



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

UE DDRS

**« LES LIMITES PLANÉTAIRES »,
UNE RELECTURE DE LA NOTION DE
DEVT DURABLE**

FRÉDÉRIC PALLU - DIREX

V.2 – 10 NOV 2023

Support produit par Frédéric Pallu, dans le cadre de ses interventions à IMT Atlantique
— CC BY-NC 4.0

CE QUE J'OBSERVE DANS UNE LECTURE CONSOLIDÉE DE VOS TRAVAUX EN GROUPE, EN AUTONOMIE

2

- vous avez relevé et cité des **grandeurs physiques** (pH, TeqCO_2 , Ω , °C, kg/hectare, % de surface originelle, unité Dobson, Wm^{-2} ...), jamais des flux financiers,
- l'analyse des limites est basée sur des **données scientifiques**,
- → **il y a un volet scientifique sur les réponses à la crise écologique** (également des volets économiques, sociologiques sur les modes de vie, sur la gouvernance, etc...).

- vous avez relevé que les **perturbations sur les limites planétaires sont d'origine anthropiques** ; vous avez pointé les **interconnexions** entre les limites planétaires,
→ autour de ces limites, **la planète Terre fonctionne comme un système.**

- Le changement climatique ne constitue qu'une des 9 limites (mais impacte plusieurs limites).

- pour chaque limite, 3 réflexions possibles :
 - ce qui influe sur la/les variables de contrôle,
 - les **effets** de la variation des limites, notamment sur les humains,
 - la portée des facteurs qui jouent sur la limite : **locaux, régionaux, ou globaux.**

- parmi les thèmes d'intérêt récurrents que vous exprimez pour vos projets :
 - changement climatique, biodiversité, eau.

- vous vous interrogez sur la **gouvernance des limites, et sur les politiques publiques pour gérer ces limites** (exemple cité dans vos CR : l'Accord de Paris de 2015),

- parmi les mots clefs dans vos retours : urgence, atténuation, adaptation, sobriété...

SOMMAIRE

1. L'ÉMERGENCE PROGRESSIVE DE LA NOTION DE LIMITES PLANÉTAIRES
2. LE MODÈLE DU MIT, LE RAPPORT DU CLUB DE ROME, RAPPORT « MEADOWS »
3. APERÇU SUR LES ÉNERGIES FOSSILES
4. LE MODÈLE DU STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE
5. LA PRISE EN COMPTE DU CONCEPT DANS LES LOGIQUES DE DÉVELOPPEMENT
6. LIENS UTILES



1. L'ÉMERGENCE PROGRESSIVE DE LA NOTION DE LIMITES PLANÉTAIRES – LIMITES PHYSIQUES DE LA TERRE

4



Rayon 6.371 km,

Surface 510 millions de km²,

Les océans couvrent 70,8% de la surface,

Profondeur moyenne des océans : 3.800 mètres.

« The Blue Marble », la « Bille bleue »

Première photographie couleur de la planète Terre totalement éclairée
Prise depuis l'espace à une distance de 45.000 km

1. L'ÉMERGENCE PROGRESSIVE DE LA NOTION DE LIMITES PLANÉTAIRES

Si nous considérons que nous sommes dans une économie aux possibilités infinies, c'est un peu à cause de lui et de ses semblables :



Jean-Baptiste Say (1767-1832)

Il y a 2 siècles, il fait partie des premières personnes qui ont commencé à théoriser l'économie.

Voici ce qu'il dit :



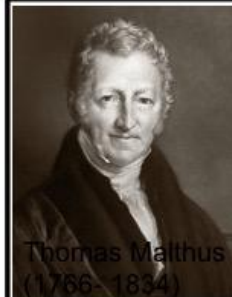
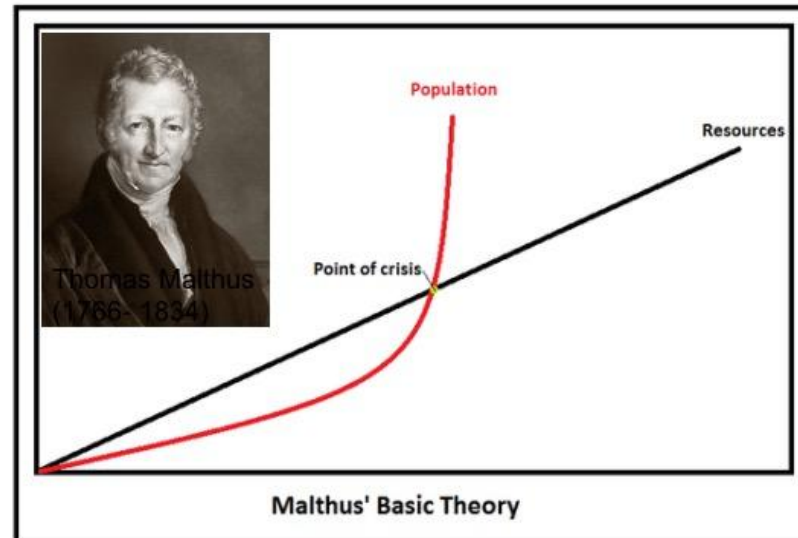
Les ressources naturelles sont inépuisables, car sans cela nous ne les obtiendrions pas gratuitement.

Ne pouvant être multipliées, ni épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques.

Sce Un Monde sans fin, Jancovici, Blain, 2021

À partir Traité d'économie 1803

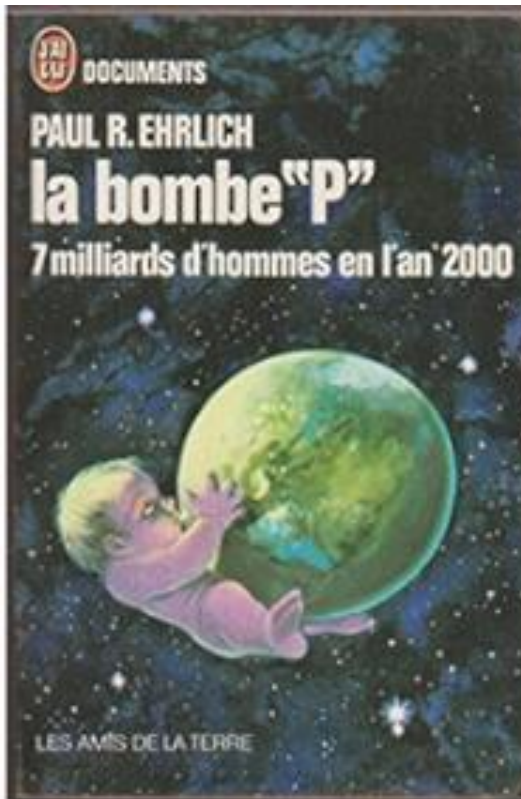
Jean-Baptiste Say 1767-1832



Thomas Malthus (1766-1834)

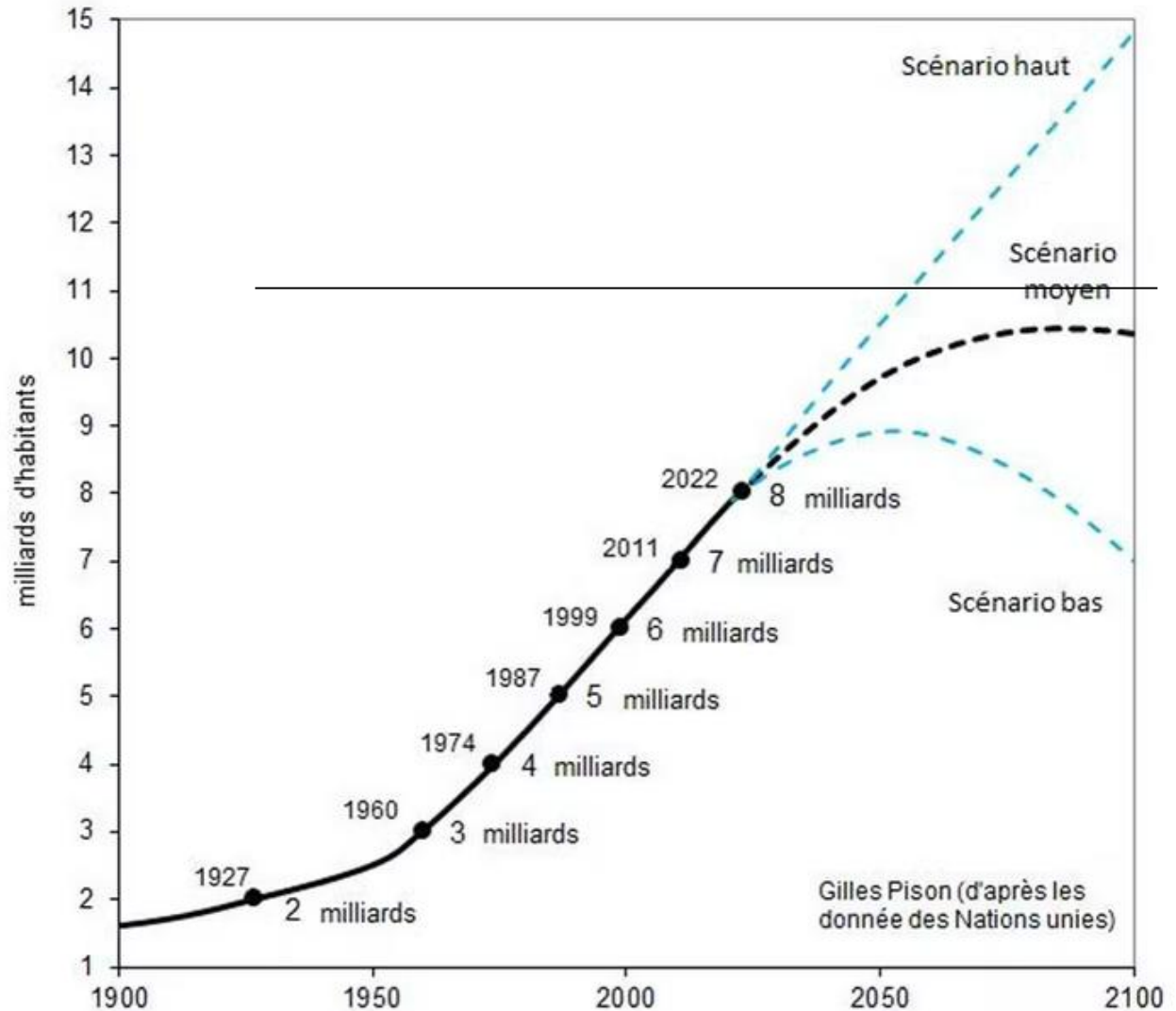
Thomas Malthus 1766-1834

1. L'ÉMERGENCE PROGRESSIVE DE LA NOTION DE LIMITES PLANÉTAIRES



Publication 1968

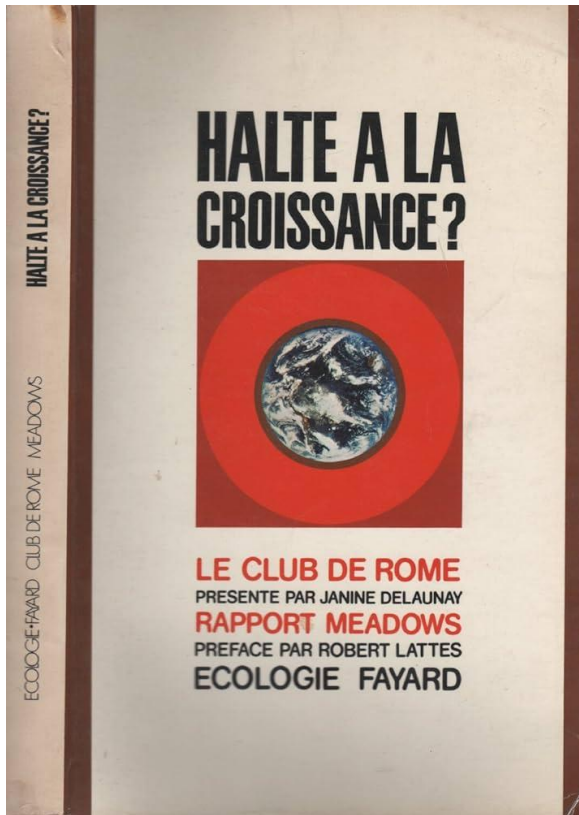
autour de 3,5 Mds êtres humains à la date de la publication



