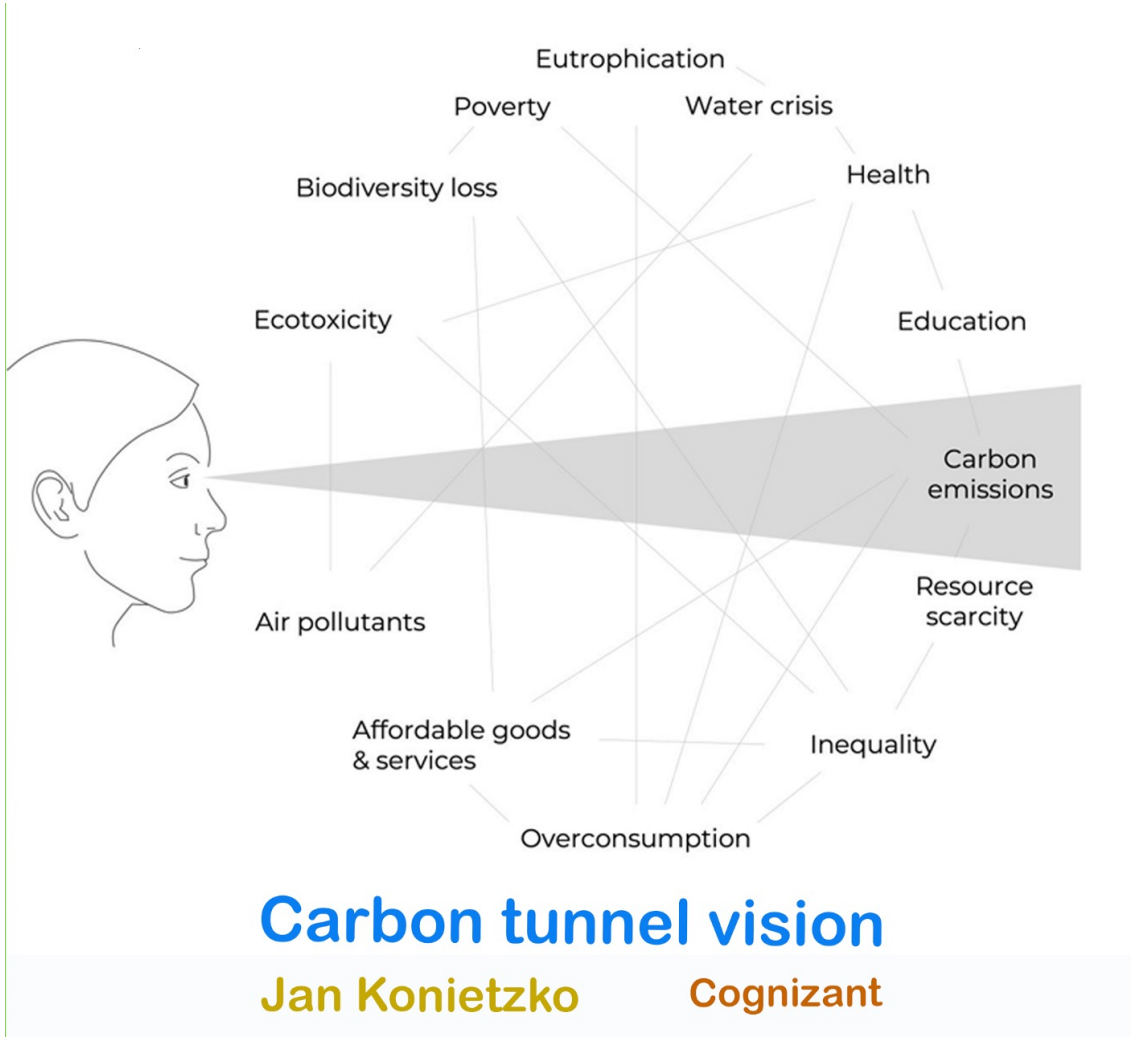
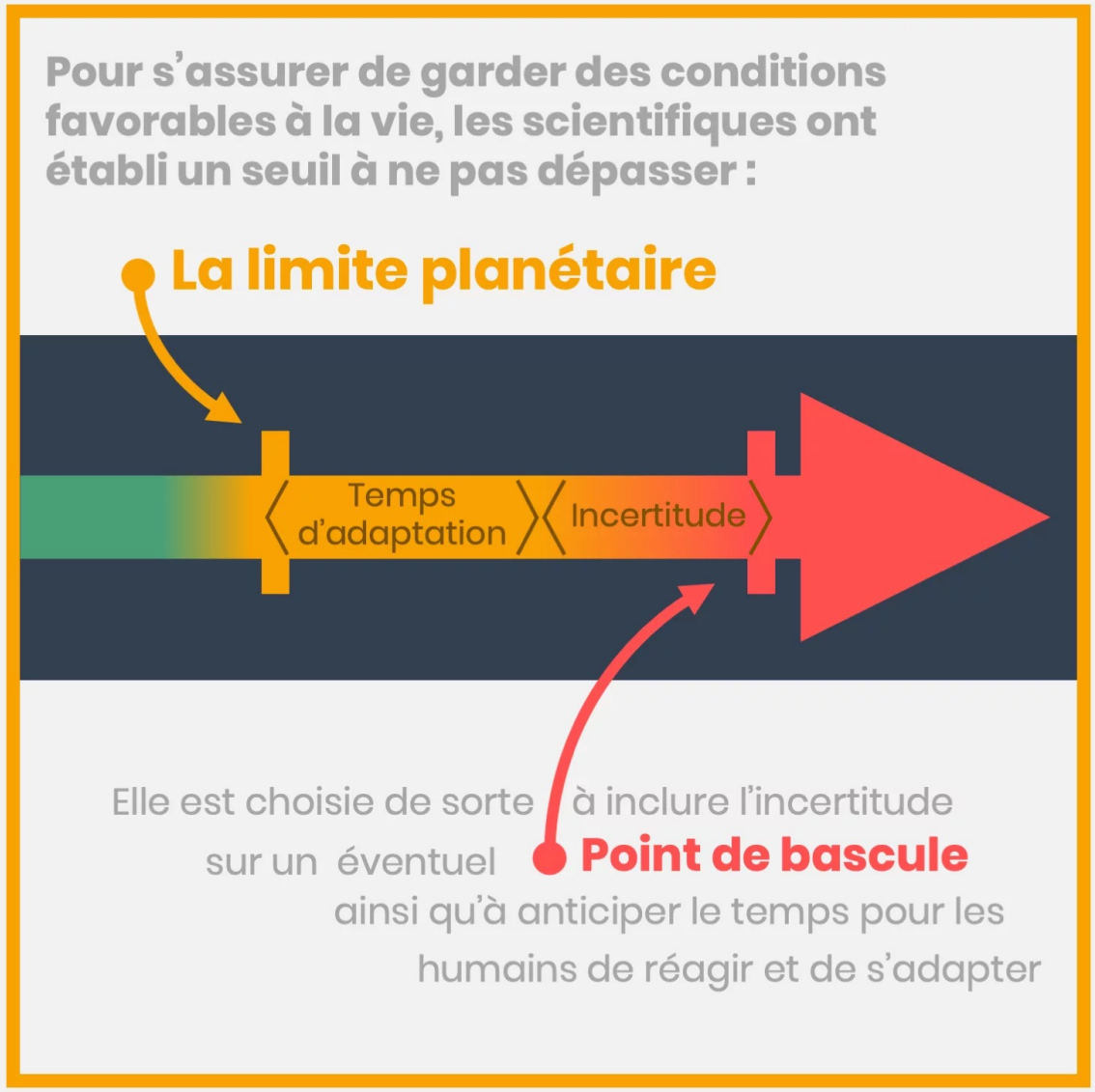
# Introduction aux limites planétaires

