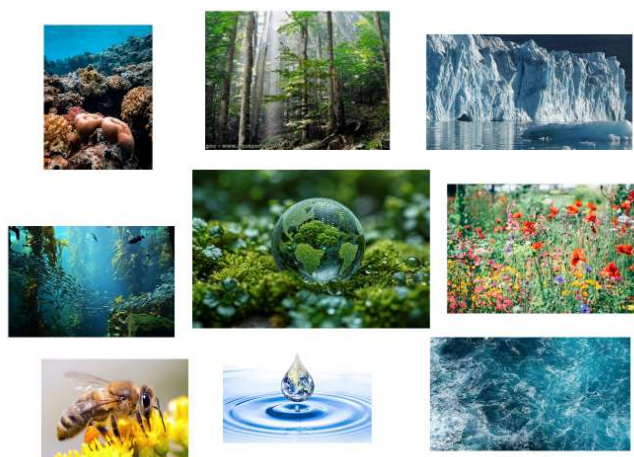


Capsule 11 Les limites planétaires

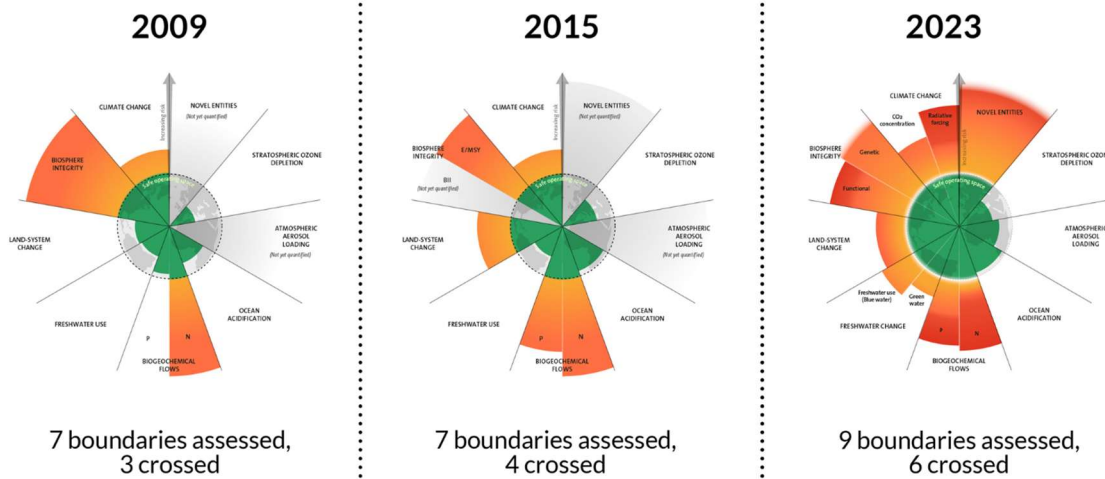


Les enjeux environnementaux ne concernent pas uniquement le climat et le CO₂. En plus des aspects climatiques eux-mêmes, la capacité à vivre sur la planète et les impacts des activités humaines ont été évalués par ce qu'on appelle les limites planétaires.



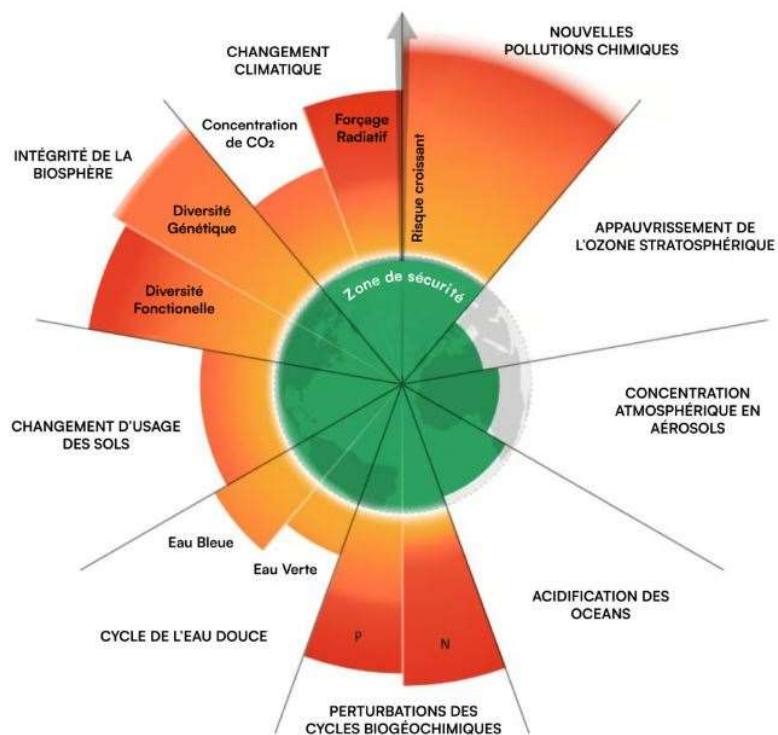
Le *Stockholm Resilience Centre* réunit une équipe internationale de premier plan de 160 chercheurs qui travaillent sur la soutenabilité et la résilience de la planète. En 2009, ils ont défini le concept des limites planétaires. En étudiant les cycles biogéochimiques, les interactions entre les différents processus biologiques, chimiques, et physiques, ils ont identifié et quantifié des seuils au-delà desquels les équilibres naturels terrestres pourraient être déstabilisés de manière irréversible. En septembre 2023, les chercheurs tirent la sonnette d'alarme : six des neuf limites planétaires ont été franchies !

