



AU SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
CHANGEMENT CLIMATIQUE	4
ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ	5
PERTURBATION DU CYCLE DE L'EAU DOUCE	8
PERTURBATION DU CYCLE DU PHOSPHORE	10
PERTURBATION DU CYCLE DE L'AZOTE	11
ATTEINTE DE LA COUCHE D'OZONE	13
DIMINUTION DU COUVERT VÉGÉTAL	14
AUGMENTATION DES PARTICULES EN SUSPENSION DANS L'AIR	16
BILAN À L'ÉCHELLE DU SUD LOIRE	17

QUELLE PARTICIPATION DU SUD LOIRE À L'ATTEINTE DES LIMITES PLANÉTAIRES ?



Pour jouer pleinement son rôle d'accompagnement des réflexions de ses partenaires, epures, l'Agence d'urbanisme de la région stéphanoise a vocation à défricher des sujets émergents qui pourront aider à la connaissance et au débat public. Dès lors, epures noue des partenariats avec le monde scientifique et académique sur ces sujets.

C'est dans cet objectif qu'epures a engagé une collaboration avec l'école

des mines de Saint-Étienne sur le sujet des Limites Planétaires. Abordées par la sphère scientifique à l'échelle internationale, la territorialisation des Limites Planétaires est à la fois un enjeu de recherche mais aussi un enjeu de compréhension de la participation des territoires à l'atteinte des limites que peut supporter la planète. Cela permet d'interroger les effets des activités humaines sur le système Terre à partir d'une approche globale

et systémique. C'est donc une source de connaissance nouvelle qui permet de mieux comprendre et accompagner la priorisation des actions publiques à mettre en œuvre par le territoire.

La présente publication, une première en France sur ce thème, présente le concept des Limites Planétaires mais également la déclinaison locale pour le Sud Loire.

LES LIMITES PLANÉTAIRES, UN NOUVEAU CADRE POUR PENSER LES IMPACTS DES ACTIVITÉS HUMAINES SUR LE SYSTÈME TERRE



Natacha Gondran,
professeure à l'Ecole
Nationale Supérieure
des Mines de Saint-
Etienne / UMR 5600
Environnement Ville
Société, co-auteure Les
limites planétaires, Ed. La
découverte



Aurélien Boutaud,
consultant indépendant et
chercheur associé à l'UMR
5600 Environnement
Ville et société du CNRS,
co-auteur Les limites
planétaires, Ed. La
découverte

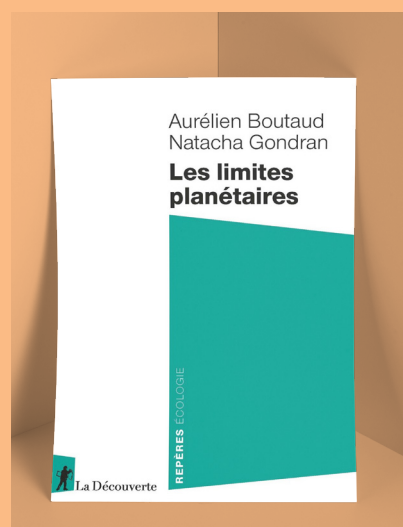
« Le cadre des limites planétaires a été développé par des chercheurs dans un objectif pédagogique, pour interpeller les décideurs à l'échelle internationale sur la notion de seuils à partir desquels l'écosystème planétaire change son état d'équilibre. Il s'agit aussi de montrer que les différentes limites de la planète ne sont pas isolées mais interdépendantes. Par exemple, la perte de biodiversité a des effets sur les capacités de résilience des écosystèmes face au changement climatique. Ces chercheurs se sont regroupés au sein du "Stockholm Resilience Center" ; chaque année, plusieurs centaines de publications sur le sujet sont publiées.

Deux types de recherche sont menés en parallèle.

Le premier concerne des recherches menées à l'échelle du "système Terre" sur la définition, la qualification et l'analyse des limites biogéophysiques de l'écosystème planétaire.

Le second, issu des travaux sur l'Analyse des Cycles de Vie (ACV), cherche à mesurer la soutenabilité des systèmes de production et des systèmes territoriaux, savoir comment ces systèmes contribuent à l'atteinte des limites planétaires.

Passer de variables de contrôle de l'échelle planétaire à l'échelle locale nécessite de définir des budgets environnementaux acceptables ; c'est-à-dire définir par territoires ou par secteurs d'activité les niveaux de pollution acceptable pour ne pas bouleverser l'équilibre planétaire. La définition de ces allocations en est à ses débuts, elle nécessite d'avancer en termes de recherche pour caler les modèles. Mais, au-delà de la sphère de la recherche, ces travaux interrogent aussi pleinement les acteurs de terrain. C'est pour cela que des collaborations entre la recherche et des acteurs représentant les acteurs de terrain, comme les agences d'urbanisme, sont importantes pour avancer sur la compréhension de la participation des territoires et des entreprises sur l'atteinte des limites de l'écosystème planétaire. »



ORIGINE ET PRÉCAUTION SUR LES TRAVAUX PRÉSENTÉS

Les éléments présentés dans cette publication sont issus d'un travail de recherche mené par Quentin Dassibat dans le cadre d'une collaboration entre l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne et epures, l'Agence d'urbanisme de la région stéphanoise.

Ce sont des premiers éléments de réflexion de territorialisation des travaux scientifiques sur les Limites Planétaires à l'échelle du territoire du Sud Loire.

En raison de la disponibilité des données, les limites ont pu être plus ou moins bien documentées. La précision des données est précisée pour chaque thématique.

TERRITORIALISATION DES LIMITES PLANÉTAIRES À L'ÉCHELLE DU SUD LOIRE

Neuf grands cycles naturels sont considérés comme des limites planétaires :

- 1- Le changement climatique ;
- 2- L'érosion de la biodiversité ;
- 3- La perturbation du cycle de l'eau douce ;
- 4- La perturbation des cycles du phosphore et de l'azote ;
- 5- L'érosion de la couche d'ozone ;
- 6- La diminution du couvert végétal ;
- 7- L'augmentation des particules en suspension dans l'air ;
- 8- L'introduction d'entités nouvelles dans l'environnement ;
- 9- L'acidification des océans.

La territorialisation de ces limites à l'échelle d'un territoire vise à identifier la participation du territoire à l'atteinte des seuils planétaires pour permettre d'identifier les enjeux environnementaux et d'alerter les décideurs locaux afin d'y répondre au mieux dans les politiques qu'ils ont en charge.

Ce travail nécessite :

- D'une part de décliner les seuils exprimés à l'échelle planétaire à une échelle locale
- Et d'autre part, de recueillir les données locales permettant de qualifier les limites.

Dans le cadre des travaux sur la territorialisation le choix a été fait de ne pas traiter deux de ces limites :

- L'introduction d'entités nouvelles concerne la mise en circulation d'éléments chimiques nouveaux dans les cycles naturels comme les microplastiques ou les variétés résistantes aux herbicides. Cette limite n'a pas encore fait l'objet de quantification à l'échelle planétaire du fait de sa complexité (de multiples molécules sont en jeu et il n'existe pas encore d'indicateur unique pour les

quantifier), elle n'a donc pas été traitée à l'échelle du Sud Loire.

- L'acidification des océans est liée à l'absorption du CO₂ par les océans, ce qui diminue leur pH. En raison du lien fort avec la limite Changement climatique et de l'absence de vulnérabilité directe du territoire du SCOT Sud Loire face à cette menace, cette limite ne sera pas traitée en tant que telle dans ce travail.

Pour chaque limite, les seuils seront qualifiés comme :

- l'espace de sécurité : faible risque de perturbation globale du cycle naturel
- la zone d'incertitude : un risque accru existe
- le niveau dangereux : un risque d'effondrement du cycle naturel est identifié.



LES LIMITES PLANÉTAIRES ET LES SYSTÈMES D'OBSERVATION LOCAUX

La qualification locale des limites planétaires s'appuie sur les observatoires environnementaux locaux. Ces observatoires sont adossés à des politiques de gestion de service

(qualité des eaux en lien avec la gestion des eaux usées par exemple). Ainsi, des éléments de connaissance comme les débits de rivière ne sont pas homogènes sur le territoire. Les travaux de territorialisation des limites planétaires ont mis en exergue de nouveaux besoins d'observation environnementale.

