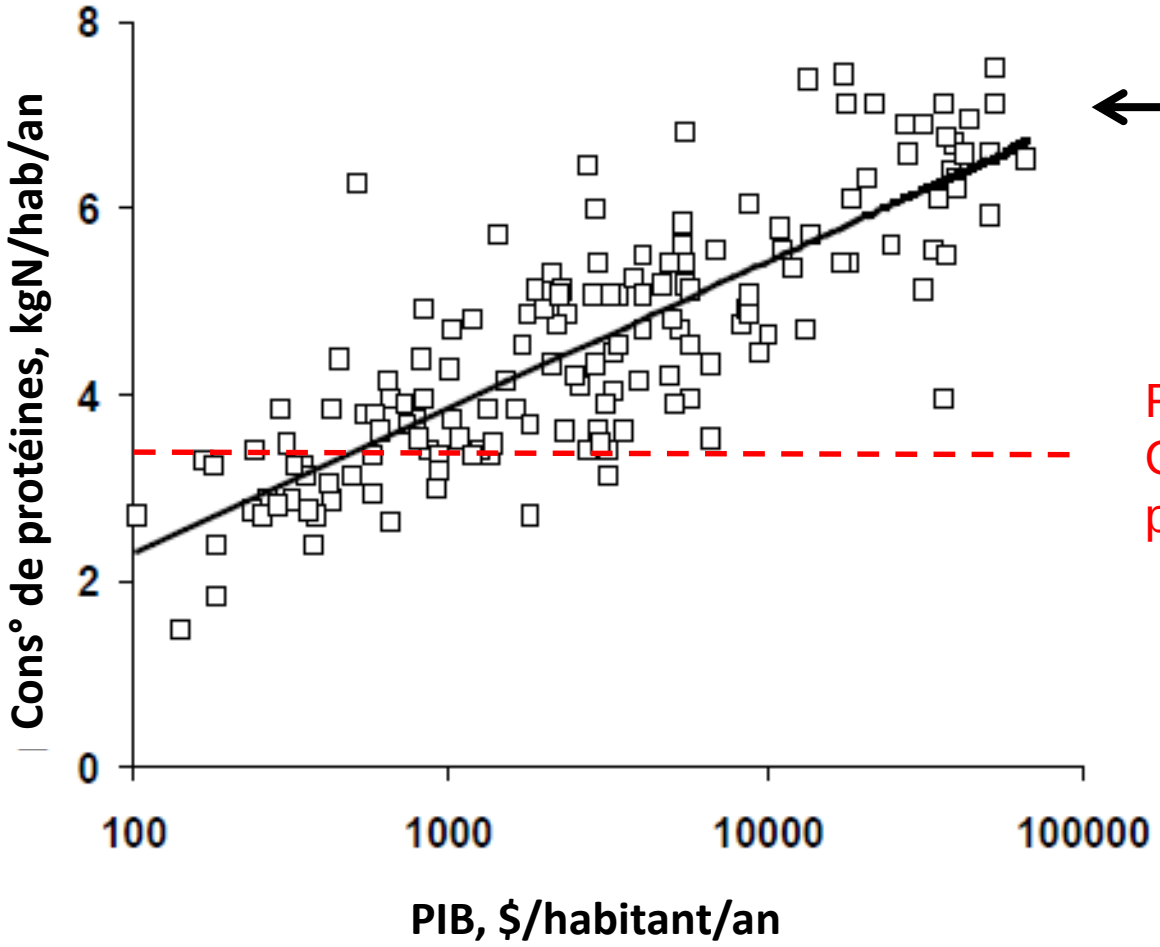
Recherche

Sensibilisation

Animation

Accompagnement

Sobriété alimentaire



← France

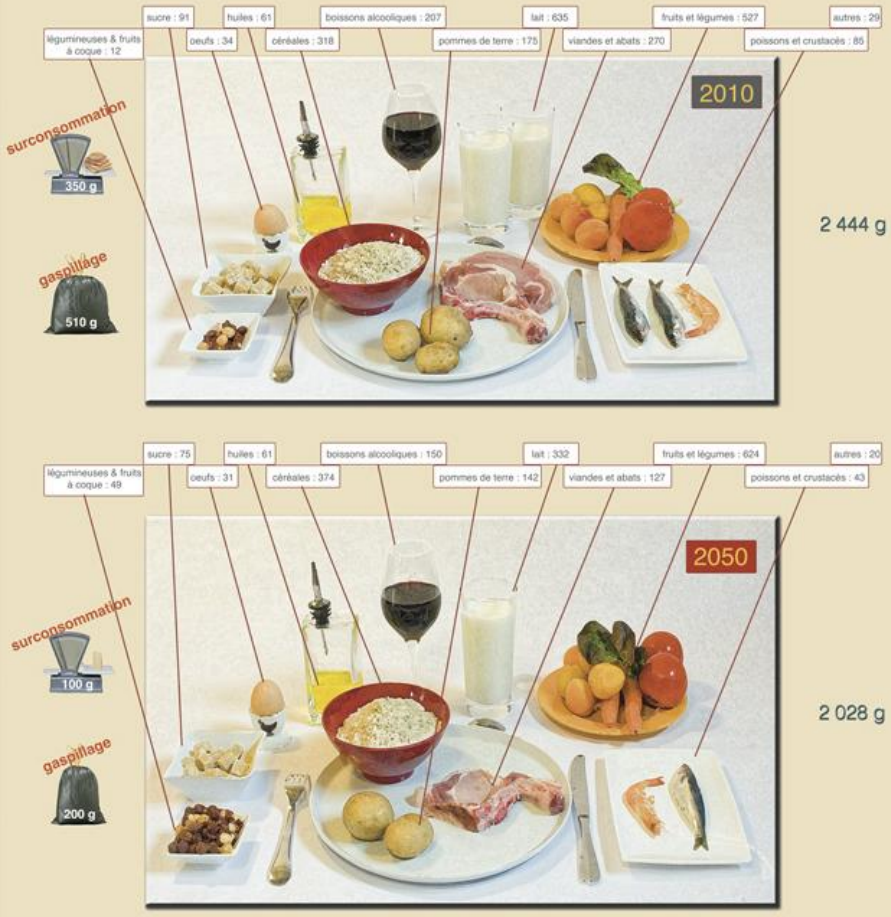
Recommandation OMS et ANSES protéines

Billen, 2015

Afterres2050

Un scénario pour une agriculture et une alimentation désirables