Publiés en 2009, revus en 2015 puis en 2023, ces travaux font l'objet de recherches en continu. En 2009 et 2015, 7 frontières étaient évaluées, depuis les scientifiques ont rajouté deux domaines d'étude.



Le Stockholm Resilience Centre propose le concept de 9 limites planétaires et a défini deux seuils pour évaluer chacune de ces limites planétaires. La valeur basse du seuil est appelée « *frontière planétaire* », la valeur haute étant la *limite planétaire*. Dès le franchissement de la valeur basse, la frontière, on entre dans une zone d'incertitude, le risque s'élevant de plus en plus, à mesure que l'on s'approche de la valeur haute de la limite.

On voit sur le graphique l'illustration de cette incertitude, la zone verte étant l'*espace sûr*, et les zones de dépassement des frontières représentées en fonction de l'accroissement du risque avec un risque accru, du jaune vers le rouge foncé.



Les chercheurs du Stockholm Resilience Center préfèrent parler **des frontières planétaires**, associées à une valeur basse de l'incertitude plutôt que des limites car les points de bascule ne sont pas tous identifiés et l'existence même de certains points de rupture est questionnée, par exemple en ce qui concerne l'adaptation de certains écosystèmes.

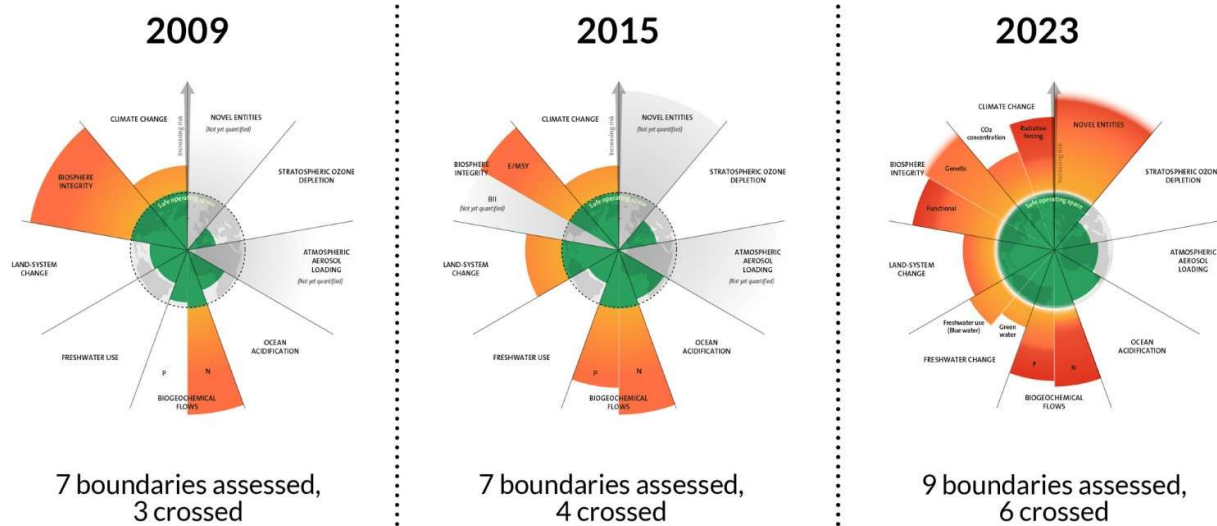
Les limites planétaires sont donc encore un sujet de recherche sur lequel il n'y a pas de consensus global. Elles font l'objet d'études et de débats entre les chercheurs.

Le franchissement des frontières augmente le risque de générer des changements environnementaux brusques ou irréversibles à grande échelle.

