

# Comment rendre visibles nos dépendances et nos excès : apports des approches socio-métaboliques

*Sophie Madelrieux*

# Economie circulaire et limites planétaires ?

**Axe A du RMT : Caractériser et évaluer la plus-value du déploiement d'une économie circulaire entre filières animales et végétales à l'échelle des territoires**



## Synthèse présentée aux 3R 2022

Bioéconomie et économie circulaire : lecture critique et place de l'élevage

Madelrieux S., Courtonne J.Y., Grillot M., Harchaoui S.



INRAE

Inria



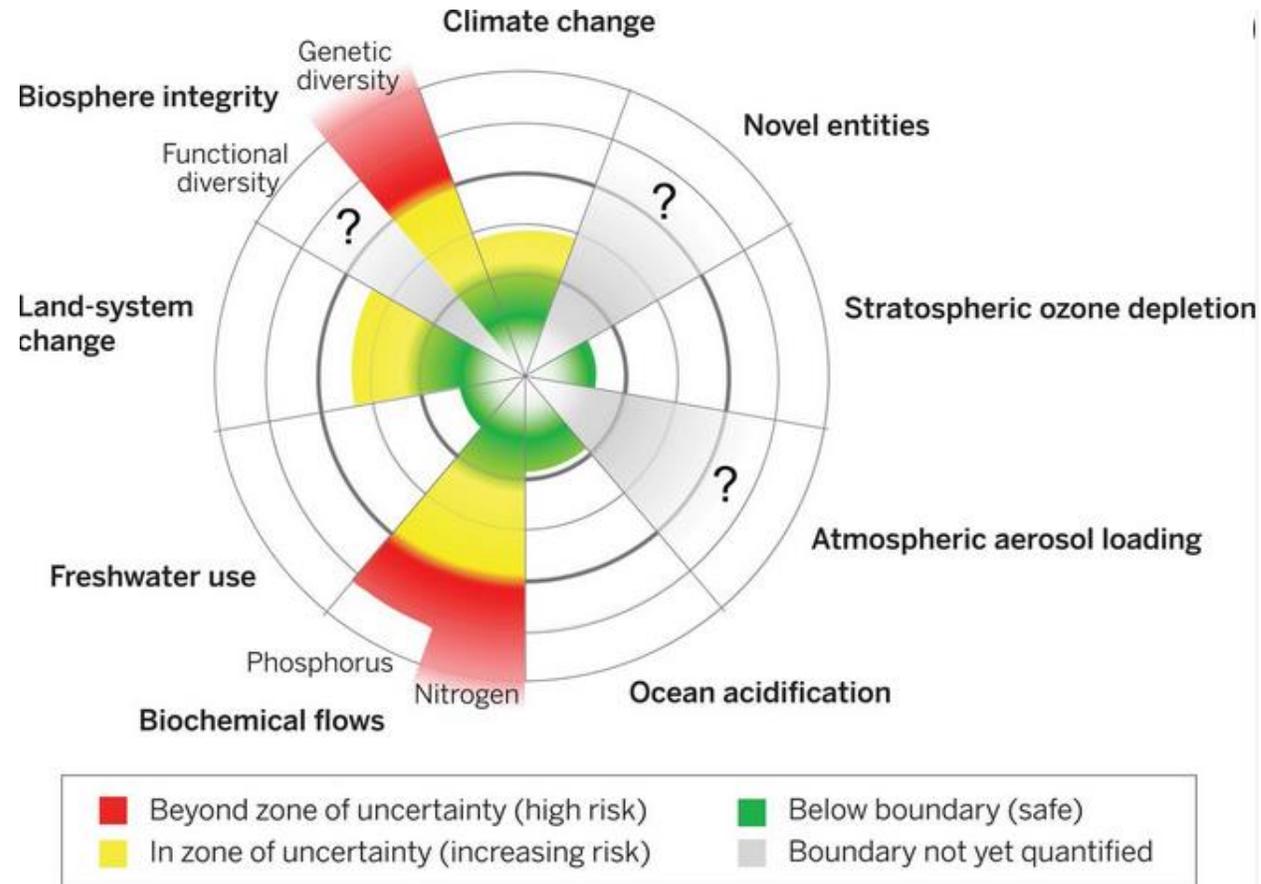
- Réduction absolue des flux (avant l'augmentation des taux de circularités)
- Priorisation des usages des biomasses
- Production soutenable de biomasse et bouclage des cycles biogéochimiques
- Minimisation des dissipations énergétiques
- Perspective systémique et multi-échelle



# Proposition pour cette présentation

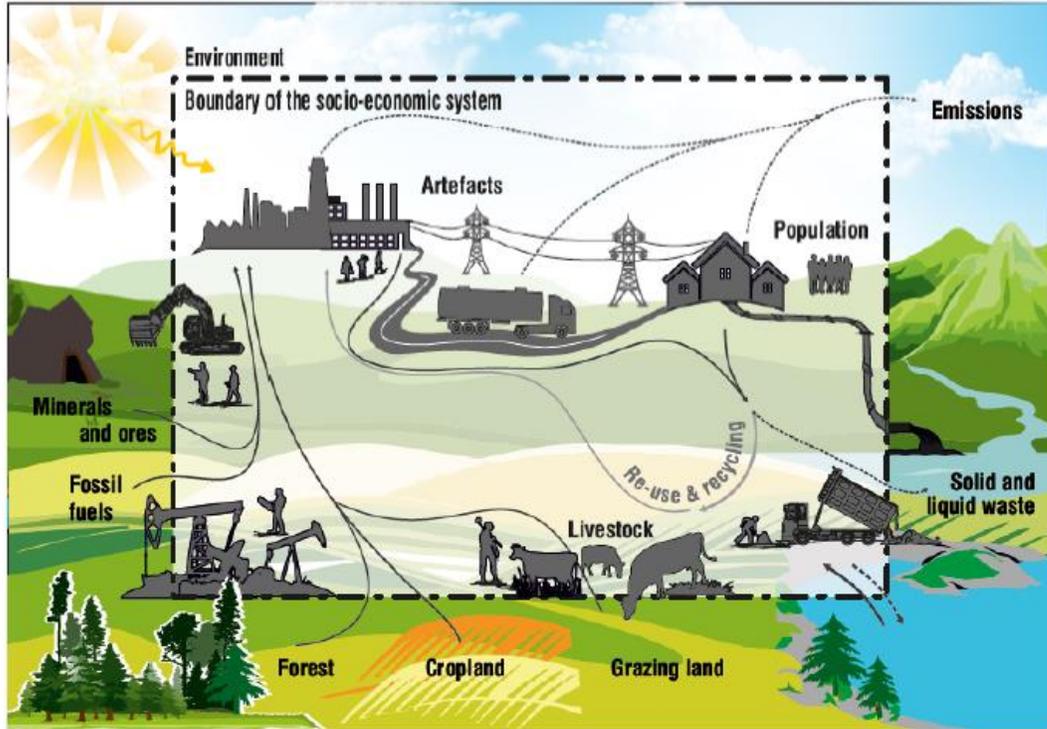
- Pour appréhender l'inscription des systèmes dans les limites planétaires : les approches socio-métaboliques / du métabolisme social
- Le métabolisme associé aux systèmes agri-alimentaires (SAA) : enjeux et diversité d'approches dans la communauté de recherche française

