



WWF

RAPPORT

INT

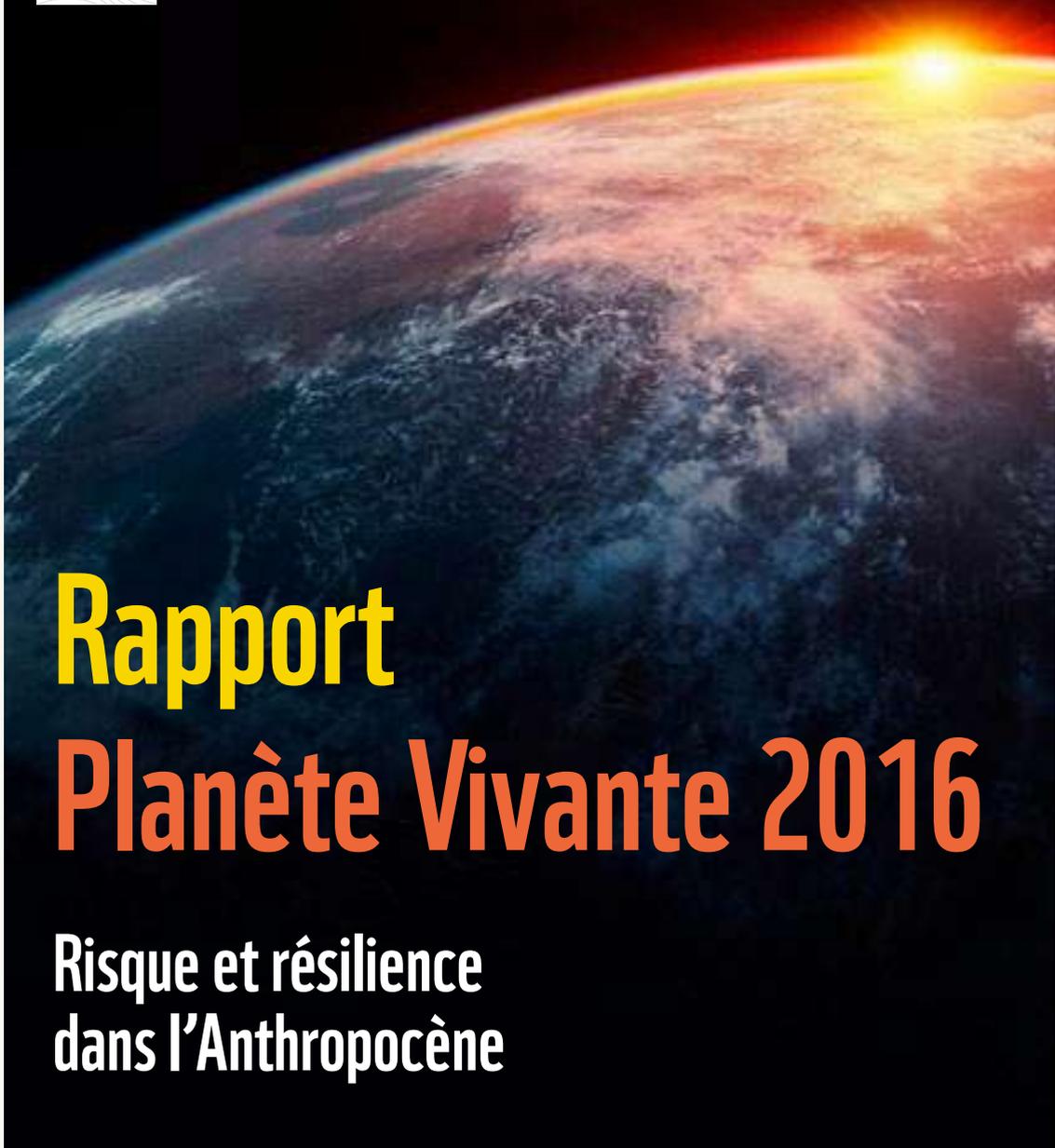
2016

CE RAPPORT
A ÉTÉ RÉALISÉ EN
COLLABORATION
AVEC

ZSL
LET'S WORK
FOR WILDLIFE



Global Footprint Network
Advancing the Science of Sustainability

A photograph of the Earth from space, showing the curvature of the planet and the sun rising over the horizon, creating a bright orange and yellow glow.

Rapport Planète Vivante 2016

Risque et résilience dans l'Anthropocène

WWF

Avec plus de 5 millions d'adhérents et un réseau mondial actif dans plus de 100 pays, le WWF est l'une des organisations indépendantes de conservation de la nature les plus importantes et les plus expérimentées au monde. Sa mission consiste à stopper la dégradation de l'environnement naturel de la planète et à construire un avenir où les humains vivent en harmonie avec la nature, en conservant la diversité biologique mondiale, en assurant l'utilisation soutenable des ressources naturelles renouvelables et en promouvant la réduction de la pollution et du gaspillage.

Société Zoologique de Londres

Fondée en 1826, la Société Zoologique de Londres (ZSL) est une organisation internationale scientifique d'éducation et de protection de la nature. Sa mission est d'assurer et de promouvoir la protection des animaux et de leurs habitats sur le globe. La ZSL gère le zoo de Londres et le zoo de Whipsnade, mène des recherches scientifiques à l'Institut de Zoologie et déploie son action de conservation sur le terrain à l'échelle mondiale. Elle concourt en outre à l'établissement de l'Indice Planète Vivante® dans le cadre d'un partenariat avec le WWF.

Global Footprint Network

Le Global Footprint Network (GFN) est une organisation de recherche internationale mesurant la manière dont le monde gère ses ressources naturelles et répond au changement climatique. Depuis 2003, il a noué une collaboration avec plus de 50 pays, 30 villes et 70 partenaires internationaux pour livrer des éclairages scientifiques destinés à modéliser en profondeur les politiques publiques et les décisions d'investissement. En compagnie de ses partenaires, le Global Footprint Network forge un avenir où chaque être humain pourra s'épanouir librement en respectant les limites de notre planète.

Stockholm Resilience Centre

Fondé en 2007, le Centre de résilience de Stockholm se donne de faire avancer la recherche sur la gouvernance des systèmes socio-écologiques en cherchant plus particulièrement à mettre le concept de résilience (à savoir, la capacité à faire face au changement tout en continuant à se développer) au service d'un développement durable universel.

Metabolic

Ce cabinet d'études a pour spécialité d'appliquer sa réflexion systémique à la définition de trajectoires conduisant à un avenir plus soutenable. En collaboration avec un réseau de partenaires d'envergure internationale, Metabolic développe des stratégies, des outils et de nouvelles organisations aptes à produire l'impact voulu pour relever les défis les plus pressants de l'humanité.

Conception graphique : peer&dedigitalesupermarkt

Photo de couverture : © Bjorn Holland - Getty Images

ISBN 978-2-940529-52-0

Living Planet Report®
et *Living Planet Index*®
sont des marques déposées
du WWF International.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ET RÉSUMÉ	4
Une Terre résiliente pour les générations futures, par Johan Rockström	4
Sur le fil du rasoir, par Marco Lambertini	6
Risque et résilience dans l'Anthropocène	10
Résumé	12
En bref	15
CHAPITRE 1 : L'ÉTAT ÉCOLOGIQUE DE LA PLANÈTE	18
Suivi de la biodiversité mondiale	18
Suivi de la biodiversité : les indicateurs	44
Services écosystémiques : les liens entre la nature et l'homme	50
CHAPITRE 2 : LES IMPACTS DE L'HOMME SUR LA PLANÈTE	58
Focus sur le système Terre	58
Mesurer les pressions humaines	74
CHAPITRE 3 : EXPLORER LES CAUSES PROFONDES	88
Vers une réflexion systémique	88
Le raisonnement appliqué au système alimentaire	94
CHAPITRE 4 : UNE PLANÈTE RÉSILIENTE POUR LA NATURE ET POUR L'HOMME	106
Le double défi d'un développement soutenable	106
Vers une transition du système économique mondial	110
Transformer les systèmes énergétique et alimentaire	116
La voie à suivre	122
GLOSSAIRE	124
LISTE DES ABRÉVIATIONS	126
RÉFÉRENCES	128

Rédacteur en chef : Natasja Oerlemans.

Rédacteurs principaux : Holly Strand, Annemarie Winkelhagen, Mike Barrett, Monique Grooten.

Équipe de rédaction (version anglaise) : Lucy Young, May Guerraoui, Natascha Zwaal, Danielle Klinge.

Direction éditoriale : Deon Nel (WWF International), Andrea Kohl (WWF-European Policy Office), Glyn Davies (WWF-UK), Lin Li (WWF-China), Mary Lou Higgins (WWF-Colombia), Monique Grooten (WWF-Netherlands), Sejal Worah (WWF-India).

Version française : Imré Beaufort (traduction), Anne-Kirstine de Caritat, Christine Sourd, Arnaud Gauffier (relecture), Mathilde Valingot, Marielle Chaumien (conseil éditorial et coordination), Pascal Herbert, Laura François (graphisme et mise en page), Carine Eckert (correctrice).

Contributeurs :

Zoological Society of London : Louise McRae, Robin Freeman, Valentina Marconi. **Stockholm Resilience Centre:** Sarah Cornell, Johan Rockström, Patricia Villarrubia-Gómez, Owen Gaffney.

Global Footprint Network : Alessandro Galli, David Lin, Derek Eaton, Martin Halle. **Stockholm Environment Institute:** Chris West, Simon Croft.

Metabolic : Eva Gladek, Matthew Fraser, Erin Kennedy, Gerard Roemers, Oscar Sabag Muñoz.

Contributions additionnelles reçues de :

Andreas Baumüller (WWF-European Policy Office), Arjette Stevens (WWF-Netherlands), Arnout van Soesbergen (UNEP-WCMC), Bart Geenen (WWF-Netherlands), Carina Borgström-Hansson (WWF-Sweden), Danielle Kopecky (ZSL), Dannick Randriamanantena (WWF-Madagascar), David Tickner (WWF-UK), Ellen Shepherd (UNEP-WCMC), Harriet Milligan (ZSL), Helen Muller (ZSL), John D. Liu (EEMP, NIOO, KNAW), Jon Martindill (GFN), Karen Ellis (WWF-UK), Laurel Hanscom (GFN), Louise Heaps (WWF-UK), Mariam Turay (ZSL), Neil Burgess (UNEP-WCMC), Pablo Tittone (INTA), Rod Taylor (WWF International), Sue Charman (WWF-UK), Suzannah Marshall (ZSL), Will Ashley-Cantello (WWF-UK), Yara Shennan-Farpon (UNEP-WCMC).