Les 9 limites planétaires sont donc des indicateurs sur les neuf processus critiques qui, ensemble, maintiennent une Terre stable et résiliente.

- le changement climatique ; évalué par la concentration de CO₂ et le forçage radiatif
- l'érosion de la biodiversité mesurée par la diversité des espèces mais aussi par la diversité fonctionnelle qui évalue les fonctions écologiques que les espèces remplissent au sein d'un écosystème, comme la pollinisation, la décomposition, la prédation, ou la fixation de l'azote.
- le changement d'usage des sols ;
- le cycle de l'eau douce ; On distingue l'eau bleue et l'eau verte. L'eau bleue est l'eau des rivières et des lacs, des nappes souterraines, tandis que l'eau verte concerne l'humidité dans le sol, absorbée en partie par les végétaux.
- la perturbation des cycles de l'azote et du phosphore ; nous allons y revenir
- l'acidification des océans ;
- l'augmentation de la présence d'aérosols dans l'atmosphère.
- l'appauvrissement de la couche d'ozone ;
- l'introduction d'entités nouvelles dans la biosphère ;

Les frontières planétaires sont interdépendantes, ce qui signifie que si nous franchissons une frontière, nous en affecterons d'autres. Par exemple, le changement climatique interagit avec l'acidification des océans et le cycle de l'eau douce.



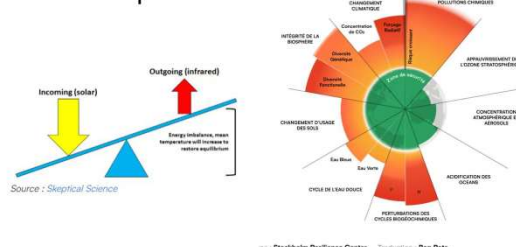
Jusqu'à ce jour, l'évolution n'est pas dans le bon sens ; cependant il faut noter dans ces graphiques qu'en 2009 et 2015, 7 frontières sur 9 étaient évaluées, 2 d'entre elles, concernant l'introduction d'entités nouvelles et les aérosols, n'étaient pas quantifiées. De plus, les avancées scientifiques ont permis d'affiner certaines frontières, comme l'eau douce, divisée en eau verte et en eau bleue, ou l'ozone, selon le niveau de l'ozone stratosphérique ou de basse altitude. Nous allons revenir dessus.

Cependant nous voyons que globalement, en 2009, 3 frontières étaient dépassées, 4 en 2015 et 6 en 2023. On observe également que les niveaux de rouge ont foncé ce qui signifie une augmentation des risques.

Regardons de plus près ces limites .

Changement climatique : On regarde à la fois la quantité de CO2 dans l'atmosphère et le forçage radiatif induit. Sans surprise, les frontières sont dépassées et nous sommes en plein dérèglement du système climatique.

Changement climatique

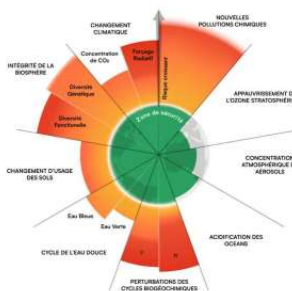
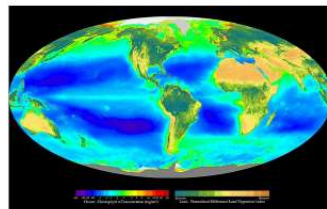


Intégrité de la biosphère D'abord intitulée « érosion de la biodiversité », cette limite évalue les risques liés à la perte de la diversité du vivant. En dessous de 10 espèces perdues par an pour 1 million, l'érosion de la biodiversité est jugée sans effet majeur sur la biosphère. Or, chaque année, entre 100 et 1 000 extinctions sur un million d'espèces sont enregistrées (au lieu de 10).

Un autre indicateur a été ajouté pour mieux prendre en compte le rôle des espèces dans le fonctionnement des écosystèmes : la diversité fonctionnelle des espèces, qui mesure les fonctions écologiques que les espèces remplissent au sein d'un écosystème. Pour évaluer cet indicateur, on quantifie l'énergie disponible pour les écosystèmes à travers la part de la production primaire nette annuelle de la biosphère prélevée par l'homme ; le seuil de référence est celui de l'ère pré-industrielle, estimé à 1,9% (= % de production primaire nette de la biosphère prélevé par l'homme). En 2023 la part prélevée par l'homme représente entre 10 et 20% .

Sur cette image, on a colorié en vert les zones terrestres les plus végétalisées et les zones marines de concentration en plancton.