2. LE MODELE DU MIT

LE RAPPORT DU CLUB DE ROME, DIT RAPPORT « MEADOWS »

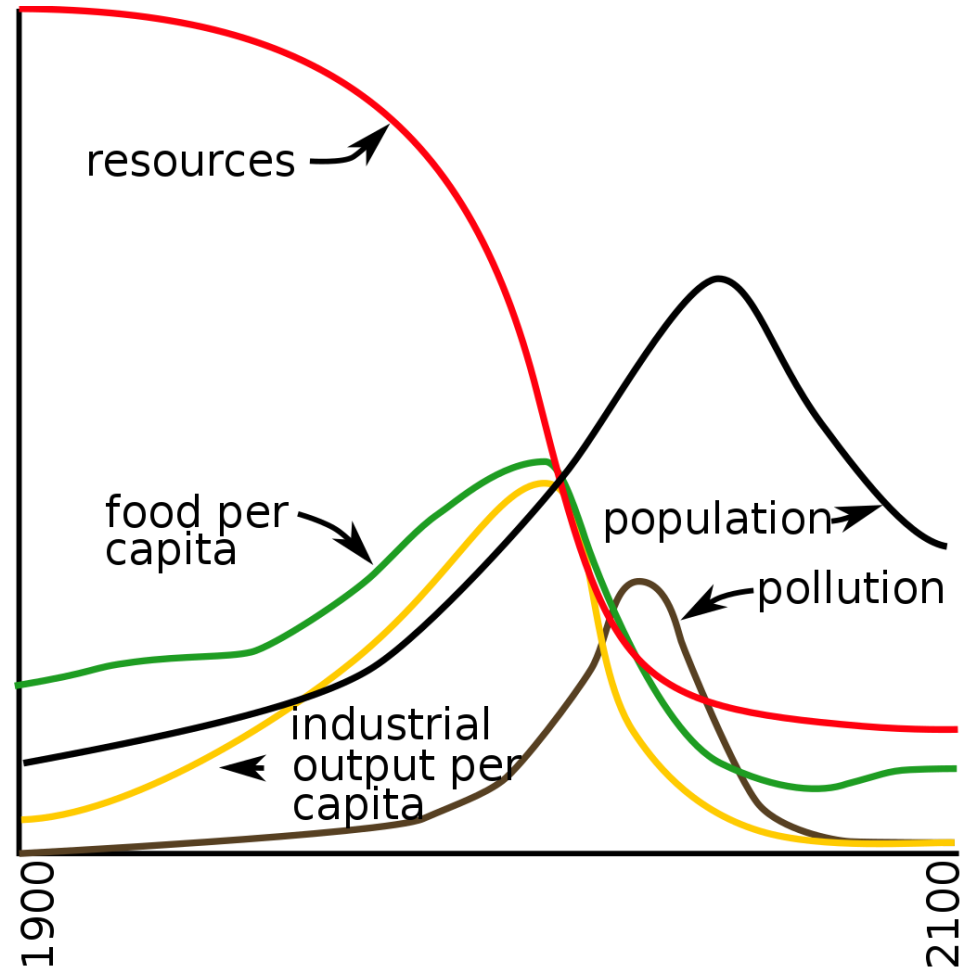
7



MIT, 1972

Actualisé en 1992, 2004

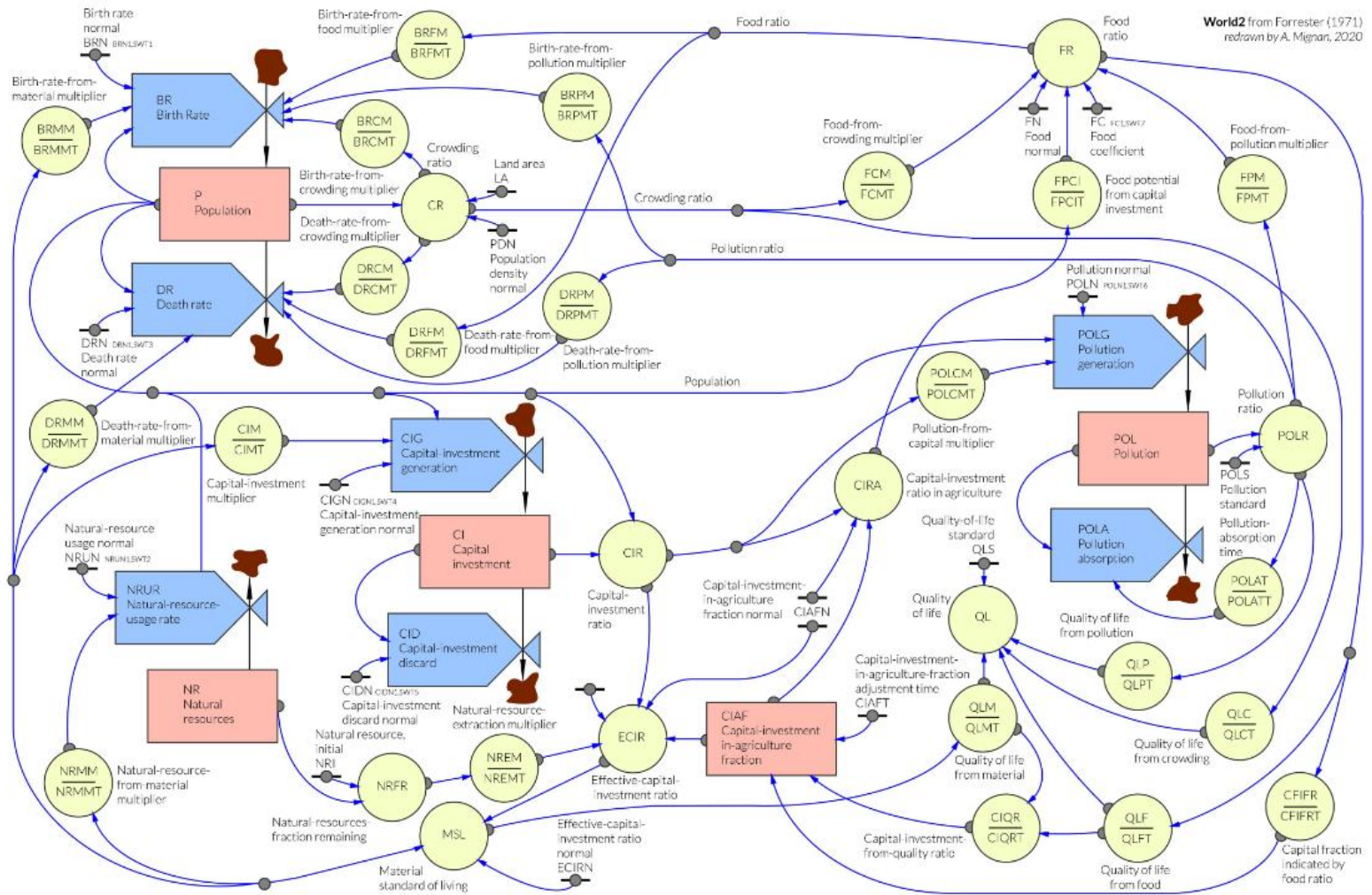
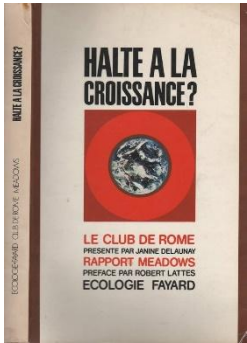
Publication complémentaire en 2023



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

2. LE MODELE DU MIT

LE RAPPORT DU CLUB DE ROME, DIT RAPPORT « MEADOWS »

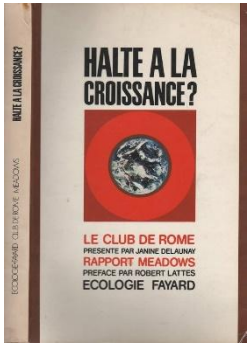


Modèle utilisé par le MIT,
En rose saumon, les 5 variables, et les boucles de rétroactions positives (amplification) et négatives (contraction).

2. LE MODELE DU MIT

LE RAPPORT DU CLUB DE ROME, DIT RAPPORT « MEADOWS »

9



« Si nous avons longuement insisté sur les implications de la technologie, c'est parce que la foi en la technologie est un comportement très répandu [...]»

Le progrès technique peut atténuer les symptômes d'une maladie du système, mais il n'en éliminera pas la cause profonde.

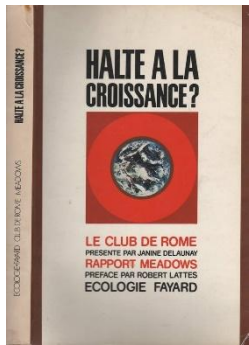
Cette croyance en la technologie comme panacée détourne notre attention du problème le plus fondamental – celui de la croissance dans un domaine fini – et nous empêche d'en rechercher les solutions ».