Remerciements pour la relecture et pour leur soutien :

Aimee Leslie (WWF International), Aimee T. Gonzales (WWF International), Andy Cornish (WWF International), Angelika Pullen (WWF-EPO), Anna Richert (WWF-Sweden), Annukka Valkeapää (WWF-Finland), Arco van Strien (Dutch Statistics Bureau), Barney Jeffries, Bertram Zagema, Bob Zuur (WWF-Antarctic and Southern Ocean Initiative), Carlos Drews (WWF International), Celsa Peiteado (WWF-Spain), Chris Johnson (WWF-Australia), Chris van Swaay (De Vlinderstichting), Christiane Zarfl (Eberhard Karls Universität Tübingen), Collin Waters (British Geological Survey), Dominic White (WWF-UK), Duncan Williamson (WWF-UK), Edegar de Oliveira Rosa (WWF-Brazil), Elaine Geyer-Allely (WWF International), Erik Gerritsen (WWF-EPO), Esther Blom (WWF-Netherlands), Eva Hernandez Herrero (WWF-Spain), Florian Rauser (WWF-Germany), Gemma Cranston (Cambridge Institute for Sustainable Leadership), Georgina Mace (University College London), Geraldo Ceballos (Instituto de Ecología, UNAM), Heather Sohl (WWF-UK), Inger Näslund (WWF-Sweden), Irina Montenegro Paredes (WWF-Chile), Jan Willem Erisman (Louis Bolk Institute), Jan Zalasiewicz (University of Leicester), Jean Timmers (WWF-Brazil), John Tanzer (WWF International), Jörg-Andreas Krüger (WWF-Germany), Joseph Okori (WWF-South Africa), Julian Blanc (CITES), Jussi Nikulah (WWF-Finland), Kanchan Thapa (WWF-Nepal), Karen Mo (WWF-US), Karin Krchnak (WWF-US), Lamine Sebogo (WWF International), Lennart Gladh (WWF-Sweden), Lifeng Li (WWF International), Luis German Naranjo (WWF-Colombia), Malika Virah-Sawmy (Luc Hoffmann Institute), Mathis Wackernagel (GFN), Matthew Lee (WWF Singapore), Michele Thieme (WWF-US), Nanie Ratsfandrihamanana (WWF-Madagascar), Nikhil Advani (WWF-US), Owen Gibbons (WWF International), Paul Chatterton (WWF-Austria), Paul Gamblin (WWF International), Pavel Boev (WWF-Russia), Peter Roberntz (WWF-Sweden), PJ Stephenson (WWF International), Regine Günther (WWF-Germany), Richard Lee (WWF International), Richard Perkins (WWF-UK), Robin Naidoo (WWF-US), Ronna Kelly (GFN), Rod Downie (WWF-UK), Sally Nicholson (WWF-EPO), Samantha Petersen (WWF-South Africa), Sandra Mulder (WWF-Netherlands), Sarah Doornbos (WWF-Netherlands), Sebastian Winkler (GFN), Stefane Mauris (WWF International), Stephen Cornelius (WWF-US), Stuart Butchart (Birdlife International), Wendy Elliott (WWF International), Winnie De'ath (WWF International), Yan Ropert-Coudert (Centre d'Etudes Biologiques de Chizé), Zahra Medouar (GFN) et les contributeurs à la base Living Planet Report (www.livingplanetindex.org).

Rapport Planète Vivante 2016

Risque et résilience dans l'Anthropocène

AVANT-PROPOS

Les découvertes scientifiques qui bouleversent notre vision du monde sont rares. La démonstration de Copernic selon laquelle la Terre tourne autour du soleil est de celles-là, la théorie de Darwin sur l'évolution également. Aujourd'hui, le concept d'Anthropocène, autour duquel s'articule le *Rapport Planète Vivante 2016* du WWF, vient en enrichir la liste.

Copernic a donné le coup d'envoi de la révolution scientifique. Ses travaux, enrichis par ceux de Kepler, Galilée et Newton, nous ont permis de mieux comprendre notre planète et le fonctionnement du système solaire, jetant les fondamentaux du monde dans lequel nous vivons actuellement. Quant aux conclusions de Darwin, elles nous ont forcés à reconsidérer notre place sur Terre. Grâce à ces conquêtes de l'esprit, rien ne sera plus jamais comme avant.

À sa manière, l'Anthropocène fait lui aussi trembler le globe sur son axe. Ce terme renvoie au fait que les activités humaines ont maintenant un impact sur les mécanismes qui sous-tendent la vie sur Terre. Deux idées y sont associées : celles du temps géologique (passé et futur) et de la singularité du présent. Géologie et science de la Terre mises à part, il exprime la lourde responsabilité qui nous incombe à présent. En nous amenant à regarder différemment l'empreinte de l'humanité, il communique l'urgence qu'il y a désormais à agir. La vision dominante de ressources naturelles infinies, d'externalités illimitées et d'une croissance exponentielle touche à sa fin. Nous ne sommes plus un petit monde sur une grosse planète mais un énorme monde sur une minuscule planète ayant atteint son point de saturation. De la déforestation localisée à la pollution atmosphérique des automobiles, une insoutenabilité généralisée nourrie par la croissance exponentielle de ces cinquante dernières années met notre avenir en péril, pulvérisant les limites planétaires.

Le *Rapport Planète Vivante 2016* du WWF paraît à un moment charnière, au lendemain d'une année 2015 marquée par les grandes avancées que sont la signature de l'Accord de Paris sur le changement climatique et l'adoption des Objectifs de développement durable pour les hommes et la planète.

Ce rapport dresse un triste bilan de l'état de la planète en illustrant, *via* de nombreuses données, les menaces croissantes qui pèsent sur le globe et qui altèrent le climat, la biodiversité, la santé des océans, des forêts, le cycle de l'eau, le cycle de l'azote et le cycle du carbone. La conclusion est sans appel : l'équilibre de la planète qui a permis à nos civilisations de prospérer pendant 11 700 années est désormais rompu.



© SRC

Cela étant dit, je demeure optimiste quant à notre avenir. Au cours du 20^e siècle, nous avons surmonté quelques-uns des plus gros défis de notre histoire : nombre de maladies ont été éradiquées, la santé infantile et maternelle s'améliore, la pauvreté régresse et le trou dans la couche d'ozone est en train de se résorber. Toutefois, seule l'audace de nos innovations et un changement de mentalité ouvrant la voie à une action collective à l'échelle du globe tout entier nous permettront de continuer à progresser. En clair, nous devons amorcer un changement vers un monde capable de subsister à l'intérieur de « l'espace de fonctionnement sécurisé de la Terre ». L'Anthropocène, abordé en détail dans les pages suivantes, nous enseigne la nécessité d'une transformation fondamentale. Le *Rapport Planète Vivante*, quant à lui, apporte le leadership et la vision nécessaires pour mettre le monde sur une trajectoire soutenable, proposant une réflexion systémique, notamment sur les systèmes alimentaire et énergétique. Je suis convaincu qu'il contribuera à insuffler l'élan indispensable pour traduire les mots en actes et léguer aux générations futures une Terre résiliente.

Johan Rockström,
Directeur exécutif
Stockholm Resilience Centre

SUR LE FIL DU RASOIR

Les preuves n'ont jamais été aussi probantes, notre prise de conscience n'a jamais été aussi grande. Non seulement nous pouvons mesurer l'accroissement exponentiel de la pression humaine depuis plus de 60 ans (ce que nous appelons la « Grande accélération ») et la dégradation qui en découle pour les systèmes naturels, mais nous saisissons également mieux les interdépendances entre les systèmes qui sous-tendent la vie sur Terre et les limites inhérentes à notre planète.

Prenons l'exemple de la biodiversité. La richesse et la diversité de la vie sur Terre sont fondamentales pour les systèmes complexes qui en constituent les fondations. En d'autres termes, la vie soutient la vie. Et nous aussi faisons partie de l'équation. Que la biodiversité poursuive sa chute, et le monde naturel que nous connaissons aujourd'hui s'effondrera d'un seul tenant. Nous dépendons totalement de la nature, que ce soit pour l'air que nous respirons, pour l'eau que nous buvons, pour la stabilité du climat, pour les aliments et les matériaux que nous utilisons, pour l'économie que nous faisons fonctionner, mais aussi, et c'est loin d'être secondaire, pour notre santé, notre inspiration et notre bonheur. Or, depuis des décennies, la communauté scientifique tire la sonnette d'alarme en affirmant que l'action de l'homme conduit directement la vie vers une sixième grande extinction. Les conclusions tirées dans l'édition du Rapport Planète Vivante de cette année corroborent cet avis : le déclin subi par les populations d'espèces sauvages est de plus en plus préoccupant, puisqu'il s'élève en moyenne à 58 % depuis 1970 et devrait atteindre 67 % d'ici la fin de la décennie.

Dans le même temps, cependant, un certain nombre d'éléments attestent d'un début de changement. Tout d'abord parce que la science lève à présent les derniers doutes sur l'état du globe. Ensuite, parce que nous ressentons pour de bon les impacts d'une planète malade : qu'il s'agisse de la stabilité sociale, économique et climatique ou de la sécurité énergétique, alimentaire et hydrique, l'homme souffre de plus en plus de la dégradation de l'environnement. Enfin, parce que nous commençons à comprendre qu'un environnement naturel diversifié, sain, résilient et productif ne forme rien de moins que le socle d'un avenir prospère, juste et sûr pour l'humanité tout entière. La réalisation d'un tel objectif sera cruciale pour gagner les nombreuses autres batailles du développement humain, au rang desquelles la lutte contre la pauvreté, l'amélioration de la santé et la construction d'économies équitables. Alors que la dégradation de l'environnement continue, il semblerait que nous soyons bien en train d'entamer une « transition majeure » en direction d'un avenir écologiquement soutenable.



© WWF

Certes, l'année 2016 devrait établir un nouveau record de température, mais les émissions mondiales de CO₂ se sont stabilisées ces deux dernières années. Si certains y voient l'amorce d'un retournement de tendance, d'autres estiment de leur côté que l'exploitation des gigantesques ressources de charbon en Chine a atteint son pic et devrait dorénavant partir à la baisse. Sur un tout autre front, si les deux fléaux que sont le braconnage et le trafic d'espèces sauvages ravagent actuellement des écosystèmes entiers, les États-Unis et la Chine ont récemment pris un engagement historique en interdisant le commerce intérieur de l'ivoire. Mais ce qui est peut-être plus important encore, c'est que l'interdépendance des agendas social, économique et environnemental est en train d'être reconnue aux plus hauts niveaux grâce à la nouvelle série d'Objectifs de développement durable adoptée à l'échelle mondiale. La prise de conscience et l'engagement qu'ils portent méritent désormais d'être traduits en actes et en changement.

Il se trouve que nous entrons maintenant dans une nouvelle ère de l'histoire de la Terre : l'Anthropocène. Une ère dans laquelle c'est l'homme, et non plus les forces naturelles, qui représente le premier moteur des transformations planétaires. Il nous appartient donc de redéfinir la relation que nous entretenons avec notre planète, en passant d'un mode de gaspillage, d'insoutenabilité et de prédation à des rapports où les êtres humains et la nature coexistent en harmonie.

Car ce dont nous avons besoin, et qui constitue probablement la mutation culturelle et comportementale la plus profonde qu'une civilisation ait jamais connue, c'est bien de dissocier le développement humain et économique de la dégradation écologique. À cet égard, le rythme et la portée de la transition seront tout simplement décisifs. Comme le montre la présente édition du Rapport Planète Vivante, nous disposons bel et bien des outils permettant de résoudre le problème et devons commencer à nous en servir sans plus tarder.

Le moment est plus que propice pour la mouvance écologiste et, plus généralement, pour la société tout entière. Les évolutions précédemment évoquées sont en effet à l'œuvre, et si l'ampleur des défis à laquelle fait face la présente génération a tout pour rebuter, l'opportunité absolument unique qui nous est donnée de bâtir un avenir où les hommes vivront en harmonie avec la planète ne doit surtout pas nous laisser indifférents.

Marco Lambertini,
Directeur général
WWF International

LA SAGA DU SOJA

1. Le Cerrado, l'une des savanes les plus riches du globe

Situé entre l'Amazonie, la Forêt atlantique et le Pantanal, le Cerrado forme la plus grande région de savane d'Amérique du Sud occupant plus de 20% de la superficie du Brésil. C'est l'une des formations de savane les plus riches au monde par la diversité de ses organismes : elle accueille 5% de l'ensemble des espèces peuplant la Terre et une espèce brésilienne sur dix. Sur les plus de 10 000 espèces végétales qu'elle compte, près de la moitié ne se trouve nulle part ailleurs. Le Cerrado est également l'une des régions les plus menacées et les plus surexploitées au monde. Si ses savanes arborées s'étendaient auparavant sur une surface équivalente à la moitié du continent européen, ses habitats d'origine et sa biodiversité remarquable disparaissent aujourd'hui à un rythme très supérieur à celui des forêts tropicales voisines. Les activités agricoles non soutenables, à commencer par la culture du soja et l'élevage, sans oublier les feux déclenchés pour la production du charbon de bois, demeurent une menace de taille pour la biodiversité du Cerrado.