Une assiette mieux remplie, moins de gaspillage



consommation journalière moyenne en grammes par personne

Solagro

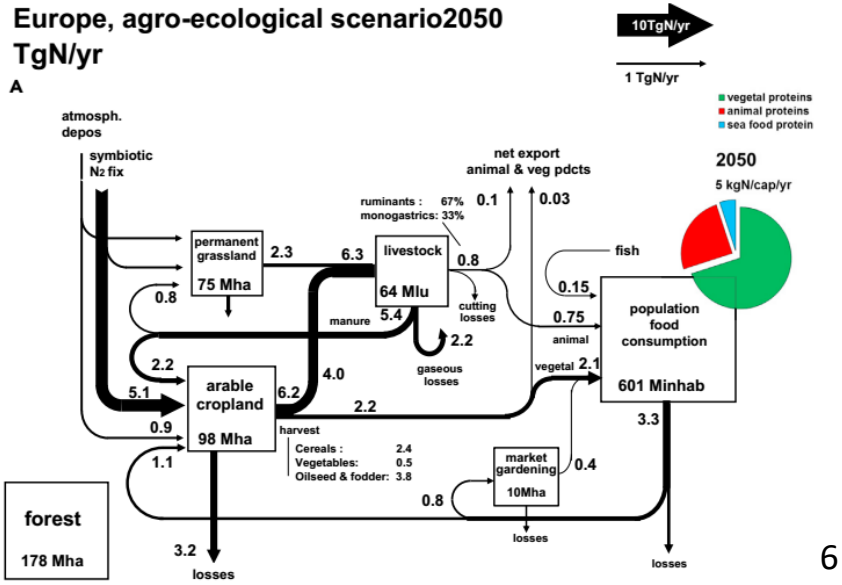
OCAPI Fabien ESCULIER

Pour une transition systémique

- Régimes alimentaires sobres
  - Baisser la quantité de protéines ingérées
  - Inverser proportions végétales et animales