« Ce que nous voulons, c'est [...] la représentation d'un écosystème mondial qui soit :

- 1. Capable d'atteindre un régime de croisière sans risque d'effondrement brutal et incontrôlable,*
- 2. Capable de satisfaire tous les besoins matériels fondamentaux de tous les individus vivant sur cette Terre. »*

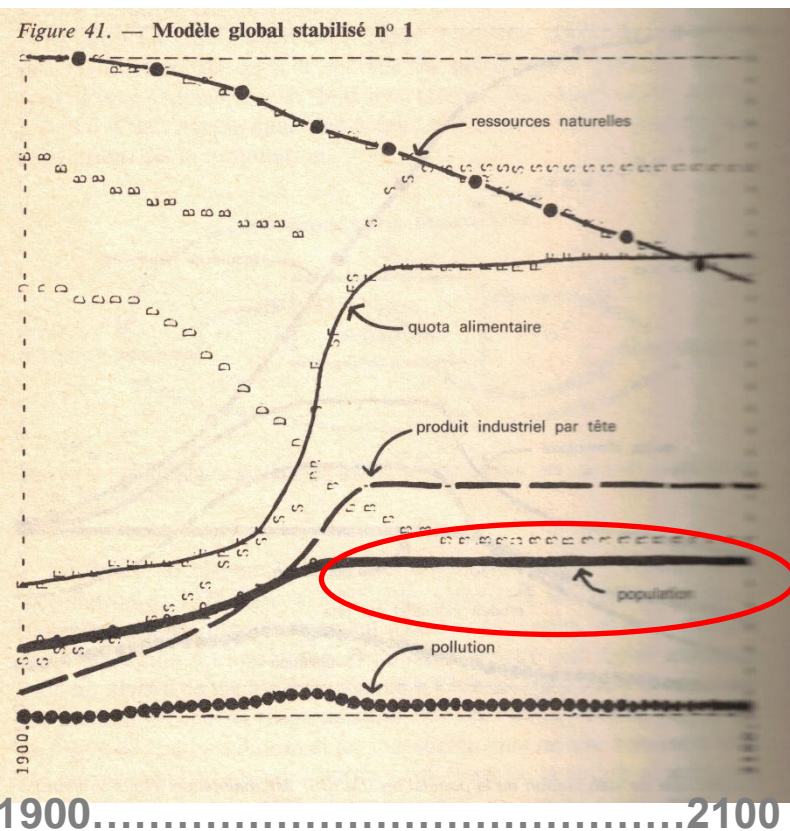
2. LE MODELE DU MIT

LE RAPPORT DU CLUB DE ROME, DIT RAPPORT « MEADOWS » ¹⁰



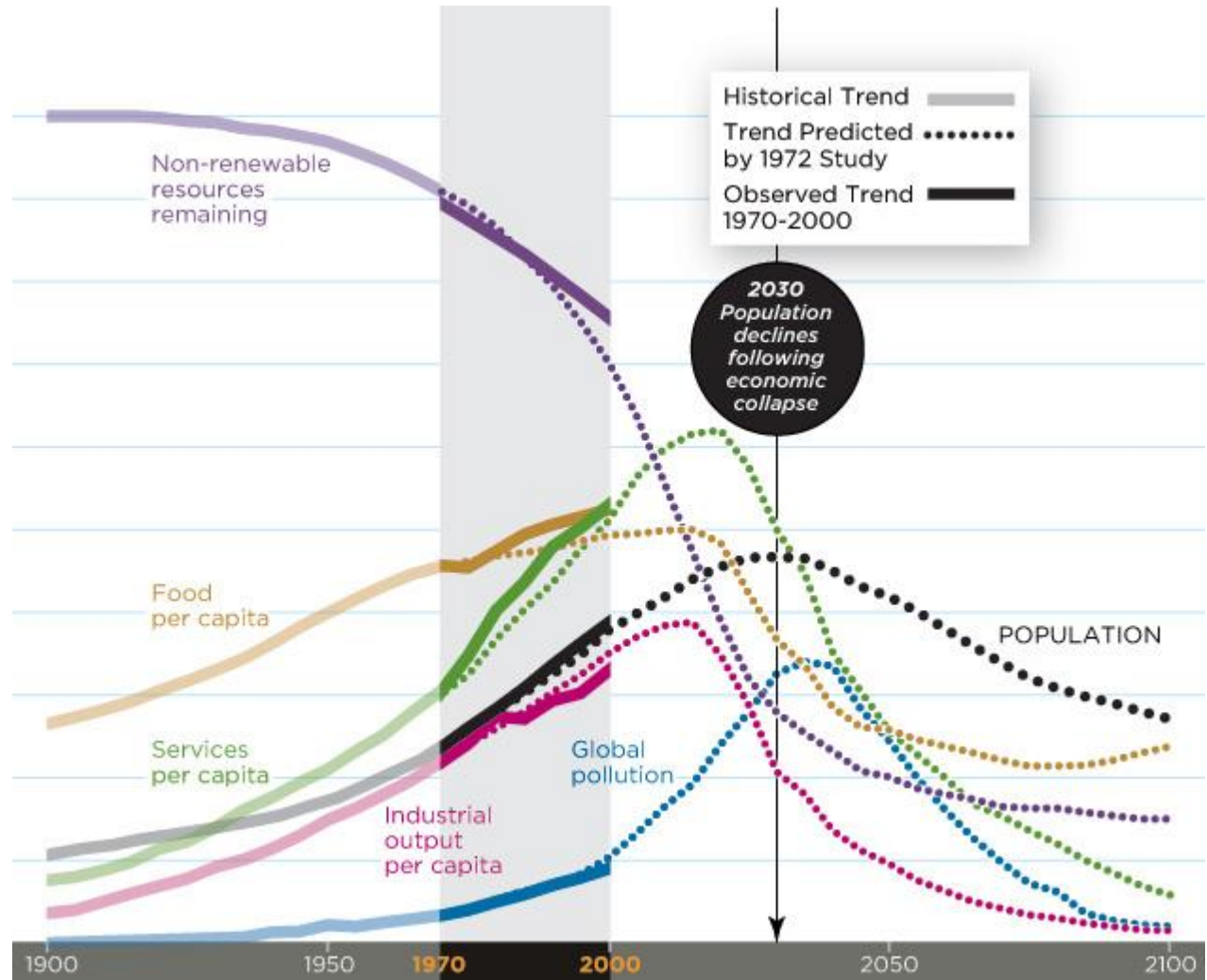
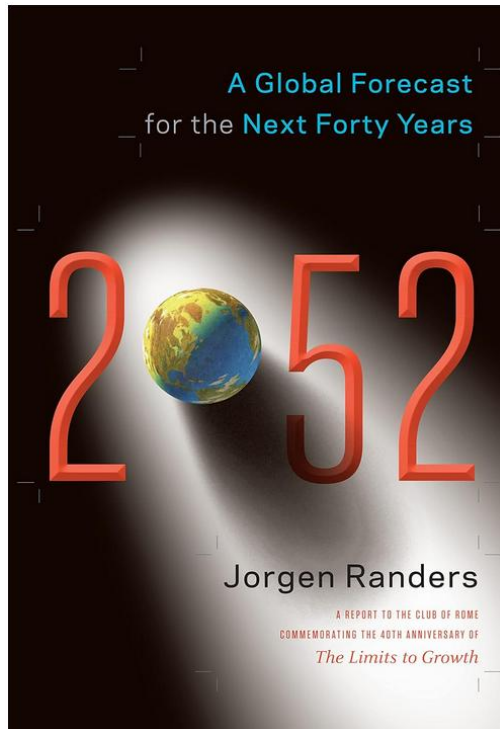
Hypothèses du modèle stabilisé :

1. Population stabilisée dès 1975,
2. Consommation de matières premières réduite au $\frac{1}{4}$ de la valeur de 1970 à partir de 1975,
3. Préférence aux services (éducation, hygiène, soins médicaux) par rapport aux achats de biens pour réduire la consommation des ressources naturelles,
4. pollution agricole ou industrielle, par unité, réduite au $\frac{1}{4}$ de la valeur de 1970,
5. Transferts de capitaux vers la production agricole,
6. Conservation/préservation des sols agricoles,
7. Augmentation de la durée de vie des investissements industriels (durabilité, réparation, rénovation), pour permettre déplacement des investissements vers la production agricole.



2. LE MODELE DU MIT LE RAPPORT DU CLUB DE ROME, RAPPORT « MEADOWS »

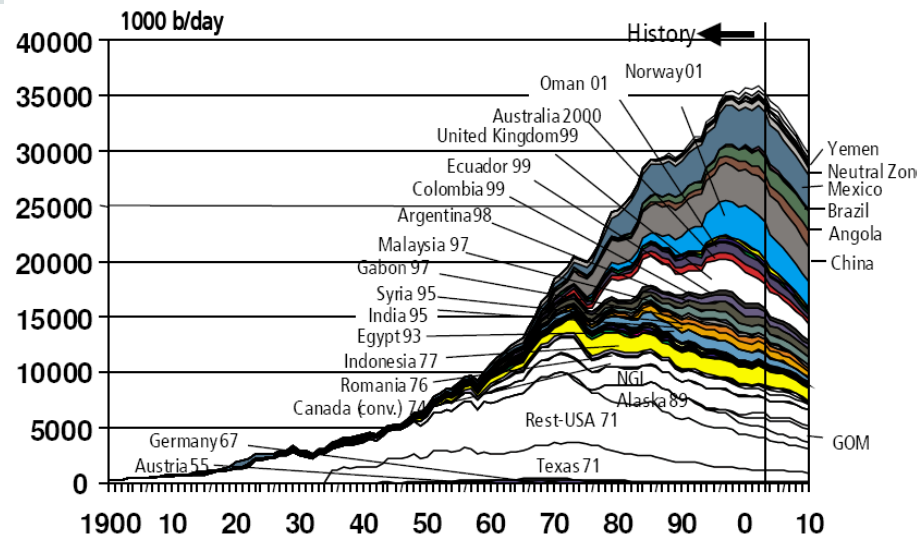
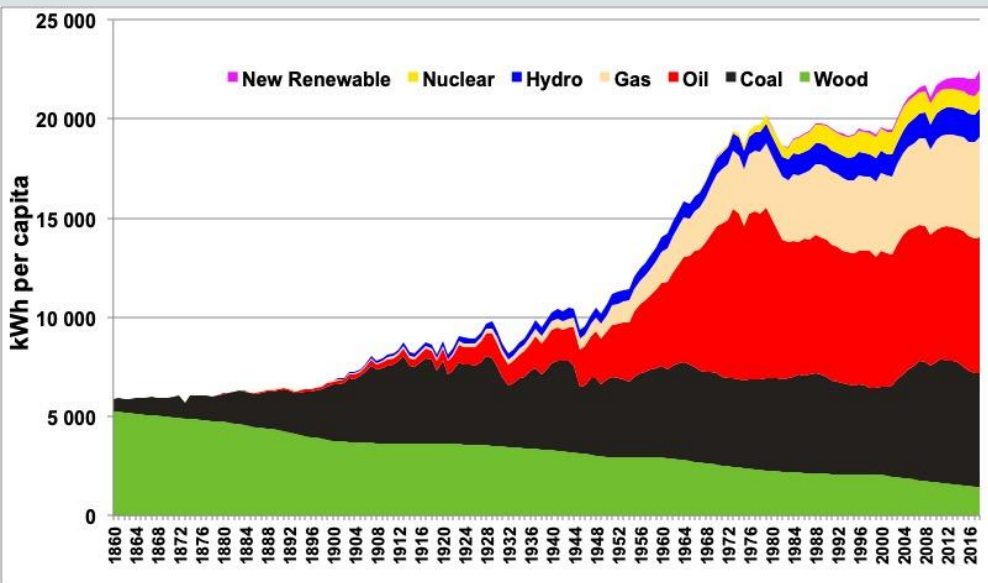
11



