

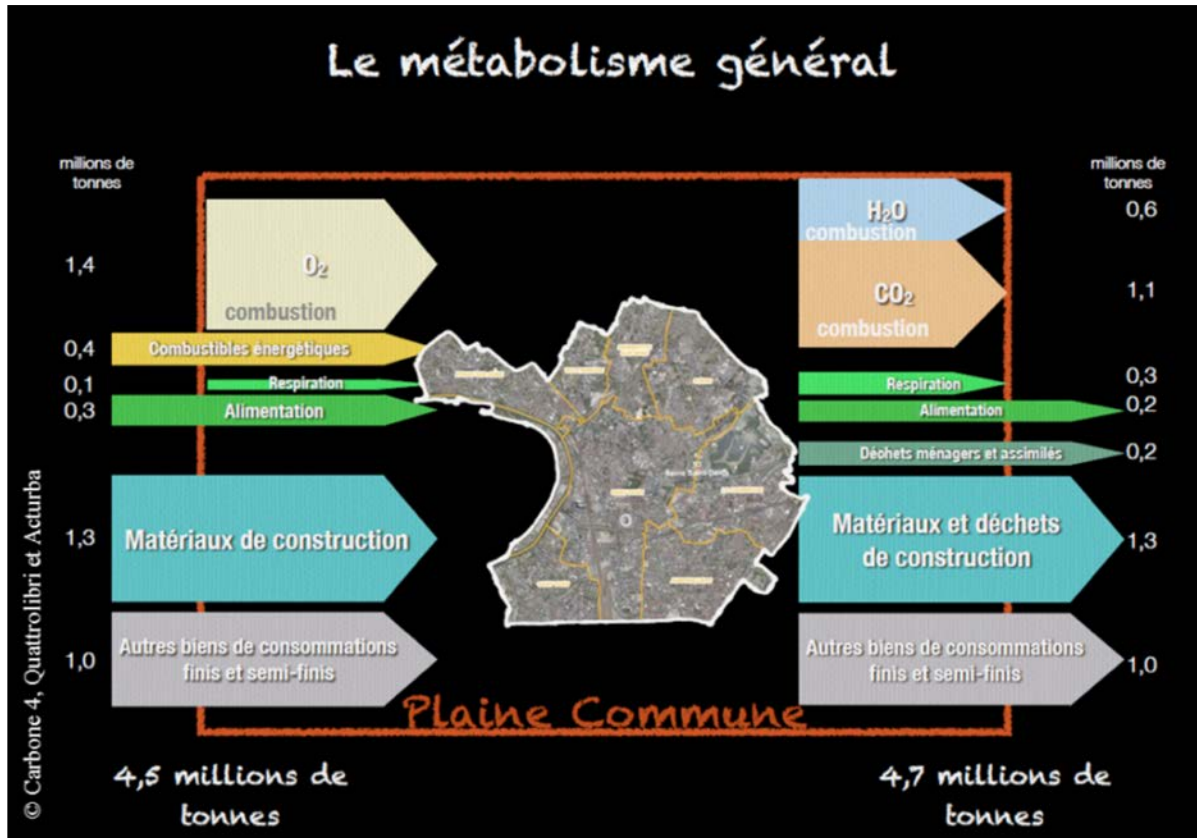


*Colloque de l'ASRDLF, Toulouse, 26 juin 2026*

# Analyser les transitions au prisme du métabolisme territorial : vers une attention matérielle ?

Sabine Barles

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne,  
UMR Géographie-Cités



# MÉTABOLISME URBAIN, ÉCOLOGIE TERRITORIALE, TRANSITION

(Synthèse de l'analyse des flux de matière réalisée par Carbone 4, Quattrolibri et Acturba (Restitution finale de l'étude métabolisme urbain, 2015, *in* Bastin, 2019)

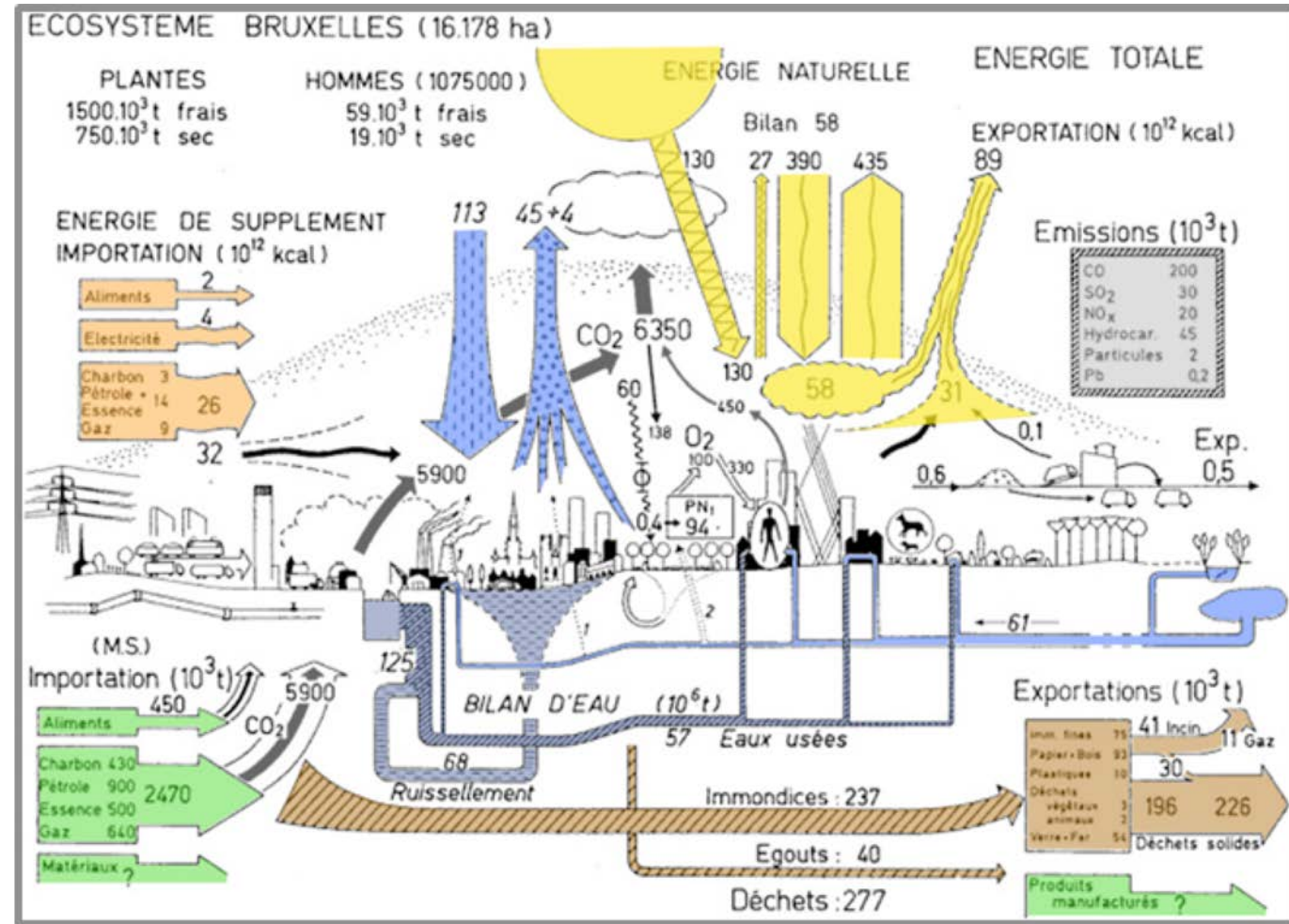
# Le métabolisme : métaphore ou ... autre chose ?

## XIXe siècle

- Justus von Liebig, 1843, p. 34 : *Stoffwechsel*
- En France, Nysten P. H., 1858 : « changement de nature moléculaire des corps »
- Karl Marx : « *stoffwechsel riss* », rupture métabolique ville-campagne

## Années 1960 et au-delà

- Abel Wolman, 1965 « The metabolism of cities » ; Eugen Odum : la ville comme écosystème hétérotrophe ; Paul Duvigneaud : l'écosystème *urbs*
- Robert Ayres et al. : métabolisme industriel et écologie industrielle
- Institut d'écologie sociale (Vienne, Autriche) : métabolisme social, écologie sociale
- France : écologie territoriale



Duvigneaud, 1974

## Profils métaboliques des trois principaux régimes socio-écologiques/socio-métaboliques (Krausmann, Weisz, Eisenmenger, 2016)

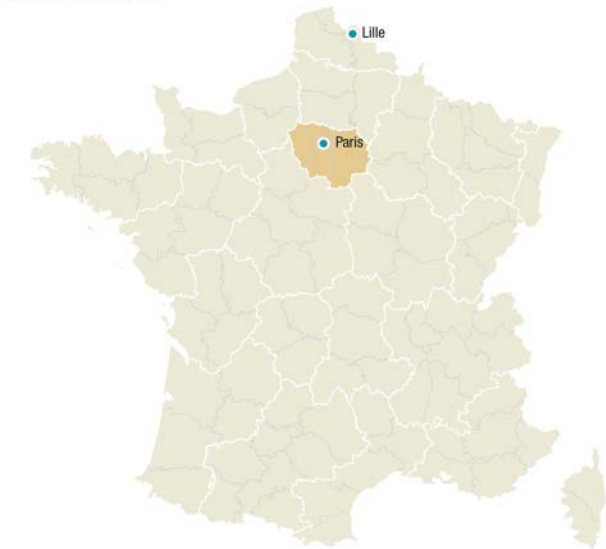
### Des notions structurantes

- Métabolisme (social, territorial, urbain...) : flux (et stocks) d'énergie et de matière mis en jeu par les sociétés humaines
- Régime socio-écologique : rôle du régime énergétique ; somme de régimes sociotechniques
- Transition socio-écologique : passage d'un régime à l'autre ≠ transition sociotechnique

	Chasseurs-cueilleurs	Agricole	Industriel
Densité de population (hab/km <sup>2</sup> )	< 0,1	< 40	< 400
Consommation énergétique (GJ/hab/an)	10-20	40-70	150-400
Consommation matérielle (t/hab/an)	0,5-1	3-6	15-25
Stock matériel (t/hab)	< 0,01	< 10	100-1000
Part de la biomasse dans la consommation énergétique (%)	> 99	> 95	10-30
Système énergétique	Solaire non contrôlé	Solaire contrôlé	Fossile et fissile
Métabolisme	Cyclique	Cyclique dominant	Linéaire et minier



## Les territoires dotés d'étude de métabolisme avant 2010



**Territoire concerné**

- Commune
- Région

© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021  
Source : L'Institut Paris region

## Les territoires dotés d'étude de métabolisme entre 2010 et 2015



**Territoire concerné**

- Commune
- Intercommunalité
- Zone couverte par un SCot
- Département
- Région

**Territoire doté d'une étude avant 2010**

- Commune
- Région

\* se référer aux cartes présentant la situation antérieure.

© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021  
Source : L'Institut Paris region

# Progression des analyses de flux de matières, France, -2024.

(Vialleix, 2021 ; Vialleix, 2025)

## Les territoires dotés d'étude de métabolisme à partir de 2016



**Territoire concerné par une étude entre 2016 et 2020**

- Commune
- Intercommunalité
- Département
- Région, après fusion de 2016
- Région, avant fusion de 2016

- 1 - Cœur d'Essonne Agglomération
- 2 - CU le Mans Métropole
- 3 - Est Ensemble
- 4 - Métropole de Lyon
- 5 - Métropole Européenne de Lille
- 6 - Métropole de Nantes
- 7 - Rennes Métropole
- 8 - Paris
- 9 - SIETREM de Lagny-sur-Marne
- 10 - CA Angers Loire Métropole

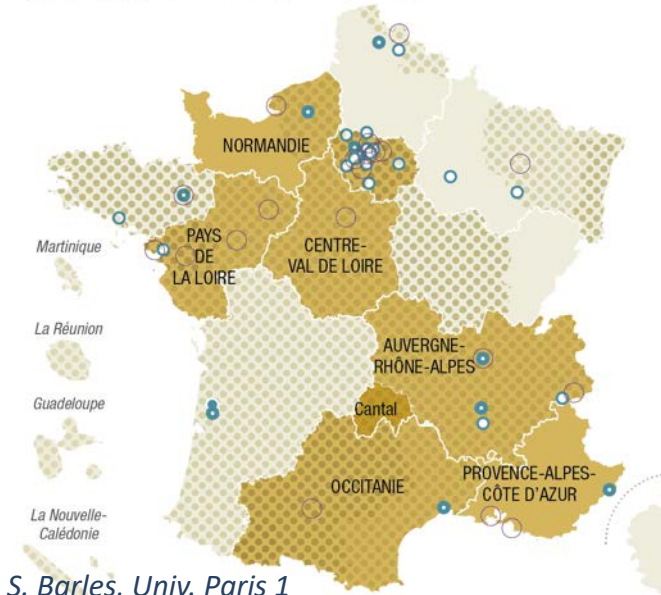
**Territoire doté d'une étude avant 2016\***

- Commune, Intercommunalité ou SCot
- Département ou Région

\* se référer aux cartes présentant la situation antérieure.

© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021  
Source : L'Institut Paris region

## Les territoires dotés d'études de métabolisme publiées entre 2021 et 2024



**Territoire concerné**

- Commune
- Intercommunalité
- Autre, dont SCot, projet urbain et autre regroupement de communes
- Département
- Région

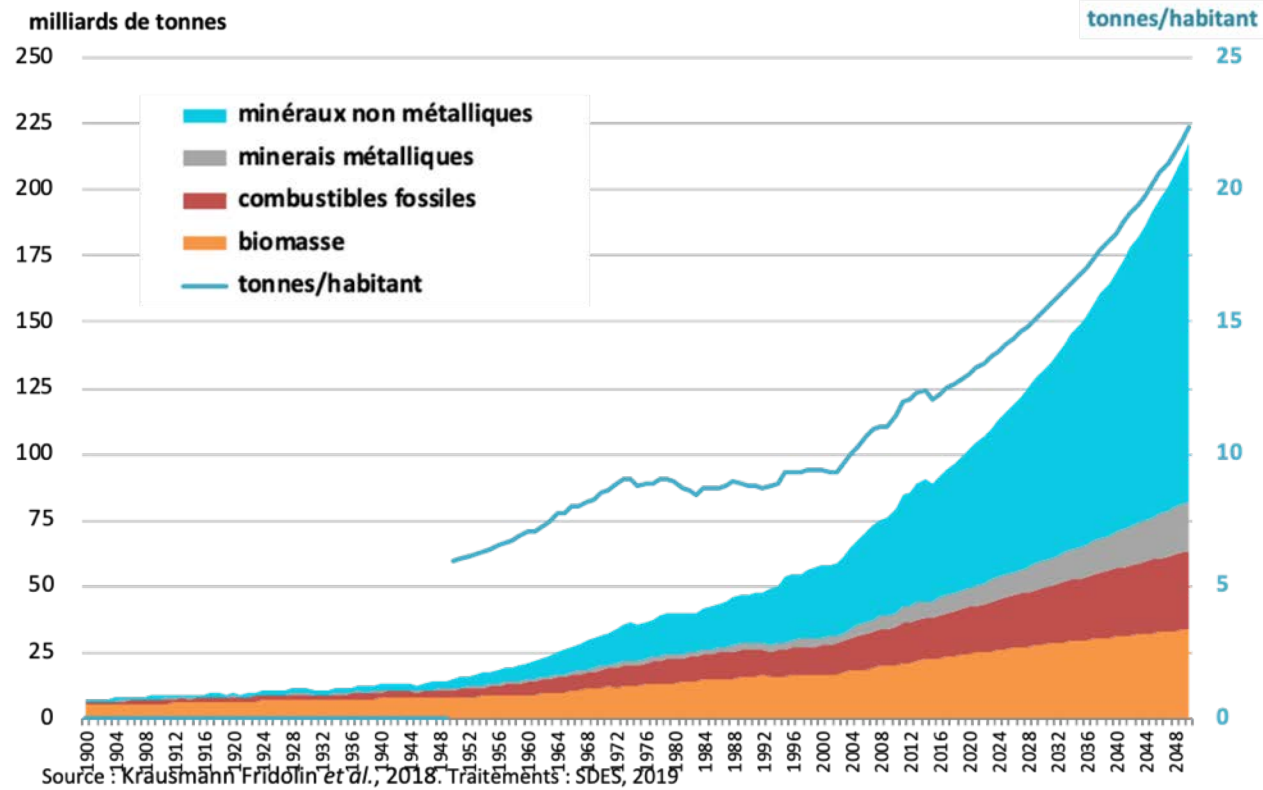
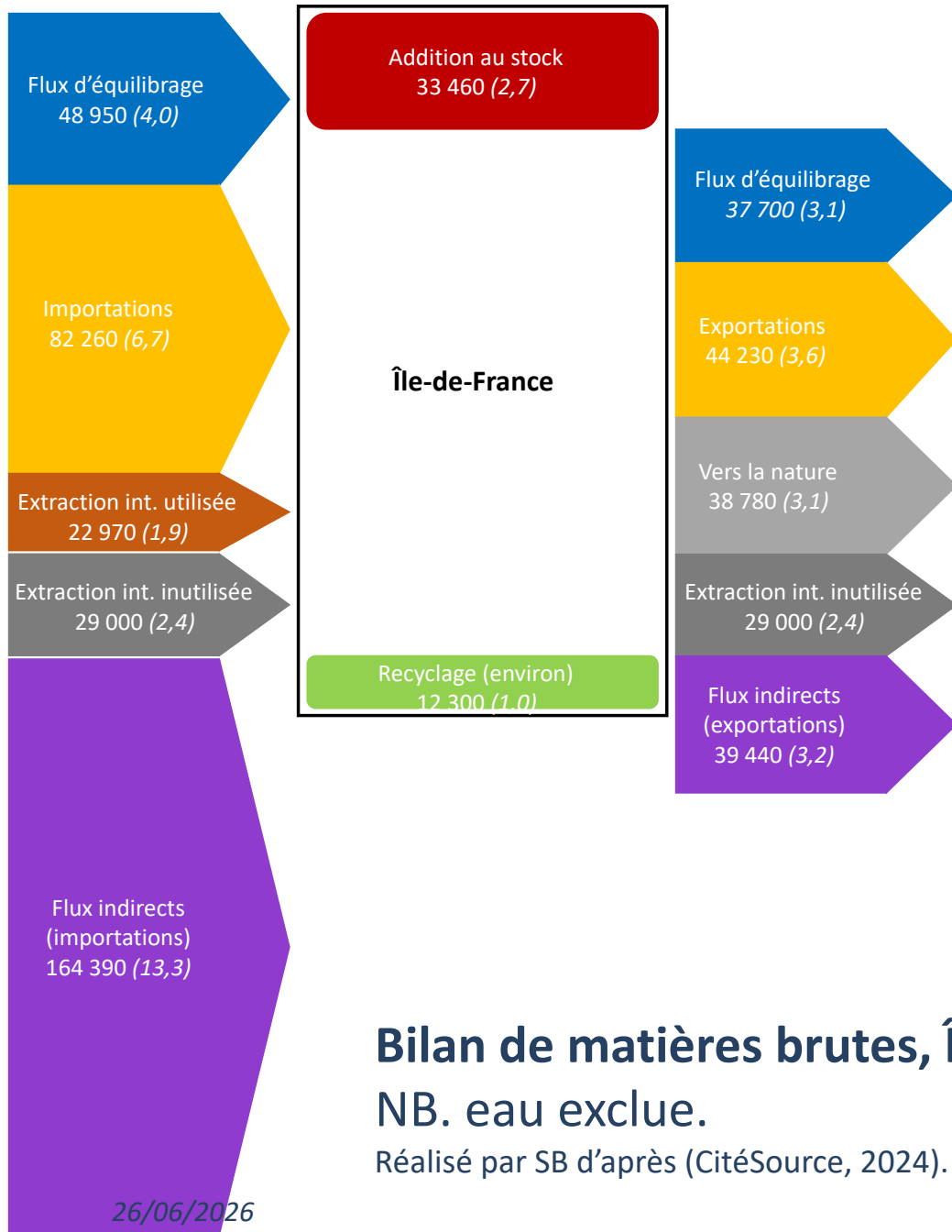
**Territoire doté d'une étude avant 2021\***

- Commune, Intercommunalité ou autre
- Département ou Région

\* se référer aux cartes présentant la situation antérieure.

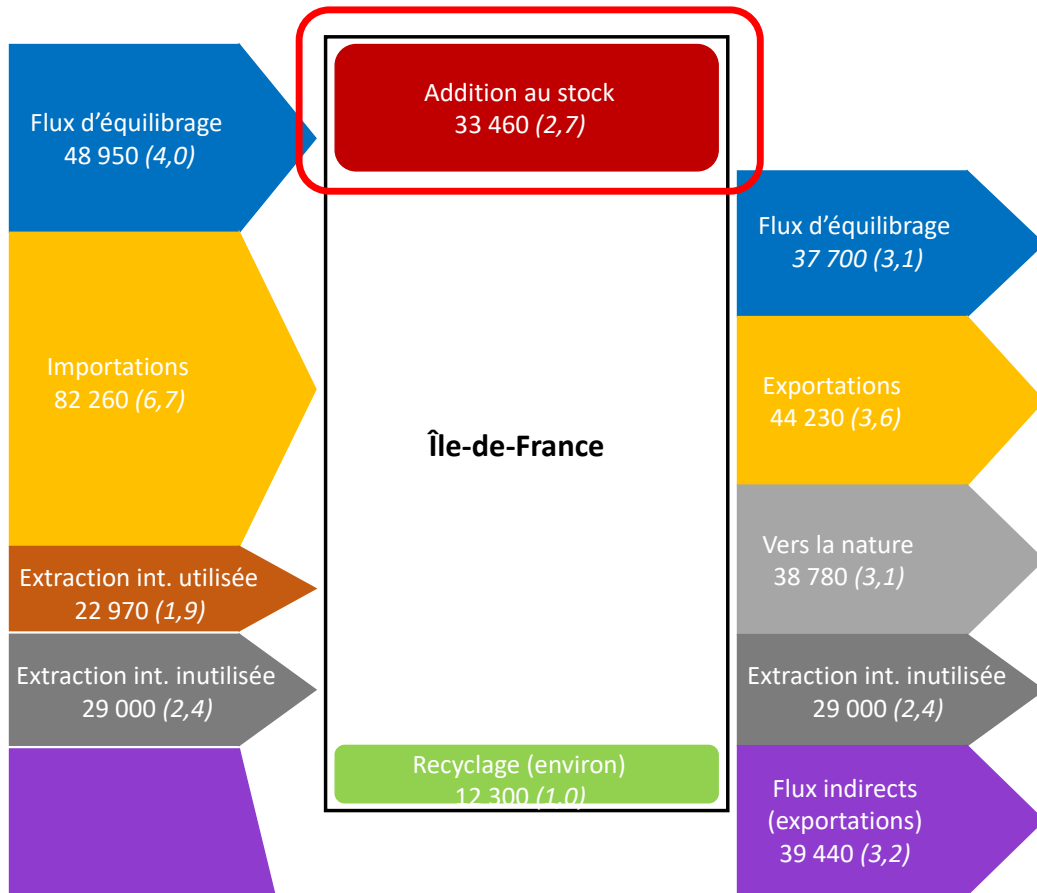
© L'INSTITUT PARIS REGION, 2025  
Source : L'Institut Paris Region

