



EMPREINTE MATIERE

Cycle 5 « Empreinte écologique, empreinte carbone
et empreinte matière »

Webinaire – 30 juin 2025

Intervention d'Aurélien Boutaud

consultant-chercheur environnementaliste et auteur de L'empreinte écologique



Bienvenue dans ce webinar !

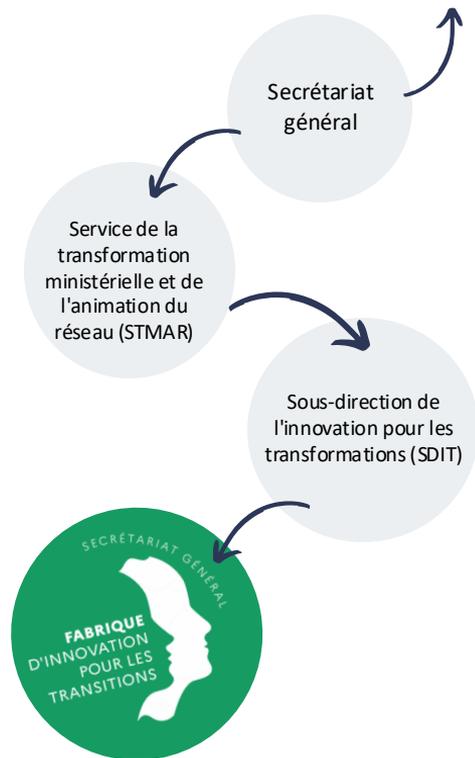


Laure Catherin

- ❖ Cheffe de projet innovation pour les transitions au sein de la Fabrique d'Innovation pour les Transitions

Qui sommes-nous ?

Ministère Aménagement du territoire et
Transition écologique



Qui sommes-nous ?



La Fabrique d'innovation pour les transitions est axée sur l'accompagnement des transformations au service de la transition écologique, de la conduite de projet, de l'impact sur les territoires, de sujets émergents (sciences comportementales...).

Acculturer &
monter en compétences
sur les transitions

Expérimenter &
faire émerger des
projets dans les
territoires

Transmettre des
outils & partager
des ressources



Des formats proposés à *tous les agents des ministères Aménagement du territoire et Transition écologique* et des actions ciblées vers des *acteurs des transitions* !

Une offre et des méthodes pour accompagner les transformations et partager sur les enjeux de transitions

**Acculturer &
monter en compétences
sur les transitions**

Des fresques et ateliers collaboratifs

Les Matinales des transitions

Des cycles de webinaires inspirants

Le mois de l'innovation publique : programmation spéciale

Des parcours sur-mesure

Des webinaires d'actus' pour les Préfets

Les Dialogues économiques

Le Cycle Supérieur du Développement Durable (CSDD)

**Expérimenter &
faire émerger des
projets dans les
territoires**

Le programme Expé

Le programme Sciences comportementales au service des transitions

**Transmettre des
outils & partager
des ressources**

La boîte à outils d'intelligence collective

Les podcasts des transitions

Le centre de ressources FIT



Quelques mots sur notre rendez-vous



Cycle 5 « Empreinte écologique, empreinte carbone et empreinte matière »

Retrouvez, de 13h30 à 14h30 à distance, un décryptage proposé par un(e) expert(e) d'un mot ou concept relatif aux transitions socio-écologiques !

D'où viennent les concepts d'empreinte et pourquoi en existe-t-il plusieurs ? Quelles sont leurs complémentarités et leurs limites ? Comment peuvent-elles nous aider pour répondre aux enjeux de lutte contre le changement climatique ?

Nous accueillons pour ce quatrième cycle de **3** webinaires **Aurélien Boutaud** qui fera la lumière sur ces notions pour mieux les comprendre.

Cycle 5 « Empreinte écologique, empreinte carbone et empreinte matière »

1

« Empreinte écologique » | 12 mai | Visionnez le replay :
<https://mtect.fr/660>

2

« Empreinte carbone » | 16 juin | Visionnez le replay :
<https://mtect.fr/660>

3

« Empreinte matière » | 30 juin



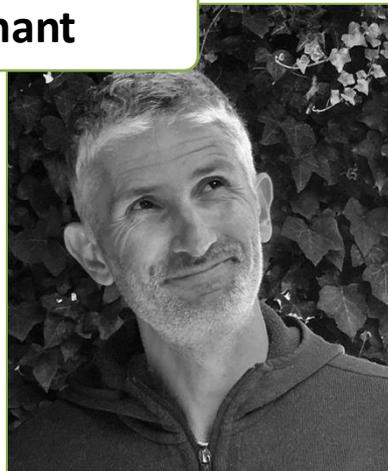
Pourquoi est-il nécessaire de recourir à un 3e concept pour mesurer l'impact des activités humaines sur l'environnement ? Que permet-elle de révéler dans nos modes de production et de consommation ?



Pour visionner les replays des précédents cycles Les Mots des transitions :
<https://mtect.fr/660>

Avec vous aujourd'hui !

L'intervenant



Aurélien BOUTAUD

- ❖ Consultant-chercheur environnementaliste indépendant
- ❖ Auteur de « *L'empreinte écologique* » et de « *Déclarer l'état d'urgence climatique* »

L'animatrice



Sarah LAURENS

- ❖ Cofondatrice du Studio Reset, studio de formation dédié à la transformation écologique des organisations



A vous de répondre !

Répondez à la question qui s'affiche sur votre écran !