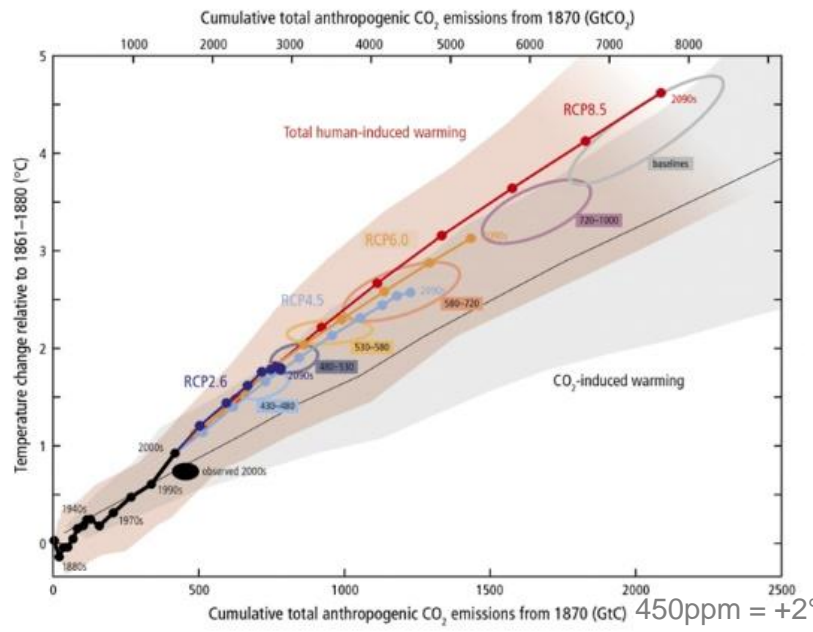
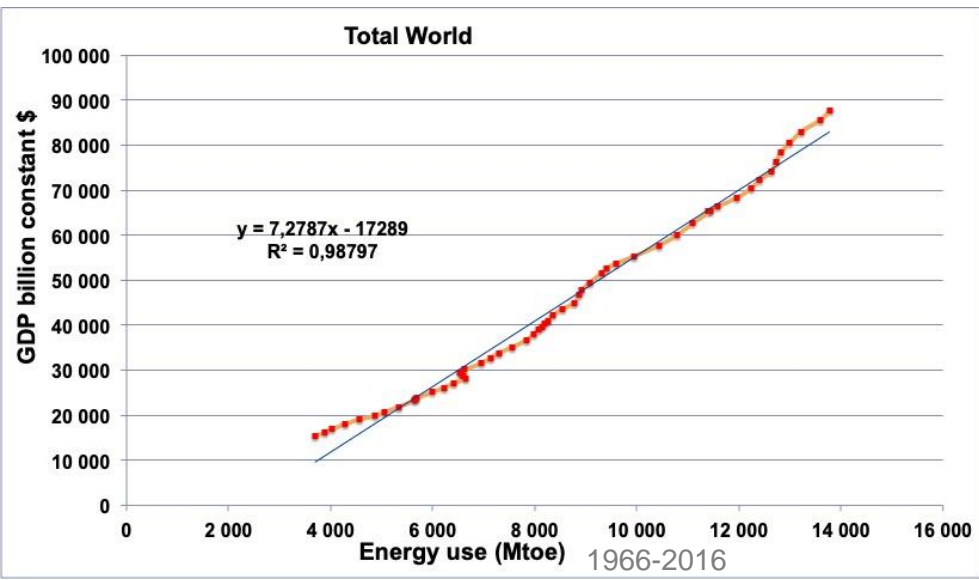
Actualisation réalisée en 2013,
à l'occasion des 40 ans du Rapport Meadows

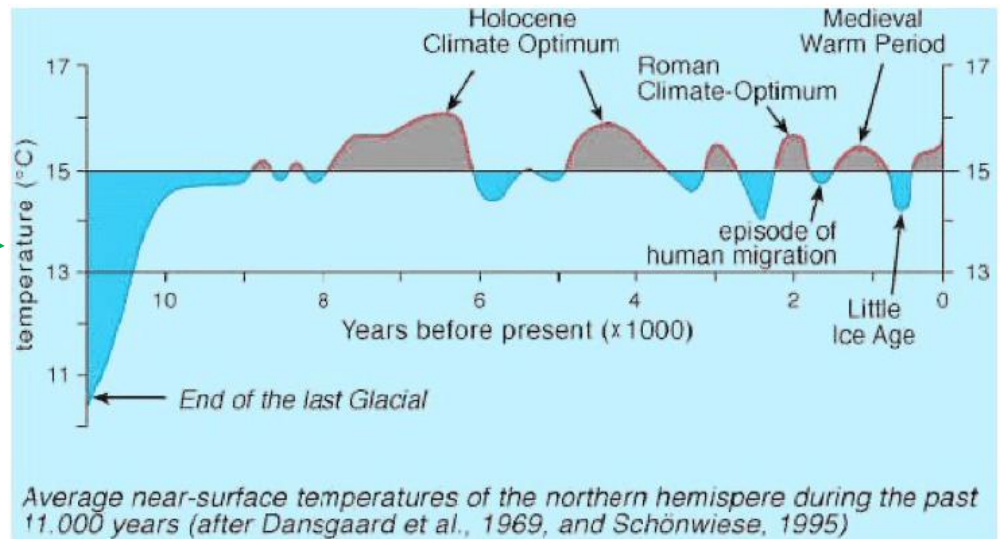
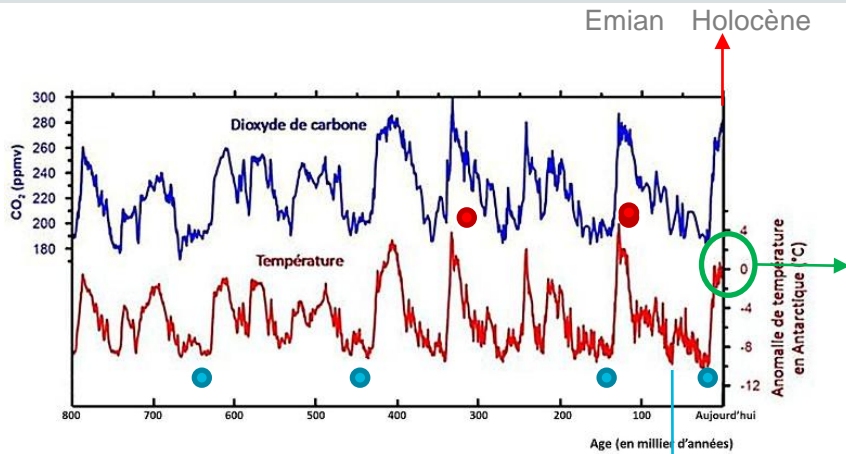
3. APERÇU SUR LES ÉNERGIES FOSSILES

LIMITE « AMONT », LIMITE « AVAL »



Source: Industry database, 2003 (IHS 2003)
OGJ, 9 Feb 2004 (Jan-Nov 2003)





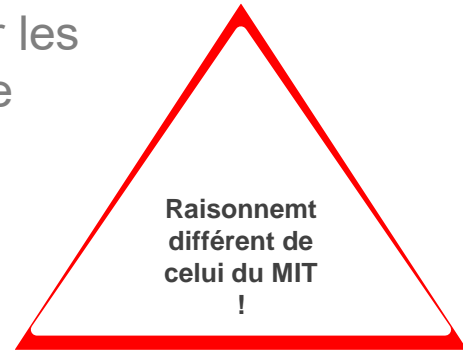
Variations de température sur les 800.000 dernières années

Source - © 2004 D'après le Données du forage Concordia

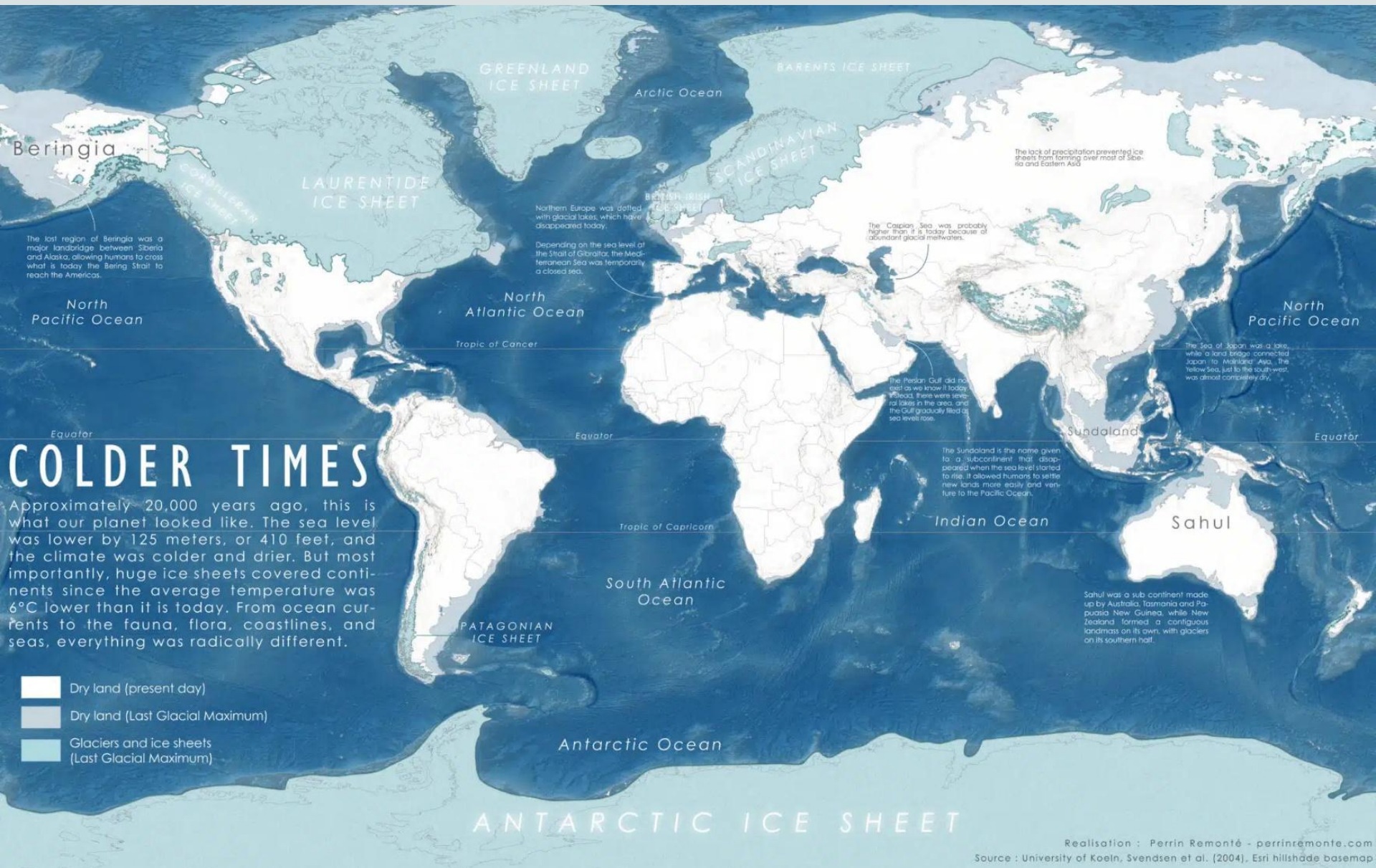
Météo France

Estimation population 15.000 Humains adultes concentration en actuelle Éthiopie (chiffres SRC)

Hypothèse de départ, posée par le Stockholm resilience centre : la période de **l'Holocène** est concomitante de la sédentarisation et du développement humain. Le « principe de précaution » incite à maintenir le **système Terre** dans les conditions de l'Holocène et à contrôler les perturbation des cycles chimique, biologique, géologique d'origine anthropique (« **Anthropocène** », Crutzen, 1985).



