

Vers une industrie agro-alimentaire



Chaire UNESCO
Alimentations
du monde

6 octobre 2022

plus durable ?



Pr Eric Dubreucq (eric.dubreucq@supagro.fr)

Institut Agro, Département des Sciences pour les Agro-bioprocédés

UMR IATE Ingénierie des agro-polymères et technologies émergentes

Equipe OpenMind – Ingénierie des molécules naturelles

Resp. option CBD2 « Chimie et bioprocédés pour un développement durable »

Quels besoins humains « de base » ?

Information



**Energie
Chaleur**



**Aliments
Boissons**



**Matériaux
Produits**



Principales ressources et produits



Principales ressources et produits



Principales ressources et produits

**Energie interne
du soleil et de la
terre**

Biomasse

Aliments

Information

Travail

Energie
Chaleur

Combus-
tibles

Matériaux
Produits

Gaz à effet de serre
Effluents, Déchets
Pollution...

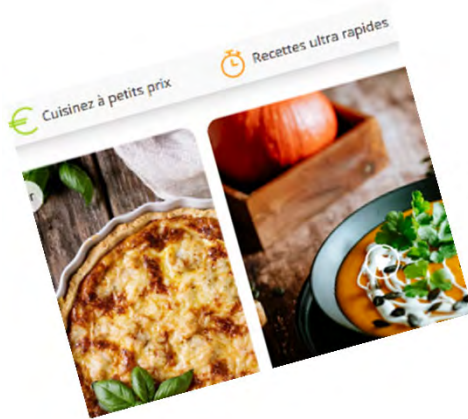
**Ressources
géologiques**

Epuisement

RENOUVELABLE / ILLIMITE

NON-RENOUVELABLE

Quels besoins pour l'agro-alimentaire ?



Quels besoins pour l'agro-alimentaire ?



Impacts des activités humaines sur l'environnement et les ressources



Quelques problèmes...

Pollution de l'air, de l'eau, des sols...
(industrie chimique, agriculture, déchets...)



Quelques problèmes...

Réchauffement climatique



Burning world's fossil fuel reserves could emit 3.5tn tons of greenhouse gas

The world will have released more planet-heating emissions than have occurred since the industrial revolution, analysis found

Oliver Milman

[@olliemilman](#)

Mon 19 Sep 2022 05.45

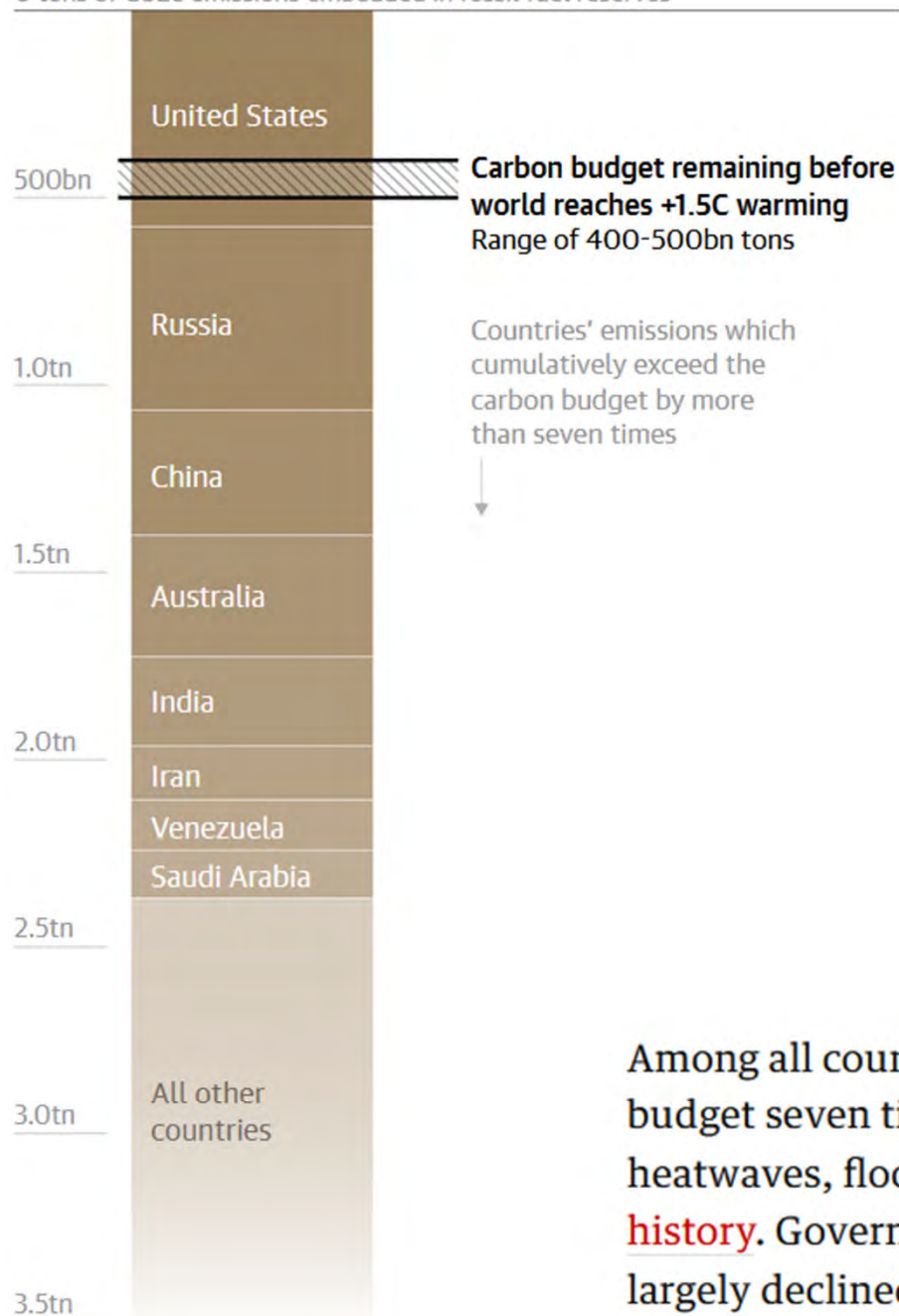
BST



Global emissions from fossil fuel reserves would exceed carbon budget by more than seven times

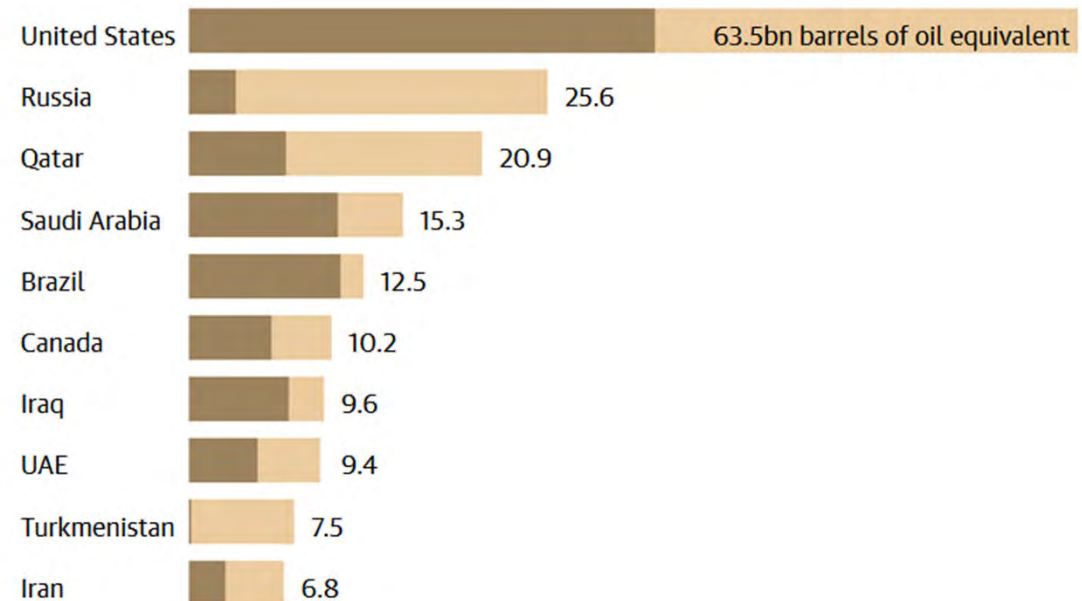
0 tons of CO2e emissions embedded in fossil fuel reserves

Mon 19 Sep 2022 05.45 BST



Countries with the most fossil fuel reserves in development

Oil Gas



Guardian graphic. Source: The Global Registry of Fossil Fuels.

Among all countries, there is enough fossil fuel to blow this remaining budget seven times over, propelling people and ecosystems into disastrous heatwaves, floods, drought and other impacts **never seen before in human history**. Governments have agreed to restrain global heating to 1.5C but have largely declined to actively halt new fossil fuel leases or extraction.



[Home](#) > [Drought](#)

Drought

High temperatures exacerbated by climate change made 2022 Northern Hemisphere droughts more likely



Western Central Europe, North America, China, and other parts of the Northern Hemisphere faced water shortages, extreme heat, and soil moisture drought conditions throughout the summer of 2022

05 October, 2022 | [DROUGHT](#) | [EUROPE](#), [NORTH AMERICA](#), [NORTHERN ASIA](#)

Latest analyses

- High temperatures exacerbated by climate change made 2022 Northern Hemisphere droughts more likely
- Climate change likely increased extreme monsoon rainfall, flooding highly vulnerable communities in Pakistan
- Without human-caused climate change temperatures of 40°C in the UK would have been extremely unlikely



Home > Drought

Drought

High temperature

Northern Hemisphere



ASIA

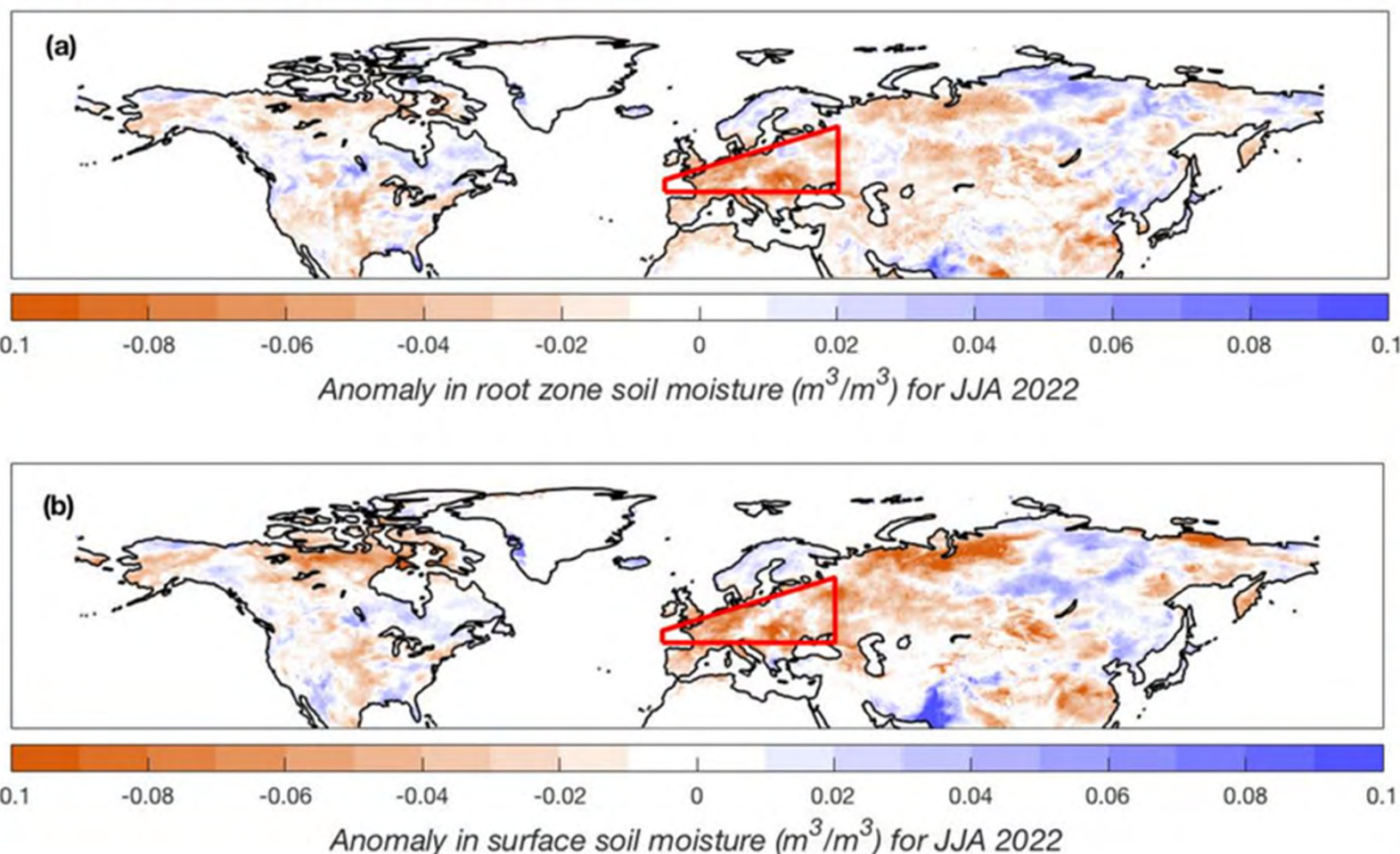


Figure 1: a) Anomaly in the June to August average root zone soil moisture w.r.t 1950-2022 climate over the northern hemisphere so-called 'extratropics' (NHET) region (full domain shown) based on the ERA5-Land dataset. The smaller region West-Central Europe (WCE) is highlighted by the red box. (b) same as (a) for surface soil moisture.