(source : WWF-Brazil; WWF, 2014)



RISQUE ET RÉSILIENCE DANS L'ANTHROPOCÈNE

CONTEXTE

Cela fait des millions d'années que les écosystèmes terrestres évoluent. Ce processus a abouti à la formation de communautés biologiques diverses et complexes vivant en symbiose avec leur environnement. Les écosystèmes variés qui y sont associés procurent air, eau, nourriture, énergie, médicaments et loisirs aux êtres humains. Cependant, depuis une centaine d'années, la nature et les services qu'elle fournit à l'humanité sont de plus en plus menacés.

L'ampleur et l'intensité de l'activité humaine croissent de façon exponentielle depuis le milieu du 20^e siècle. En conséquence, les conditions environnementales à l'origine de cette extraordinaire croissance commencent à changer. Pour rendre compte de ces mutations, plusieurs auteurs, dont le prix Nobel Paul Crutzen (2002), suggèrent que nous sommes passés de l'Holocène à une nouvelle époque géologique baptisée « Anthropocène » (ex., Waters et coll., 2016). Dans l'Anthropocène, notre climat évolue plus rapidement, les océans s'acidifient et des biomes entiers disparaissent, le tout à un rythme mesurable à l'échelle d'une vie humaine. Or, cette trajectoire porte en elle le risque que la Terre devienne beaucoup moins hospitalière pour notre société mondialisée (Richardson et coll., 2011). Les scientifiques cherchent désormais à discerner parmi les changements induits par l'homme ceux compromettant le plus la résilience de notre planète (Rockström et coll., 2009a).

L'amplitude de notre impact sur la planète est telle que l'Anthropocène pourrait bien constituer le théâtre de la sixième grande extinction de masse. Par le passé, de telles extinctions se sont étalées sur quelques centaines de milliers, voire quelques millions d'années. La singularité de l'Anthropocène, elle, réside dans le fait que les changements se produisent en une période de temps extrêmement resserrée. Qui plus est, la force qui est à l'œuvre derrière ces changements est exceptionnelle : pour la toute première fois, une nouvelle époque géologique risque de s'ouvrir non pas en raison des conditions imposées par la planète aux espèces qui la peuplent, mais par les actes conscients d'une seule et même espèce, l'*Homo sapiens*.

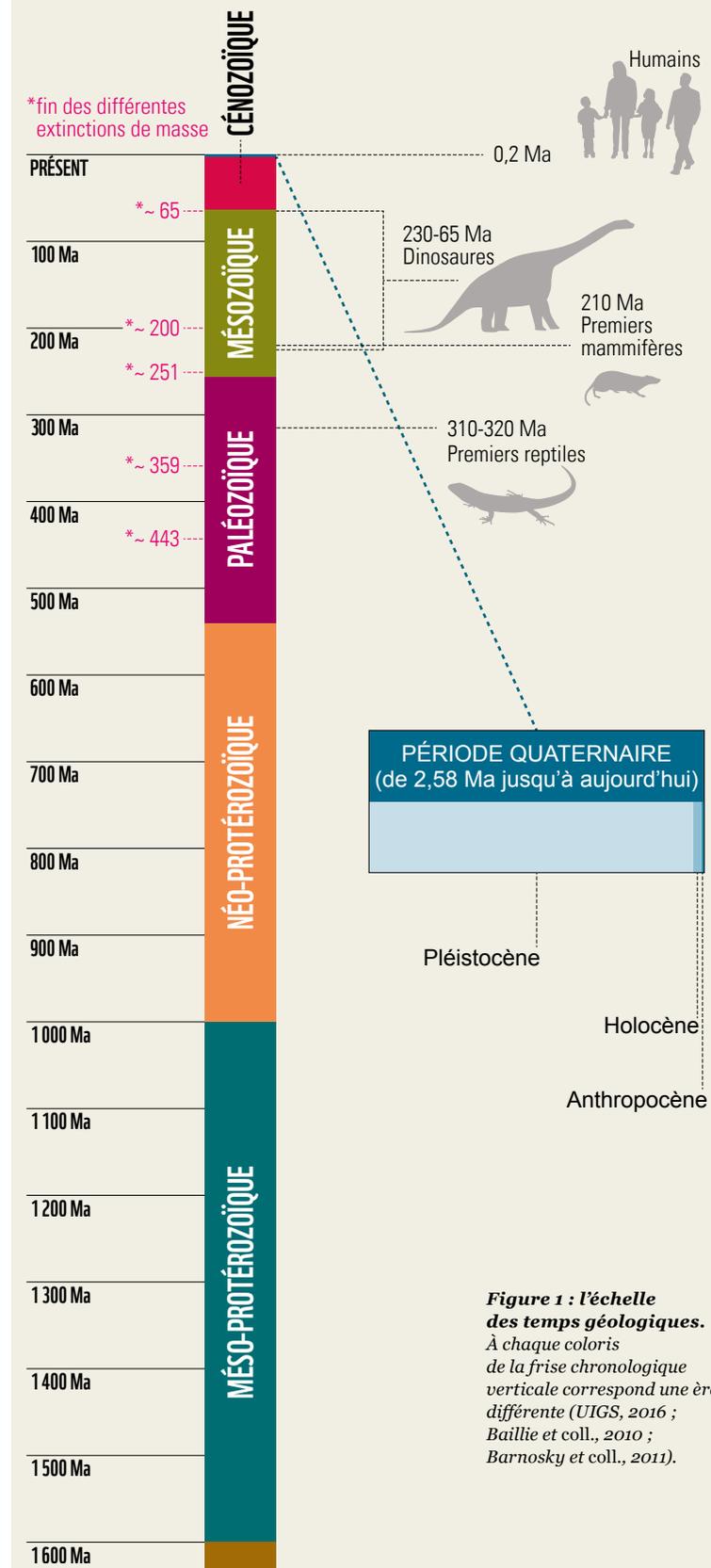


Figure 1 : L'échelle des temps géologiques.
À chaque coloris de la frise chronologique verticale correspond une ère différente (UIGS, 2016 ; Baillie et coll., 2010 ; Barnosky et coll., 2011).

Distinguer les époques : le point de vue du géologue

Le récent développement de l'homme s'est déroulé en présence de conditions climatiques relativement stables ayant prévalu durant l'Holocène (Figure 1). Le concept même d'une nouvelle ère géologique — l'Anthropocène — retient l'attention d'un nombre croissant de scientifiques, de disciplines et de champs d'expertise variés.

Pour interpréter les phases environnementales de la Terre, et notamment l'histoire du climat, de l'atmosphère et de la biodiversité, les géologues analysent les données contenues dans les relevés stratigraphiques. Sur l'échelle des temps géologiques, éons, ères, périodes et époques forment des unités imbriquées de plus en plus fines, définies par des événements planétaires dont les strates rocheuses conservent la trace. Il arrive ainsi de déceler soit une variation de la composition chimique des roches, soit l'émergence ou la disparition d'espèces identifiées au moyen de leurs restes fossilisés. Jusqu'à récemment, les phases et les changements temporels découlaient d'événements naturels tels que les impacts de météorites, les mouvements tectoniques, une activité volcanique intense ou encore la modification des conditions atmosphériques. Parfois, les effets de ces changements ont été si profonds qu'ils ont provoqué une extinction de masse des espèces contemporaines. À ce jour, cinq grandes extinctions ont été identifiées dans les strates rocheuses, dont l'une à la fin du Permien, marqué par la perte de plus de 70 % des espèces terrestres et d'environ 90 % des espèces marines (ex., Erwin, 1994).

Dans un tel contexte, comment un géologue du futur pourrait-il repérer l'Anthropocène en examinant les roches ? Tout simplement grâce aux nombreux signes susceptibles de témoigner de l'influence humaine. À titre d'exemple, les vestiges de certaines mégapoles pourraient très bien évoluer en de complexes structures fossiles. L'urbanisation peut elle-même être vue comme une altération des processus sédimentaires du fait de la formation de strates rocheuses « artificielles ». Les scientifiques évoquent aussi la possibilité de détecter tout un éventail de marqueurs potentiels, depuis les pesticides jusqu'à l'azote et au phosphore, en passant par les radionucléides (Waters et coll., 2016). L'accumulation de particules plastiques dans les sédiments marins (Zalasiewicz et coll., 2016) pourrait être décelée dans de multiples roches. Enfin, il est probable que le géologue en question constate un déclin rapide du nombre d'espèces à partir des indices présents dans le registre des fossiles (Ceballos et coll., 2015), nous perdons déjà des espèces à un rythme comparable à celui d'une sixième extinction massive. Les données actuellement disponibles sur ces types de changements laissent penser que l'Anthropocène a pu commencer au milieu du 20^e siècle (Waters et coll., 2016).

RÉSUMÉ

SUR LA VOIE D'UNE PLANÈTE RÉSILIENTE

Si l'on suit la trajectoire actuelle, l'avenir de nombreux organismes vivants demeurera incertain dans l'Anthropocène : plusieurs indicateurs nous incitent à tirer la sonnette d'alarme. L'Indice Planète Vivante, qui mesure la biodiversité à partir du suivi de 14 152 populations appartenant à 3 706 espèces de vertébrés, affiche ainsi une tendance à la baisse persistante : en moyenne, les populations des espèces considérées ont décliné de 58 % entre 1970 et 2012. Les espèces suivies sont de plus en plus affectées par les pratiques non soutenables d'agriculture, de pêche, d'extraction minière et autres activités humaines contribuant à la perte et à la dégradation des habitats, à la surexploitation, au changement climatique et à la pollution. En cas de *statu quo*, les populations continueront à régresser. Et même si les objectifs fixés par les Nations unies pour enrayer le recul de la biodiversité étaient atteints en 2020, les espèces risqueraient entre-temps d'avoir perdu 67 % de leurs effectifs en moyenne au cours des cinquante dernières années.

Si les plantes et les animaux sauvages sont concernés, le nombre d'êtres humains victimes de la détérioration de l'environnement va également croissant. Pour que les systèmes vivants continuent à satisfaire nos besoins vitaux (un air respirable, une eau potable ou de la nourriture comestible), encore faut-il qu'ils conservent leur complexité, leur diversité et leur résilience.

La manière dont nous nous approprions les ressources naturelles a une incidence colossale sur les systèmes environnementaux de la Terre et donc sur les hommes et la nature. Par contre-coup, l'état de la biodiversité et du climat est impacté. Prendre conscience des frontières planétaires nous permet de mieux saisir la complexité des effets de l'homme sur la planète (Rockström et coll., 2009b ; Steffen et coll., 2015a). Ce que l'on peut affirmer, c'est que le fait d'aller au-delà des limites des neuf processus caractérisant le système Terre peut conduire à un état d'instabilité dangereux pour l'humanité. Les chercheurs suggèrent que l'homme a déjà poussé au moins quatre des processus planétaires au-delà des limites jugées sûres. Malgré les incertitudes scientifiques entourant les effets biophysiques et sociétaux de tels franchissements, les impacts globaux et les risques qu'ils comportent pour les hommes sont déjà visibles au travers des changements climatiques, d'affectation des sols, des flux biochimiques et de la dégradation de la biosphère (Steffen et coll., 2015a).