- Production alimentaire
  - Scénario Autonome, Reconnecté, Demitarien

Billen et al. 2021 Reshaping the European agro-food system



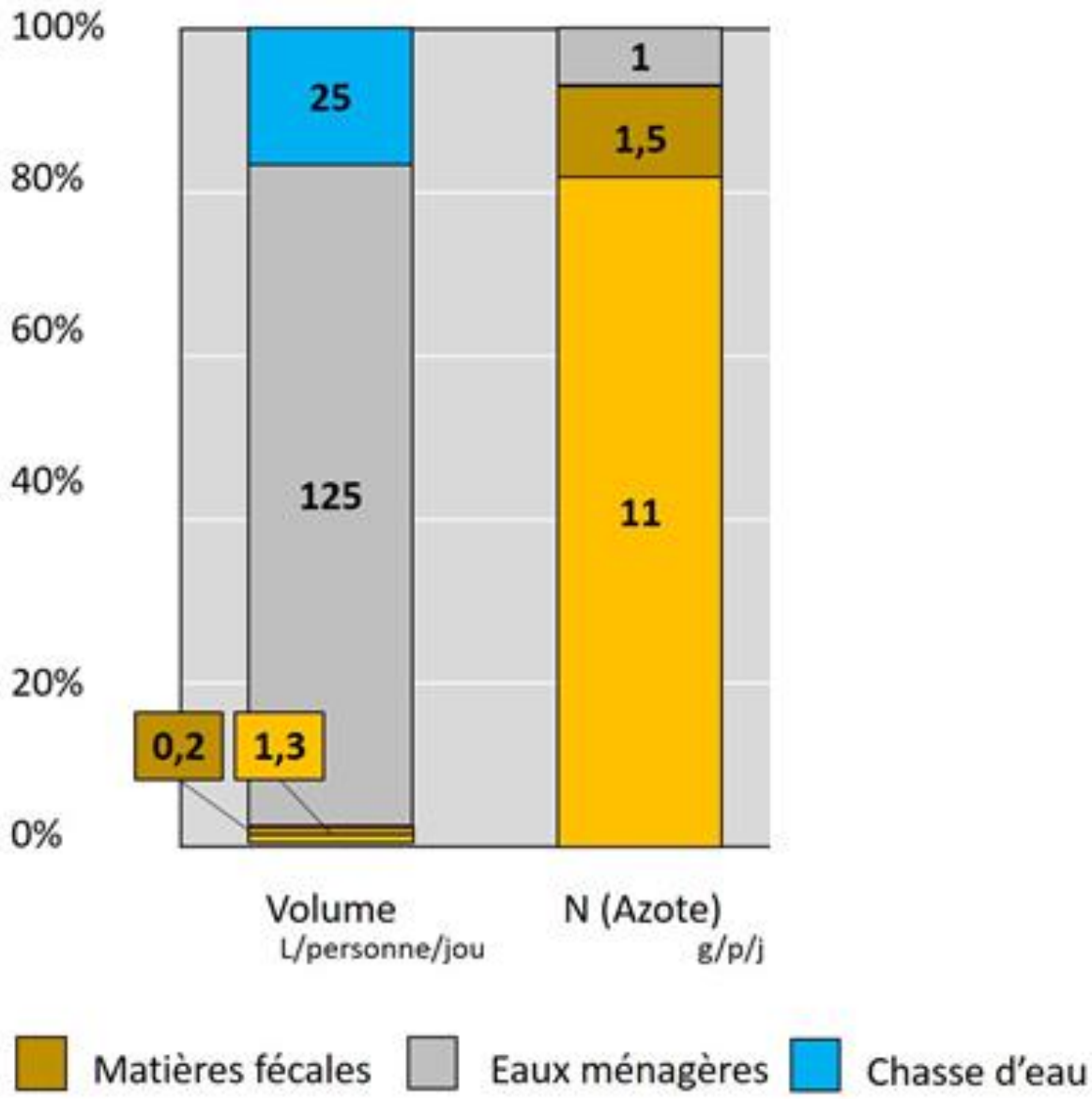
Réinventer la production agricole

- Nourrir toute l'Europe en agro-écologique et local : c'est possible (Billen et al. 2021)
- Rendre cette nourriture saine accessible à tous : c'est possible !