S. Barles, Univ. Paris 1



## Extraction mondiale de matières, 1900-2015 et prévisions à 2050.

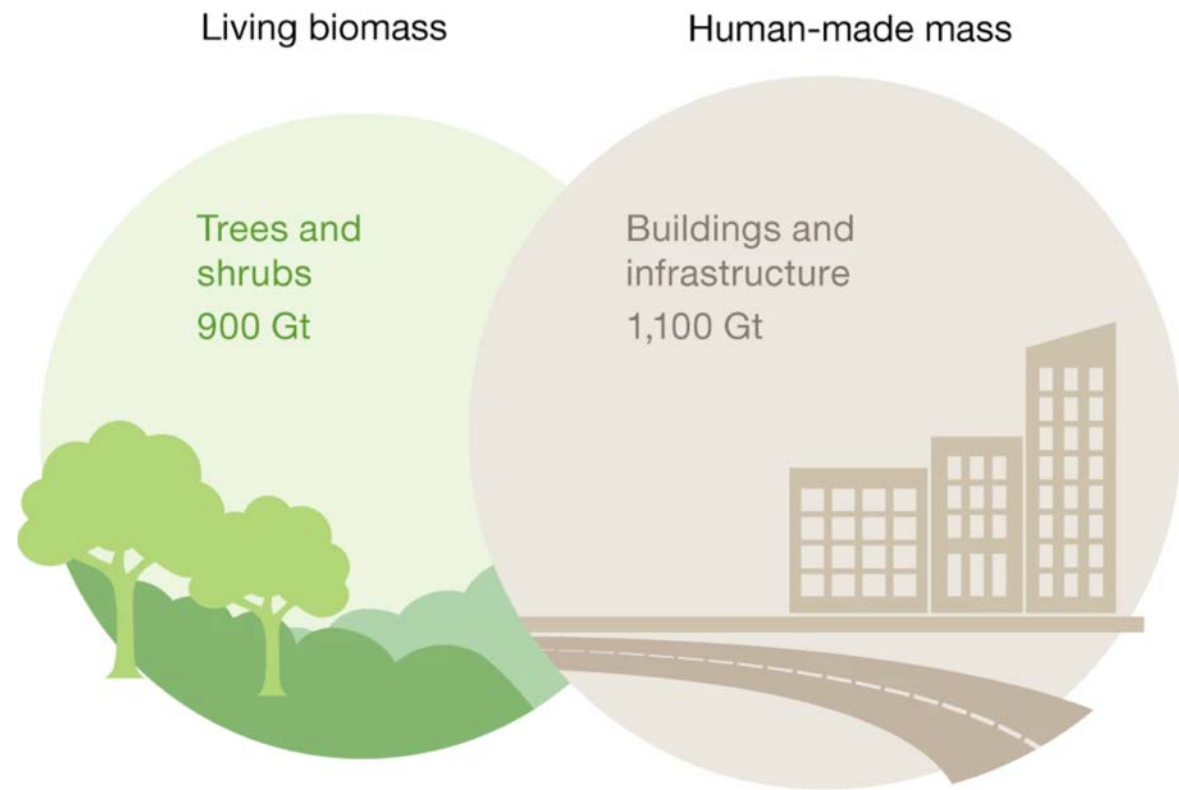
Données disponibles sur : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/donnees-et-ressources/ressources/graphiques/article/evolution-de-l-extraction-mondiale-de-matieres-premieres>, consulté le 9 févr. 2023.



## Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2021, kt (t/hab)

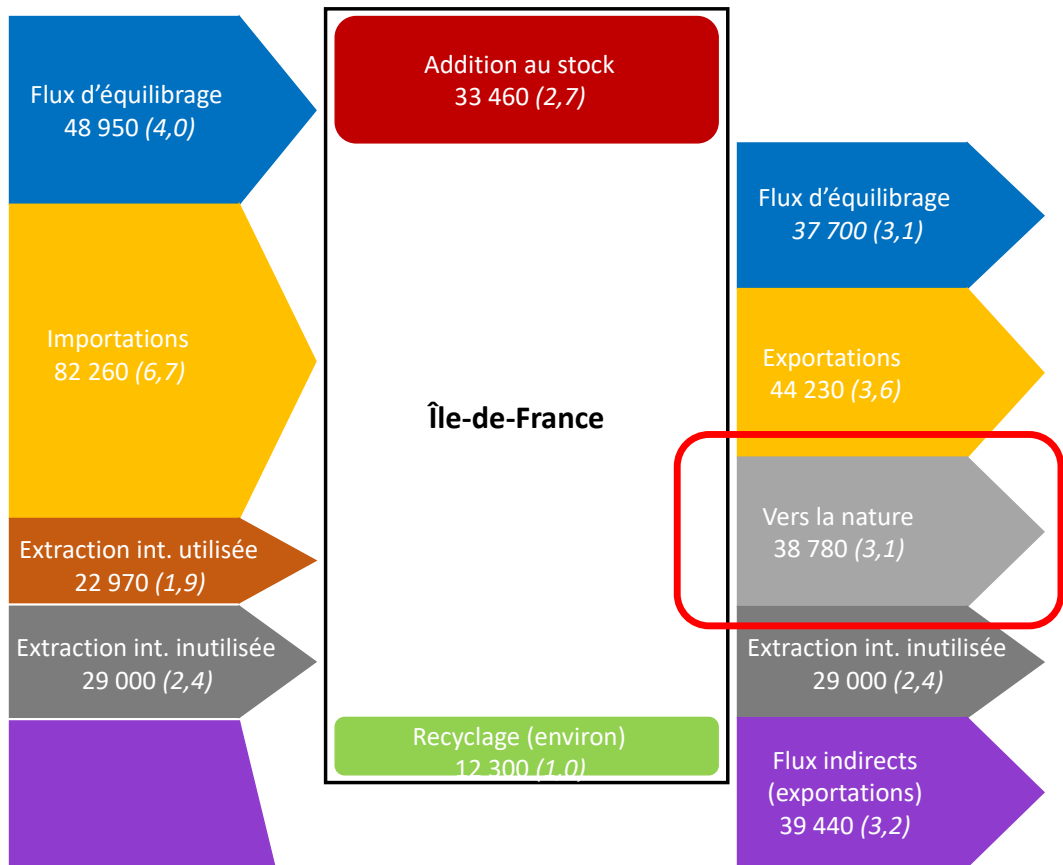
NB. eau exclue.

Réalisé par SB d'après (CitéSource, 2024).



## Biomasse (sèche) et stock anthropique, 2025, monde

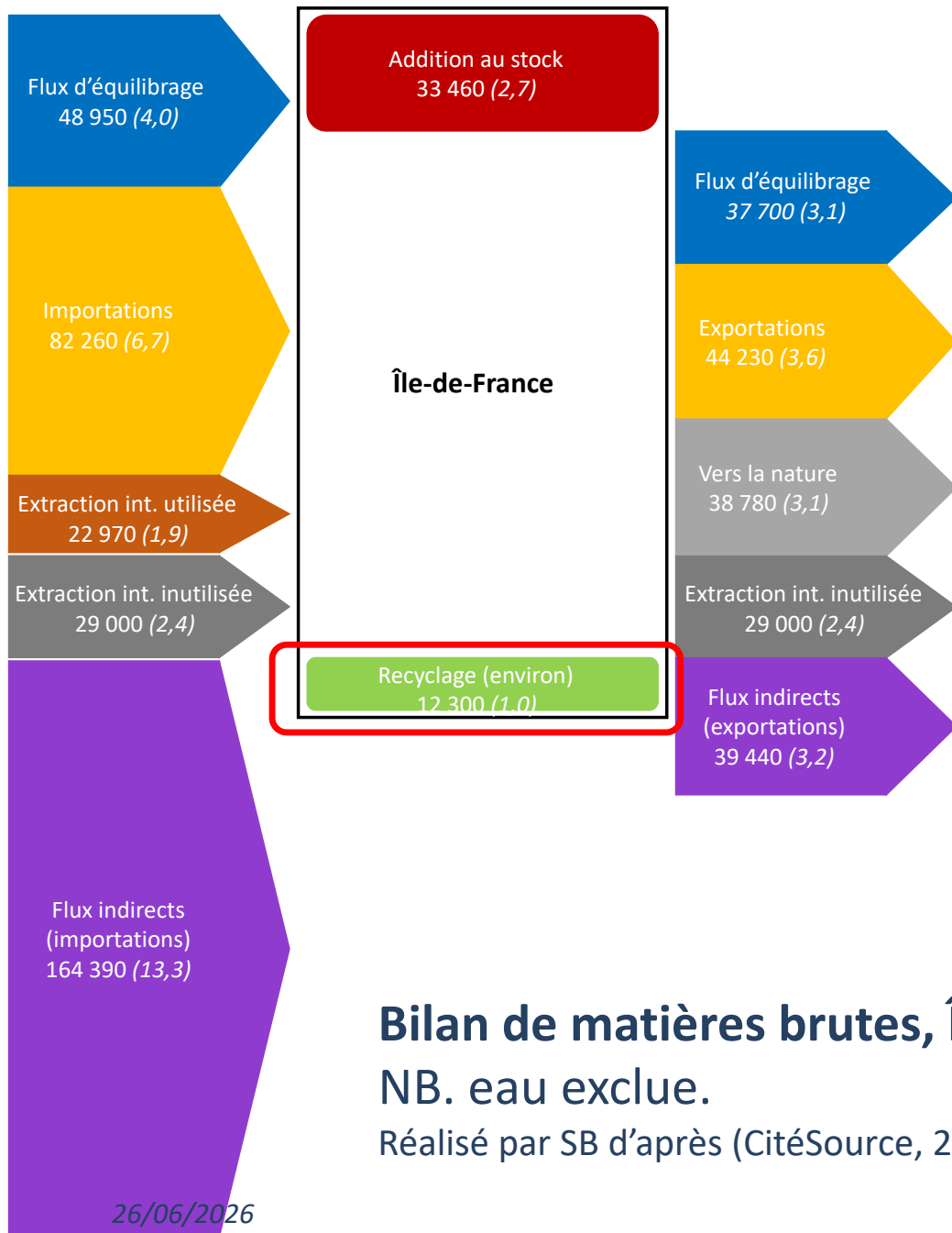
(Elhacham et al., 2020, p. 443-444)



**Abord de centre d'enfouissement des déchets ménagers, Bouches-du-Rhône, févr. 2024.** Cliché SB.

**Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2021, kt (t/hab)**

NB. eau exclue.  
 Réalisé par SB d'après (CitéSource, 2024).