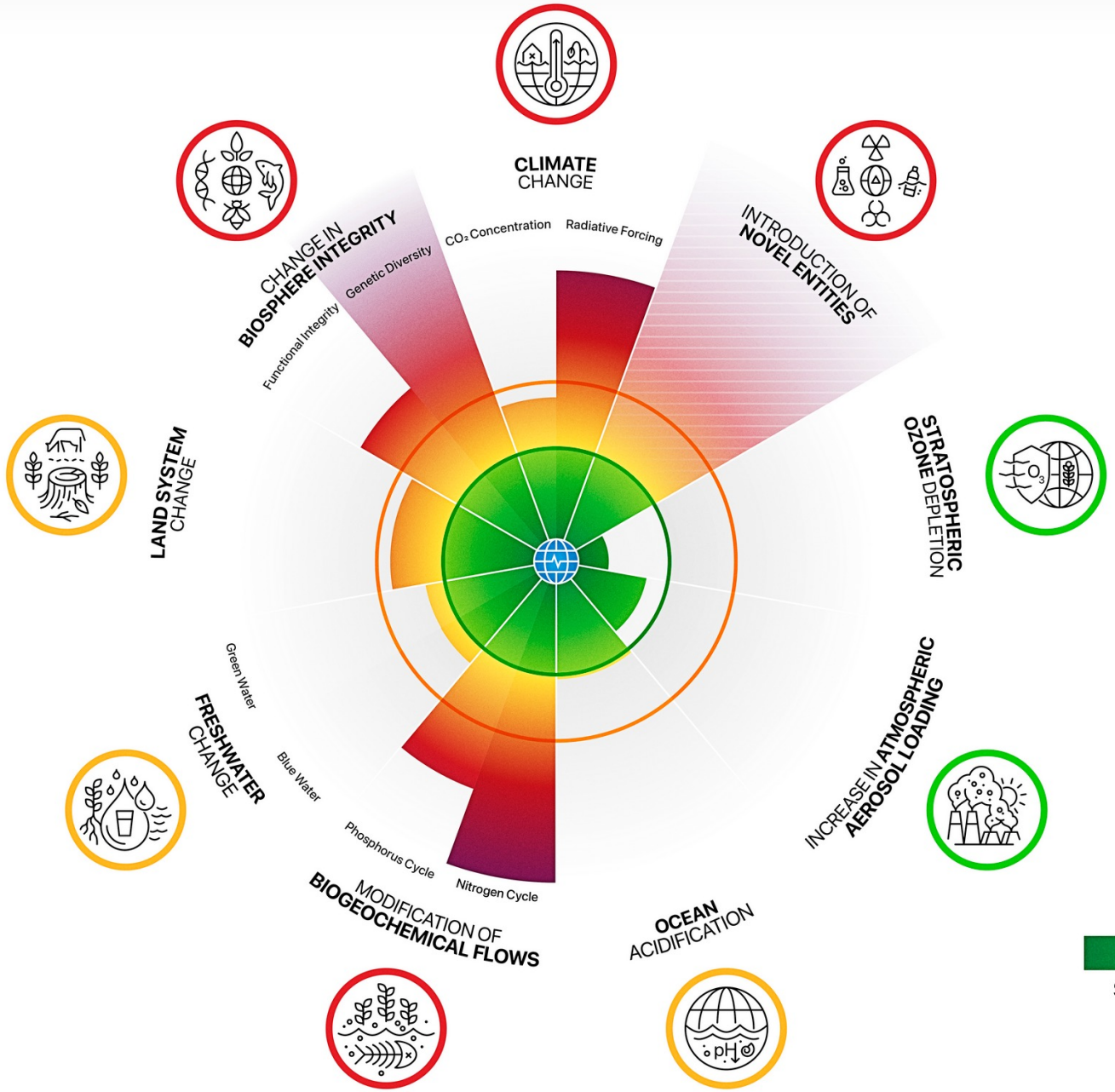


# 9 limites planétaires




Concept introduit par Rockström et al (2009) grâce une équipe interdisciplinaire

© https://www.igloo.fr




Pour 4 processus (flèches rouges),nous sommes déjà dans la zone de grand danger, avec possiblement des points de bascule déjà atteints

Pour 3 autres, nous sommes dans la zone de grande incertitude

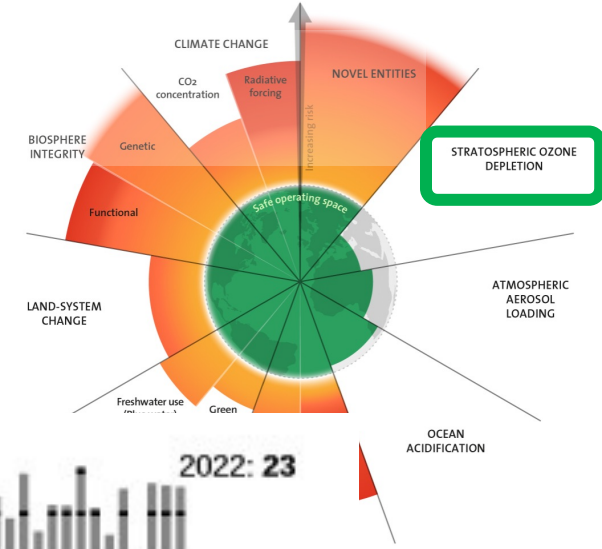
Seule 2 ne sont pas franchies.