Quelques problèmes...

Croissance de la population :



plus de **besoins**,
plus de **déchets** ?

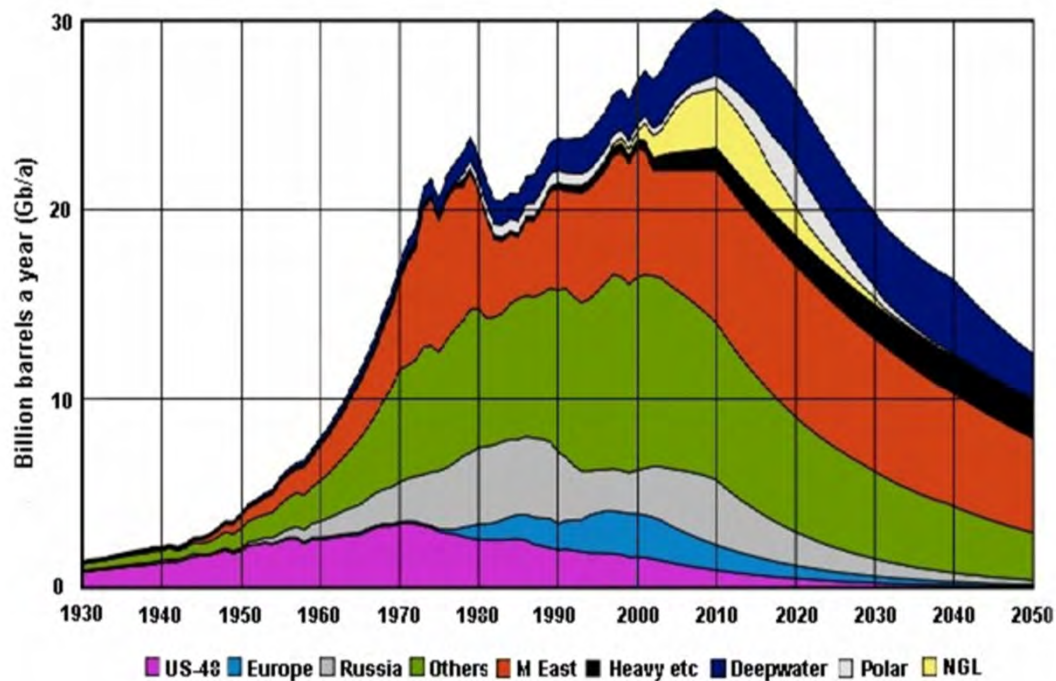


Quelques problèmes...

Épuisement des ressources géologiques (eau, hydrocarbures, sols...)

Épuisement de gisements de nombreux éléments
(fluor, zinc, néodyme, or, uranium...)

L'extraction requiert de plus en plus **d'énergie**



"Peak oil"



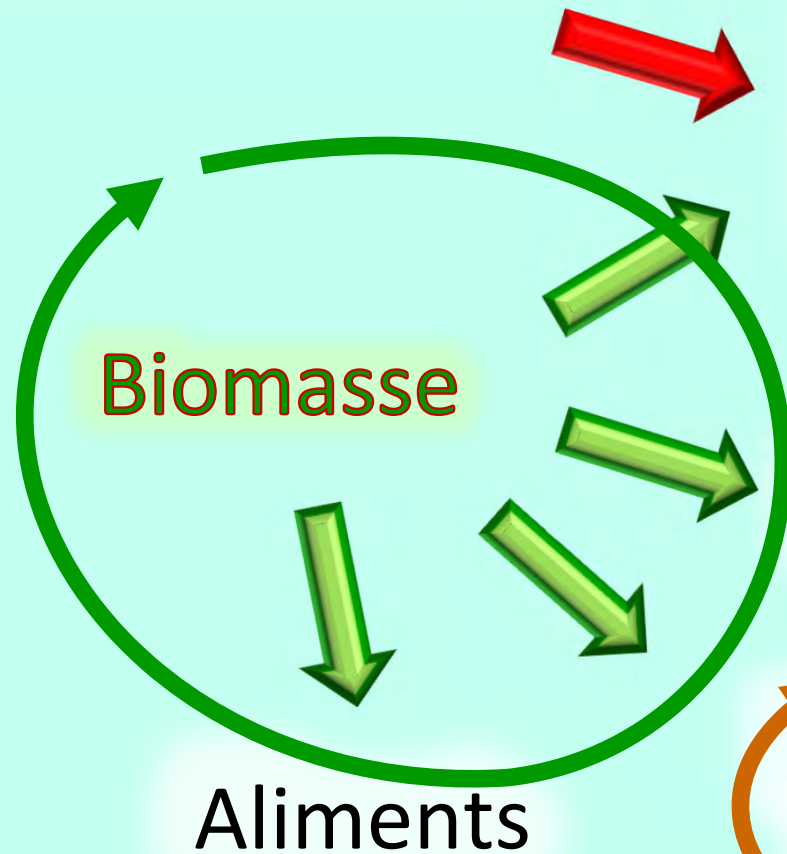
Mine de cuivre en Australie

Vers un épuisement global des ressources faciles d'accès

Que peut-on faire ?

Ressources renouvelables, pas de déchets

Energie interne du
soleil et de la terre



Information

Travail

Energie
Chaleur

Combustibles

Matériaux
Produits

Gaz à effet de serre
Déchets
Pollution...

