

Limites planétaires

Maud Rio

Maitresse de Conférence

Laboratoire GSCOP

<https://pagesperso.g-scop.grenoble-inp.fr/maudrio/>

ADN du labo

- Des systèmes de production
 - Comme objet de recherche
 - Comme source de verrous scientifiques
 - Utilisateurs des propositions
- Une diversité
 - De méthodes de recherche mobilisées
 - De méthodes développées d'analyse, model, optimisation



Contributions

Questionnement sur les « transitions »

- vers une économie davantage circulaire, soutenable, une transition énergétique y compris dans les systèmes de production
- numérique: réalités virtuelles et augmentées, usage et analyse des données
- Le futur des systèmes de production: centrée-humain, fabrication additive, jumeaux numériques, etc.





Défis Scientifiques :

- Le pilotage de la conception sous contraintes de ressources pour la fabrication (matériaux rares) et d'impacts environnementaux générés
- La compréhension des modes de consommation durable et soutenables
- Les méthodes d'éco-conception et les outils en support, l'innovation
- La place de l'humain au regard de la technologie dans son environnement professionnel et sociétal
- La compréhension des leviers pour définir une économie circulaire soutenable.



Comprendre les mécanismes d'intégration de la soutenabilité forte dans les activités des concepteurs situées

Maud Rio

Ingénieure systèmes mécaniques & **master** Ecodesign et écologie industrielle
Doctorat: interopérabilité fédérative pour des concepteurs proactifs vis-à-vis de la dimension environnementale au cours du processus de développement des produits

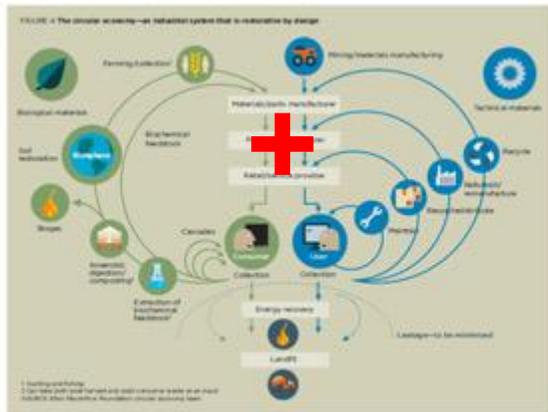
Vers une intégration de la circularité soutenable en ingénierie du cycle de vie: développement de méthodes avec et pour les concepteurs situés, en relation avec les niveau macro-économiques et planétaires et les **mutations socio-techniques contemporaines**

Approche de Design to Environment **Modèle-Vue-Contrôle** en conception **située**



Maîtresse de Conférences à Grenoble

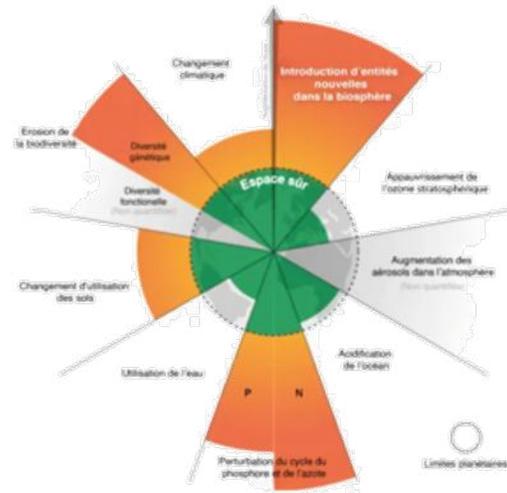
RMIT (Australia)
Research fellow in LCA, integrated ecodesign methods for companies



Resilience Centre of Stockholm
A safe operating space

Catalyse

DTU
Integrating Absolute Sustainability in PDP



En cours en recherche:

- **5 thèses** dont 3 avec le G2ELab
- **Projets de recherches:** ANR VIVAE, PowerAlps, EECONE
- **Création et animation du Comité Technique Soutenabilité** (GDR Macs – SAGIP, Smart, Club EEA)
- Conseil de labo, animation CoSys...

En enseignement:

- **Enseignement enjeux environnement & ecoconception** à l'IUT1 (GMP, MP, Chimie) – resp. à GMP
- Stage 3e année
- EcoCloud – Smart Academy: Dfs, ...

Contexte de changements globaux et irréversibles, avec forte inertie, modifiant les systèmes socio-techniques entretenant des relations de dépendance avec les écosystèmes endommagés, conditionnant l'habitabilité de la planète [Cruken, Nature 2002]

Quelques collaborations avec le G2ELab (équipe EP)

Vise l'intégration en conception de stratégies et scénarios de changements d'échelles de cycles de vies de produits et systèmes technologiques & électroniques

Exemples de projets actuels de recherche

- **Supporter les démarches d'écoconception pour les électroniciens de puissance au niveau du processus de conception:** intégration des méthodes d'écodesign projet ANR VIVAE (2021-2025): Travaux de doctorat de Li Fang, méthode d'écodesign par une approche fonctionnelle
- **Développer une approche réflexive sur les enjeux de soutenabilité en recherche en EP** - communauté IDEX CDP Power@Alps (sept. 2023-2026): doctorat de Yuechen Li
- L'approche d'écoconception **modulaire circulaire**, communauté Europe EECONE – European ecosystem for green Electronics (Juil. 2023-2026): doctorat de Lucas Pinto (oct. 2023-2026)
- **Vers l'écoconception de technologies émergente pour l'énergie et l'industrie du futur: prise en compte du changement d'échelle en ACV:** projet Carnot Energie du Futur (mars 2021-2024): doctorat de Lucas Riondet



Plan de la présentation

1. Le cadre des limites planétaires

- Genèse du cadre des Limites Planétaires & contexte de l'anthropocène
- Explication du cadre des LP
- Quelles intentions portées par les auteurs?

2. Mise en œuvre: permettre à nos sociétés (industrielles) de « maintenir » une habitabilité de la planète

- Questions de démocratie et conditions externes nécessaires (mutation plurielle)
- Quelles mise en œuvre pour les chercheurs en ingénierie?
- Le cadre Design for Sustainability – enjeux et mise en œuvre au niveau des travaux de recherche (travaux actuels en cours)

3. Actions dans nos communautés

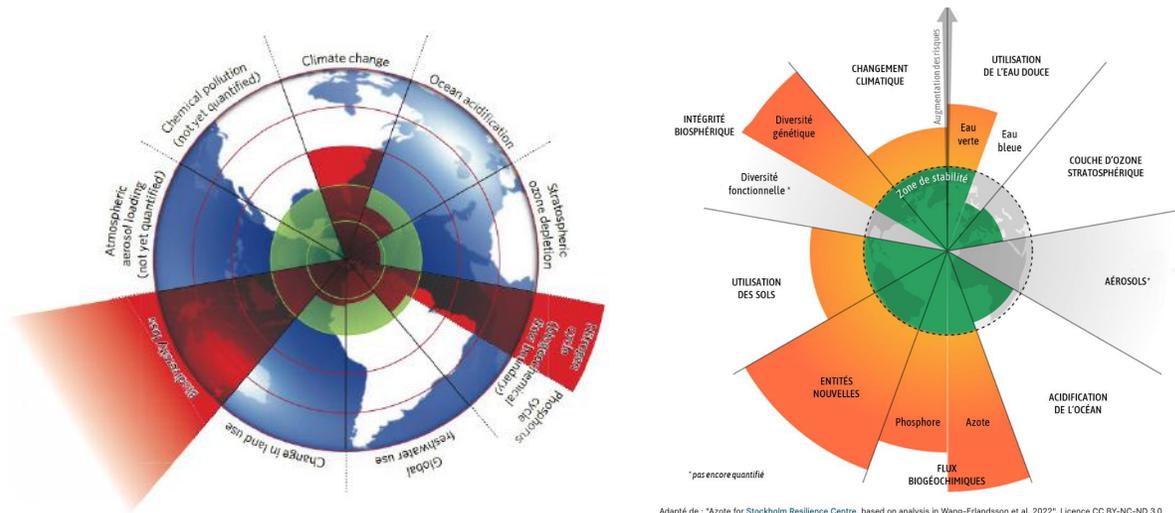
- Hypothèse 1: de la réflexivité
- Hypothèse 2: les conditions externes nécessaires
- Pluralité des trajectoires & élaborations des stratégies avec de la rigueur scientifique
- Lutter contre la posture du « chercheur somnambule », quelques propositions

Bilan, ouverture du débat

Concepts: cf glossaire

1 - Le cadre des limites planétaires

- Genèse du cadre des Limites Planétaires & contexte de l'anthropocène
- Explication du cadre des LP
- Quelles intentions portées par les auteurs?



Adapté de : "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Eriandsson et al. 2022". Licence CC BY-NC-ND 3.0

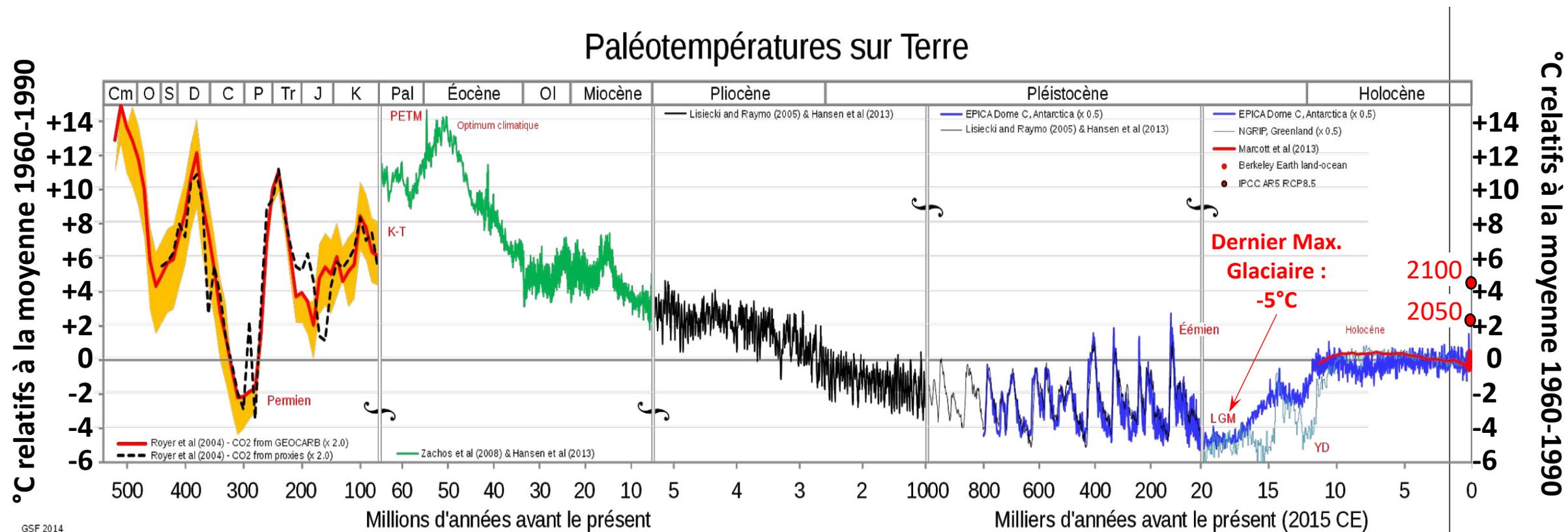
1 - Le cadre des limites planétaires: genèse et contexte

- **Epoque de l'Holocène des 10 derniers milliaires:** un environnement planétaire (climat, ...) relativement stable, croissance des civilisations humaines
- **Une stabilité menacée actuellement:** générée par les activités anthropiques
- « En l'absence de pression anthropique, les conditions de stabilité de l'Holocène pourraient se maintenir pendant encore des milliers d'années, cependant les activités humaines font courir des risques de plus en plus élevés de changements irréversibles et brutaux de l'environnement planétaire, le système Terre pouvant alors sortir de la zone de stabilité associée à l'Holocène (si ce n'est déjà le cas). » [S3C, UVED, 2023]



1 - Le cadre des limites planétaires

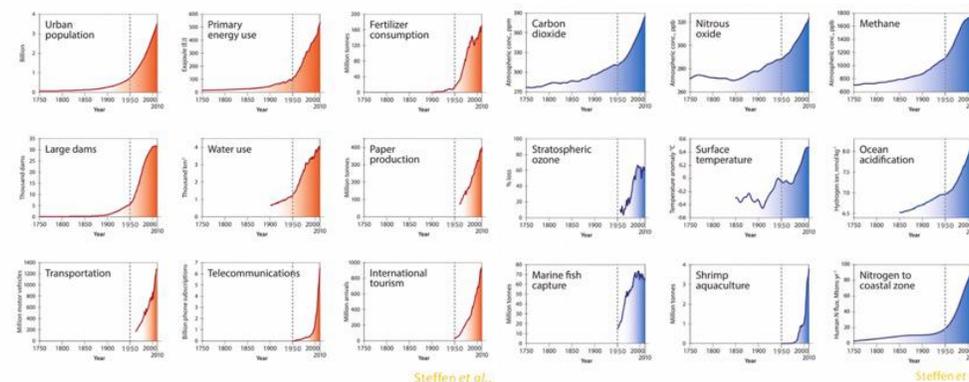
La température dans le passé a varié énormément, mais très lentement



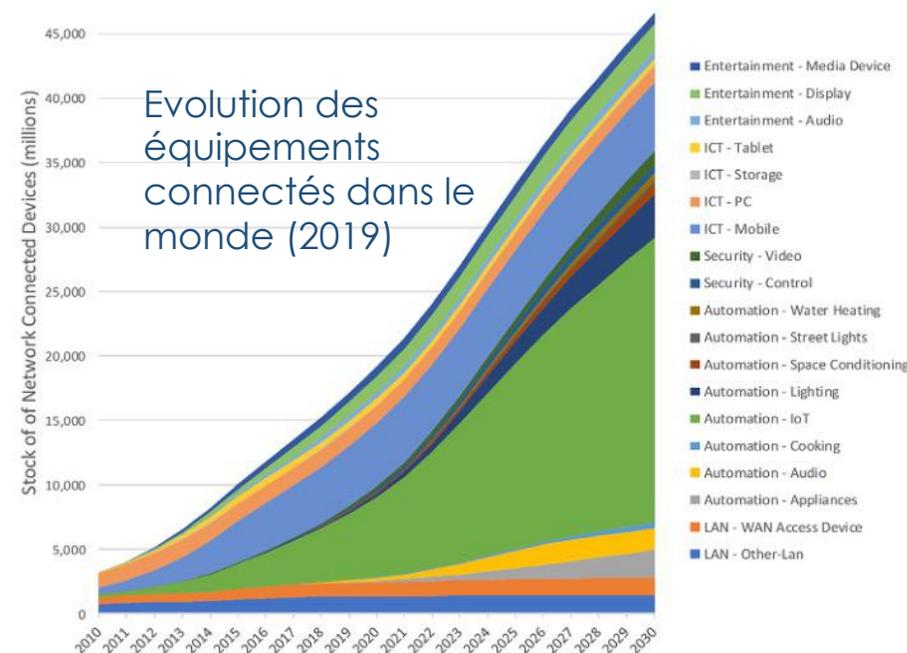
1 - Le cadre des limites planétaires: genèse et contexte

Plusieurs datations de l'entrée dans l'ère de l'anthropocène:

- 1^e datation au feu, 2^e à l'Agriculture - ancien/nouveau monde (impérialisme, domination, esclavagisme),
- la 4^e de Cruzen, 2002 vers 1769 (Machine à vapeur) ou 1800 (révolution industrielle) avec des modification chimiques de l'atmosphère (capitalisme),
- 5^e datation (ref. de Will Stephen) la « grande accélération » en 1950 (société de consommation),
- la 6^e datation de Zalasiewicz – 1945 avec la bombe atomique (radionucléide – pouvoir politique & ethnoscientifique),
- 7^e hypothèse de Wolf (futur...nécessite un temps plus long) – *Ref. Anthropocene Working Group*



[Will Steffen, Paul J. Crutzen et John R. McNeil, « The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, Royal Swedish Academy of Sciences, vol. 36, n° 8, décembre 2007, p. 614]



Ref: débat sur la datation de l'anthropocène, <https://youtu.be/BeCwvsnlKV8>

Nathanaël Wallenhorst, « La datation de l'entrée dans l'Anthropocène », *Recherches & éducations* [En ligne], 23 | 2021,

consulté le 11 octobre 2023. URL : <http://journals.openedition.org/rechercheseducations/11539> ; DOI :

<https://doi.org/10.4000/rechercheseducations.11539>

maud.rio@g-scop.eu

1 - Le cadre des limites planétaires: genèse et contexte

Figure de l'équipe de chercheurs engagés => évite d'être discrédités comme les « loups solitaires » - reproches souvent adressés à Malthus, Lovelock ou Ehrlich