Un autre moyen d'étudier les relations existant entre notre comportement et les capacités de régénération de la Terre consiste

**EN MOYENNE,
LES POPULATIONS DES
ESPÈCES DE VERTÉBRÉS
ONT DÉCLINÉ DE 58 %
ENTRE 1970 ET 2012**

**LE NOMBRE D'ÊTRES
HUMAINS VICTIMES DE
LA DÉTÉRIORATION DE
L'ENVIRONNEMENT VA
ÉGALEMENT CROISSANT**

**PRENDRE CONSCIENCE
DES FRONTIÈRES
PLANÉTAIRES NOUS
PERMET DE MIEUX
SAISIR LA COMPLEXITÉ
DES IMPACTS DE
L'HOMME SUR LA
PLANÈTE**

**SI LES TENDANCES
ACTUELLES SE
POURSUIVENT,
LES MODES DE
CONSOMMATION ET
DE PRODUCTION NON
SOUTENABLES VONT
PROBABLEMENT
SE DIFFUSER
PARALLÈLEMENT
À LA CROISSANCE
DÉMOGRAPHIQUE ET
ÉCONOMIQUE**

**AUJOURD'HUI,
L'HUMANITÉ SE TROUVE
FACE À UN DÉFI CLAIR :
CHANGER DE CAP
POUR NOUS RAMENER
DANS LES LIMITES
ENVIRONNEMENTALES
DE NOTRE PLANÈTE
ET MAINTENIR,
VOIRE RESTAURER
LA RÉSILIENCE DES
ÉCOSYSTÈMES**

à calculer l'Empreinte écologique. Cet indicateur mesure la demande humaine et l'aptitude de la planète à fournir des ressources renouvelables. À l'heure actuelle, l'humanité exploite les capacités de régénération de 1,6 Terre pour se procurer les biens et services qu'elle consomme chaque année. Il convient d'ajouter que l'Empreinte écologique des pays où les revenus sont élevés est de très loin supérieure à celle des pays où les revenus sont moyens ou bas (Global Footprint Network, 2016). Les habitudes de consommation des pays du Nord ont pour corollaire une demande démesurée en ressources terrestres renouvelables, le plus souvent au détriment des populations et des écosystèmes des autres régions du globe.

Si les tendances actuelles se poursuivent, les modes de consommation et de production non soutenables vont probablement se diffuser parallèlement à la croissance démographique et économique. La croissance de l'Empreinte écologique, le dépassement des limites planétaires et l'érosion de la biodiversité trouvent leur origine dans les défaillances inhérentes aux systèmes de production, de consommation, de financement et de gouvernance qui prédominent actuellement. Les comportements conduisant à ces modèles prépondérants sont entièrement déterminés par la façon dont les sociétés consuméristes sont organisées et maintenues en place par les règles et les structures sous-jacentes que sont les valeurs, les normes sociales, les législations et les politiques régissant les choix quotidiens des individus (p. ex., Steinberg, 2015).

Les éléments structurels de ces systèmes, tels que le produit intérieur brut (PIB) pour mesurer le bien-être, la recherche d'une croissance économique infinie sur une planète finie, la priorité donnée par la plupart des modèles économiques et politiques au profit à court terme au détriment du long terme, de même que l'externalisation des coûts écologiques et sociaux, encouragent tout à la fois individus, entreprises et gouvernements à opter pour des choix qui ne sont pas soutenables. Les impacts se font souvent sentir bien au-delà des frontières des pays dans lesquelles ces décisions sont prises. C'est pourquoi, les liens entre les facteurs, les causes profondes et les phénomènes planétaires comme l'érosion de la biodiversité sont généralement difficiles à appréhender. Tout au long du présent rapport, les interconnexions entre les impacts constatés en un endroit du globe et les choix de consommation effectués à plusieurs milliers de kilomètres de là seront illustrées par la « saga du soja ».

Aujourd'hui, l'humanité se trouve face à un défi clair : changer de cap pour nous ramener dans les limites environnementales de notre planète et maintenir, voire restaurer la résilience des écosystèmes.

Notre rôle central de force motrice dans l'Anthropocène donne des raisons d'espérer. En effet, non seulement nous reconnaissons les changements en cours et les risques qu'ils présentent pour la nature et la société, mais nous en comprenons aussi les causes.

Nous commençons tout juste à chercher des solutions pour restaurer les écosystèmes dont nous dépendons et créer des lieux résilients et hospitaliers pour la vie sauvage et pour les êtres humains. En valorisant les connaissances acquises, nous nous donnerons les moyens de traverser l'Anthropocène sans encombre. À cet effet, plusieurs exemples de transitions réussies figurent tout au long du rapport.

À nous maintenant de trouver des réponses à la hauteur du défi : passer véritablement à des modes de production et de consommation responsables et résilients. Tel est précisément l'objet de l'Agenda 2030 des Nations unies pour un développement durable. Protéger le capital naturel de la Terre et les services écosystémiques qui s'y rattachent est dans l'intérêt de la nature comme de l'homme. Au sein d'un environnement naturel affaibli ou détruit, nous aurons sensiblement moins de chances de parvenir à construire un avenir juste et prospère où problèmes de santé et pauvreté auront été éradiqués. De même, le développement humain ne devra plus s'accompagner de dégradation environnementale et d'exclusion sociale.

Des changements significatifs devront être apportés au système économique mondial pour faire accepter le constat d'une planète aux ressources finies. Tout d'abord, les moyens de mesurer la réussite devront évoluer. De même, les ressources naturelles devront être gérées de manière soutenable. Les générations futures, ainsi que la valeur de la nature, devront être prises en compte de manière systématique dans les processus décisionnels.

Cette transition suppose la refonte radicale de deux secteurs mondialisés : l'énergie et l'alimentation. S'agissant du premier, le développement rapide des sources d'énergies renouvelables et le basculement de la demande en direction de celles-ci sont fondamentaux. Pour ce qui est du second, la modification du régime alimentaire dans les pays où les revenus sont élevés (diminution de la consommation de protéines animales, par exemple), tout comme la réduction des déchets au sein de la chaîne alimentaire, peuvent contribuer significativement à la production d'une quantité suffisante d'aliments dans les limites d'une seule planète. De plus, l'optimisation de la productivité agricole dans le respect des écosystèmes, la substitution des intrants chimiques et fossiles par des processus naturels équivalents et la stimulation d'interactions bénéfiques entre les différents systèmes agricoles sont primordiales pour renforcer la résilience des paysages, des systèmes naturels et de la biodiversité (sans compter celle des moyens de subsistance des individus qui en dépendent).

Le rythme auquel nous tracerons notre voie dans l'Anthropocène décidera en grande partie de notre avenir. Le fait d'autoriser et d'encourager les grandes innovations, mais aussi d'en permettre l'adoption rapide par les gouvernements, les entreprises et les citoyens, accélérera la mise en place d'une trajectoire soutenable. Et avec elle, la compréhension de la valeur et des besoins d'une Terre de plus en plus fragilisée.

**VERS UNE PLANÈTE
RÉSILIENTE SUR
LAQUELLE LE
DÉVELOPPEMENT
HUMAIN N'IRA PLUS
DE PAIR NI AVEC LA
DÉGRADATION DE
L'ENVIRONNEMENT,
NI AVEC L'EXCLUSION
SOCIALE**

**LE RYTHME AUQUEL
NOUS TRACERONS
NOTRE VOIE DANS
L'ANTHROPOCÈNE
DÉCIDERA EN GRANDE
PARTIE DE NOTRE
AVENIR**

EN BREF

Que se passe-t-il ?

CHAPITRE 1

L'ÉTAT ÉCOLOGIQUE DE LA PLANÈTE

- L'Indice Planète Vivante affiche un déclin de 58 % entre 1950 et 2012 et accuse la perte la plus prononcée dans les environnements d'eau douce.
- Si les tendances actuelles se poursuivent jusqu'en 2020, les populations de vertébrés risquent de régresser de 67 % en moyenne par rapport à 1970.
- L'accentuation de la pression humaine menace les ressources naturelles dont dépend l'humanité. Elle aggrave du même coup le risque d'insécurité hydrique et alimentaire et la compétition pour s'approprier les ressources naturelles.

Quel est notre rôle ?

CHAPITRE 2

LES IMPACTS DE L'HOMME SUR LA PLANÈTE

- Les activités humaines et l'utilisation des ressources se sont tellement développées, en particulier depuis le milieu du 20^e siècle, qu'elles mettent aujourd'hui plusieurs systèmes environnementaux primordiaux en péril.
- Ces systèmes interagissant les uns avec les autres, il est fondamental de maintenir l'intégrité de chacun d'entre eux pour assurer notre bien-être.
- Les impacts globaux et les risques qu'ils comportent pour les hommes sont déjà visibles au travers des changements climatiques, d'affectation des sols, des flux biochimiques et de la dégradation de la biosphère.
- En 2012, l'équivalent de 1,6 Terre était nécessaire pour fournir à l'humanité les ressources et les services naturels qu'elle consomme en une année.

Que peut-on faire ?

CHAPITRE 4

UNE PLANÈTE RÉSILIENTE AU PROFIT DE LA NATURE ET DES HOMMES

- Le 21^e siècle place l'humanité face à un immense défi : préserver la nature sous toutes ses formes et jusque dans ses fonctions les plus diverses afin qu'elle offre un lieu de vie hospitalier et équitable sur une planète finie.
- La vision « One Planet Living » du WWF nous oriente sur les choix à effectuer pour régir, utiliser et partager les ressources naturelles dans le respect des frontières écologiques de la Terre.
- Réorienter notre trajectoire vers un développement soutenable nécessite la refonte immédiate de deux grands secteurs : l'énergie et l'alimentation.
- Le rythme auquel nous parviendrons à faire évoluer notre société vers un modèle soutenable déterminera pour beaucoup notre avenir.

Quelles sont les causes ?

CHAPITRE 3

EXPLORER LES CAUSES PROFONDES

- Pour atténuer les pressions humaines et les autres facteurs de changement, comprendre la nature des décisions occasionnant la dégradation environnementale, sociale et écologique est un prérequis.
- La réflexion systémique permet de comprendre les causes profondes de nos comportements non responsables : modes de consommation et de production destructeurs, gouvernance défailante et planification économique à court terme.
- Appliquée au système agroalimentaire, cette démarche met en lumière les causes profondes que constituent la pauvreté, la concentration des pouvoirs et les divers obstacles au changement dans les domaines du commerce, de la recherche et des technologies.

LA SAGA DU SOJA

2. La moitié du Cerrado s'est volatilisée

La moitié environ de la superficie initialement occupée par la savane et les forêts du Cerrado a été convertie en terres agricoles depuis la fin des années 1950. Or, la perte de ces écosystèmes entraîne dans son sillage celle des espèces sauvages qu'ils accueillent et des services écologiques vitaux qu'ils procurent, tels l'approvisionnement en eau propre, la séquestration du carbone ou encore la fertilité des sols. Entre autres espèces menacées, on peut citer le jaguar, le loup à crinière et le tamanoir, mais également de nombreux autres animaux et plantes uniques au Cerrado. Non seulement les écosystèmes et les espèces fragiles en subissent les répercussions, mais la destruction des habitats menace également le mode de vie de nombreux peuples indigènes et d'autres communautés tributaires des forêts, des prairies naturelles et des savanes pour subvenir à leurs besoins.

(source : WWF-Brazil; WWF, 2014)



CHAPITRE 1 : L'ÉTAT ÉCOLOGIQUE DE LA PLANÈTE

SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ MONDIALE

La biodiversité inclut la variabilité génétique au sein d'une espèce, la variété et l'abondance des populations d'espèces dans un écosystème donné, et celle des habitats dans un paysage. Le suivi de ces différentes dimensions est primordial parce qu'il donne un aperçu exhaustif des tendances de la biodiversité et de la santé des écosystèmes, et permet de prendre des décisions avisées quant à l'utilisation et à la protection des ressources. Le caractère multidimensionnel de la biodiversité justifie donc le recours à une pluralité de paramètres, choisis en fonction des centres d'intérêt et de l'utilisation finale des informations collectées. Parmi les exemples d'indices actuellement employés à cette fin, on retiendra l'Indice Planète Vivante (IPV), la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN et les indicateurs dressant l'état d'habitats particuliers (comme les forêts) ou du capital naturel (Tittensor et coll., 2014).