LES LIMITES PLANÉTAIRES, UN INDICE MOBILISÉ DANS LE RAPPORT SUR L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT EN FRANCE



Diane Simiu,
Adjointe au
Commissaire général au
développement durable,
Ministère de la Transition
écologique

« Conformément à ses engagements internationaux au titre de la Convention d'Aarhus, depuis 1994, le Ministère de la Transition écologique publie tous les quatre ans un Rapport sur l'état de l'environnement en France¹. Dans

son édition 2019, pour mieux appréhender l'impact environnemental de la France au-delà de ses frontières, le rapport a utilisé pour la première fois le cadre d'analyse des limites planétaires défini par la communauté scientifique du Stockholm Resilience Centre. Il présente la situation de la France au regard de chacune des neuf limites planétaires.

Au-delà d'une déclinaison nationale des limites planétaires, le ministère s'intéresse à la manière dont les acteurs institutionnels locaux peuvent s'approprier ce concept pour se fixer des limites à l'échelle de leur territoire. En quoi les limites planétaires constituent-elles un cadre de référence leur permettant de mieux prendre en compte les enjeux écologiques dans leurs politiques publiques (projets territoriaux de développement durable, outils de planification, etc...) ? L'expérience et les travaux réalisés sur ce sujet à l'échelle du Scot Sud Loire s'avèrent être un exemple particulièrement intéressant »



CHANGEMENT CLIMATIQUE

Niveau d'atteinte de la limite Changement climatique à l'échelle mondiale



zone d'incertitude

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Diminution de la calotte glaciaire (de 6 à 2 millions de km²)
- Risques accrus de sécheresse et d'inondation
- Modification des rendements agricoles

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire



niveau dangereux

Niveau de qualité de la donnée utilisée



très bonne / nombreuses
données locales sur les émissions
directes

est autour de 410 ppm, soit un dépassement de la zone d'incertitude.

Le lien établi entre les niveaux d'émissions cumulées de CO₂ et l'atteinte de la limite permet d'établir un niveau mondial d'émissions cumulées à ne pas dépasser de l'ordre de 3 000 milliards de tonnes de CO₂ pour limiter l'augmentation mondiale des températures à 2°C. (avec 67 % de probabilités). En 2021, il reste autour de 1150 milliards de tonnes de CO₂ d'émissions possibles.

LE SUD LOIRE A-T-IL DÉPASSÉ SA LIMITE ?

Pour mesurer la participation du territoire du Sud Loire à l'atteinte de cette limite, le « budget carbone » défini à l'échelle mondiale pour ne pas dépasser une augmentation de la température moyenne mondiale de +2°C (corres-

pondant aux engagements des Etats lors de la COP21, à Paris, en 2015) a été rapporté au territoire du Sud Loire en fonction du nombre d'habitants de ce territoire, par rapport au nombre d'habitants total sur Terre.

Puis, ce budget carbone territorial a été reporté sur un budget annuel. Ce budget diminue année après année pour devenir nul en 2050. En réalité, les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'Accord de Paris envisagent de tendre vers la neutralité carbone : les émissions peuvent ne pas être nulles mais ne doivent pas dépasser les capacités de séquestration du carbone.

En 2018, les sources d'émissions de gaz à effet de serre sont de trois types :

- Les émissions directes (ce qui est émis physiquement sur le territoire)
- Les émissions indirectes (liées à la fabri-

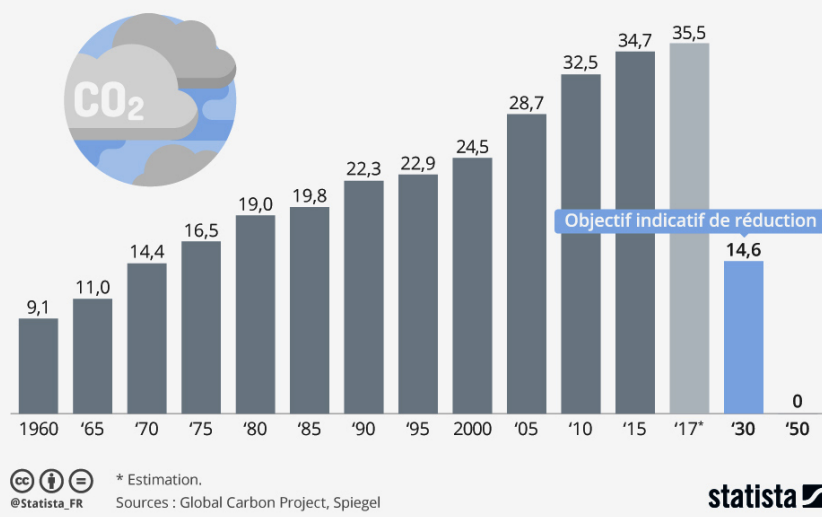
MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

Le changement climatique désigne l'ensemble des modifications qu'entraînent les activités humaines sur les processus de régulation du climat, notamment la température de surface, la circulation atmosphérique et le régime des précipitations.

Les réflexions sur les limites planétaires prennent le critère de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère : le seuil « zone d'incertitude » est défini à 350 ppm (parties par million) et le seuil « niveau dangereux » à 450 ppm. Actuellement, la moyenne mondiale

Le monde doit viser zéro émission de CO₂

Émissions mondiales des CO₂ jusqu'en 2016 et objectif de réduction du GIEC (en Mds de tonnes)



cation de biens et services importés et consommés sur le territoire).

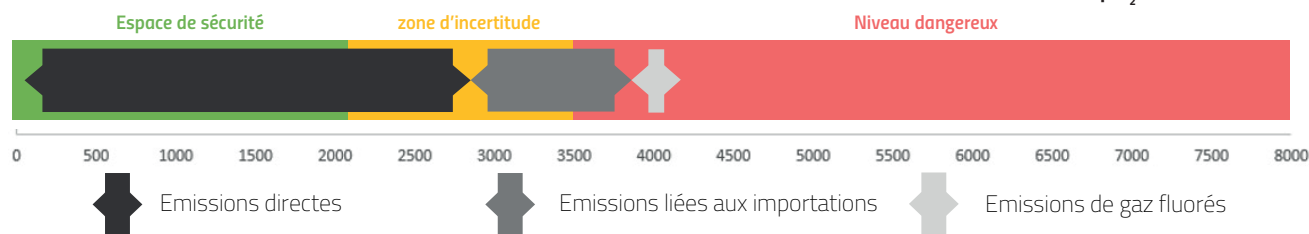
L'Observatoire Régional Climat Air Energie (ORCAE) comptabilise uniquement les émissions directes, et ce pour les principaux gaz à effet de serre anthropiques que sont le dioxyde de carbone (qui provient principalement de la combustion des énergies fossiles), le méthane (surtout issu de la digestion du bétail et de la décomposition de la

matière organique) et le protoxyde d'azote (majoritairement formé à partir des apports de fertilisants azotés aux sols agricoles).. Les émissions indirectes sont une estimation réalisée à partir des données nationales d'importation des ménages et des entreprises rapportées au nombre d'habitants. Les émissions de gaz fluorés, autres gaz à effet de serre à fort pouvoir de réchauffement mais non mesurés par l'ORCAE (ils proviennent des fuites des

circuits frigorigènes), ont été évaluées au regard des typologies d'entreprises présentes sur le territoire et d'après la comptabilité carbone nationale.

Les émissions émises directement par le Sud Loire font déjà franchir le seuil « zone d'incertitude ». Les estimations des émissions liées aux importations et aux gaz fluorés engendrent un dépassement du seuil « niveau dangereux ».