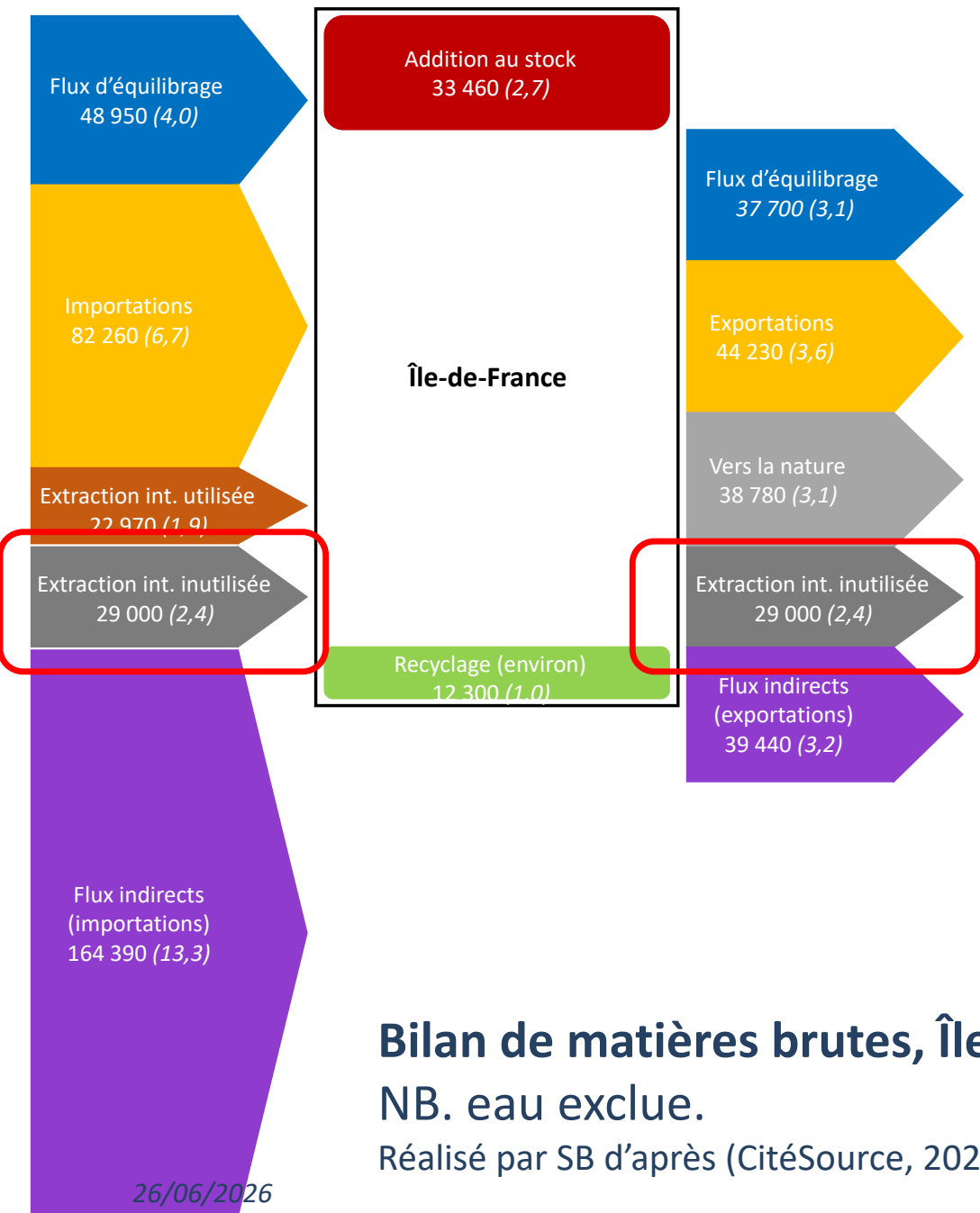
**Usine de recyclage des matières plastiques, Limay (78).**

Cliché S. Barles, nov. 2009.

## Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2021, kt (t/hab)

NB. eau exclue.

Réalisé par SB d'après (CitéSource, 2024).

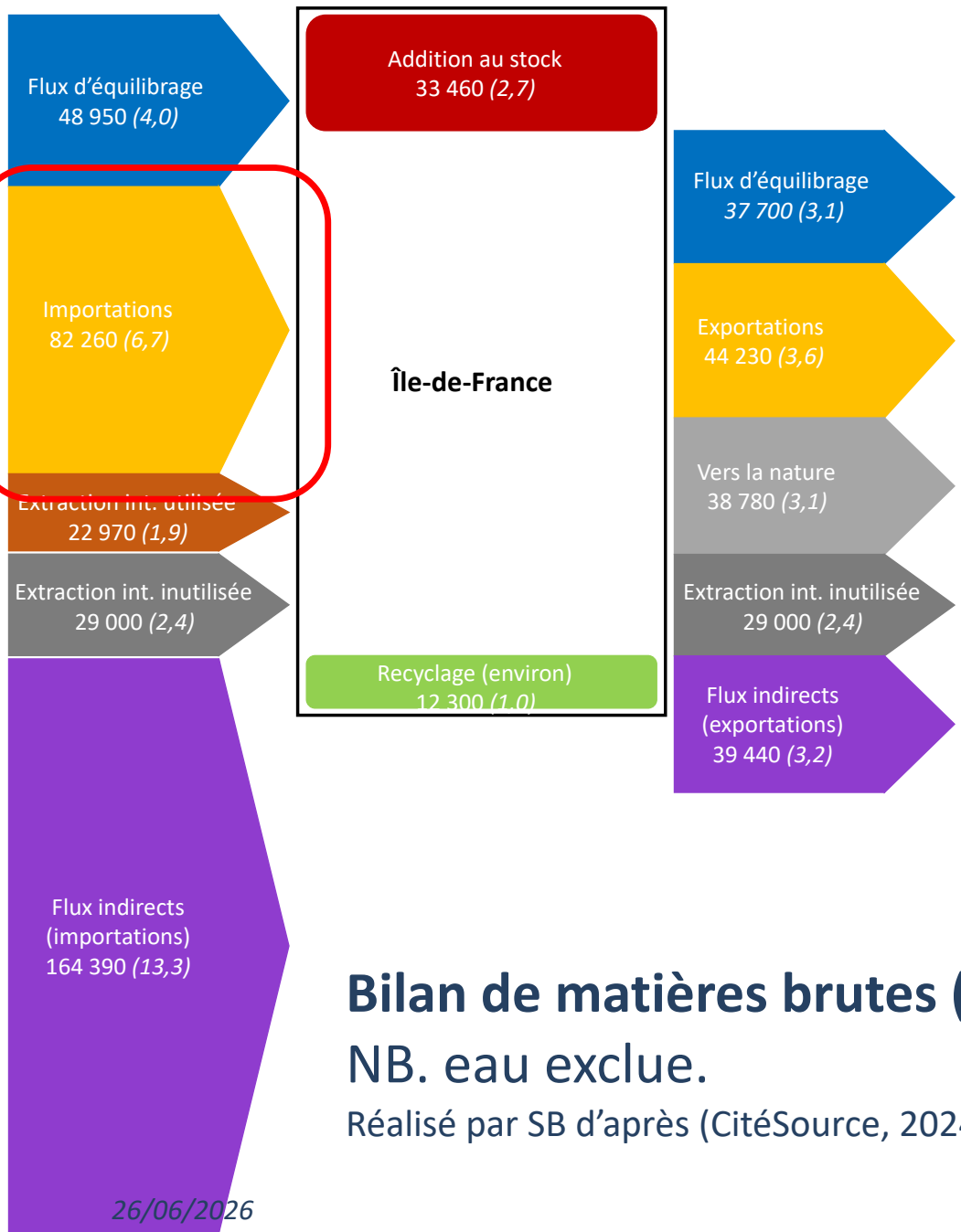


**Chemin d'Antonelle, Aix-en-Provence, févr. 2024.** Cliché S. Barles

## Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2021, kt (t/hab)

NB. eau exclue.

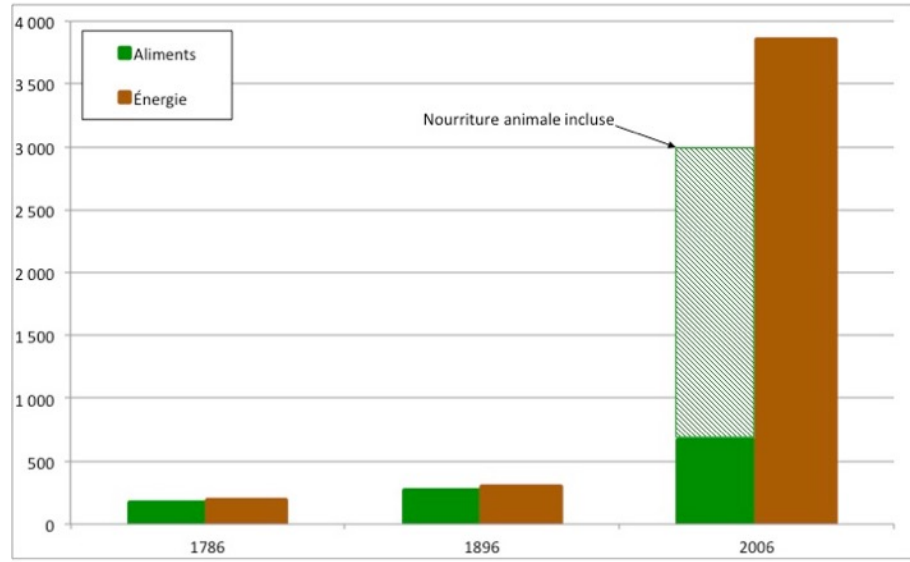
Réalisé par SB d'après (CitéSource, 2024).



### Bilan de matières brutes (...)

NB. eau exclue.  
Réalisé par SB d'après (CitéSource, 2024).