Sommaire

- 1. Origine de l'empreinte matière**
- 2. Principes généraux et définition**
- 3. Principaux résultats**
- 4. Perspectives : au-delà de l'empreinte matière**

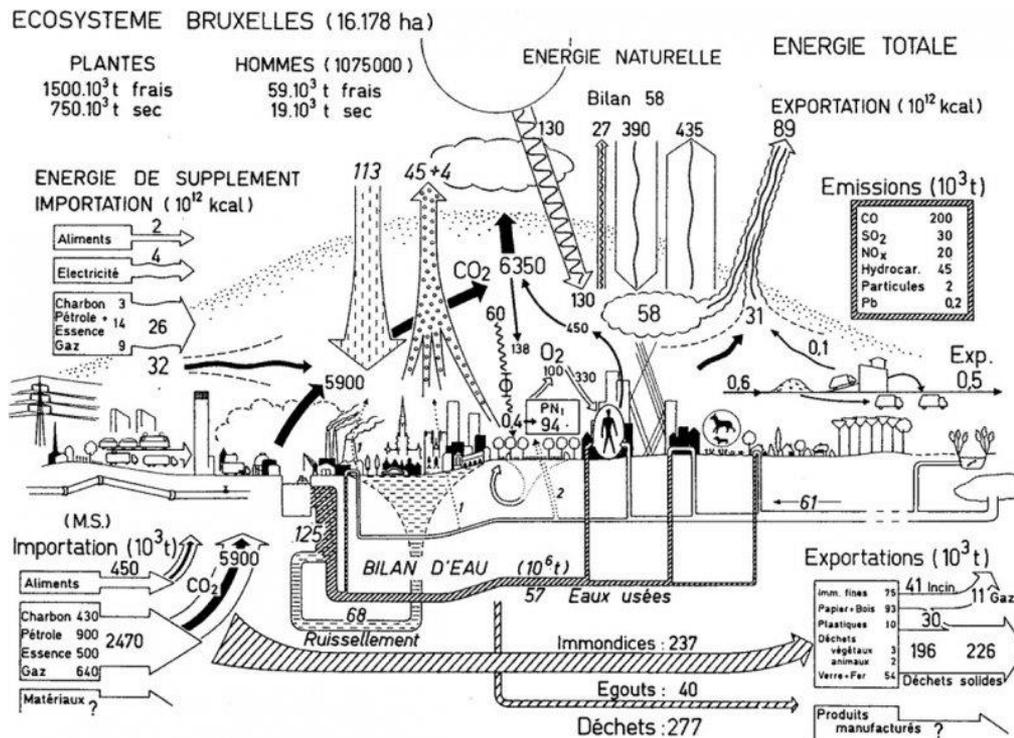
Sommaire

- 1. Origine de l’empreinte matière**
2. Principes généraux et définition
3. Principaux résultats
4. Perspectives : au-delà de l’empreinte matière

Aux origines de l'empreinte matière : 1) les analyses de flux de matières et d'énergie (AFME)

Principe de Lavoisier : principe de conservation de la masse (1789)
 « Rien ne se perd, tout se transforme »

Années 1960-80 : émergence de l'idée de **métabolisme urbain** (Wolman, 1965) : retracer les flux de matière et d'énergie qui traversent une ville (bilan entrées-sorties) et ceux qui s'y stockent.



Aux origines de l'empreinte matière : 1) les analyses de flux de matière et d'énergie (AFME)

Années 1990-2010 : développement de la comptabilité environnementale au niveau mondial, puis standardisation des **Analyses de Flux de Matières et d'Énergie** (AFME) à l'échelle de territoires (nations, régions, départements, dans les années 2010 en France).



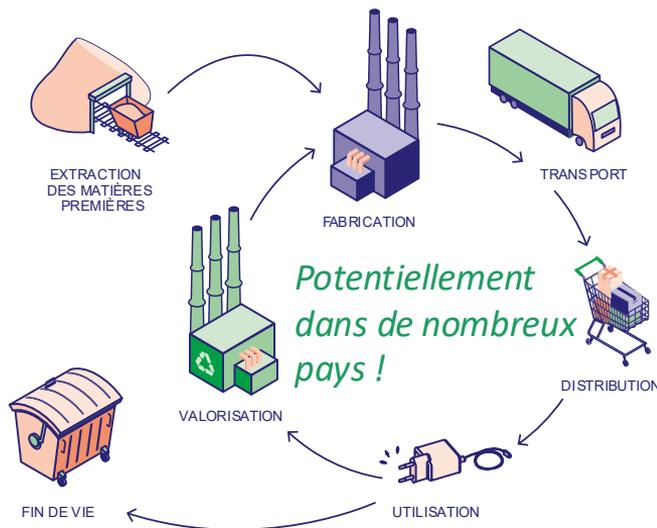
Aux origines de l'empreinte matière : 2) l'analyse du cycle de vie « ressources naturelles » des produits (ACV)...

1970's : création de l'outil ACV aux USA.

1990's : Développement et **normalisation** des méthodes d'ACV. Objectifs :

- **Recenser et quantifier**, tout au long de la vie des produits, **les flux** physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines.
- **Évaluer les impacts** potentiels de ces flux.

1) Tout au long **du cycle de vie** d'un produit/service



2) Avec une approche **multicritère** incluant les ressources naturelles

- Contribution au changement climatique
- Acidification des sols
- Pollution de l'eau et de l'air
- Consommation des ressources naturelles
- Etc.

... et le concept de sac à dos écologique (ecological rucksack) dérivé des ACV

1999 : Pour rendre le concept d'ACV appliqué aux ressources naturelles plus communicant, le **Wuppertal Institut** (Allemagne) propose le concept de « **sac à dos écologique** » (inspiré du succès de l'empreinte écologique).

Le sac à dos écologique d'un produit est « *la quantité totale (en kg) de matériaux mobilisée dans la nature pour fabriquer un produit ou un service, moins le poids final du produit, en prenant en compte l'intégralité du process* ».