L'Indice Planète Vivante

L'IPV mesure la biodiversité en collectant les données recueillies sur les populations de différentes espèces de vertébrés et en calculant la variation moyenne de l'abondance au fil du temps. Il peut se comparer à un indice boursier, à ceci près qu'au lieu de refléter la situation de l'économie mondiale, il nous renseigne sur l'état écologique de la planète (Collen et coll., 2009). L'IPV est basé sur le suivi scientifique de 14 152 populations appartenant à 3 706 espèces de vertébrés (mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens, reptiles) réparties aux quatre coins du globe.

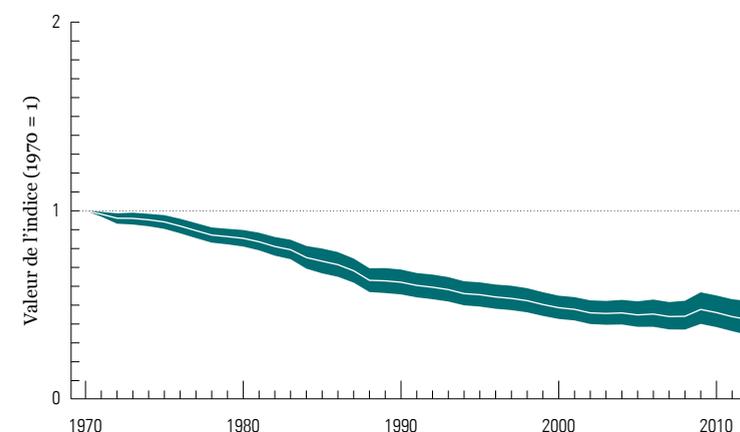
Entre 1970 et 2012, l'évolution de l'IPV montre une réduction de 58 % de l'abondance des populations de vertébrés (Figure 2). L'effectif des populations de vertébrés a, en moyenne, chuté de plus de la moitié en l'espace d'à peine plus de 40 ans. Les chiffres montrent un déclin moyen (2 % par an) sans aucun signe de ralentissement de cette dynamique. Le Rapport Planète Vivante 2014 faisait en effet déjà état d'un recul de 52 % de l'IPV entre 1970 et 2010, et bien que les bases de données marines et terrestres aient été enrichies depuis sa publication, la tendance générale à la baisse de ce nouveau rapport est marquée par la forte régression des espèces d'eau douce.

ENTRE 1970 ET 2012, L'ÉVOLUTION DE L'IPV MONTRE UNE RÉDUCTION DE 58 % DE L'ABONDANCE DES POPULATIONS DE VERTÉBRÉS

Figure 2 : l'Indice Planète Vivante affiche un déclin de 58 % entre 1970 et 2012. Évolution de l'abondance de 14 152 populations de 3 706 espèces suivies sur le globe entre 1970 et 2012. La ligne blanche exprime la valeur de l'indice, et les zones foncées, les limites de confiance entourant la tendance (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Indice Planète Vivante
- Intervalle de confiance

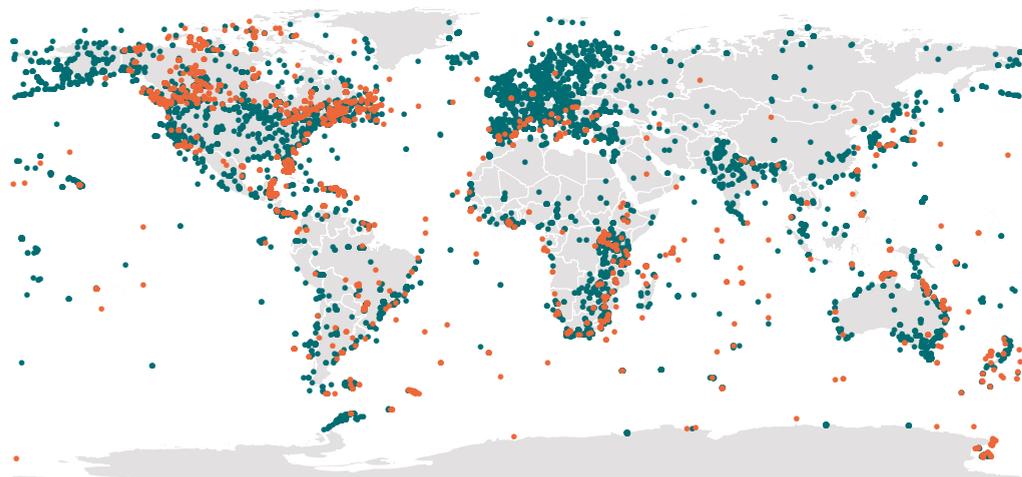


Suivre les espèces

Plus de 3 000 sources sont compilées dans la base de données de l'IPV. Pour qu'une nouvelle donnée soit ajoutée, la population concernée doit avoir été suivie de manière constante au moyen d'une seule et même méthode pendant toute la durée de l'étude. Certaines données sont le fruit d'un suivi à long terme, à l'image des relevés d'oiseaux nicheurs pratiqués en Europe (EBCC/RSPB/BirdLife/Statistics Netherlands, 2016) et en Amérique du Nord (Sauer et coll., 2014) ; d'autres résultent de projets de courte durée axés sur un thème de recherche bien défini. Mais le plus souvent, les données proviennent d'articles publiés dans des revues scientifiques et sont soumises à un comité de lecture.

Réunies au sein d'une banque d'informations, toutes ces données de recensement des espèces constituent un outil de choix pour évaluer l'état de la biodiversité. Si les données recueillies ne couvrent pas tous les groupes d'espèces et toutes les aires de répartition (Figure 3), les chercheurs s'efforcent de pallier les manques en réorientant leur travail. La base de données de l'IPV évoluant ainsi en continu, chaque publication du Rapport Planète Vivante repose sur l'analyse de données constamment mises à jour. Ainsi, les pourcentages indiqués par les IPV varient souvent d'une année à l'autre (voir le supplément LPR pour en savoir plus). De fait, les nouveaux pourcentages sont dans la même fourchette (déterminée par les intervalles de confiance) que les résultats précédents, ce qui prouve l'existence de tendances lourdes.

Depuis le dernier Rapport Planète Vivante, 668 espèces et 3 772 populations différentes sont venues s'ajouter à celles déjà étudiées (Figure 3). Même si la représentation des espèces marines, et en particulier les poissons, a progressé dans la base de données IPV, de grosses lacunes persistent dans certaines zones géographiques, notamment en Afrique centrale, de l'Ouest et du Nord, en Asie et en Amérique du Sud. En outre, les données disponibles se limitant actuellement aux populations d'espèces de vertébrés, des méthodologies sont à l'étude pour y incorporer les invertébrés et les végétaux.



Focus sur les menaces

L'état des populations dépend de la résilience de l'espèce considérée, de la localisation et des menaces qui pèsent sur elle (Collen et coll., 2011 ; Pearson et coll., 2014). Sur le tiers environ des populations de l'IPV (3 776) pour lesquelles les menaces sont connues, plus de la moitié (1 981) perdent aujourd'hui du terrain. La menace la plus fréquemment incriminée dans le déclin des populations est la perte et la dégradation de leur habitat, plusieurs études confirment qu'il s'agit notamment de la première menace pesant sur les espèces de vertébrés (p. ex., Baillie et coll., 2010 ; Böhm et coll., 2013 ; UICN, 2015). Les causes principales de disparition des habitats sont à rechercher du côté de l'agriculture et de l'exploitation forestière non soutenables et des changements affectant les systèmes d'eau douce (Baillie et coll., 2010). Les menaces interagissant souvent entre elles, leurs effets sur les espèces s'en trouvent démultipliés : à titre d'exemple, la destruction et la surexploitation des habitats peuvent compromettre la capacité d'une espèce à s'adapter aux changements climatiques (Dirzo et coll., 2014).

Figure 3 : répartition des lieux associés aux données servant à établir l'Indice Planète Vivante.

La carte indique l'emplacement des populations suivies dans l'IPV. Les populations ajoutées depuis la dernière édition du rapport y apparaissent en orange (WWF/ZSL, 2016).

Figure 4 : les différents types de menaces considérés dans la base de données de l'Indice Planète Vivante.

Les catégories et les descriptions figurant plus bas renvoient aux types de menaces retenus dans la base de données de l'Indice Planète Vivante (source : Salafsky et coll., 2008).

L'entrée d'informations sur une population dans la base de données IPV s'accompagne de renseignements sur les menaces rencontrées. Cette démarche permet de faire progresser la compréhension des facteurs de déclin des populations au niveau régional ou planétaire. La base de données recense cinq grandes catégories de menaces, dont la Figure 4 présente les répercussions (directes ou indirectes) sur les espèces.

MENACES

Perte et dégradation de l'habitat



Ce sont les modifications de l'environnement accueillant une espèce, que ce soit la disparition complète de l'habitat, sa fragmentation ou la dégradation de ses caractéristiques majeures. Parmi ces causes actuelles figurent l'agriculture, l'exploitation forestière, les transports, les aménagements résidentiels et commerciaux, la production d'énergie et l'extraction minière. S'agissant des habitats d'eau douce, la fragmentation des fleuves et des ruisseaux et les prélèvements d'eau font partie des menaces les plus fréquentes.

Surexploitation des espèces



La surexploitation peut être directe ou indirecte. La première recouvre la chasse, le braconnage ou les récoltes non responsables, qu'ils soient pratiqués à des fins commerciales ou de subsistance. La seconde, porte sur les espèces non ciblées qui ne sont pas tuées intentionnellement, comme les prises accessoires dans la pêche.

Pollution



La pollution affecte parfois directement une espèce en rendant l'environnement inadapté à sa survie : c'est ce qui se produit, par exemple, lors d'une marée noire. Mais elle agit aussi indirectement, en réduisant la disponibilité en nourriture ou les capacités reproductives, elle contribue à la diminution des populations.

Espèces invasives et maladies



En faisant concurrence aux espèces autochtones pour l'espace, l'alimentation et les autres ressources, les espèces invasives se transforment parfois en véritables prédatrices, voire répandent des maladies auparavant absentes de l'environnement où elles s'installent. Les êtres humains transportent également de nouvelles maladies d'une région du globe à une autre.

Changement climatique



Avec les changements de températures, certaines espèces vont devoir s'adapter en se déplaçant géographiquement pour retrouver des conditions de vie adaptées. Mais les impacts du changement climatique sont pour l'essentiel indirects : en effet, les modifications de températures risquent de brouiller les signaux déclenchant les événements saisonniers, telles la migration et la reproduction, et les faire survenir au mauvais moment (en dissociant par exemple la période reproductive de la période d'abondance de la nourriture dans un habitat donné).

L'Indice Planète Vivante terrestre

L'écosystème terrestre comporte de nombreux habitats naturels (ex. : forêts, savanes et déserts) et des environnements artificialisés (villes ou champs). Des trois écosystèmes, il est le mieux suivi, notamment parce qu'il accueille les êtres humains et que les recherches le concernant présentent moins de défis logistiques que celles effectuées dans les écosystèmes d'eau douce et marins. C'est ce qui explique que les données sous-tendant l'IPV terrestre, qui portent sur 4 658 populations appartenant à 1 678 espèces terrestres (soit 45 % du total des espèces), soient les plus complètes.

Au cours des siècles passés, l'écosystème terrestre a connu des transformations telles que la majeure partie de la surface de la Terre porte aujourd'hui les traces de l'action humaine (Ellis et coll., 2010). Or ces changements sont lourds de conséquences pour la biodiversité (Newbold et coll., 2015). L'IPV terrestre confirme ce constat : il met en évidence un déclin global de 38 % des populations depuis 1970 (Figure 5), l'équivalent d'un déclin annuel moyen de 1,1 %.

