

Vous êtes ici : [Accueil](#) > [Soutenabilité](#) > Cycle de l'eau verte : une nouvelle frontière planétaire est-elle dépassée ?

CYCLE DE L'EAU VERTE : UNE NOUVELLE FRONTIÈRE PLANÉTAIRE EST-ELLE DÉPASSÉE ?



ARTICLE

Depuis plus d'une décennie et en particulier à partir des travaux pionniers du groupe du « Stockholm Resilience Centre », les scientifiques cherchent à objectiver les conditions d'habitabilité de notre planète.

Certains d'entre eux travaillent à déterminer des « limites planétaires » et les « frontières » à ne pas dépasser, au risque de créer des effets de rétroactions qui ne pourraient plus être maîtrisés (ex. de l'impact des émissions de CO₂ sur l'acidification des océans, la perte de biodiversité, etc.).

Parmi les neuf catégories de limites planétaires identifiées, celle de l'eau douce faisait déjà l'objet de travaux scientifiques pour évaluer l'état de la ressource et la pression anthropique sur l'eau dite « bleue », celle des cours d'eau, des lacs et des nappes.

Plus récemment, une étude de la revue « Nature » s'est intéressée à l'eau verte, celle de la pluie qui s'infiltré dans les plantes et les sols. Plutôt qu'une « nouvelle limite qui serait dépassée », cette étude met en lumière de nouveaux indicateurs – non suivis jusqu'alors – encore plus préoccupants que pour l'eau bleue.

Mais que dit exactement cette étude ?

Comment cet indicateur a-t-il été construit ?

Dans la course aux données pertinentes pour évaluer les pressions humaines sur notre planète, cet article fait le point sur la méthodologie et les résultats de cette étude qui a fait grand bruit.

Aurélien BOUTAUD

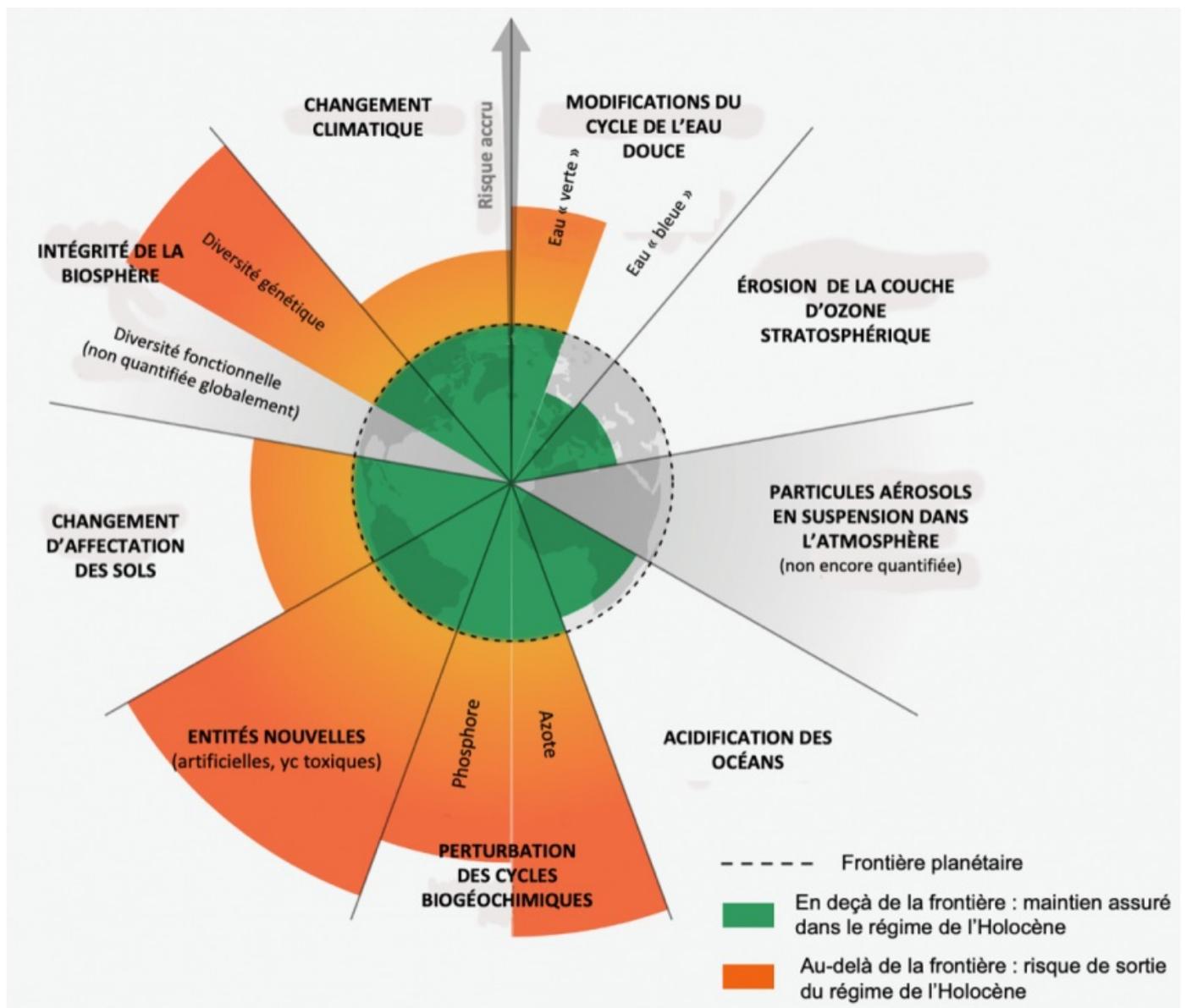
Environnementaliste, consultant-chercheur indépendant