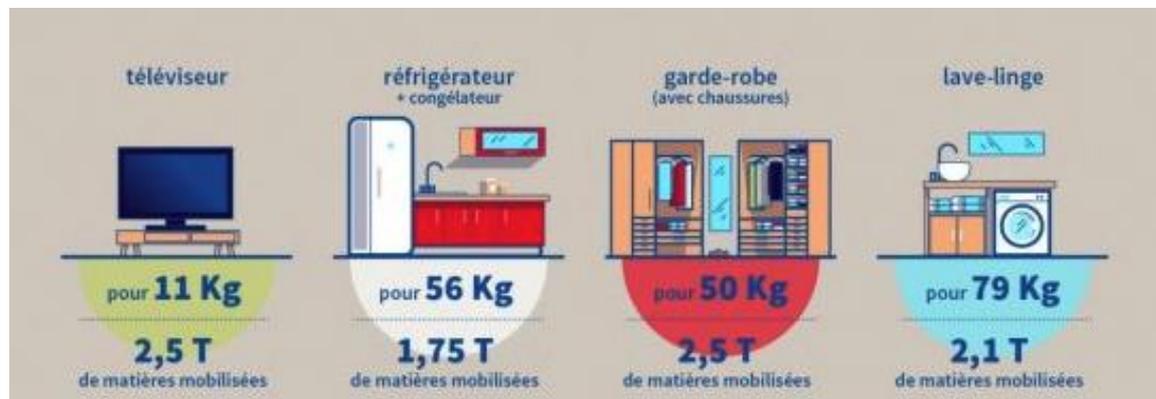
1 kg d'acier = 21 kg de matières

1 kg d'aluminium = 85 kg

1kg d'or = 540 000 kg

Etc.

Ces facteurs permettent de calculer le « sac à dos » d'un produit...



Sommaire

1. Origine de l'empreinte matière
- 2. Principes généraux et définition**
3. Principaux résultats
4. Perspectives : au-delà de l'empreinte matière

L'empreinte matière(s) en résumé



Selon l'INSEE



Institut national de la statistique
et des études économiques

Mesurer pour comprendre

« Indicateur estimant **la quantité de matière mobilisée pour satisfaire la consommation** au sens large (biens, services, utilisation d'infrastructures) **d'un individu, d'une population, d'un territoire ou d'une activité, quel que soit le lieu de production de ces biens et services** (production intérieure ou importations).

Cet indicateur rend compte de l'ensemble des matières premières mobilisées pour satisfaire des besoins de la population d'un pays : alimentation, habitation, habillement, transport et autres biens et services. Cette empreinte comptabilise les matières extraites tant du territoire national que hors de nos frontières, mais destinées à satisfaire les besoins de la population résidant en France. »

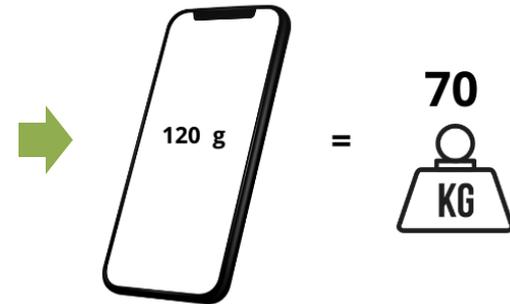
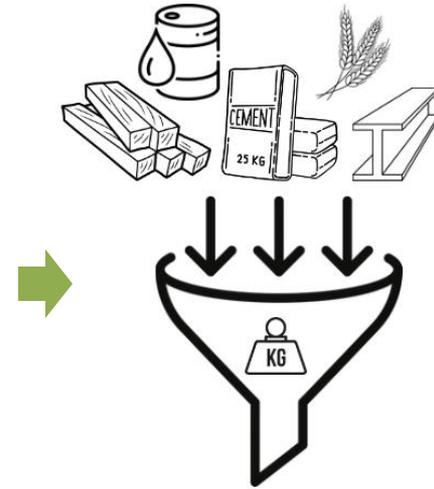
Deux principes majeurs : 1) La prise en compte de toutes les matières, y compris « incorporées » (RME)

Toutes les matières premières mobilisées sont agrégées, quelles que soient leurs natures, en fonction de leur masse :

- Minerais métalliques
- Minerais non métalliques
- Biomasse
- Combustibles fossiles

Aux flux directs de matières sont ajoutés les flux indirects, c'est-à-dire la matière non contenue dans les produits mais nécessaire à leur fabrication (cf. « sac à dos ») :

- Ex. métaux : 1 kg d'acier = 21 kg de matières
- Ex. produit : Un téléphone portable de 120 g = 70 kg de matières mobilisées



= équivalent matières premières (RME, « Raw Material Equivalent »)

Deux principes majeurs : 2) L'imputation au consommateur final (« empreinte »)

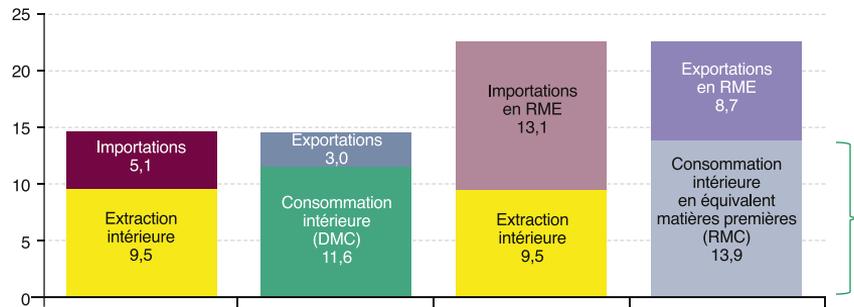
Même principe que l'empreinte écologique, carbone...