# Contexte de ressources limitantes, et même limitées : cadre des limites planétaires



Source : Steffen et al., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science

# Les approches socio-métaboliques



Source : Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S. et al. (2019). Contributions of sociometabolic research to sustainability science. Nat Sustain 2, 173–184

## Les fondements communs

1-Le fonctionnement d'une société, y compris l'économie, repose sur **une organisation de flux de matières et d'énergie** pour la faire fonctionner, se maintenir et se développer

2-La composition, l'ampleur et les formes du métabolisme déterminent les pressions et les impacts environnementaux de la société

→ **une durabilité forte exige que les flux de matières et d'énergie soient compatibles avec la capacité d'approvisionnement et d'absorption de la biosphère**

# Quelles mobilisations des approches socio-métaboliques pour la compréhension/analyse des systèmes agri-alimentaires ?

Journal of Industrial Ecology

RESEARCH AND ANALYSIS

## **Society's Metabolism**

The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860–1970

Marina Fischer-Kowalski

## **Society's Metabolism**

The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II, 1970–1998

Marina Fischer-Kowalski and Walter Hüttler

→ La mobilisation du concept de métabolisme des sociétés pour appréhender les SAA en tant que tel, se déploie surtout depuis 2010



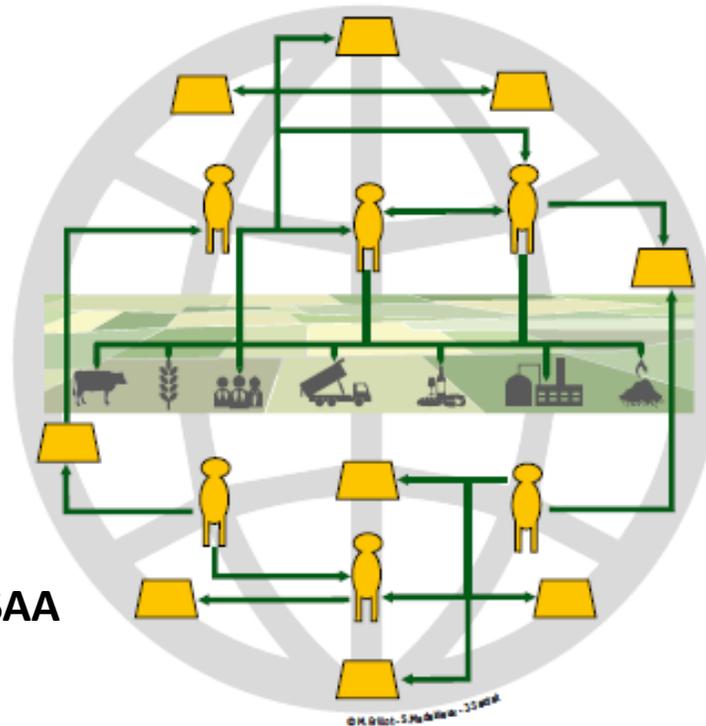
# Diversité des enjeux et des approches

Rendre visible l'invisible et réduire l'intensité matérielle du fonctionnement de notre société  
→ dimension matérielle

**Perturbations des cycles des nutriments et limites planétaires**  
→ dimension biogéochimique

**Appropriation spatiale des ressources et interdépendances entre territoires**  
→ dimension géographique

**Capacités à agir sur la réalité matérielle des SAA**  
→ dimension organisation des acteurs et gouvernance du métabolisme