Au cours du printemps 2022, plusieurs médias français se sont fait l'écho d'une nouvelle pour le moins inquiétante : après celles du climat, de la biodiversité ou encore des cycles de l'azote et du phosphore, nous aurions dépassé une nouvelle limite planétaire, celle du cycle de l'eau douce. La nouvelle tombait alors même que la France connaissait l'un de ses printemps les plus secs, et tandis que se préparait un été caniculaire qui resterait gravé dans les mémoires à cause de ses incendies hors normes. Mais comme souvent lorsqu'il s'agit des limites planétaires, les titres spectaculaires relayés par la presse cachent une réalité plus complexe.

Holocène, points de bascules, frontières : quelques rappels à propos des limites planétaires

Pour le comprendre, il faut commencer par rappeler quelques éléments concernant la « science des limites planétaires ». Proposé par un groupe de spécialistes des Sciences du Système Terre à la fin des années 2000, le cadre de référence des limites planétaires propose de définir des seuils au-delà desquels l'humanité met en péril les équilibres qui caractérisent la biosphère depuis les débuts de l'Holocène – une période débutée il y a plus de 11 000 ans et dont on estime qu'elle devrait durer encore plusieurs milliers d'années. Les scientifiques pensent que cet équilibre de l'Holocène pourrait être rompu si certains déterminants du système Terre venaient à être trop gravement perturbés.

Neuf de ces déterminants sont aujourd'hui identifiés. Pour chacun d'entre eux, les scientifiques ont essayé de proposer au moins une variable de contrôle – c'est-à-dire un indicateur qui permet de mesurer l'évolution d'une perturbation liée à l'activité humaine. Par exemple, pour le climat, une des variables de contrôle retenue est la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Une fois cette variable choisie, les scientifiques ont essayé de proposer une limite au-delà de laquelle la perturbation risque d'entraîner des effets en chaîne qui pourraient amener le système à sortir de son équilibre dynamique, c'est-à-dire un point de bascule. Au-delà de 350 ppm de CO₂ dans l'atmosphère, les climatologues estiment par exemple qu'un tel point de bascule peut être franchi : des rétroactions déstabilisatrices pourraient alors se déclencher et mener le climat à sortir du régime de l'Holocène.