Intégrité de la biosphère



Source : Stockholm Resilience Center Traduction : Bon Pote

Changement des systèmes terrestres : On mesure ici le changement d'usage des sols à l'échelle mondiale en faisant le rapport entre la superficie forestière actuelle et la superficie forestière « originelle » (avant 1700). La déforestation et l'urbanisation diminuent le stockage du carbone, le recyclage de l'humidité, et les habitats pour la faune. Le seuil frontière de ce rapport est de 75%

Or, seulement 62 % des surfaces forestières d'avant 1700 sont encore boisées dans le monde en 2023.

Si la surface forestière française tend à s'accroître, nos consommations contribuent à la déforestation des forêts tropicales. On estime qu'entre 12 et 14,8 millions d'hectares de surfaces agricoles et forestières sont mobilisés chaque année hors de nos frontières pour produire des biens consommés en France.

Changement d'usage des sols



Photo AFP

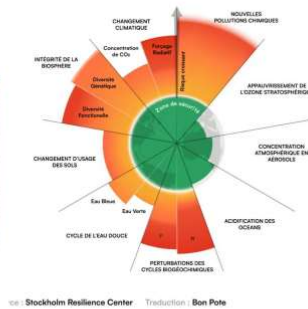


Photo CARL DE SOUZA / AFP

Changements dans les eaux douces :

C'est la 6eme limite planétaire qui a été dépassée en 2023 !

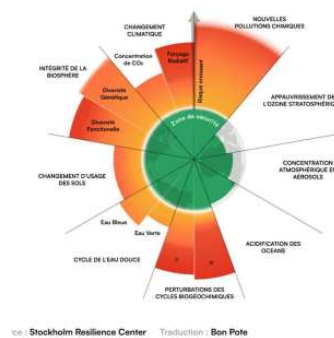
On distingue depuis 2023 l'eau bleue et l'eau verte. L'eau bleue est l'eau des rivières et des lacs, des nappes souterraines, tandis que l'eau verte est l'eau verte concerne l'humidité dans le sol, absorbée en partie par les végétaux. En 2015, seule l'eau bleue était considérée.

L'altération de l'eau douce affecte la biodiversité, et a aussi des effets sur les précipitations.

Les prélèvements nets d'eau douce bleue à l'échelle mondiale restent sous le seuil d'alerte. Mais on observe des dépassements à l'échelle régionale. Si on prend le point de vue des perturbations d'origine humaine des écoulements d'eau issus des précipitations par rapport à la période préindustrielle, alors le seuil est franchi.

En ce qui concerne l'eau verte, la limite est dépassée, avec des sols très asséchés ou au contraire détrempés.

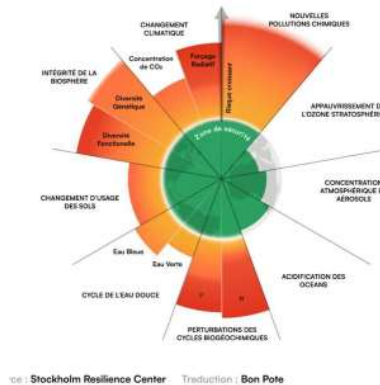
Cycle de l'eau douce



Modification des flux biogéochimiques : On parle ici notamment de la perturbation des cycles naturels de l'azote et du phosphore, et d'**eutrophisation**.