Comment ? En opérant un différentiel entre importations et exportations.
Autrement dit :

Empreinte matière = *Raw Material Consumption* (RMC, « consommation intérieure en matières premières ») :

$$\text{RMC} = \text{Extractions de matières « intérieures »} + \text{importations (en RME = flux cachés)} - \text{exportations (en RME également)}$$

En tonnes de matières par habitant

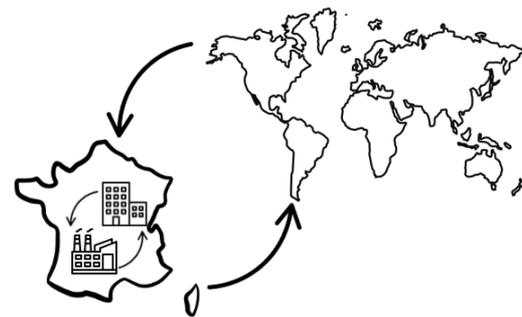


Empreinte matière de la France

Précision méthodologique

Les méthodologies utilisées sont encore assez **expérimentales**. Elles peuvent mobiliser, selon les cas :

- Des **ACV de produits et services** (parfois également appelées « empreinte matières », similaires à la notion « de sac à dos écologique ») :
= Contenu moyen en matière de chaque produit/service X consommation annuelle
- Des analyses fondées sur des **tableaux entrées-sorties multirégionaux** :
Les matières premières consommées par chaque secteur économique sont rattachées à des tableaux entrées-sorties retraçant les échanges entre secteurs et entre grandes régions du monde (méthode aujourd'hui privilégiée).
- Des **approches hybrides** entre les deux.

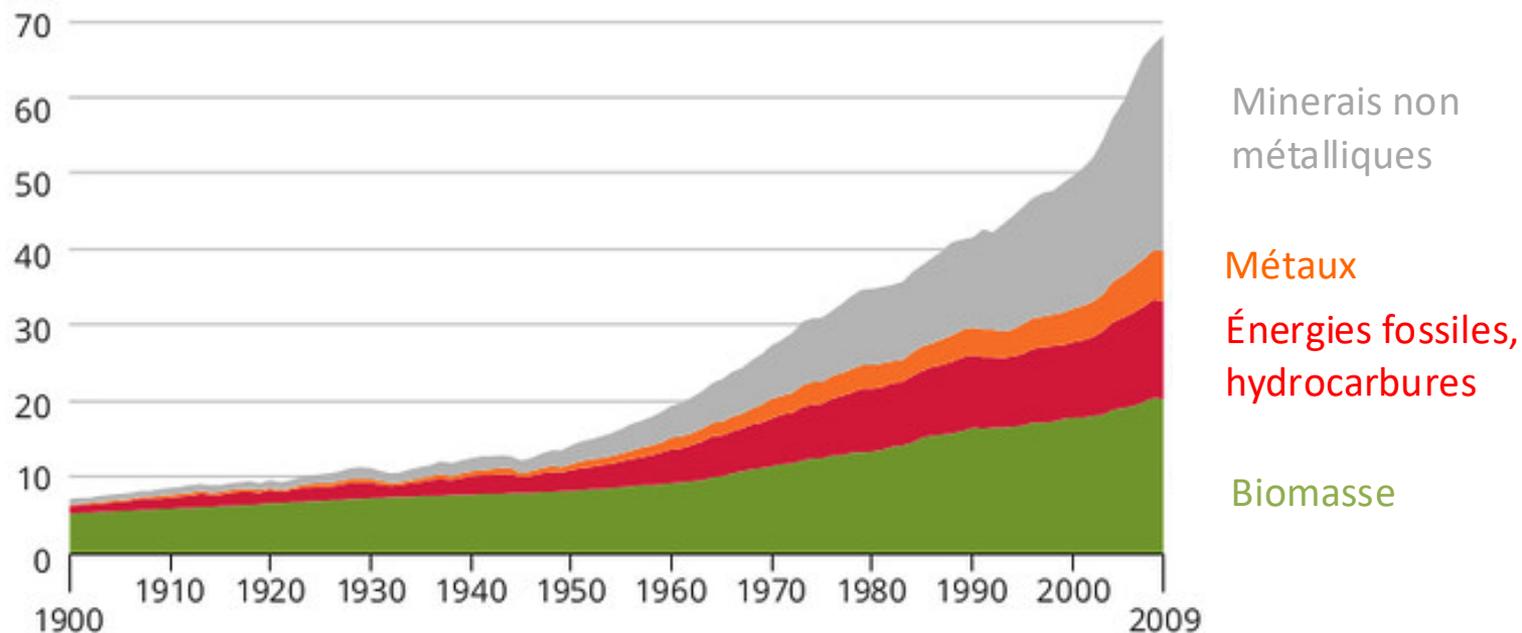


Ces méthodes peuvent mener à des écarts assez importants (+/- 30-40 %). Un travail de normalisation est en cours (Eurostat notamment).