Les neuf frontières planétaires faisant apparaître le nouveau franchissement de frontière pour l'eau verte © Azote for Stockholm Resilience Centre, traduit par nos soins

Malheureusement, la détermination d'un point de bascule est extrêmement difficile. C'est la raison pour laquelle les scientifiques proposent une limite basse, qu'ils appellent une « frontière » (« *boundary* » en anglais). Dans l'absolu, il est donc possible de dépasser une telle frontière sans pour autant franchir un point de bascule. Ainsi, en ayant aujourd'hui dépassé les 420 ppm de CO₂ dans l'atmosphère, nous avons franchi la frontière planétaire pour le climat, mais nous ne savons pas si nous avons pour autant franchi un point de bascule irréversible. Notre seule certitude est qu'il aurait été plus prudent de rester sous la barre des 350 ppm, puisque certaines rétroactions déstabilisatrices semblent d'ores et déjà observées.

Le cycle de l'eau douce : pour l'eau « bleue », une situation encore soutenable

Du fait de son rôle central dans le fonctionnement de la biosphère, le cycle de l'eau douce est un des neuf déterminants retenus par les scientifiques dans le cadre du référentiel des limites planétaires. Or, pour de

multiples raisons, ce cycle a été largement perturbé par les activités humaines au cours des dernières décennies.

Pour qualifier et quantifier cette perturbation, la communauté scientifique s'est d'abord intéressée à ce que les spécialistes appellent l'eau « bleue », c'est-à-dire l'eau des cours d'eau, des lacs ou encore des nappes phréatiques. Cette eau joue un rôle particulièrement important pour la biosphère : non seulement elle façonne les paysages, mais elle occupe également une place centrale dans le fonctionnement de nombreux écosystèmes.

Cette importance vitale a amené les civilisations humaines à exploiter au mieux cette ressource : pour irriguer les cultures et alimenter le bétail, bien entendu, mais aussi pour mener à bien de nombreuses autres activités comme l'adduction d'eau potable, la production d'hydroélectricité, le refroidissement des réacteurs nucléaires et différents autres usages industriels. Le captage et le détournement des sources d'eau douce a aujourd'hui pris une ampleur considérable, au point que l'activité humaine soit devenue la principale cause de modification du débit des rivières à l'échelle mondiale, ainsi que le premier facteur de modification des flux d'évaporation.

En première approche, les scientifiques ont donc choisi une variable de contrôle quantitative pour déterminer la limite planétaire : les volumes d'eau douce prélevés dans les eaux de surface et les eaux souterraines. Constatant que, pour préserver les débits d'eau moyens nécessaires au fonctionnement des écosystèmes aquatiques, la quantité maximale d'eau bleue accessible était située aux alentours de 5 000 km³/an, ils ont proposé par précaution une frontière planétaire équivalant à 4 000 km³ d'eau prélevée chaque année au niveau mondial. Ainsi, même si de nombreuses régions du monde prélèvent d'ores et déjà davantage d'eau douce que ne le permet leur bassin versant, au niveau global, la frontière n'est pas encore dépassée, avec un prélèvement constaté d'environ 2 600 km³/an.

Que dire de l'eau « verte » ?

La publication parue dans la revue *Nature* au printemps 2022 vient apporter un regard complémentaire sur cette problématique, en s'intéressant cette fois-ci à l'eau « verte », c'est-à-dire l'eau douce issue des précipitations qui interagit directement avec la biosphère, dont elle est également une des principales composantes. Plus difficile à identifier que l'eau bleue, car moins visible, cette eau est massivement stockée dans les organismes vivants et dans la partie superficielle des sols – au niveau des racines des plantes, là où l'humidité joue un rôle crucial pour le développement des végétaux et des micro-organismes. Se propageant ensuite à l'ensemble des êtres vivants – qui, rappelons-le, sont massivement constitués d'eau – cette eau verte est parfois comparée au « sang de la biosphère », en cela qu'elle irrigue toute la chaîne alimentaire : les végétaux captent l'eau des précipitations par leur feuillage, puis par leur système racinaire, avant de rejeter dans l'atmosphère une partie de cette eau par évapotranspiration, ou encore de servir de base à l'alimentation des animaux.