« A la limite, les travaux techniques concernant la date du commencement de l'Anthropocène, ou sa stratigraphie s'adressent eux aussi à un public plus large que celui des géologues. Les affirmations sur la fin de l'Holocène ou sur les limites planétaires dépassent largement le cadre scientifique explicatif ou descriptif et le savoir scientifique est ici produit en vue d'une réaction sociale. En ce sens, l'Anthropocène est un appel social et politique et est utilisé comme véhicule médiatique pour propager l'inquiétude d'une communauté. Cette volonté d'être entendu se traduit par l'abandon d'une prose scientifique habituellement plus prudente et sobre. Les affirmations sont de plus en plus alarmantes et se rapprochent plus d'une forme de radicalisme politique. » ; (p287, Alexander Federau, 2017)



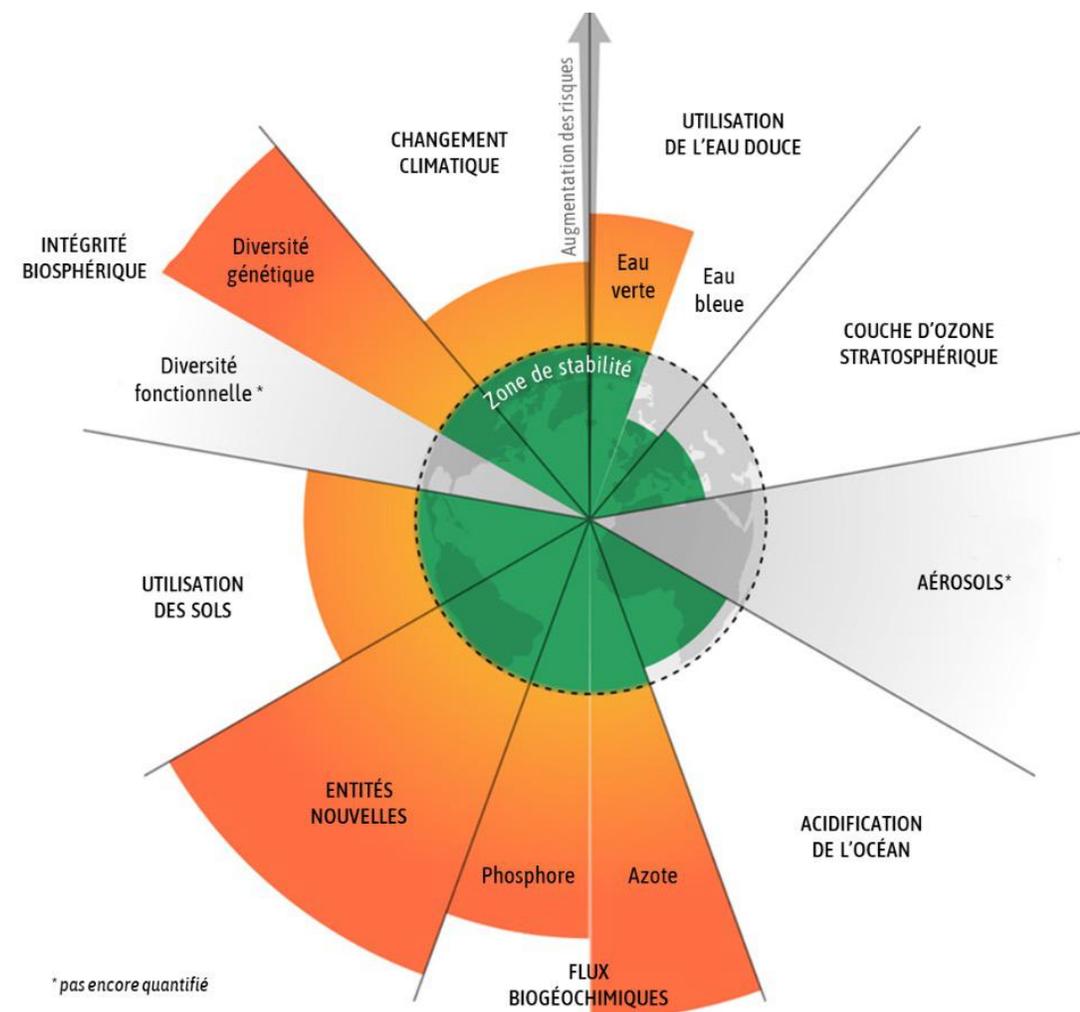
1 - Le cadre des limites planétaires: genèse et contexte

- 2006: création du résilience center de Stockholm (CRCT 2021-2022, équipe de Sarah Cornell)
- Le concept de **limites planétaires** est proposé en **2009** par Johan Rockström et un groupe international de 28 scientifiques. De telles limites ont pour but de délimiter un « espace sûr pour l'humanité », assurant le maintien des conditions de l'Holocène. En revanche, le dépassement de ces mêmes limites fait courir le risque de changements environnementaux pouvant advenir de manière abrupte (phénomènes de basculement dits « non linéaires »), avec des effets délétères, voire catastrophiques pour les humains et les écosystèmes.
- « *Les limites planétaires sont les seuils que l'humanité ne devrait pas dépasser pour ne pas compromettre les conditions favorables dans lesquelles elle a pu se développer et pour pouvoir durablement vivre dans un écosystème sûr, c'est-à-dire en évitant les modifications brutales et difficilement prévisibles de l'environnement planétaire.* »

1 - Le cadre des limites planétaires: explications

Rockström et al. ont identifié les **neuf limites planétaires** listées ci-dessous. Celles-ci ont été mises à jour en 2015 par Steffen et al. :

- **Changement climatique**
- **Intégrité de la biosphère**
- Appauvrissement de l'ozone stratosphérique
- Acidification des océans
- Perturbation des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore
- Changement d'affectation des sols
- Perturbation du cycle de l'eau douce
- Charge atmosphérique en aérosols
- Introduction d'entités nouvelles (substances chimiques de synthèse, matériaux ou organismes créés ou modifiés tels que les matières plastiques, les nanoparticules, les OGM...)



Adapté de : "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Erlandsson et al. 2022". Licence CC BY-NC-ND 3.0



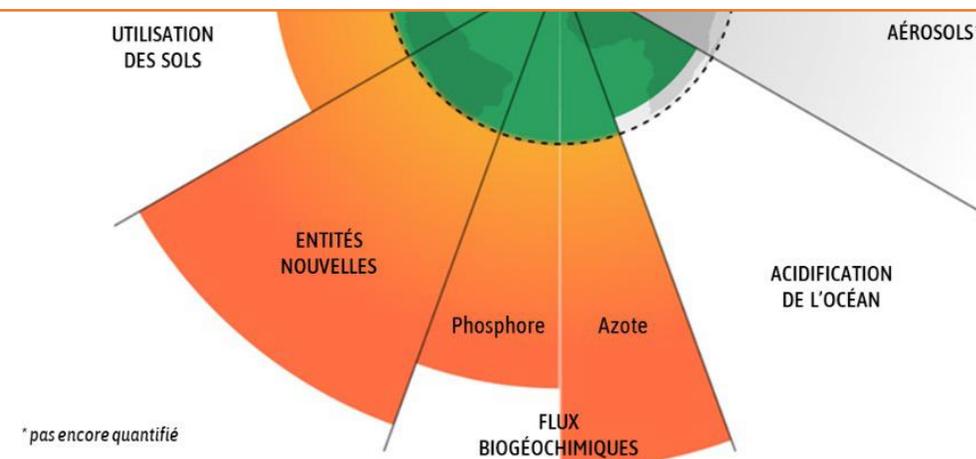
1 - Le cadre des limites planétaires: explications

Rockström et al. ont identifié les **neuf limites planétaires** listées ci-dessous. Celles-ci ont été mises à jour en 2015 par Steffen et al. :

- **Changement climatique**
- **Intégrité de la biosphère**
- Appauvrissement de l'ozone stratosphérique
- Acidification des océans
- Perturbation des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore
- Changement d'affectation des sols
- Perturbation du cycle de l'eau douce
- Charge atmosphérique en aérosols
- Introduction d'entités nouvelles (substances chimiques de synthèse, matériaux ou organismes créés ou modifiés tels que les matières plastiques, les nanoparticules, les OGM...)

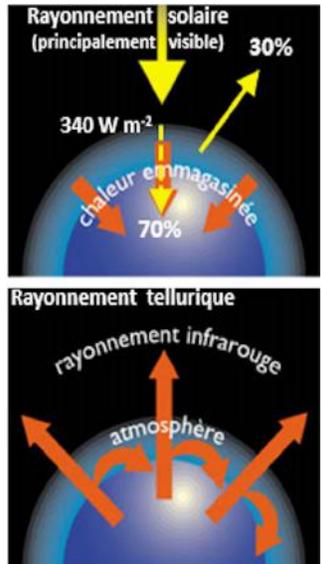
« limites planétaires centrales » (*core planetary boundaries*), **d'importance fondamentale pour le système Terre**

Dont des changements importants les affectant (par ailleurs étroitement liés) pourraient à eux seuls faire sortir le système Terre des conditions de l'Holocène.

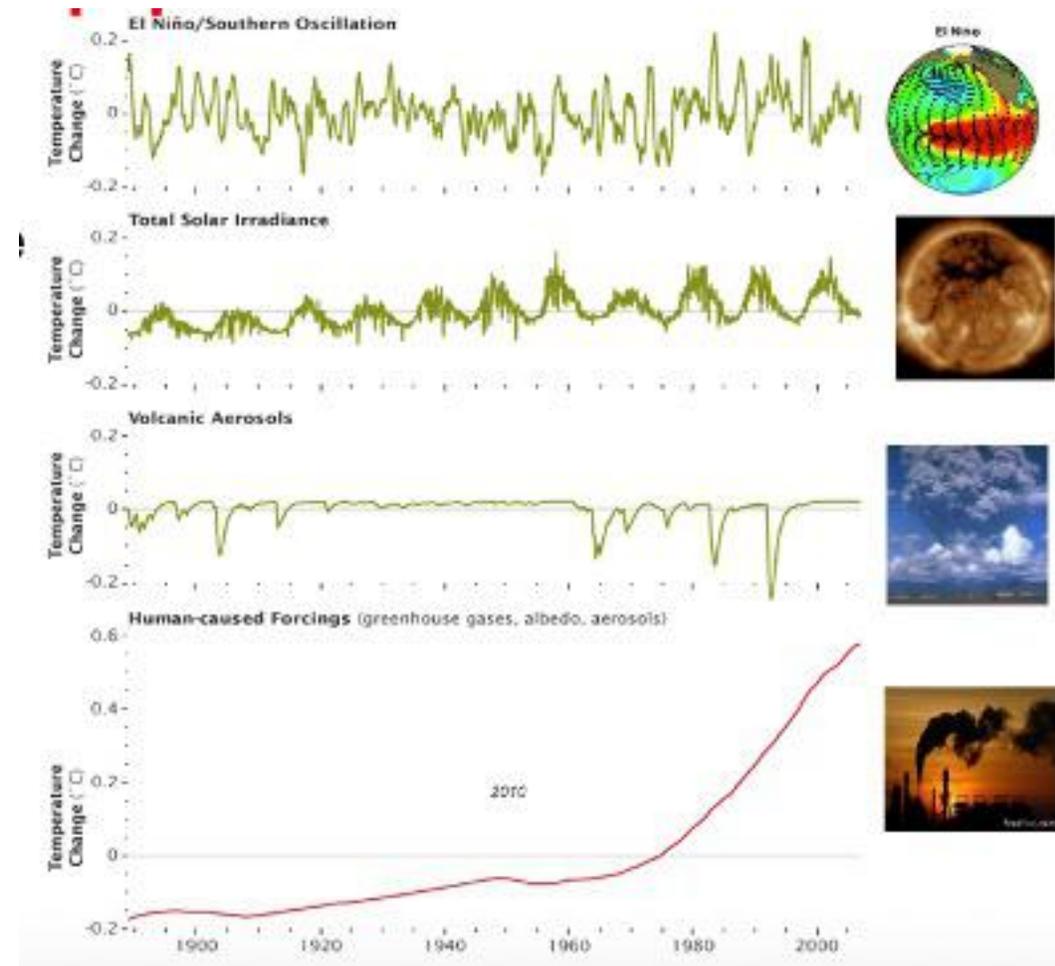


Adapté de : "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Erlandsson et al. 2022". Licence CC BY-NC-ND 3.0

1 - Le cadre des limites planétaires: exemple du climat



- La Terre est une planète qui échange du rayonnement lumineux avec l'extérieur: entrant (de son étoile principalement, visible) et sortant (rayonnement infrarouge réfléchis)
- Le système climatique définit un ensemble d'interactions entre les 5 grands sous-ensembles terrestres :
 - la lithosphère (couche supérieure de la partie solide de la Terre),
 - l'hydrosphère (tout ce qui concerne l'eau liquide),
 - la cryosphère (tout ce qui concerne la glace),
 - l'atmosphère (l'enveloppe gazeuse de la Terre solide),
 - la biosphère (tout ce qui concerne la vie).
- Son fonctionnement présente une certaine variabilité "interne" et est soumis à des "forçages externes".
- Mesures au niveau de la planète et par région



Rappel

Bloc n°1. Les gaz à effet de serre “homogènes”, suffisamment mélangés et persistants dans l’atmosphère pour que leur concentration puisse se mesurer depuis un petit nombre de sites et être pertinente et utilisable au niveau global, malgré des sources (émissions) et des puits (absorption) forcément locaux.

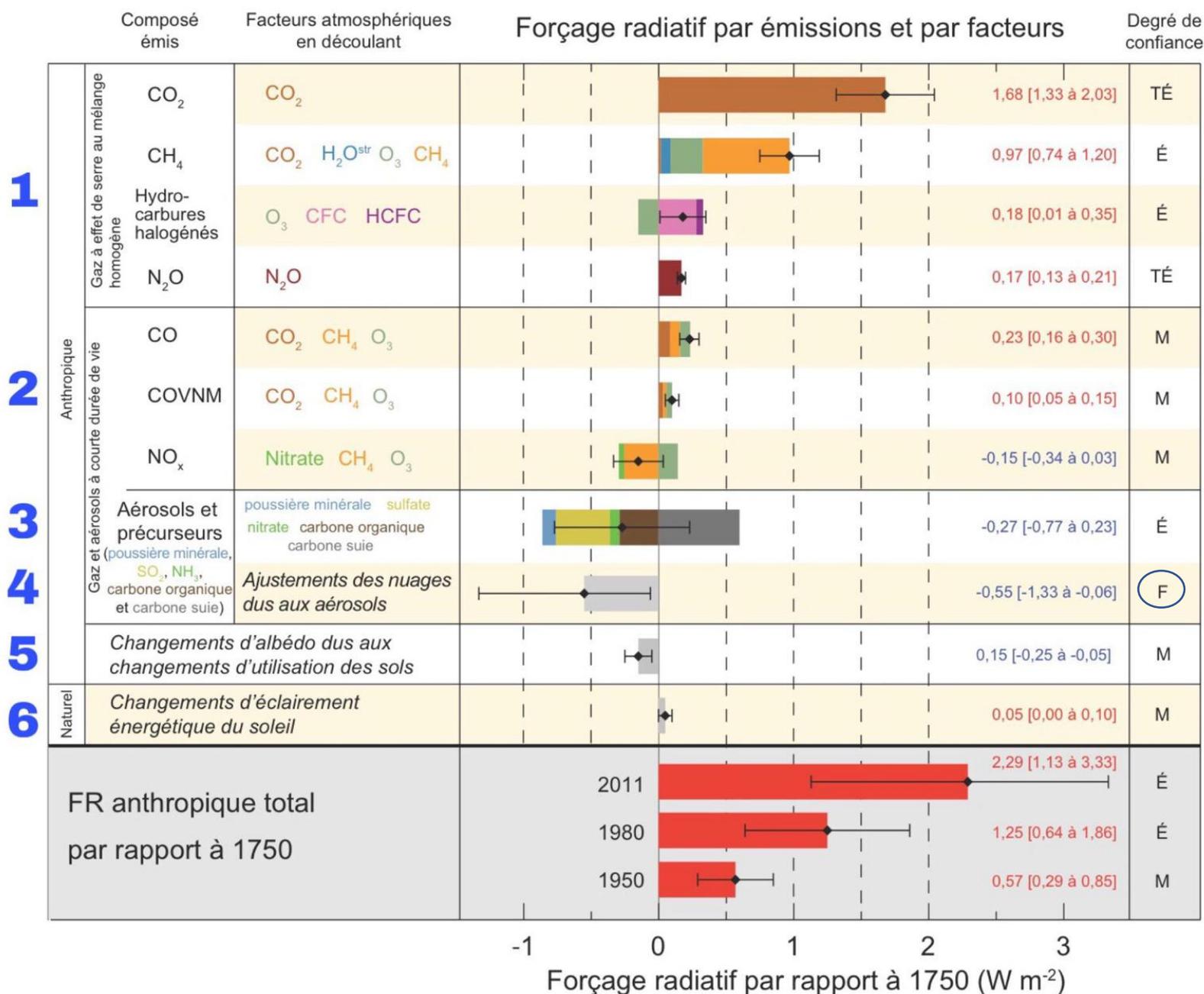
Bloc n°2 : les gaz à courte durée de vie (qui réagissent avec d’autres composés chimiques, ralentissant l’épuration de GES dans l’atmosphère)

Bloc n°3 : les aérosols (fines particules en suspension dans l’atmosphère), forçage positif ou négatif, dépôts de suie sur neige réduisant l’albédo; etc.