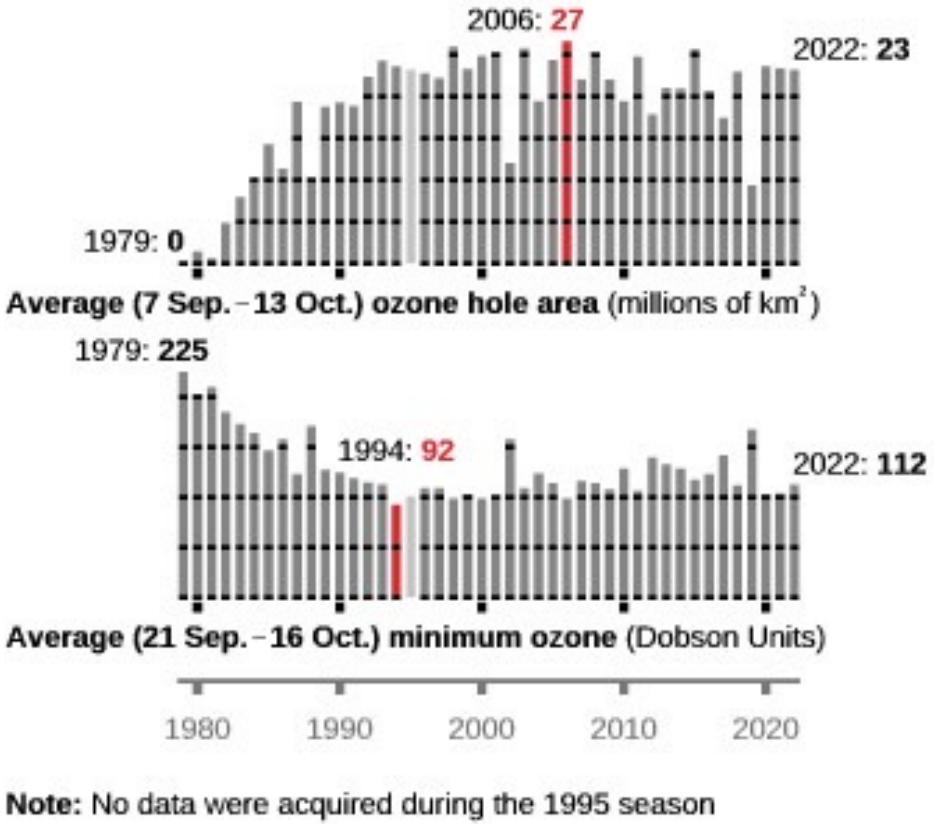



https://www.pik-potsdam.de/en/news/latest-news/seven-of-nine-planetary-boundaries-now-breached-2013-ocean-acidification-joins-the-danger-zone

# La couche d'ozone

- Ozone $O_3$ présent dans la stratosphère (entre 15 et 50 km d'altitude), absorbe le rayonnement UV
- Érosion liée au rejet de molécules chlorées (CFC)
- Variable de contrôle : Unité Dobson
- Réaction rapide de la communauté internationale : protocole de Montréal (1987)
- Ça fonctionne : limite planétaire non franchie grâce à des produits de substitution (hydrofluorocarbures – HFC)




Mesures au-dessus de l'Antarctique
Source : https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/SH.html

# Perturbation des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore

Cycle de l'**azote** perturbé par l'ajout d'azote réactif (minéral) :

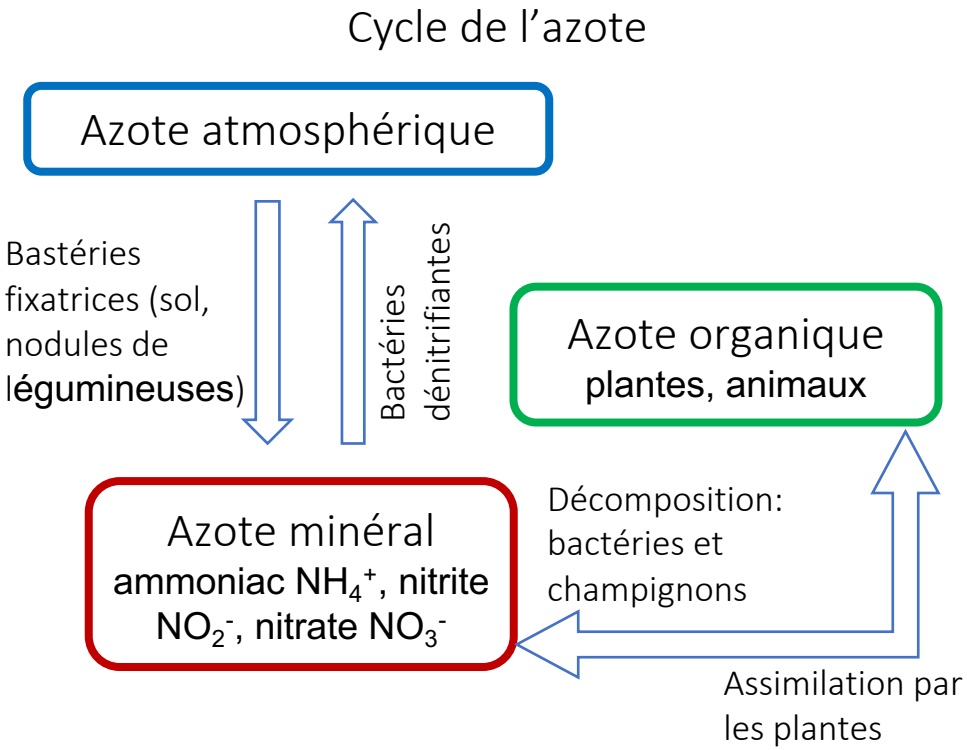
- 80% de l'azote anthropique est lié à l'agriculture (notamment engrais produit par procédé Haber-Bosch & déjections animales)
- Aussi : énergies fossiles

Source naturelle de **phosphore** : dissolution de roches volcaniques et sédimentaires

Perturbation anthropique : exploitation minière

- 90% pour la production alimentaire (notamment engrais)
- 10% détergents etc.

Les ressources minières de phosphore seront épuisées d'ici 50 à 100 ans au rythme actuel

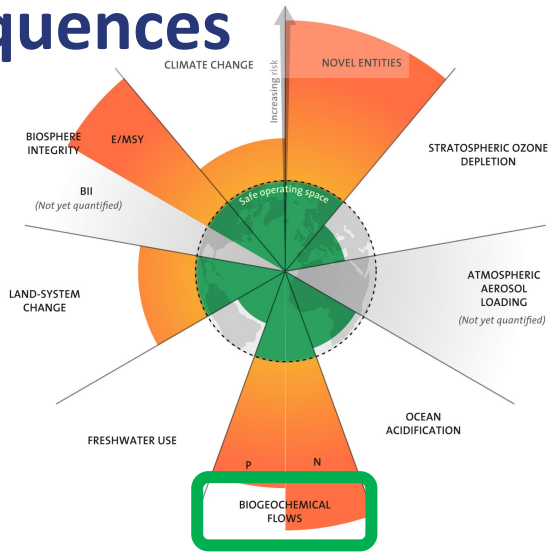


# Perturbation des cycles de l'azote et du phosphore : conséquences

Conséquences :

- Anoxie des cours d'eau et océans (algues vertes)
- Pollution des nappes phréatiques
- Émission d'oxydes d'azote