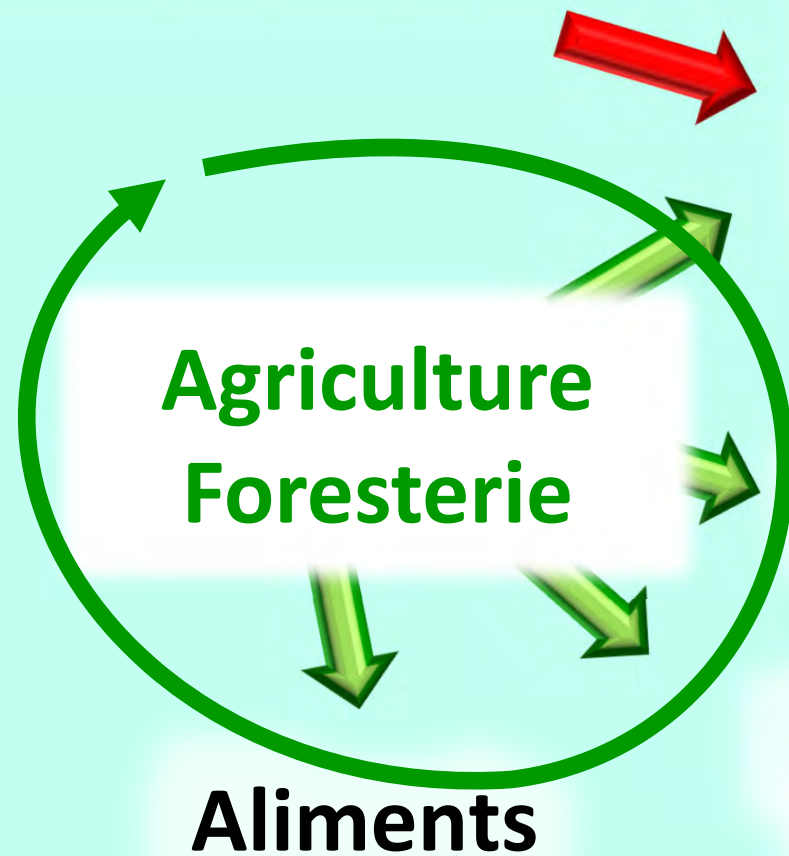
Ressources
géologiques

RENOUVELABLE / ILLIMITÉ

NON-RENOUVELABLE

Rôle de l'agriculture

**Energie interne du
soleil et de la terre**



Information

Travail

Energie
Chaleur

Combus-
tibles

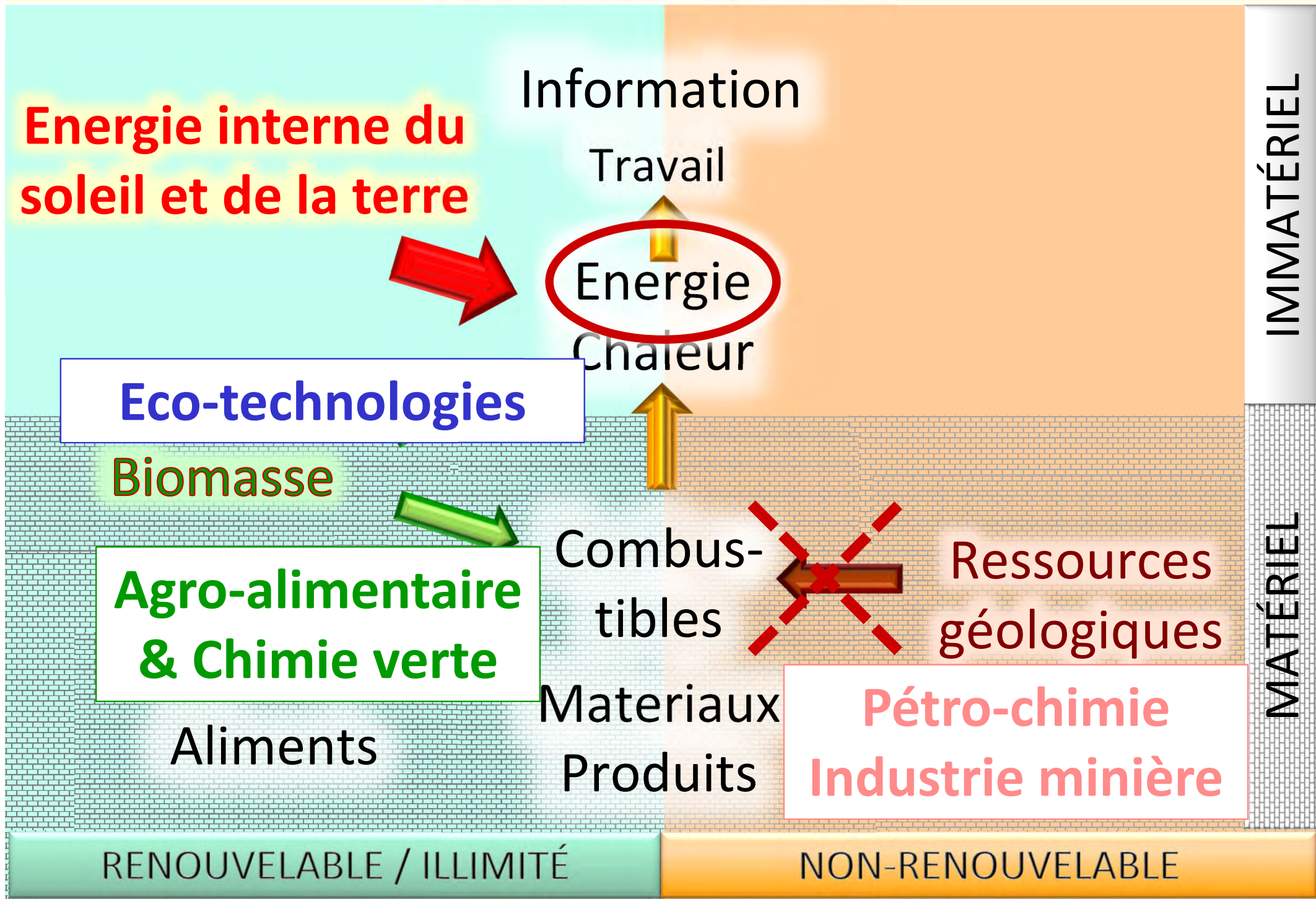
Matériaux
Produits

Ressources
géologiques

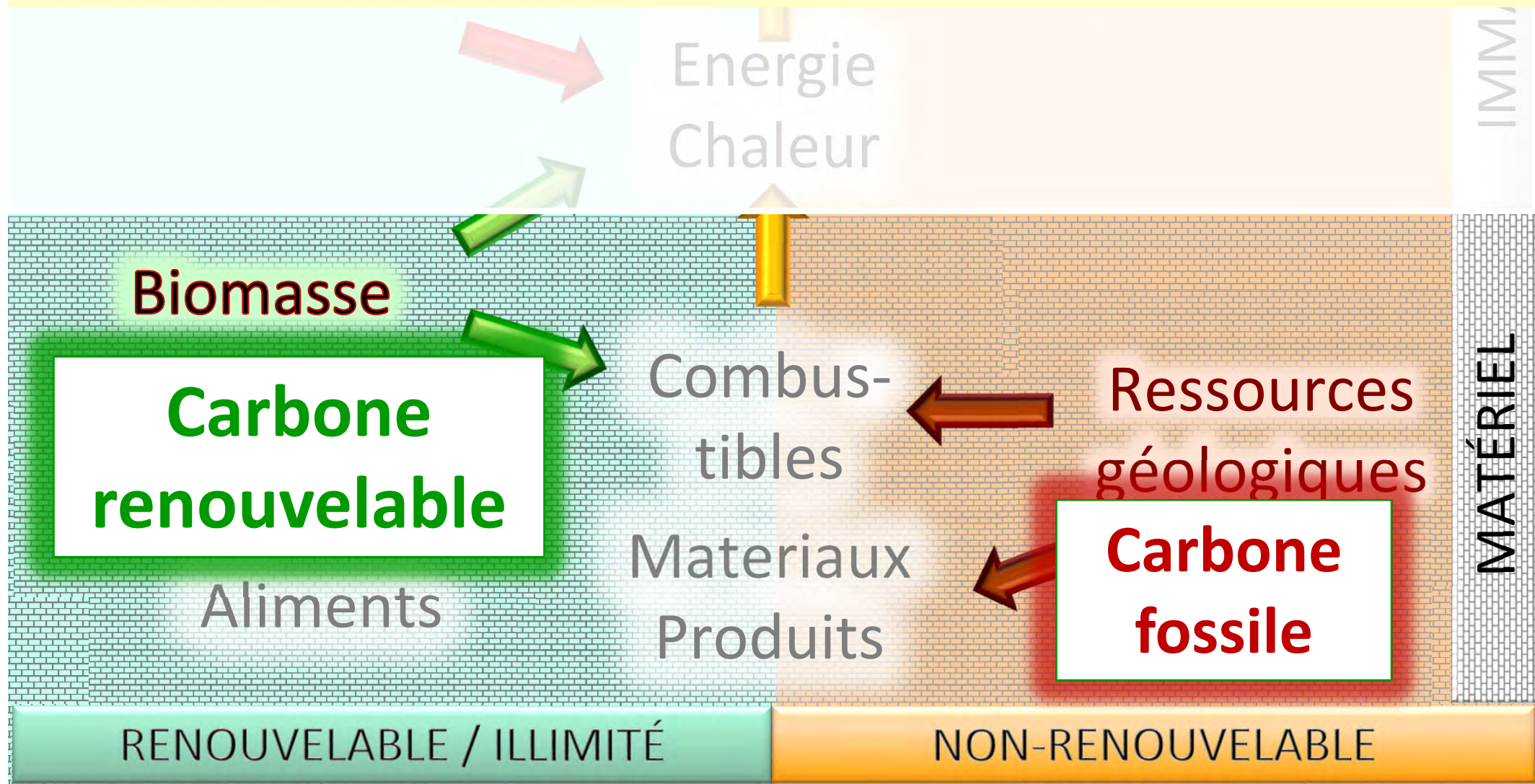
RENOUVELABLE / ILLIMITÉ

NON-RENOUVELABLE

Optimisation de l'usage des ressources



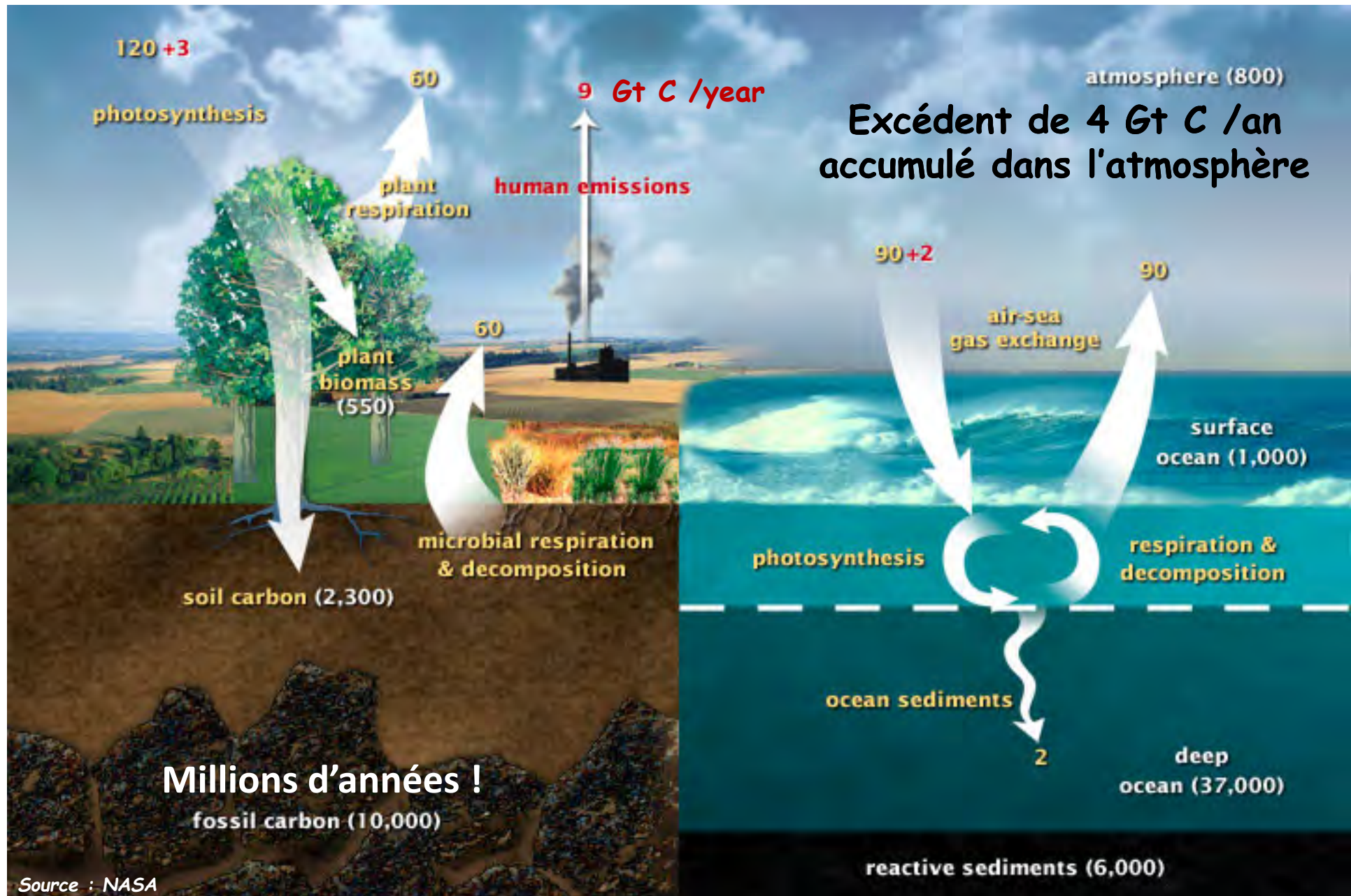
Substitution du carbone fossile par du carbone renouvelable ?



Quelles limites pour la substitution du carbone fossile par du carbone renouvelable ?



Energie, carbone renouvelable et biomasse



Nécessité de trouver des sources de carbone alternatives aux sources fossiles pour éviter l'accumulation de CO₂ dans l'atmosphère

Un problème de quantité



Fossile

Stock total
(exploitable)

1000 Gt C

Stock renouvelable
(fossilisation du C)

~0 /an

Prélèvement annuel
(extraction)

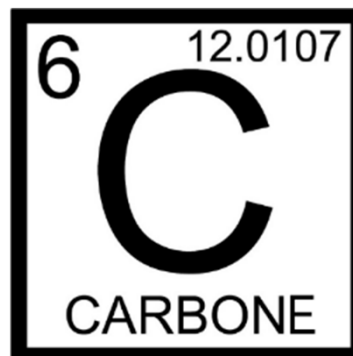
9 Gt C /an

Utilisations énergétiques
(énergie fossile)

8 Gt C /an

Alimentation humaine et animale
(eq. C)

~0



Biomasse

Stock total
(biomasse vivante)

500-700 Gt C

Stock renouvelable
(production annuelle de la terre)

100 Gt C /an

Prélèvement annuel
(agriculture et foresterie)

2.3 Gt C /an

Utilisations énergétiques
(principale bois de chauffe)

1 Gt C /an

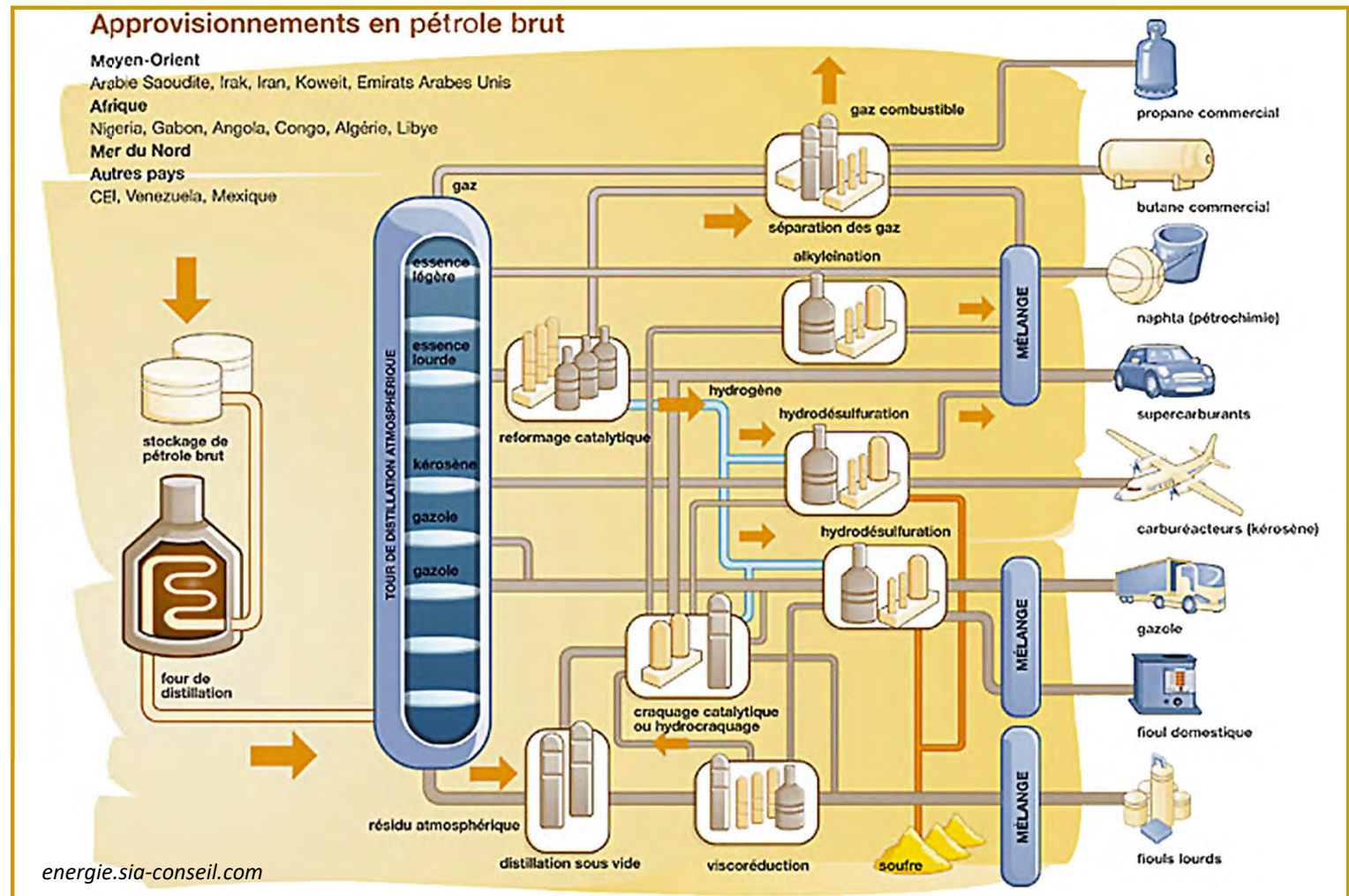
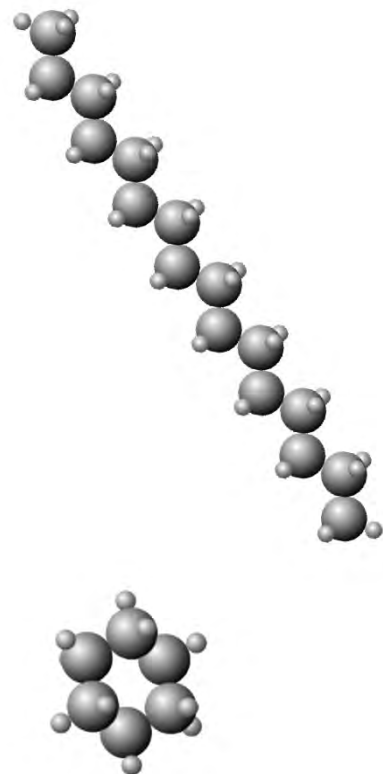
Alimentation humaine et animale
(eq. C)

1.2 Gt C /an
(0.8 alimentation)



Une question de qualité

- La chimie traditionnelle est basée sur le pétrole
 - ➔ nécessité d'adapter les procédés à de nouvelles matières premières



- Grande diversité des molécules biologiques, fonctions chimiques très variées
 - ➔ Nouvelles opportunités (procédés, produits) ; réactivité à maîtriser

La grande biodiversité moléculaire du vivant

Usages actuels basés sur **quelques produits agricoles** issus des **filières alimentaires** :

canne à sucre, maïs, palmier à huile, colza...