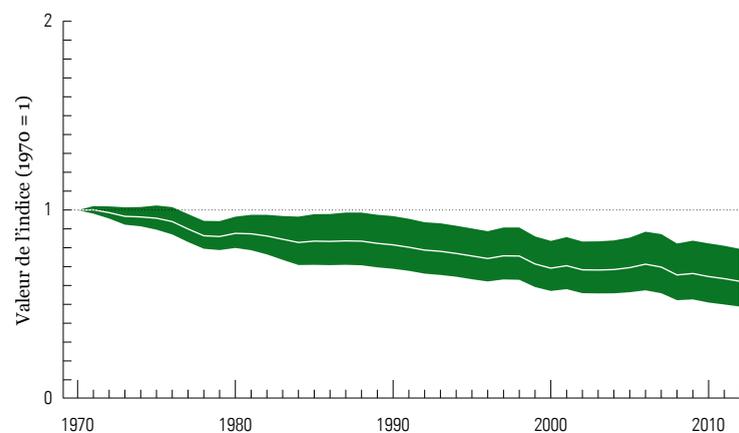


Figure 5 : L'Indice Planète Vivante terrestre a enregistré une baisse de 38% entre 1970 et 2012. Évolution de l'abondance de 4 658 populations de 1 678 espèces terrestres suivies sur le globe entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Indice Planète Vivante terrestre
- Intervalle de confiance

Depuis 1970, malgré l'ampleur des modifications apportées par l'homme, le recul de l'abondance des populations des écosystèmes terrestres s'avère moins prononcé que dans les écosystèmes marins et d'eau douce. Il est possible que la création d'aires protégées, qui occupent 15,4 % de la surface terrestre du globe (eaux intérieures comprises) (Juffe-Bignoli et coll., 2014), ait contribué à la conservation et au redressement de certaines espèces, et par là même à l'enrayement de la chute de l'indice des vertébrés terrestres.

LA MAJEURE PARTIE DE LA SURFACE DE LA TERRE PORTE AUJOURD'HUI LES TRACES DE L'ACTION HUMAINE

Figure 6 : fréquence des différents types de menaces rencontrées par les 703 populations terrestres en déclin de la base de données IPV, qui recense 1 281 menaces.

Le nombre de menaces enregistrées pour chaque population allant jusqu'à trois, le nombre total de menaces recensées dépasse celui des populations (WWF/ZSL, 2016).

Légende

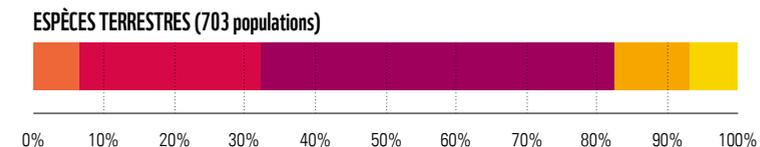
- Changement climatique
- Surexploitation
- Perte / dégradation de l'habitat
- Espèces invasives et maladies
- Pollution

Figure 7 : différences taxonomiques relevées dans la fréquence des menaces rencontrées par les 703 populations terrestres en déclin de la base de données IPV (WWF/ZSL, 2016).

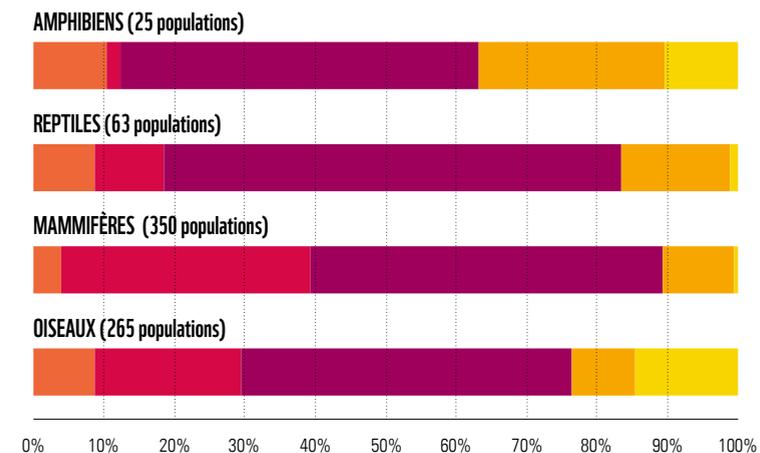
Légende

- Changement climatique
- Surexploitation
- Perte / dégradation de l'habitat
- Espèces invasives et maladies
- Pollution

La base de données IPV contient des informations sur les menaces pesant sur 33 % de ses populations terrestres en déclin (n = 703). La perte et la dégradation de l'habitat constituent les menaces les plus courantes pour les populations terrestres de l'IPV (Figure 6), suivies de la surexploitation. Quant aux autres menaces, leur importance varie selon le groupe taxonomique (Figure 7).



Après la perte et la dégradation de l'habitat, les espèces invasives et les maladies forment la catégorie de menaces la plus grave pour les amphibiens et les reptiles. Que ce soit par prédation ou concurrence, les effets négatifs des espèces exotiques sur les reptiles autochtones sont bien documentés dans plusieurs régions du globe. L'introduction de rats, chats et mangoustes allochtones, tout comme celle de reptiles, a notamment un impact énorme sur les reptiles indigènes, surtout sur les îles (Whitfield Gibbons et coll., 2000).



Les Éléphants d'Afrique menacés de surexploitation

La surexploitation est la menace à laquelle font face 60% des populations de mammifères terrestres en déclin recensées dans l'IPV. Parmi elles, on compte les populations d'éléphants d'Afrique (*Loxodonta africana*) qui souffrent de la perte et de la dégradation de leurs habitats. Au cours des deux dernières décennies, on a en effet assisté non seulement à un rétrécissement de l'aire de distribution de l'espèce, mais aussi à une forte contraction de l'effectif de ses populations (Barnes, 1999). Le braconnage de l'ivoire étant le facteur principal du déclin des effectifs d'éléphants (Wittemyer, 2014).

La CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction) a mis en place un mécanisme permettant d'évaluer le niveau relatif du braconnage. Elle détermine la Proportion d'éléphants abattus illégalement (Proportion of illegally killed Elephant, PIKE) en divisant le nombre d'éléphants tués illicitement par le nombre total de carcasses d'animaux répertoriées. La Figure 8, montre l'évolution du PIKE pour l'Afrique. On s'aperçoit que le nombre d'éléphants abattus illégalement a progressé à partir de 2006, avant d'atteindre son maximum en 2011. Malgré un certain recul depuis cette date, les éléphants sont tués à un rythme supérieur à celui du taux de croissance des populations (signalé par la ligne rouge visible sur le graphique).

S'il est une région où les inquiétudes sont les plus vives, c'est celle de Selous-Mikumi, en Tanzanie : là-bas, non seulement le PIKE est supérieur à 0,7, mais la population des pachydermes est tombée de 44 806 individus selon une estimation de 2009 à seulement 15 217 en 2014, soit un déclin de 66 % en cinq ans (Institut de recherche sur la faune de Tanzanie, 2015). La région englobe aussi la Réserve de gibier de Selous, l'une des plus vastes réserves de faune au monde. Classé au patrimoine mondial en 1982, le site a été placé sur la Liste du patrimoine mondial en danger en 2014 à cause du braconnage massif qui y sévit (UNESCO, 2014). La communauté internationale, et plus particulièrement les pays d'origine, de transit et de destination de l'ivoire, ont été appelés à soutenir la Tanzanie pour l'aider à protéger les espèces sauvages et les habitats propres à la réserve.

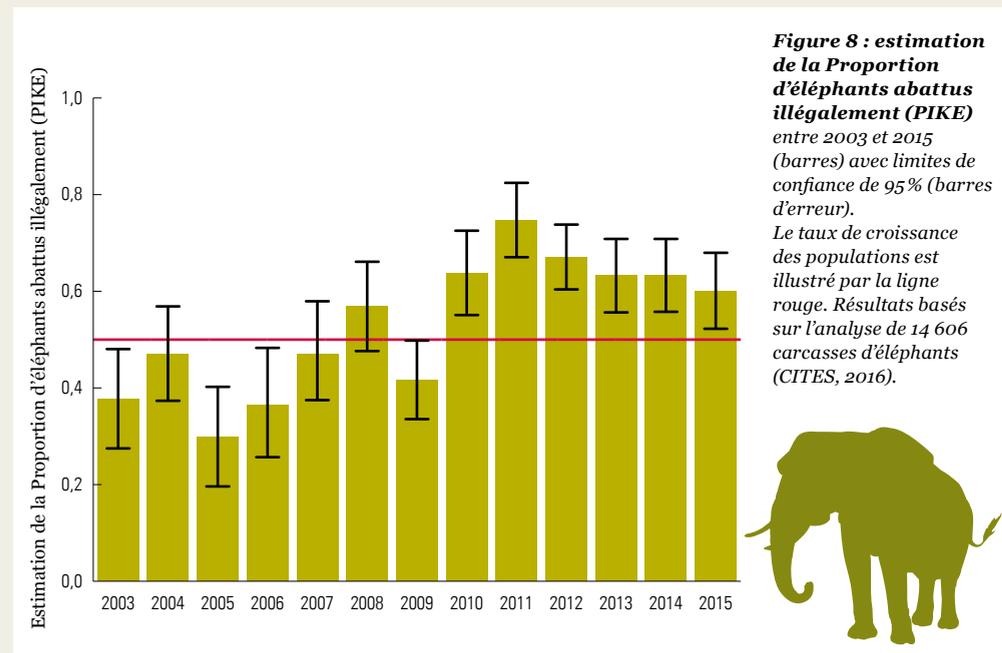


Figure 9 : l'IPV des espèces des forêts tropicales accuse une chute de 41 % entre 1970 et 2009.

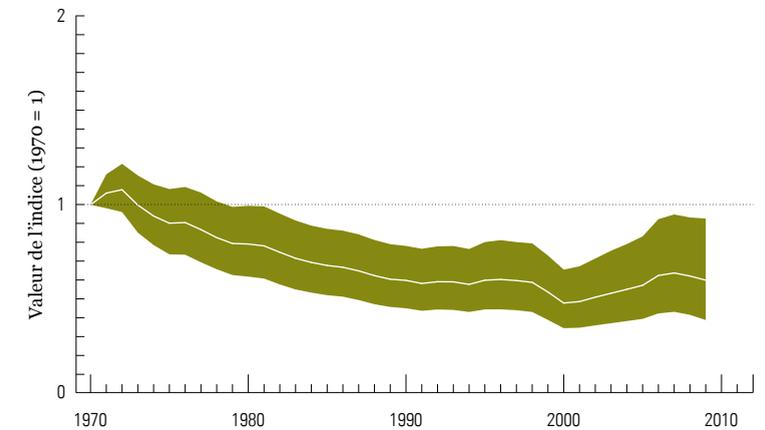
Évolution de l'abondance de 369 populations de 220 espèces des forêts tropicales (84 mammifères, 110 oiseaux, 10 amphibiens et 16 reptiles) suivies sur le globe entre 1970 et 2009. Les données disponibles ne permettent pas de dégager une tendance fiable à partir de 2009 (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Indice Planète Vivante des forêts tropicales
- Intervalle de confiance

Focus sur les forêts tropicales

En termes de diversité d'espèces, les forêts tropicales comptent parmi les écosystèmes les plus riches du globe. Or, elles forment aussi l'habitat connaissant la plus forte érosion de sa superficie (Hansen et coll., 2013) : en 2000, 48,5% des forêts de feuillus sèches tropicales et subtropicales avaient ainsi été converties en zones anthropisées (Hoekstra et coll., 2005). Ces modifications de grande envergure affectent les espèces établies dans ces habitats et en sont dépendantes. L'IPV confirme cela : entre 1970 et 2009, son déclin s'élève à pas moins de 41% pour les espèces habitant les forêts tropicales (Figure 9). Rapportée à l'année, la diminution de l'indice, établi à partir de 369 populations de 220 espèces, atteint en moyenne 1,3%. Bien que ses causes n'aient pas été éclaircies, la remontée temporaire observée à partir de l'année 2000 se retrouve à la fois chez les mammifères et les oiseaux, deux groupes pour lesquels les données disponibles sont les plus complètes.