**Dépendance aux énergies fossiles**  
→ dimension énergétique

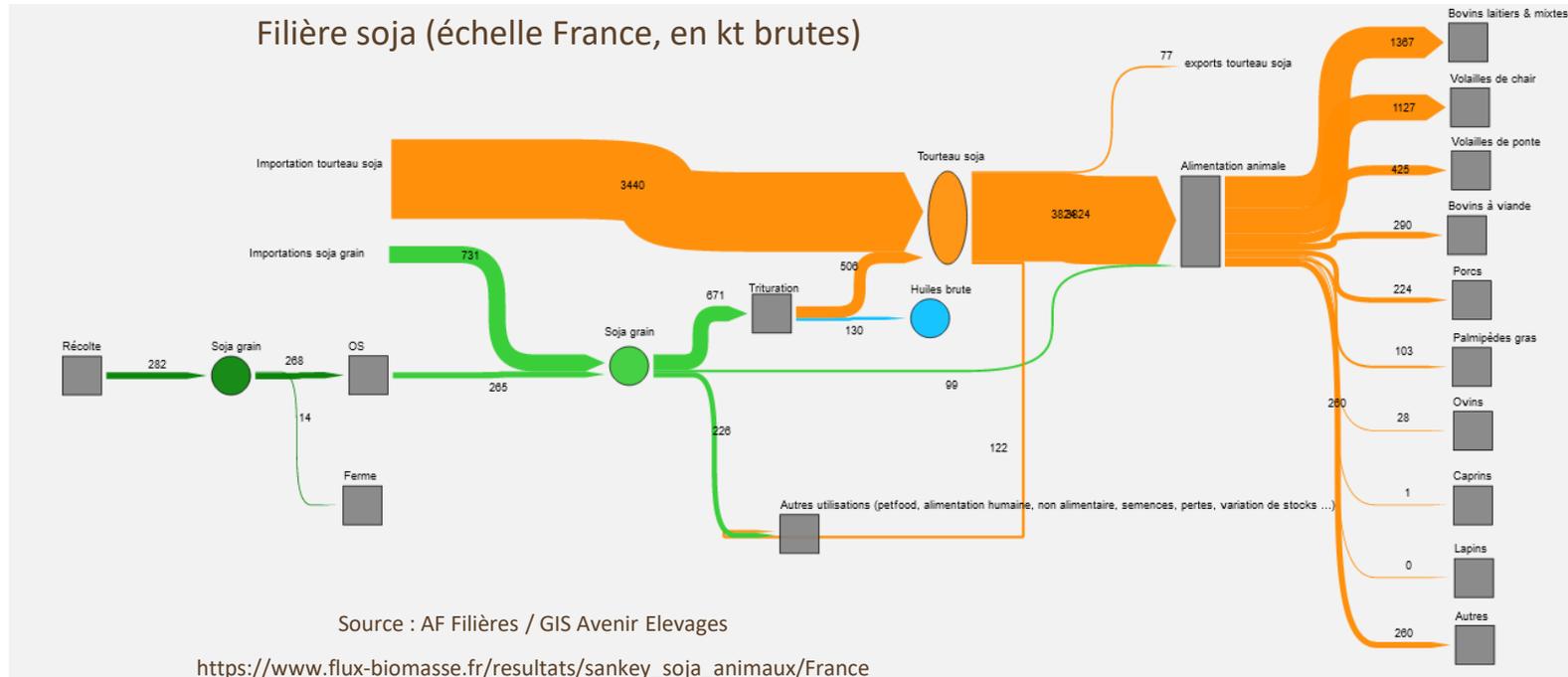
**Création de valeurs et répartition de la valeur ajoutée**  
→ dimension économique

**Les conditions de la transformation**  
→ dimension culturelle et sociale

# Rendre visible l'invisible et réduire l'intensité matérielle du fonctionnement de notre société (dimension matérielle)

Type de flux	Objet d'étude	Publications (par date puis noms d'auteur)
Matière	Filière	Courtonne et al., 2015 ; Courtonne et al., 2016
	Flux de matières 1 <sup>ères</sup> pour l'alimentation des animaux d'élevage en France	Sailley et al., 2021
	Flux alimentaires à l'échelle d'aires urbaines	Frugal, 2020
	Pertes et gaspillages dans les filières ou le système alimentaire d'une métropole	Redlingshöfer, 2015 ; Redlingshöfer, 2022

## Ex. flux de matières premières pour l'alimentation des animaux d'élevage en France



## Vers un référentiel des flux de matières des filières agricoles françaises



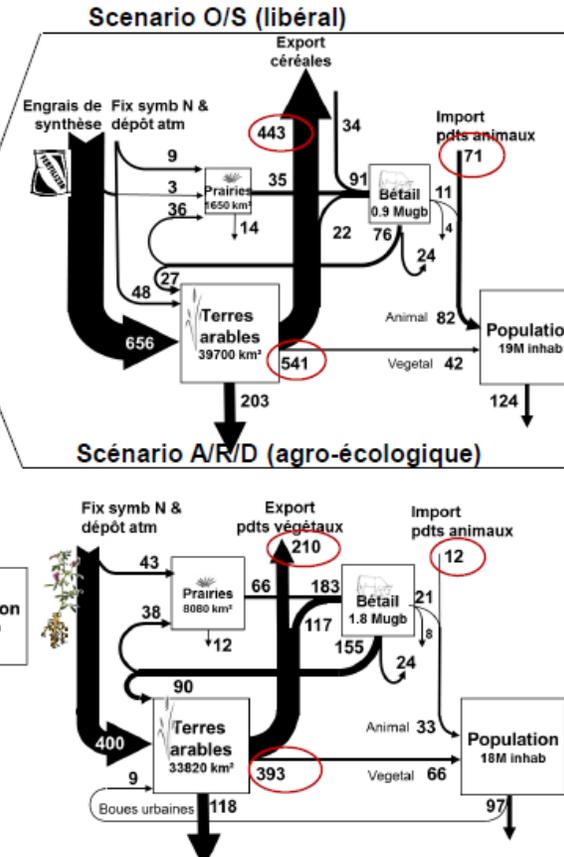
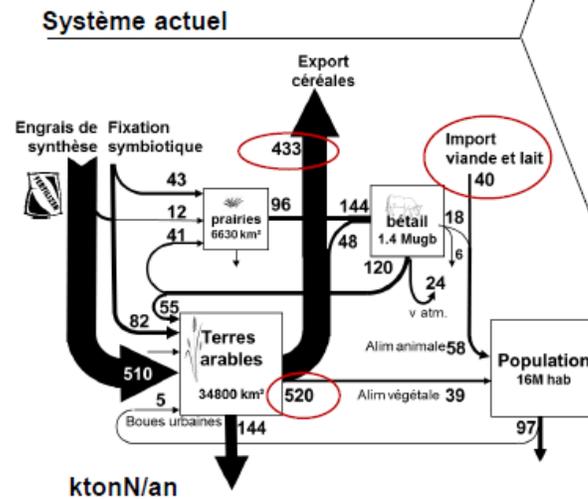
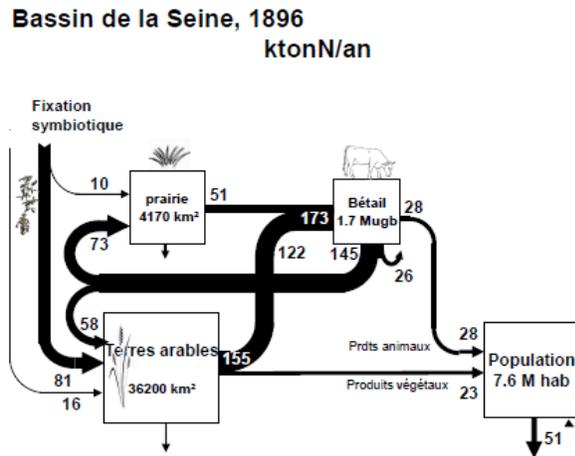
# Perturbations des cycles biogéochimiques et limites planétaires (dimension biogéochimique)