Cette eau contenue dans la biomasse et dans la partie superficielle des sols est également un maillon central des cycles biogéochimiques. Et elle s'avère un vecteur très important de la régulation du climat, puisque, en présence de végétation – et en particulier en présence de forêts – l'eau des précipitations est bien mieux retenue dans les sols et dans la biomasse, limitant ainsi l'écoulement et les risques de crues. La température est aussi largement tempérée par le couvert forestier et l'évapotranspiration, ce qui limite les écarts de température près du sol et régule les échanges d'eau entre la biosphère et l'atmosphère, limitant par là-même les risques de sécheresse. Par exemple, dans une forêt tropicale, 50 à 80 % de l'eau transpirée par les végétaux demeure dans le cycle de l'eau de l'écosystème forestier.

Or, à l'instar du cycle de l'eau bleue, celui de l'eau verte a lui aussi subi des modifications profondes. La dégradation du couvert végétal (en particulier la déforestation) est une cause majeure de la réduction de la teneur en eau contenue dans les sols et la végétation. La réduction de l'évapotranspiration, qui est également en grande partie liée à la déforestation, a quant à elle des effets sur le climat local et même global, générant un assèchement de l'atmosphère et une augmentation de la température près du sol.

La variable de contrôle retenue : la part de sols présentant une anomalie d'humidité

Après avoir rappelé ces éléments de contexte, les auteurs de l'article paru dans *Nature* s'interrogent sur l'ampleur du phénomène et sur la meilleure manière d'en prendre la mesure. Constatant que l'évolution des précipitations et de l'évaporation terrestres ne permettent pas de suffisamment bien caractériser les modifications du cycle de l'eau verte, ils s'intéressent alors à une autre variable de contrôle possible : la teneur en eau des sols.

Jouant un rôle d'interface entre les différentes étapes du cycle de l'eau verte, cette humidité des sols s'avère en effet un témoin particulièrement pertinent des changements en cours. L'humidité dans la zone racinaire des sols remplit en particulier deux conditions très importantes pour la détermination d'une variable de contrôle pour l'eau verte : elle est influencée par les activités humaines (directement par les pratiques culturelles ou l'urbanisation, et indirectement par le changement climatique, par exemple), et elle impacte une grande variété de déterminants du système Terre, comme la productivité de la biomasse (la capacité à produire de la matière organique grâce à la photosynthèse), la résilience des écosystèmes face aux événements climatiques, ou encore certains cycles biogéochimiques comme celui du carbone.

Après avoir identifié les différents indicateurs potentiellement disponibles qui permettraient d'estimer correctement l'humidité des sols, les auteurs proposent de retenir une variable de contrôle qui correspond au « pourcentage de terres libres de glace dont la zone racinaire des sols présente une anomalie d'humidité dépassant les bornes de variabilité locale à n'importe quel mois de l'année ». Autrement dit, les terres non couvertes de glaces sont subdivisées en une multitude de zones locales, dont il s'agit ensuite d'observer l'humidité dans la partie superficielle des sols, puis de la comparer au maximum et au minimum d'humidité de la période de l'Holocène.

Si un dépassement de ces seuils est constaté pendant au moins un mois – soit une période qui peut largement suffire à provoquer un stress hydrique – la zone en question est déclarée comme ayant subi une anomalie d'humidité. Sur cette base, les auteurs de l'étude constatent qu'environ 18 % des terres émergées sont aujourd'hui concernées par une telle anomalie.

Un dépassement de frontière qui dépend en grande partie de la résilience du système Terre

Une fois la variable de contrôle définie et mesurée, il faut bien entendu fixer un seuil correspondant à la frontière planétaire, c'est-à-dire la valeur qu'il faut éviter de dépasser pour ne pas risquer de franchir un point de bascule qui entraînerait un changement de régime du cycle de l'eau verte – tel que ce dernier a fonctionné

au cours de l'Holocène. Dans le cas présent, cela revient à se poser la question suivante : à partir de quel pourcentage de sols présentant une anomalie d'humidité ce risque de changement de régime devient-il possible ?