NIVEAU D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN 2018 DANS LE SUD LOIRE PAR RAPPORT À SON BUDGET CARBONE (Kt eqCO_2)



ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ

Niveau d'atteinte de la limite Erosion de la biodiversité à l'échelle mondiale

niveau dangereux

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Perte des capacités d'adaptation et de résilience du vivant
- Perte des services de régulation comme la séquestration carbone, la décomposition des déchets, la formation des sols, la régulation du cycle de l'eau, la pollinisation)
- Perte des services d'approvisionnement en ressource : production alimentaire et d'autres matières premières ou énergies issues de la biomasse

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire

zone d'incertitude

Niveau de qualité de la donnée utilisée

pas de données sur l'état de la biodiversité, données uniquement sur les milieux et les usages

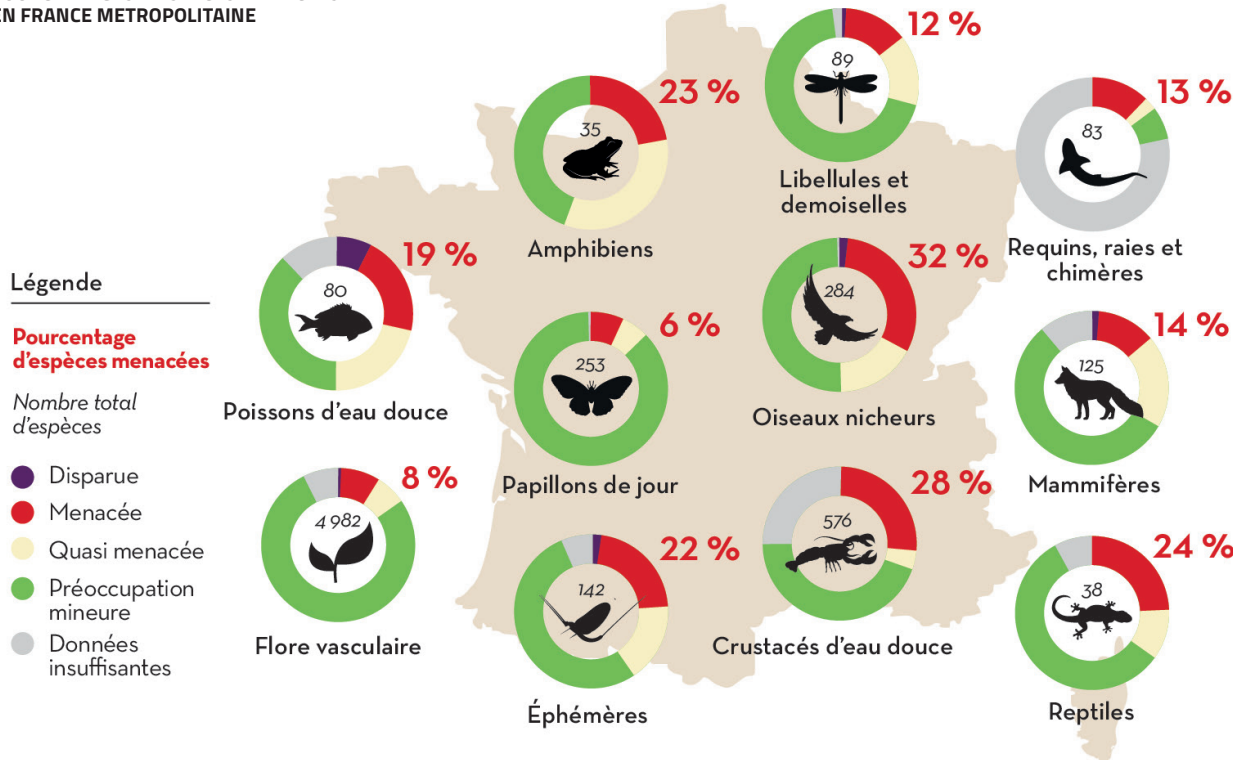
MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

Une biosphère intègre est une biosphère qui remplit des fonctions de régulation du système Terre grâce à la biodiversité qui la caractérise. Sa dégradation augmente la vulnérabilité des écosystèmes face aux changements (climatiques, entre autres).

La définition d'un seuil concernant l'érosion de la biodiversité à l'échelle planétaire s'est appuyée sur deux approches.

La première concerne le niveau d'extinction des espèces. Sans action de l'homme et en dehors des périodes d'extinction massive, ce taux est évalué autour d'une espèce qui disparaît par an par millions d'espèces. Le seuil proposé à l'échelle internationale est établi à 10 extinctions par an par millions d'espèces.

POURCENTAGES D'ESPÈCES MENACÉES EN FRANCE METROPOLITAINE



Source : UICN Comité français, OFB & MNHN (2020). La Liste rouge des espèces menacées en France : 13 ans de résultats. Paris, France. Conception graphique : Natacha Bigan.

La valeur de ce taux d'extinction pour les espèces les mieux documentées est estimé entre 100 et 1000 extinctions par an par millions d'espèces, soit 10 à 100 fois le seuil défini.

Le second seuil est basé sur la qualité des écosystèmes en termes de nombre d'espèces et d'abondance d'individus, par rapport à une situation de préservation optimale, c'est-à-dire, en l'absence d'activités humaines. Le seuil est défini à 90% de dégradation. Une étude de l'UICN portant sur 19 000 sites a permis de mesurer ce critère à 85% pour l'échelle globale ; 60% des écosystèmes terrestres sont situés sous ce seuil.

LE SUD LOIRE A-T-IL DÉPASSÉ SA LIMITE ?

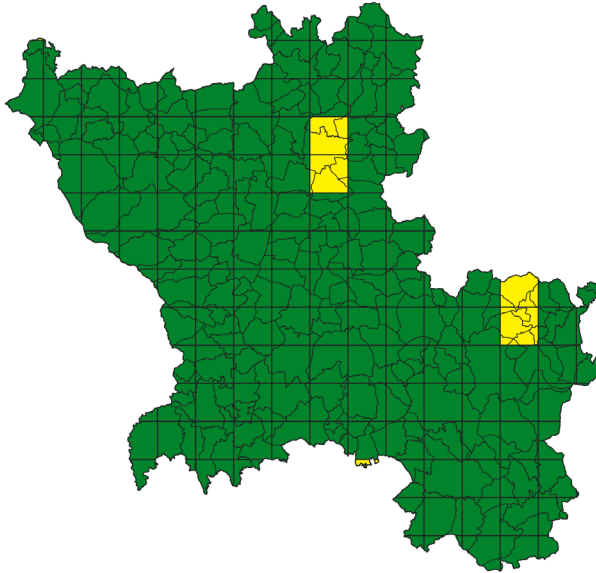
La connaissance locale sur les rythmes d'extinction, la diversité et l'abondance d'espèces n'est pas suffisante pour qualifier la qualité de la biodiversité. Ainsi, pour établir une analyse de la perte de la biodiversité, le travail a porté sur la dégradation des milieux naturels à partir d'un état de référence local identifié dans les secteurs bénéficiant d'un fort niveau de préservation écologique.

Les seuils de référence mobilisés sont issus des travaux du Biodiversity intactness index (BII) qui indiquent :

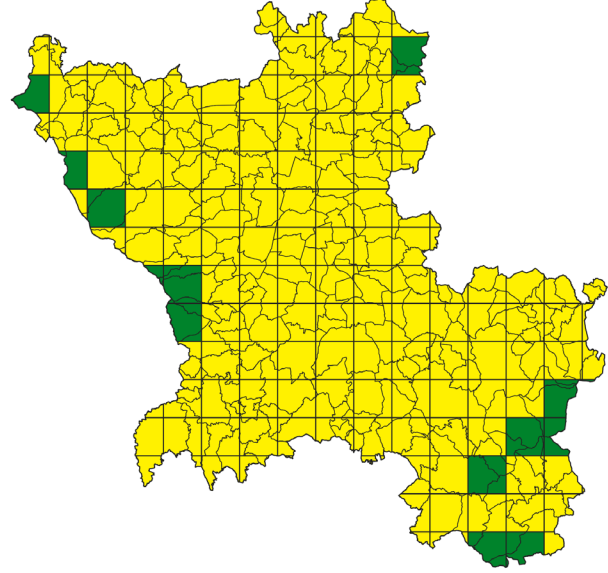
- seuil « espace de sécurité » = un indice d'intégrité supérieur à 90%
- seuil « zone d'incertitude » = entre 30 et 90%

NIVEAU D'INTÉGRITÉ BIOLOGIQUE DU SUD LOIRE

en nombre d'individus



en nombre d'espèces



Etat du territoire par rapport à la limite

- Espace de sécurité
(indice d'intégrité > 90% : la biodiversité n'a pas été dégradée de plus de 10% par rapport à l'état de référence)
- Zone d'incertitude
(indice d'intégrité compris entre 30 et 90% : la biodiversité a été dégradée d'au moins 10% et jusqu'à 70% par rapport à l'état de référence)
- Niveau dangereux
(indice d'intégrité inférieur à 30% : la biodiversité a été dégradée de plus de 70% par rapport à l'état de référence)

- seuil « niveau dangereux » = inférieur à 30%

Cet indice repose sur un jeu de coefficients qui établissent, pour un ensemble donné de modes d'occupation du sol (surfaces urbanisées, cultures, prairies, forêts, masses d'eau, etc) un niveau de dégradation de la biodiversité.