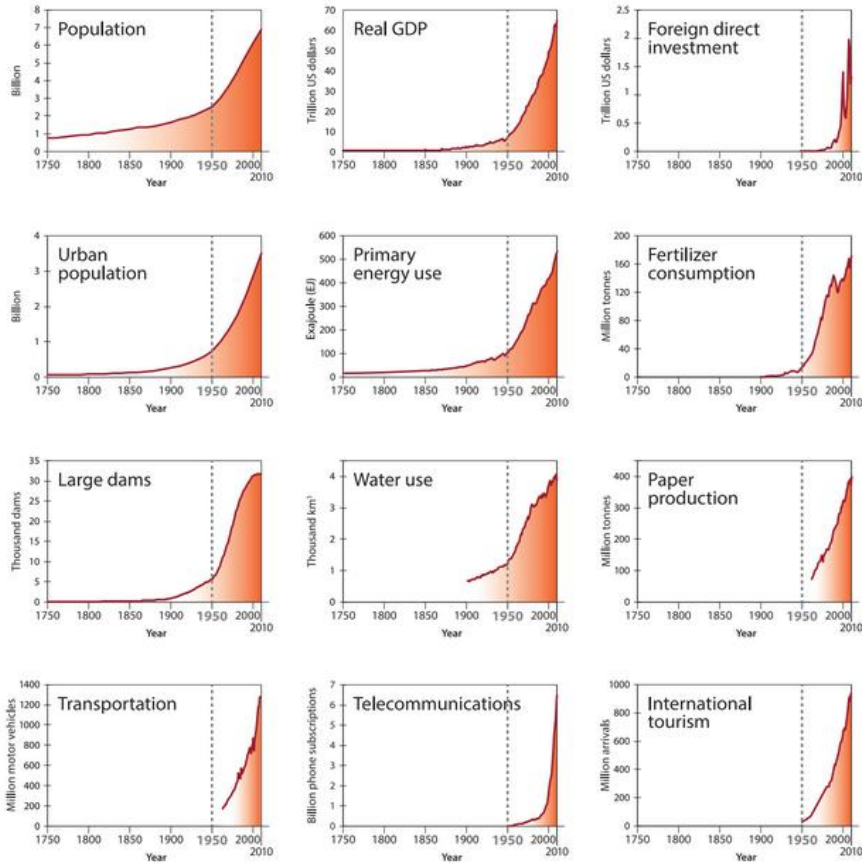
4. LE MODELE DU STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE



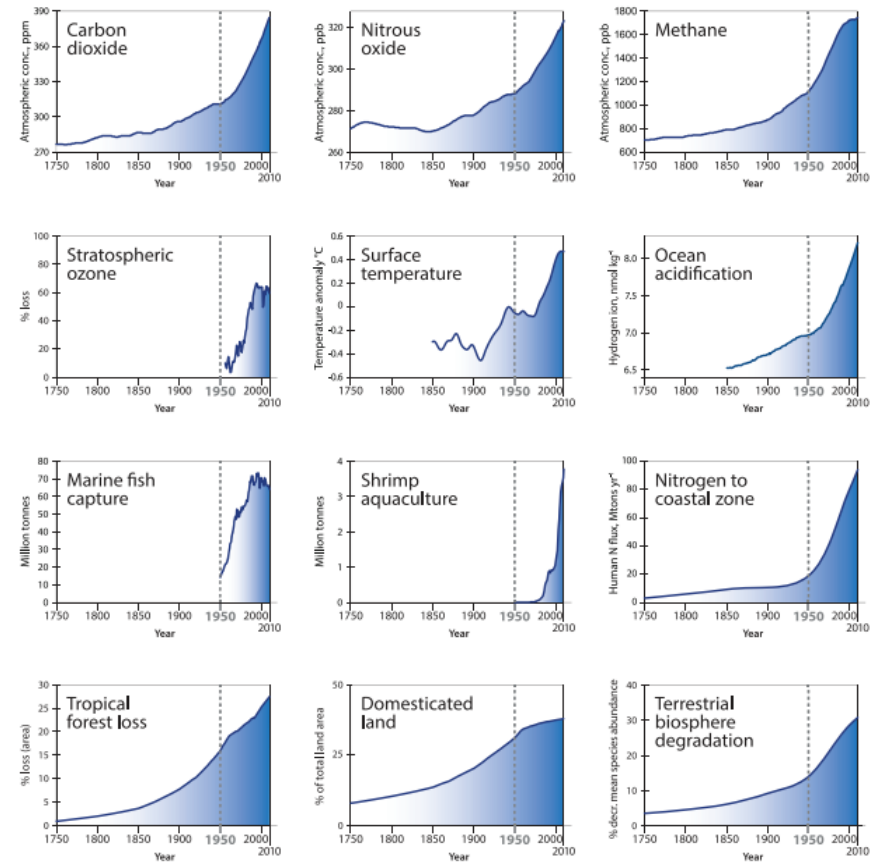
4. LE MODELE DU STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE

THE « GREAT ACCELERATION »

Socio-economic trends



Earth system trends



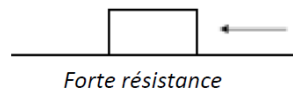
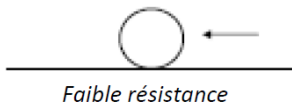
4. LE MODELE DU STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE

NOTION DE « TIPPING POINTS » / « POINT DE BASCULE » 16

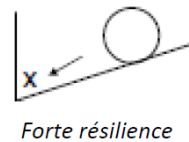
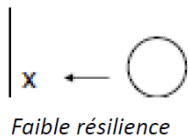


Stabilité: Un système est considéré comme stable s'il est à la fois résistant et résilient

Résistance: Capacité d'une communauté ou d'un écosystème à résister au changement face à des perturbateurs



Résilience: Capacité d'une communauté ou d'un écosystème à retrouver son état d'origine (x) après une perturbation



4. LE MODELE DU STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE NOTION DE « TIPPING POINTS » / « POINT DE BASCULE » 17

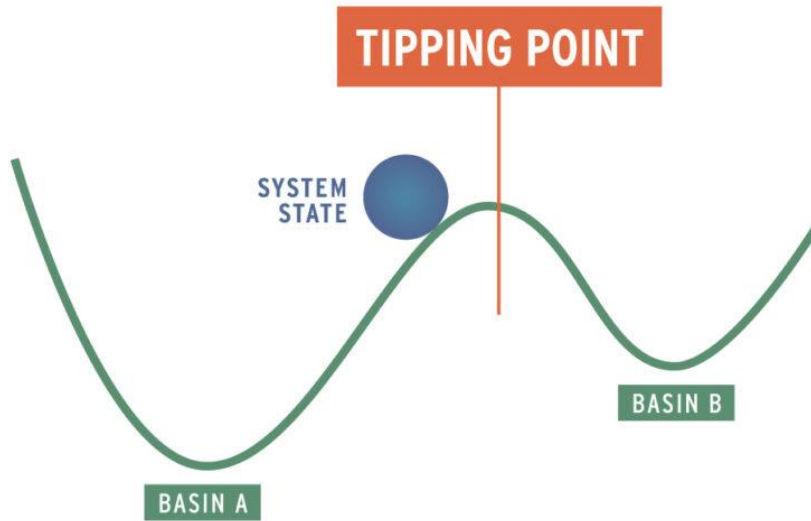
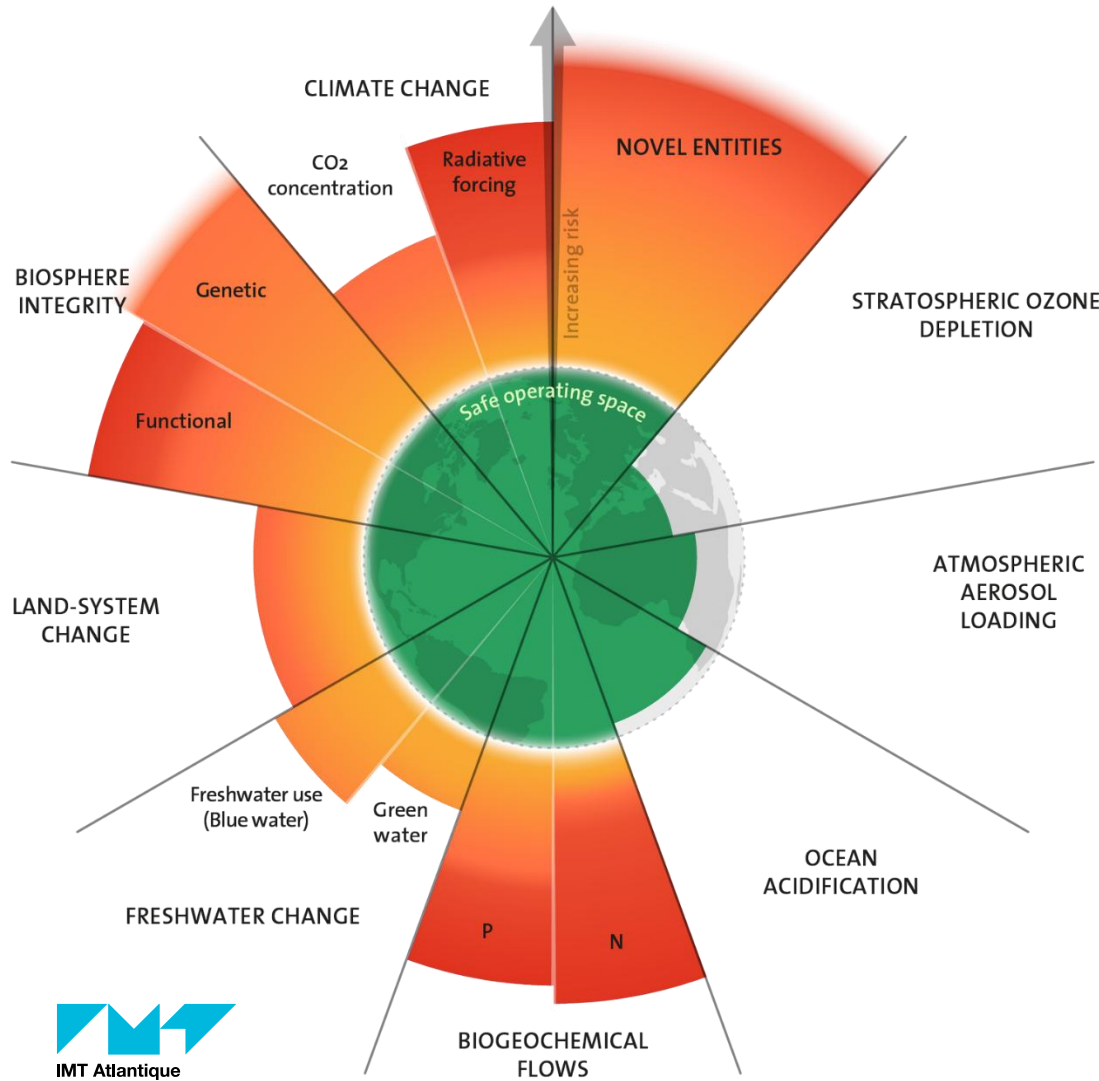


Illustration by Andrew Bernier, adapted from Walker, B. & Salt, D. (2006) Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press: Washington, DC.