Bloc n°4 : les ajustements des nuages dûs aux aérosols

Bloc n°5 : le changement d’utilisation des sols (ex: déforestation => changement d’albédo)

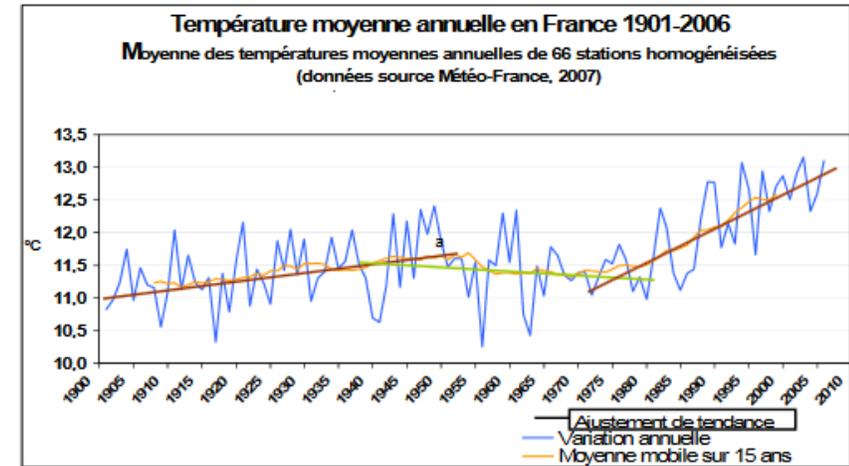
Bloc n°6 : les causes naturelles (irradiance solaire, activité volcanique)



1 - Le cadre des limites planétaires: exemple du climat en France métropolitaine

- ❶ 1901-1945, réchauffement lent, significatif, à environ $+0.1^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ (total $+0.4^{\circ}\text{C}$);
- ❷ 1945-1979, stagnation à léger refroidissement, non significatif, à $-0.04^{\circ}\text{C}/\text{déc}$ (total -0.15°C);
- ❸ 1979-2009, réchauffement rapide, très significatif, à $+0.5^{\circ}\text{C}/\text{déc}$ (total: $+1.5^{\circ}\text{C}$).

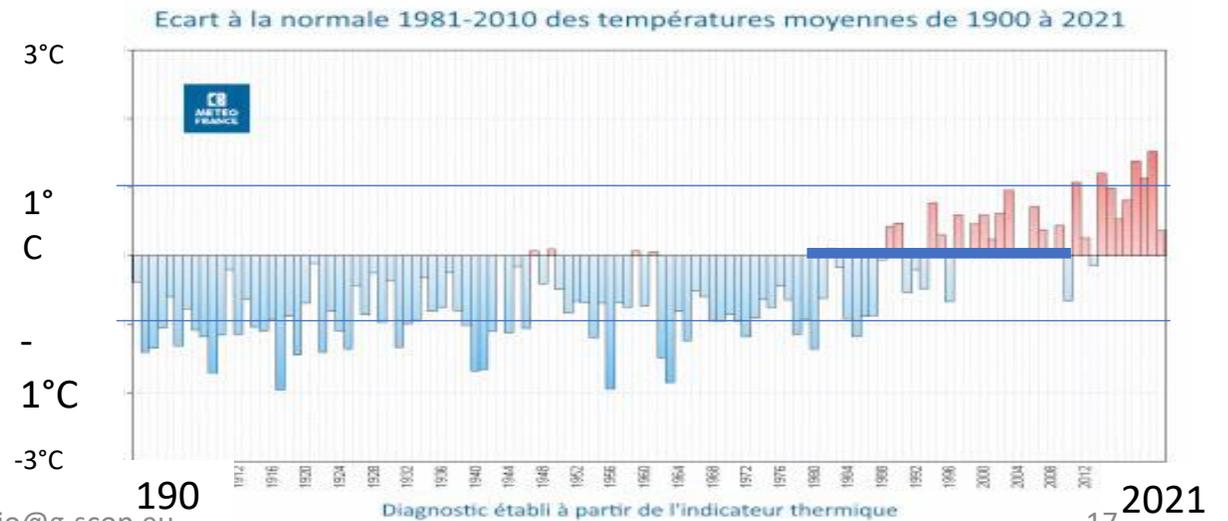
- ⇒ $+1.8^{\circ}\text{C}$ sur un siècle, dont 1.5°C sur 1979-2009
- ⇒ L'été se réchauffe plus vite que l'hiver



Effets visibles: fonte des glaciers, l'Arctique, Groënland, élévation du niveau des mers ...



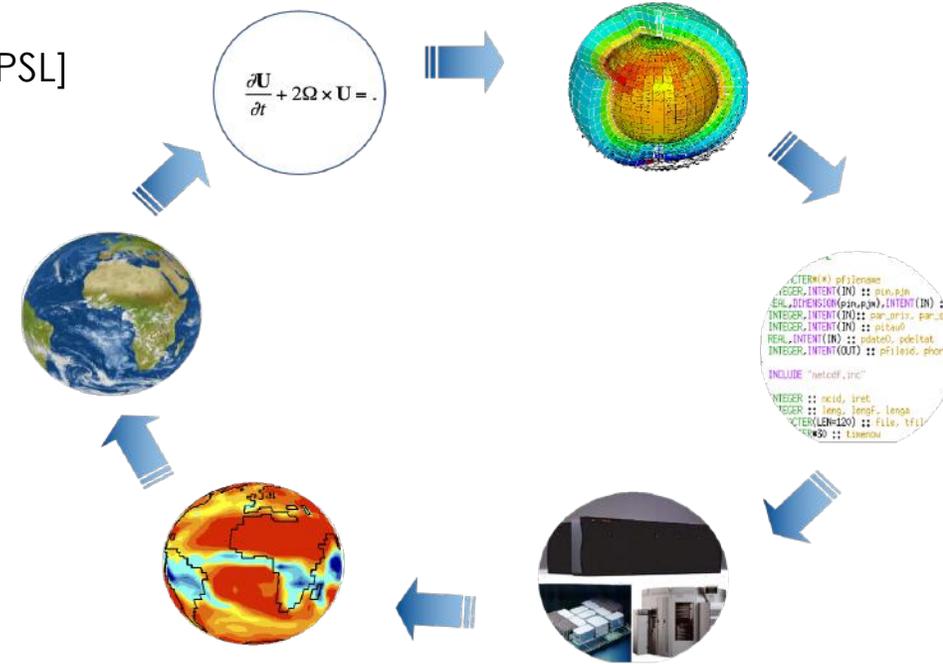
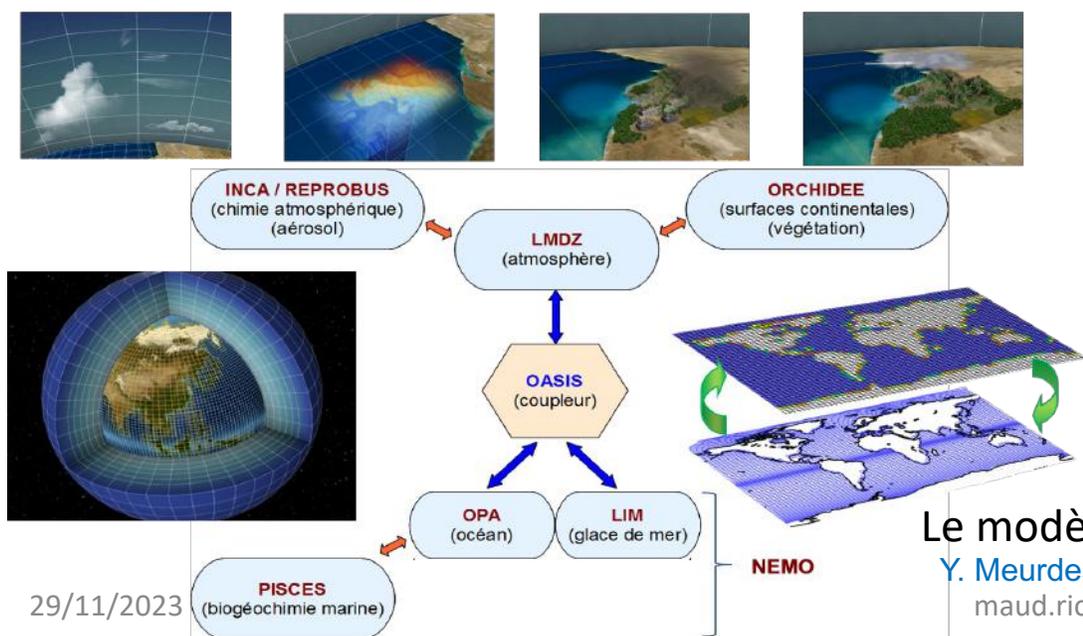
Ici la mer de glace du massif du Mont-Blanc
29/11/2023



1 - Le cadre des limites planétaires: explications – méthodes de modélisation pour le climat

Modéliser comprend plusieurs étapes successives et renouvelées pour progresser :

- mise en équations, lois fondamentales de la physique,
- élaboration de schémas mathématiques et numériques pour résoudre ces équations
- développement de logiciels
- calcul sur ordinateurs massivement parallèles (super calculateurs)
- obtention de résultats : simulations et projections
- confrontation aux données, validation des modèles (fiabilité) [R. Bonnet, IPSL]



Le modèle de l'Institut Pierre Simon Laplace
 Y. Meurdesoif, LSCE-IPSL
 maud.rio@g-scop.eu

O Marti, LSCE-IPSL

1 - Le cadre des limites planétaires: explications – méthodes de modélisation pour toutes les limites

- 5-6 modèles principaux
- Exemple:
 - The inter-Sectoral impact model intercomparison Project – from ISIMP, <https://www.isimip.org/impactmodels/details/66/>
 - IMAGE model
 - PIC in Posdam (purement académique)
 - IRC (Energy politics)
 - World 3

Ref.: [https://www.wcrp-climate.org/images/documents/WCRP Strategic Plan 2019/WCRP-Strategic-Plan-2019-2028-FINAL-c.pdf](https://www.wcrp-climate.org/images/documents/WCRP_Strategic_Plan_2019/WCRP-Strategic-Plan-2019-2028-FINAL-c.pdf)

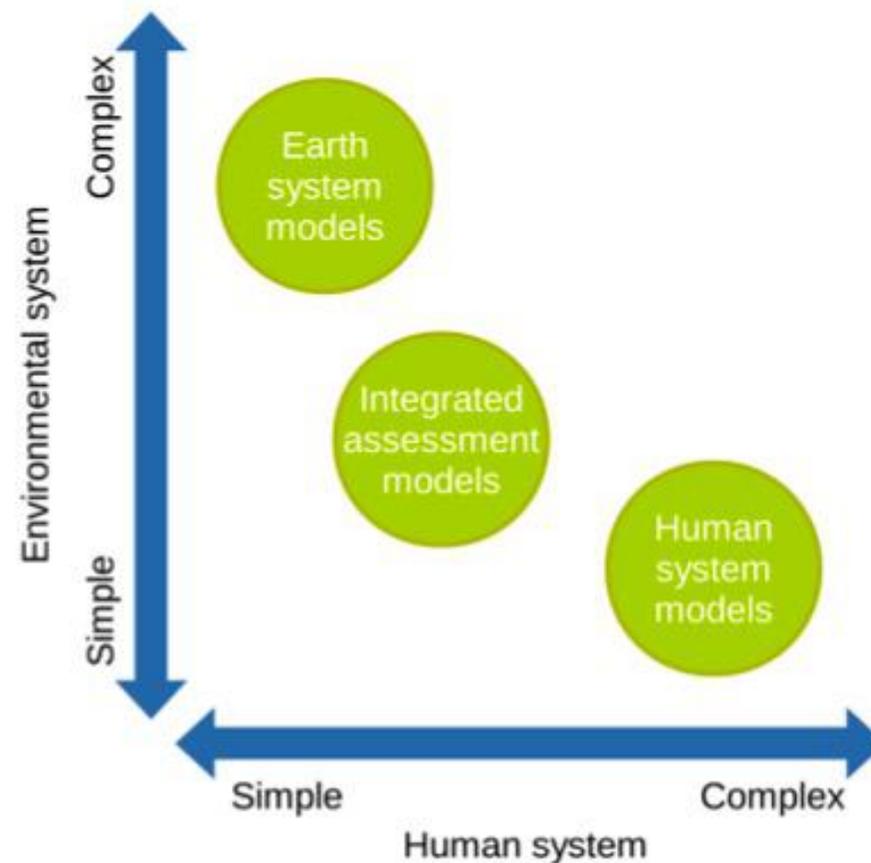


Figure 1. Different models relevant for integrated sustainable development/planetary boundaries research.



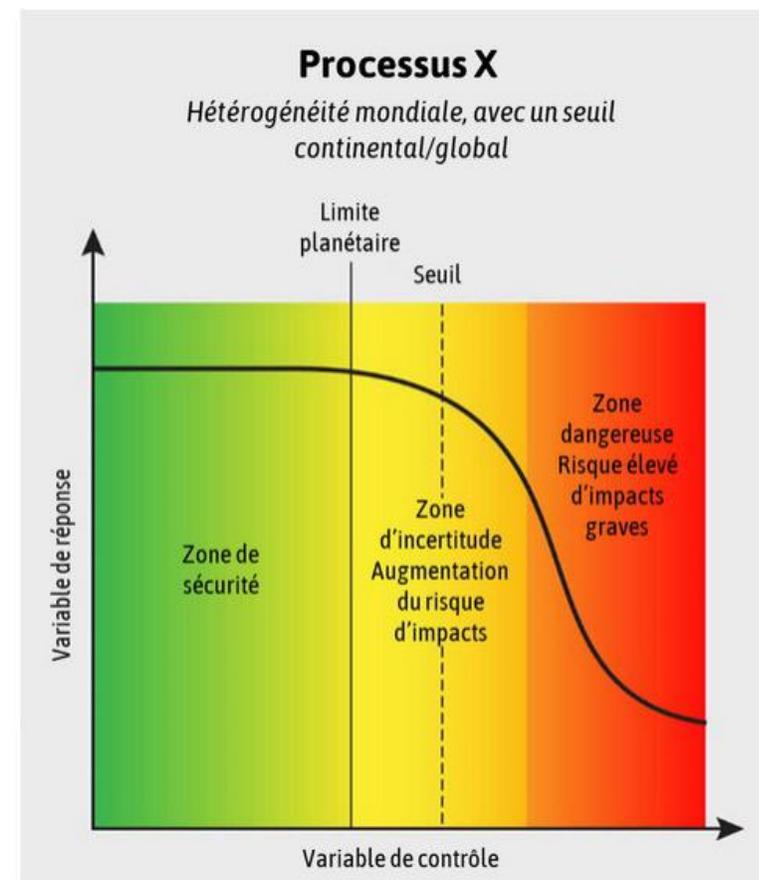
1 - Le cadre des limites planétaires: explications

Notions de point de bascule: variables de contrôle et de réponse, espace sûr et zone de risque

- Pour chaque limite planétaire identifiée, une (parfois deux) variable(s) de contrôle sont proposées.
- Ainsi, pour la limite planétaire « **changement climatique** », la concentration atmosphérique en CO₂ est l'une des deux variables de contrôle (la 2^e étant l'augmentation du forçage radiatif au sommet de l'atmosphère). La(les) variable(s) de réponse illustrent le comportement du système Terre en réponse à la perturbation de la variable de contrôle.
- Pour **le climat**, des exemples de variables de réponse sont la température globale moyenne de surface, le niveau des océans (qui augmente), la masse de glace continentale (qui diminue), etc.

La figure ci-dessous illustre le cas d'une limite planétaire associée à un point de bascule (*tipping point*). La limite planétaire est alors définie comme la valeur de la variable de contrôle à ne pas dépasser pour rester dans un espace sûr pour l'humanité. Le franchissement de la limite fait rentrer dans une zone de risque de déstabilisation du processus considéré.