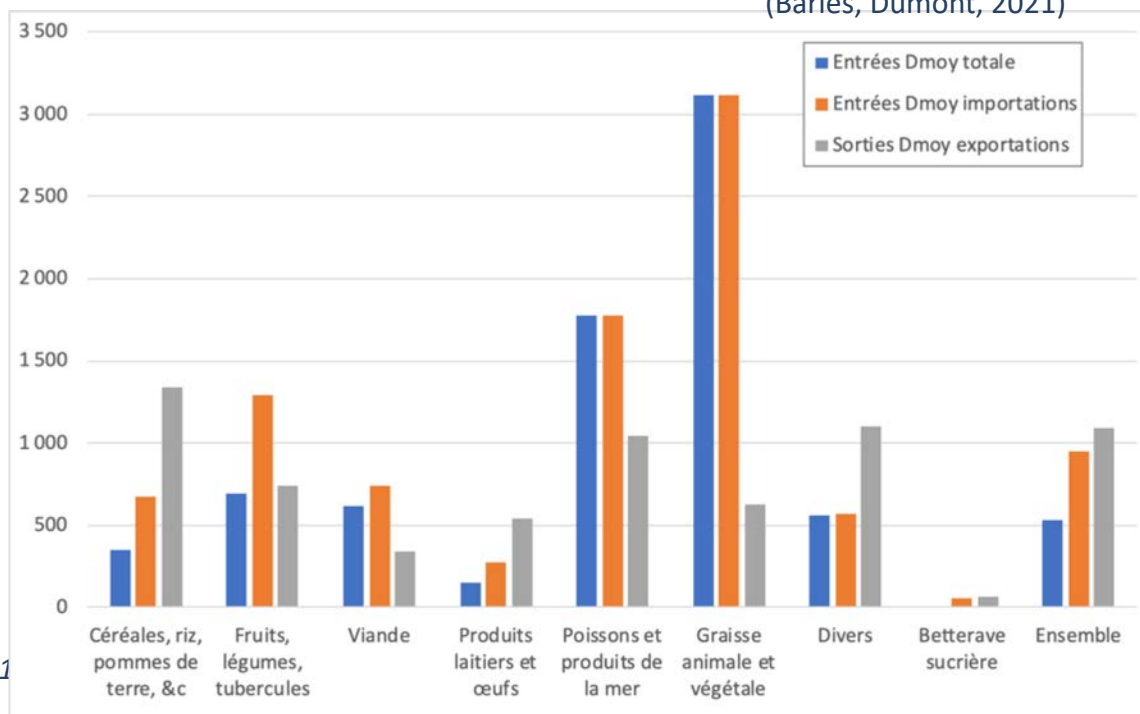
26/06/2026



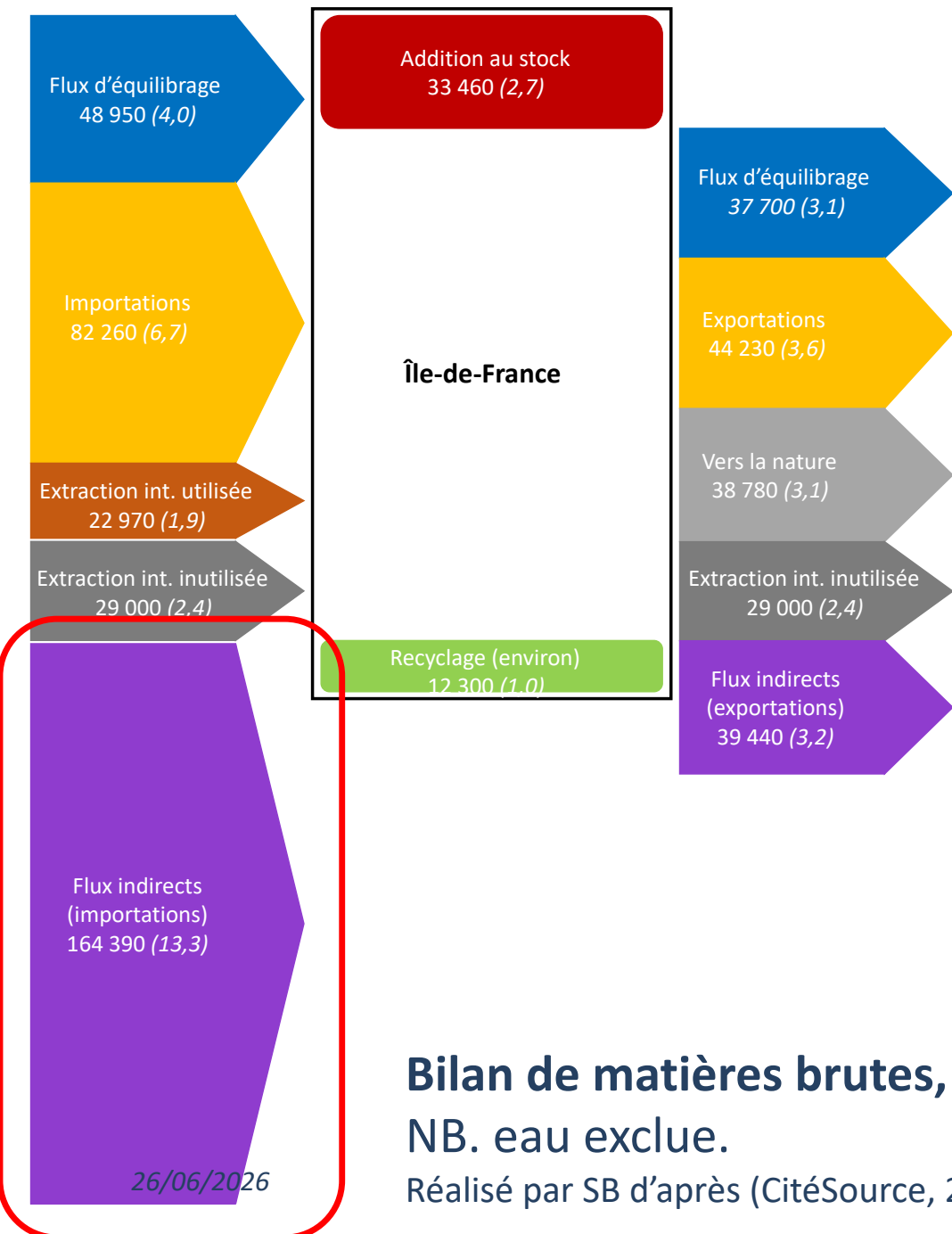
Distances moyennes d'approvisionnement, Paris, km (Barles, 2019)

### Distances moyennes d'approvisionnement et de diffusion, département du Nord, 2012, km

(Barles, Dumont, 2021)



S. Barles, Univ. Paris 1

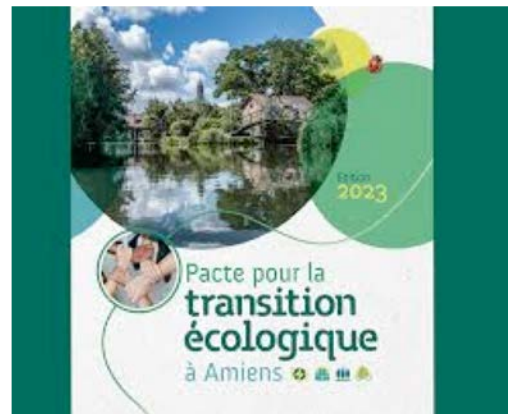


**Extraction du lithium, province de Catamarca, Argentine. Cliché Anita Pouchard Serra.**  
<https://americasquarterly.org/article/photo-essay-what-lithium-extraction-looks-like-in-rural-argentina/>

## Bilan de matières brutes, Île-de-France, 2021, kt (t/hab)

NB. eau exclue.

Réalisé par SB d'après (CitéSource, 2024).



TRANSITION OU « SCHISME DE RÉALITÉ » (Aykut, Dahan, 2015) ?

# Une focalisation sur des flux mineurs



1 200 portes converties en 200 tables



ZAC Saint-Vincent-de-Paul, Paris 14e

26/06/2026

## 1er chantier de construction



**39 tonnes de matériaux de réemploi !**  
lots concernés

- FAUX PLAFOND 200 m<sup>2</sup>
- ISOLANT 425 m<sup>2</sup>
- PLANCHER TECHNIQUE 600m<sup>2</sup>
- MOQUETTE 239,75m<sup>2</sup>
- GARDE CORPS ET MAIN COURANTE 141 ml
- CARRELAGE ET FAÏENCE 511 m<sup>2</sup>
- LAVE-MAINS D'ANGLE 8u
- CUVETTE WC 9u
- PEINTURE 8 850m<sup>2</sup>
- RACK À VÉLO 13u
- MOBILIER UPCYCLE 121u



**12,21%**  
provenant du réemploi et de la réutilisation  
Coût achats fournitures en réemploi 214 628€  
Économie : 22 244 €



LE PROJET LIFE WASTEBUILD  
A ÉTÉ FINANCÉ PAR LE PROGRAMME  
LIFE DE L'UNION EUROPÉENNE

J. Bernard, présentation à l'Assemblée biorégionale, 29 mai 2026,  
LUMA Arles

S. Barles, Univ. Paris 1

15

# Des boucles courtes qui se greffent sur le métabolisme linéaire

## Des eaux usées produisent de l'énergie avec Energido

Remplacer les combustibles fossiles par des ressources renouvelables grâce à des sources d'énergie permanentes plutôt qu'intermittentes - solaire, éolien etc. - c'est possible.



<https://www.veolia.fr/qui-sommes-nous/nos-engagements/nos-solutions-climat-france/eaux-usees-produisent-lenergie-energido>, consulté le 24 sept. 2025. Ici, Aquarena d'Arras, équipé depuis 2014.

<http://www.veolia.com/fr/cop21/eau-usees-energie-verte-energido>, consulté le 14 déc. 2015.

**POUR CHAUFFER LA PISCINE DES CHAMPIONS AVEC MOINS DE CO<sub>2</sub>, NOUS AVONS UNE LONGUEUR D'AVANCE**

Marseille, France. Veolia chauffe l'eau d'une piscine olympique à 27°C en captant l'énergie des eaux usées, ce qui évite l'émission de 230 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Découvrez comment sur [veolia.com/cop21](http://www.veolia.com/cop21).

26/06/2026 Ressourcer le monde



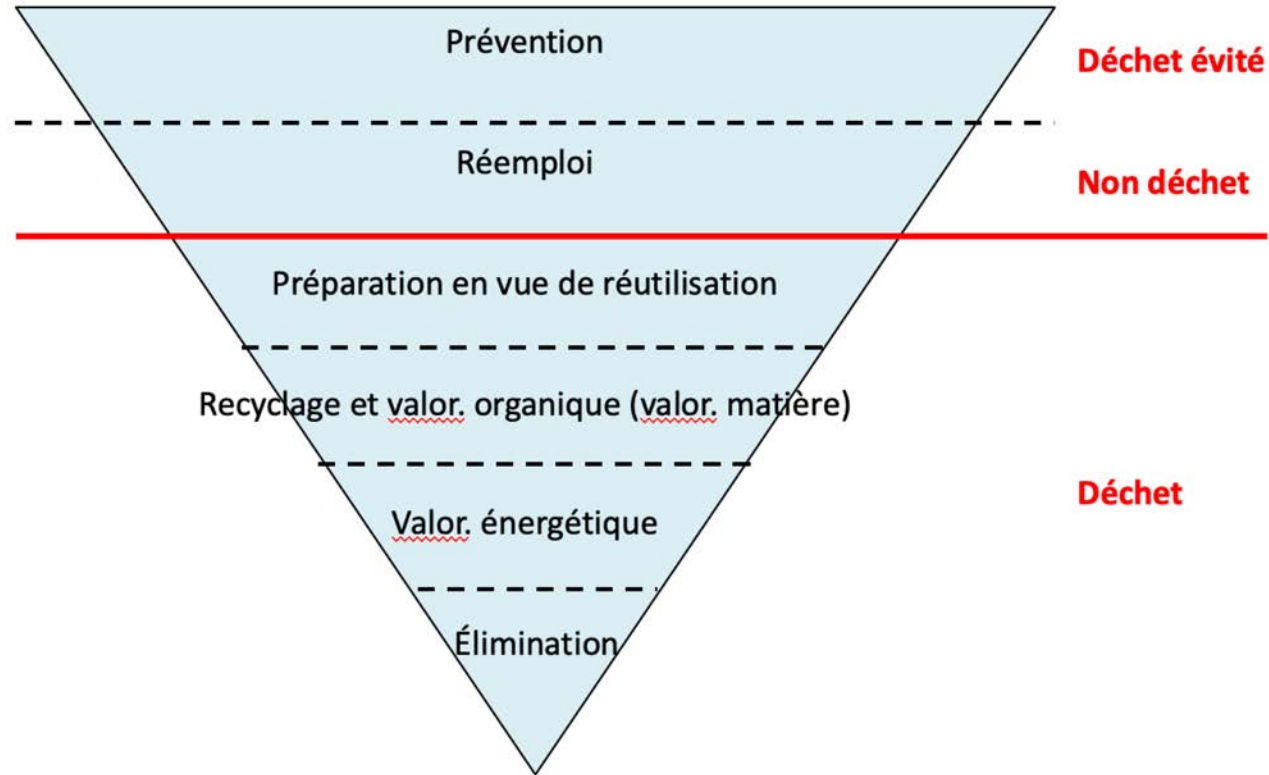
**Usine d'incinération des ordures ménagères,  
Suède.** Cliché Mihkkal Buothà

**Et/ou pour lesquelles la recherche de  
massification consolide le régime  
dominant**

Göteborg :  
prévention + incinération  
= importation  
(BAHERS, 2025, p. 107-108)

# Le primat de l'énergie sur la matière

- Hiérarchie des déchets *versus* enjeu énergétique
- Effet de la climatisation des politiques publiques (Aykut, 2020), mais plus ancien (Dufour, 2024)
- De la gestion des déchets à la contribution à la transition énergétique (Mesnil, 2023)
  - « La méthanisation comme solution de transition énergétique »
  - Boues de stations d'épuration



## Hiérarchie des déchets selon la réglementation européenne (directive de 2008)

## Estimation du volume de terres excavées en France depuis 1945

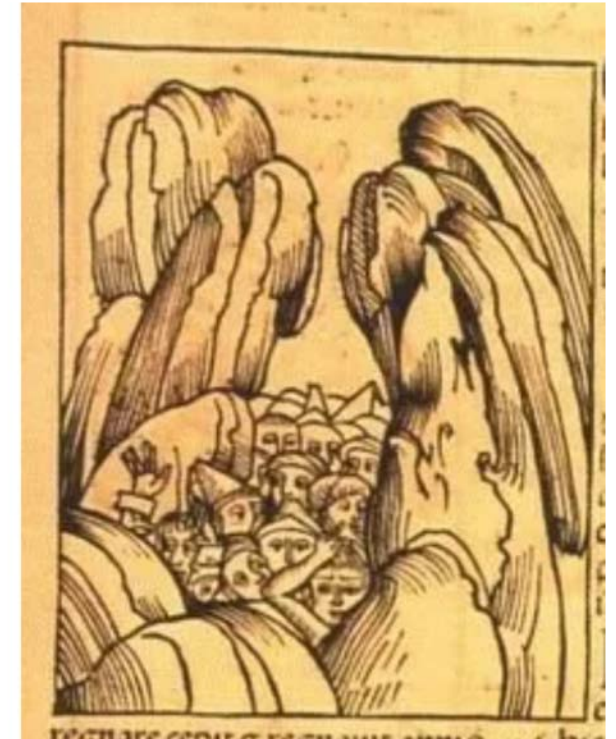
Origine du déblai	Volume (Gm <sup>3</sup> )
Dragage des ports et voies navigables	2,5
Autoroutes	1,3
Canaux et barrages	1
Chemin de fer	1
Autres routes	0,75
Construction des ports	0,5
Sites industriels	0,4
Tunnels	0,25
Aérodromes	0,2
Déblais de la Seconde Guerre Mondiale	0,2
Espaces touristiques	0,23
Nucléaire	0,13
Autres	1 à 1,5
<b>TOTAL</b>	<b>Env. 10</b>