Un maillage du territoire avec une grille de 5 km de côté a permis de synthétiser cette analyse sous l'angle de la diversité des espèces et du nombre d'individus.

Le territoire du Sud Loire semble être dans « l'espace de sécurité » sur l'indice nombre d'individus, et il apparaît en « zone d'incertitude » pour l'indice nombre d'espèces.

INDICE D'INTÉGRITÉ BIOLOGIQUE EN SUD LOIRE : NOMBRE D'INDIVIDUS



INDICE D'INTÉGRITÉ BIOLOGIQUE EN SUD LOIRE : NOMBRE D'ESPÈCES





PERTURBATION DU CYCLE DE L'EAU DOUCE

Niveau d'atteinte de la limite Perturbation du cycle de l'eau douce à l'échelle mondiale



espace de sécurité

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Diminution de la ressource en eau pour les activités humaines
- Perte de biodiversité des écosystèmes d'eau douce

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire



zone d'incertitude

Niveau de qualité de la donnée utilisée



peu de données sur les ressources « réelles », données partielles sur les prélèvements

MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

De longue date, le cycle de l'eau a été modifié par les activités humaines sous forme de :

- Modification des écoulements et prélèvements des eaux de surface et souterraines pouvant aller jusqu'à la disparition d'écosystèmes entiers (mer d'Aral)
- Réduction de la teneur en eau des sols essentiellement due à la déforestation et à la destruction des zones humides
- Modification de l'évapotranspiration liée à la modification du couvert végétal pouvant influencer le régime climatique à grande échelle.

Ces modifications se sont intensifiées depuis la période industrielle.

Le cycle de l'eau est aussi fortement perturbé par les effets du changement climatique. On observe notamment une hausse de la demande évaporative des plantes qui réduit les quantités d'eau ruisselée vers les rivières et les nappes. Cela se traduit in fine par un risque de sécheresse accrue.

Le seuil planétaire de prélèvement dépend de la quantité d'eau douce disponible et nécessaire pour le bon fonctionnement des écosystèmes.

Le seuil de la « zone d'incertitude » a été estimé à un volume de prélèvement de 4 000 km³ par an à l'échelle globale. En 2015, les prélèvements mondiaux étaient de l'ordre de 2 600 km³.

Pour tenir compte de la variabilité régionale, les auteurs du cadre des Limites Planétaires ont proposé des seuils locaux basés sur la part du prélèvement par rapport au débit d'étiage moyen annuel des cours d'eau :

- Seuil « zone d'incertitude » = 25% de prélèvement
- Seuil « niveau dangereux » = 55% de prélèvement.

LE SUD LOIRE A-T-IL DÉPASSÉ SA LIMITE ?

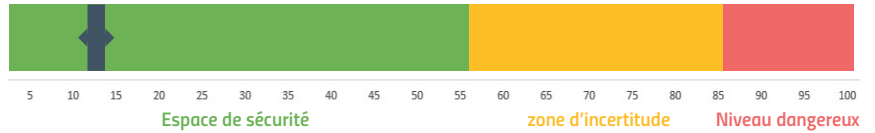
La connaissance de la ressource en termes de débit des cours d'eau n'est pas disponible pour l'ensemble des points de prélèvement d'eau. Pour avoir un élément estimatif, l'ensemble des rivières a été analysé comme s'il s'agissait d'une seule rivière en moyennant les débits. Pour la mesure des prélèvements, seule la donnée concernant les prélèvements en eau potable était disponible. A noter que les usages industriels et agricoles peuvent jusqu'à doubler les niveaux de prélèvement de l'eau.

Sans les prélèvements industriels et agricoles, le territoire ne dépasse le seuil « zone d'incertitude » qu'en période d'étiage. Dans ces périodes, les prélèvements moyens mensuels d'eau potable représentent 39% du débit moyen mensuel des cours d'eau du territoire.

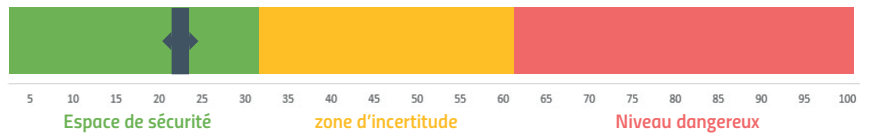


INTENSITÉ DE PERTURBATION DU CYCLE DE L'EAU EN SUD LOIRE LIÉE AUX PRÉLÈVEMENTS EN EAU POTABLE (HORS AGRICULTURE ET INDUSTRIE)

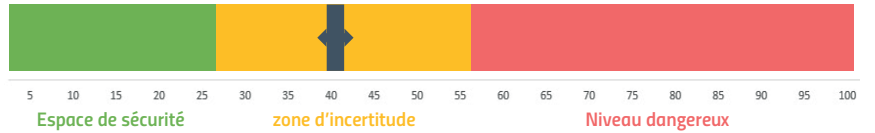
Hautes eaux



Débit médian



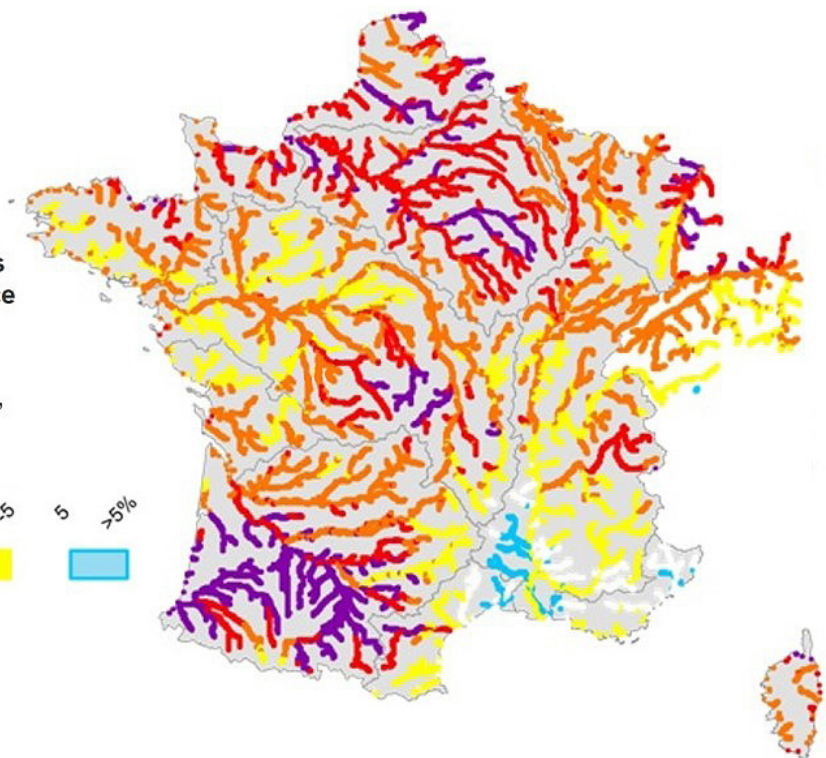
Débit d'étiage



La régionalisation des projections climatiques prévoit une diminution de la disponibilité des ressources en eau. Il est ainsi attendu sur la période 2070-2100 une baisse du débit des cours d'eau sur le territoire de l'ordre de 25% en hiver et de 55% en été. Ces perturbations à venir vont rendre la ressource en eau d'autant plus limitée.

