

Les limites planétaires : cadre et enjeux pour les décisions territoriales

Natacha Gondran, professeure en évaluation environnementale, Mines Saint-Étienne, CNRS, UMR 5600 Ville et société.

Le cadre des « limites planétaires » a été proposé pour la première fois en 2009 par un collectif de vingt-neuf chercheurs en sciences de l'environnement réunis autour de Johan Rockström, alors directeur du Stockholm Resilience Centre, avec la volonté de travailler sur la modélisation du « système Terre ». L'objectif était alors de délimiter un « espace de fonctionnement sécurisé pour l'humanité », offrant un cadre basé sur la notion de « seuils critiques » dont le dépassement conduit à des basculements écologiques irréversibles. Depuis 2019, une Commission de la Terre rassemble une centaine de scientifiques et a intégré dans ses travaux les perspectives des sciences sociales pour s'assurer que les limites quantifiées sont non seulement « sûres », mais aussi « justes ».

Le cadre des limites planétaires

Le cadre des limites planétaires, ou « espace de fonctionnement sûr » (*SOS, Safe Operating Space*), définit des limites biogéophysiques que l'humanité devrait respecter sous peine de voir les conditions de vie sur Terre devenir bien moins propices à la vie humaine. D'abord publié en 2009 dans la revue *Nature* (Rockström *et al.*, 2009), ce cadre a été complété et actualisé à l'occasion de plusieurs publications, dont celle de Will Steffen et ses collègues, en 2015, dans la revue *Science* (Steffen *et al.*, 2015). Il fait l'objet d'un fort intérêt de la part des scientifiques, mais également d'une communauté plus large s'intéressant aux problématiques écologiques.

Ce sujet intéresse également le grand public, certaines ONG (Oxfam, WWF, par exemple), des institutions telles que l'Agence européenne de l'environnement ou le Commissariat général au développement durable (Larrieu *et al.*, 2023) et certains décideurs politiques. Dès 2012, ce cadre a été mobilisé par le secrétariat général des Nations unies pour son rapport « Resilience

People, Resilient Planet », préalable au sommet Rio+20. Il commence aussi à être mobilisé par certaines entreprises qui, dans le cadre de l'initiative *Science Based Targets* (objectifs basés sur la science), s'engagent sur des objectifs de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre, basés sur les scénarios qui permettent de maintenir l'augmentation de la température mondiale moyenne à 2 °C.

Depuis les 10 000 dernières années, période que les géologues appellent l'Holocène, les conditions biogéophysiques garantissant la vie sur la Terre (comme la composition de l'atmosphère ou la température mondiale moyenne) se maintiennent dans un état particulièrement stable. Cette stabilité est clémente pour la vie humaine. Des paléanthropologues considèrent que c'est parce qu'elles n'ont pas eu besoin de lutter contre des événements climatiques extrêmes que les sociétés humaines ont pu se « développer » pendant l'Holocène : apparition de l'agriculture, domestication des animaux, établissement des civilisations anciennes, et ainsi



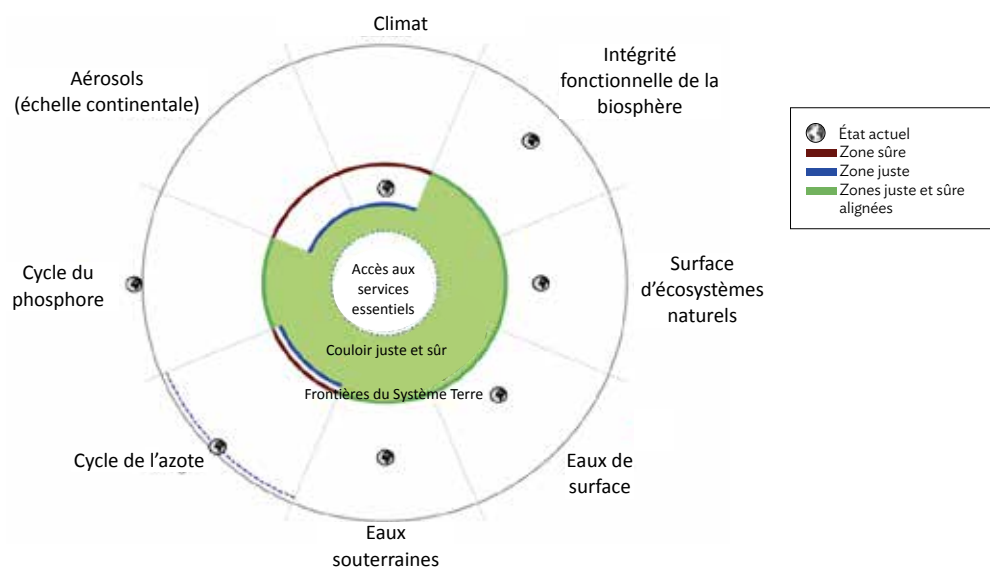
La chute d'eau de Tumpak Sewu, de près de 120 mètres de haut, dans la Province de Java orientale, en Indonésie.
© Didin Emelu / Unsplash