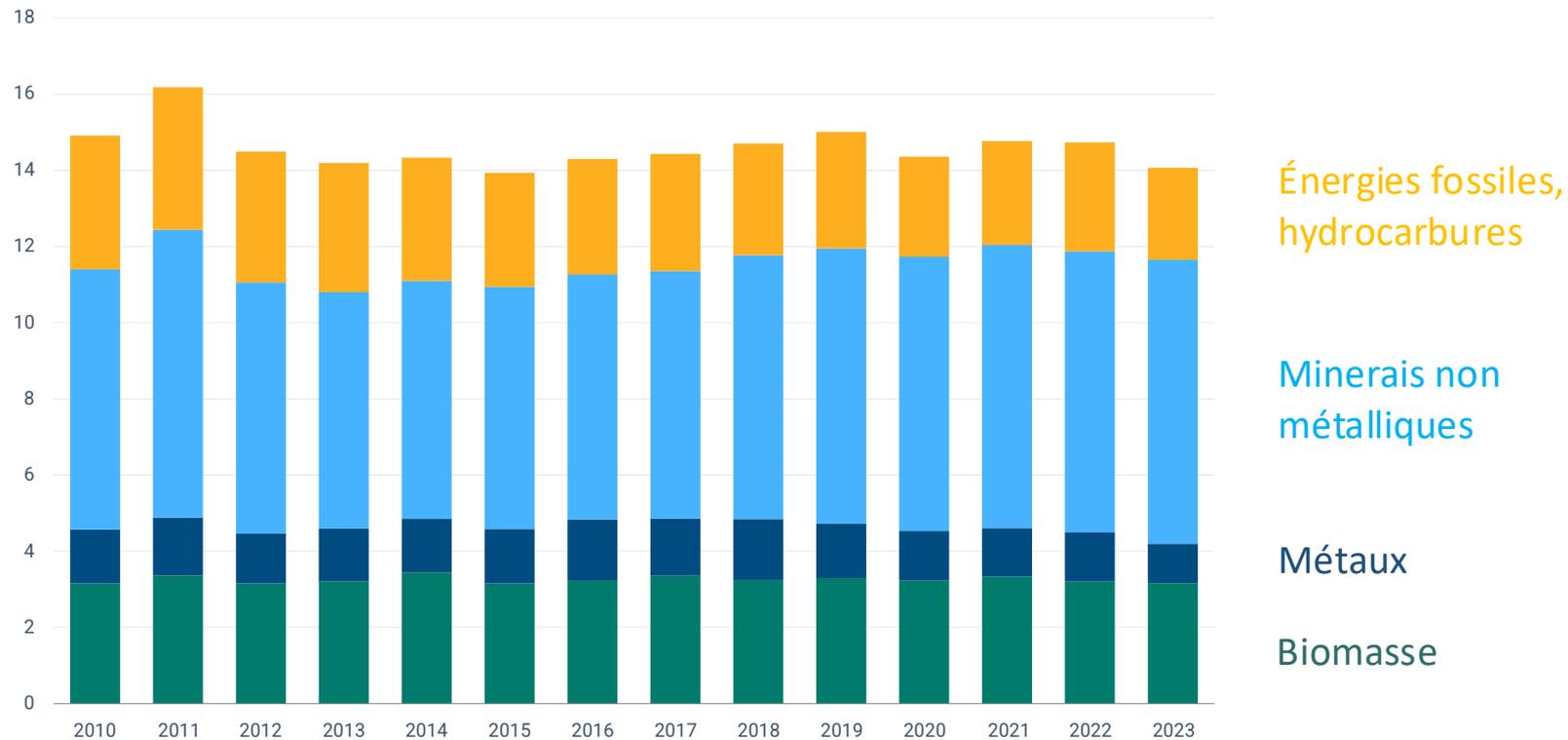
Sommaire

1. Origine de l'empreinte matière
2. Principes généraux et définition
- 3. Principaux résultats**
4. Perspectives : au-delà de l'empreinte matière

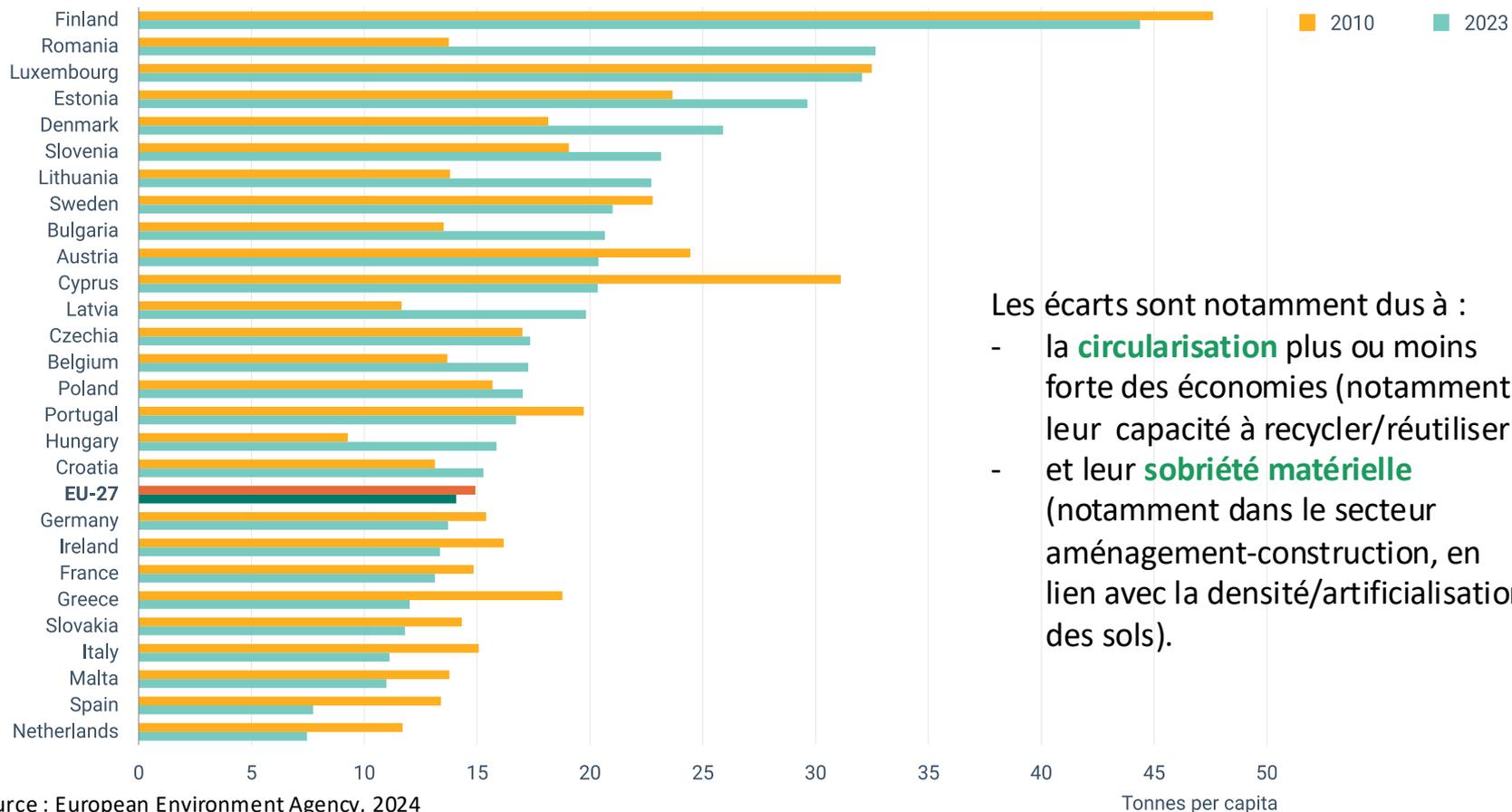
Contexte : l'évolution de la consommation matérielle au niveau mondial - 1900-2009 (en milliards de tonnes)