Sur une proposition initiale d'Ingénieurs Sans Frontières :

securite-sociale-alimentation.org

Reconsidérer urines et matières fécales



Émergence de systèmes alternatifs

Crédit : Kvarnström *e al.*, 2006

Localités avec séparation (1995-2006)

Éco-villages scandinaves :

- **engagement bénévole**
- **faible densité**

Recommandations OMS (2012)

En France, quelques jalons

- **Années 1990**: vision renouvelée des toilettes sèches dans une approche d'assainissement écologique

- **Années 2010**: tensions sur l'assainissement de l'agglomération parisienne → intérêt pour la séparation à la source de l'urine
  → *2015 programme OCAPI*

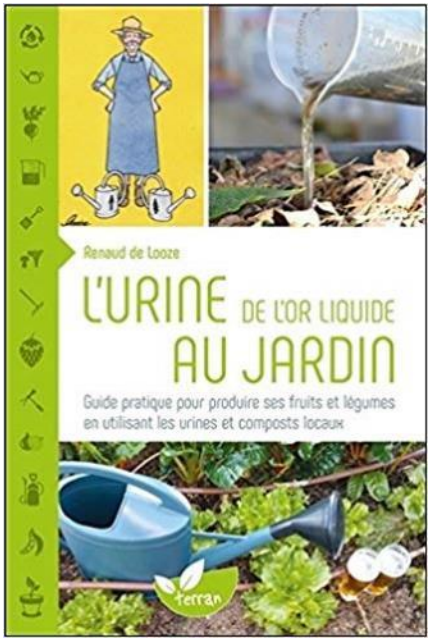
- **2018**: 80% de subvention votée par l'Agence de l'Eau Seine Normandie

- **2020**: l'opération Saint-Vincent de Paul, 1er projet de quartier urbain avec séparation à la source

Pour le faire vous-même

www.leesu.fr/ocapi

OCAPI



« Quelle quantité d'urine utiliser pour fertiliser vos cultures de légumes ? »
https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2019/08/urine-humaine-et-v%C3%A9g%C3%A9taux_2019_def.pdf