de suite. Des climatologues ont modélisé le fait que, sans intervention humaine, ces conditions resteraient encore stables sur une longue période temporelle (Rockström *et al.*, 2009). Pourtant, depuis la révolution industrielle, l'homme modifie profondément ces conditions biogéophysiques. C'est alors que la notion de *point de bascule écologique* intervient. Il s'agit d'un état à partir duquel certaines variables clés franchissent un seuil, qui amène un système à passer d'un état d'équilibre à un autre état, moins accueillant pour les êtres vivants. Ce phénomène de *bascullement écologique* est bien documenté pour des écosystèmes locaux. L'alerte des scientifiques proposant le cadre des limites planétaires concerne, depuis la fin des années 2000, le risque de basculement qui pèse sur le système Terre dans son ensemble (Rockström *et al.*, 2009).

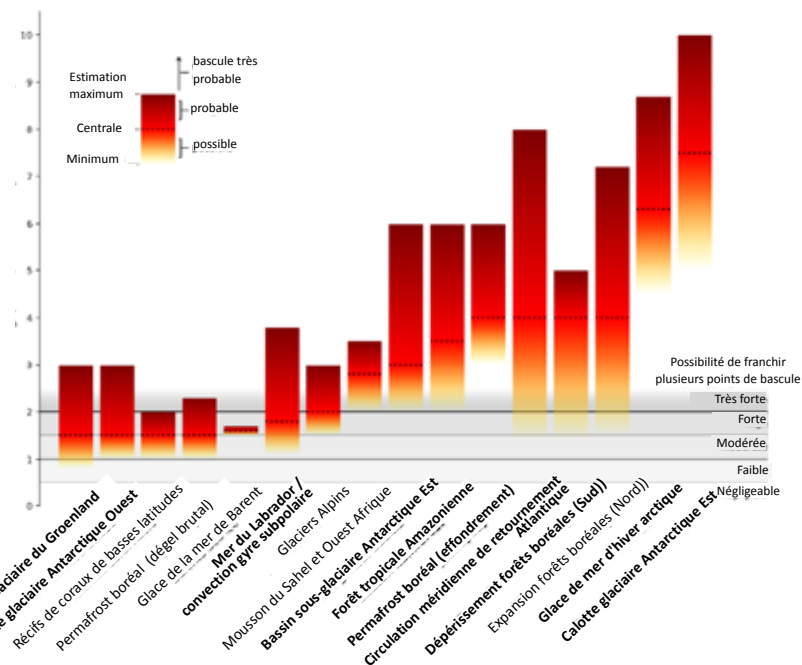
Les écosystèmes réagissent en effet de façon non linéaire, souvent brutalement, une fois que certaines variables clés dépassent certaines valeurs limites. Un exemple emblématique est celui de l'Arctique. Du fait du changement climatique,

l'épaisseur et l'étendue de la banquise diminuent de façon inquiétante. L'enneigement printanier voit son étendue et sa durée se réduire tandis que la surface du pergélisol, sol auparavant gelé en permanence, se réchauffe. Même si la différence de température moyenne entre les deux états n'est que de quelques degrés, le fait que les eaux et les sols sont, ou non, gelés en permanence laisse envisager deux types d'écosystèmes très différents. Ces changements génèrent des perturbations biophysiques qui ont des effets en cascade sur les écosystèmes des zones proches de l'Arctique (la toundra par exemple). Cela modifie les cycles du carbone de cette région et contribue à augmenter encore davantage les émissions de gaz à effet de serre et donc à amplifier le phénomène de changement climatique pour l'ensemble du système Terre (Rockström *et al.*, 2023).