→ nombre réduit d'espèces moléculaires
(amidon, saccharose, triglycérides...)

La biomasse présente un **potentiel important** comme sources de molécules avec des **fonctions originales**

→ explorer la **biodiversité moléculaire des plantes**

sucres

peptides

polyphénols

lipides

alcaloïdes

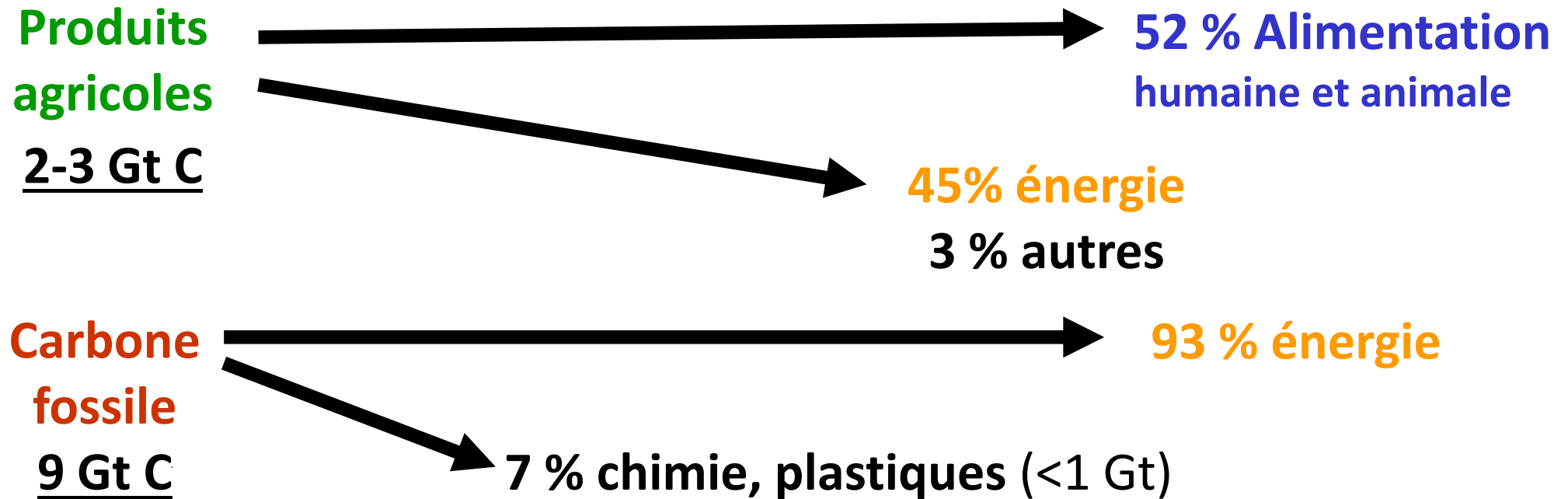
isoprénoïdes

etc...



Principaux défis

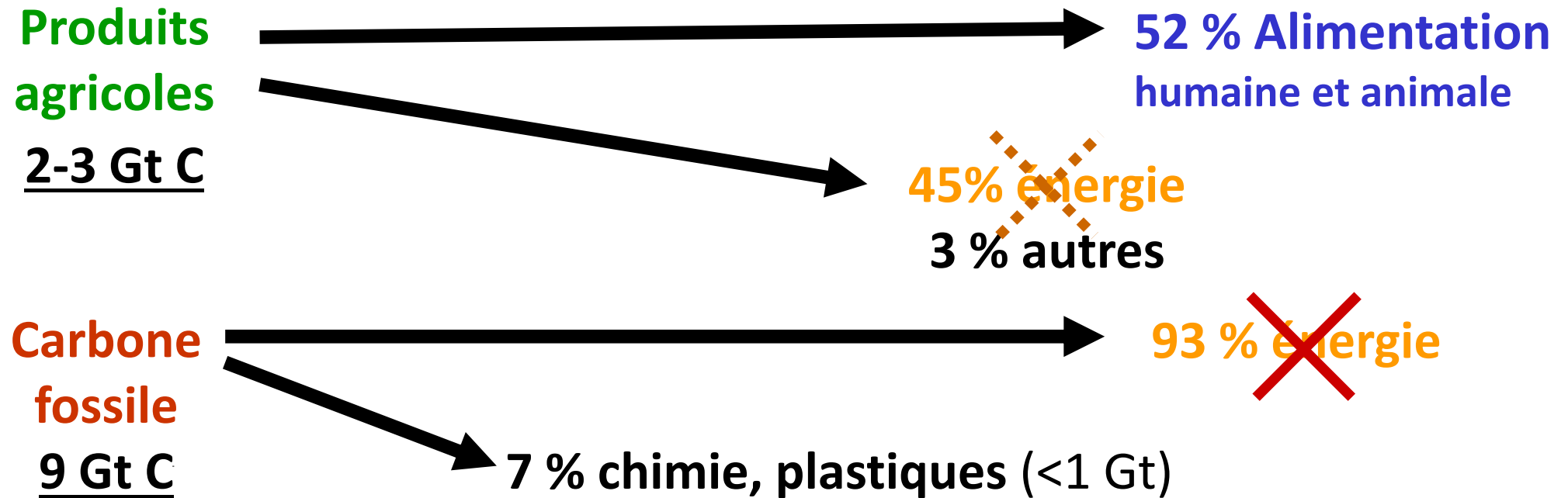
Défis pour l'agriculture



Le remplacement du carbone fossile ne doit pas se faire au détriment de la production alimentaire

- **augmenter** la production et les rendements
 - exploiter de **nouvelles surfaces**
 - optimiser les usages, **reduire la consommation**
 - développer des **procédés intensifiés** à grande et petite échelle
- en préservant l'environnement**

Défis pour l'agriculture



Réserver au maximum l'usage des molécules pour l'obtention d'aliments, de biomolécules et de biomatériaux

Défis pour l'agriculture

Nouvelles cultures, nouvelles surfaces agricoles ?

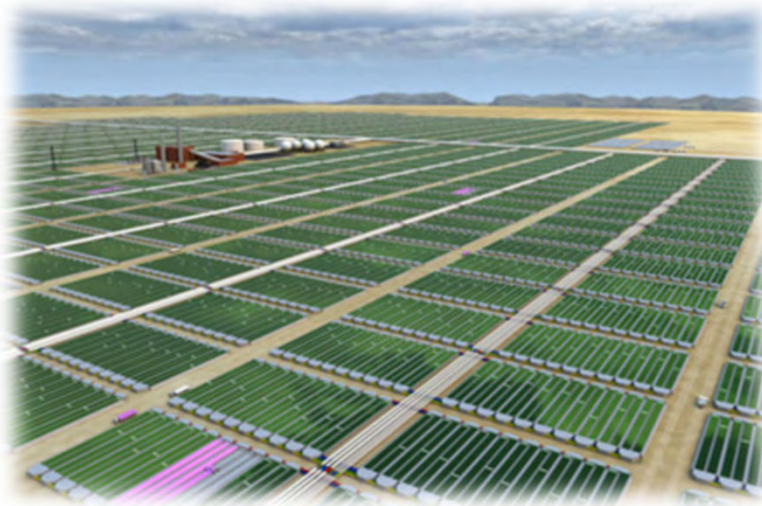
Super crop for future food security in marginal environments



Quinoa ?



Miscanthus ?



Microalgues ?

Défis pour l'agro-industrie

Développer des procédés **éco-efficients**
pour la **conversion** de la biomasse



- ➔ **Microorganismes et enzymes** améliorés
- ➔ **Procédés** innovants, améliorés, **intensifiés**
 - nouvelles réactions/produits
 - sélectivité, rendement, concentration, productivité
- ➔ Intégration **biotech, chimie, physique, génie des procédés, sciences des aliments**
et **agronomie, économie, droit, sciences sociales...**

Défis pour les filières agro-alimentaires

17% des aliments produits pour la consommation humaine
sont **jetés** (FAO, 2021) (USA: 30%)

>930 Mt d'aliments vendus en 2019 ont fini à la poubelle



Comment

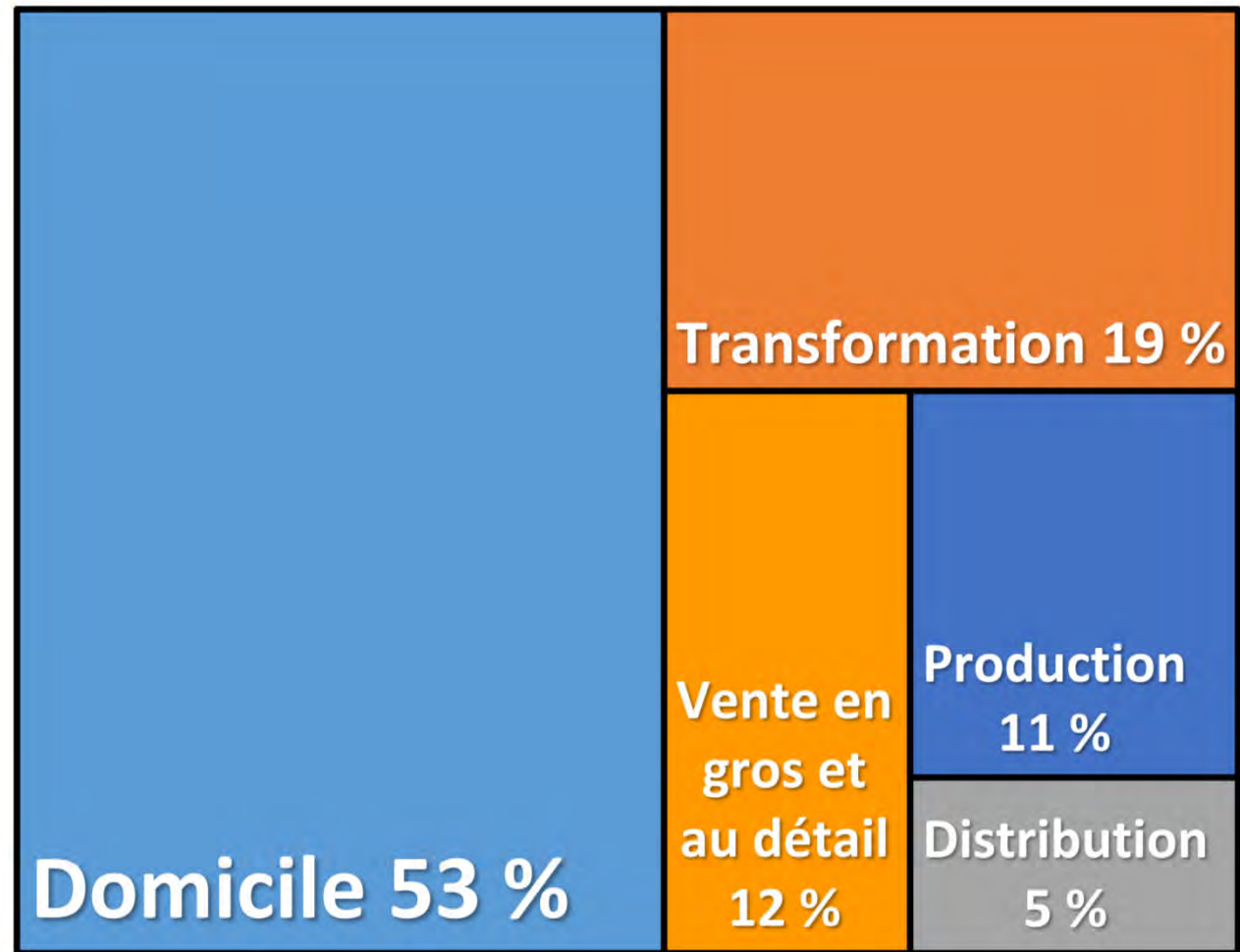
#1: l'éviter ?

#2: recycler et valoriser

1.6 Gt (FAO) **de**
déchets alimentaires ?

Défis pour les filières agro-alimentaires

~ 70% des pertes et gaspillages au niveau des transformateurs et des consommateurs



Reducing food waste through social innovation

FUSIONS EU project is supported by the European Community's Seventh Framework Programme under Grant Agreement no. 311972.

<http://eu-fusions.org/>



Recommandations et lignes directrices pour un cadre politique européen commun en matière de déchets alimentaires

Waste
Food waste

How did Denmark become a leader in the food waste revolution?

From community food banks to food waste kitchens and even a supermarket, the Danes have embraced the concept

Helen Russell in Jutland

Wednesday 13 July 2016 07:00 BST



Comments

61



The Bo Welfare food waste pop-up shop in Horsens, where customers can fill a bag with vegetables for only £2. Photograph: Bo Welfare

Most popular



Daniel Agger: 'Maybe my story will make other athletes take fewer pills'



Tour de France: Ilmur Zakarin wins stage 17 and Froome extends lead - as it happened



Turkey blocks access to WikiLeaks after Erdoğan party emails go online



Milo Yiannopoulos, rightwing writer, permanently banned

#1: éviter

REVIEW

Open Access

Valorisation of food waste in biotechnological processes

Daniel Pleissner and Carol Sze Ki Lin*

#2: recycler et valoriser

Abstract

Around 1.3 billion tonnes of food are wasted worldwide per year, which is originally produced under extensive use of energy and nutrients. Use of food waste as feedstock in biotechnological processes provides an innovative way to recover parts of the energy and nutrients initially spent on food production. By chemical and biological methods, food waste is hydrolysed to glucose, free amino nitrogen and phosphate, which are utilisable as nutrients by many microorganisms whose metabolic versatility enables the production of a wide range of products. Microalgae are particularly of interest as chemicals, materials and energy are obtainable from microalgal biomass after chemical and/or biological modifications. In this review, valorisation of food waste in biotechnological processes is presented as an additional option to green chemical technologies.