*The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) defines **tipping points** as “critical thresholds in a system that, when exceeded, can lead to a significant change in the state of the system, often with an understanding that the **change is irreversible.**”*

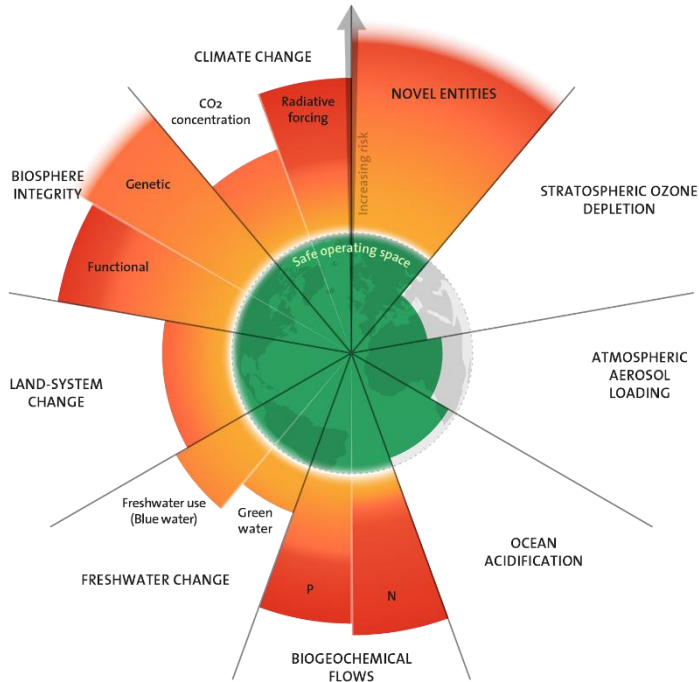
4. LE MODELE DU STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE (SRC)



Les 9 limites planétaires

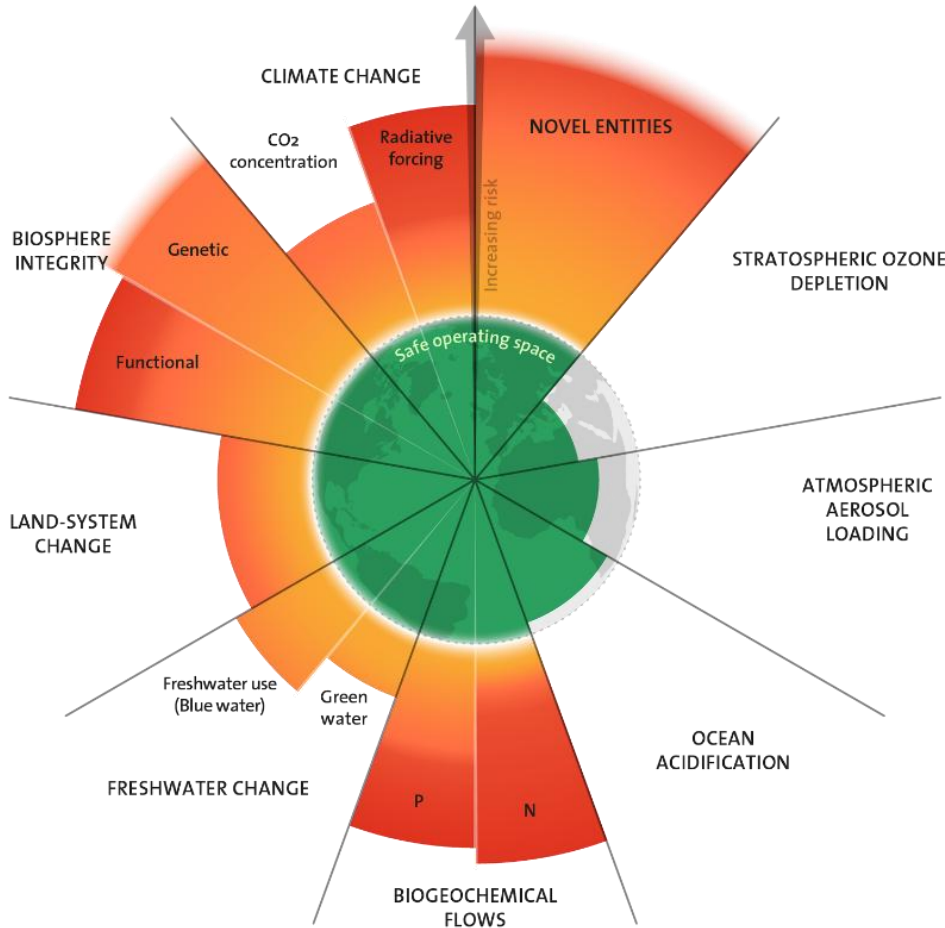
Actualisation 2023

Le modèle du SRC vise à définir / aider au pilotage d'un **espace de fonctionnement sûr et juste** pour l'humanité.



Chaque limite, est précisée :

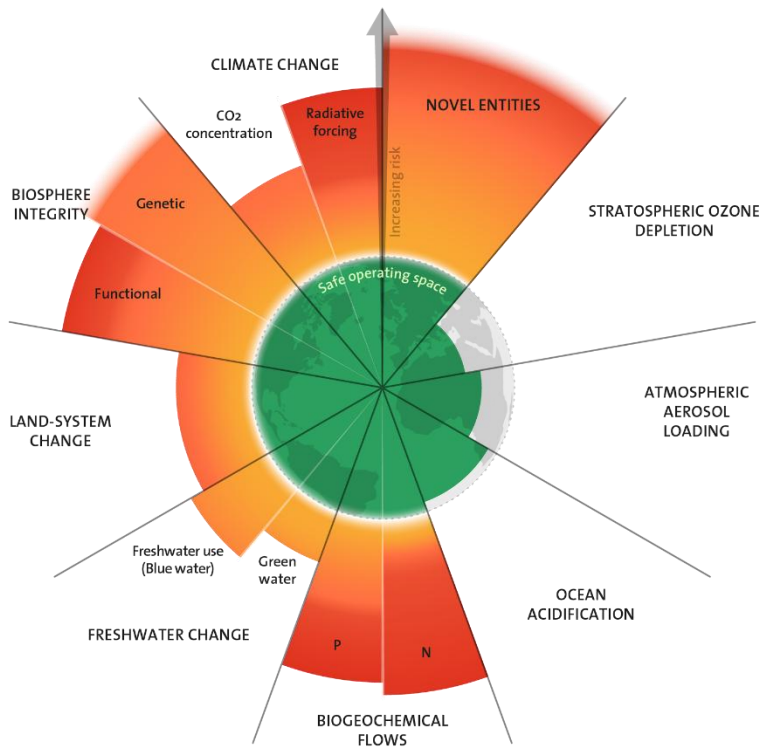
- Par une ou plusieurs « **variable.s de contrôle** », ex la concentration en CO₂ – et forçage radiatif - pour le changement climatique,
- Une **zone d'incertitude** est définie par 2 valeurs pour chacune des variables :
 - Une valeur basse, la « **frontière planétaire** »,
 - Une valeur haute, la « **limite planétaire** »,
 - « *la frontière représente la zone de danger qui précède la limite au delà de laquelle les écosystèmes pourraient basculer dans un état inconnu et probablement défavorable à l'homme* »*
- Une « **valeur de référence dans l'Holocène préindustriel** », est précisé pour chaque variable par ex. 280ppm pour le CO₂,
- Les « **valeurs actualisées** », sont mises à jour périodiquement, par ex. 417 ppm pour le CO₂, dans l'article publié en 2023.



Pour chaque limite :

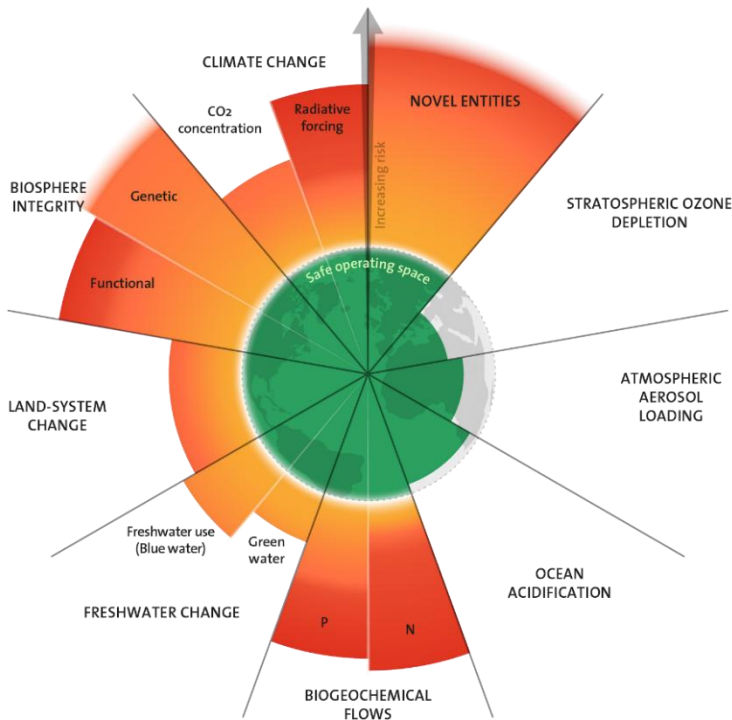
- ce qui influe sur la/les variables de contrôle,
- les **effets** de la variation des limites, notamment sur les humains,
- la portée des facteurs qui jouent sur la limite : **locaux, régionaux, ou globaux.**

Les 3 valeurs en deçà des seuils limites, selon l'article de 2023 :



1. **Stratospheric ozone depletion** (le « trou dans la couche d'Ozone », cf. protocole de Montréal, 1987),
2. **Atmospheric aerosol loading**,
3. **Ocean acidification** (dûe à l'accroissement du CO₂ dans l'atmosphère, qui se dissout dans l'océan → impact sur l'ensemble des animaux, et plancton, à coquille calcaire, composante de la base de la chaîne alimentaire des océans).

Les 6 limites dépassées, selon l'article de 2023 :



1. **Novel entities** (substances synthétiques d'origine anthropiques, radioéléments d'origine anthropique, OGM). Variable non quantifiée,
2. **Biogeochemical flows** (flux annuel de phosphates et d'azote → eutrophisation, dystrophisation),
3. **Freshwater use** (perturbation des cycles eaux douces de surface et souterraines, perturbation des flux d'évapotranspiration des espèces végétales),
4. **Land system change** (couverture forestière des 3 grands biomes : tropical, tempéré, boréal),
5. **Biosphere integrity** (taux d'extinction des espèces, indice d'intégrité de la biodiversité),
6. **Climat change** (concentration CO2 et forçage radiatif).