Pour répondre à cette question, les chercheurs sont confrontés à un problème récurrent, que nous avons abordé plus haut à propos du changement climatique : il est extrêmement difficile de déterminer un tel point de bascule. Ce dernier dépend en grande partie de la résilience du système Terre et donc de sa capacité à générer davantage de rétroactions négatives (stabilisatrices) que de rétroactions positives (déstabilisatrices). Dressant un état des lieux assez complet des rétroactions en lien avec une évolution du cycle de l'eau verte, les chercheurs en arrivent à la conclusion que cette résilience est aujourd'hui précaire, notamment parce que plusieurs autres frontières planétaires sont d'ores et déjà transgressées et tendent à amplifier le déséquilibre du cycle de l'eau verte. C'est le cas par exemple du réchauffement climatique et de la déforestation.

En attendant de pouvoir mieux définir cette frontière, les auteurs de l'article proposent de fixer une frontière planétaire correspondant à 10 % des terres émergées présentant une anomalie d'humidité au niveau de leurs zones racinaires. Ce qui revient à dire que la frontière planétaire pour l'eau verte est d'ores et déjà dépassée.

Quelques limites et perspectives concernant la frontière du cycle de l'eau verte

La lecture détaillée de cette publication permet donc de modérer certaines idées véhiculées par la presse. Contrairement à ce que beaucoup de gens ont sans doute pu comprendre, une nouvelle frontière planétaire n'a pas été franchie en 2022. Ce qui est advenu en 2022, c'est qu'un groupe de scientifiques a proposé de déterminer une variable de contrôle pour le cycle de l'eau verte, dont ils sont en mesure de donner une mesure actualisée, et pour laquelle ils proposent également une frontière planétaire. Frontière dont ils constatent qu'elle est dépassée depuis, sans doute, de nombreuses années.

Si le traitement médiatique de cette publication pose question, la méthodologie des scientifiques n'est pas non plus exempte de critiques, et les auteurs de l'article sont conscients des nombreuses limites qui jalonnent leur recherche. Par exemple, la variable de contrôle qu'ils proposent présente plusieurs difficultés. Faute de mesures directes suffisamment nombreuses, les données d'humidité des sols et leurs évolutions sont obtenues par le biais d'une modélisation du système Terre développée par l'Institut Max Planck, qui agrège elle-même une multitude de bases de données. Cette modélisation est ensuite couplée avec des modèles simulant l'évolution de la couverture végétale et les évolutions du climat.

Même s'il s'agit des modèles les plus aboutis, la complexité des interactions entre les différents éléments du système Terre oblige à une certaine prudence quant à l'interprétation de leurs résultats. En particulier, il est encore très difficile d'estimer l'humidité des sols avant la période industrielle, ce qui oblige à considérer avec précaution la référence faite à une moyenne de l'Holocène – une période qui s'étend quant à elle sur plusieurs milliers d'années. Par ailleurs, nous avons vu que la fixation d'une frontière met en jeu une certaine subjectivité, puisqu'elle fait intervenir une interprétation du degré de résilience du système Terre.

Ces précisions étant faites, il faut également reconnaître que, malgré son importance centrale dans le fonctionnement de la biosphère, la question du cycle de l'eau verte est jusqu'à présent très peu présente dans les débats politiques et ne fait l'objet d'aucune gouvernance internationale spécifique. On comprend alors mieux l'importance des travaux publiés au printemps dernier, puisqu'à travers la détermination d'une frontière planétaire, il s'agit également pour la communauté scientifique d'alerter le grand public et les décideurs sur la nécessité de mieux prendre en compte la dégradation du cycle de l'eau verte.

La médiatisation de l'article paru dans la revue scientifique *Nature* au printemps 2022 aura ainsi au moins eu le mérite d'attirer notre attention sur cet enjeu. Nous sommes à présent prévenus que le « circuit sanguin de la biosphère » est fortement perturbé. Reste, peut-être, à nous souvenir de cette chose aussi évidente que cruciale : nous faisons partie de la biosphère.

Pour tout savoir sur la démarche Eau futurE et ses suites, rendez-vous sur jeparticipe.grandlyon.com.