« 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

Enville

Engrais humain des villes

Le bourdaloue

Florent Brun

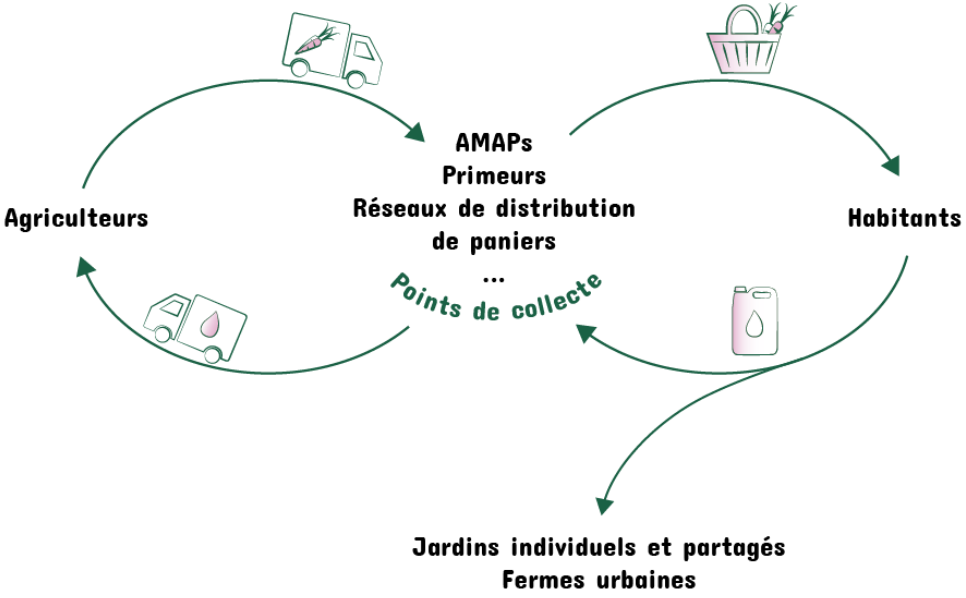
Elisabeth von Münch

Chris Canaday

Symbio

L'uritonnoir

Rich Earth Institute



Dosage : 1-2 L/m² pour une culture

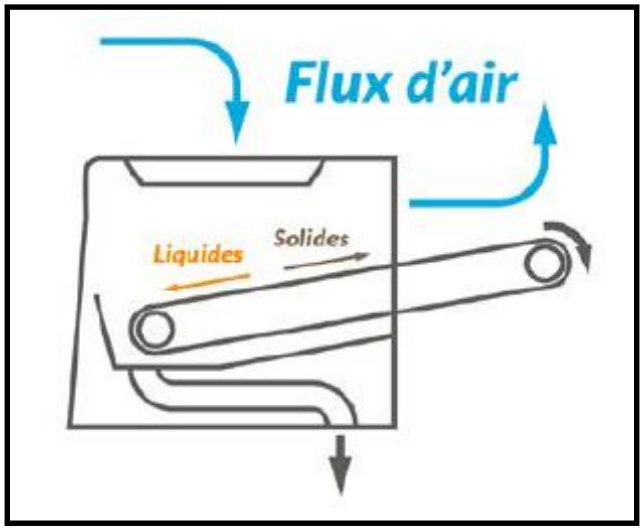
Interfaces usagers

- « Tri sélectif »

Des modèles pour tous les goûts:

- Toilettes à séparation
- Urinoirs secs (♀♂)
- Toilettes à tapis roulant

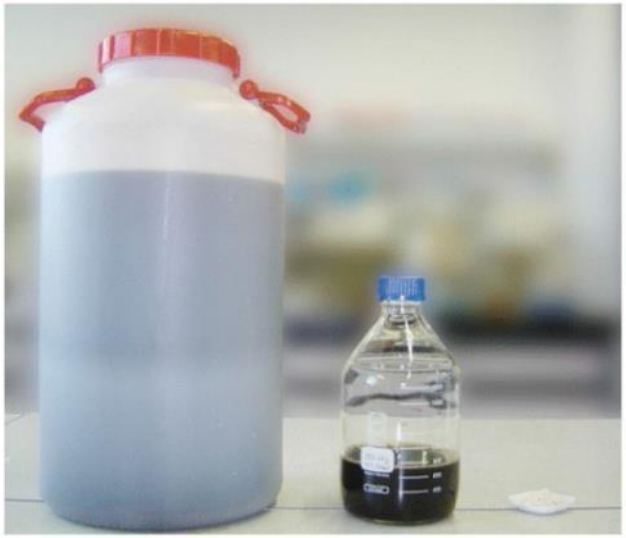
…



Une grande variété d'urino-fertilisants

Développement de procédés de concentration de l'urine

- Limitation des volumes à stocker et transporter (~ 1,3 L/pers/j)



Crédit : EAWAG

Urine Stockée

Urine Nitrifiée + Concentrée

Urine + chaux-cendres-biochar / déshydratée

Urine + Acide

Urine + Base

Urine fermentée

Urine + Copeaux

Urine stockée + Boues

Struvite

Publication récente

- Projet Agrocapi
- Le point sur les urino-fertilisants :
  - Traitements possibles
  - Efficacité agronomique
  - Micropolluants
  - Pathogènes
  - Appropriation
  - etc.
- Disponible en ligne :

www.leesu.fr/ocapi

Des options environnementales « sans regret »

Ray-grass sans urine

Ray-grass avec urine

Impact (/kg grain) / Filière	Épuisement ressource eau	Eutrophisation eau douce	Changement climatique	Utilisation énergie	Épuisement ressource min, fossiles, renouvelable	Particules fines	Acidification
	L eq	*ngPO_4^{3-} eq*	*gCO_2 eq*	*MJ*	*mgSb eq*	*mgPM2.5 eq*	*mmol H^+ eq*
Engrais minéral + STEP	4,5	420	940	4,9	27	330	7,6
Urine stockée	0,3	50	260	1,4	11	210	7,8
RATIO	**15**	**8**	**3,6**	**3,5**	**2,5**	**1,6**	**1,0**

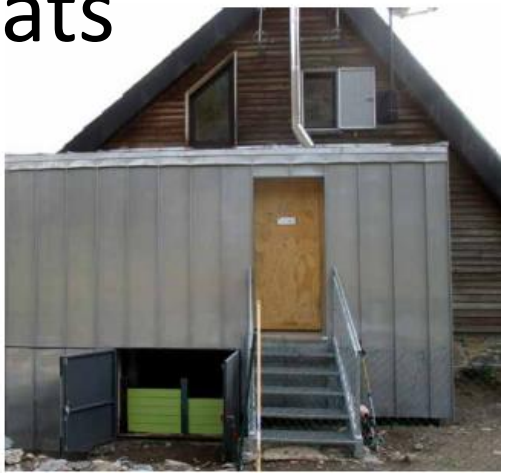
Publication récente (bis)