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA CONSÉQUON DES TERRITOIRES

ENVIRONNEMENT

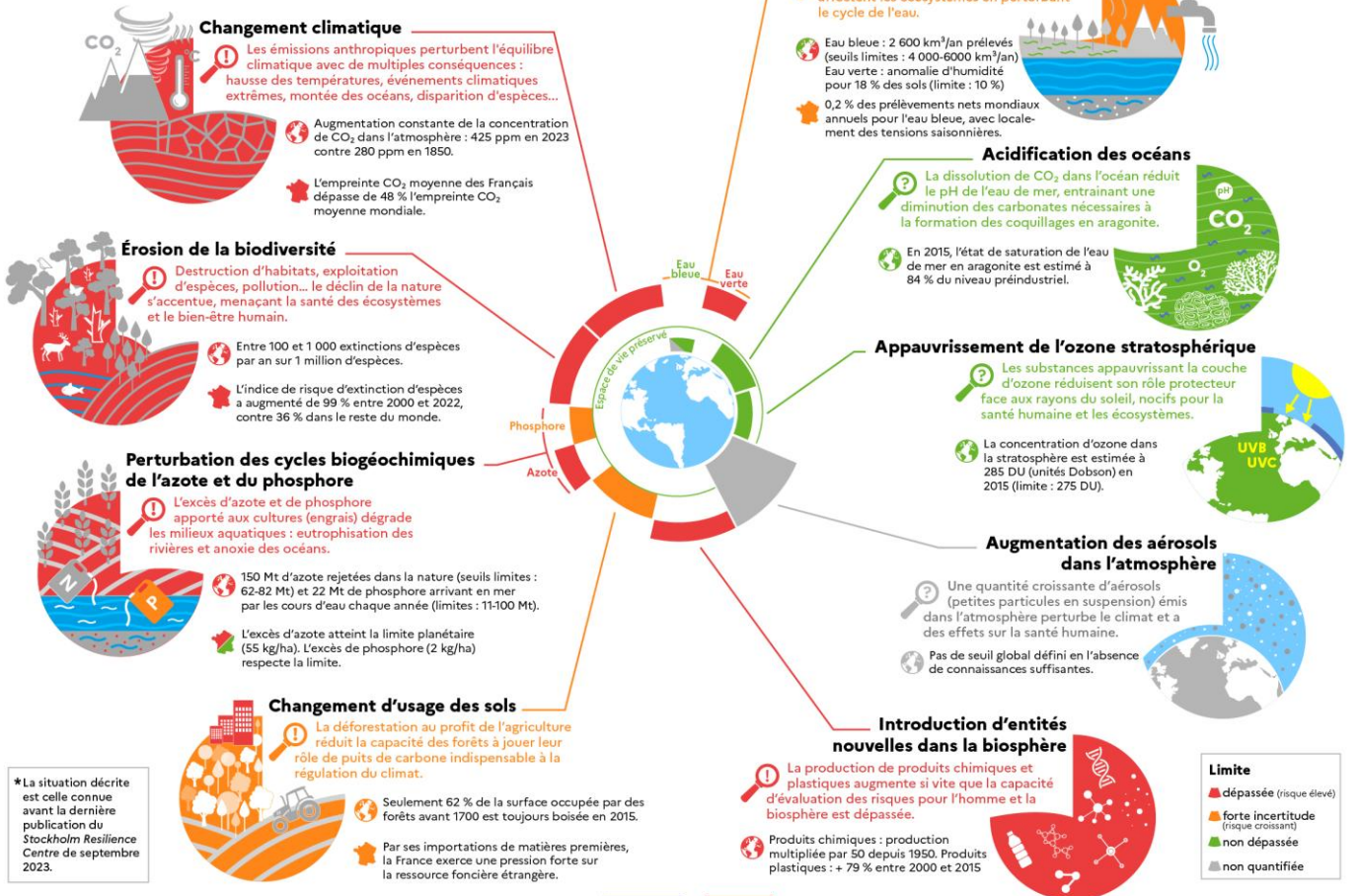
T H É M A

Analyse

La France face aux neuf limites planétaires

OCTOBRE 2023

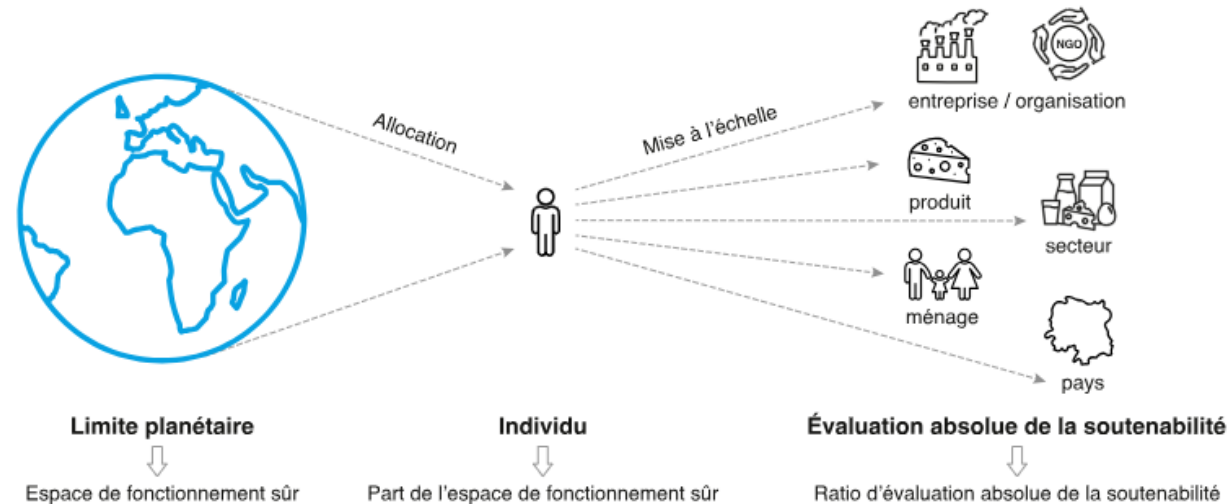
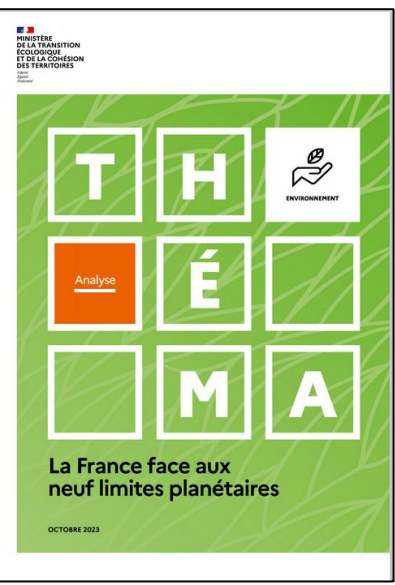
Les 9 limites planétaires*



* La situation décrite est celle connue avant la dernière publication du Stockholm Resilience Centre de septembre 2023.



5. LA PRISE EN COMPTE DU CONCEPT DANS LES LOGIQUES DE DÉVELOPPEMENT – EVALUATION ABSOLUE DE LA SOUTENABILITÉ ENVIRONNEMENTALE