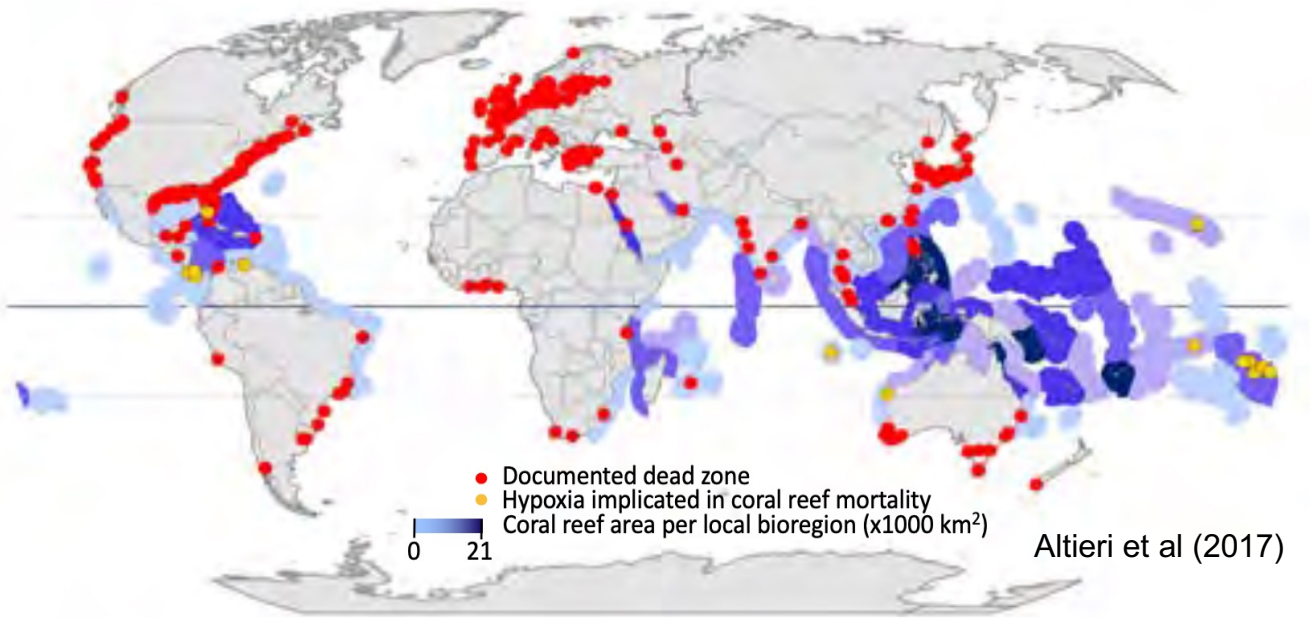



Risque global : événement anoxique océanique (baisse de l'oxygène des océans)

Variables de contrôle :

- quantité d'azote réactif créé :
  150 millions de tonnes par an (2.5 x la limite)
- Quantité de phosphore déversé :
  22 millions de tonnes par an (2 x la limite)

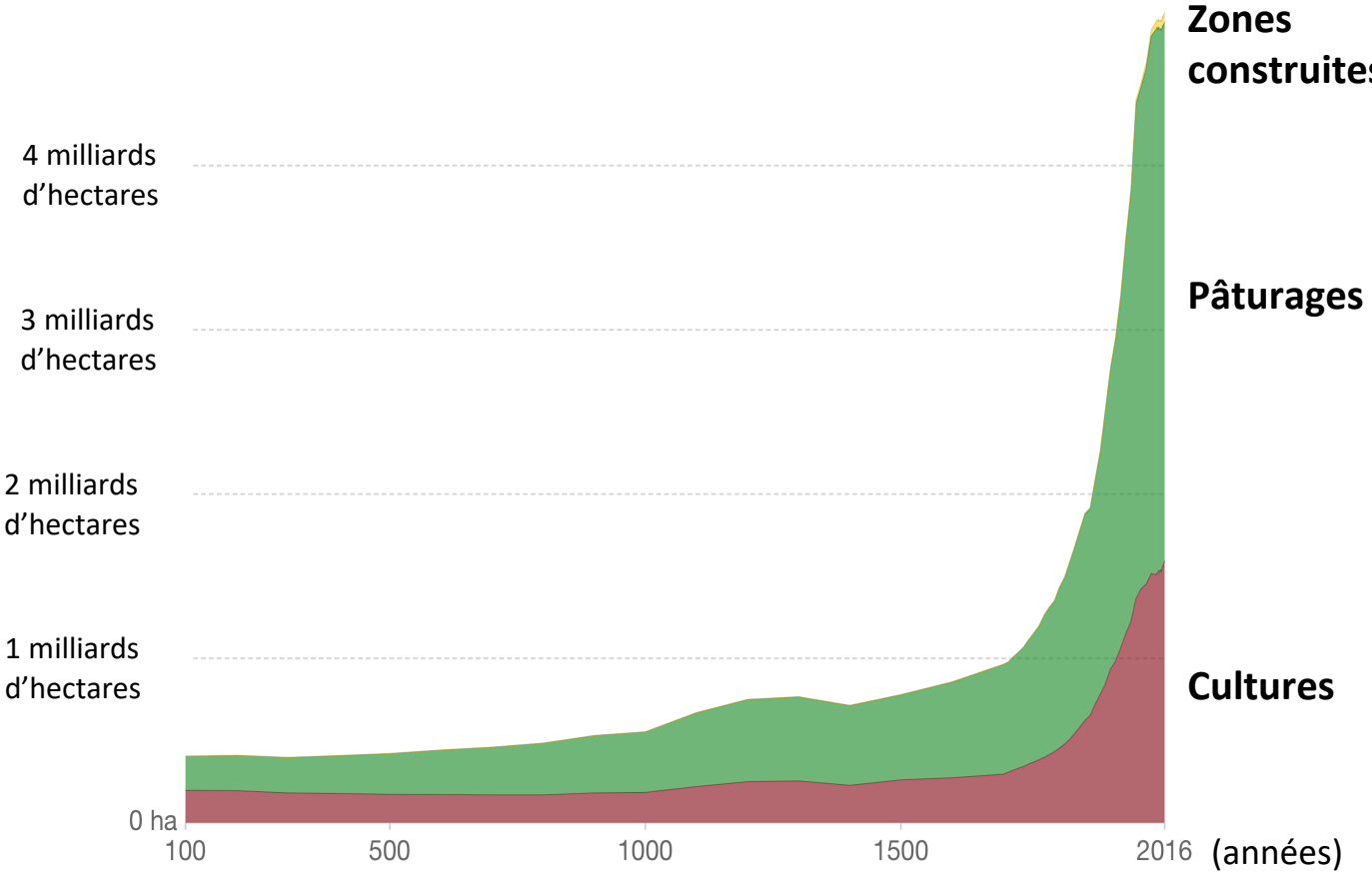
400 zones mortes représentant 250 000 km² d'océans



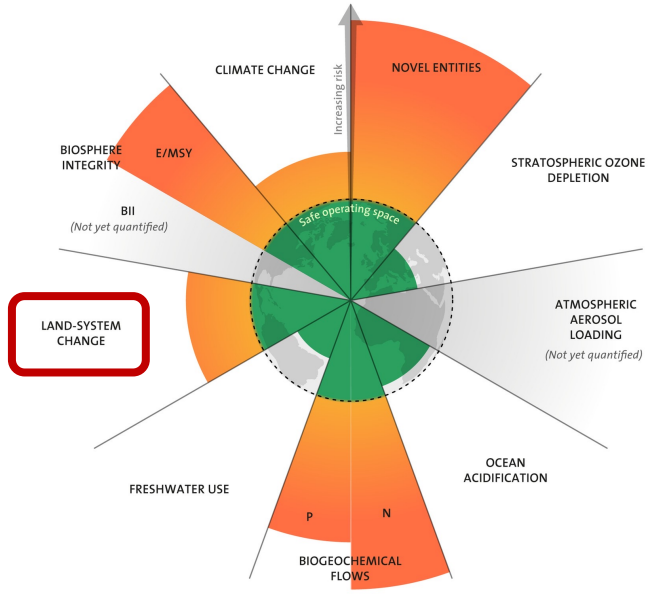

Altieri et al (2017)

# Changement d'occupation des sols

Plus d' **1/3** des terres émergées de la planète sont consacrées à la production agricole (dont 80% pour l'élevage)




Flachowsky et al. 2017, Hystory Database of the Global Environment (HYDE), Our World in Data




Des sols dégradés :




(SourceAdeme)

# Changement d'occupation des sols

Cause principale de déforestation : l'expansion agricole (85%)