- Premier ouvrage français sur la séparation à la source

- Disponible en ligne : www.leesu.fr/ocapi/bibliotheque/bibliographie

Des exemples dans tous les contextes

Séparation eaux ménagères/excrétats

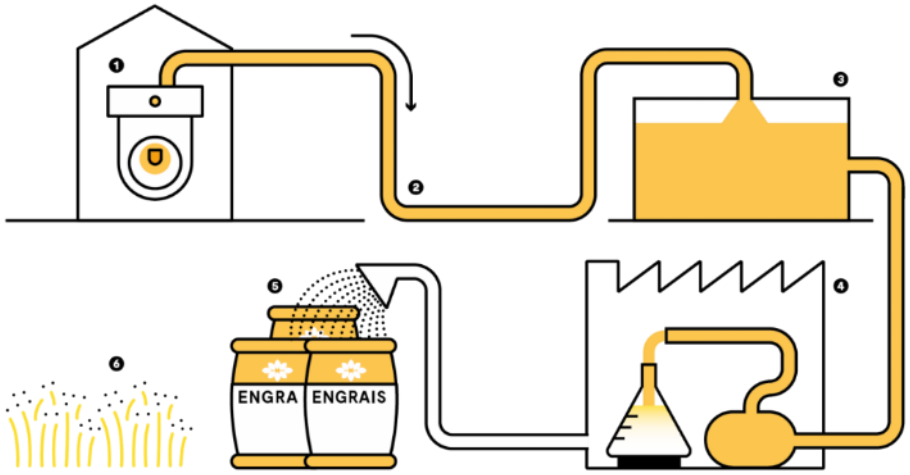


- Jenfelder Au, Hambourg, Allemagne, 2017
- Ecole primaire de Saint-Germé (Gers), France, 2012
- Refuge d'Ayous, Laruns (Pyrénées Atlantiques), France, 2020
- Centre de loisirs Félix Eboué de Rosny-sous-Bois (Seine-Saint-Denis), France, 2020