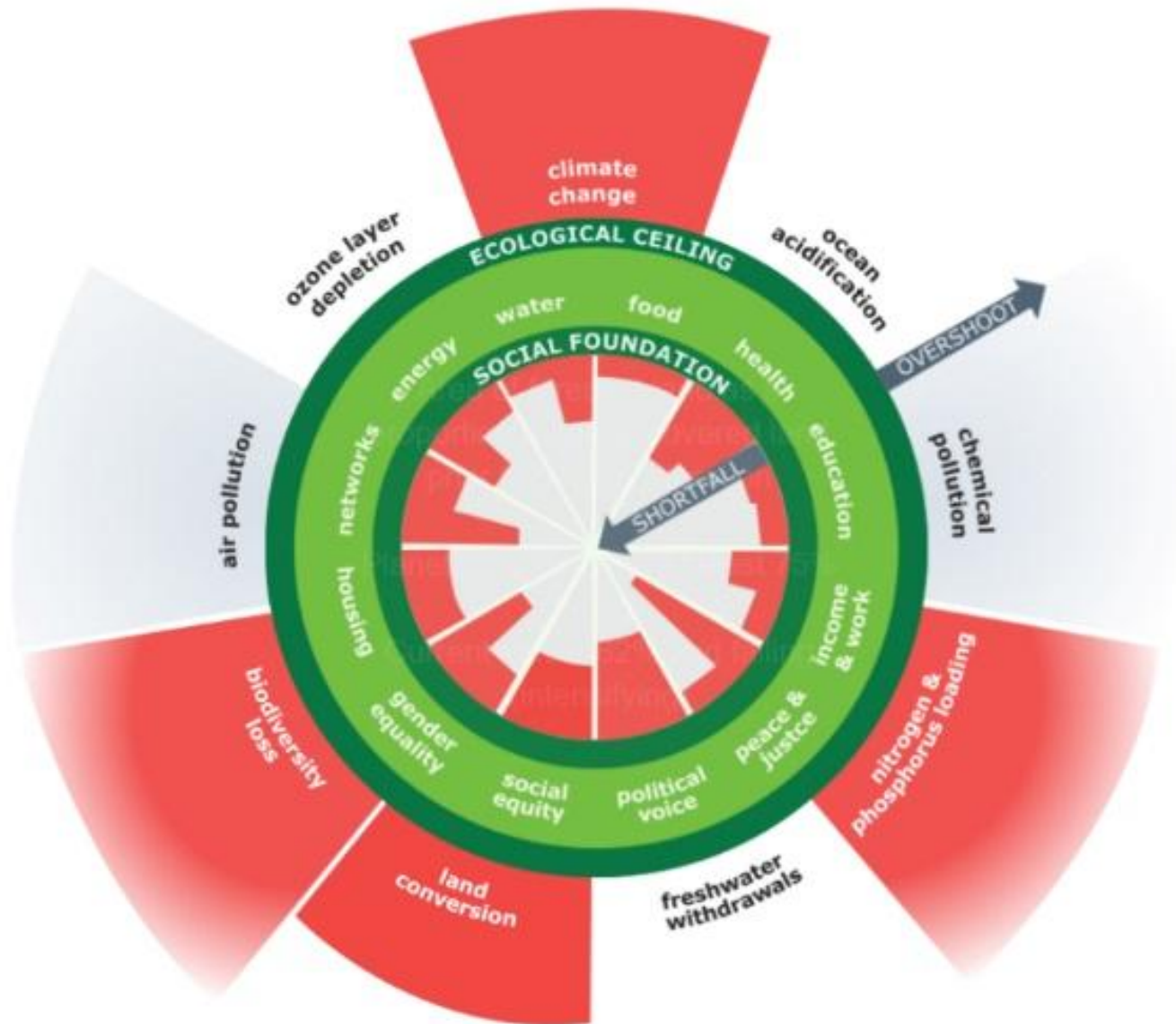


Source : d'après Hjalsted et al., 2021

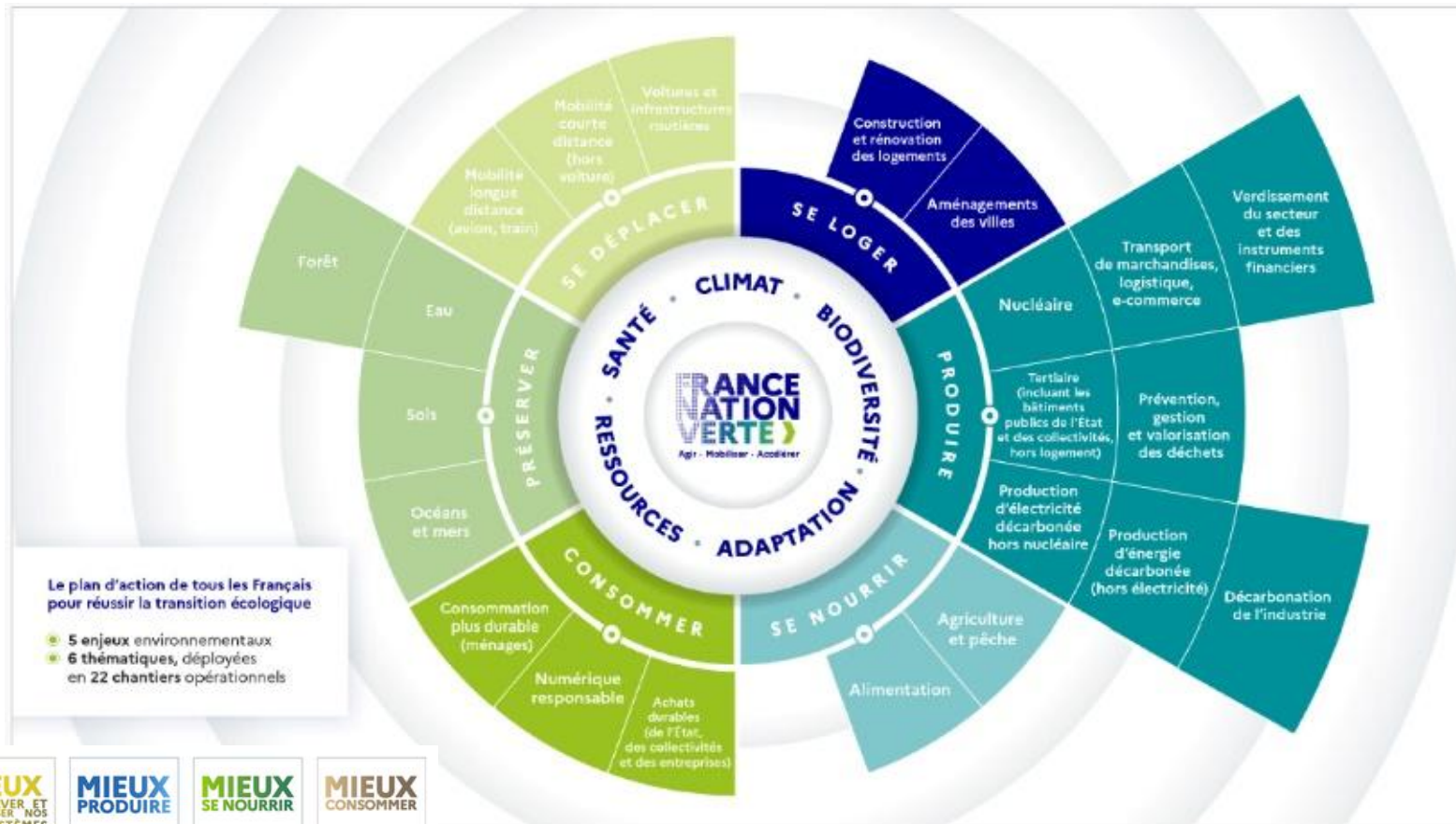
Dans la publication du CGDD, oct 2023,

- Une illustration au niveau d'un territoire : SCOT Loire sud,
- Une illustration au niveau de l'approvisionnement en produits agroalimentaires d'une entreprise de distribution.

5. LA PRISE EN COMPTE DU CONCEPT DANS LES LOGIQUES DE DÉVELOPPEMENT - LA THEORIE DU « DONUT »



5. LA PRISE EN COMPTE DU CONCEPT DANS LES LOGIQUES DE DÉVELOPPEMENT – LE SGPE



Cadre de travail du Secrétariat général à la planification écologique, placé auprès de la Première ministre

Septembre 2023



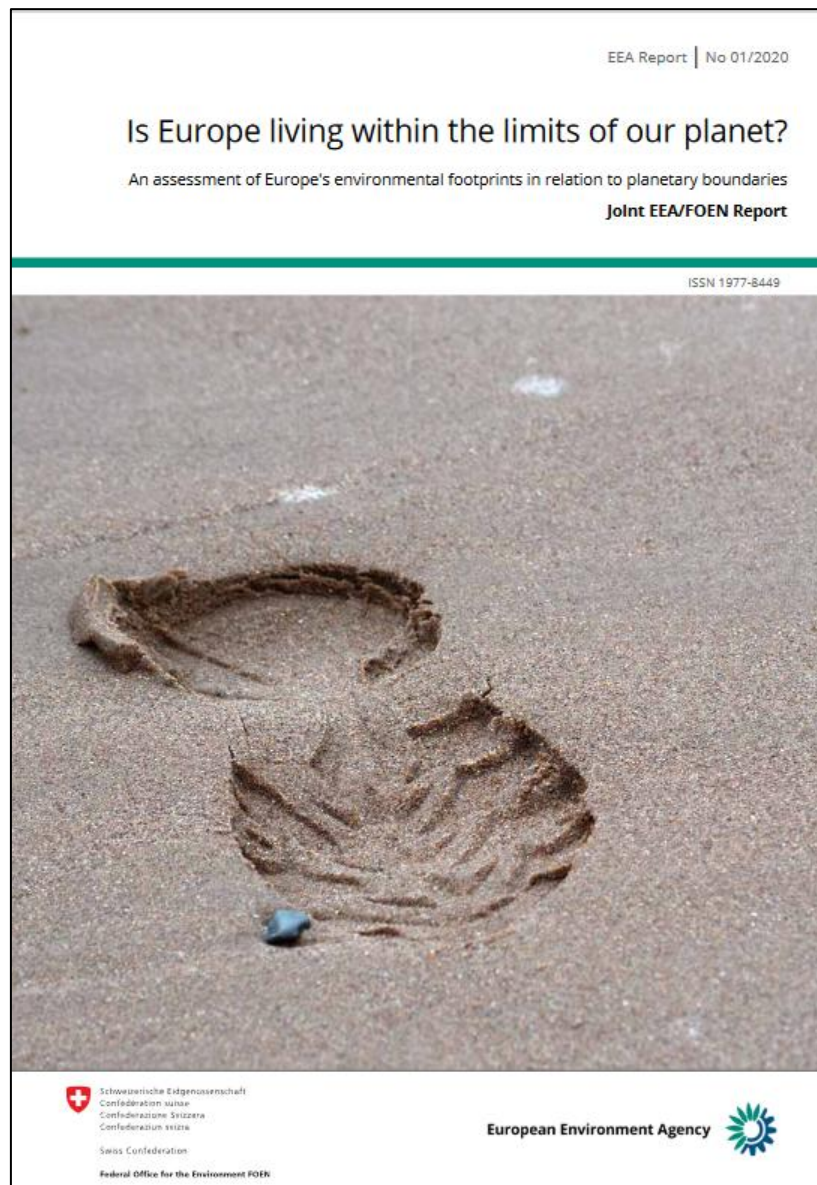


Focus sur l'énergie et la décarbonation, analysée par secteurs, coordonnés entre eux

- Industrie
- Agriculture/alimentation
- Fret
- Mobilité quotidienne
- Mobilité longue distance
- Automobile
- Logement
- Emploi
- Administration publique
- Santé
- Culture
- Villes et territoires

Février 2022

5. LA PRISE EN COMPTE DU CONCEPT DANS LES LOGIQUES DE DÉVELOPPEMENT – UNION EUROPÉENNE 28



- Il est nécessaire de compléter la notion de développement durable par une explicitation de limites,
- Les limites planétaires correspondent à des notions physiques liées à la finitude de la planète Terre ; les métriques financières ne sont que des représentations par convention,
- La prise en compte des limites planétaires conduit à une logique de planification coordonnée de l'utilisation des ressources,
- Les limites planétaires ont été imaginées initialement au niveau global ; des réflexions sont en cours pour en valider la pertinence pour un territoire (pays, province) ou pour une activité,
- Le changement climatique est une limite parmi d'autres, avec des effets sur plusieurs autres limites (acidification des océans, effet sur la biosphère....),
- La notion de “point de bascule” (“tipping point”) décrit le changement d'état, durable, d'un système entre un état initial, et un état final.

Aurélien Boutaud
Natacha Gondran
**Les limites
planétaires**

En rayon, bibliothèque IMT Atl.



Il existe une Fresque des frontières planétaires

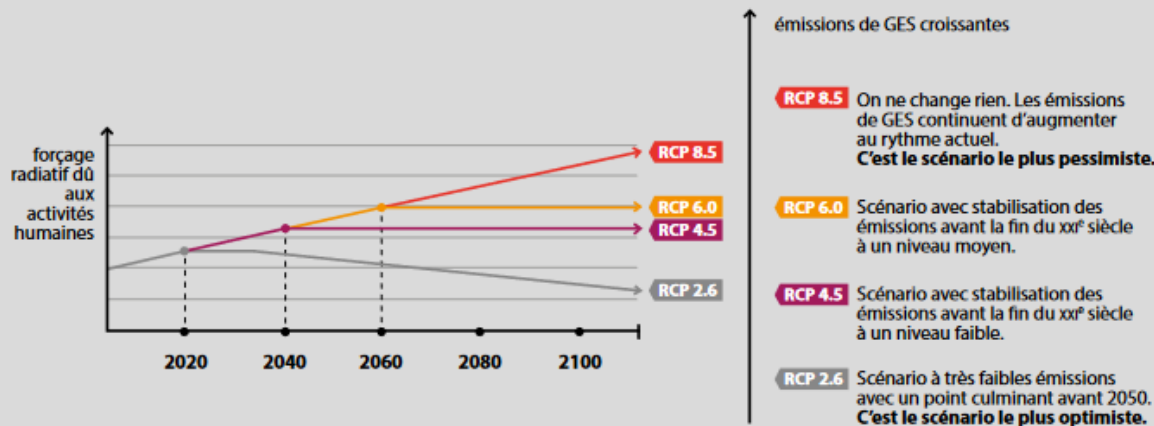
<https://fresquefrontieresplanetaires.earth/>

- The Limits to growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind Donella H. Meadows; Jorgen Randers; Dennis L. Meadows; William W. Behrens, 1972
- Les limites à la croissance : dans un monde fini: le rapport Meadows, 30 ans après / Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers (bibliothèque IMT Atl.)
- Rockström, J. et al. A safe operating space for humanity. Nature 461, 472–475 (2009)
- Steffen, W. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science 347, 1259855 (2015)
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., . . . von Bloh, W.(2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. Science Advances,9(37),eadh2458
- W. Steffen, W. Broadgate, L. Deutsch, O. Gaffney, C. Ludwig, The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. Anthropocene Rev. 2, 81–98 (2015)
- K.Rayworth, A safe and just space for humanity ; can we live within the doughnut ?, 2018
- Les limites planétaires Aurélien Boutaud, Natacha Gondran, La Découverte, mai 2020. ISBN-13 : 978-2348046230



4 SCÉNARIOS POUR LE XXI^E SIÈCLE

Les experts ont analysé les projections regroupées en quatre trajectoires (appelé scénarios RCP) possibles en fonction du profil d'évolution de nos émissions.



Scénarii IPCC, 5^{ème} rapport 2013-2014

LE FORÇAGE RADIATIF

C'est le changement du bilan radiatif (rayonnement descendant moins rayonnement montant) au sommet de la troposphère (9 à 16 km d'altitude) ou de l'atmosphère, dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat comme la concentration des gaz à effet de serre. Le forçage radiatif est exprimé en watt par mètre carré (W/m^2). Sa valeur pour les gaz à effet de serre dus aux activités humaines était de $2,90 W/m^2$ en 2013. Les **RCP 8.5**, **RCP 6.0**, **RCP 4.5**, **RCP 2.6** sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Le scénario le plus pessimiste est le **RCP 8.5**.