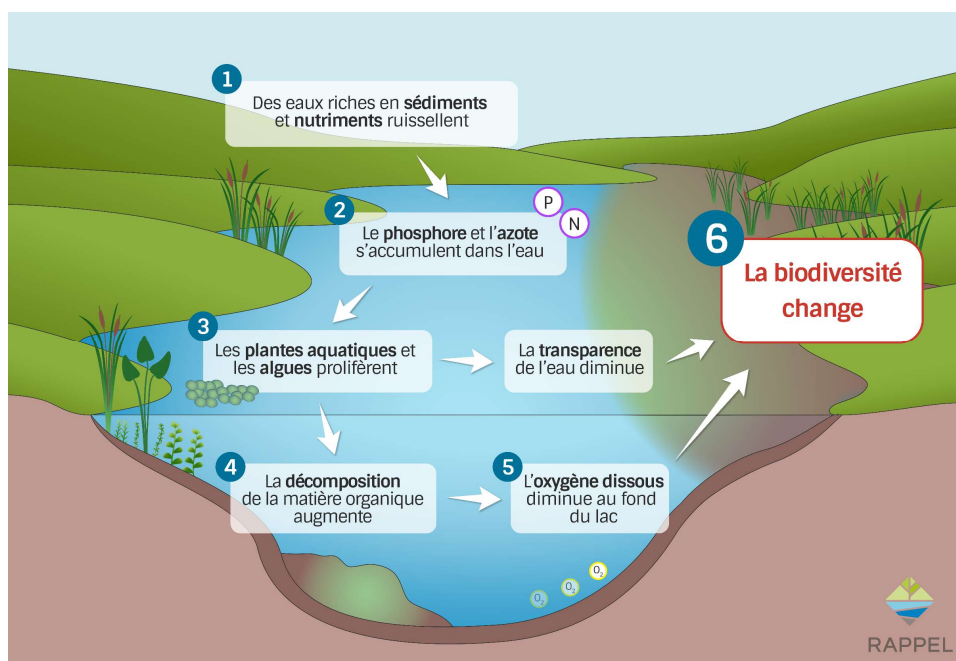
Perturbations des cycles géochimiques

''Eutrophisation''



Le terme eutrophisation vient du grec eutrophe, qui veut dire « bien nourri ». L'**eutrophisation** est un processus en deux étapes.

Dans un premier temps, le milieu aquatique est excessivement enrichi en nutriments, essentiellement en azote et en phosphore provenant principalement des engrais utilisés en agriculture. Cela résulte en une prolifération anormale de végétaux, notamment algues et micro algues. Ces algues en excès vont attirer une quantité anormale de bactéries qui vont dégrader cette matière organique tout en consommant l'oxygène présent dans l'eau. Résultat : il n'y a plus assez d'oxygène dans l'eau pour tout le monde et la lumière ne passe plus. Le milieu est asphyxié. Les poissons et autres animaux qui ne peuvent pas migrer vers des eaux plus oxygénées meurent.



Les eaux peu vives comme celles des lacs, des marais, des baies sont particulièrement sensibles à ce phénomène, alors que les eaux vives, brassées et oxygénées en permanence, sont beaucoup moins sensibles.

Processus d'eutrophisation

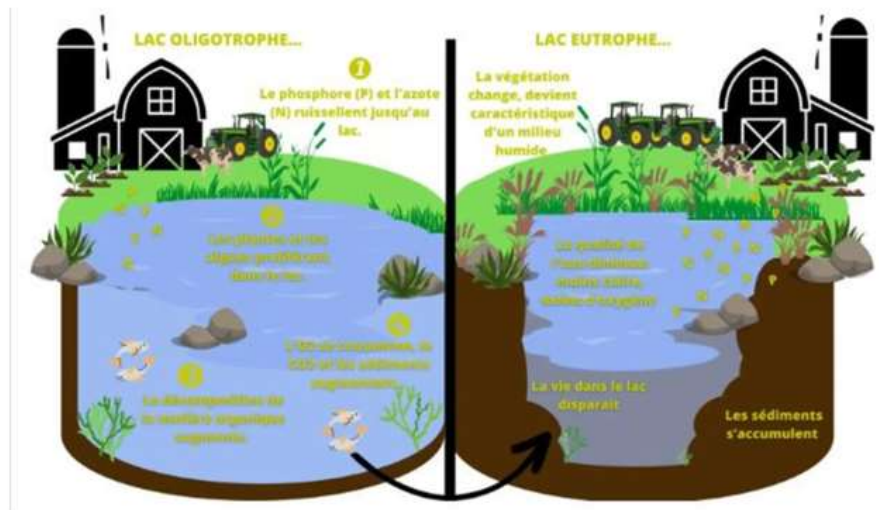


Schéma: S. Ladouceur, T2 environnement

En Bretagne par exemple, les épandages de lisiers entraînent des ruissellements d'azote importants. A terme, ils sont responsables de la prolifération des fameuses algues vertes à la putréfaction toxique. En 2019, une marée d'algues vertes a envahi les plages de la baie de Saint Brieux, obligeant les autorités à en interdire l'accès. On se souvient aussi de la mort en 2009 de Thierry Morfoisse, 48 ans, qui est mort au pied de son camion de ramassage. Une semaine après ce drame, un cheval s'écroulait dans des algues putréfiées, et mourait. Son cavalier, sauvé par des personnes à proximité, est resté plusieurs jours dans le coma.



Les causes de l'eutrophisation ? L'agriculture industrielle dans quelques régions du monde est à elle seule responsable du dépassement de cette limite planétaire.

Depuis 1960, la consommation mondiale d'engrais azotés de synthèse a été multipliée par neuf.

La moitié des phosphates épanchée fini par ruisseler dans les eaux. Les quantités d'engrais phosphorés épanchés sur les sols sont supérieures à la valeur haute de la limite d'incertitude. La quantité d'azote rejetée dans l'environnement par les activités humaines au niveau mondial est largement supérieure aux seuils fixés

Les sécheresses, accentuées par le changement climatique, renforcent les risques d'eutrophisation en diminuant le débit des cours d'eau, ce qui augmente la concentration de l'azote et du phosphore.