Il est à noter que **la position du point de bascule** (lorsque ce dernier existe) n'est généralement pas connue. Dans le cas du changement climatique, la zone d'incertitude estimée pour la concentration atmosphérique en CO₂ **est l'intervalle 350-450 ppm** et la valeur de la limite planétaire proposée par Steffen et al. est 350 ppm. Celle-ci est largement dépassée en 2022, à 417 ppm (source : Global Carbon Budget)



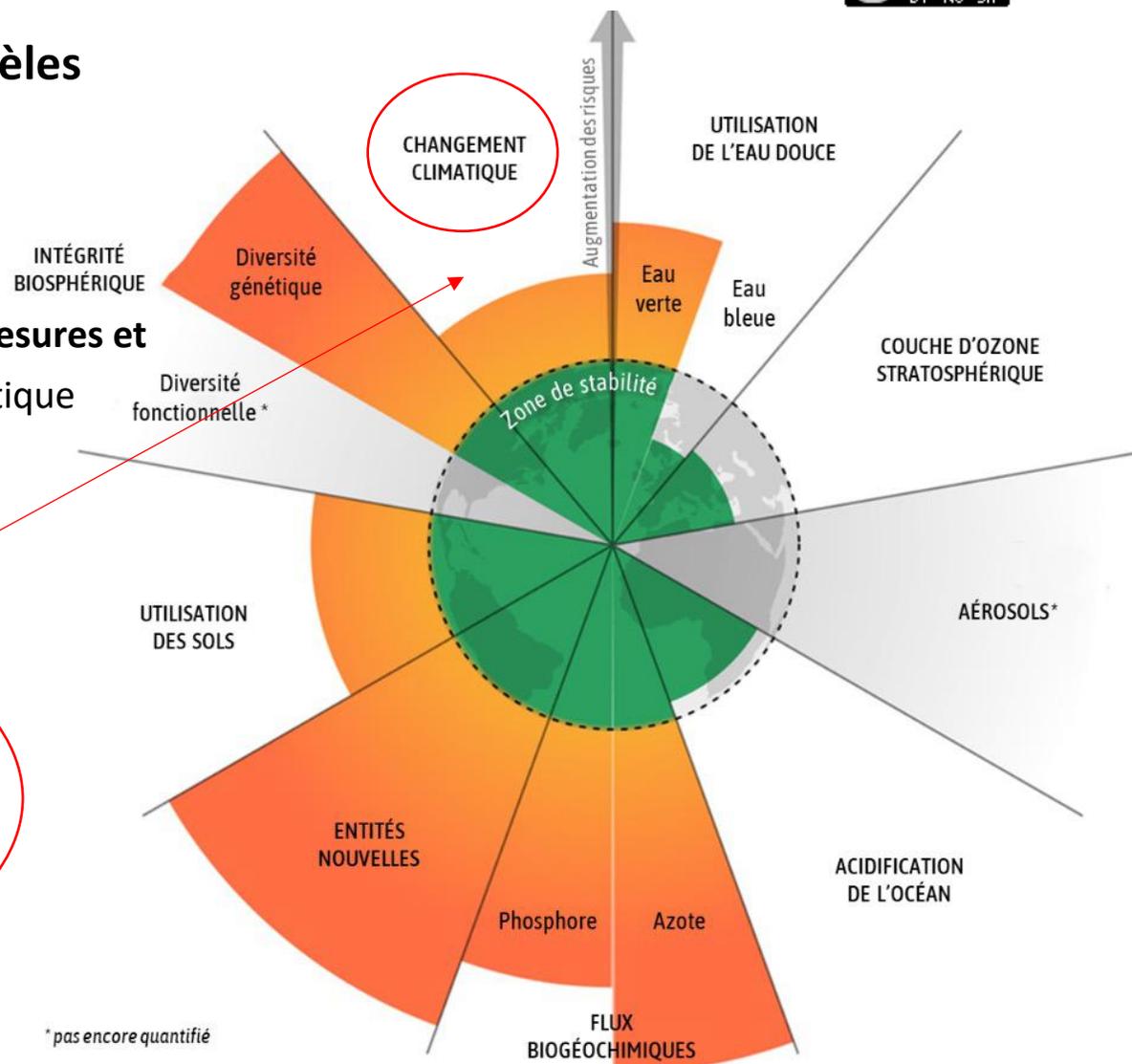
Adapté de "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet" par Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., et.al. (2015).

1 - Le cadre des limites planétaires:

Analogiquement, les chercheurs ont développé des modèles relatifs aux 8 autres catégories du cadre des LP

- Qu'est-ce que le dépassement des limites planétaires?
- Obtenu à partir de la valeurs limites « seuil » obtenu par les mesures et les calculs, par ex.: limite fixée à **350 ppm** pour la perturbation climatique

Dès 2009: la limites est franchie pour le changement climatique avec à l'époque une concentration de 387 ppm de CO₂ atmosphérique, supérieure à la limite fixée à 350 ppm ; aujourd'hui nous sommes à **417 ppm de CO2**





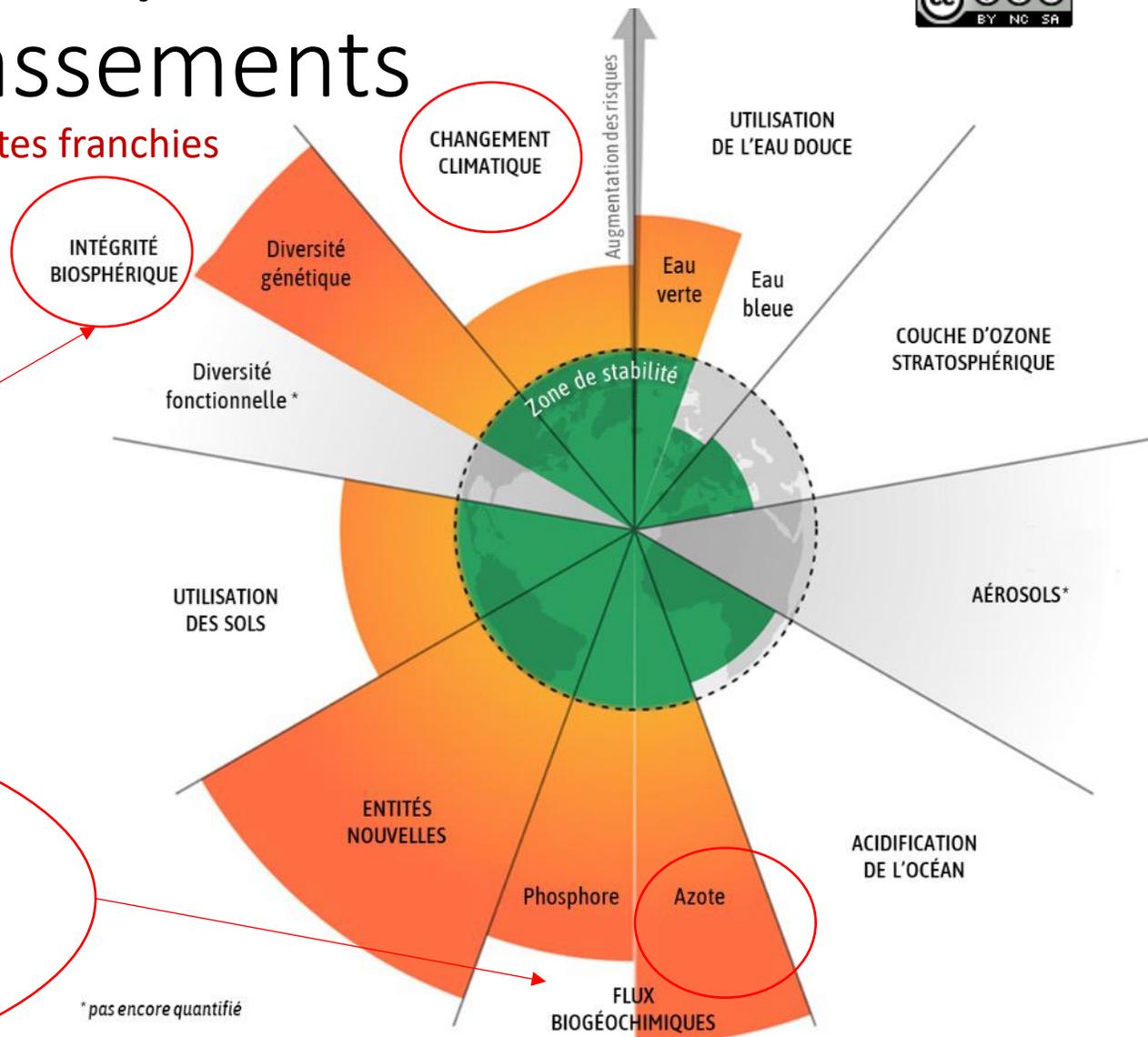
1 - Le cadre des limites planétaires: explications des dépassements

2009: 3 limites franchies

Dès 2009: la limite est franchie pour l'intégrité de la biosphère

avec un taux supérieur à 100 extinctions par million d'espèces et par an, plus de 10 fois supérieur à la limite fixée à 10 extinctions par million d'espèces et par an

Dès 2009: la limite est franchie Les cycles biogéochimiques de l'Azote avec 121 Mt/an de N₂ prélevés dans l'atmosphère par les activités humaines, pour une limite proposée à 35 Mt/an.



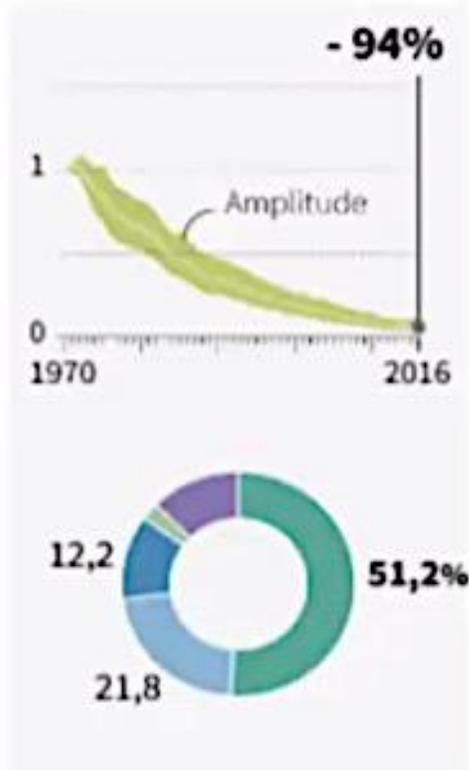
* pas encore quantifié

Focus sur l'intégrité de la biosphère: effondrement la biodiversité

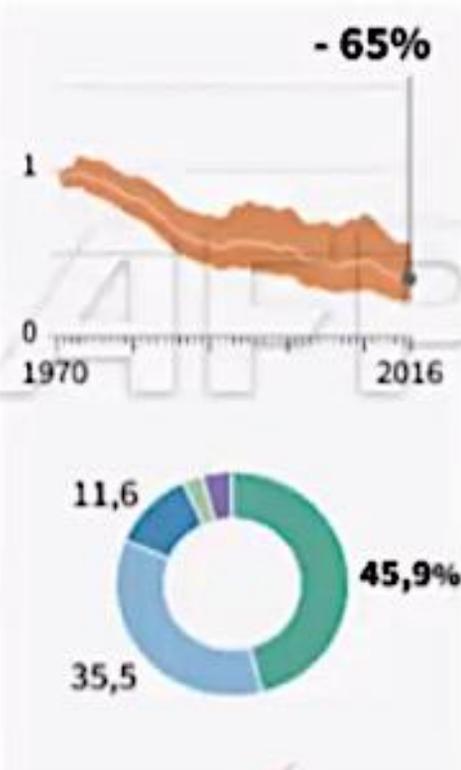
Évolution moyenne de la taille des populations de vertébrés suivies avec l'Indice Planète Vivante (IPV) du WWF, 1970-2016

► Par région Valeur de l'indice, indicateur de l'état de la biodiversité (1970 = 1)

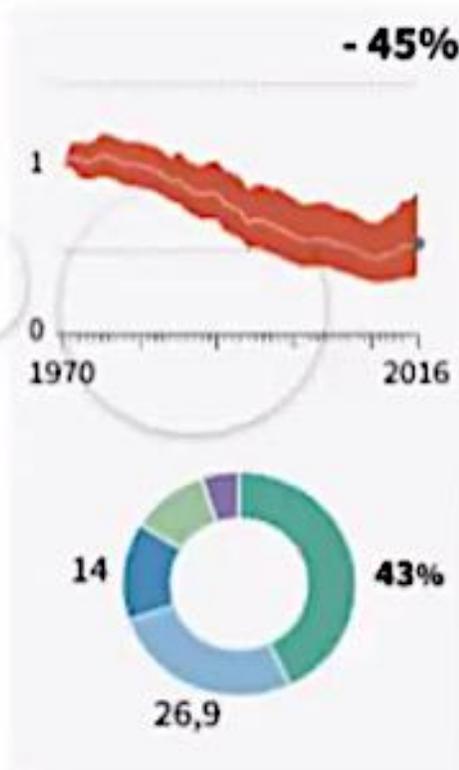
AMÉRIQUE LAT. / CARAÏBES



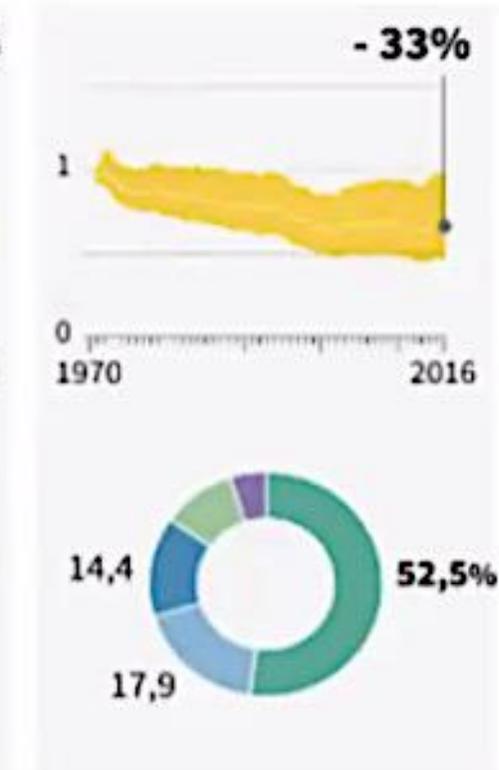
AFRIQUE



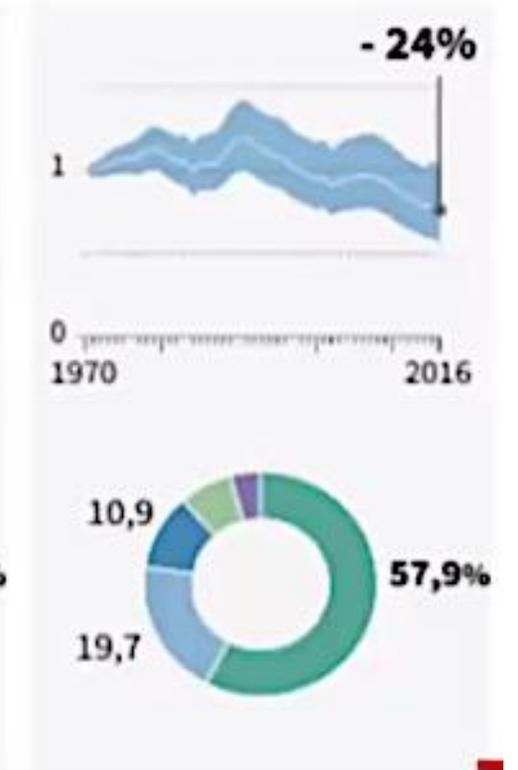
ASIE / PACIFIQUE



AMÉRIQUE DU NORD



EUROPE / ASIE CENTRALE



► Menaces

- Changements dans l'exploitation de la terre/mer (perte d'habitat, exploitation forestière, etc)
- Surexploitation (chasse, braconnage, récolte, etc)
- Espèces invasives et maladies
- Pollution
- Changement climatique

Source : WWF Living Planet Report 2020

30/11/2023

mauu.nu@g-scop.eu

Focus sur l'intégrité de la biosphère: effondrement la biodiversité

- 6e extinction massive de l'histoire de la Terre est en cours:
 - En 40 ans, plus de 400 millions d'oiseaux européens ont disparus, 3 milliards aux US; à l'échelle de la Terre, environ la moitié des populations d'espèces sauvages
 - Même quand l'espèce n'est pas encore éteinte, les animaux meurent. Depuis 1990 le nombre d'insectes volants a chuté de 80% en Allemagne, ...