Evolution des débits des rivières en France à l'horizon 2050

Figure adaptée de Habets (CNRS) et al., HESS 2014





PERTURBATION DU CYCLE DU PHOSPHORE


Niveau d'atteinte de la limite Perturbation du cycle du phosphore à l'échelle mondiale

 niveau dangereux


Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Anoxie océanique (forte diminution de l'oxygène dans les océans)
- Eutrophisation des écosystèmes d'eau douce

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire

 même si les variables de contrôle ne permettent pas d'analyser les niveaux d'apports en phosphore sur le territoire, les perturbations du cycle d'eau douce indiquent un dépassement des seuils.

Niveau de qualité de la donnée utilisée

 absence de données locales sur l'usage du phosphore, données non homogènes sur la concentration en phosphore dans les milieux aquatiques

MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

Le phosphore, comme l'azote, est un nutriment indispensable à la végétation. Le phosphore se trouve exclusivement dans la biosphère et dans la lithosphère où il est le résultat de l'enfouissement sans dégradation de la matière organique dans des roches calcaires.

Le phosphore est utilisé dans les engrais phosphatés qui favorisent la photosynthèse. Par ruissellement, le phosphore peut atteindre les hydrosystèmes. Il participe à la baisse de la concentration en oxygène dissout des océans mais aussi des réservoirs d'eau douce, pouvant atteindre l'anoxie, par stimulation exacerbée de la production primaire organique. A l'échelle de l'histoire géologique, des événements de ce type se sont déjà produits sur des espaces de la taille d'océans. A l'échelle de l'histoire humaine, de tels phénomènes se sont produits en mer Noire et en mer Morte.

Les apports en phosphore ont deux types d'origine :

- Urbaine et industrielle : lié à l'usage des détergents et de lessive industrielle.
- Agricole : apport de phosphore pour la fertilisation.

Le seuil planétaire retenu porte

sur la quantité de phosphore déversé dans l'environnement par les activités humaines. Pour la protection des océans, le seuil « zone d'incertitude » a été défini à 11 millions de tonnes de phosphore par an allant des systèmes d'eau douce vers les océans. En 2015, ce flux a été estimé à 22 millions de tonnes.

Pour la protection des systèmes d'eau douce, le seuil « zone d'incertitude » a été défini à 6,2 millions de tonnes de phosphore importés dans les milieux naturels (eaux usées intrants agricoles). En 2015, ce flux a été estimé à 14,2 millions de tonnes. Ces seuils ont été rapportés à l'échelle des hectares.

UNE DIFFICILE MESURE LOCALE DE L'ATTEINTE DE LA LIMITE

L'évaluation des apports en phosphore pour la fertilisation agricole ou pour des usages domestiques et industriels à l'échelle locale n'est pas possible en raison de l'indisponibilité des données. Toutefois, l'observation récurrente d'épisodes d'eutrophisation sur le territoire, notamment dans les principales retenues de la Loire telles Ville-est et surtout Grangent (cf. encart page 12) témoigne probablement d'un excès des apports.



Prolifération d'algues vertes (eutrophisation) sur l'Ecotay (août 2021)



PERTURBATION DU CYCLE DE L'AZOTE

Niveau d'atteinte de la limite Perturbation du cycle de l'azote à l'échelle mondiale



niveau dangereux

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Pollution des nappes phréatiques rendant les eaux impropres à la consommation
- Eutrophisation des écosystèmes aquatiques pouvant aboutir à leur asphyxie
- Accroissement des émissions de protoxyde d'azote, gaz à effet de serre à fort pouvoir de réchauffement global (300 fois supérieur au CO₂)

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire



zone d'incertitude

Niveau de qualité de la donnée utilisée



absence de données locales, mais possibilité d'estimer les intrants azotés agricoles

MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

Les engrais azotés sont utilisés depuis le début du XX^{ème} siècle. Du fait de leurs caractéristiques chimiques, les nitrates et nitrites sont peu retenus par le sol et, sous l'effet du ruissellement de l'eau de pluie, ils sont arrachés au sol et emportés vers les nappes et les eaux superficielles.

Le seuil fixé à l'échelle planétaire vise à limiter les risques d'eutrophisation des écosystèmes aquatiques et les émissions de gaz à effet de serre sous forme d'oxydes d'azote.

Le seuil « zone d'incertitude » est fixé à 62 millions de tonnes d'azote par an d'azote épandu et d'azote fixé par les cultures de légumineuses. La valeur actuelle est estimée autour de 150 millions de tonnes d'azote par an, donc bien au-delà de la valeur préconisée.

Ces valeurs ont fait l'objet de déclinaisons à l'échelle de l'hectare établissant le seuil « zone d'incertitude » à 40 kg d'azote par an et le seuil « niveau dangereux » à 55 kg d'azote par an.

Notons que pour satisfaire la consommation mondiale en produits agricoles avec une population mondiale projetée à

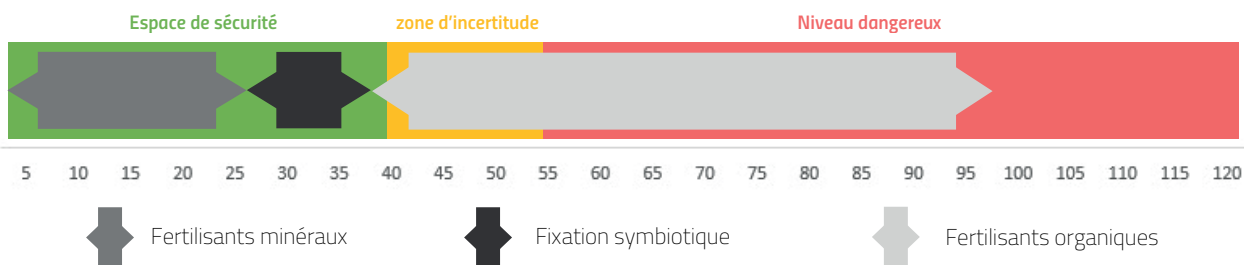
9 milliards d'individus, la quantité minimale d'azote requise est estimée entre 50 et 80 millions de tonnes, au prix toutefois d'une forte adaptation des régimes de consommation et des pratiques culturales.

LE SUD LOIRE A-T-IL DÉPASSÉ SA LIMITE ?

A l'instar du phosphore, les données sur les apports azotés sont quasi inexistantes rendant difficile une évaluation précise de la participation du Sud Loire à l'atteinte des seuils définis à l'échelle planétaire.

Cependant, un modèle développé par l'université de Tours permet de donner une évaluation de l'azote en fonction des types de cultures présents sur le territoire. La présence importante d'élevage induit une fertilisation organique (épandage) importante. Celle-ci n'est pas intégrée dans la définition du seuil des limites planétaires. Mais, au regard des phénomènes d'eutrophisation et de dépassements des seuils en azote dans les eaux de rivières régulièrement observés, il est essentiel de les intégrer aux analyses.

INTENSITÉ DE PERTURBATION DU CYCLE DE L'AZOTE EN SUD LOIRE (KG D'AZOTE/HA/AN)



LE LAC DE GRANGENT : UNE ÉTUDE DE CAS COMMUNE AUX CYCLES DU PHOSPHORE ET DE L'AZOTE

La retenue de Grangent est fréquemment concernée par des épisodes d'eutrophisation dont la prolifération d'algues est un des symptômes. Ce phénomène a des effets tant sur la biodiversité aquatique que pour les usages de loisirs (interdictions temporaires de la baignade).

Ce phénomène provient d'une part du régime hydrologique propre à un barrage, qui conduit à une stagnation en fond de lac de sédiments chargés en azote et phosphore. D'autre part, la variation saisonnière de la qualité physicochimique des eaux contribue à modifier la concentration en azote et en phosphore.

Les effets de ces deux mécanismes se manifestent sur la vie aquatique : les cyanobactéries (appelées « algues » vertes) augmentent. Ceci conduit rapidement à un appauvrissement de l'eau en oxygène.