(Maghalaës, 2022, p. 438-439 ; Maghalaës, 2024)

## Des flux invisibles et pourtant massifs et à enjeux

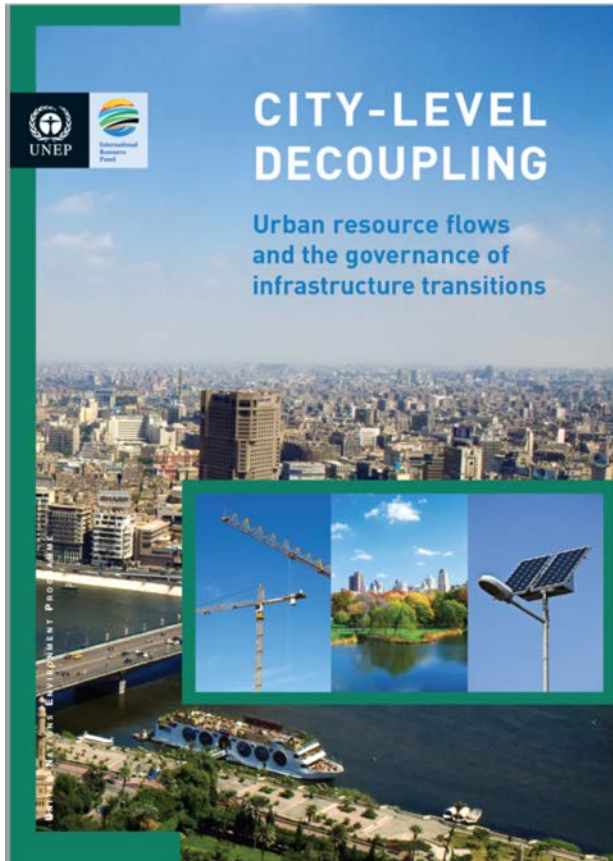
« Ce serait l'équivalent de 20 montagnes, puisque nous savons que le plus gros écroulement que l'Europe ait connu en 2000 ans, lorsqu'une montagne entière (Mont Granier) disparaît en 1248 en Isère représente environ 500 Mm<sup>3</sup>. » (p. 439).

**Soit environ 20 Gt (20 milliards de tonnes)**



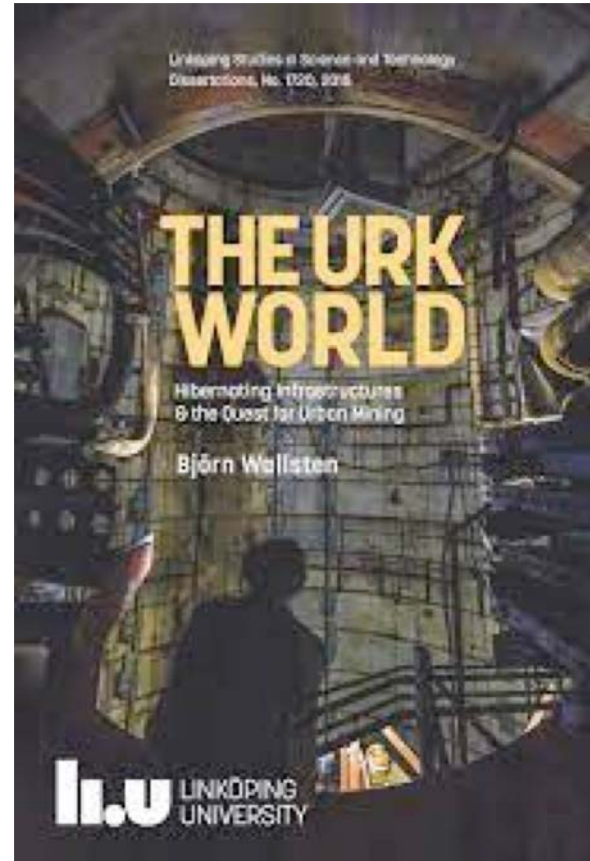
# Engendrés et transportés par des infrastructures appelant une réflexion de fond

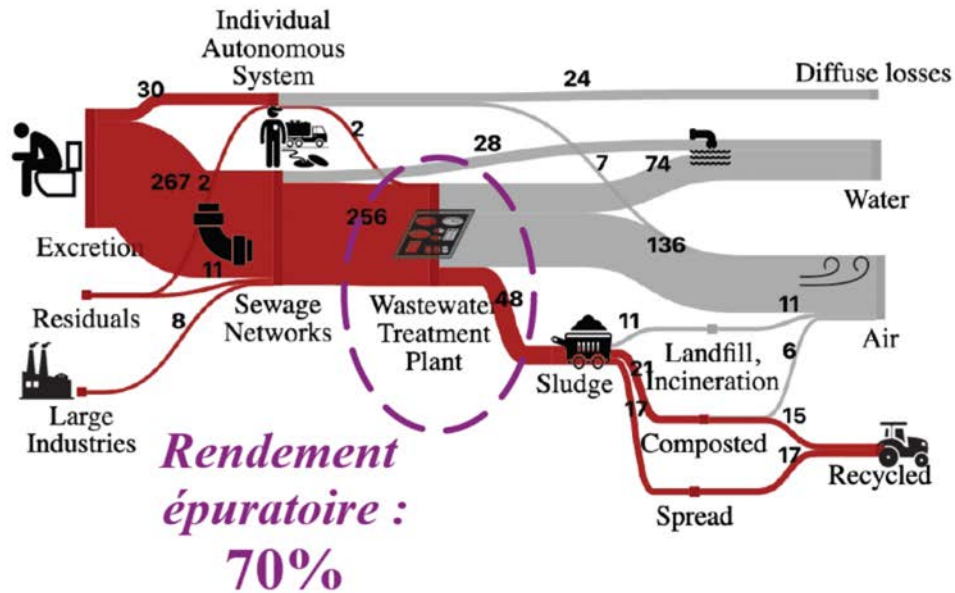
(Swilling et al., 2013)



Reconfiguration  
*Repurposing*  
Démantèlement

(Wallsten, 2015)





**40%**  
perdu dans l'environnement

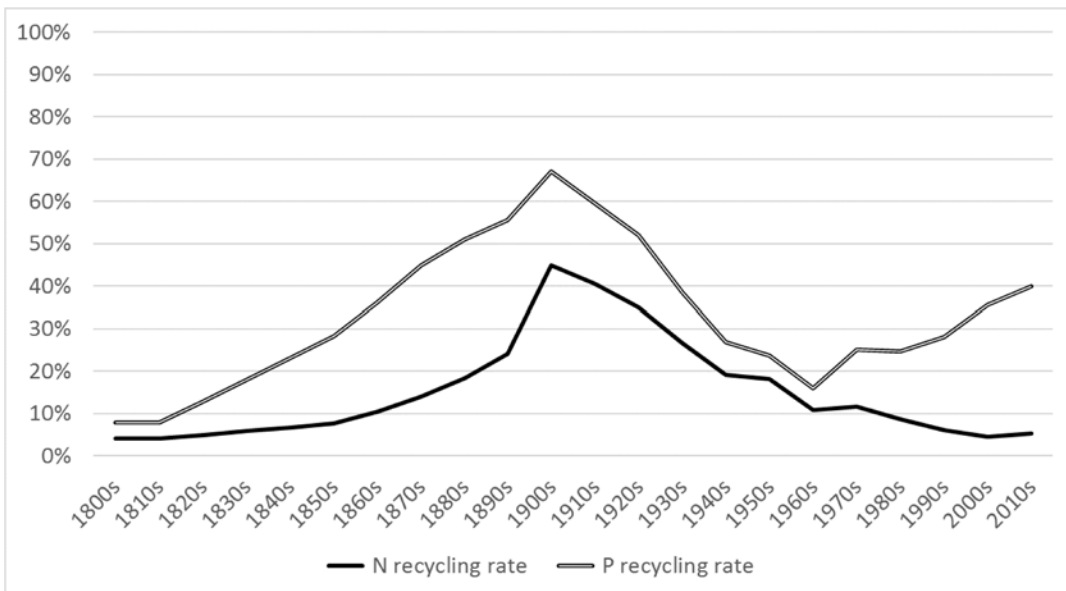
**50%**  
perdu dans l'atmosphère

**10%**  
recyclé en agriculture

**Des matières sans existence dans les politiques publiques (ou presque) : quelle(s) politique(s) biogéochimique(s) ?**

**Devenir de l'azote des eaux usées, France, situation actuelle, kT.**

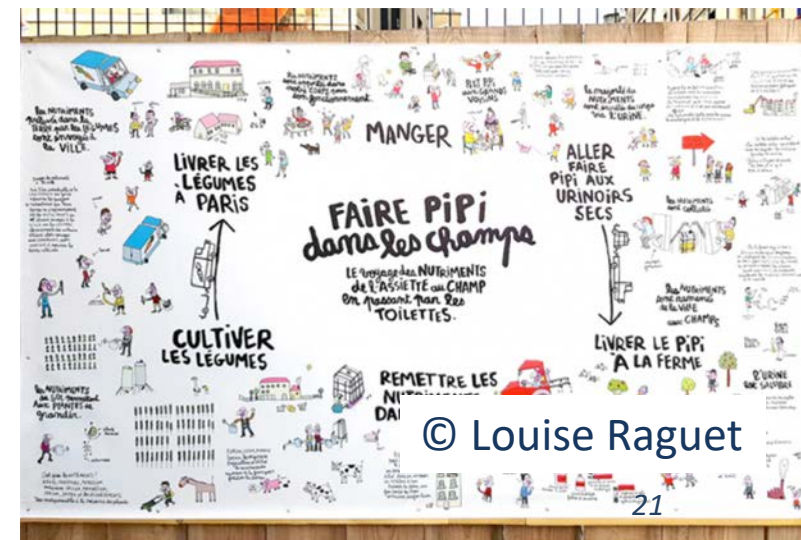
(STARCK, mail du 2/1/2024, d'après STARCK et al., 2024)