Focus sur les prairies

Les prairies sont des écosystèmes terrestres dominés par une végétation herbacée et broussailleuse et maintenus en l'état par le feu, le pâturage, la sécheresse et/ou le gel (White et coll., 2000). Elles se trouvent aujourd'hui exposées à une forte pression de la part des humains, notamment parce qu'elles se prêtent souvent à l'agriculture. En 2000, 45,8% des prairies tempérées avaient été converties et sont désormais essentiellement affectées aux activités humaines (Hoekstra et coll., 2005). De la même manière, plus de 40% du Cerrado brésilien ont été transformés en cultures agricoles (Sano et coll., 2010).

L'effet de cette conversion sur les espèces habitant les prairies se fait sentir dans de nombreux écosystèmes à la surface du globe. En Amérique du Nord, les espèces d'oiseaux fréquentant les prairies ont ainsi décliné de manière continue de 1966 à 2011 (Sauer et coll., 2013) sous l'effet de l'intensification agricole (Reif, 2013). Ces dernières années, un déclin rapide des populations de petits mammifères a également été noté dans la savane australienne (Woinarski et coll., 2010). L'IPV des prairies illustre clairement les retombées du phénomène (Figure 10) : calculé en prenant en compte 372 populations de 126 espèces se rencontrant exclusivement dans les prairies (dénomination englobant les prairies, savanes et landes au sens de la Liste rouge de l'UICN), il enregistre une baisse de 18%, avec un recul annuel moyen de 0,5%. Après s'être stabilisé en 2000, l'indicateur a amorcé une légère hausse à partir de 2004. Si l'adoption de mesures de conservation a permis d'endiguer le déclin de certaines espèces de mammifères en Afrique, et par là même, de peser sur la tendance après 2004, l'effectif des populations d'oiseaux, lui, est resté orienté à la baisse jusqu'en 2012.

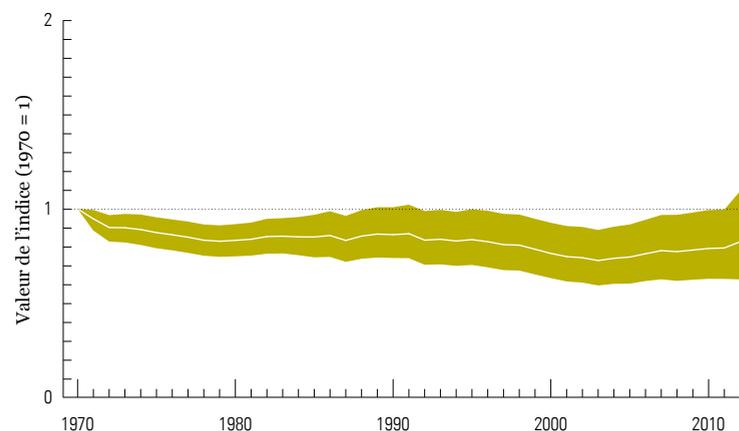


Figure 10 : L'IPV des espèces de prairie s'inscrit en repli de 18% entre 1970 et 2012.
Évolution de l'abondance de 372 populations de 126 espèces de prairie (55 mammifères, 58 oiseaux et 13 reptiles) suivies sur le globe entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Indice Planète Vivante des prairies
- Intervalle de confiance

L'EFFET DE CETTE CONVERSION SUR LES ESPÈCES HABITANT LES PRAIRIES SE FAIT SENTIR DANS DE NOMBREUX ÉCOSYSTÈMES À LA SURFACE DU GLOBE

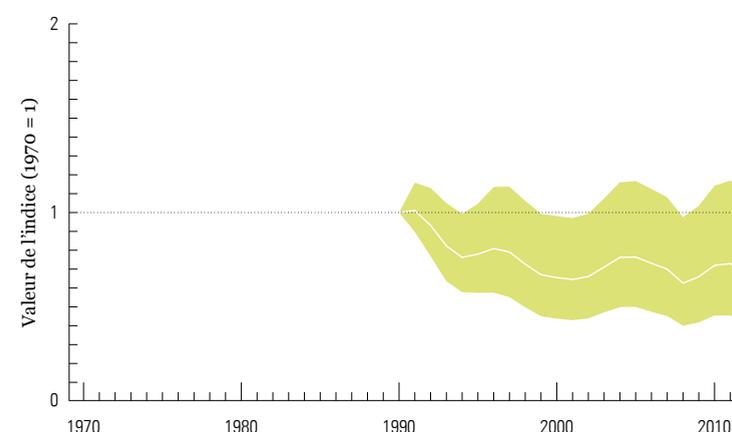
Les papillons de prairie

Bien que la base de données IPV n'inclut aucune information sur les espèces d'invertébrés, le recueil de données par le biais d'autres dispositifs comble en partie cette lacune. Depuis 2005, les chiffres obtenus au sujet de plusieurs espèces de papillons européens sont ainsi harmonisés pour être agrégés en un Indicateur des papillons de prairie européens par l'Agence européenne de l'environnement (Van Swaay et Van Strien, 2005 ; Van Swaay et coll., 2015).

Appliquée à ces données, qui portent sur 17 espèces de papillons de prairie suivies dans 12 pays, la méthodologie de l'IPV conclut à un repli de 33% des populations en l'espace de 22 ans (Figure 11). Cela dit, les intervalles de confiance révèlent une forte diversité des dynamiques, certaines espèces progressant quand d'autres suivent une évolution inverse. La tendance générale n'en demeure pas moins à la baisse, ce qui suggère que la modification de l'habitat par l'homme a bel et bien un impact sur les espèces de prairies. En outre, les papillons ayant connu une chute précipitée de leur effectif avant 1990 dans de nombreux pays d'Europe (Van Swaay et coll., 2015), leur abondance était déjà historiquement faible à la date choisie pour point de départ de l'étude.

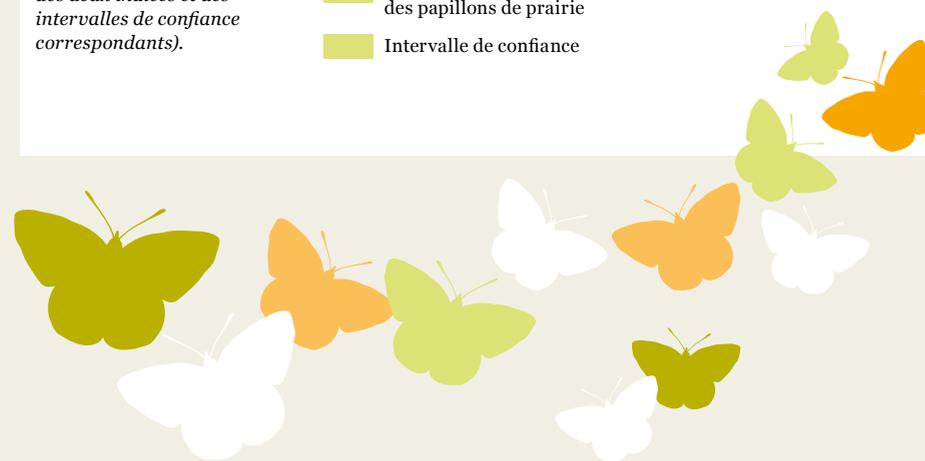
Figure 11 : L'IPV des papillons de prairie a reculé de 33% entre 1990 et 2012.

Évolution de l'abondance de 203 populations de 17 espèces de papillons de prairie suivies dans 12 pays de l'UE entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016). L'indice diffère de l'Indicateur européen des papillons de prairie (Van Swaay et coll., 2015), qui estime à 30% le déclin de leurs populations entre 1990 et 2013 (avec des intervalles de confiance resserrés en raison de légères différences dans le mode de calcul des deux indices et des intervalles de confiance correspondants).



Légende

- Indice Planète Vivante des papillons de prairie
- Intervalle de confiance



LE RETOUR DES GRANDS CARNIVORES EN EUROPE

Au cours des 19^e et 20^e siècles, les populations européennes de grands carnivores ont vu leurs effectifs et leurs aires de distribution fondre dramatiquement, en grande partie du fait de l'intervention de l'homme, qui les a chassées intensément et en a réduit l'habitat. Cette tendance s'est néanmoins inversée au cours des dernières décennies, principalement grâce aux Directives Oiseaux et Habitats de l'Union européenne, véritables pierres angulaires de la conservation de la nature sur le continent. Les Directives Nature assurent désormais la protection de multiples espèces et habitats dans les 28 États membres de l'Union européenne, à commencer par l'ours, le lynx, le glouton et le loup.

Conséquence de l'amélioration de leur protection juridique, les grands carnivores retournent dans de nombreuses régions européennes dont ils avaient été absents de longues années, et consolident leur présence dans les endroits qu'ils n'avaient pas désertés. À l'heure actuelle, de nombreuses populations de grands carnivores regagnent du terrain ou, tout au moins, n'en perdent plus. Par exemple, le lynx boréal a connu une contraction de sa zone de répartition durant le 19^e siècle et la première moitié du 20^e siècle à cause de la chasse et de la déforestation. Mais suite au renforcement de sa protection juridique, aux réintroductions, aux transferts et à la recolonisation naturelle, la taille de ces populations a plus que quadruplé au cours des 50 dernières années passées. La population européenne (hors Russie, Biélorussie et Ukraine) a récemment été estimée entre 9 000 et 10 000 spécimens, soit 18 % de l'effectif planétaire (Deinet et coll., 2013). Ce qui démontre le retour des grands carnivores, c'est que la volonté politique, lorsqu'elle est confortée par un cadre juridique ambitieux et par l'engagement de toutes les parties prenantes, permet à la nature de reprendre ses droits.

Il se peut que, dans certains des lieux dont les grands carnivores (à l'image du lynx) avaient disparu, leur rétablissement ne soit pas considéré comme une bonne nouvelle par certains groupes d'usagers de l'espace notamment les chasseurs et les agriculteurs. Pour autant, nombreux sont les exemples de coexistence réussie entre l'homme et ces animaux sur le territoire européen. C'est justement en s'inspirant de ces exemples et des approches de gestion pour les adapter aux contextes spécifiques de chaque région que nous progresserons vis-à-vis de ces animaux emblématiques. Quant à la coopération à l'échelle de toute l'Europe, elle s'avère d'autant plus indispensable que les grands carnivores, eux, ignorent les frontières nationales.



L'Indice Planète Vivante eau douce

Qu'il s'agisse des lacs, des cours d'eau ou des zones humides, les habitats d'eau douce revêtent une importance primordiale pour la vie sur Terre. Bien que l'eau douce ne compte que pour 0,01% de l'eau de la planète et n'occupe qu'environ 0,8% de sa surface (Dudgeon et coll., 2006), elle constitue l'habitat de près de 10% des espèces connues dans le monde (Balian et coll., 2008). Au-delà de cette dimension, par le simple fait que les êtres humains et, plus généralement, presque tous les organismes vivants ont besoin d'eau, ces habitats recèlent une valeur économique, culturelle, esthétique, ludique et pédagogique indiscutable.