Un rythme de disparition constaté **100 à 1000 fois supérieur** au rythme naturel, toujours + de développement urbain, d'exploitation minière, d'impacts générés dans la terre, l'eau et l'air

Rapport de
WWF, 2020

En 50 ans, la taille des pop. de vertébrés sauvages a décliné de 68%
- Ce chiffre correspond au « living planet index » donné par l'étude de 4392 espèces dans le monde

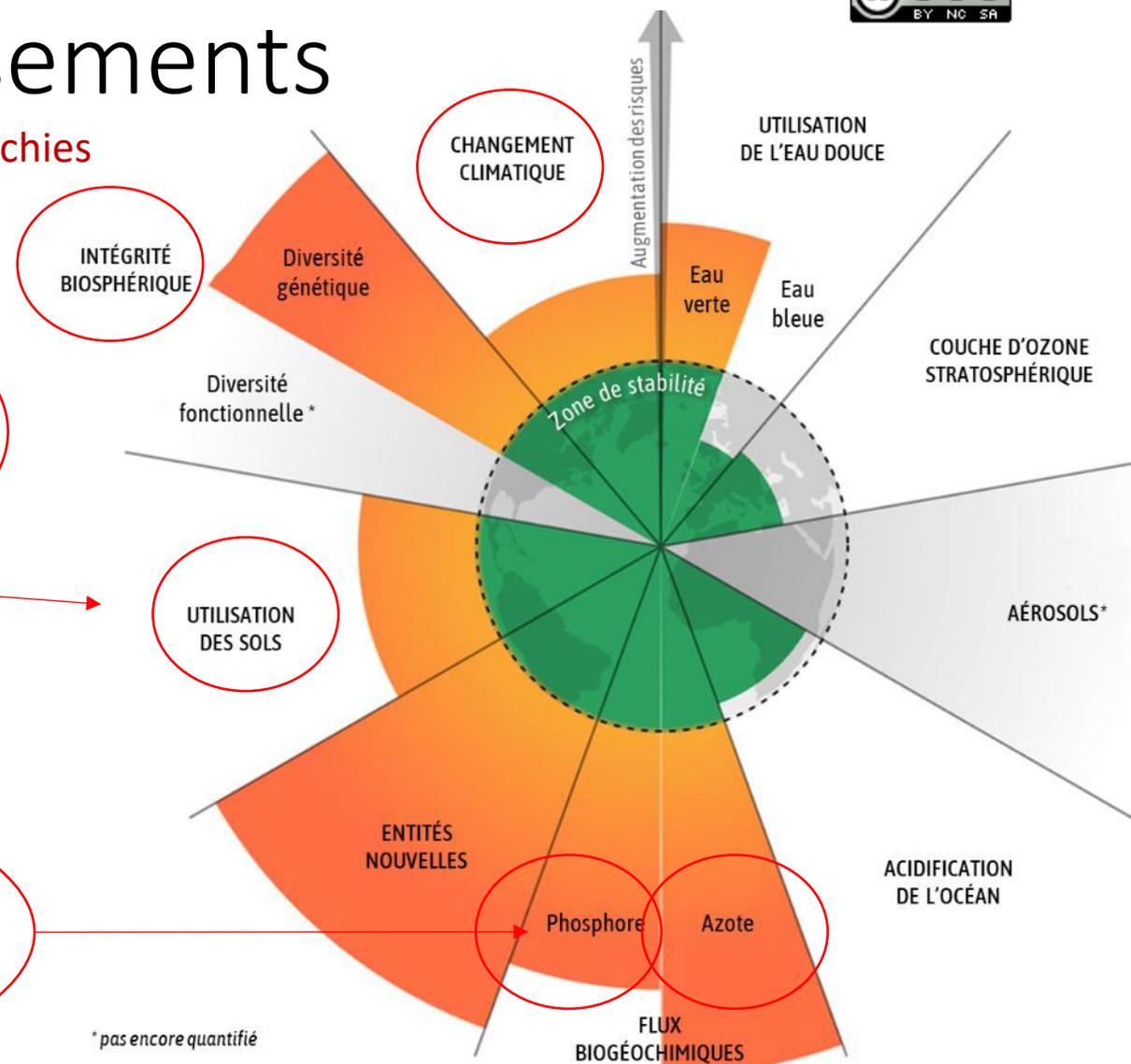
- Or La vie c'est aussi nous

1 - Le cadre des limites planétaires: explications des dépassements

2009: 3 limites franchies + en 2015: 2 autres limites franchies

En 2015: la limite est franchie pour le changement d'affectation des sols : la surface couverte de forêts est estimée à 62% de ce qu'elle était avant défrichement par l'humanité, ce qui est inférieur à la limite proposée, égale à 75%.

En 2015: la limite relative aux cycles biogéochimiques est également franchie en ce qui concerne le phosphore (extrait des mines et utilisé pour fertiliser les sols).



1 - Le cadre des limites planétaires: explications

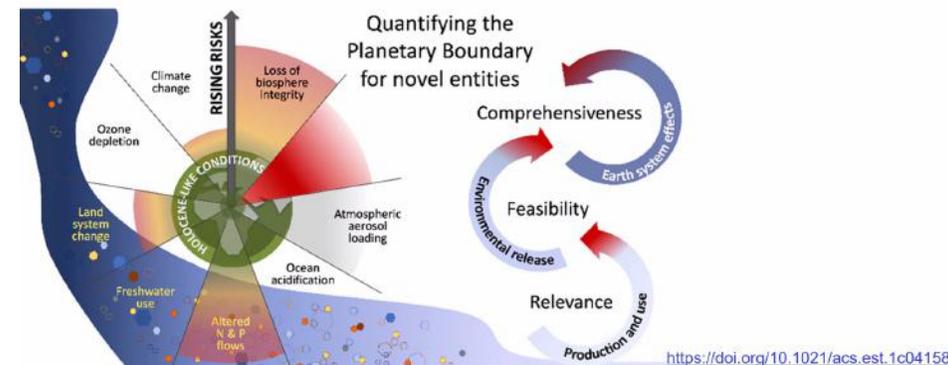
2009: 3 limites franchies

2015 + 2 autres limites franchies

+ En 2022, de nouveaux travaux de recherche suggèrent que deux limites supplémentaires sont franchies :

Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities

Linn Persson,* Bethanie M. Carney Almroth, Christopher D. Collins, Sarah Cornell, Cynthia A. de Wit,* Miriam L. Diamond, Peter Fantke, Martin Hasselöv, Matthew MacLeod, Morten W. Ryberg, Peter Søgaard Jørgensen, Patricia Villarrubia-Gómez, Zhanyun Wang, and Michael Zwicky Hauschild



OUT OF CONTROL: For the first time, an international team of researchers has assessed the impact on the stability of the Earth system of the cocktail of synthetic chemicals and other “novel entities” flooding the environment.

- The 14 scientists conclude in the scientific journal [Environmental Science and Technology](https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158) that humanity has exceeded a planetary boundary related to environmental pollutants including plastics.
- “There has been a 50-fold increase in the production of chemicals since 1950. This is projected to triple again by 2050,” says co-author Patricia Villarrubia-Gómez from the Stockholm Resilience Centre.
- Plastic production alone increased 79% between 2000 and 2015, the team reports.

The pace that societies are producing and releasing new chemicals and other novel entities into the environment is not consistent with staying within a safe operating space for humanity.

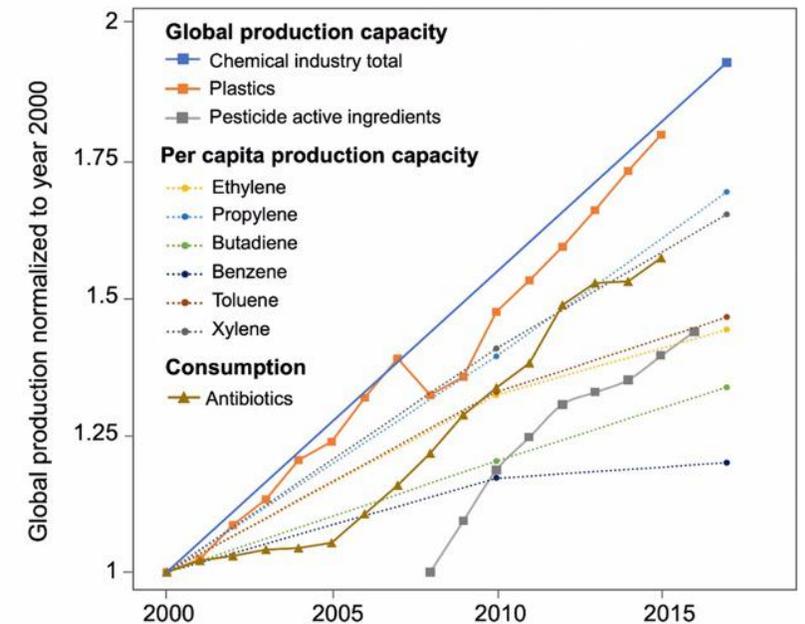
Patricia Villarrubia-Gómez, from the SRC website: <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2022-01-18-safe-planetary-boundary-for-pollutants-including-plastics-exceeded-say-researchers.html>

Définition Novel entities

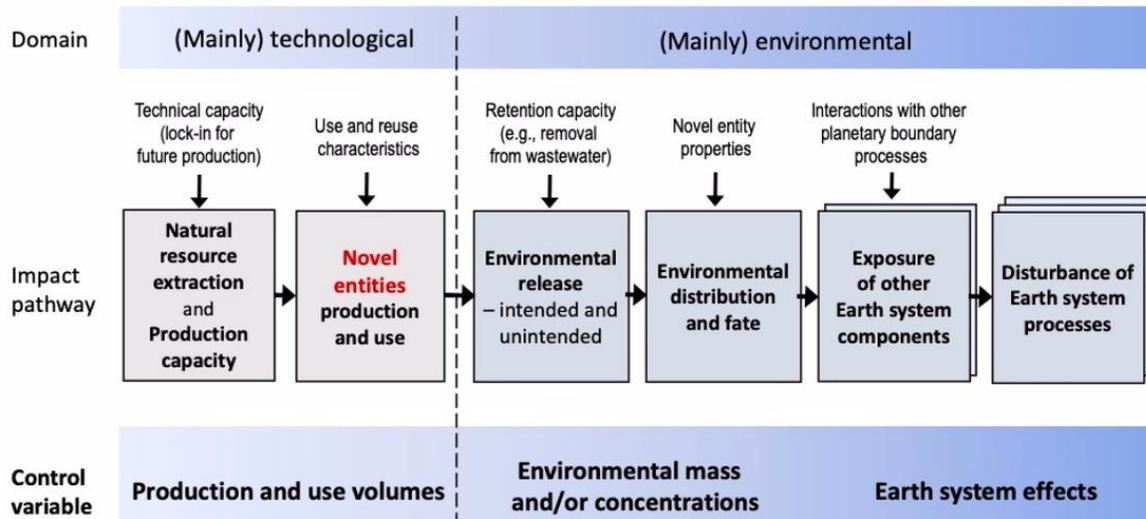
- “new substances, new forms of existing substances and modified life forms”, including “chemicals and other new types of engineered materials or organisms not previously known to the Earth system as well as naturally occurring elements (for example, heavy metals) mobilized by anthropogenic activities” Steffen et al. (2015)
 - Basically everything new introduced by humans to the environment
 - Some novel entities have their own PB (climate, ozone, biogeochemical flows)

Trends in production of novel entities

Where we have most data
– The trend is clear



Impact pathway for novel entities



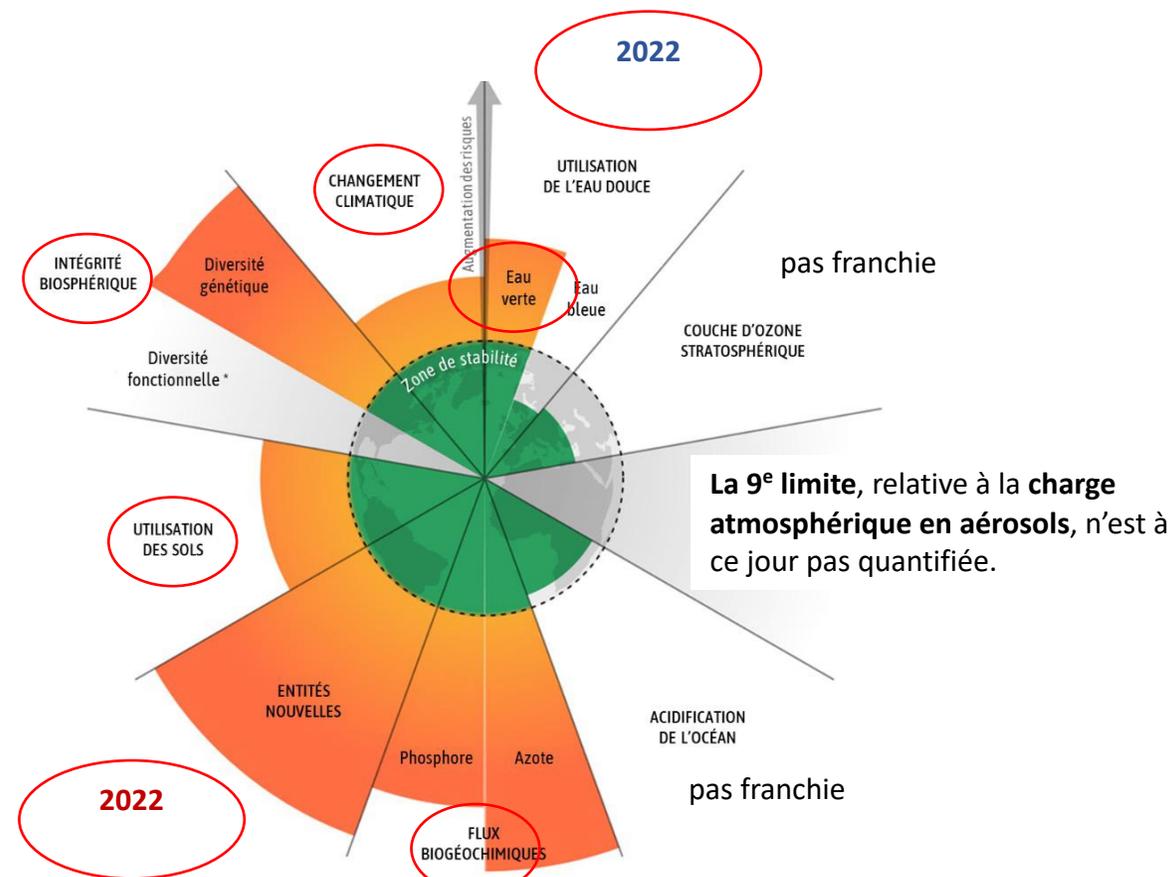
1 - Le cadre des limites planétaires: explications

2009: 3 limites franchies

2015 + 2 autres limites franchies

+ En 2022, de nouveaux travaux de recherche suggèrent que deux limites supplémentaires sont franchies :

- **L'introduction d'entités nouvelles**
- **La perturbation du cycle de l'eau douce**, et plus particulièrement **de l'eau dite verte** (c'est-à-dire les précipitations terrestres, l'évaporation et l'humidité des sols), essentielle au fonctionnement des écosystèmes terrestres. La limite correspondant à l'eau dite *bleue* (lacs, cours d'eau, réservoirs, aquifères) reste, à ce jour, non franchie.



Adapté de : "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Erlandsson et al. 2022". Licence CC BY-NC-ND 3.0



1 - Le cadre des limites planétaires

Critique des limites planétaires

- Les limites planétaires se situent dans le cadre de la « **Science du système Terre** », un domaine apparu dans les années 1980. Il s'agit d'une **science encore jeune**, qui cherche à décrire et à comprendre le comportement de la Terre, considérée comme un système, en étudiant ses composantes et leurs interactions, et en incluant les activités humaines. La très grande complexité du système rend la tâche extrêmement difficile, avec d'**inévitables simplifications et des incertitudes importantes**.
- Un autre aspect est que les **limites planétaires se focalisent sur la stabilité et les processus de régulation** du système Terre. Elles **laissent ainsi de côté la question des ressources naturelles**, dont la raréfaction pourrait pourtant menacer l'avenir de l'humanité dans le courant du XXI^e siècle.
- Le concept de limites planétaires rencontre un certain écho au sein de grandes institutions nationales et internationales. Il constitue un **cadre de réflexion dont l'intérêt majeur est de questionner les fondements de nos sociétés**, ces dernières devant désormais intégrer l'existence d'un ensemble de limites (pas seulement le changement climatique), et prendre en compte les risques existentiels que fait courir leur dépassement du fait de nos activités.
- Cependant, la traduction en décisions politiques et en actions concrètes se heurte à de nombreuses difficultés. N'oublions pas, en effet, que la responsabilité historique du dépassement des limites planétaires n'est pas le fait d'une humanité homogène. **Les limites planétaires soulèvent ainsi l'enjeu majeur du partage équitable des capacités de la Terre à fournir des ressources et des services**.
 - Question des variations d'échelles
 - Théories de justice distributives, à adopter collectivement, dans une démarche démocratique...

1 - Le cadre des limites planétaires

- N'est pas un modèle prédictif
- Les limites ne doivent pas être interprétées comme des « seuils de droit à polluer » que l'on pourrait se permettre d'atteindre...

D'après mes échanges avec S. Cornell (2022):

- Ne pas utiliser le terme « downscaling », mais « translation » (traduction)
- Le cadre des LP n'est pas un modèle conceptuel
 - Non descriptif: il est adapté pour les policy makers, pas pour les scientifiques pour faire des statistiques de downscaling
 - Non analytique: assemble « trop » de contextes divers, de données, d'unités
 - Non quantifiable: les limites ne sont pas imposées, comme des budgets ou des cibles.