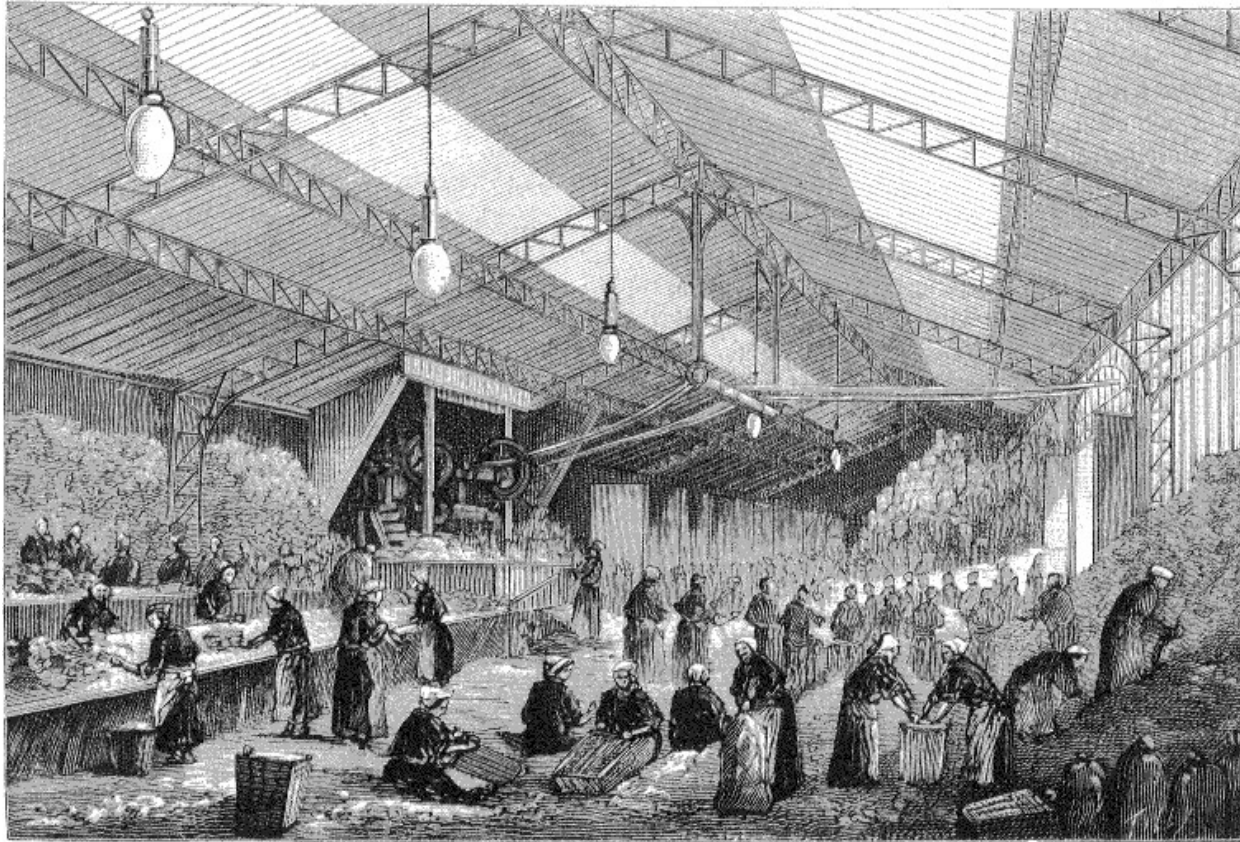
**Taux de recyclage agricole de l'azote et du phosphore d'origine alimentaire, Paris, 1800-2010 (%).**

(Esculier, Barles, 2021)

S. Barles, Univ. Paris 1



## Les limites de la circularité *main stream*



**Atelier de triage des chiffons, rue de Crimée, Paris, fin XIXe siècle.** (Gahéry, 1891, *in* BARLES, 2005)



**La Seine à Poses, années 1960**



**Décharge d'Entressen, vers 2000 (Istres, Bouches-du-Rhône)**

# Le technosolutionnisme comme réponse principale

- Transition sociotechnique plus que socio-écologique = ex. électricité
- Transfert inter-ressources
- Croissance de l'interface technique et des dépendances du sentier
- Impossible réflexion sur la technique au sens anthropologique

## Les quatre déclinaisons de l'économie circulaire dans la littérature scientifique (120 définitions analysées)

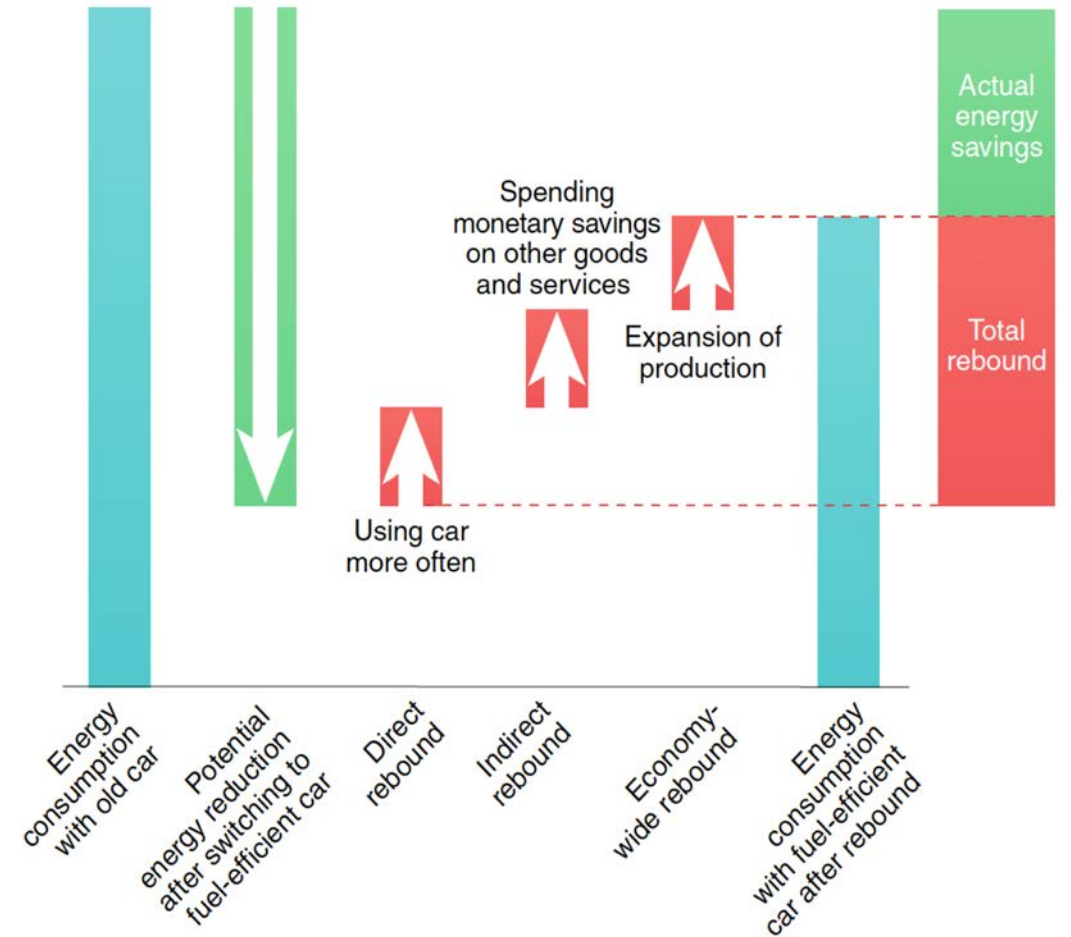
(Calisto Friant, Vermeulen, Salomone, 2020, p. 11)

		Approach to social, economic, environmental and political considerations	
		Holistic	Segmented
Technological innovation and ecological collapse	Optimist	<b>Reformist Circular Society 12 %</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Assumptions:</i> reformed form of capitalism is compatible with sustainability and socio-technical innovations can enable eco-economic decoupling to prevent ecological collapse.</li> <li>• <i>Goal:</i> economic prosperity and human well-being within the biophysical boundaries of the earth.</li> <li>• <i>Means:</i> technological breakthroughs, social innovations and new business models that improve ecological health, resource security, and material prosperity for all.</li> </ul>	<b>Techncentric Circular Economy 84 %</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Assumptions:</i> capitalism is compatible with sustainability and technological innovation can enable eco-economic decoupling to prevent ecological collapse.</li> <li>• <i>Goal:</i> sustainable human progress and prosperity without negative environmental externalities.</li> <li>• <i>Means:</i> economic innovations, new business models and unprecedented breakthroughs in CE technologies for the closing of resource loops with optimum economic value creation.</li> </ul>
	Sceptical	<b>Transformational Circular Society 1,5 %</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Assumptions:</i> capitalism is incompatible with sustainability and socio-technical innovation cannot bring absolute eco-economic decoupling to prevent ecological collapse.</li> <li>• <i>Goal:</i> a world of conviviality and frugal abundance for all, while fairly distributing the biophysical resources of the earth.</li> <li>• <i>Means:</i> complete reconfiguration of the current socio-political system and a shift away from productivist and anthropocentric worldviews to drastically reduce humanity's ecological footprint and ensure that everyone can live meaningfully, and in harmony with the earth.</li> </ul>	<b>Fortress Circular Economy 2,5 %</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Assumptions:</i> there is no alternative to capitalism and socio-technical innovation cannot bring absolute eco-economic decoupling to prevent ecological collapse.</li> <li>• <i>Goal:</i> maintain geostrategic resource security and earth system stability in global conditions where widespread resource scarcity and human overpopulation cannot provide for all.</li> <li>• <i>Means:</i> innovative technologies and business models combined with rationalized resource use, imposed frugality and strict migration and population controls.</li> </ul>

# Le primat de l'efficacité

- Et pourtant insuffisance :
    - Limites intrinsèques
    - Effets rebonds
    - Transferts inter-ressources
  - L'efficacité comme première marche vers la sobriété ?
    - Un argument souvent avancé...
    - ... Mais qui ne tient pas
- ⇒ Sobriété d'usage + efficacité par désescalade technologique

(Barles et al., 2024)



## Efficacité énergétique et effet rebond

(Exadaktylos, Van den Bergh, 2021)



# PEUT-ON ÊTRE SOBRE ?



## Fiches de synthèse

Deux scénarios  
agri-alimentaires & urbains sobres  
pour le bassin de la Seine en 2050

Coordination Sabine Barles, Xavier Poux et Josette Garnier

Sabine Barles, Gilles Billen, Fabienne Barataud,  
Fabien Esculier, Josette Garnier, Sarah  
Lumbroso, Caroline Petit, Xavier Poux



## Deux scénarios sans effondrement

### Villes en leur bassin :

- La sobriété par la désescalade
  - > 95% énergie renouvelable
  - Polyculture-élevage biologique, régime alimentaire demitarien
- ⇒ Nous défendons la planète pour les générations futures

### Post-métropolisation :

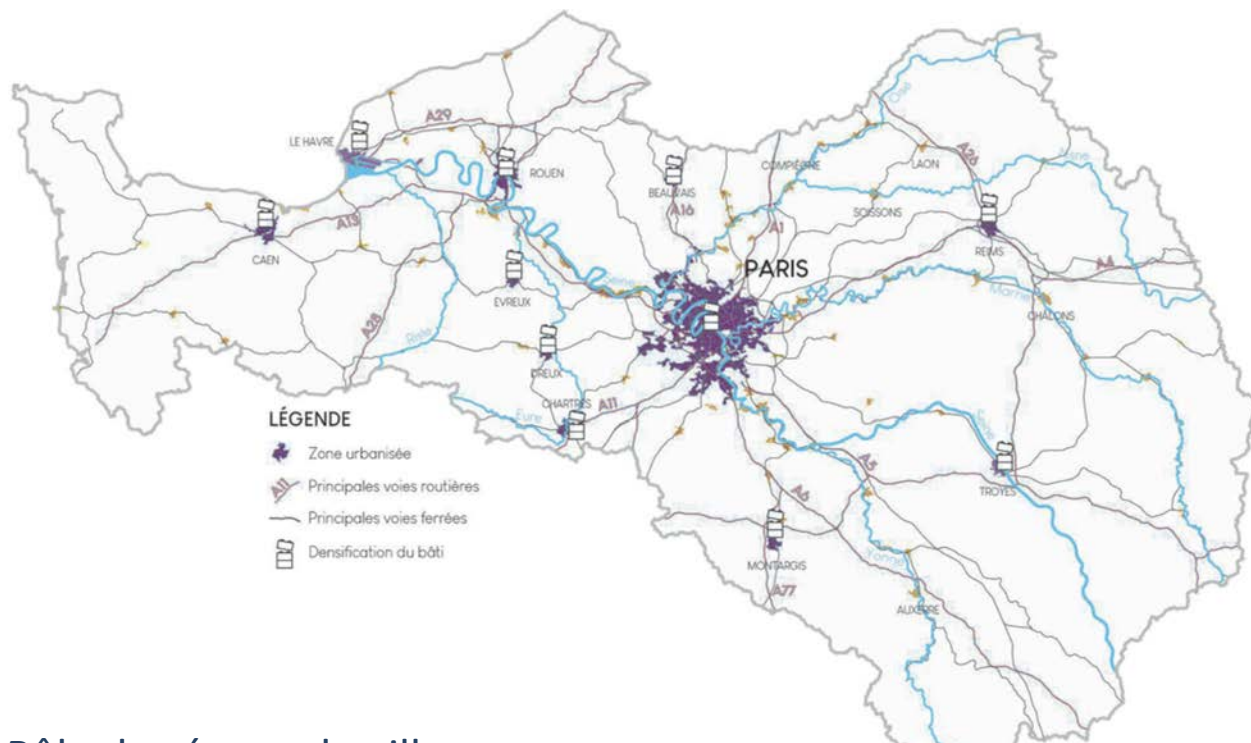
- La sobriété fondée sur les besoins essentiels (Millward-Hopkins et al., 2020)
  - 100% énergie renouvelable
  - Polyculture-élevage biologique, agroforesterie, régime alimentaire tertiarrien
- ⇒ Nous sommes la nature qui se défend