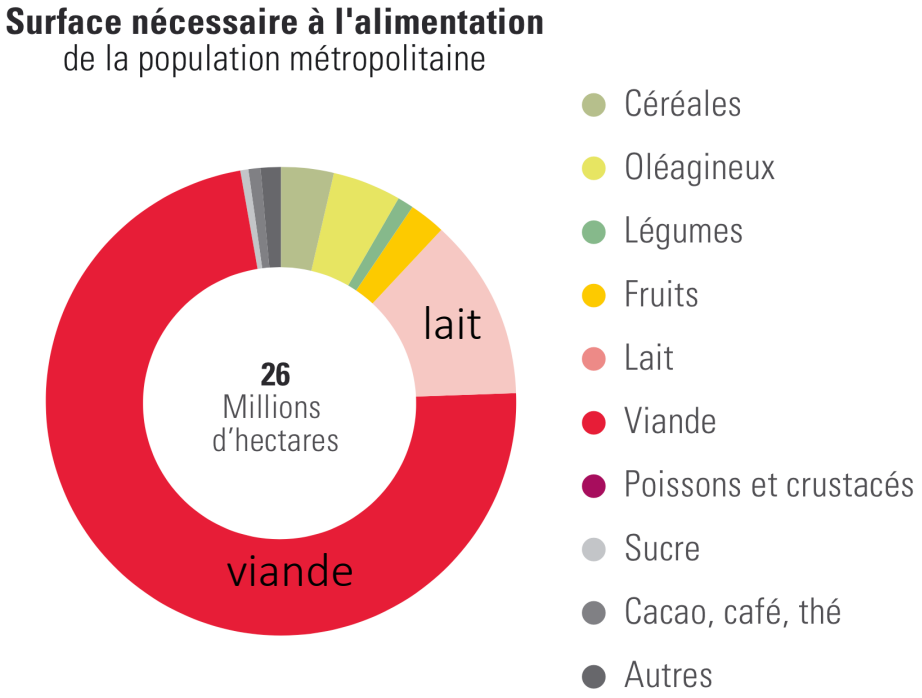
- **en premier lieu l'élevage** :
  pâturages, productions fourragères (maïs, soja..)
- mais aussi : cacao, thé, café, huile de palme
- Urbanisation : 10%
- Exploitations minières : 5%

Conséquences :

- Destruction des écosystèmes
- Perturbation du climat (albedo, $CO_2$)
- Perturbation du cycle de l'eau
- Effets en cascades à l'échelle locale (désertification, e.g. : risque de transformation de l'Amazonie en savane)

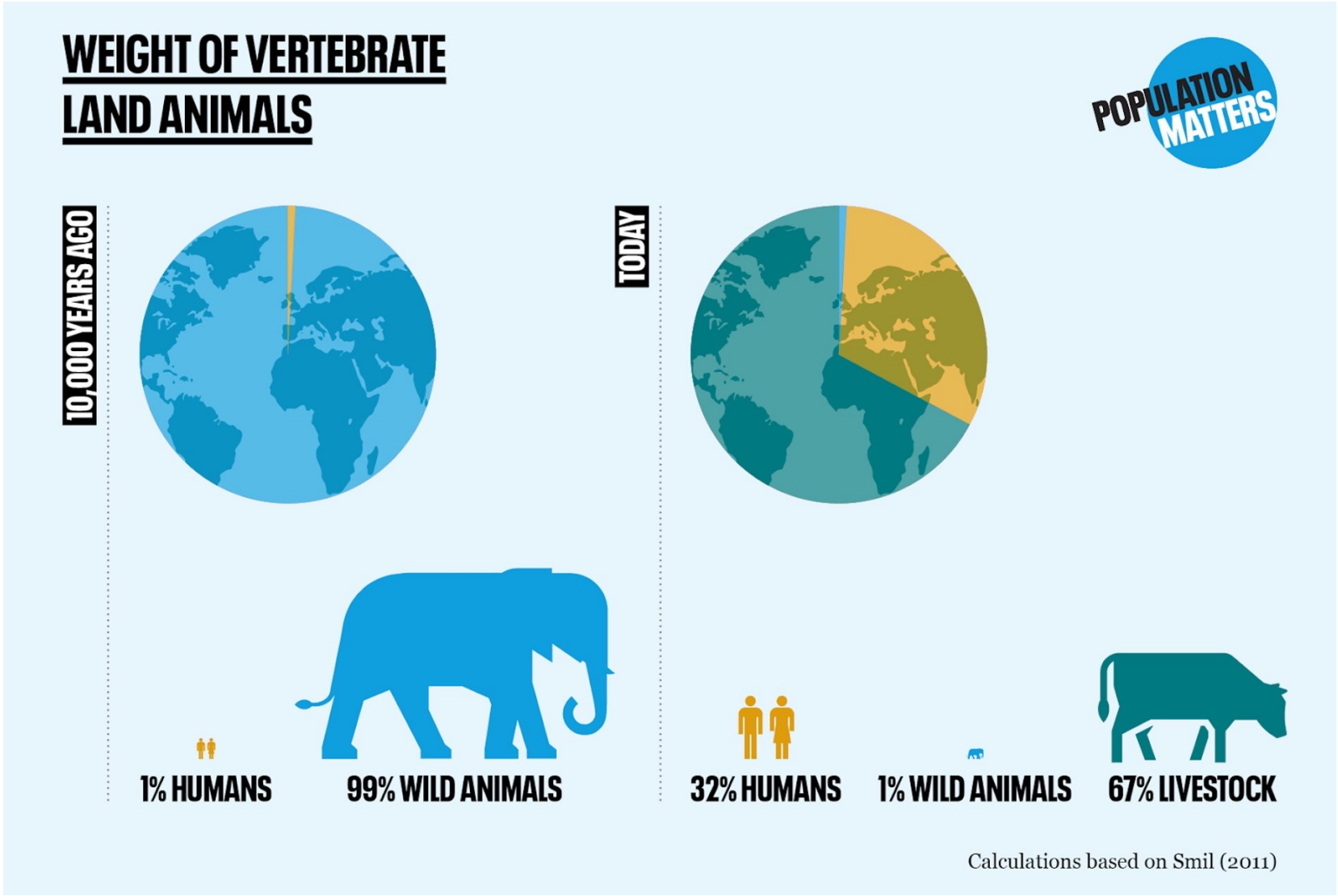
Variable de contrôle : fraction de la surface forestière originelle restant aujourd'hui, 62 %

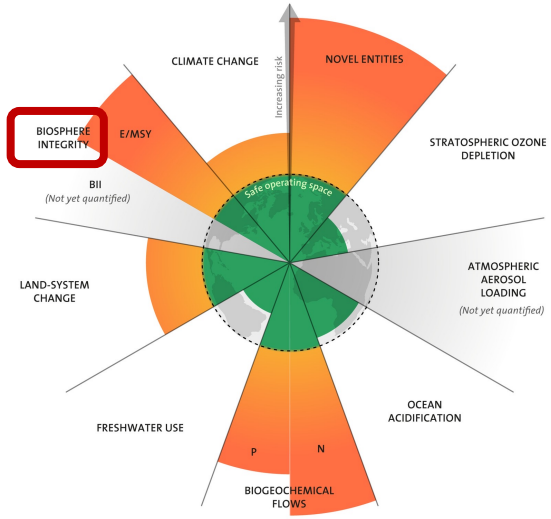
En France, la consommation de viande et de lait mobilise 85 % de la surface agricole




Source « L'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France » ADEME 2019