Type de flux	Objet d'étude	Publications
Substance (N, P, K, C organique)	Système agri-alimentaire : de l'échelle globale au territoire (notamment méthode GRAFS: Generalized Representation of Agro- Food Systems)	Billen et al., 2014 et 2021 ; Le Noë et al., 2017 et 2018 ; Verger et al., 2018
	Système alimentation-excrétion	Esculier, 2018
	Système d'exploitation	Alvarez et al., 2014 ; Stark et al., 2019 ; Puech et Stark, 2022
	Place d'une orientation de production (culture, élevage) dans le métabolisme des SAA, ou de la <b>connexion culture-élevage</b>	<b>Cultures</b> : Billen et al., 2013 <b>Elevages</b> : Chatzimpiros et Barles, 2010; Gameiro et al., 2019; Bonaudo et al., 2021 <b>Cultures-élevages</b> : Nesme et al., 2015 ; Garnier et al., 2016 ; Grillot et al., 2018 ; Kleinpeter et al., 2021 ; Kleinpeter et al., 2022
	Déploiement de l'agriculture biologique	Anglade et al., 2015 ; Nesme et al., 2016
	Liens production agricole-consommation alimentaire	Chatzimpiros et Barles, 2013 ; Tedesco et al., 2017

# Perturbations des cycles biogéochimiques et limites planétaires (dimension biogéochimique)

## Ex. méthode GRAFS et évolution de l'agriculture du bassin de la Seine

Les deux scénarios en 2050 à l'échelle du bassin de la Seine



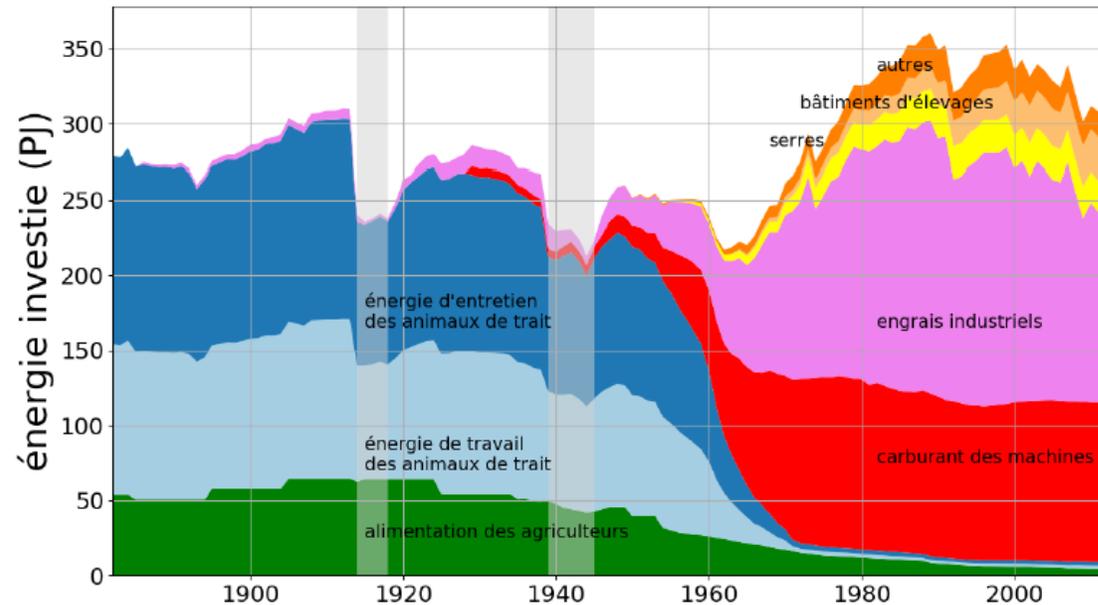
Billen, Le Noë & Garnier, 2018. STOTEN

1

# Dépendance aux énergies fossiles (dimension énergétique)

Type de flux	Objet d'étude	Publications
Energie	Fonctionnement énergétique des systèmes d'exploitations	de Barros et al., 2009 ; Wilfart et al., 2012 ; Vigne et al., 2013
	Empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France	Barbier et al., 2019
	Efficiencce / neutralité énergétique de l'élevage/ l'agriculture en France	Harchaoui et Chatzimpiros, 2017 et 2018 ; Harchaoui, 2019

## Ex. : Evolution de l'énergie investie (en PJ) dans l'agriculture en France de 1882 à 2013



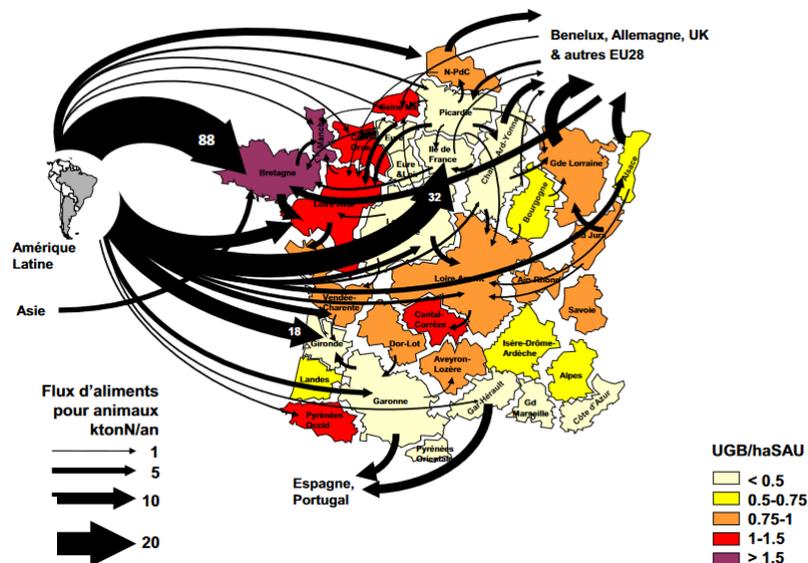
Source : thèse Souhil Harchaoui (2019)