Une étude menée en 2017 par l'agence de l'eau a permis de montrer que pour le phosphore, seulement 20% proviendraient des affluents du bassin hydrographique local de la retenue de Grangent. 80% des apports proviendraient du fleuve Loire en amont de la retenue.



Trainée d'algues vertes et de cyanobactéries sur la retenue de Grangent (Loire) en été





ATTEINTE DE LA COUCHE D'OZONE

Niveau d'atteinte de la limite Atteinte de la couche d'ozone à l'échelle mondiale



espace de sécurité

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Développement de cancers et diminution du système immunitaire
- Limitation de la photosynthèse et de la croissance des plantes terrestres et des phytoplanctons (effet indirect de diminution de la captation carbone par les plantes)

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire



espace de sécurité

Niveau de qualité de la donnée utilisée



A priori, très bonne en émissions directes car l'usage des gaz Chlorés est interdit, faible connaissance des émissions liées aux importations auprès de pays non-signataires du protocole de Montréal

DE NOUVEAUX OUTILS EN ÉMERGENCE

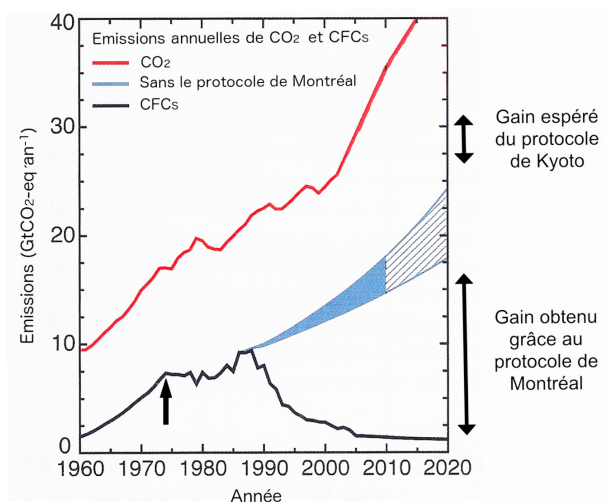
L'ozone présent en haute altitude (stratosphère, située entre 12 et 50 km d'altitude) est essentiel à la vie sur Terre car il assure la filtration des rayons ultraviolets du soleil, qui sont cancérigènes.

L'ozone est une molécule particulièrement instable. Sa vie dans l'air est très courte, de l'ordre de quelques jours à quelques dizaines de jours. Le cycle de décomposition et de recomposition de l'ozone peut être perturbé par la présence de molécules chlorées issues des activités humaines (chlorofluorocarbures CFC et hydrochlorofluorocarbures HCFC). Ces gaz sont très stables et restent longtemps dans l'air. Ce phénomène provoque ce qu'il est courant d'appeler le « trou dans la couche d'ozone ».

Les CFC et HCFC ont beaucoup été

utilisés par l'industrie comme fluide frigorigène dans les réfrigérateurs, congélateurs, climatiseurs notamment. Face à cette situation, le Protocole international de Montréal (1987) a été signé, bannissant l'usage de ces gaz chlorés. Ils ont alors été remplacés par des gaz fluorés. Cependant, ces derniers ont un fort pouvoir de réchauffement global, de l'ordre de 10 000 fois plus puissant que le CO².

À l'échelle internationale, le seuil « zone d'incertitude » correspond à une quantité d'ozone n'étant pas en dessous de 95% de la valeur préindustrielle, équivalent à 2,75 mm d'épaisseur d'ozone cumulé. Si ce seuil était proche d'être franchi dans les années 1970-1980, la mobilisation de la communauté internationale a permis de limiter la production des gaz chlorés. Le niveau est aujourd'hui autour de 2,8 mm.



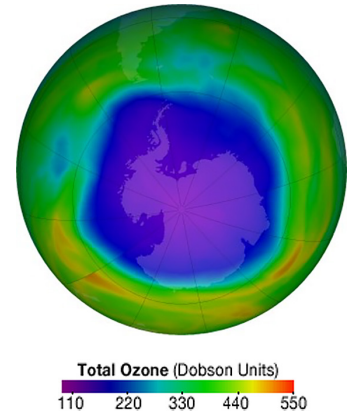
Source : Institut de France

LE SUD LOIRE A-T-IL DÉPASSÉ SA LIMITE ?

Par application du Protocole de Montréal, le territoire Sud Loire n'est plus concerné par les émissions de gaz destructeurs de la couche d'ozone. Comme pour l'ensemble du territoire national, le Sud Loire a une responsabilité liée à son histoire industrielle. Il est également possible que le territoire ait toujours une

responsabilité en important des biens et services en provenance de pays continuant à utiliser ces gaz chlorés.

Le territoire Sud Loire est aujourd'hui concerné par les émissions de substituants aux gaz chlorés, que sont les gaz fluorés à fort pouvoir réchauffant. Ces gaz ont déplacé le problème de la couche d'ozone vers le changement climatique.



Le trou dans la couche d'ozone, au-dessus de l'Antarctique le 30 septembre 2021
source : Nasa



DIMINUTION DU COUVERT VÉGÉTAL

Niveau d'atteinte de la limite Diminution du couvert végétal à l'échelle mondiale



zone d'incertitude

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Modification du cycle de l'eau et du carbone, effet sur le climat local et mondial
- Perte de biodiversité

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire



non évalué

Niveau de qualité de la donnée utilisée



connaissance partielle du couvert forestier (notamment dans les espaces urbains et périurbains)

MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

Le couvert végétal, et plus particulièrement, le couvert forestier, joue un rôle clé dans l'amplification d'autres phénomènes planétaires comme l'érosion de la biodiversité, le changement climatique et les perturbations du cycle de l'eau douce. Ainsi, la déforestation de la forêt tropicale a des effets à la fois locaux et mondiaux liés à la diminution de la réflexion de la chaleur par le couvert végétal et une réduction de l'évapotranspiration qui influence sur la pluviométrie générale.

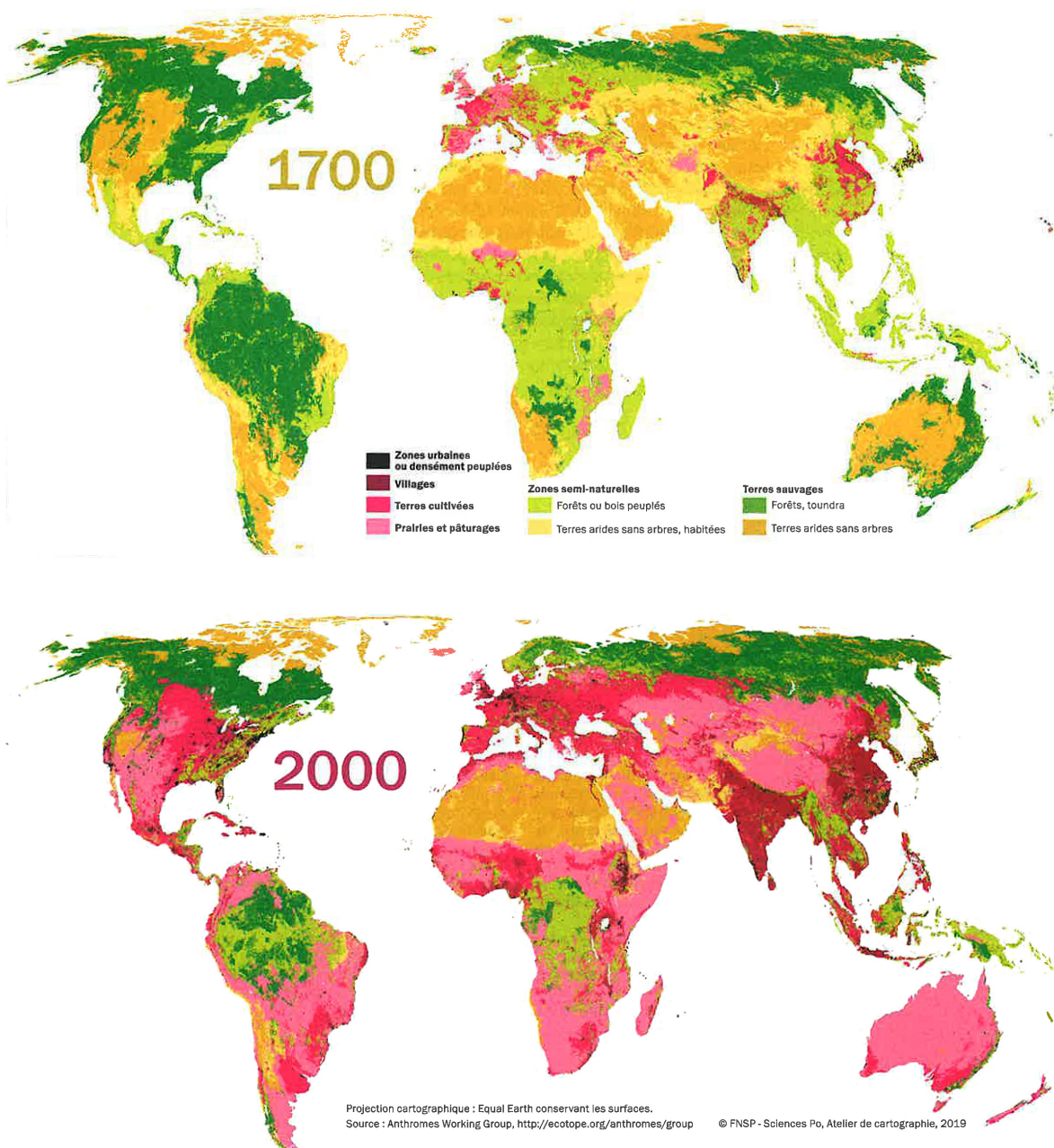
L'évolution du couvert végétal n'aura pas les mêmes effets en fonction du type de milieu concerné. Les milieux de savane et les milieux de forêt tropicale n'ont pas les mêmes caractéristiques pour l'eau et pour la réflexion des rayons solaires.