OCAPI

Séparation des urines

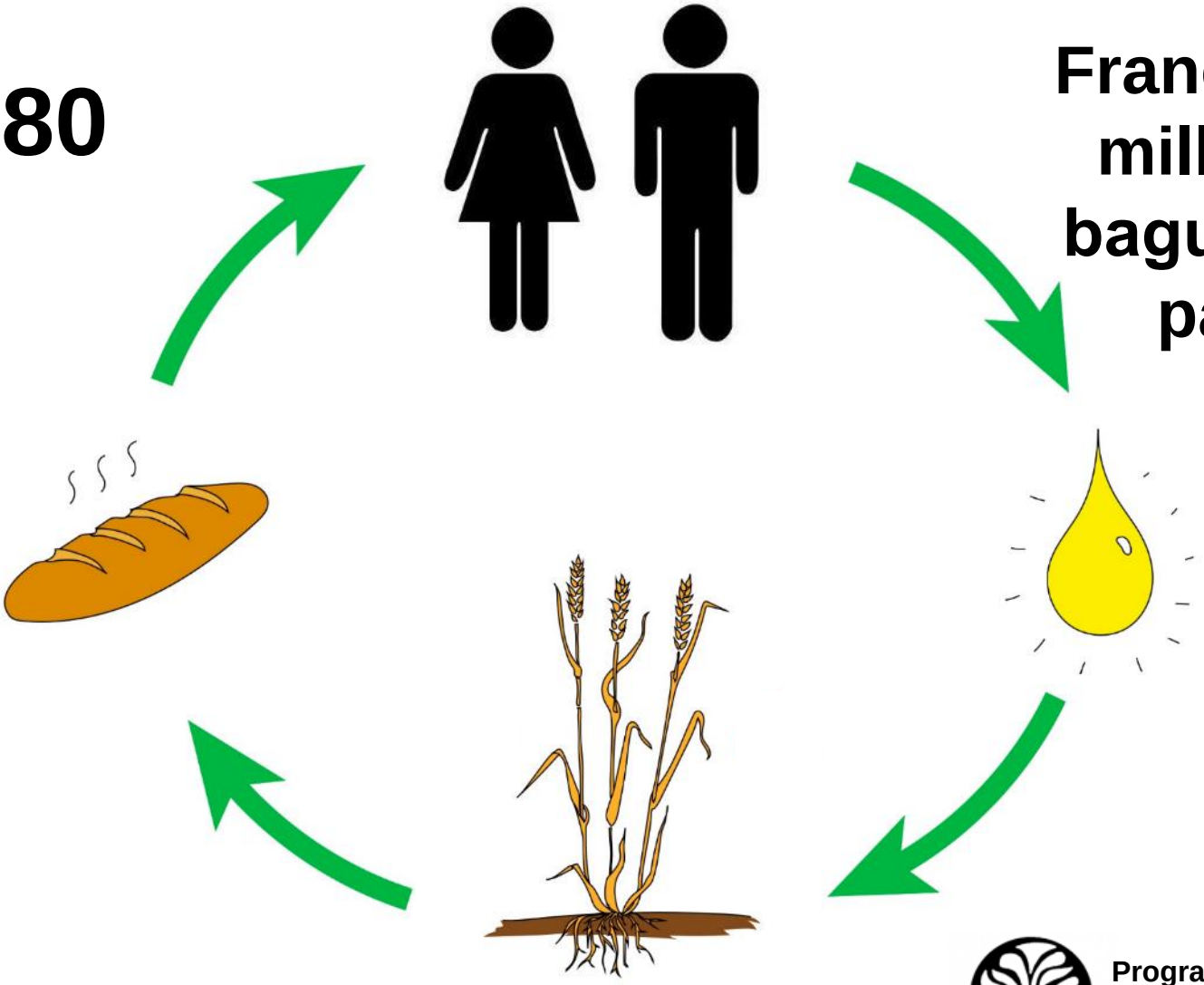
- Understenshöjden, Stockholm, Suède, 1995
- Ecovillage Munksøgård, Roskilde, Danemark, 2000
- Quartier Saint-Vincent-de-Paul, Paris, 2018-2020 puis 2024



Séparation des 3 flux

- « Water Hub », immeuble NEST, Suisse, 2016
- Coopérative d'habitat, les Vergers, Meyrin, Suisse, 2012
- Habitat participatif L'Ôôôberge, Dol-de-Bretagne, France, 2022

MT180

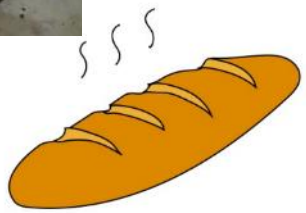


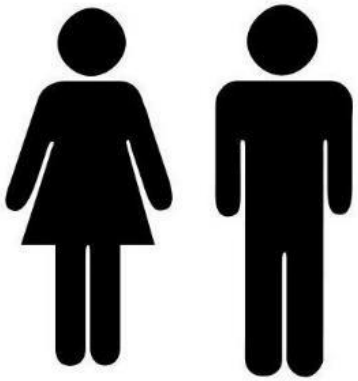
France : 160 millions de baguettes… par jour !

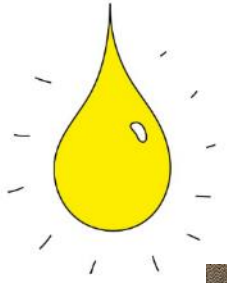
Programme de recherche et action OCAPI
www.leesu.fr/ocapi