Permet de positionner des science-based target, via la Earth commission, drivées par des équipes globales

1 - Le cadre des limites planétaires

Forces du cadre des limites planétaires: (d'après mes échanges avec S. Cornell, 2022)

- A summary of a science consensus on human perturbations (and a *research* agenda!)
- An “integrative” framework that holds multiple global changes together in the same frame
- “A robust-enough dashboard of the major rising global human-driven risks”
- “A pragmatic reminder to society that scientists quantify lots of important things and that they (sometimes) talk to each other” ☺ Cf.: <https://earthcommission.org>

Image du défi planétaires posé par le cadre des limites planétaires interconnectées [Celinda Palm & Sarah Cornell, SRC]

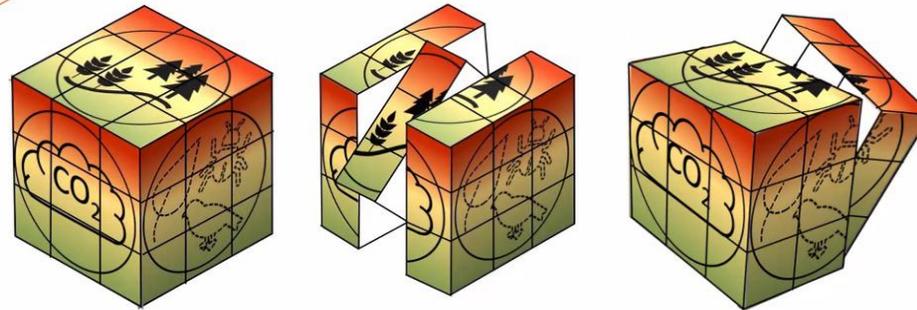


Figure: Palm & Cornell, SRC.

1 - Le cadre des limites planétaires

- Sur ces dimensions jumelées Socio-écologiques & économique [Häyhä et al. 2016]

From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space – How can the scales be bridged?



Tiina Häyhä^{a,b,*}, Paul L. Lucas^b, Detlef P. van Vuuren^{b,c}, Sarah E. Cornell^a, Holger Hoff^{d,e}

^a Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, Stockholm, Sweden
^b PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Den Haag/Bilthoven, The Netherlands
^c Department of Geosciences, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands
^d Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany
^e Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 24 December 2015
 Received in revised form 9 May 2016
 Accepted 11 June 2016
 Available online 20 July 2016

Keywords:
 Planetary boundaries
 Safe and just operating space
 Scale
 Allocation
 Footprints
 Equity

ABSTRACT

The planetary boundaries framework proposes quantitative global limits to the anthropogenic perturbation of crucial Earth system processes, and thus marks out a planetary safe operating space for human activities. Yet, decisions regarding resource use and emissions are mostly made at less aggregated scales, by national and sub-national governments, businesses, and other local actors. To operationalize the planetary boundaries concept, the boundaries need to be translated into and aligned with targets that are relevant at these decision-making scales. In this paper, we develop a framework that addresses the biophysical, socio-economic, and ethical dimensions of bridging across scales, to provide a consistently applicable approach for translating the planetary boundaries into national-level fair shares of Earth's safe operating space. We discuss our findings in the context of previous studies and their implications for future analyses and policymaking. In this way, we link the planetary boundaries framework to widely-applied operational and policy concepts for more robust strong sustainability decision-making.

© 2016 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

T. Häyhä et al. / Global Environmental Change 40 (2016) 60–72

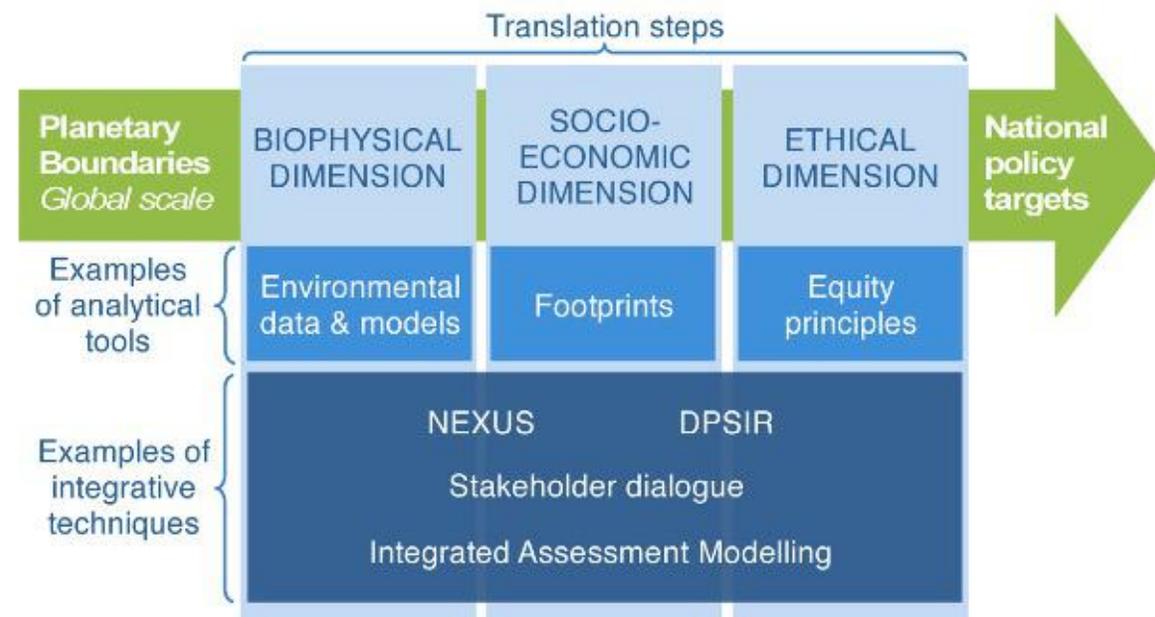


Fig. 1. A conceptual framework for translating the planetary boundaries to national or regional scale implementation.

Question / débat?

1 - Le cadre des limites planétaires: intentions des auteurs

- Amène à l'idée ou la proposition pour Cruzen et Steffen à « une intendance planétaire » sous supervision scientifique, dès 2003 [p288-289 Federau, 2017]
 - Implique « une gestion consciente et volontaire sur une échelle globale » mais quid de la mise en œuvre?
 - Quelques moyens possibles:
 - Mécanismes de compensation carbone, de marché carbone (cf. mise en œuvre du protocole de Kyoto)
 - Modes de vie durable, frugalité, sobriété volontaire (cf. Ariès)
 - Certains moyens avancés sont d'ordres technologiques
- Pour Rockström et donc l'équipe du SRC qu'il met en place, il s'agit de s'engager dans un travail sur les valeurs qui structures nos modes de vie.
 - Très présent aux Cop (d'ailleurs premier jour de la cop28 aujourd'hui!)
 - Cherche à mobiliser les chercheurs



1 - Le cadre des limites planétaires: intentions des auteurs

- Vidéo de Rockström « its our mission », du 15 oct. 2020 <https://youtu.be/8Sl28fkrozE>

10 New Insights in Climate Science 2022

Analysis • Source: [WMO](#) • Posted: 10 Nov 2022 • Originally published: 10 Nov 2022 • Origin: [View original](#)

Ten Essential Climate Science Insights for 2022 presented at COP27

Leading global scientific experts presented the annual [10 New Insights in Climate Science](#) to the UN climate change negotiations, COP27, today.

The annual update presents key insights from the latest climate change-related research this year and responds to clear calls for policy guidance. It emphasizes and unpacks the complex interactions between climate change and other drivers of risk, such as conflicts, pandemics, food crises and



Primary country:

[World](#)

Source:

[World Meteorological Organization](#)

Format:

[Analysis](#)

Theme:

[Climate Change and Environment](#)

Language:



- « L'histoire ne se répète pas, elle bégaie. On ne peut pas dire que le changement global ait suscité jusqu'à présent de réaction sociale ou politique à la hauteur du défi. Refusant le cynisme et le découragement souvent de mise à ce sujet, certains ont pensé que, peut être les discours des scientifiques étaient trop abstraits et érudits, et ont proposé des vulgarisations, sous la forme de résumés pour décideurs, en vain ». P291 Federau, 2017.
- Appels à mobilisations, mise en garde des décisions politiques, vulgarisations scientifiques:Articles sur Ten insights, articles sur les Tipping points, [Anthony et al. 2014]

1 - Le cadre des limites planétaires: quelques références

- Boutaud A. et Gondran N., 2020. *Les limites planétaires*. La découverte, coll. Repères, 128 p.

Articles

- Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., et al. 2009. *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity*. Ecology and Society, 14(2):32. [En ligne](#) (consulté le 29/05/2023).
- Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., et al. 2009. *A safe operating space for humanity*. Nature, 461:472-475. [En ligne](#) (consulté le 29/05/2023).
- Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., et.al. 2015. *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science 347: 736, 1259855. [En ligne](#) (consulté le 29/05/2023)
- Persson L., Carney Almroth B.M., Collins C.D., Cornell S., et al. 2022. *Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities*. Environmental Science & Technology, 56(3), 1510-1521. [En ligne](#) (consulté le 29/05/2023)
- Wang-Erlandsson L., Tobian A., van der Ent R.J., Fetzer I., et al. 2022. *A planetary boundary for green water*. Nature Reviews Earth & Environment, Vol. 3, p. 380-392. [En ligne](#) (consulté le 29/05/2023).

Sites web

- Wikipedia. [Limites planétaires](#) (consulté le 27 nov. 2023)
- Stockholm Resilience Centre, Stockholm University. [Planetary boundaries](#). (consulté le 27 nov. 2023)

Pour aller plus loin... Vidéo

- [Les limites planétaires : autres changements globaux](#) (9'06) Dominique Bourg, 2016

1 - Le cadre des limites planétaires: quelques références

- La perturbation climatique: très « médiatisée » : <https://www.youtube.com/watch?v=64xNugjl6ic> , travaux du GIEC **ALARMANT**
- La baisse de la biodiversité: travaux de l'IPBES **ALARMANT**
- Comprendre le fonctionnement du climat (avec la thématique de la décarbonation, des GES, des puits de carbone) <https://youtu.be/YpZ7K23zYyQ>
- Qu'est-ce que la transition énergétique? <https://youtu.be/W4JYWOYHJr8>
- Bouclage matière, et la décarbonation <https://youtu.be/W4JYWOYHJr8>
- Métabolisme de l'humanité <https://youtu.be/w0wbLWVvgNM>

Sites web du Learning Planet Institute (LPI), présentations de Gaëll Mainguy

- [Quelles pistes de solutions pour un monde soutenable ?](#) Cours du Learning Planet Institute, 2023
- Divers: *Boninppm - projet photographique a pour vocation de montrer l'accélération de la concentration en CO₂ depuis la Révolution Industrielle. Les participants posent avec le taux mesuré de leur année de naissance. Vérifier les taux pour son année de naissance, puis celle de ses parents, de ses grands-parents... permet de prendre la mesure de l'accélération rapide de ces dernières années.*

Question / débat?

2 - Mise en œuvre: permettre à nos sociétés (industrielles) de « maintenir » une habitabilité de la planète

- Questions de démocratie et conditions externes nécessaires (mutation plurielle)
- Quelles mise en œuvre pour les chercheurs en ingénierie?
- Le cadre Design for Sustainability – enjeux et mise en œuvre au niveau des travaux de recherche (travaux actuels en cours)

2 - Mise en œuvre: pose la question de démocratie

Trois modalités d'exercice de l'influence des citoyens sur la prise de décision publique [Bourg, 2023, p214]

1. La modalité représentative ou délégative (ex.: élection / trajectoire de décisions potentielles + possibilité de « recall » mettant fin aux fonctions d'un représentant en cours de mandat)
2. La modalité participative et délibérative (ex.: des conférences de citoyens, au sondage délibératif) – flou juridique et articulations difficiles avec (1)
3. Démocratie représentative semi-directe (ex.: questions soumises à la population, par ex. le système de votation Suisse et ses limites – lobby, non-aboutissement)

=> dosage délicat pour amener à des formes de gouvernances différentes: règles adjacentes, vote majoritaire, par préférences, temps dédié par citoyen, etc.

Deux point supplémentaires:

- Le pouvoir comme « lieu vide » (cf. C. Lefort, L'Invention démocratique) – limitation de mandat interdit l'incarnation du pouvoir, à l'identification à un individu, l'occupant est transitoire (évite la confusion entre intérêts public et privés)
- Le pluralisme:
 - (a) de la société civile (pluralisme constitutif, différent de la sphère politique)
 - (b) la diversité politique elle-même (ex.: une contamination venant du marché ou de l'Etat réduisant la diversité à du payant/gratuit, crée une forme d'impérialisme de marché); la reconnaissance de la légitimité du camps adverse à exercer le pouvoir

2 - Mise en œuvre: pose la question de démocratie et ses conditions externes nécessaires

Les conditions externes nécessaires à l'exercice de cette démocratie - pour avancer vers une mutation plurielle et diverse des sociétés : « renvoie à ce que Pierre Rosanvallon appelle la « contre-démocratie » au sens des contre-forts des églises »:

- Conditions de systèmes éducatif universel
- Médias divers, pluralistes, permettant aussi l'expression d'opinions citoyennes, des syndicats, des ONG, d'une société civile organisée.

> Attention à la problématique d'interprétation des faits notamment avec les médias – rôle ici des scientifiques & méthodes de questionnement

[Bourg, 2023]

Différents ouvrages et articles de Pierre Rosanvallon, en particulier [Rosanvallon, les épreuves de la vie, comprendre autrement les français, Seuil, 2021]

Question / débat?

2 - Mise en œuvre: problématique pour les acteurs industriels

Resilience Centre of Stockholm

The Anthropocene reality of financial risk of [Crona and al. 2021]

- The cognitive disconnect in financial risk frameworks between environmental and financial risk
- An analysis of the environmental, social and governance ratings and estimates of global green investments
- Clarifying the ability of society at large, and finance in particular, to deliver on sustainability ambitions and global goals.

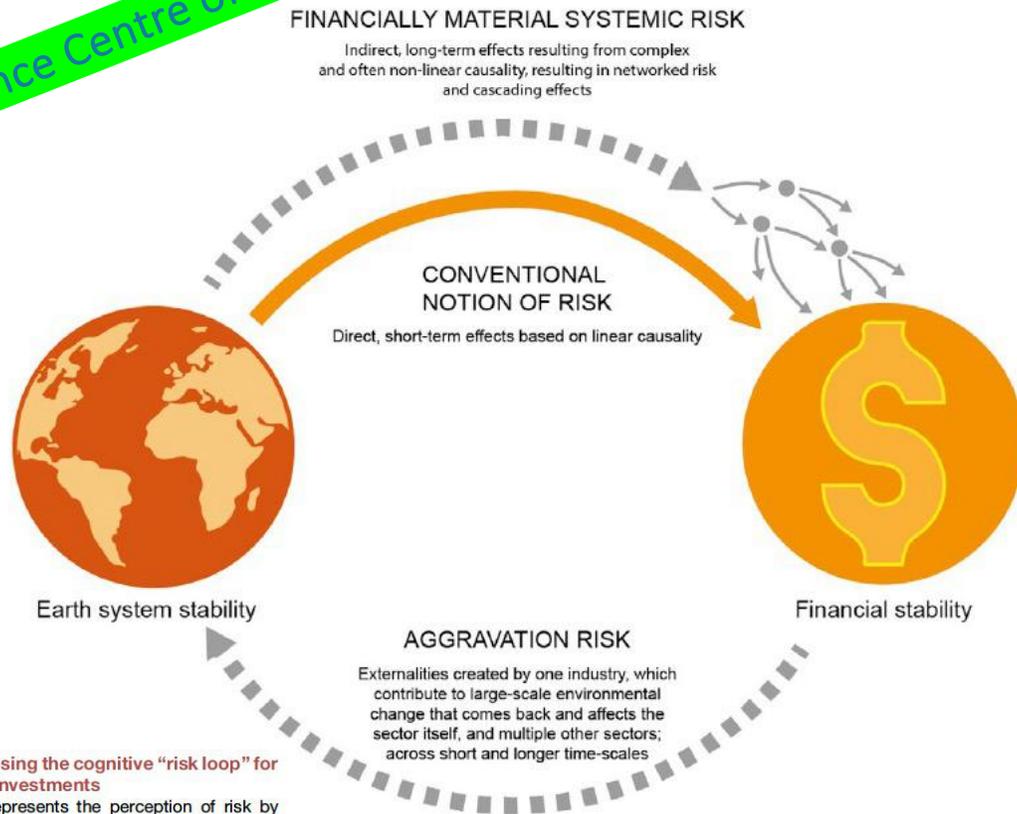


Figure 1. Closing the cognitive "risk loop" for sustainable investments

Solid arrow represents the perception of risk by most conventional financial sector risk frameworks. Bottom dashed arrow indicates the aggravation risk that results from negative externalities caused by investments, which in turn translates into financially material systemic risks (at different timescales). These systemic risks are characterized by complex causality where impacts of one economic sector affect itself and/or other sectors, through both direct and indirect causal mechanisms.