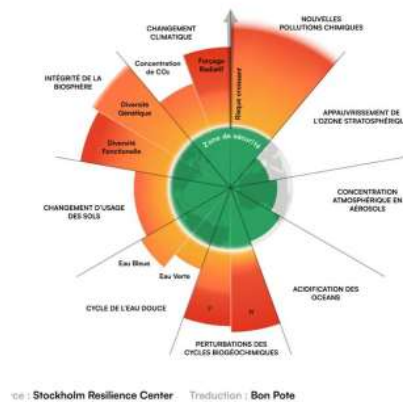
Sources de nutriments et sédiments

- Erosion naturelle des sols
- Sols mis à nu
- Ruissellement des eaux pluviales
- Engrais domestiques et agricoles
- Rejets d'eaux usées
- Produits domestiques phosphatés
- Milieux humides et inondés (marais, marécages): filtration des sédiments et des polluants



Acidification des océans : Cette limite est directement liée à la quantité de CO₂ présent dans l'atmosphère. Le seuil frontière correspond au niveau d'acidité qui entraînerait une dissolution du carbonate de calcium formé par de nombreux organismes marins, comme les coquilles des mollusques ou le corail. Le seuil est encore dans l'espace de sécurité, mais on est proche de le franchir.

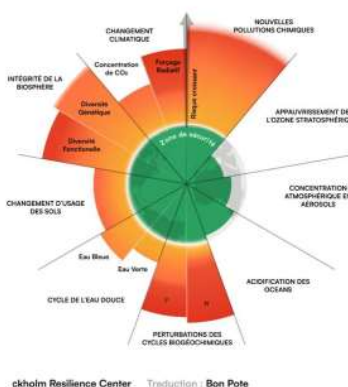
Acidification des océans



Chargement en aérosols atmosphériques : Cette limite n'est pas encore quantifiée.

Les aérosols désignent des particules solides ou liquides en suspension dans l'air. Certains sont d'origine naturelle, comme par exemple un nuage de sable mais l'augmentation des particules provenant des activités humaines est un enjeu majeur pour le climat et la santé.

Aérosols atmosphériques



L'épaisseur optique est une grandeur permettant de comprendre les modifications de la lumière lorsqu'elle traverse l'atmosphère. Plus sa valeur est élevée, plus la transmission lumineuse est faible et donc la densité des aérosols est importante.

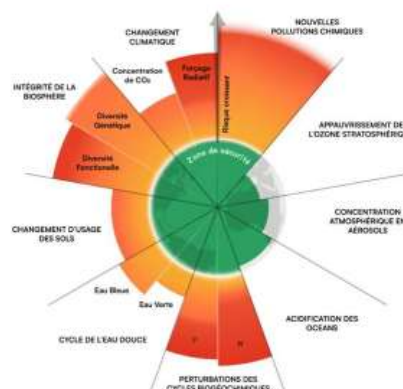


Différence d'épaisseur optique notable en un même lieu

Une étude régionale en Asie du Sud-Est montre une modification du régime climatique, notamment sur la mousson indienne, qui pourrait disparaître. Pour l'instant un seuil spécifique à cette zone du globe a été proposée (et dépassé) mais rien n'a été défini à l'échelle de la planète.

Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique : La couche d'ozone stratosphérique protège des rayons ultra violets. Cette limite, qui fixe un minimum de concentration d'ozone dans l'atmosphère, est la seule qui s'éloigne. Stable depuis les années 2000, la concentration d'ozone devrait grimper à nouveau grâce à l'interdiction des fréons (CFC) responsables de la destruction de ce gaz.