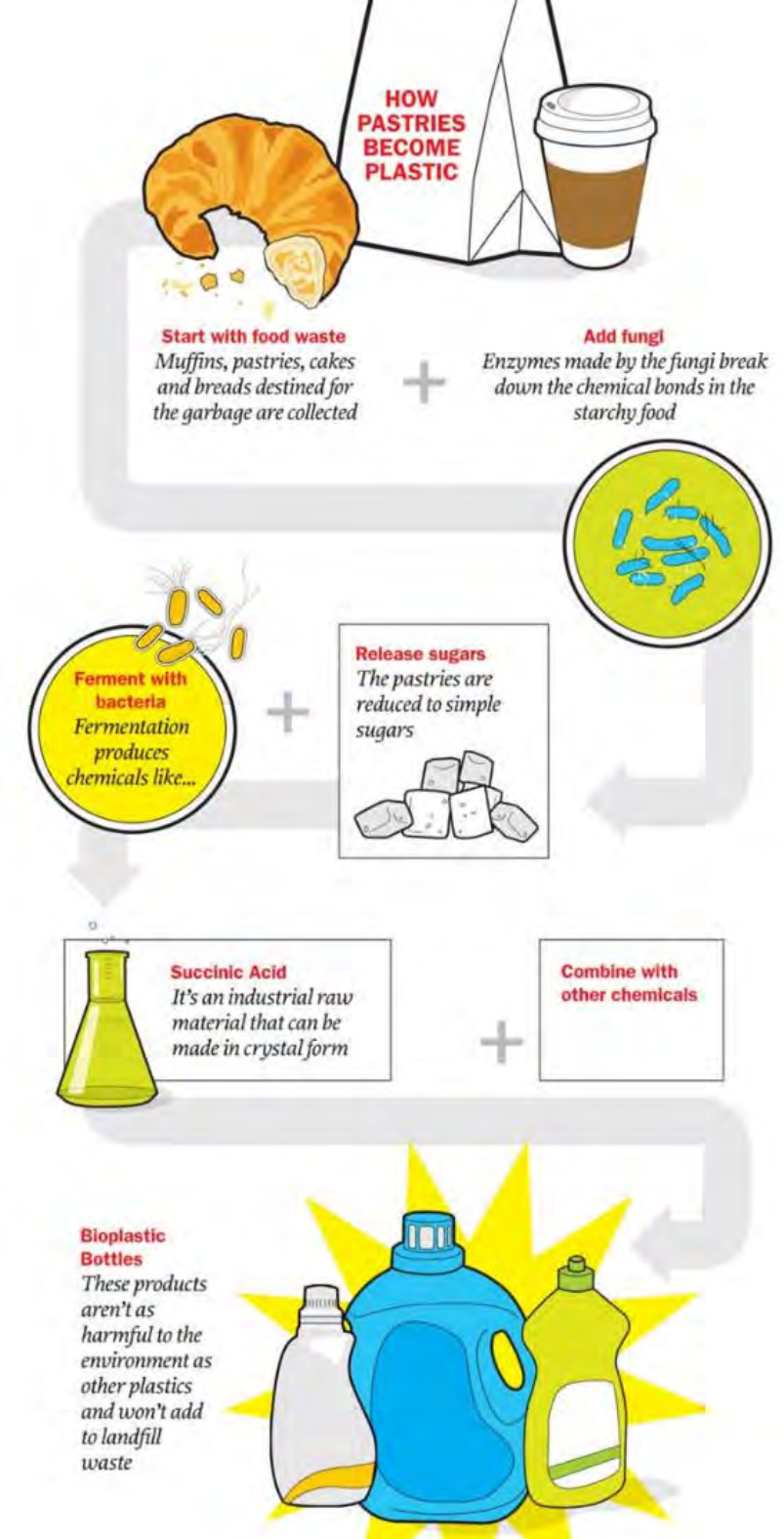
Keywords: Food waste, Nutrient source, Biorefinery, Biomass, Microalgae

Introduction

One third of the food produced globally for human consumption is wasted yearly [1,2]. Japan, China and

Elimination of food waste by dumping into landfill sites is inappropriate, as the production of food is energy and nutrient demanding [3,4]. Many studies have been

Starbucks' Food Waste Fuels Experimental Biorefinery



■ 城大學者
首創廚餘
分解「丁二
酸」(新噴
示)，可製
造不同種類
的環保塑膠
產品。
黃耀興攝

城大首創廚餘變「好膠」
環保物料可製餐具運動衫

Défis pour les filières agro-alimentaires



Pascal Xicluna / agriculture.gouv.fr

22 juillet 2020 Info +

Réduction des emballages plastiques des fruits et légumes : le Conseil national de l'alimentation présente ses recommandations

EGalim

gaspillage alimentaire

Transition agroécologique

fruits et légumes

En 2019, les **déchets d'emballages** générés dans l'UE étaient estimés à 178.1 kg/hab (de 74.0 kg/hab en Croatie à 228.0 kg/hab en Irlande)

Packaging waste statistics, Data extracted on 25 March 2022

Défis pour les filières agro-alimentaires

... et la chimie ?

Chemistry's fight against food waste

A third of all food goes to waste in the US; several companies are trying to stop it

by **Matt Blois**

October 2, 2022

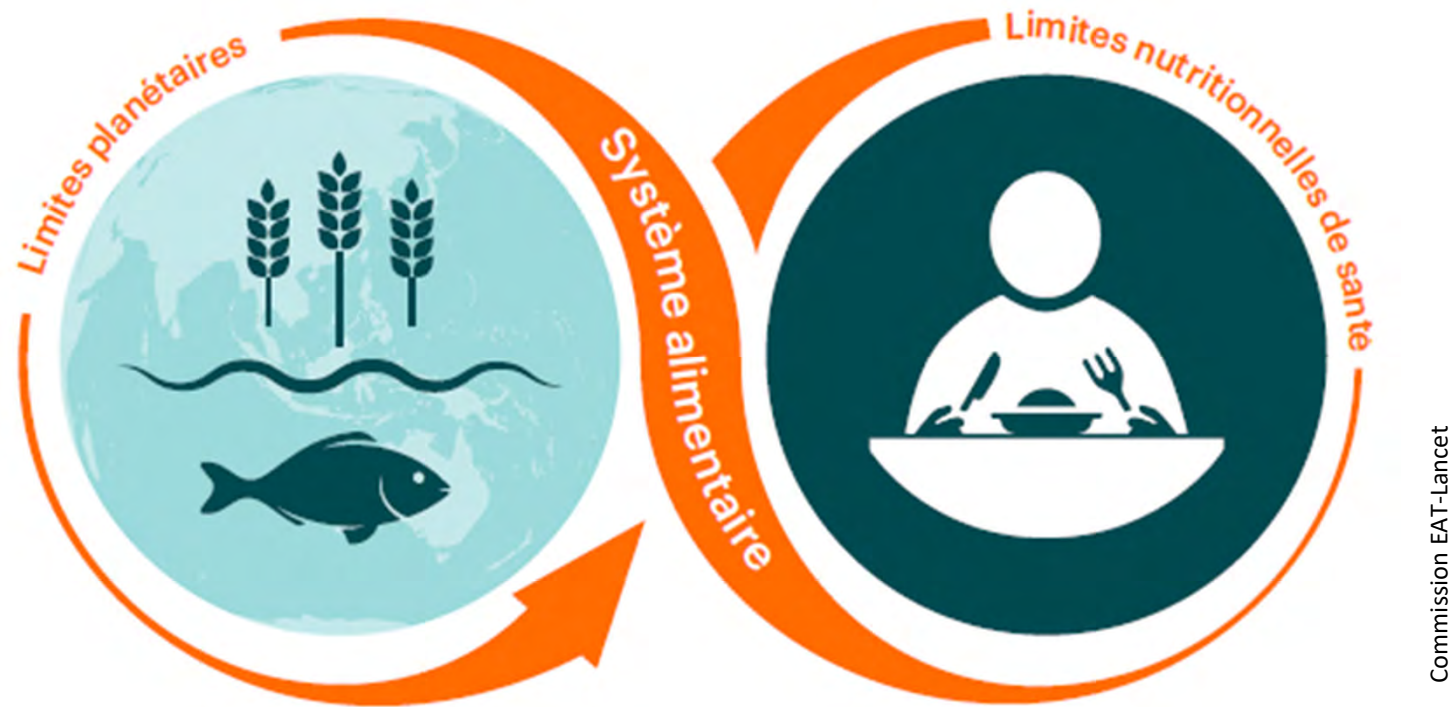


Quote of the Week

“The food system of the future needs to be more distributed and local.”

— *Elise Golan, director for sustainable development, US Department of Agriculture*

Défis pour les filières agro-alimentaires

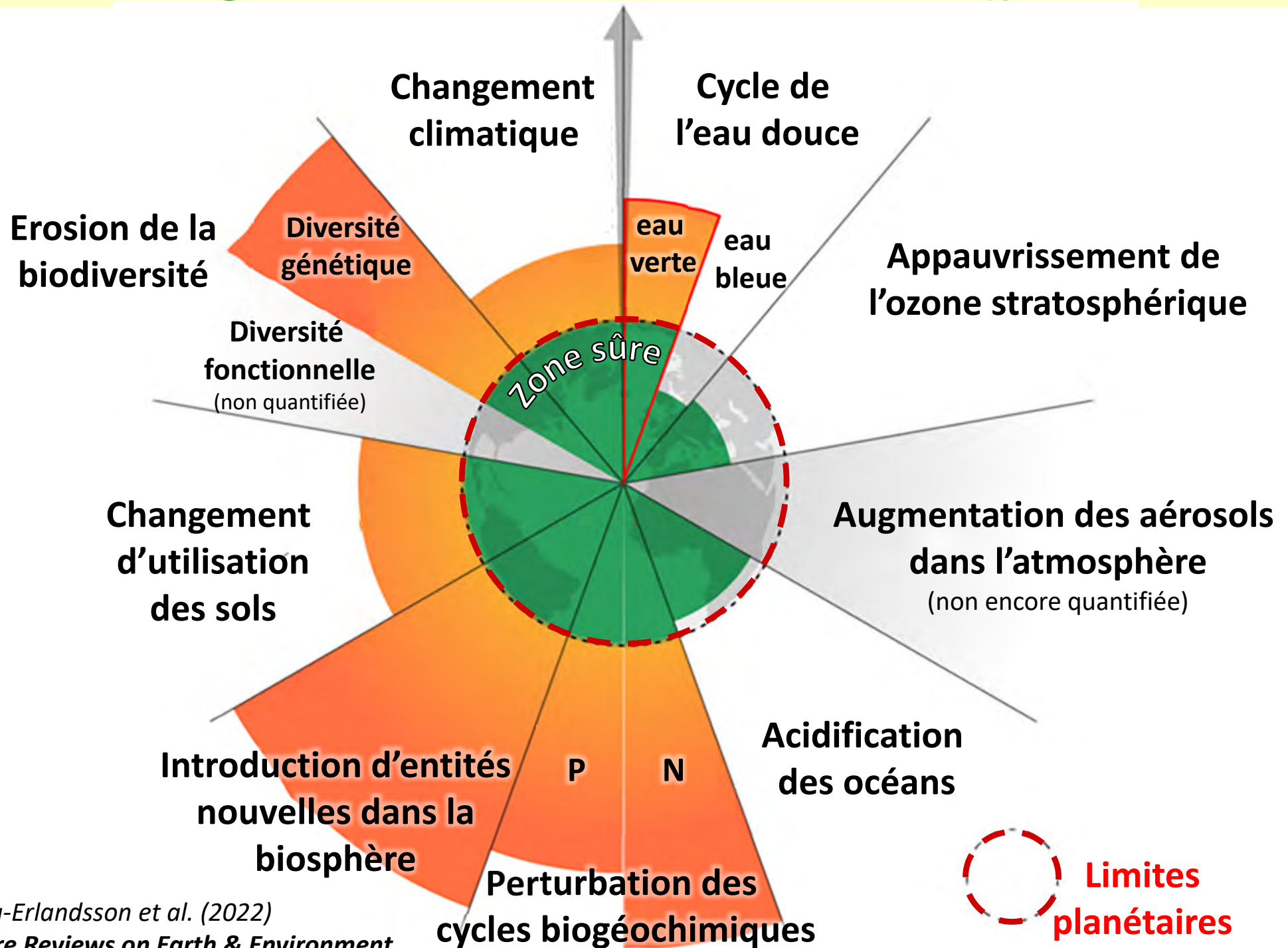


« les aliments constituent un **lien inextricable** entre la **santé humaine** et la **durabilité de l'environnement** »

Le système alimentaire mondial doit fonctionner dans les **limites de la santé humaine et de la production alimentaire** pour garantir [...] des régimes alimentaires **sains** reposant sur des systèmes alimentaires **durables**

Willet et al. (2019) Food in The Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on Healthy Diets From Sustainable Food Systems. **Lancet** 393:447-492 - <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>

Filières agro-alimentaires et limites planétaires



Filières agro-alimentaires et limites planétaires

« **La production alimentaire** est la **principale cause des impacts environnementaux** tels que la **perte de biodiversité**, l'**eutrophisation** et la **surexploitation des ressources marines**.