# Intégrité de la biosphère



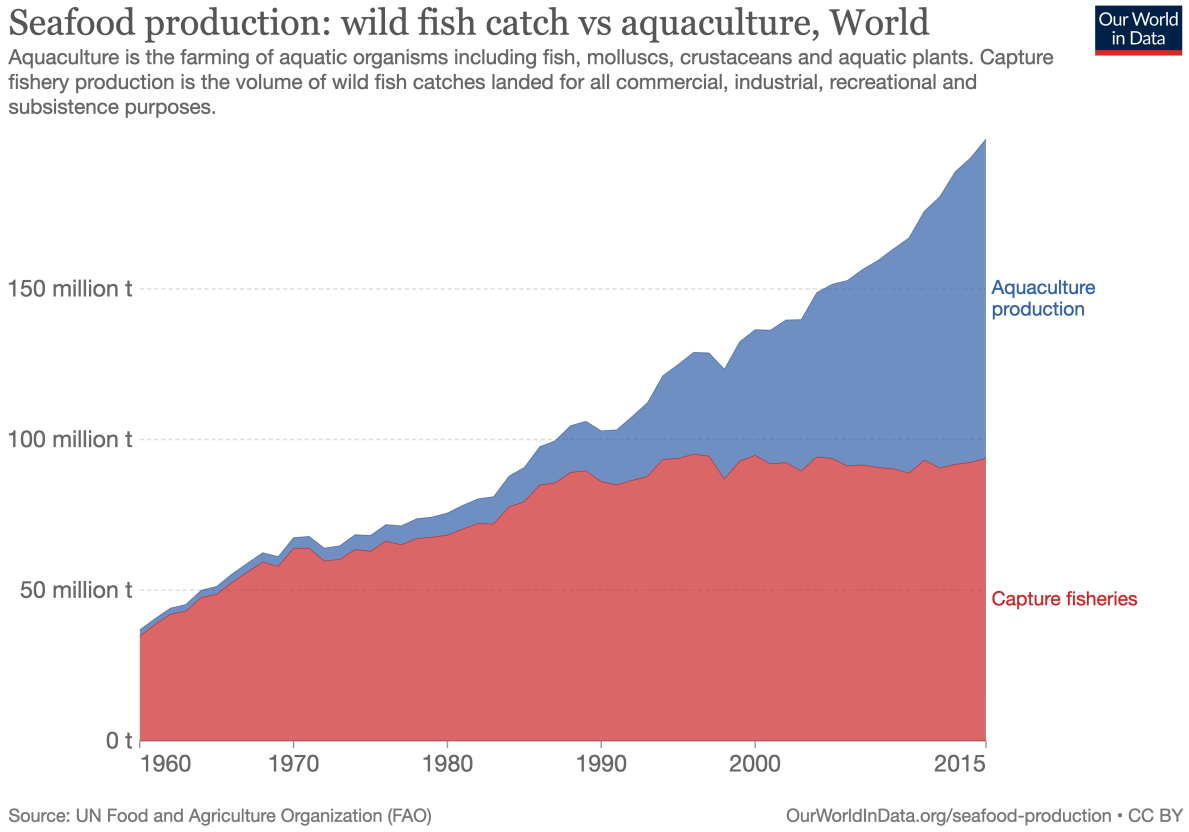



# Les principales causes de destruction de la biodiversité

Selon l'IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystemic Services)

1) Changement d'usage des sols (déforestation, assèchement des zones humides, fragmentation de l'habitat notamment par les infrastructures de transport)
2) Exploitation (pêche, chasse, coupe de bois..)
3) Changement climatique
4) Pollution (notamment pesticides)
5) Espèces invasives

La destruction de la biodiversité vient généralement de la combinaison de plusieurs de ces facteurs



# Sommes-nous en train de causer une sixième extinction de masse ?

Chute drastique des **populations** depuis 1970 :

- 60 % pour les vertébrés
- 80% pour les mammifères

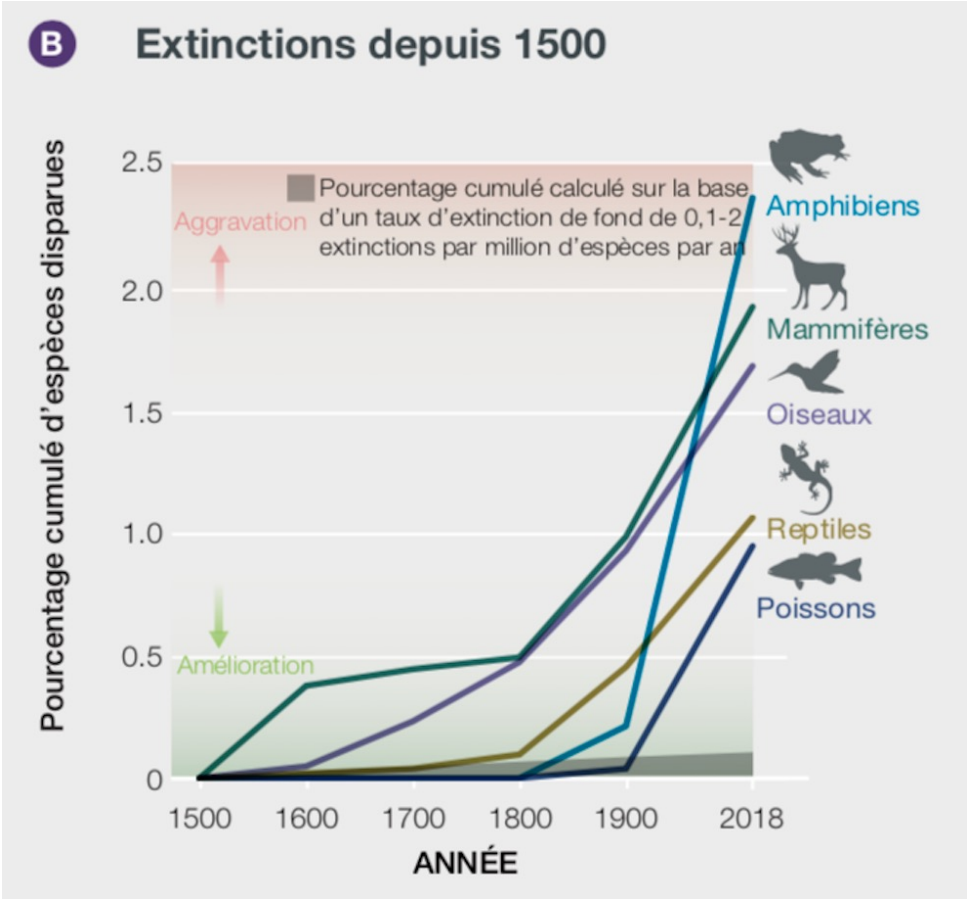
1 million d'espèces menacées d'extinction (sur 8 millions) :

40% des amphibiens, 25% des mammifères

Présentent des **« signes importants de dégradation » :**

75 % de l'environnement terrestre

40 % de l'environnement marin




**Variable de contrôle : Taux d'extinction d'espèces :**

Hors d'extinction de masse : 0.1 à 1 extinction / an / million d'espèces

Actuellement : 100 à 1000 fois plus [Millenium Ecosystem Assessment 2005]

# Pourquoi et comment protéger l'intégrité de la biosphère ?

**Éthique : critique de l'antropocentrisme**

Les autres formes de vie ont également le droit d'exister pour elles-mêmes,
en particulier les animaux sentients qui sont des sujets avec une volonté et un intérêt propres

**Utilitariste : de nombreux services écosystémiques sont rendus par la biosphère**

Exemples : pollinisation, régulation du cycle de l'eau, formation du sol, séquestration du carbone etc..