Ozone stratosphérique

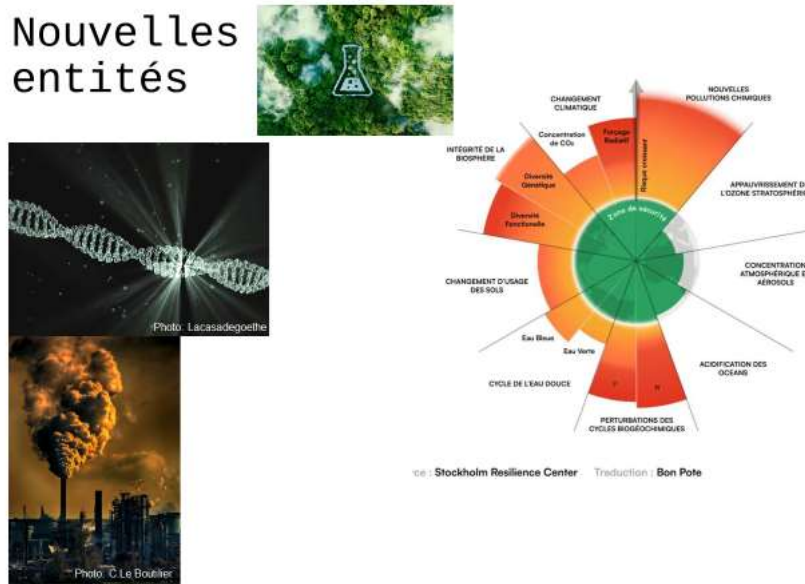


Entités nouvelles :

Ces entités nouvelles sont de différentes natures. Ce sont des substances et des produits chimiques synthétiques (par exemple, les microplastiques, les perturbateurs endocriniens, les pesticides, les nanomatériaux, les polluants) ; sont également concernés des matériaux radioactifs produits ou utilisés par l'homme (par exemple, les déchets nucléaires, les armes nucléaires) ; et on considère encore les formes de vie modifiées par l'homme, comme les OGM.

Cette limite planétaire a été évaluée seulement en 2022, mais elle est dépassée tant les volumes produits et leur dissémination sur l'ensemble du globe sont jugés hors de contrôle.

Nouvelles entités



Aujourd'hui, le volume des produits chimiques a été multiplié par 50 depuis 1950. Parmi toutes ces substances, la pollution plastique fait l'objet d'une attention particulière.

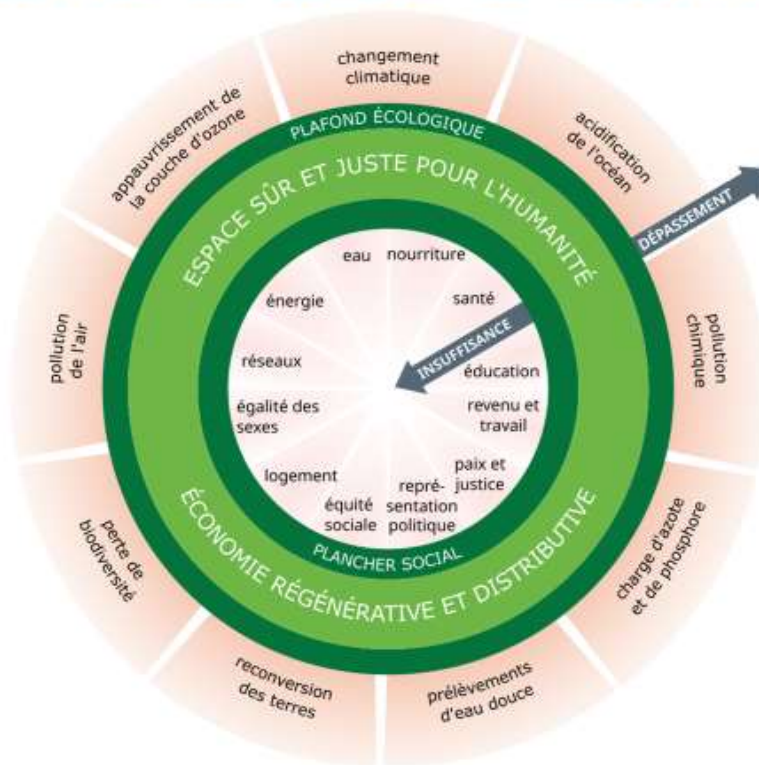


Textiles, emballages alimentaires, mousses anti-incendie, gaz réfrigérants, revêtements antiadhésifs, cosmétiques, dispositifs médicaux, produits phytopharmaceutiques, etc.

La Théorie du donut

Pour conclure, une autre façon de voir les limites planétaires est celle de la théorie du Donut, introduite par Kate Raworth.