En particulier, **l'agriculture** est à l'origine de **80 % de la déforestation mondiale** et de **70 % des prélèvements d'eau douce**.

Les **pressions humaines** ont peut-être déjà poussé le système terrestre au-delà de la **zone de fonctionnement sûr** pour l'humanité, tel que délimité par les **neuf frontières planétaires** décrivant les processus critiques du système terrestre.

Au-delà de ces frontières, le risque **d'un changement environnemental mondial brutal ou irréversible** augmente [...], menaçant ainsi la capacité de l'humanité à se développer et à prospérer. »

*Chrysafi et al. (2022) Quantifying Earth system interactions for sustainable food production via expert elicitation. **Nature Sustainability** doi:10.1038/s41893-022-00940-6*

Filières agro-alimentaires et limites planétaires

Processus du system terrestre	Paramètres	Limites (Gamme d'incertitude)
Changement climatique	 Emissions de gaz à effet de serre (CH ₄ and N ₂ O)	5 Gt CO ₂ -eq an ⁻¹ (4.7-5.4 Gt CO ₂ -eq an ⁻¹)
Changement d'usage des sols	 Terres cultivées	13 M km ² (11-15 M km ²)
Cycles d'eau	 Utilisation d'eau douce	2,500 km ³ an ⁻¹ (1000-4000 km ³ an ⁻¹)
Cycles d'azote	 Application d'azote	90 Tg N an ⁻¹ (65-90 Tg N an ⁻¹) * (90-130 Tg N an ⁻¹)**
Cycles de phosphore	 Application de phosphore	8 Tg P an ⁻¹ (6-12 Tg P an ⁻¹) * (8-16 Tg P an ⁻¹)**
Perte de biodiversité	 Taux d'extinction	10 E/MSY (1-80 E/MSY)

Limites planétaires propres à la production alimentaire mondiale
selon la commission EAT-Lancet (Willet et al. , 2019)

Filières agro-alimentaires et limites planétaires



Cible scientifique pour une « assiette santé planétaire »

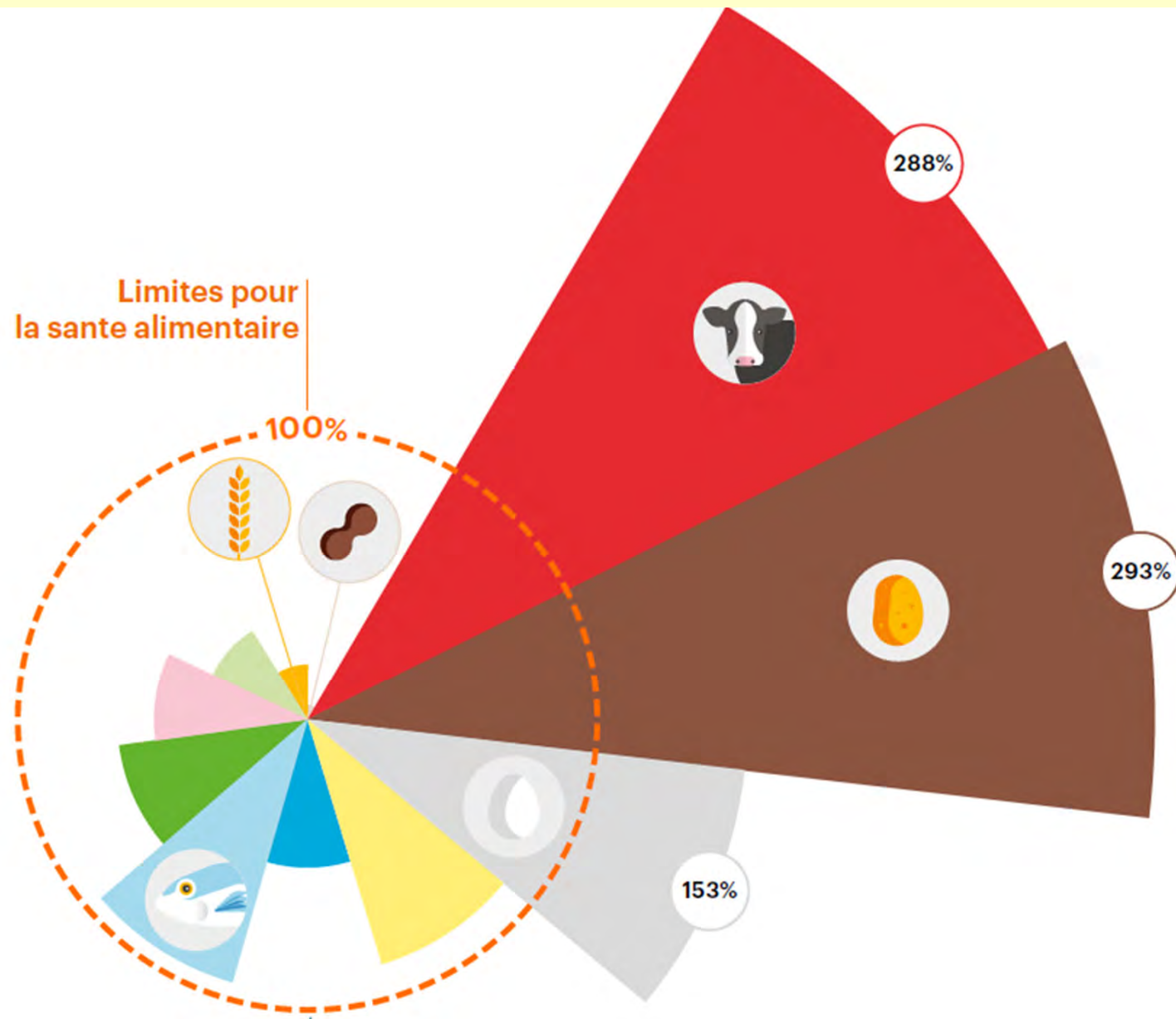
Selon :

<https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>

Régime de Référence
(g/jour)
(possible gamme)

	Grains complètes Toutes grains	232
	Tubercules/légumes féculents Pommes de terre, cassave	50 (0 à 100)
	Légumes Tous légumes	300 (200 à 600)
	Fruits Tous fruits	200 (100 à 300)
	Produit laitiers Produits laitiers	250 (0 à 500)
	Sources de protéines	
	Bœuf, agneau, porc	14 (0 à 28)
	Poulet et autres volailles	29 (0 à 58)
	Œufs	13 (0 à 25)
	Poisson	28 (0 à 100)
	Haricots secs, lentilles, pois, soy	75 (0 à 100)
	Noix	50 (0 à 75)
	Graisses ajoutées	
	Huiles insaturées Huiles saturées	40 (20 à 80) 11.8 (0 à 11.8)
	Sucres ajoutés Tous édulcorants	31 (0 à 31)

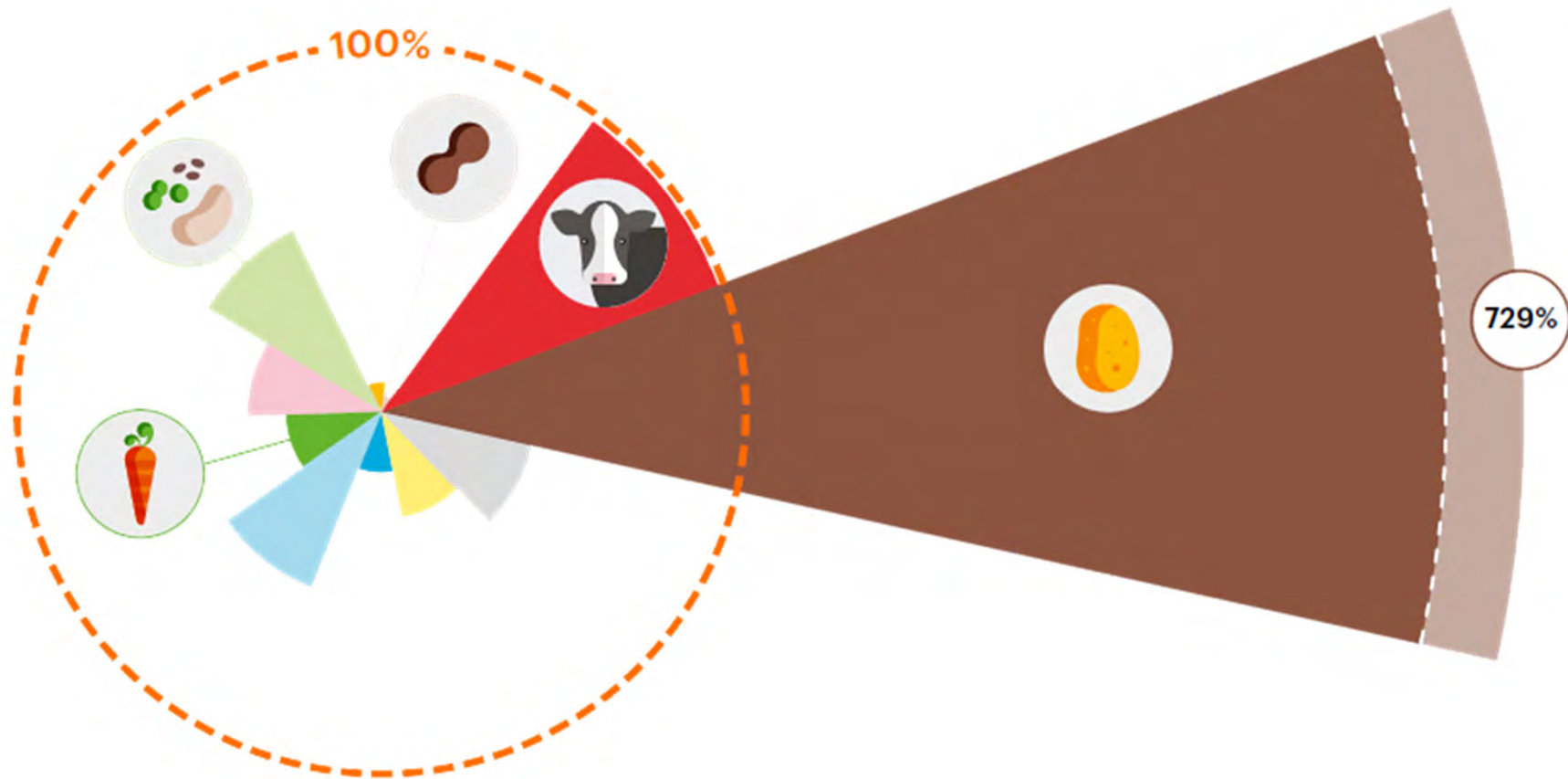
Filières agro-alimentaires et limites planétaires



« Assiette santé planétaire » : état actuel (**moyenne mondiale**)

Selon : <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>

Filières agro-alimentaires et limites planétaires

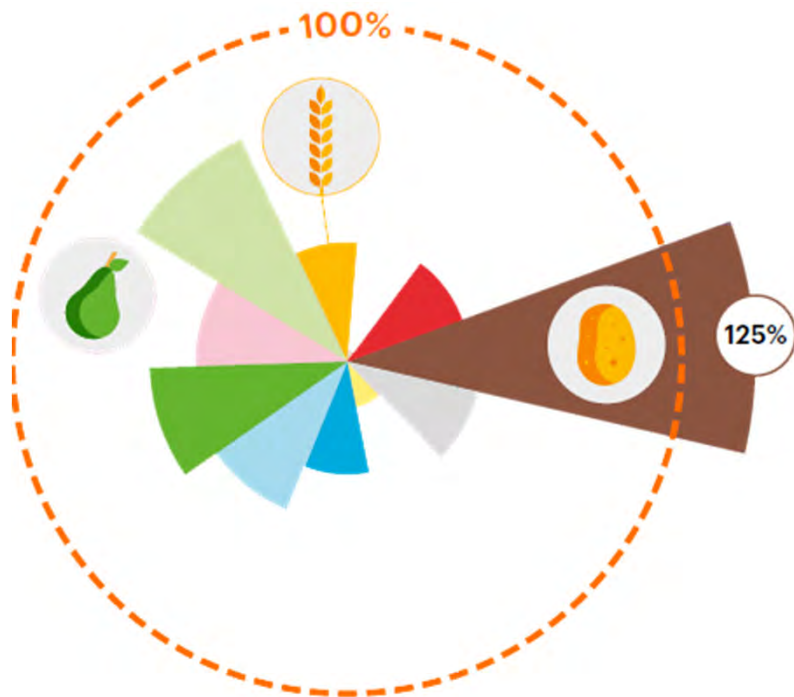


« Assiette santé planétaire » : état actuel (**Afrique sub-saharienne**)