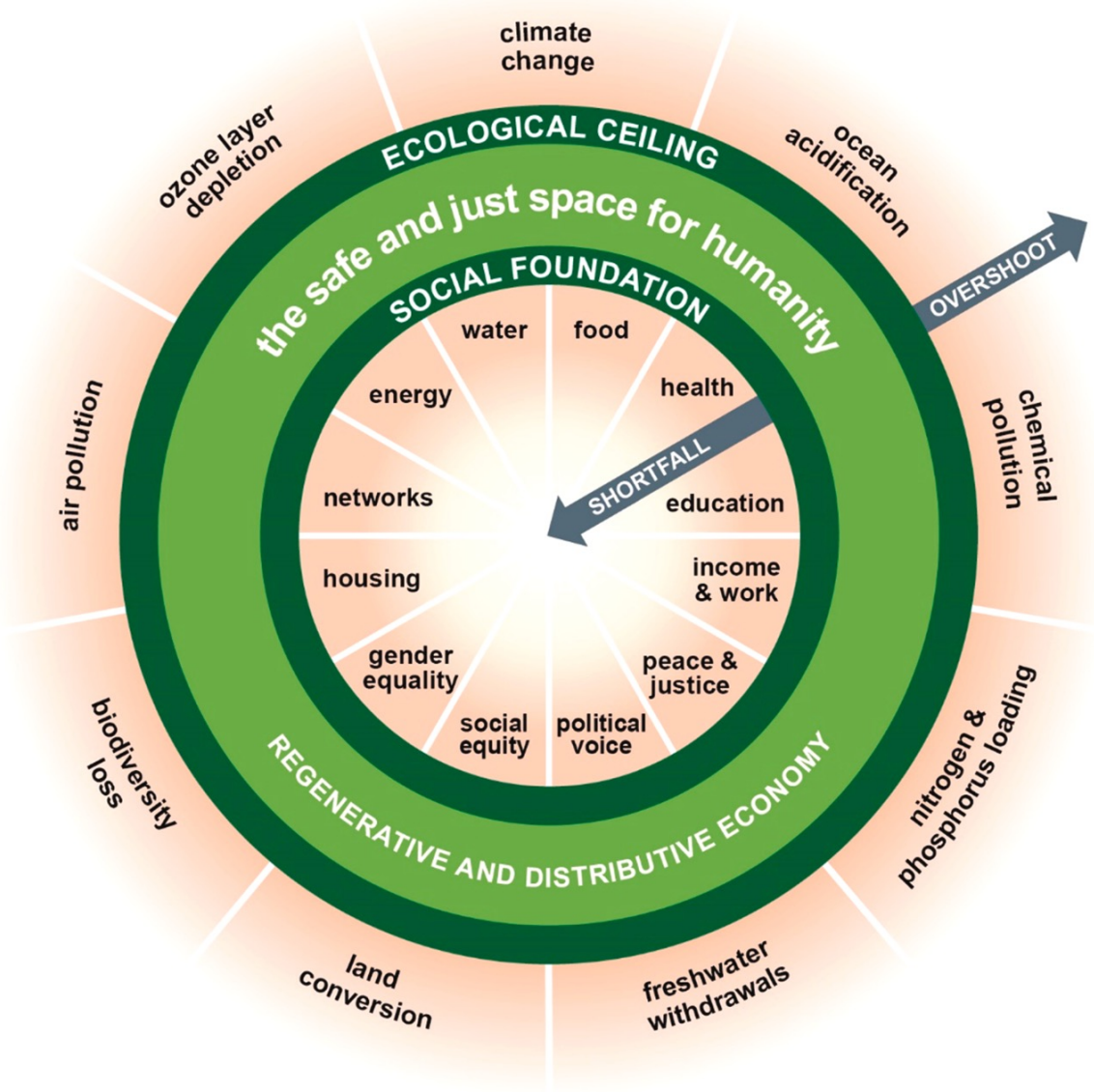
**La résilience des écosystèmes dépend de sa diversité**

Capacité à s'adapter à un changement

**Quelques leviers d'action :**

- Alimentation avec moins de (voire sans) produits animaux
- Diminution de l'usage de pesticides
- Aménager un espace agricole varié (notamment haies)
- Zones naturelles (réellement) protégées
- Mettre en place des corridors écologiques

# Conclusion: un espace sûr et juste pour l'humanité



# Slides de back-up

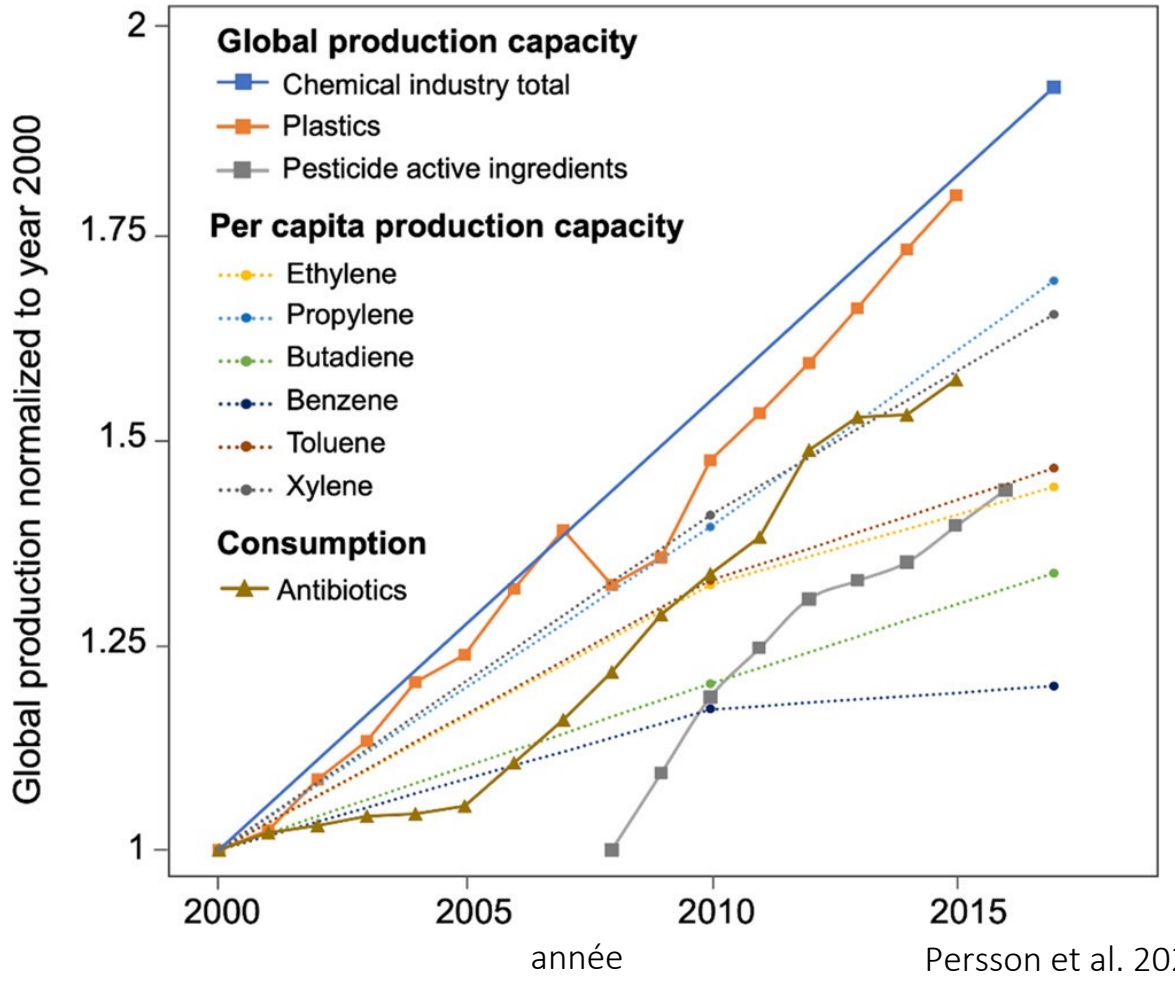
# Introduction d'entités nouvelles dans la biosphère : une production en augmentation rapide