# Appropriation spatiale des ressources et interdépendances entre territoires (dimension géographique)

Type de flux	Objet d'étude	Publications
Matières, énergie ou substances	Régionalisation des analyses de flux et place du commerce (denrées agricoles ; commerce international d'aliments du bétail, d'engrais phosphatés ; commerce virtuel de terres)	Lassaletta et al., 2014 ; Le Noë et al., 2016 et 2017 ; Harchaoui et Chatzimpiros, 2017 ; Harchaoui, 2019; Barbieri et al., 2021
	Foncier alimentaire	Baysse-Lainé et Perrin, 2017
	Empreinte spatiale des villes (notion « d'hinterland »)	Billen et al., 2009 et 2012 ; Chatzimpiros et Barles, 2013 ; Marty, 2013 ; Bognon, 2014 ; Bognon et al., 2018 ; Bahers et al., 2019 ; Esculier et al., 2019 ; Esculier et Barles, 2021
	Relations socio-matérielles entre territoires (relation ville-campagne ; organisation spatiale de la gestion des déchets urbains)	Verhaeghe, 2021 Redlingshöfer, 2022
	Proximités spatiales et fonctionnelles entre ville et agriculture	Bognon, 2014 ; Bognon et Marty, 2015 ; Bahers et Giacchè, 2018

Ex. régionalisation de l'analyse des flux de matière et place du commerce

Aliments pour animaux



# Capacités à agir sur la réalité matérielle des SAA (dimension organisation des acteurs et gouvernance des flux)

Type de flux	Objet d'étude	Publications
Matières	<b>Organisation territoriale des acteurs des SAA</b>	
	<b>Intégration culture-élevage</b> au niveau d'un territoire	Moraine et al., 2016
	Gestion collective et territoriale des biomasses pour une économie circulaire	Wassenaar et al., 2015 ; Vayssières, 2021 ; Vigne et al., 2021
	Interactions entre filières et entre filières et territoires	Chiffolleau et al., 2020 ; Madelrieux et al., 2020 ; Grillot et al., 2021 ; Marty et al., 2021
	<b>Régulations institutionnelles et place de l'action et des politiques publiques</b>	
	Approvisionnement des villes (trajectoire de la question alimentaire dans l'action publique locale) / re-appropriation territoriale de la question alimentaire	Bognon et Marty, 2015 ; Bognon et al., 2018 Debuissou, 2014
	Gestion des déchets (organiques, pertes et gaspillages alimentaires, déchets alimentaires urbains) et évolution de cette gestion	Bahers et Giacchè, 2018 ; Dufour et Barles, 2021 ; Cesaro et al., 2022 ; Redlingshöfer, 2022



# Les conditions de la transformation (dimension culturelle et sociale)

Type de flux	Objet d'étude	Publications (par date puis noms d'auteur)
Matières ou substances	Pratiques culturelles (styles de vie et de normes de consommation) sous-jacentes aux pertes et gaspillages alimentaires	Redlingshöfer, 2022
	Pluralité des valeurs en jeu dans la gestion des biomasses résiduelles dans un territoire	Gabriel, 2021
	Acceptation d'alternatives socio-techniques de changement du métabolisme	Brun et al., 2020 ; Boros, 2021
	Relations de pouvoir dans la circulation des flux (inégalités ; histoire de rapports entre puissances)	Daviron, 2019 ; Aubron et al., 2021



# Finalités des approches métaboliques et usages pour la transformation des SAA

- Du passé vers le futur : comprendre les processus en jeu et scénariser des transformations du métabolisme des SAA
- Identifier les vulnérabilités des SAA et les transferts de vulnérabilités entre territoires pour des SAA plus résilients et responsables
- Rendre visible pour l'action et les politiques publiques

# Discussion : positionnements de la communauté française et perspectives de recherche

- Diversité mais poids inégal des différentes approches métaboliques des SAA

-La communauté française s'est moins emparée de la dimension économique et des approches multi-échelle (→ Musiasem : Giampietro et al.)

-Des approches encore « cloisonnées » : ex. les compromis entre biogéochimie et énergie peu abordés (Harchaoui, 2019)

-Peu de travaux tenant compte de la diversité des systèmes de production, et des liens entre les formes d'ICE et de métabolisme associé

- Le métabolisme comme objet intermédiaire ?

-Si l'action joue un rôle important dans les approches socio-métaboliques, la façon dont elle s'articule aux choix d'approches et de représentations métaboliques est rarement abordée