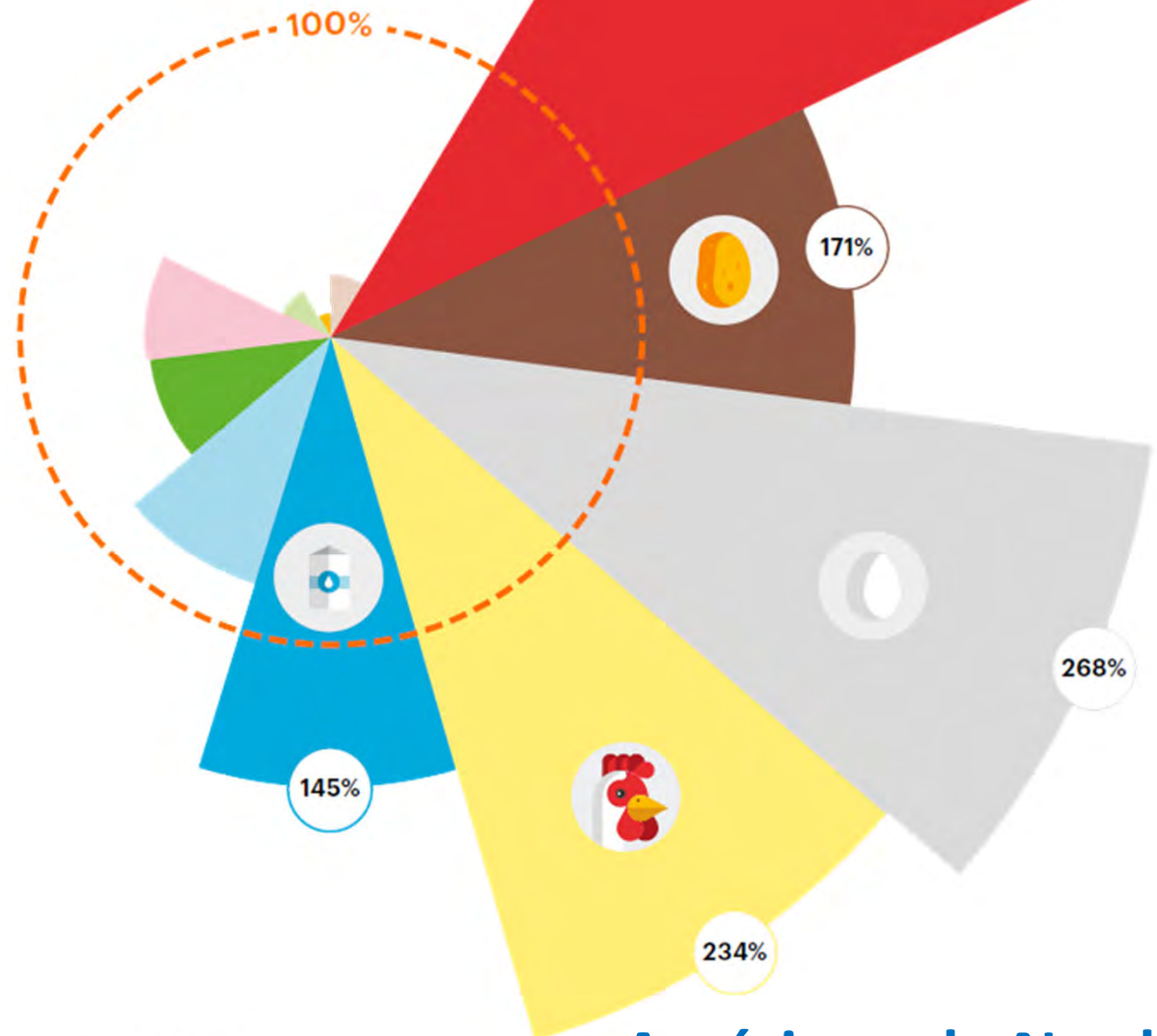
Selon : <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>

Filières agro-alimentaires et limites planétaires

« Assiette santé planétaire » : état actuel



Asie du Sud



Amérique du Nord

Selon : <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/>

Filières agro-alimentaires et limites planétaires

— Projections basées sur le scénario ASI (attendu sans intervention) des pressions environnementales en 2050.

● **Changement de Régime Alimentaire**
Régime de Santé Planétaire

● **Réduction des Déchets**
Réduction par moitié du gaspillage alimentaire et des pertes

● **PROD**
Meilleures pratiques de production
Ambition standard

● **PROD+**
Meilleures pratiques de production
Ambition élevée

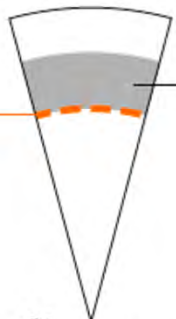
● **COMB**
Combinaison d'actions
Ambition standard

● **COMB+**
Combinaison d'actions
Ambition élevée

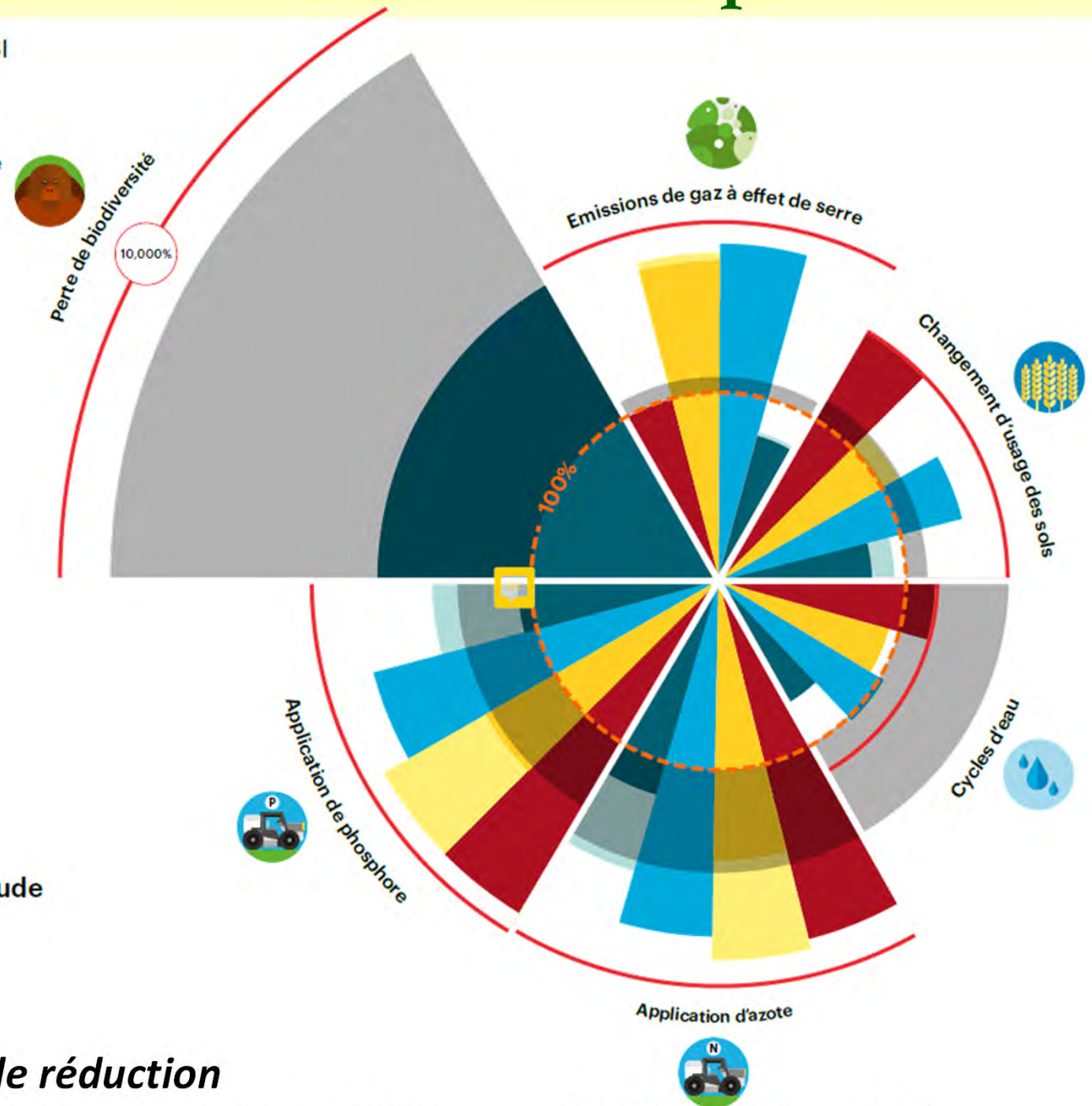


Perte de biodiversité
10,000%

Limite Planétaire



Plage d'incertitude



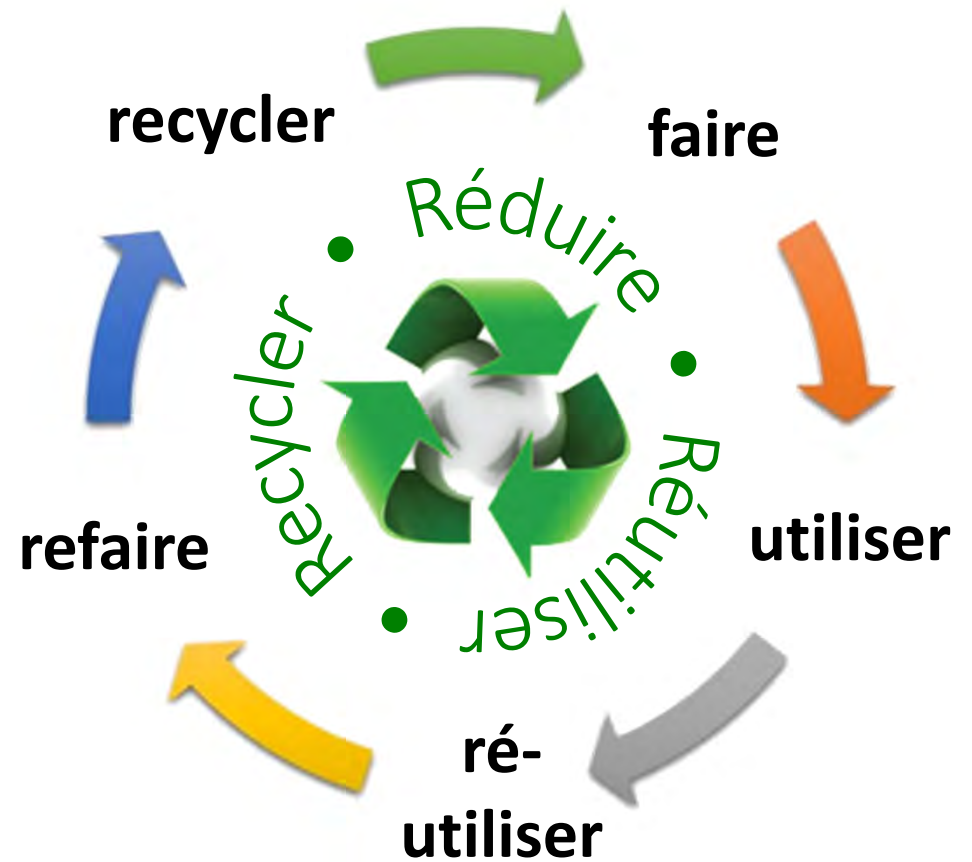
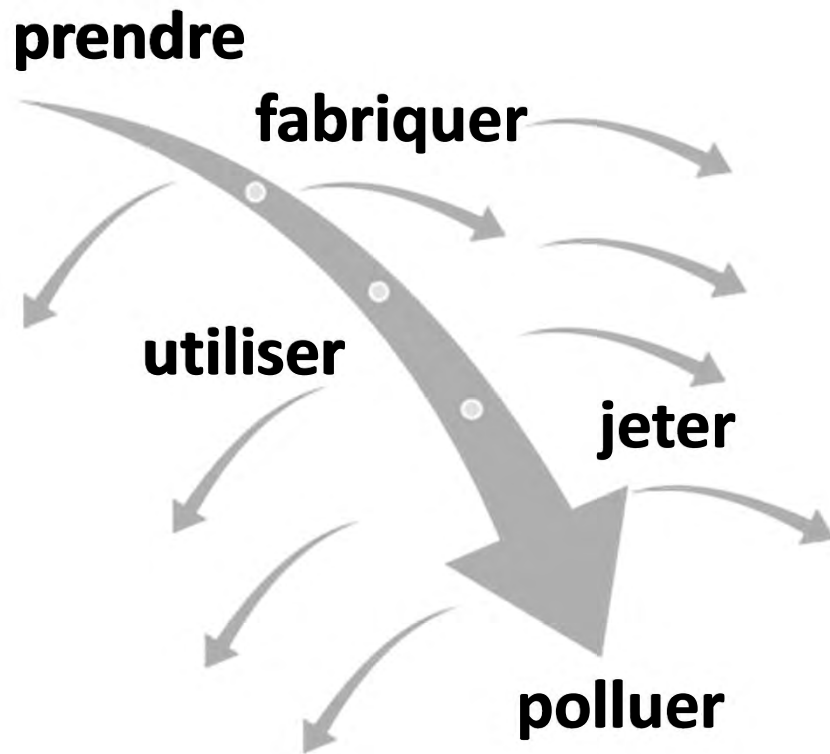
Impact de divers scénarios de réduction

des impacts environnementaux - commission EAT-Lancet, (Willet et al. , 2019)