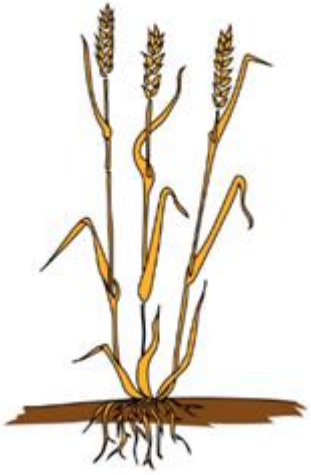
OCAPI

Fabien ESCULIER
fabien.esculier@enpc.fr









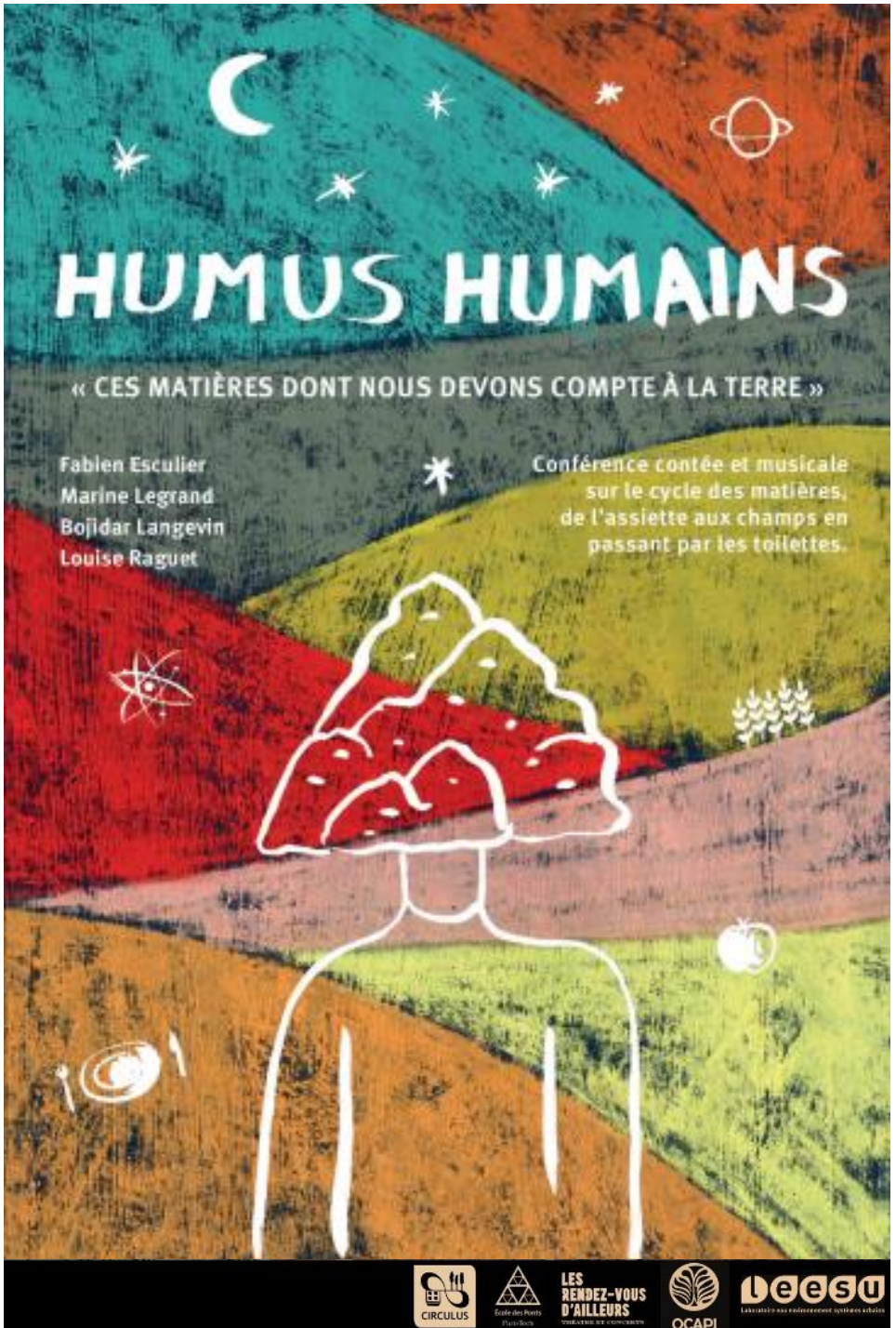
Programme de recherche et action OCAPI
www.leesu.fr/ocapi

OCAPI

Fabien ESCULIER

Association Circulus

circulus@posteo.org



Mairie de Saint-Ouen sur-Seine

Merci !

metis UMR 7619

leesu laboratoire eau environnement systemes urbains

Fabien ESCULIER

fabien.esculier@enpc.fr

Chercheur

OCAPI

École des Ponts ParisTech

Programme de recherche et action OCAPI

www.leesu.fr/ocapi

Mardi 8 novembre 2022