Principales entités nouvelles :

- Plastiques : 80% reste dans l'environnement, 2 x le poids de tous les mammifères
- Pesticides
- Antibiotiques
- Autres produits chimiques

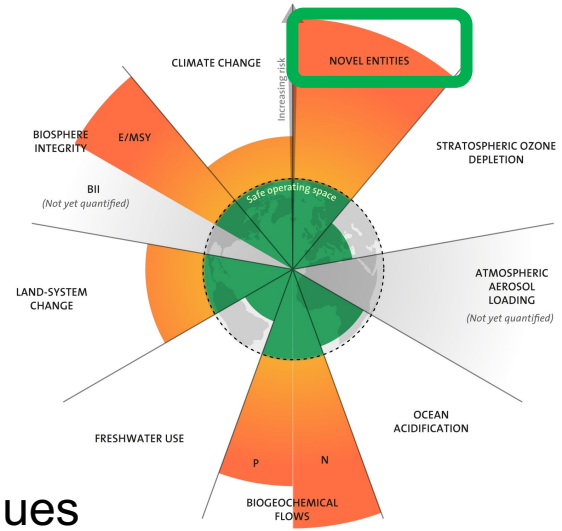
Production de produits chimiques de synthèse multipliée par 50 depuis 1950






Persson et al. 2022

# Introduction d'entités nouvelles dans la biosphère : conséquences




Nombreux risques en partie inconnus :

- Seules 2% des substances déclarées font l'objet d'une évaluation (directive européenne REACH)
- Polluants organiques persistants (POP) : persistants, accumulables, mobiles, toxiques
- Impact sur la biodiversité

Ex : depuis l'introduction des néonicotinoïdes dans les années 1990
=> diminution drastique des populations d'insectes (-75%) et d'oiseaux

Plusieurs variables de contrôle nécessaires pour rendre compte de la complexité de cette limite :

- Volume de production et utilisation
- Masse et/ou concentration dans l'environnement
- Effets connus sur l'environnement

# Perturbation du cycle de l'eau douce

Eau douce = 3 % de l'eau mondiale (35 millions de km$^3$) = calottes glaciaires (69 %), eau souterraines (30 %), eau de surface, sols, biosphère, atmosphère (< 1 %)

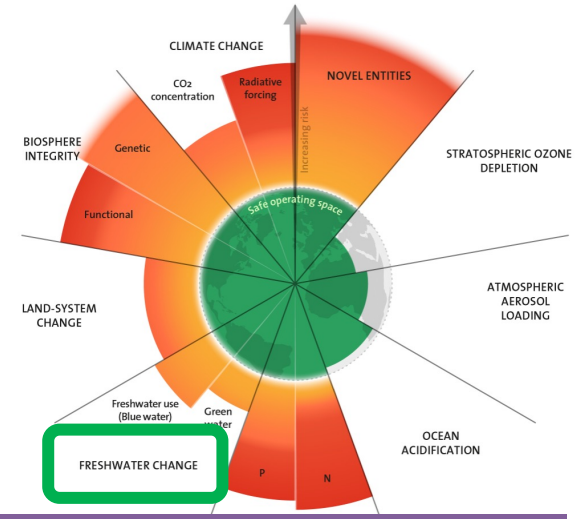
Humanité = 1er agent de modification du débit des rivières à l'échelle mondiale

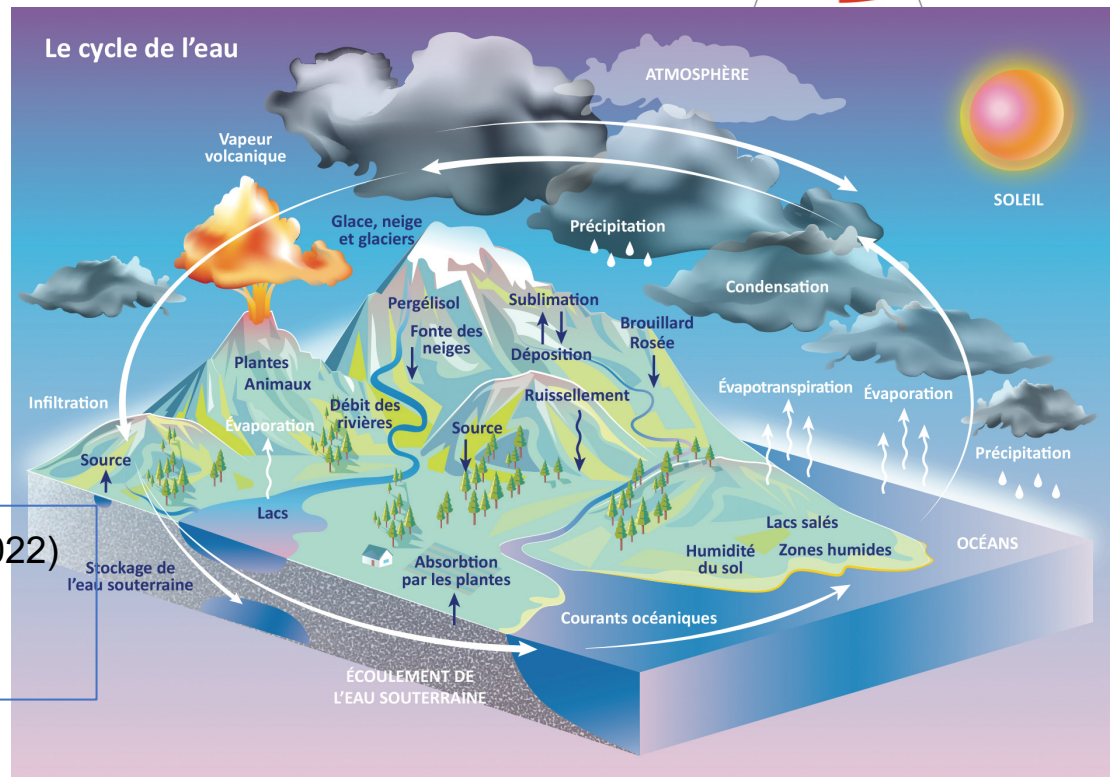
(prélèvements, captations…)

= 1er agent de modification des flux d'évaporation

(conséquence de la modification du couvert végétal)

Eau verte = eau utilisée par les végétaux (Wang- Erlandsson et al. 2022)
Eau bleue = eaux de surface ou souterraines
=> Frontières dépassées




Source : *Physique et enjeux de société*, G. Blanc 2023

© Julia Fraud