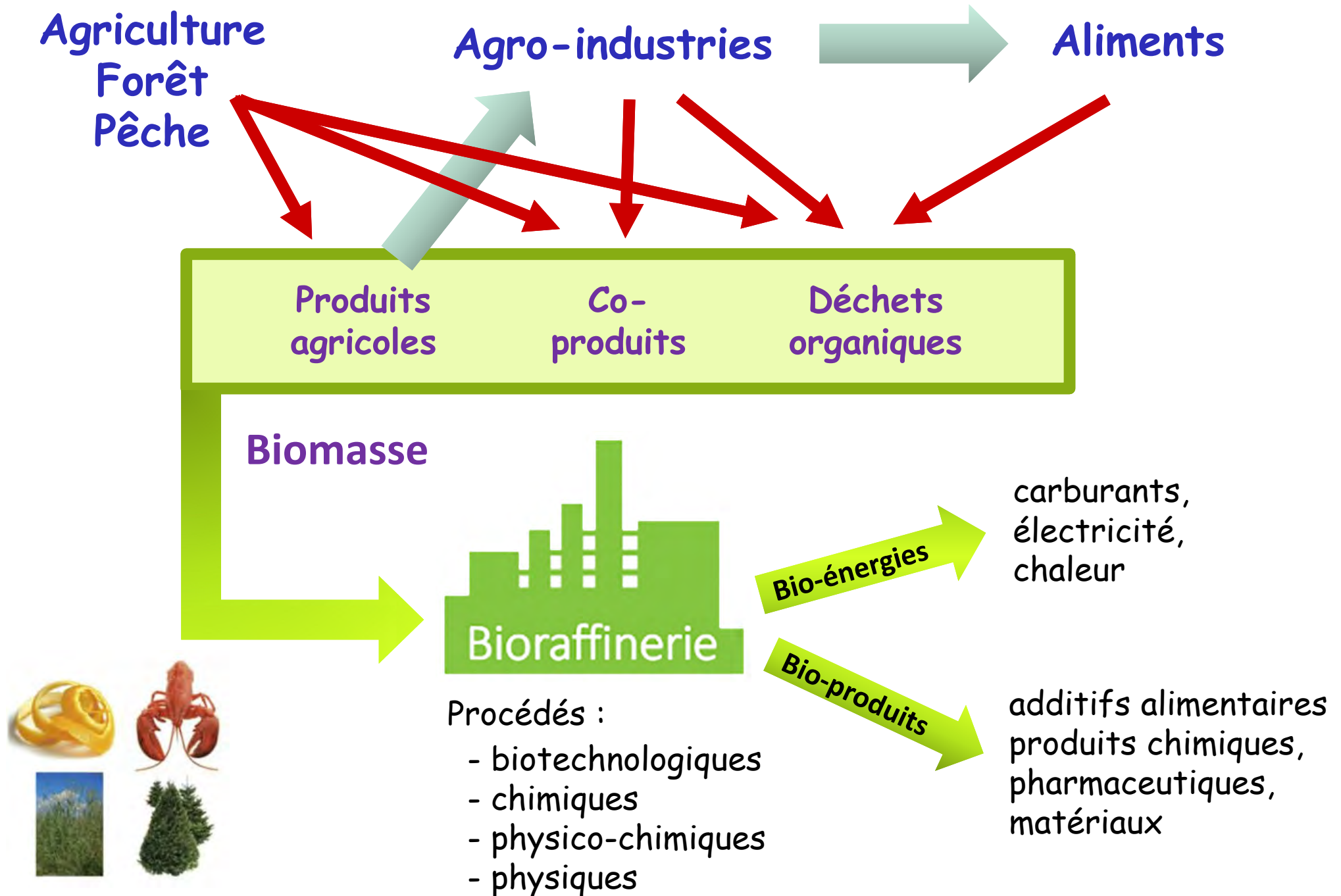
Vers une économie circulaire sans consommation nette des ressources

Transition depuis la Pétro-économie linéaire
vers une Bio-économie circulaire

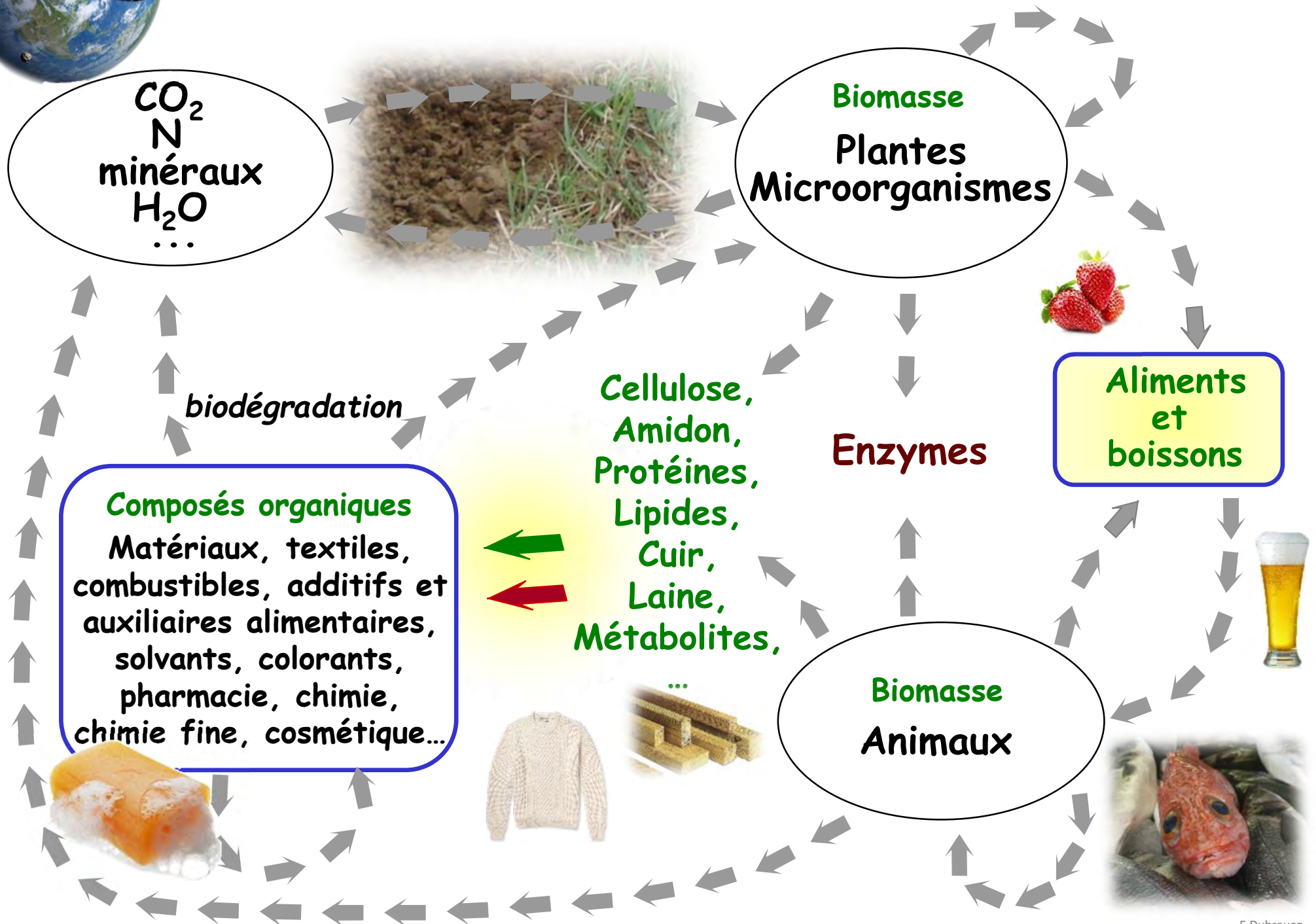
Du linéaire au circulaire



Vers le « zéro déchet » : le concept de bioraffinerie

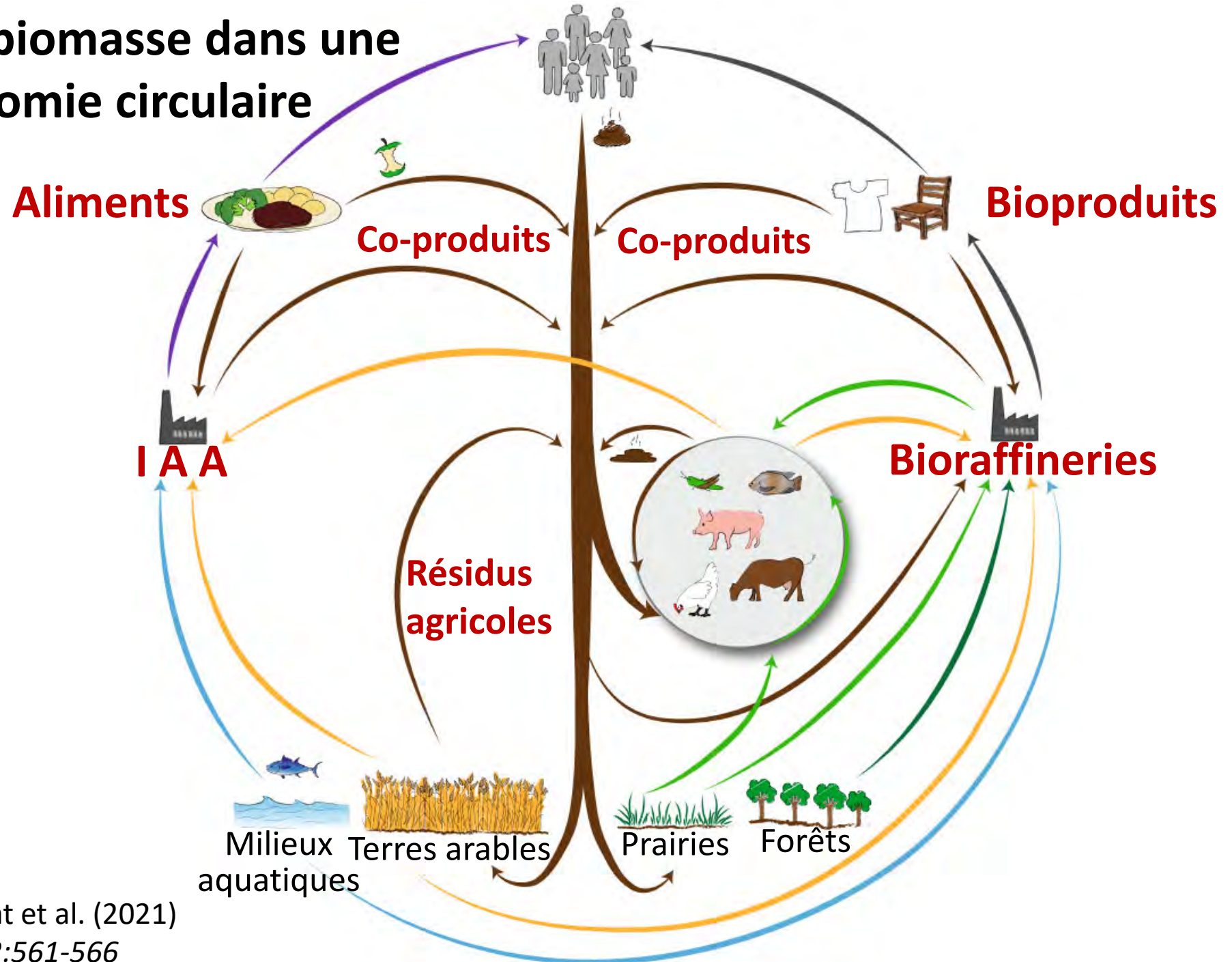


Les cycles biologiques naturels



Modèle de la bioéconomie circulaire

Flux de biomasse dans une bioéconomie circulaire



Modèle de la bioéconomie circulaire

La **transition vers un système circulaire** répond principalement au besoin de rester dans les **limites planétaires** acceptables.

Le **respect des droits** humains et des animaux, notamment le droit à une **alimentation saine et sûre**, à une **remunération juste** de la production agricole et de la pêche, sont également essentiels à une véritable bioéconomie circulaire et durable.

Une **remise en question** profonde de la façon dont nous estimons la valeur des biens et services et notre définition de la prospérité est nécessaire.



SDG : Sustainable Development Goals

4 piliers du développement durable dans le secteur alimentaire

selon le Columbia Center for Sustainable Development

<https://csd.columbia.edu/>

1. Produits bénéfiques

Produits bons pour la santé
Marketing promouvant la santé,
Production compatible avec la
sécurité alimentaire pour les
producteurs



2. Procédés durables

Questionner les impacts
environnementaux et sociaux
Prévenir, limiter,
traiter les impacts

4. Bonne citoyenneté d'entreprise

Gouvernance
Impacts sur les sociétés
Contribuer au bien-être de la société
Soutenir l'élaboration et le
déploiement de lois et politiques
favorables au développement durable

3. Chaines de valeur durables

Activités favorables au DD
en amont et en aval (travailleurs,
producteurs, communautés)
Prévenir ou atténuer les impacts
Collaborer avec acteurs publics et
privés en faveur de pratiques
respectueuses des droits et de
l'environnement



Merci pour votre attention