L'empreinte matière de l'union Européenne : Environ 14 tonnes/hab/an



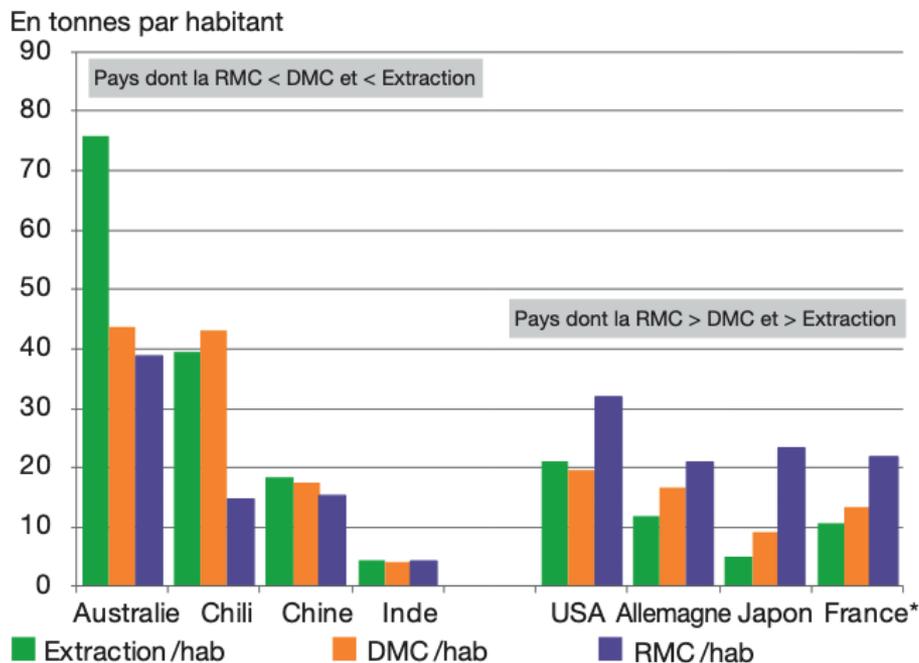
Evolution de l’empreinte matière de quelques nations européennes entre 2010 et 2023



Les écarts sont notamment dus à :

- la **circularisation** plus ou moins forte des économies (notamment leur capacité à recycler/réutiliser),
- et leur **sobriété matérielle** (notamment dans le secteur aménagement-construction, en lien avec la densité/artificialisation des sols).

Pays « exportateurs » et « importateurs » de matières premières (yc flux cachés)



*France : Eurostat (RME tool) estime Extraction, DMC et RMC à 9,8, 12,1 et 13,6 t/hab. [voir Méthodologie]

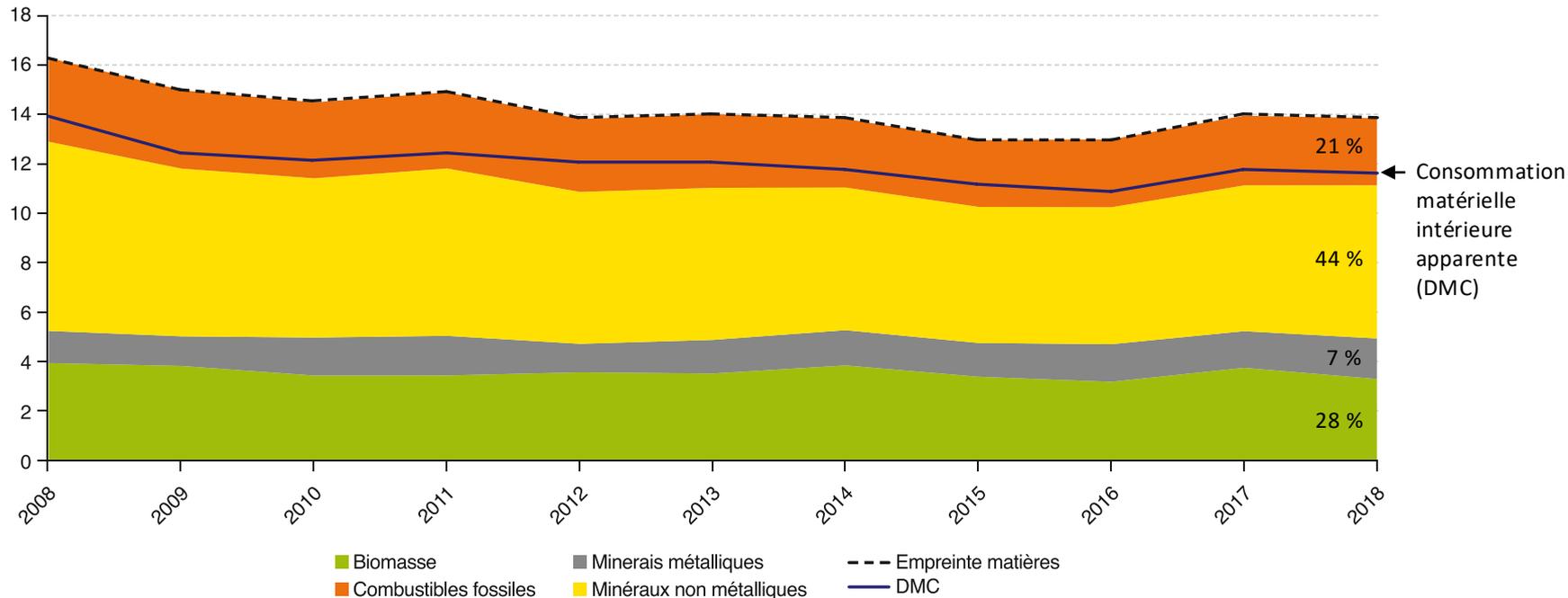
Extraction = extraction intérieure

DMC (*Domestic Material Consumption*) = consommation intérieure (tous acteurs, habitants, administration, entreprises)

RMC (*Raw Material Consumption*) = Empreinte matières (habitants)

L'empreinte matière de la France évolution et composition

En tonnes par habitant



L'empreinte matière de la France est d'environ **14 tonnes/hab/an**. Elle évolue peu, et « dépend » à environ 20 % des importations.