- Inscription des SAA dans les territoires et dans les limites planétaires

-La compatibilité des SAA aux limites planétaires est assez peu étudiée

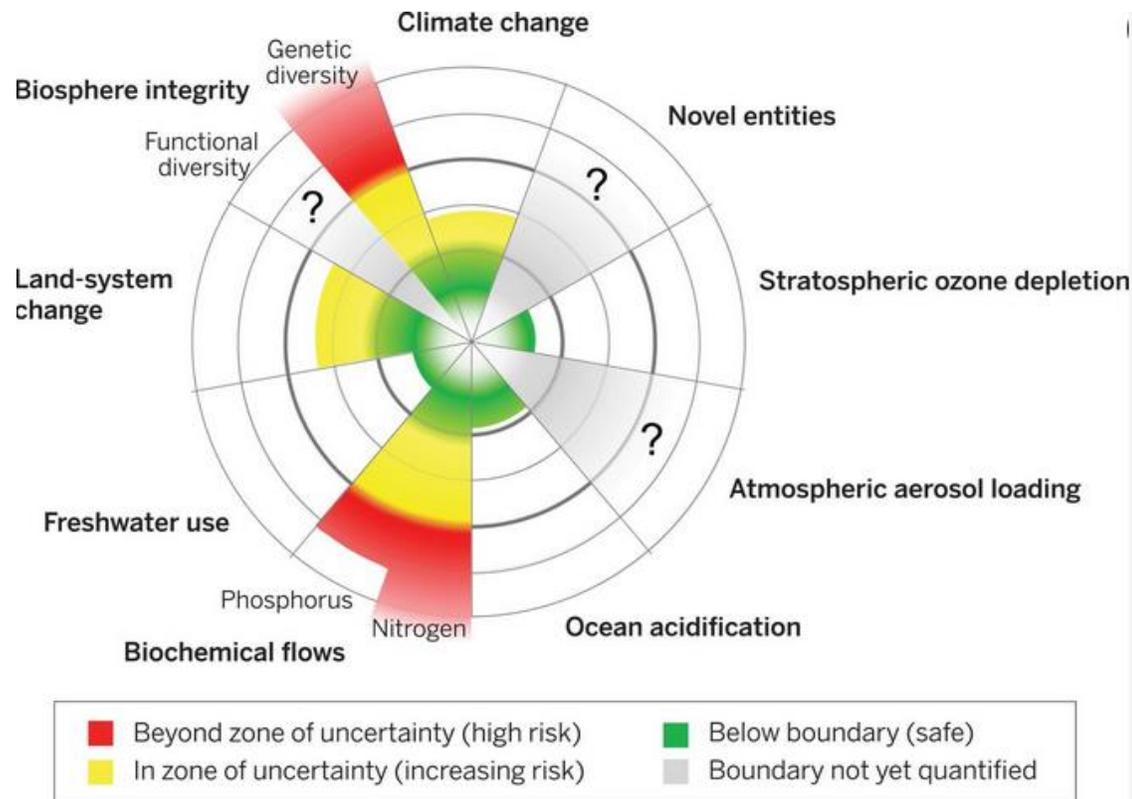
Merci de votre attention

des questions ?

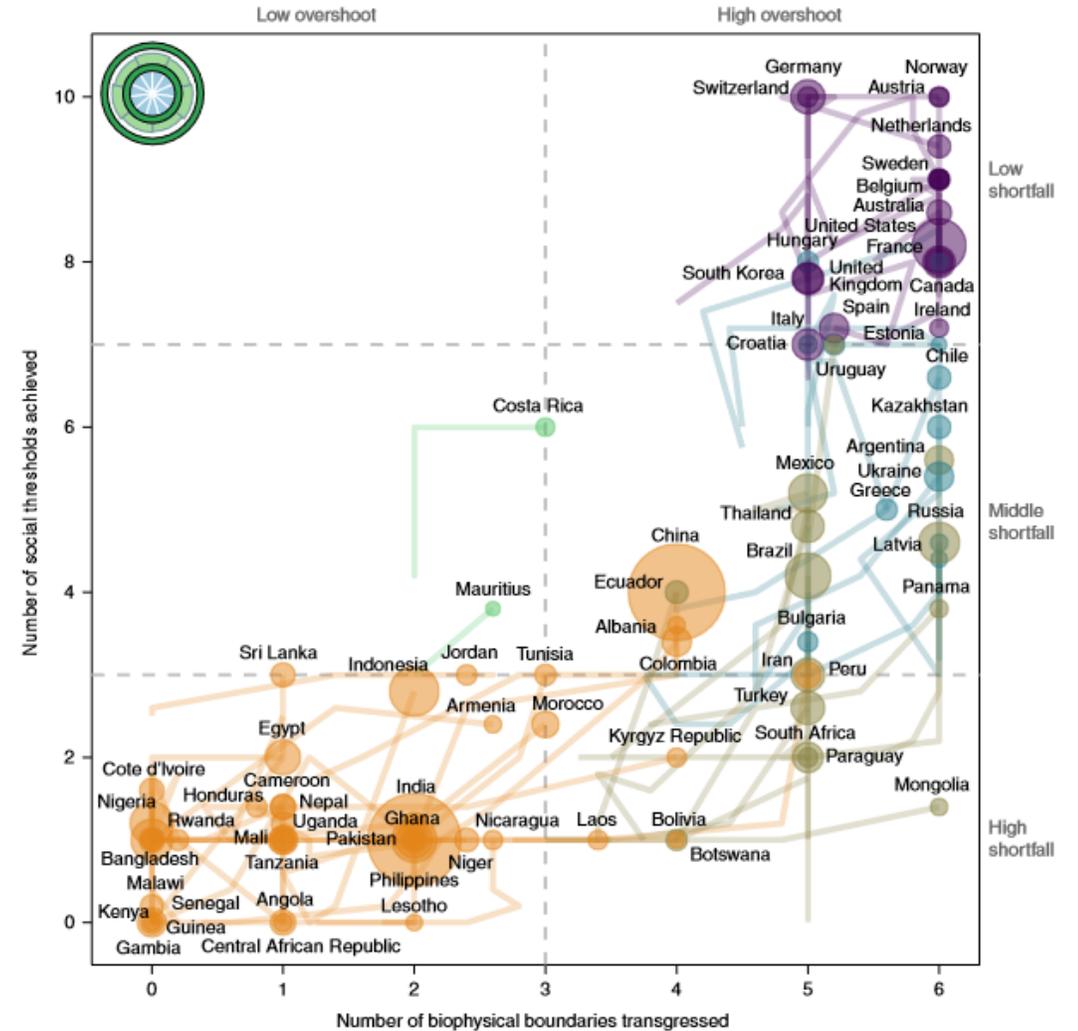


**Remerciements** : les membres du groupe de travail « Bioéconomie et territoires : limites et réorganisation des systèmes agricoles et alimentaires » du Département ACT d'INRAE, l'ADEME pour son financement des projets Boat, AF Filières (appel à projets Graine, 2016) et Scalable (appel à projets Graine 2019), et les participants à ces projets, qui ont permis des échanges ayant nourri cette synthèse.

# Limites planétaires



Source : Steffen et al., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science



Source : Fanning et al., 2021. The social shortfall and ecological overshoot of nations. Nature Sustainability