Le seuil retenu à l'échelle mondiale correspond au rapport entre le couvert végétal actuel et la surface forestière estimée autour des années 1700. Pour intégrer les caractéristiques locales, deux seuils ont été définis :

- Pour les forêts tempérées, le seuil « zone d'incertitude » est fixé à 50%, le seuil « niveau dangereux » à 30%
- Pour les forêts tropicales et boréales, ces seuils sont fixés respectivement à 60% et 85%.

La superficie forestière occupe en 2015 environ 30% des terres émergées à l'échelle mondiale, elle n'occupe plus que 62% de sa superficie initiale mesurée en 1700. Cette superficie est en régression permanente, avec une perte de 4 millions d'hectares par an.

EVOLUTION DES PAYSAGES TERRESTRES ENTRE 1700 ET 2000, (ATLAS DE L'ANTHROPOCÈNE, 2019)



UNE DIFFICILE MESURE LOCALE DE L'ATTEINTE DE LA LIMITE

La limite Diminution du couvert végétal pour le territoire du Sud Loire a principalement des effets sur la biodiversité et la vulnérabilité face aux changements climatiques à venir, l'influence sur le cycle du carbone et le cycle de l'eau restant plus marginale.

La connaissance du couvert forestier est bonne dans les espaces naturels et ruraux grâce à l'outil de suivi issu du Modèle d'Occupation des Sols d'épures. Elle l'est beaucoup moins dans les espaces urbains et périurbains où le repérage des espaces végétalisés reste balbutiant. Cette information est donc incomplète.

De même, l'état du couvert forestier en 1700 du Sud Loire (état de référence pour la définition du seuil au niveau international) est insuffisamment fin pour servir de référence locale.

On peut cependant indiquer que le couvert forestier en 2015 représente 35% de la surface du Sud Loire.



AUGMENTATION DES PARTICULES EN SUSPENSION DANS L'AIR

Niveau d'atteinte de la limite Augmentation des particules en suspension dans l'air à l'échelle mondiale



non évalué

Effet de l'atteinte de la limite planétaire

- Modification du bilan radiatif planétaire
- Modification du climat local notamment des moussons
- Atteinte à la santé humaine

Niveau d'atteinte des limites planétaires à l'échelle du Sud Loire



espace de sécurité
à niveau dangereux selon les
secteurs

Niveau de qualité de la donnée utilisée



données précises en
ce qui concerne la santé des
populations, données faibles en
ce qui concerne les modifications
climatiques

MÉCANISME ET SEUILS ÉTABLIS À L'ÉCHELLE MONDIALE

Les particules, en raison de leur petite taille, peuvent rester en suspension dans l'atmosphère. Elles peuvent avoir trois types d'effets :

- Des effets sur la santé humaine, et d'autant plus que ces particules sont de petites tailles et peuvent s'infiltrer profondément dans les systèmes respiratoires
- Des effets sur les températures en diffusant ou en absorbant le rayonnement solaire (les aérosols ont a priori un rôle « refroidissant » par rapport au changement climatique)
- Des effets sur le régime pluviométrique car ces particules interviennent dans la formation des nuages. Dans certaines régions du monde, comme en Asie du Sud, la présence de particules est suspectée d'entraîner un assèchement du régime des moussons.

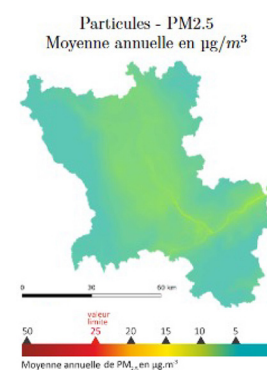
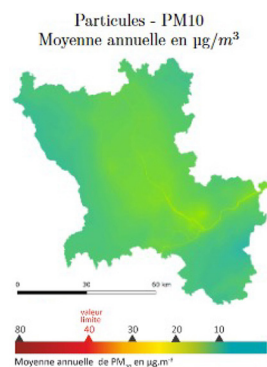
Si la connaissance sur l'accumulation des aérosols et leur effet est bien documenté, pour le moment, aucun seuil n'a été stabilisé par les scientifiques à l'échelle internationale.

La référence au seuil réglementaire de protection de la santé peut cependant être mobilisée.









LE SUD LOIRE A-T-IL DÉPASSÉ SA LIMITE ?

Plus que les conséquences climatiques, ce sont les problèmes de santé publique qui rendent la population du territoire du Sud Loire vulnérable à ces émissions, avec notamment les abords des grands axes routiers particulièrement touchés par les émissions de particules fines PM10 (d'un diamètre inférieur à 10 microns) et PM2.5 (d'un diamètre inférieur à 2.5 microns).

Si globalement le Scot Sud Loire est peu impacté par les particules fines, certains secteurs à proximité de grandes voiries, ont des niveaux de pollution importants.



BILAN À L'ÉCHELLE DU SUD LOIRE

Limites planétaires		Echelle planétaire	Echelle Sud Loire	Fiabilité des données mobilisées
	Le changement climatique	Zone d'incertitude	Niveau dangereux	Bonne
	L'érosion de la biodiversité	Niveau dangereux	Zone d'incertitude	Moyenne
	La perturbation du cycle de l'eau douce	Espace de sécurité	Zone d'incertitude	Faible
	La perturbation du cycle du phosphore	Niveau dangereux	Non évalué	Faible
	La perturbation du cycle de l'azote	Niveau dangereux	Zone d'incertitude	Moyenne
	L'atteinte de la couche d'ozone	Espace de sécurité	Espace de sécurité	Bonne
	La diminution du couvert végétal	Zone d'incertitude	Non évalué	Moyenne
	L'augmentation des particules en suspension dans l'air	Non évalué	Espace de sécurité à niveau dangereux	Bonne

LES LIMITES DE L'OBSERVATION LOCALE DE L'ENVIRONNEMENT À L'AUNE DES LIMITES PLANÉTAIRES

La recherche de données pour permettre la territorialisation des limites planétaires a permis de mettre en exergue certains manques dans nos systèmes d'observation locaux. Trois limites, qui ont des liens directs avec les activités du territoire et dont les consé-

quences d'une perturbation pourraient directement nous impacter, nous ont particulièrement questionnées :

- **La perturbation du cycle de l'eau douce** : l'analyse nécessite d'avoir des informations sur la ressource naturelle en eau sous forme de connaissance précise des débits d'eau aux lieux de prélèvement. Elle nécessite également d'avoir une bonne connaissance des

prélèvements agricoles, industriels et d'eau potable. Ces deux informations permettraient de mieux préciser les niveaux de pression du prélèvement sur la ressource et la préservation des milieux aquatiques. Ces données seront aussi utiles afin d'anticiper d'éventuels concurrences dans l'accès à la ressource en eau, ainsi que la vulnérabilité des territoires face aux changements climatiques à venir.