[https://www.piren-seine.fr/rapports/autres\\_rapports\\_et\\_etudes/deux\\_scenarios\\_agri\\_alimentaires\\_et\\_urbains\\_sobres\\_pour\\_le](https://www.piren-seine.fr/rapports/autres_rapports_et_etudes/deux_scenarios_agri_alimentaires_et_urbains_sobres_pour_le)

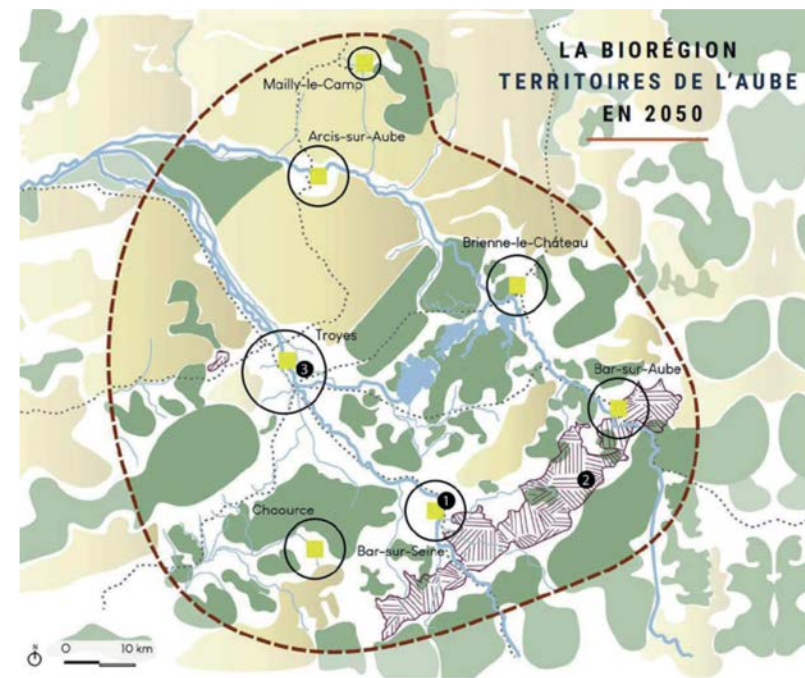


# La recomposition du territoire

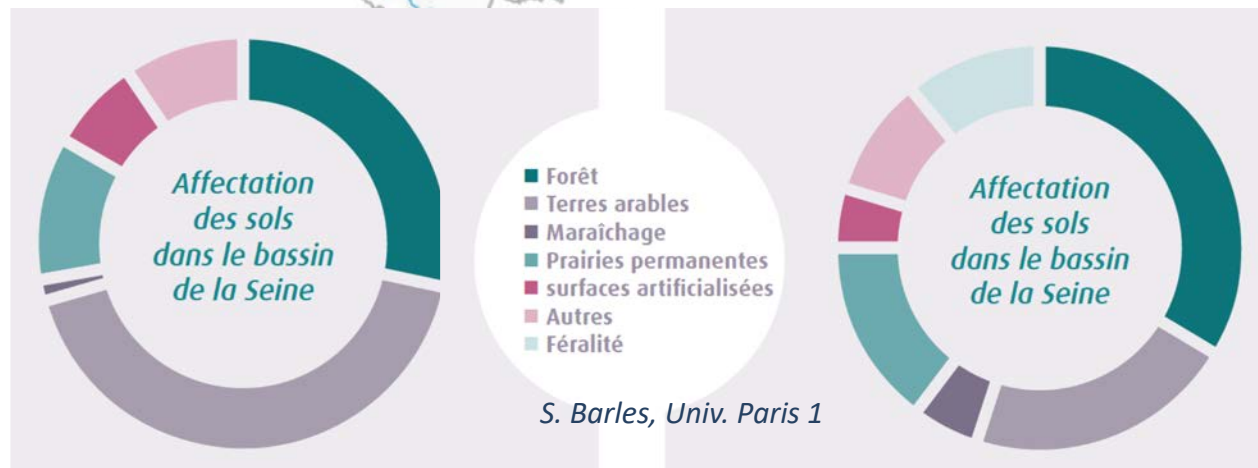
## Les Villes en leur bassin



## Post-métropolisation



- Rôle du réseau de villes petites et moyennes
- Formes urbaines recomposées (ruralisation du périurbain)
- Le chemin de fer, réseau structurant
- Zéro artificialisation nette

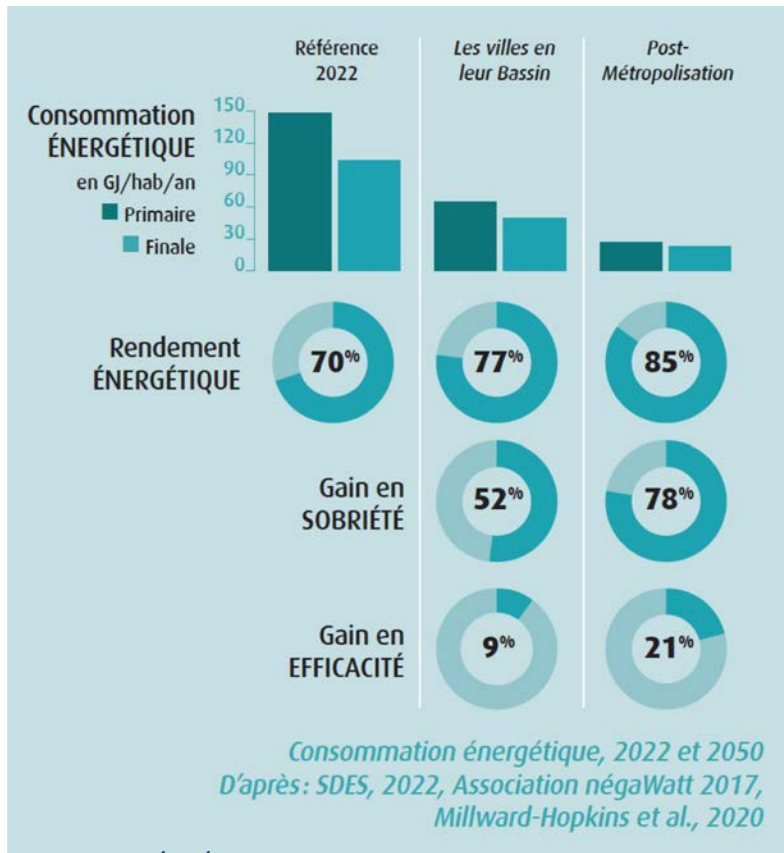


S. Barles, Univ. Paris 1

- Redistribution de la population à l'échelle européenne
- Petites villes, bourgs, hameaux
- Réseau de chemins, chemin de fer maintenu mais très réduit
- Désartificialisation absolue
- Espaces de féralité

Énergie (GJ/hab/an)	Référence	Villes en leur bassin	Post-métropolisation
Primaire	148	65	27
Finale	104	50	23

## Ressources renouvelables et mines anthropiques



Autoroute inachevée, Le Cap, cliché SB



**À suivre....  
Merci de votre attention !**

# Références citées

- AYKUT, S. C. *Climatiser Le Monde*. Versailles, Éditions Quae,, 2020.
- AYKUT S., DAHAN A. *Gouverner le climat ? Vingt ans de négociations internationales*. Paris, Presses de Sciences po, 2015.
- BAHERS, J. B. *L’affaire est dans le flux (...)*. Mémoire pour l’habilitation à diriger les recherches (volume inédit), Université de Nantes, 2025.
- BARLES, S. *L’invention des déchets urbains, France, 1790-1970*. Seyssel : Champ Vallon (coll. « Milieux »), 2005.
- BARLES, S. « L’autonomie métabolique urbaine, un oxymore, une gageure ? », p. 357-375, *in* : LOPEZ, F., PELLEGRINO, M., COUTARD, O. (éds.). *Les territoires de l’autonomie énergétique. Espaces, échelles et politiques*. ISTEE éditions, 2019. 394 p.
- Barles, S., Coutard, O., Mongeard, L., Oiry, A. *Sobriété énergétique et matérielle urbaine*, carnet du GREC francilien, 2024.
- BARLES, S., DUMONT, M. *Métabolisme et métropole. La métropole lilloise, entre mondialisation et interterritorialité*. Paris : Autrement, 2021.
- Bastin, A. « Vers une politique locale du métabolisme urbain ? Le cas des matériaux de (dé)construction à Plaine Commune », *Urbanités*, 12, 2019.
- CALISTO FRIANT, M., VERMEULEN, W. J.V., SALOMONE, R. “A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm”, *Resources, Conservation & Recycling* 161, 2020
- xCitéSource. *Le métabolisme de la région Île-de-France en 2021*. Rapport pour L’Institut Paris Region, 2024.
- DUFOUR, É. *La fin du recyclage ? Rupture métabolique et politiques biogéochimiques en région parisienne au XXe siècle*. Thèse de doctorat en aménagement, Université Paris 1, mai 2024.
- Elhacham E. et al., « Global human-made mass exceeds all living biomass », *Nature*, vol. 588, 2020, p. 442-454.
- ESCULIER, F., BARLES, S. « Past and future trajectories of human excreta management systems: Paris in the nineteenth to twenty-first centuries », p. 117-140, *in* : FLIPO, N., LABADIE, P., LESTEL, L. (dir.). *The Seine river basin*. Heidelberg : Springer Verlag, 2021.
- Exadaktylos, J. van den Bergh, « Energy-related behaviour and rebound when rationality, self-interest and willpower are limited », *Nature Energy*, 2021.
- Krausmann F., Weisz H., Eisenmenger N., « Transitions in sociometabolic regimes throughout human history », dans Haberl H., Fischer-Kowalski M., Krausmann F., Winiwarter V. (dir.), *Social ecology. Society-nature relations across time and space*, Springer, 2016, p. 63-92.
- Maghalaës, N. *Matières à produire l’espace. Une histoire environnementale des grandes infrastructures depuis 1945*. Thèse de doctorat en sciences économiques, Université Paris Cité, nov. 2022 .
- Maghalaës, N. *Accumuler du béton, tracer des routes. Une histoire environnementale des grandes infrastructures*. Paris, La Fabrique, 2024.
- MESNIL, C. *Convertir la méthanisation en « solution de transition énergétique »*. *Le cas de la relance de la méthanisation en Île-de-France, 1990-2020*. Thèse de doctorat en aménagement et urbanisme, janv. 2023.
- Millward-Hopkins, J., Steinberger, J. , Raoc, N., Oswald, Y. « Providing decent living with minimum energy: A global scenario », *Global Environmental Change* 65, 2020.
- Starck, T., Fardet, T., Esculier, F. « Fate of nitrogen in French human excreta: current waste and agronomic opportunities for the future », *The Science of the Total Environment*, 2024.
- SWILLING, M., ROBINSON, B., MARVIN, S., HODSON, M. (éds.). *City-Level Decoupling: Urban resource flows and the governance of infrastructure transitions. A Report of the Working Group on Cities of the International Resource Panel*. Nairobi : UNEP, 2013. En ligne.
- VIALLEIX, M. *Les études de métabolisme territorial. État des lieux et perspectives*. Paris : Institut Paris Region, 2021. En ligne.
- VIALLEIX, M. *L’urbanisme à l’épreuve du métabolisme territorial*. Thèse de doctorat en aménagement, Université Paris 1, déc. 2025
- WALLSTEN, B. *The Urk World. Hibernating Infrastructures and the Quest for Urban Mining*. Thèse. Université de Linköping, 2015 .