# Limites planétaires

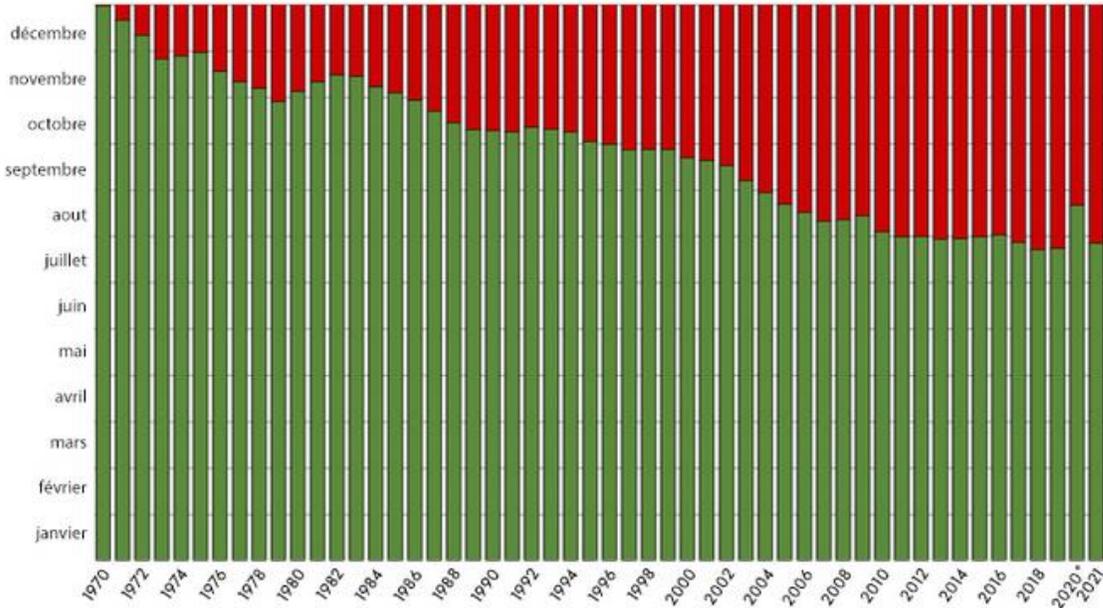


## Jour du Dépassement Mondial 1970 - 2021



1 planète Terre

1.7 planète Terre

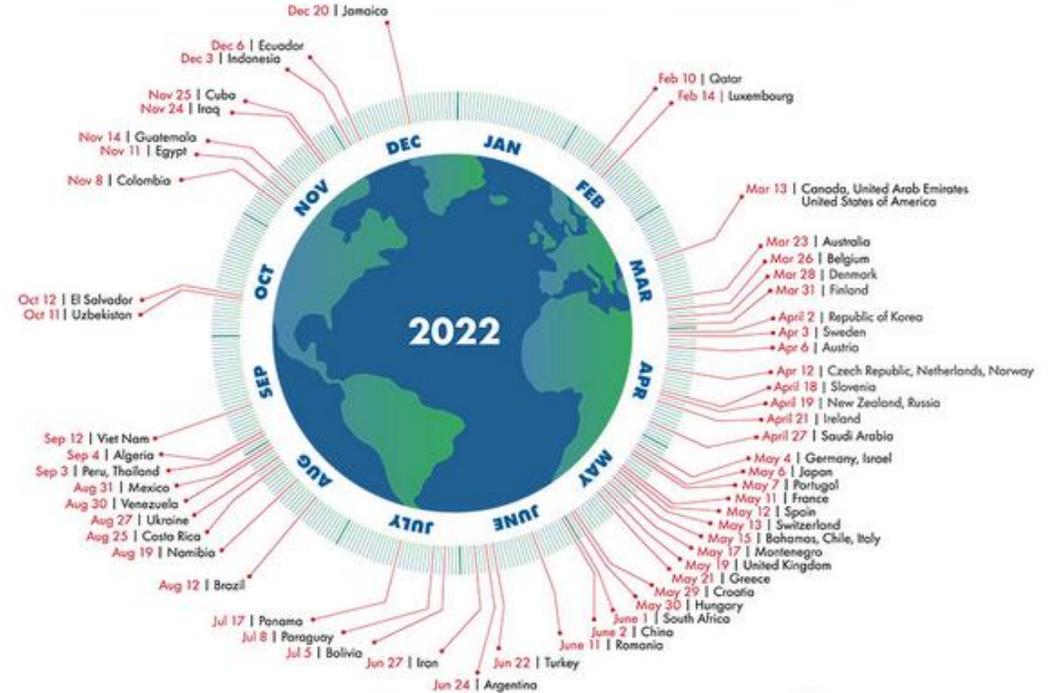


\*Le calcul du Jour du Dépassement de la Terre 2020 reflète la baisse initiale de l'utilisation des ressources au cours de la première moitié de l'année en raison des mesures de confinement liées à la pandémie. Toutes les autres années utilisent un taux constant d'utilisation des ressources sur 12 mois.

National Footprint and Biocapacity Accounts 2021 Edition  
data.footprintnetwork.org

## Country Overshoot Days 2022

When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



For a full list of countries, visit [overshootday.org/country-overshoot-days](https://overshootday.org/country-overshoot-days)

Source: National Footprint and Biocapacity Accounts, 2022 Edition  
data.footprintnetwork.org