- **La perturbation du cycle du phosphore et de l'azote** : les niveaux d'intrants agricoles en azote et phosphore, ainsi que le phosphore issu des usages domestiques et industriels non traités en stations d'épuration ne sont pas connus localement. Ces informations permettraient de préciser les impacts des activités sur les milieux, mais aussi de mesurer les efforts réalisés sur le territoire.

VERS UNE ATTRIBUTION DE « BUDGETS » ENVIRONNEMENTAUX NÉGOCIÉS ?

Au travers de leurs travaux sur les limites planétaires, les scientifiques du Stockholm Resilience Center ont cherché à alerter la sphère des décideurs et les citoyens. Ils ont défini des seuils à l'échelle de la planète, seuil défini pour maintenir l'intégrité de la planète et donc ses conditions d'habitabilité.

Le projet de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE) Loire en Rhône-Alpes,

un cadre de connaissance partagé et de négociation locale.

Le département de la Loire lance un PTGE pour mieux connaître le niveau des ressources en eau dans l'objectif de rationaliser et planifier les demandes des usagers. Il permettra d'offrir un cadre réglementaire clair et durable pour gérer l'usage de l'eau au regard de la préservation de la ressource.

Pour permettre l'intégration de ces réflexions dans les stratégies des entreprises et des territoires, l'allocation de budgets environnementaux, plus communément appelé « niveau de pollution acceptable » se pose. Ce travail ne peut se réaliser qu'au croisement de la science et de la sphère publique prise dans un sens large.

Si certaines de ces répartitions des budgets peuvent s'exercer à une échelle nationale, voire européenne comme pour les niveaux d'épandage, d'autres sont éminemment locales comme la question du prélèvement d'eau.

QUELLES RÉPONSES DU TERRITOIRE AUX ALERTES DONNÉES PAR L'ANALYSE LOCALE DES LIMITES PLANÉTAIRES ?

De nombreuses actions sont menées à l'échelle des territoires pour répondre aux enjeux environnementaux. Cependant, pour certaines thématiques comme le changement climatique, les territoires doivent renforcer leurs actions pour limiter le réchauffement à 2°C, voire 1,5°C selon l'avancée des connaissances scientifiques actuelles. L'approche systémique apportée par les Limites Planétaires montre que le cercle des responsabilités dépasse la simple sphère de l'action publique en l'élargissant à la sphère des consommateurs et des entreprises. Cette approche montre également que les pressions environnementales font système : le territoire ne contribue pas seulement au dérèglement climatique global par ses émissions de gaz à effet de serre, mais c'est bien l'ensemble de ses activités qui peuvent générer des pressions sur différents

processus de régulation du système Terre (pas uniquement le cycle du carbone). Se pose dès lors la question de la légitimité des collectivités à agir seules dans ces domaines, de leur capacité d'accompagnement d'une redirection territoriale auprès de l'ensemble des acteurs. L'approche des Limites Planétaires peut être « une grille de lecture fédératrice pour mobiliser et agir* ».



* Boutaud A., Gondran N., 2019

LES LIMITES PLANÉTAIRES, UN CADRE DE RÉFLEXION POUR PENSER L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE À PARTIR DES RESSOURCES DU TERRITOIRE



Valérie Devrieux,
Directrice du Syndicat
Mixte du Scot Sud Loire

« Le syndicat mixte du Scot Sud Loire a suivi les premiers travaux sur la territorialisation des limites planétaires appliquées à son territoire. Cette démarche émergente a deux principaux intérêts :

- *Alimenter les élus par des éléments scientifiques et objectifs*
- *Apporter un « autre regard » sur les capacités du territoire en matière de développement.*

Les projets de territoire sont souvent portés par des ambitions à court terme et liés à des enjeux locaux. Les ambitions exprimées dans les documents d'urbanisme portent sur les dynamiques démographiques mais aussi économiques. Le cadre des limites planétaires pousse à regarder le territoire à partir des ressources disponibles et des capacités à recevoir des polluants. C'est un vrai changement de regard.

Cette nécessité à inverser le regard est de plus en plus partagé dans les instances politiques et techniques des Scot. La réflexion sur les limites planétaires permet de les outiller pour mieux comprendre quelles sont les ressources disponibles, ce dont on dispose sans altérer le futur, et ainsi réinterroger la façon dont s'élaborent les stratégies de territoire.

Le travail sur les limites permettra de construire un espace de travail avec un langage commun et une compréhension partagée sur les limites de nos modes de développement. Il permettra d'accompagner les choix en termes de préservation et de gestion des ressources, d'anticiper sur les conflits futurs en travaillant en amont sur les besoins en corrélation avec la raréfaction de certaines ressources (exemple de la ressource en eau en lien avec le réchauffement climatique), les émissions des polluants, les transports, etc...

Un travail de vulgarisation, de transmission de ces travaux sera nécessaire pour alimenter la réflexion des élus mais aussi les citoyens pour aider à une meilleure intégration de la protection des ressources.»

POUR ALLER PLUS LOIN :

Boutaud A., Gondran N., Les limites planétaires, Ed. La découverte, 2020

Boutaud A., Gondran N., Les limites planétaires, Comprendre (et éviter) les menaces environnementales de l'Anthropocène, Grand Lyon, Millénaire 3, 2019

CERDD, Les limites planétaires, un socle pour repenser nos modèles de société, 2021

Gemenne F. et al, Atlas de l'Anthropocène, Ed. Ed. Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, 2019



QUELLE PARTICIPATION DU SUD LOIRE À L'ATTEINTE DES LIMITES PLANÉTAIRES ?

À RETENIR

Changement climatique, érosion de la biodiversité, diminution du couvert végétal, atteinte de la couche d'ozone... jusqu'à quel point l'homme peut-il modifier son environnement sans risquer d'importants désagréments ? C'est en cherchant à répondre à cette question qu'une équipe de chercheurs internationaux a forgé, en 2009, la notion de « Limites Planétaires ».

Ces mêmes chercheurs ont identifié des seuils à ne pas franchir pour éviter une situation défavorable au développement des sociétés humaines. On sait qu'aujourd'hui, à l'échelle planétaire, trois Limites Planétaires ont dépassé ces seuils et sont au niveau dangereux (érosion de la biodiversité et perturbation des cycles du phosphore et de l'azote) et deux ont atteint la zone d'incertitude, mais à l'échelle locale ?

C'est dans cet objectif que l'agence d'urbanisme de la région stéphanoise s'est rapprochée de l'école des Mines de Saint-Etienne pour territorialiser les Limites Planétaires à l'échelle du Sud Loire. Cet exercice novateur a ainsi permis de mettre en avant qu'à l'échelle du Sud Loire, ce sont le changement climatique et l'augmentation des particules en suspension dans l'air qui ont atteint un niveau dangereux, tandis que l'érosion de la biodiversité et la perturbation des cycles de l'eau douce et de l'azote sont en zone d'incertitude. Au-delà de l'exercice théorique présenté ici, les résultats interrogent sur les réponses à donner. Certes, la mobilisation internationale permet une prise de conscience mais elle doit s'accompagner d'actions concrètes et locales que les territoires peuvent mettre en œuvre dans le cadre de leurs politiques publiques de transitions.



46 rue de la télématique
CS 40801
42952 Saint-Etienne cedex 1
tél : 04 77 92 84 00
fax : 04 77 92 84 09
mail : epures@epures.com
web : www.epures.com