Montre aux industriels que les risques économiques associées à leurs activités insoutenables sont plus importantes que de faire face aux changements dans leurs activités pour rediriger leurs entreprises de manière à ce quelles soient compatibles avec la réalité de l'anthropocène

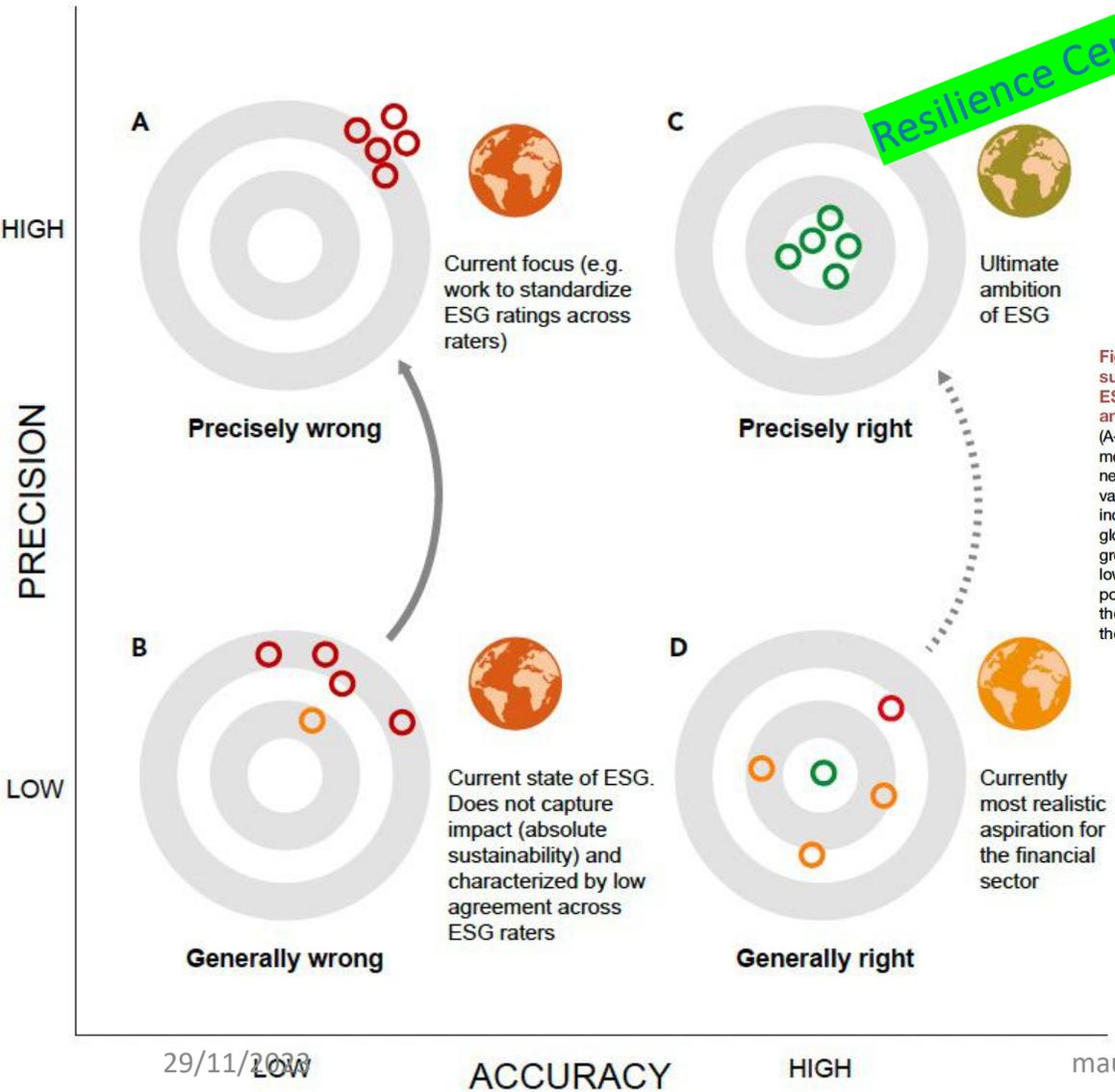
2 - Mise en œuvre: problématique pour les acteurs industriels

Resilience Centre of Stockholm

The Anthropocene reality of financial risk of [Crona and al. 2021]

- With the low accuracy of current sustainable finance approaches in related to declared sustainable ambitions, there is no chance to attain the ultimate ambition to stay within planetary boundaries with high precision.
- Montre que l'état actuel de la finance "soutenable" ne capture pas les impacts relatifs au fait de rester dans les limites planétaires

Figure 5. Accuracy and precision of current sustainable finance approaches (notably ESG) in relation to declared sustainability ambitions
 (A–D) Precision is the closeness of any measurements to one another, while accuracy is the closeness of the measurements to a specific desired value. The likely environmental sustainability risk incurred by an ESG focus is indicated by colored globes, where red indicates high risk of transgressing planetary boundaries, yellow indicates lower risk, and green indicates low risk (best possible option). (B to A) The solid arrow indicates the trajectory currently being pursued, while (D to C) the dashed arrow represents the desired trajectory.



2 - Mise en œuvre: problématique pour les acteurs industriels

Resilience Centre of Stockholm

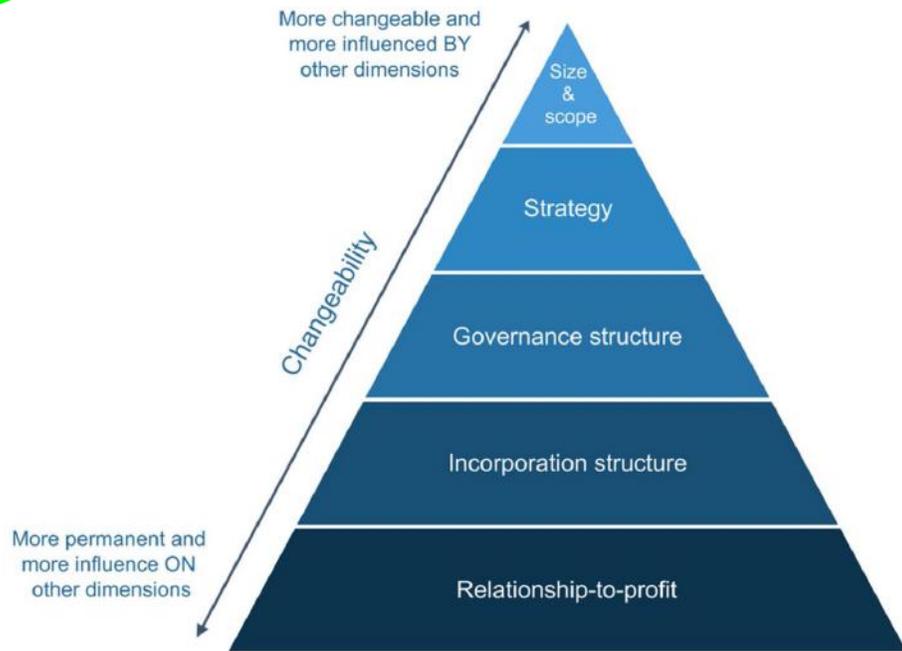


Fig. 1. The five dimensions of business.

Five key dimensions of post-growth business: Putting the pieces together

Jennifer Hinton ^{a, b, *}

^a Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, Kräftriket 2B, 10691, Stockholm, Sweden

^b Centre for Studies and Research in International Development, Université Clermont-Auvergne, 26 avenue Léon Blum, 63000, Clermont-Ferrand, France

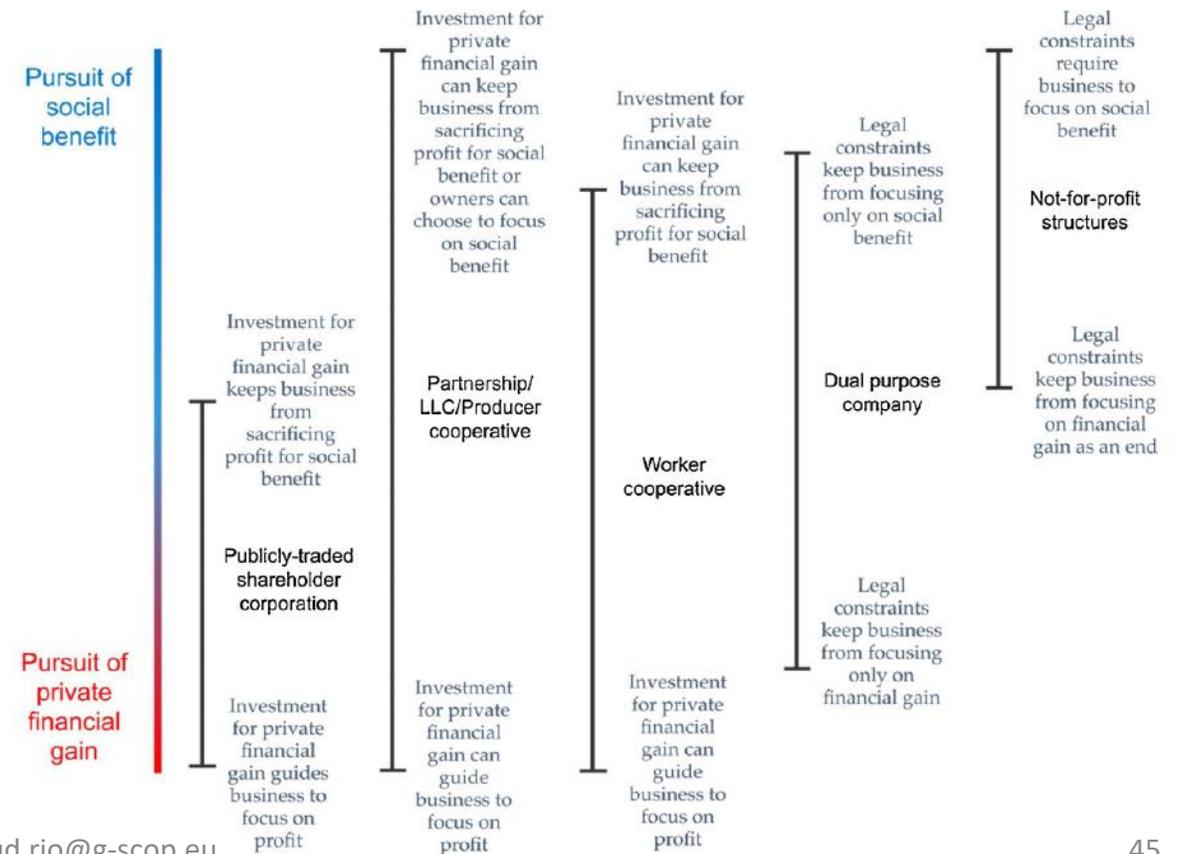


Fig. 3. Relationship-to-profit and incorporation structure guide and constrain the range of business behavior.

2 - Mise en œuvre: pour les chercheurs en ingénierie?

D'après mes discussions avec S. Cornell (2022): a safe operating space has not been yet experimented in reality

- The sustainable processes have not yet been invented; we are not operating inside the planetary boundaries.
- By focusing on the real issue of sustainability with high accuracy, some high precision processes of sustainability may rise up
- Innovation, engineering processes, products, services and infrastructures are required in the “precisely right” targeted and financed programs.

- Quel cadre d'opération pour la redirection écologique des entreprises? Temporalité, périmètre, zone d'action possibles, ...
- Quelle mise en œuvre possible en ayant une analyse critique de l'interaction globale avec les procédés socio-techniques mobilisés par l'ingénierie

2 - Mise en œuvre: pour les chercheurs en ingénierie?

- The highly **connected systems Earth interactions** make the mono-criterion analysis a danger/critical/unable/ a threat to adopt some sustainability governance
- « The planetary boundary framework presents a ‘planetary dashboard’ of humanity’s globally aggregated performance on a set of environmental issues that endanger the Earth system’s capacity to support humanity. While this framework has been **highly influential, a critical shortcoming for its application in sustainability governance** is that it currently fails to represent how impacts related to one of the planetary boundaries affect the status of other planetary boundaries. Here, we surveyed and provisionally **quantified interactions between the Earth system processes** represented by the planetary boundaries and investigated their consequences for sustainability governance. We identified a dense network of interactions between the planetary boundaries. **The resulting cascades and feedbacks predominantly amplify human impacts on the Earth system and thereby shrink the safe operating space for future human impacts on the Earth system.** Our results show that an integrated **understanding of Earth system dynamics is critical to navigating towards a sustainable future.** »
 - ⇒ Hypothèse 1: A reflexive method: to develop an interactive systemic vision within multi-criteria indicators
 - ⇒ Confuse PB / different boundaries, no need everything to be red to understand that the pb, is; not need to plug in to run as an app. We have the tipping issues

Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions, [Steven et al. 2020] Lade, S.J., Steffen, W., de Vries, W. et al. Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions. *Nat Sustain* 3, 119–128 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0454-4>

2 - Mise en œuvre: pour les chercheurs en ingénierie?

Vers une prise en compte des limites planétaires dans les activités des concepteurs en EP situées

Elements de contexte de travaux en cours: enjeux de soutenabilité des activités humaines, nécessitant des mutations socio-écologiques plurielles et diversifiées vers un monde soutenable: **stratégies et scénarios de changements d'échelles de cycles de vies de produits et systèmes technologiques & électroniques**

- **Méthodes de Design for Sustainability intégrés aux contextes de conception, avec prise en compte de(s) changement(s) d'échelle** [Fang et al. 2023] [Riondet et al., 2022, 2023]
- Nécessite un **cadre réflexif** pour intégrer la soutenabilité dans sa propre pratique [Travaux de Yuechen Li 2023-2026]
- Une **communauté de partage de bonnes pratiques**: PowerAlps Institute, EECONE, réseaux supportés par les Carnots, réseaux nationaux EcoSD, SAGIP&GDR MACS, Eco-SD, Labo 1point5, et internationaux, CIRP LCE, Design Society, etc.



2 - Mise en œuvre: enjeux pour le chercheur

- **Hypothèse 1: la réflexivité**

- Conscience de ce système complexe
- Support: nombreuses publications, références, conférences, podcast, etc.

=> atteignable!

Le dénis existe-il vraiment, ou est-ce l'expression simplifiée de la difficulté de piloter à vue? Dans le noir?

2 - Mise en œuvre: enjeux pour le chercheur

Hypothèse 2: les conditions externes nécessaires (analogie avec le système démocratique)

Incertitudes scientifiques et techniques : mise en relief de l'irréductibilité des objets.

- Accès par les sciences à une réalité partielle du monde (abstraction, laboratoires).

Conduite de l'ingénierie : monopole du développement technologique par les acteurs dominants du champ économique industriel et numérique.

Travail de redirection des métiers eux-mêmes: dénaturiser le « cahier des charges » économique et intégrer les enjeux propres à l'éthique, aux responsabilités assumées, aux orientations de l'innovation.

2 - Mise en œuvre: enjeux pour le chercheur

Hypothèse 2: les conditions externes nécessaires (analogie avec le système démocratique)

- **Remise en cause du paradigme technique moderne :**

- Ce que nous montre les résultats dans les sciences des systèmes Terre (avec le cadre des LP)

« Nos techniques, orientées vers une croissance infinie, détruisent nos conditions de vie sur Terre, soit en perturbant les grands flux biogéochimiques, soit en provoquant l'accumulation d'artéfacts dans les divers milieux, tissus animaux compris »

« La dynamique du système Terre avec ses équilibres s'oppose frontalement à la logique du recul indéfini des limites de la nature, comme à la croissance infinie des flux d'énergie et de matière qui sous-tend la croissance économique. Soit nous y renonçons, soit nous disparaîtrons, entraînant dans notre sillage une part croissante du vivant sur Terre. »
[Bourg & Chapourot, 2022]

« Il nous faudrait tourner le dos à la société du maximum et nous orienter vers une société de l'optimum, de la modération (...) [la critique de la technique] n'est pas technophobie, mais à nouveau le sens de la mesure. Il n'y a pas d'humanité sans technique, mais on ne peut non plus tout en attendre. »

- Gains de productivité + plafonnement de la consommation => OK
- Usage des objets & services + comprimés dans des quantités autorisées par les LP => cf. ACV absolue
- Ecosystèmes & vivant: local vs. Global => effets rebonds

Rappel sur le paradigme technique moderne

« Pour les Grecs, toute chose se définissant par son contour, ses limites, y compris l'univers qui leur apparaissait aussi fini qu'unique. » cf. Bourg & Chapoutot, 2022, p28

Schémas perceptifs établissant « les problèmes pertinents à prendre en compte, les tâches à accomplir, un schéma d'analyse, les éléments techniques à utiliser et le type d'artefacts à développer et à améliorer ».