# Origines des approches socio-métaboliques

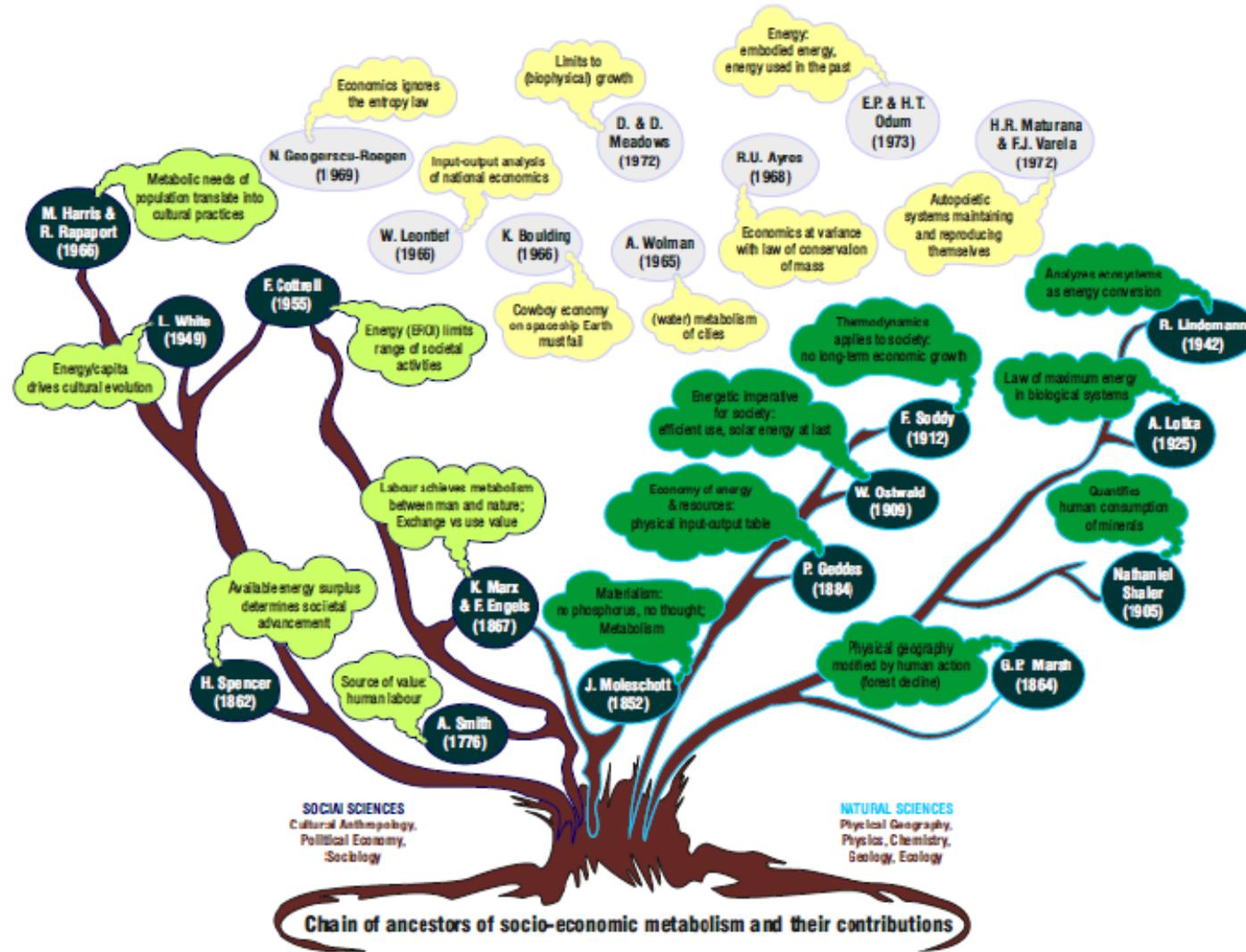


Fig 2. Family tree of research traditions from social sciences (left side) and natural sciences (right side) that inspire current socio-metabolic research. Own graph, developed on data in<sup>26,33</sup>. Color legend: Pale green: roots from the social sciences. Dark green: roots from the natural sciences. Grey: ancestors and founders of current SMR traditions

Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S. *et al.* (2019). Contributions of sociometabolic research to sustainability science. *Nat Sustain* 2, 173–184.  
<https://doi.org/10.1038/s41893-019-0225-2>

# Métabolisme associé aux systèmes agri-alimentaires : enjeux et diversité d'approches dans la communauté de recherche française

## Résumé des critères utilisés pour l'analyse bibliographique

Critères	Description	Exemples de modalités
Type de flux	Nature des flux analysés	Flux de substance ; flux de matière ; flux d'énergie ; flux monétaire
Type de système	Système au sein duquel les flux sont considérés	système d'exploitation ; système agricole d'un territoire ; système alimentaire ; système agri-alimentaire ; système alimentation-excrétion ; filière
Echelle spatiale	Echelle spatiale de l'analyse des données	Mondiale, nationale, régionale, locale, multi-échelles
Echelle temporelle	Echelle temporelle de l'analyse des données	Trajectoires passées ; présent ; scénarios pour le futur
Enjeux	Enjeux associés à l'analyse métabolique	Perturbation des grands cycles biogéochimiques ; épuisement des ressources fossiles ; gouvernance des flux ; rapports de pouvoir
Finalités et usages	Finalité de l'approche métabolique et usages faits des représentations métaboliques	Comprendre les processus en jeu ; élaborer/discuter de scénarios de changement ; rendre visible pour l'action et les politiques publiques ; appréhender les vulnérabilités du système
Prise en compte des acteurs du métabolisme	Formes sous lesquelles sont pris en compte les acteurs ?	Non pris en compte ; modélisation multi-agent ; analyse de la gouvernance des flux ; mise en discussion avec des acteurs du métabolisme ou de scénarios de changement

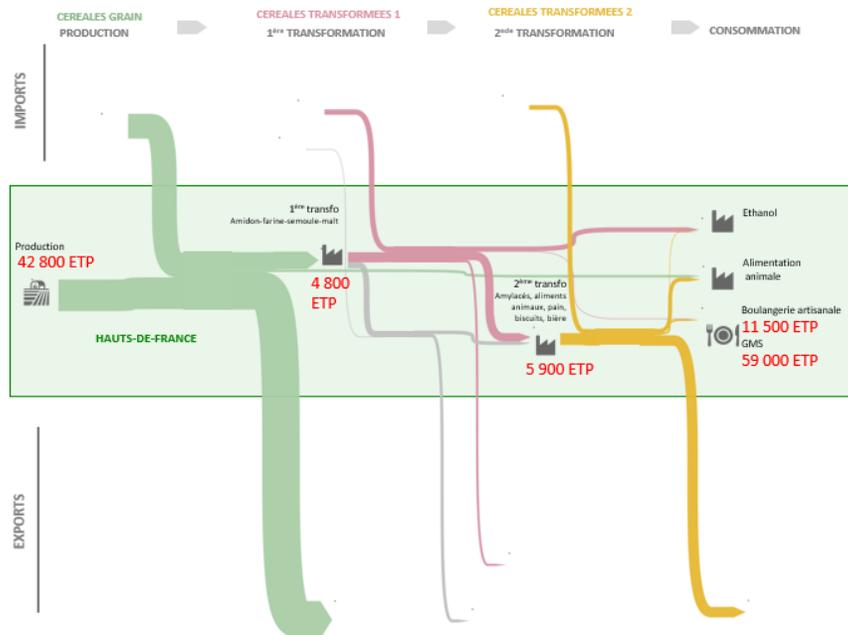
# Création de valeurs et répartition de la valeur ajoutée (dimension économique)

Type de flux	Objet d'étude	Publications
Matière x monétaire ou emploi	Filière : chaînes de valeurs et modèles économiques	Bevione, 2021 ; Metreau et al., 2021
	Empreinte socio-économique du SAA d'un territoire	Madelrieux et al., 2020

## Filière céréalière Hauts-de-France

Source : Metreau et al., 2021

### Valeur créée par le travail



### Valeur créée par le marché