De tels basculements peuvent être désastreux pour les êtres vivants. Ils ont d'autant plus de conséquences négatives qu'ils surviennent rapidement et sont difficiles à anticiper. Cela rend les tentatives d'adaptation difficiles, pour les



Représentation visuelle des limites sûres et justes pour le système terrestre sans préjudice significatif. D'après Johan Rockström et al., dans *Nature*, n° 619, mai 2023.



Estimation de différents points de bascule liés à l'augmentation de la température moyenne mondiale. D'après Johan Rockström et al., dans *Nature*, n° 619, mai 2023.

systèmes tant naturels qu'humains. Le changement d'état est en outre irréversible une fois que le système a basculé. Plus de possibilité de retour en arrière...

On ne sait pas exactement à quel moment les différents systèmes biophysiques feront l'objet de basculement. L'enjeu, pour les scientifiques travaillant sur les limites planétaires, est donc de modéliser le système Terre et ses différentes interactions pour estimer ces limites (Boutaud et Gondran, 2020). Comme la limite est située dans une zone d'incertitude, il s'agit de définir en amont une frontière à ne pas dépasser pour ne pas franchir la limite planétaire où peut se situer le basculement. C'est là que se situe l'espace de fonctionnement sûr. La zone d'incertitude correspond à une augmentation du risque de basculement. Quand la variable franchit la frontière,

le système Terre entre ainsi dans une zone à haut risque où des basculements écologiques risquent de se produire.

Ce cadre était transversal aux différentes problématiques environnementales, mais ne prenait pas en compte les sciences sociales. S'il a rencontré un succès certain auprès de certains acteurs des pays du Nord, du fait de son potentiel de visualisation intuitif et pédagogique, il peinait jusqu'à présent à trouver un soutien fort de la part des pays du Sud. En 2023, une nouvelle publication sur les « frontières du système Terre » est venue enrichir cette réflexion en associant parmi ses auteurs Joyeeta Gupta, spécialiste internationale des questions de gouvernance et de développement inclusif.

Dans cette nouvelle publication, le système Terre est vu dans ses dimensions socio-écologiques :

il introduit un nouveau critère, celui de justice, pour définir les frontières d'un « espace juste et sûr de fonctionnement » pour « réduire l'exposition humaine à des dommages significatifs » (Rockström et al., 2023). Les auteurs de l'article se basent sur trois critères : la justice entre les espèces, entre les générations et au sein d'une même génération, c'est-à-dire entre les pays, communautés et individus. Selon les processus écologiques considérés, la frontière « juste » peut être plus ou moins contraignante que la frontière « sûre ».

L'espace de fonctionnement juste et sûr

Les auteurs se sont basés sur les limites planétaires pour définir les limites du système Terre, qui intègrent, quant à elles, la notion de justice sociale. Ainsi, deux limites planétaires (l'acidifi-

cation des océans et la couche d'ozone) ont été enlevées de ce nouveau cadre et la limite sur l'eau a été séparée en deux limites : une sur l'eau douce superficielle et une sur les eaux souterraines. L'espace de fonctionnement juste et sûr défini par Johan Rockström et ses collègues en 2023 est ainsi basé sur huit frontières du système Terre (voir figure page de gauche) : le changement climatique, l'intégrité fonctionnelle de la biodiversité, les surfaces d'écosystèmes naturels, les eaux douces de surface, les eaux souterraines, les cycles de l'azote et du phosphore et la concentration de l'atmosphère en aérosols.

Le changement climatique

Pour le climat, la frontière « sûre », qui limite les risques de franchissement de seuils de bascule, a été estimée à 1,5 °C d'augmentation de tem-