Source : MTE, 2021

L'empreinte matière de la France dans le détail

Les **minéraux non métalliques** dominent le bilan (40-45 % selon les années), largement influencés par le secteur de la **construction** et de l'aménagement.

La **biomasse** arrive ensuite (produits manufacturés, alimentation), suivie par les **combustibles fossiles**.

Les **métaux** arrivent en dernier... mais certains s'avèrent particulièrement stratégiques/critiques !

Source : CGDD, 2019

Figure 7. Empreinte matières (indicateur RMC) pour la France en 2013, en millions de tonnes, selon les matières

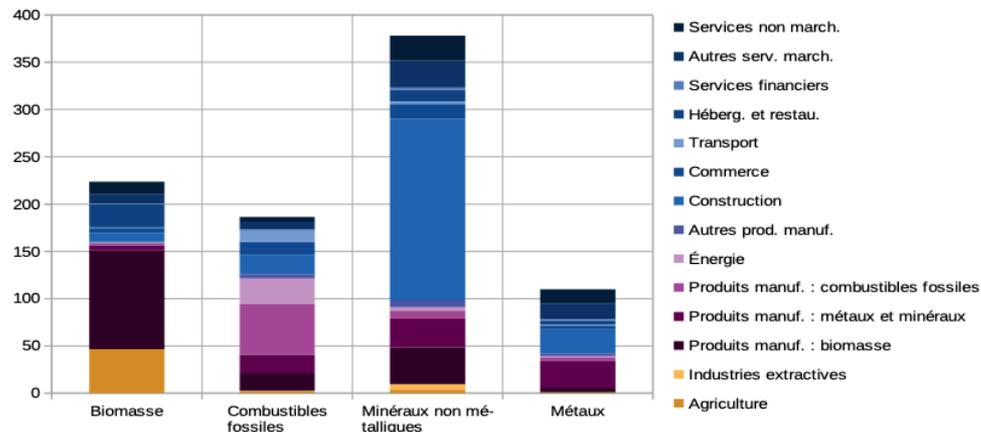
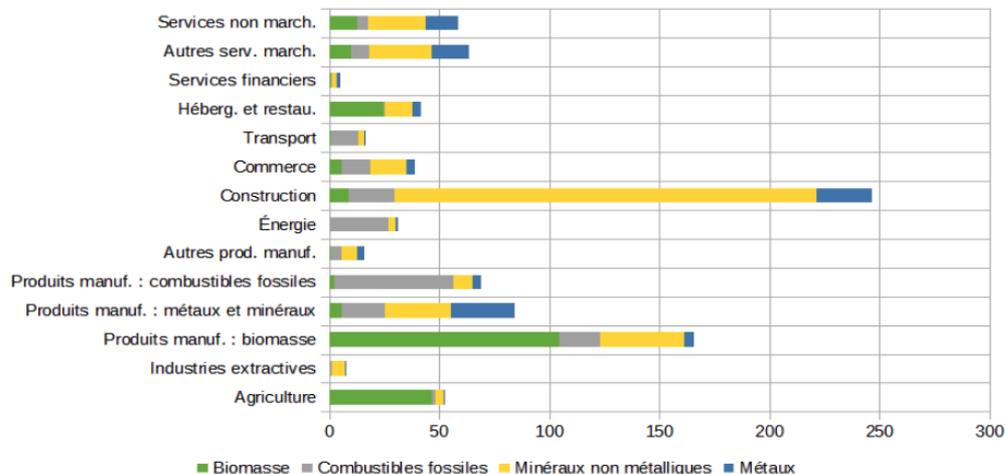


Figure 8 - Empreinte matières (indicateur RMC) pour la France en 2013, en millions de tonnes, selon les produits de la demande intérieure finale



Sommaire

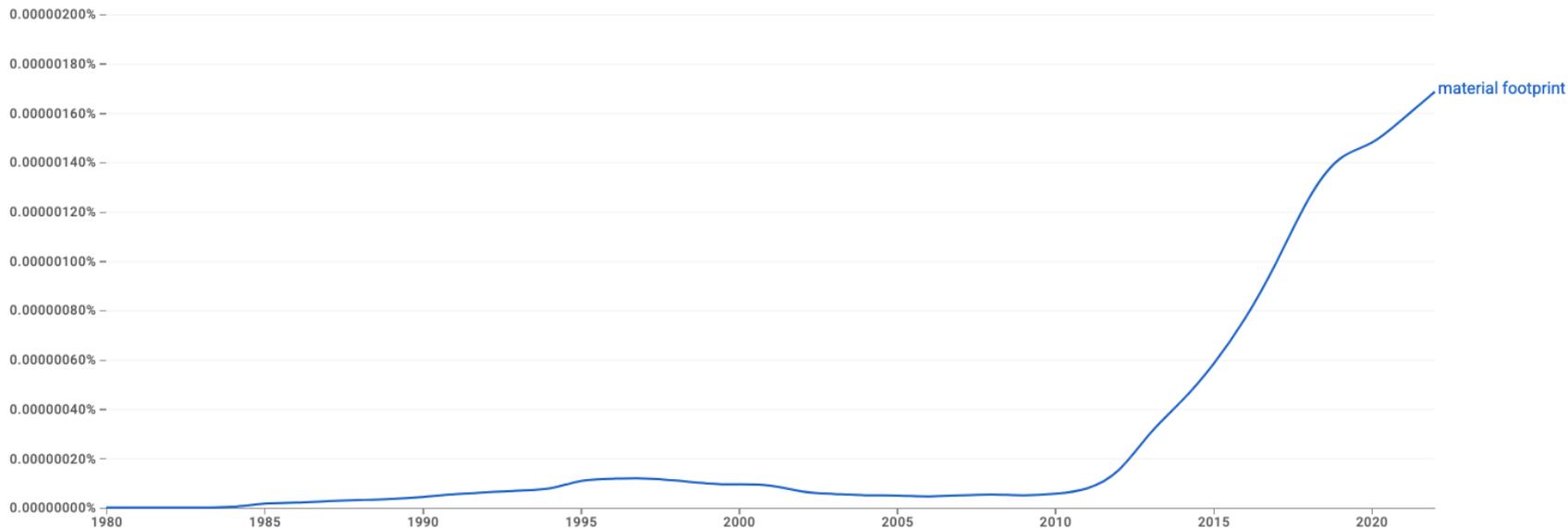
1. Origine de l'empreinte matière
2. Principes généraux et définition
3. Principaux résultats
- 4. Perspectives : au-delà de l'empreinte matière**