- Orientation téléologique des activités vers la **réduction de l'effort des usagers, la rapidité, l'efficacité, la disponibilité, l'abondance.**
- **Vision cartésienne de la technique** : application d'un savoir, manipulation abstraite de l'inerte.
- Propriétés transitives associées à la définition **positiviste de la Science** ;
- Existence d'une « **meilleure solution technique** », idéalement automatisée **pour réduire les incertitudes liées au « facteur humain ».**

[EcoCloud, 2023]

2 - Mise en œuvre: enjeux pour le chercheur

Hypothèse 2: les conditions externes nécessaires (analogie avec le système démocratique)

- **Remise en cause du paradigme technique moderne**: Nouveaux critères dans la conception en ingénierie : **convivialité, frugalité** aussi dans les processus de recherche, dans nos laboratoires

Hybridation des sciences et des sociétés: analyser l'organisation sociale comme **chaîne d'interactions entre des entités sociales, naturelles et hybrides, à interroger dans nos travaux scientifiques.**

Chercheurs et ingénieurs nous sommes au cœur de ces théories du changement:

- Nécessité **d'un investissement politique** des chercheurs en ingénierie (« dans la vie de la cité ») ;
- Nécessité d'insérer les **choix des développements technologiques dans le débat démocratique.**

Nouvelle forme d'action collective émergente '**totaleme nt engagé e**'.

- **Refus de la distinction entre les engagements** professionnels et extra-professionnels. Et **volonté de plus en plus affirmée d'avoir « un impact sur le monde ».**
- **Quête de cohérence** entre ses convictions et ses valeurs, son activité professionnelle et son engagement militant, son mode de vie et de consommation. [EcoCloud, 2023]

2 - Mise en œuvre: enjeux pour le chercheur

- **Hypothèse 2: les conditions externes nécessaires (analogie avec le système démocratique)**
 - Actions collectives, en équipe de recherche et non pas en « loups solitaires »
 - Fédérer les communautés autour de ces questions de soutenabilité socio-techniques permettant l'existence de sociétés démocratiques dans les conditions d'habitabilité de la planète
 - Partage de connaissances, de savoir faire, etc.
 - Support: CT Soutenabilité (<http://soutenabilite.sagip.org/?BacASable>), Labos1point5 (<https://apps.labos1point5.org/>) (et le rapport du COMET <https://comite-ethique.cnrs.fr/wp-content/uploads/2022/12/AVIS-2022-43-.pdf>), EcoSD (ecosd.org), EcoCloud <https://ecocloud.s-mart.fr/> – Smart Academy, Archipel (<https://archipel.inria.fr/>) Anthropocen facts (<http://www.anthropocenefacts.org/>)

=> Milieu favorable: il existe!

Exemple à l'étranger de redirection écologique de laboratoire de recherche en électronique (David Bol, Louvain, <https://www.researchgate.net/profile/David-Bol>)

Question / débat?

3 - Actions dans nos communautés

- Construire un cadre réflexif et des conditions externes favorables à la mise en action:
 - Travaux de thèse de Yuechen Li (2023) Vers l'intégration de la soutenabilité absolue et d'une méthode réflexive pour les chercheurs en électronique de puissance. Co-encadrement Pierre Lefranc et Maud Rio
- Pluralité des trajectoires & élaborations des stratégies avec de la rigueur scientifique
- Lutter contre la posture du « chercheur somnambule », quelques propositions
 - Avoir une stratégie, une rigueur scientifique avec des méthodes permettant de formuler des questions de recherche réellement transformantes
 - Cf. Isabelle Stengers, *Une autre science est possible!* (2017); figure du scientifique somnambule
 - Se référer à des livres blancs coécrits, pluriels, structurants et les élaborer le cas échéant (cf. CT Soutenabilité <http://soutenabilite.sagip.org/?BacASable>, PowerAlps: <https://poweralps.univ-grenoble-alpes.fr/fr>)
- Imaginer comment décomplexifier le numérique, vivre, faire société différemment, dans une société post-croissance, organiser cette mutation collective
 - Travaux de doctorat de Valentin Girard: Penser le numérique dans une société de post-croissance : méthodologies pour plus de résilience informatique <https://www.theses.fr/s366708>, co-encadrement R. Couillet & M. Rio
- Prise en compte du changements d'échelle lors d'analyse d'impact environnementale: travaux des doctorat de Lucas Riondet: <https://cv.hal.science/lucas-riondet>
 - "Toward the eco-design of emerging technologies for energy and the industry of the future : How to integrate upscaling in life cycle assessment (LCA) ? », 2021-2024, Co-encadrement: Peggy Zwolinski, Maud Rio, Véronique Perrot-Bernadet

Bilan – ouverture au débat

- Trajectoire évidente: on va dans le mur et vite
- « dommage, on sait »: nous sommes complices de la mort du vivant
- Des possibilités: incarner des changements, et les conditions externes de possibilité de ces changements
 - Comprendre que certaines technologies complexifient les systèmes et réduisent la résiliences
 - Reconnaître les fonctions et ce qui est gaspillé, gâché, et ramener ses ambitions aux échelles planétaires
 - Quelles sont vos/nos/leurs limites? Définir démocratiquement les seuils, les valeurs, les frontières à ne pas dépasser, pour quels effets? Aujourd'hui on sacrifie déjà des populations entières.

Eviter le Greenwashing, même dans nos laboratoires

- **Définition du greenwashing:** « C'est une stratégie de communication qui cherche à faire passer une entreprise ou une organisation, ou plus généralement un acteur, pour plus vertueux qu'il ne l'est, sur le plan écologique. Le greenwashing est rarement un mensonge ou une information ouvertement fausse (« fake news »), trop facile à mettre en cause. Il est une **stratégie de communication ciblée**, fondée sur une connaissance fine des idées reçues, préjugés et biais de perception ou d'analyse du public visé. Il cherche à obtenir un résultat : par exemple, minimiser un scandale, faciliter les ventes, influencer l'électorat etc. Il fait partie de la grande famille des techniques de persuasion. » UVED, *module sur les récités et controverses en anthropocène*
- **Techniques à l'œuvre dans le greenwashing:**
 - **Associer l'acteur à des symboles écologiques** : couleur verte, arbres, grands espaces, etc.
Exemple : un SUV dans un décor sauvage
 - **Mettre en avant une activité secondaire**, mais qui sera immédiatement associée à l'écologie.
Exemple : communiquer sur le fait que l'on plante des arbres, quand on est une compagnie automobile
 - **Mettre en avant le bénéfice écologique** en passant sous silence le coût.
Exemple : avec les véhicules électriques, masquer l'origine de l'électricité
 - **Subventionner des activités jugées écologiques.**
Exemples : course au large, randonnée, associations naturalistes, etc.
 - **Mettre en avant une pratique décarbonée** qui cache l'impact carbone de l'activité qui est en elle-même très émettrice de CO₂.
Exemple : réduire les emballages sans modifier le reste de la chaîne de valeur

Préambule au débat: exercer notre pratique de la controverse

Sortir de la difficulté d'aborder ces sujets passe par reconnaître qu'être «neutre, impartial et objectif» sont des conditions idéales, peu remplies dans la réalité.

- **La neutralité** désigne l'absence totale d'interférence avec le problème abordé. Parler des OGM, ne pas en parler, choisir ses arguments etc. rien de tout cela n'est très neutre en réalité.
- **L'impartialité** consiste à donner la parole à toutes les parties impliquées, syndicats, gouvernement ou encore ONG. Là encore la perfection est difficile à atteindre.
- **L'objectivité** renvoie à une connaissance sûre et certaine. Mais bon nombre de paramètres d'une controverse (volatilité, incertitude, ambiguïté, etc.) rendent cet objectif impossible à atteindre.

Atteindre l'objectivité, l'impartialité et la neutralité réclamerait finalement un travail de plusieurs semaines voire de plusieurs mois.

Adopter une distance critique... adaptée!

Exercer notre pratique de la controverse

L'intelligence collective

- Elle implique que des dispositifs robustes soient mis en place, sous peine de «bêtise collective» et de chaos. Trois critères doivent être réunis :
- la **diversité des opinions**,
- l'**indépendance de chacune d'entre elles** (pas de phénomène d'imitation ou de suivisme)
- et la **décentralisation** (additionner les jugements et non les réduire à une moyenne).

Sans ces conditions, le groupe tend au mimétisme et à la «bêtise».

L'intelligence collective est sollicitée par divers systèmes de décision démocratique, à l'opposition de procédures autocratiques qui tendent au contraire à renforcer la bêtise.

Exercer notre pratique de la controverse

Le décentrement

•Perspective égocentrée :	fondée sur ce que la personne croit connaître des positions des acteurs, de la controverse ou d'un aspect de cette dernière, sans enquête ni souci de fiabilité de ses convictions.	Phase dogmatique
•Perspective décentrée :	fondée sur l'écoute empathique de chacun des acteurs de la controverse et la compréhension de sa position (sa perspective, de ses intérêts et convictions).	Phase de doute
•Perspective située :	fondée sur une appréhension synthétique et étayée de la situation, dans laquelle l'individu [l'étudiant] peut se situer. Seule cette phase permet d'identifier les «nœud(s) de la controverse» ou points principaux de tension (exemple: la pénibilité du travail dans la réforme du régime des retraites).	Phase de retour dans des convictions assurées

Le leadership

De nombreuses définitions du leadership sont disponibles. Quatre niveaux peuvent être distingués, correspondant au degré de maîtrise dans les compétences évoquées

- L'écoute** : la personne sait identifier les peurs, les limites et les valeurs de chacun, les antagonismes, les blocages, et elle sait faciliter le dialogue et le décentrement chez les autres.
- La facilitation** : au-delà de l'écoute et du dialogue, la personne leader sait inspirer les autres pour les amener à dégager des orientations collectives, en termes de prise de décision.
- La transformation** : la personne leader sait faire émerger une prise de décision en situation moyennement ou fortement controversée, sous plusieurs paramètres de la définition.
- La vision** : la personne leader est inspirante, car se mettant au service d'une vision, de quelque chose de plus grand qu'elle et que son organisation, se situant jusqu'au niveau de l'évolution de l'humanité ; et de là, engager les individus dans une trajectoire et transformer les situations difficiles.

Bibliographie

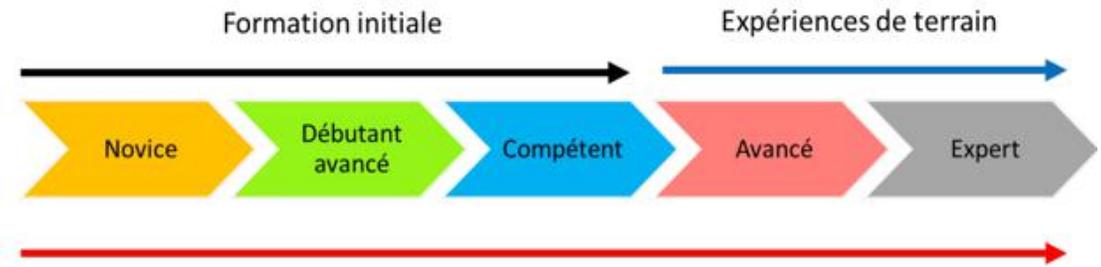
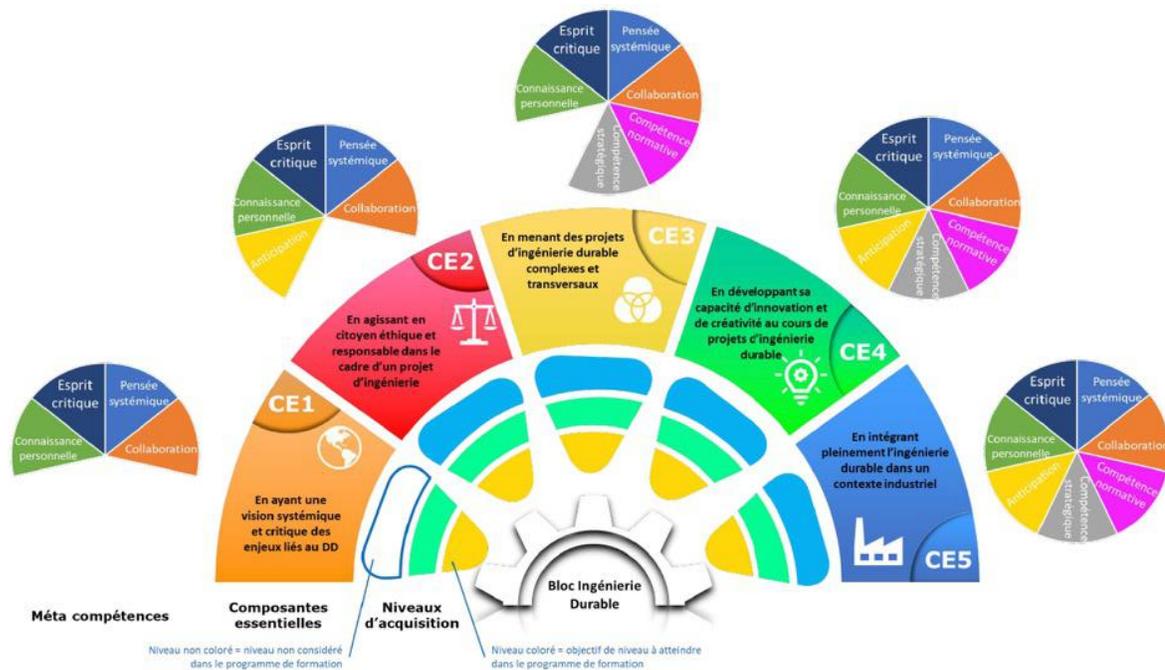
- Cadre des limites planétaires
 - Travaux de l'équipe de Rockström et Cornell au Stockholm Resilience Center:
 - Good anthropocen seeds
 - Contenu vulgarisé, UVED S3C: <https://moodle.uved.fr/course/index.php?categoryid=16>
- Compréhension du cadre et de sa mise en œuvre
 - Pour une Philosophie de l'anthropocène, Federrau
 - Vers une Société Permacirculaire, Arnsperger & Bourg
- Politique & Démocratie
 - Bourg & Chapoutot, Chaque geste compte, manifeste contre l'impuissance publique, tracts gallimard, nov. 2022
 - Barbara Stiegler, dernier ouvrage notamment
- Posture critique scientifique
 - Isabelle Stengers, Une autre science est possible, 2015
 - Travaux sur l'éthique du chercheur: diffusions Labos1point5 (séminaires dédiés)
- Mise en œuvre en ingénierie
 - Controverse et aide à construire des débats fertiles en enseignement & en recherche: <https://moodle.uved.fr/course/view.php?id=90>
 - Pédagogie du renoncement (cf. Alexandre Monnin, <https://youtu.be/t6vf5CqGSFs>)
- Glossaires:
 - Du Conseil scientifique de l'éducation nationale: https://pia.ac-paris.fr/portail/jcms/p2_2580784/glossaire-climat-csen-mars2022-web?details=true
 - UVED: S3C, Socle commun de connaissances et de compétences transversales sur l'anthropocène: <https://moodle.uved.fr/course/index.php?categoryid=16>
 - De l'anthropocène
 - De la pensée écologique, Papaux & Bourg

Réseaux Académiques & pédagogiques en France

- Comité Technique « Soutenabilité »:
<http://soutenabilite.sagip.org/?BacASable>
- EcoSD: ecosd.org
- Smart Academy (industrie 4.0 et +) & EcoCloud (adresse les enjeux de soutenabilité)

Quel cadre de compétences en soutenabilité utiliser? Modèle du Passeport "Roset"

- Evaluation



Formation tout au long de la vie (formation continuée, VAP, VAE)

Niveau d'acquisition	Description du niveau
Novice	L'individu ne maîtrise pas encore totalement son sujet et ne perçoit pas distinctement les spécificités d'une situation réelle. N'ayant travaillé que sur des cas d'école, il se raccroche aux règles et procédures apprises en formation.
Débutant avancé	Il ressent bien les spécificités d'une situation donnée mais n'a pas encore une vision globale de son métier.
Compétent	Il maîtrise son sujet et ressent bien la plupart des situations de travail. Il est désormais capable de connecter ses nouvelles connaissances avec sa propre expérience. Face à une nouvelle situation le compétent choisit une perspective.
Avancé	Peu à peu la théorie fait place à l'intuition. Au niveau avancé on comprend le contexte et on en extrait une vision d'ensemble.
Expert	L'expert ne prend plus de décision, il fait ce qu'il faut faire, reconnaissant intuitivement la situation, le but à atteindre et le moyen d'y parvenir.

modèle ROSET* : fRamework Of Sustainable Engineering Training

Thèse de Catherine Perpignan sur (accédé au 3/08/2022) : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03573052> et références aux autres productions scientifiques en sciences de l'éducation sur : <https://www.researchgate.net/profile/Perpignan-Catherine/research>

Maud.rio@g-scop.eu

<https://pagesperso.g-scop.grenoble-inp.fr/maudrio/>

– Equipe CoSYS du G-SCOP

Merci pour le débat !!

Au plaisir d'avancer ensemble sur ces questions, n'hésitez pas à rejoindre le CT Soutenabilité que l'on anime avec Aurélie Charles et Roberta Costa:

<http://soutenabilite.sagip.org/?Agora>