La théorie du donut de Kate Raworth



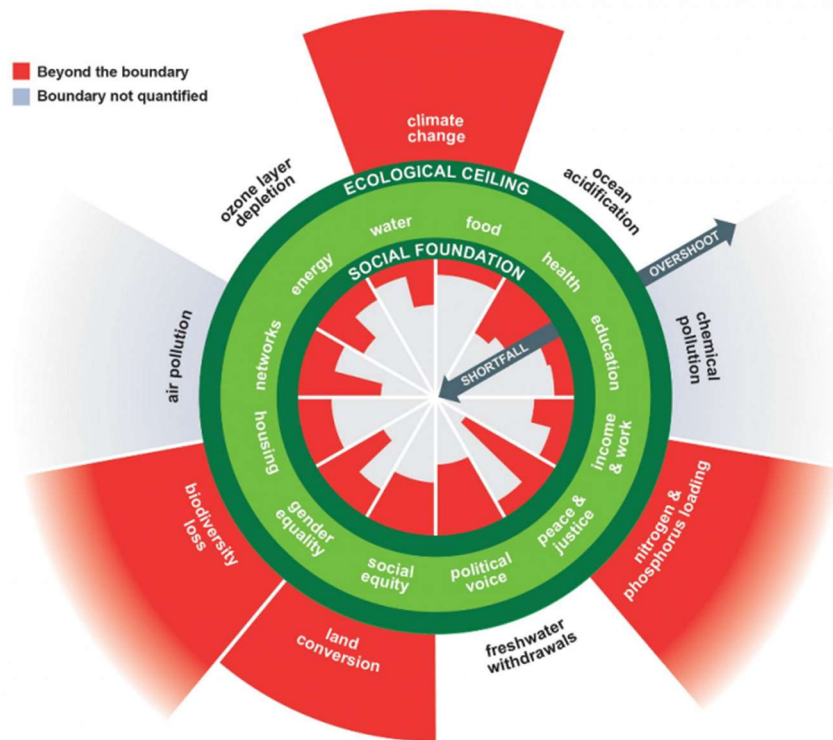
Kate Raworth est une économiste, qui étudie les défis sociaux et environnementaux du 21^e siècle. Elle a notamment travaillé pour l'ONG OXFAM pendant plus de 10 ans. Elle est l'auteur du livre « La Théorie du Donut, l'économie de demain en 7 principes », paru en 2018 et qui fait beaucoup parler.

La Théorie du Donut associe la justice sociale aux enjeux environnementaux.

Au cœur du donut, se retrouvent 12 besoins essentiels pour les humains : eau et alimentation, santé, égalité des sexes, équité sociale, énergie, accès à un travail digne, voix politique, logement, éducation, revenu.

Ce premier cercle vert est le « plancher social » de justice sociale. Mais cet épanouissement ne peut se faire sans les contraintes environnementales. Dans le donut, le cercle extérieur marque le « plafond environnemental » défini par les limites planétaires.

Dans le graphique ci-dessous on voit le donut colorié en vert et rouge. L'espace dit sûr est en vert. Les zones rouges de l'économie actuelle, sont représentées à l'intérieur du donut – les besoins essentiels qui ne sont pas encore assurés pour l'ensemble de l'humanité – et à l'extérieur – les équilibres planétaires déjà mis sous pression. Sur l'aspect social, aucun élément essentiel à la vie n'est satisfait pour tout le monde. La santé, l'opinion politique et l'équité sociale relèvent principalement de l'espace concernant la justice.



Actuellement l'économie repose sur l'idée que la croissance est synonyme de réussite et de progrès ; cette idée est associée à une croissance infinie du PIB. A cette vision linéaire, Kate Raworth oppose celle, circulaire, du donut.

Prenons l'exemple des déchets ; aujourd'hui on capte, transforme, utilise et rejette les ressources ; ce processus est la raison des dépassements des frontières planétaires. Il est possible de transformer le processus en un processus circulaire, régénératif. On peut recycler, réparer, partager...

Enfin, un autre aspect et non des moindres est celle du partage des ressources. Aujourd'hui, les 1% les plus riches de la planète détiennent 50% des richesses mondiales. Ce n'est pas une fatalité. Le donut propose un schéma distributif. Prenons l'exemple de l'énergie. Aujourd'hui, les bénéfices commerciaux de l'utilisation des énergies fossiles ne profite qu'aux actionnaires des grandes compagnies. Demain, l'installation de panneaux solaires sur chaque immeuble, chaque maison, peut permettre à l'énergie de devenir distributive. Ce changement est un choix.

Cette théorie du donut est très discutée ; cependant, la ville d'Amsterdam a adopté en 2020 ce concept dans ses choix de politique publique, qui associent maintenant justice sociale et transition écologique.

En conclusion de toute cette partie sur les dérèglements climatiques », et autres dérèglements que nous avons engendrés, les équilibres naturels sont rompus. Certains impacts sont irrémediables, mais nous avons la possibilité d'atténuer d'autres impacts.

Nous avons la possibilité de maintenir le réchauffement dans une limite supportable si nous prenons les bonnes décisions, et si nous menons des actions responsables collectives et individuelles ; il faut prendre conscience des avenir possibles, ils sont dans nos mains.

Et on termine par une belle image, la vallée de Vinales à Cuba, pour se faire plaisir.