Principaux atouts l'empreinte matières

Un outil synthétique, interpellant

Un outil synthétique, qui rend « visible » le poids matériel réel de notre mode de vie.

Occurrence de l'expression « material footprint » dans les ouvrages en langue anglaise (Google Books Ngram Viewer)



Principaux avantages de l’empreinte matière

Une bonne reconnaissance académique

L’empreinte matière a gagné en précision et légitimité suite aux nombreux travaux académiques des 20 dernières années. Une standardisation des méthodes est en cours (Eurostat).

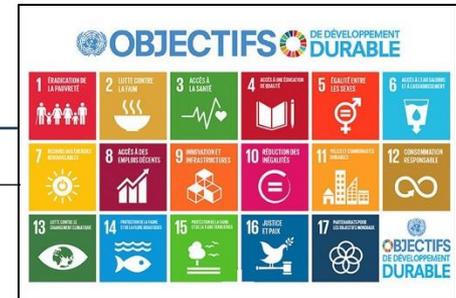
Une bonne appropriation politique

Au **niveau mondial** : indicateur de suivi des objectifs de développement durable (ODD 12, indicateurs « Empreinte matérielle », « empreinte matérielle par habitant » et « empreinte matérielle par unité de PIB »).

En **Europe** : indicateur de suivi Green New Deal & *Env. Action Program*

En **France** : indicateur clé pour le suivi de l’économie circulaire

Dans **les régions, départements, métropoles** : nombreuses déclinaisons de l’empreinte matière et autres démarches de type AFME (analyse des flux de matières et d’énergie) depuis 2013.



Quelques limites de l'empreinte matières

Une méthode complexe, perfectible

L'utilisation de tableaux entrées-sorties multirégionaux accolés aux bilans matières entre secteurs et régions du monde rend le calcul très complexe. Différentes méthodes aboutissent à des écarts notables (jusqu'à +/- 40 %) = normalisation à réaliser.

Une agrégation sans pondération, sans hiérarchie

Les masses des matériaux sont additionnées, alors qu'ils représentent des enjeux souvent incomparables : 1 tonne de pesticides = 1 tonne de gravier ?



Pas de limite « soutenable » de référence

Que signifient 14 tonnes/hab/an ? Pourquoi n'est-ce pas soutenable ? Quel niveau serait soutenable ? (cf. point précédent).

Interrogations sur la dimension opérationnelle de l'outil

En conclusion

- L'empreinte matière permet d'identifier **le véritable poids matériel lié à nos modes de vie**, en intégrant à la fois les **matériaux invisibles** mobilisés (résidus de production, d'extraction) et les **importations**.
- Elle présente plusieurs **atouts** : synthétique, facile à comprendre, fondée sur des travaux scientifiques solides, politiquement bien appropriée (intégrée à la statistique publique en France mais aussi dans de nombreux autres pays).
- Toutefois, elle présente **une limite importante** : elle additionne tous les matériaux, sans prise en compte de leur criticité. Une piste à suivre, en complément :
 - La mise en place complémentaire d'analyses de flux spécifiques : empreinte carbone (Webinaire précédent), mais aussi empreinte azote, empreinte phosphore, empreinte toxique, etc. (outils existants et/ou en développement, cf. Boutaud A., Gondran N., 2018).

A vous de répondre !

Répondez à la question qui s'affiche sur votre écran !



Pour aller plus loin : ressources bibliographiques

- Boutaud A., Gondran N., 2018. *L'empreinte écologique*. Coll. Repères, La Découverte, Paris (cf. chapitre dédié aux autres empreintes environnementales).
- CGDD, 2014. *Comptabilité des flux de matières dans les régions et les départements. Guide méthodologique*. SOeS, CGDD, Ministère de la transition écologique du développement durable et de l'énergie, Paris.
- CGDD, 2018. *L'empreinte matières, un indicateur révélant notre consommation réelle de matières premières*. SDES, CGDD, Ministère de la transition écologique et solidaire, Paris.
- CGDD, 2019. *L'empreinte matières de l'économie française : une analyse par matières et catégories de produits*. Thema. SDES, CGDD, Ministère de la transition écologique et solidaire, Paris.
- European Environment Agency, 2024. Europe's Material Footprint. URL : <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/europes-material-footprint?activeAccordion=546a7c35-9188-4d23-94ee-005d97c26f2b>
- INSEE, 2021, Définition de l'empreinte matières, Url : <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c2192>
- MTE, 2021. *Empreinte matières*. Indicateurs clés pour le suivi de l'économie circulaire. SDES, Ministère de la transition écologique, Paris.



Merci à tous pour votre participation

Nous vous donnons rendez-vous en **septembre** pour
découvrir le prochain cycle de webinaires des

Mots des transitions