Si les habitats d'eau douce sont difficiles à préserver, c'est parce qu'ils sont fortement affectés à la fois par la modification de leurs bassins fluviaux et par les impacts directs des barrages, de la pollution, des espèces aquatiques invasives et des prélèvements d'eau incontrôlés. Souvent partagée entre plusieurs entités administratives et politiques, leur gestion impose par ailleurs des mesures supplémentaires en vue de l'établissement de modèles de protection collaboratifs. Plusieurs études ont conclu que les espèces vivant dans les habitats d'eau douce s'en sortaient plus mal que les terrestres (Collen et coll., 2014 ; Cumberlidge et coll., 2009). L'IPV eau douce corrobore ce constat en montrant qu'en moyenne, l'abondance globale des populations suivies dans les écosystèmes d'eau douce a décliné de 81% entre 1970 à 2012 (Figure 12), soit une baisse moyenne de 3,9% par an. Ces chiffres reposent sur les données recueillies pour 3 324 populations suivies de 881 espèces d'eau douce.

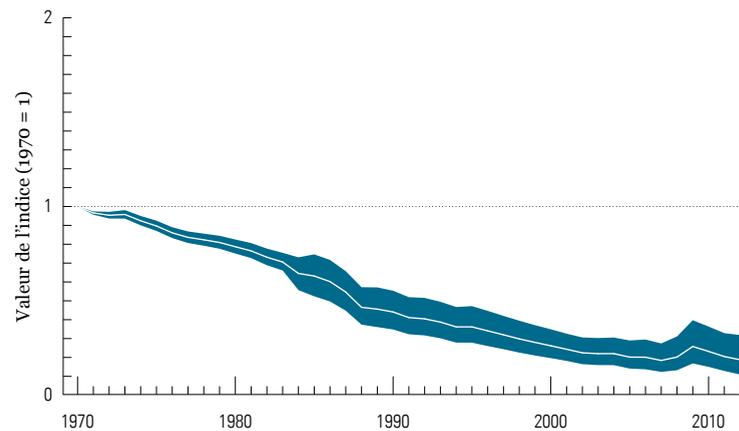


Figure 12 : L'IPV d'eau douce s'est effondré de 81% entre 1970 et 2012. Évolution de l'abondance de 3 324 populations de 881 espèces d'eau douce suivies sur le globe entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Indice Planète Vivante eau douce
- Intervalle de confiance

SI LES HABITATS D'EAU DOUCE SONT DIFFICILES À PRÉSERVER, C'EST PARCE QU'ILS SONT FORTEMENT AFFECTÉS À LA FOIS PAR LA MODIFICATION DE LEURS BASSINS FLUVIAUX ET PAR LES IMPACTS DIRECTS DES BARRAGES, DE LA POLLUTION, DES ESPÈCES AQUATIQUES INVASIVES ET DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU INCONTRÔLÉS

LA MENACE PESANT LE PLUS FRÉQUEMMENT SUR LES POPULATIONS EN DÉCLIN EST LA PERTE ET LA DÉGRADATION DE L'HABITAT

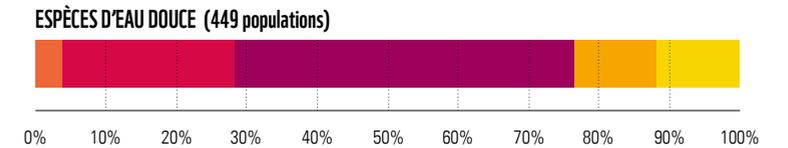
Figure 13 : fréquence des différents types de menaces rencontrées par les 449 populations d'eau douce en déclin de la base de données IPV, qui recense 781 menaces. Le nombre de menaces enregistrées pour chaque population allant jusqu'à trois, le nombre total de menaces recensées dépasse celui des populations (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Changement climatique
- Surexploitation
- Perte / dégradation de l'habitat
- Espèces invasives et maladies
- Pollution



La base de données IPV contient des informations sur les menaces rencontrées par 31% de ces populations d'eau douce en déclin (n = 449). D'après les renseignements obtenus, la menace pesant le plus fréquemment sur les populations en déclin est la perte et la dégradation de l'habitat : 48% des espèces menacées se trouvent ainsi dans ce cas de figure (Figure 13). La disparition des habitats d'eau douce découle parfois de l'intervention humaine directe (par exemple, par l'extraction du sable des cours d'eau ou l'interruption de leur débit), leur perte et leur dégradation s'expliquent également par des impacts indirects. À titre d'illustration, la déforestation, en accroissant la charge sédimentaire des cours d'eau, provoque l'accélération de l'érosion de leurs berges (Dudgeon et coll., 2006), ce qui se répercute sur la qualité et le débit de l'eau. Par ordre de gravité, la surexploitation directe, que ce soit sous l'effet de la pêche non responsable ou de prélèvements menés à des fins commerciales ou de subsistance, constitue la deuxième menace pour les populations d'eau douce (24%), devant les espèces invasives et les maladies (12%), la pollution (12%), et enfin, le changement climatique (4%).



La fréquence d'enregistrement des différentes menaces dans la base de données varie en fonction du groupe taxinomique (Figure 14). En ce qui concerne les amphibiens, les espèces invasives et les maladies se classent au deuxième rang des menaces après la perte d'habitat. Citée dans 25% des cas, elle traduit l'impact de *Batrachochytrium dendrobatidi*, une espèce de champignon responsable de la chytridiomycose, maladie touchant les amphibiens. Déjà impliqué dans le déclin prononcé ou l'extinction de plus de 200 espèces d'amphibiens (Wake et Vredenburg, 2008), ce pathogène en menace en réalité beaucoup plus (Rödder et coll., 2009). Malgré l'établissement d'un lien entre la propagation rapide de la maladie à l'échelle mondiale et le changement climatique (Pounds et coll., 2006), il est aussi probable que le commerce d'amphibiens ait contribué à l'expansion initiale du phénomène (Weldon et coll., 2004), dont l'introduction par ce moyen dans de nouvelles régions n'est d'ailleurs pas à exclure (Schloegel et coll., 2009).

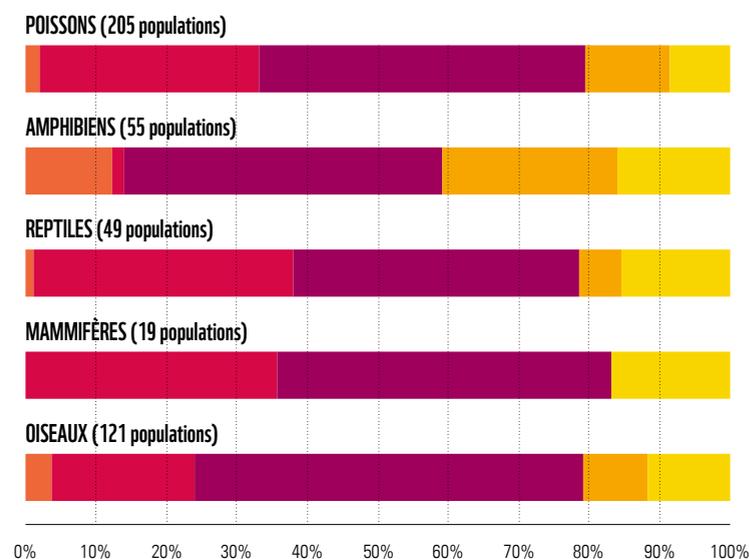
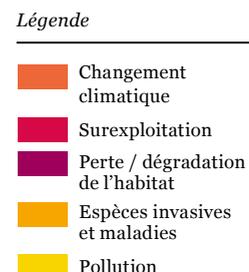


Figure 14 : fréquence des différents types de menaces rencontrées par les 449 populations d'eau douce en déclin de la base de données IPV (WWF/ZSL, 2016).



S'agissant des populations d'oiseaux, de mammifères, de poissons et de reptiles d'eau douce, la perte d'habitat revient comme la menace la plus fréquente, devant la surexploitation. Chez les mammifères, les dauphins de rivière déclinent à présent rapidement en raison d'une surexploitation involontaire. Tandis que la capture dans les filets maillants est une cause fréquente de mort pour les dauphins de l'Irrawaddy (Minton et coll., 2013 ; Hines et coll., 2015), le niveau insoutenable des prises accessoires dans les pêches locales explique aussi pour partie la probable extinction du dauphin de Chine (Turvey et coll., 2007). Enfin, la surexploitation est mentionnée parmi les facteurs de déclin des populations de plusieurs reptiles (Whitfield Gibbons et coll., 2000), notamment les tortues d'eau douce, capturées pour être consommées ou pour servir d'animaux de compagnie.

Focus sur les zones humides

Les zones humides se répartissent dans le monde entier, depuis les tropiques équatoriaux jusqu'aux plaines glacées de Sibérie. Qu'elles soient intérieures ou côtières, elles disparaissent : une récente étude internationale a ainsi estimé à pas moins de 87% la proportion des zones humides perdue ces 300 dernières années (Davidson, 2014). La perte des zones humides — principalement à cause des drainages et des défrichements réalisés pour les besoins agricoles (Junk et coll., 2013) — continue à un rythme plus rapide que jamais. L'indice Natural WET, qui exprime les changements de l'ensemble des zones humides naturelles (Dixon et coll., 2016), enregistre quant à lui un recul de 30% depuis 40 ans, conséquence du déclin respectif de 27% et de 38% des zones humides intérieures et littorales.

87% LA PROPORTION DES ZONES HUMIDES PERDUE CES 300 DERNIÈRES ANNÉES

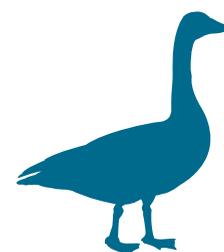
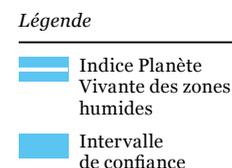
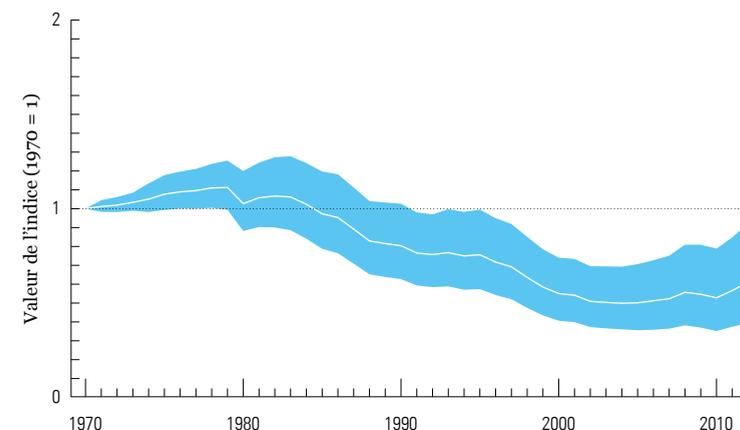


Figure 15 : L'IPV des espèces exclusivement implantées dans les zones humides a diminué de 39% entre 1970 et 2012. Évolution de l'abondance de 706 populations de zones humides intérieures appartenant à 308 espèces d'eau douce (4 mammifères, 48 oiseaux, 224 poissons, 4 amphibiens et 28 reptiles) suivies sur le globe entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016).

La réduction de la surface occupée par les zones humides a des répercussions immédiates sur les espèces en dépendant, confrontées d'une part, à une diminution de la disponibilité de l'habitat, et d'autre part, à une concurrence accrue pour l'alimentation et autre ressource. Au sein de l'IPV, les espèces liées aux zones humides (au sens des catégories d'habitats définies dans la Liste rouge de l'UICN) ont vu leur abondance chuter de 39% entre 1970 et 2012 (Figure 15), soit l'équivalent d'un déclin annuel moyen de 1,2%. Cet indice a été établi à partir de 706 populations de 308 espèces d'eau douce peuplant exclusivement les zones humides intérieures.

Depuis 2005, l'indice est légèrement reparti à la hausse. Plusieurs espèces d'oiseaux enregistrent en effet une dynamique favorable à l'heure actuelle : ainsi les oiseaux d'eau, et tout particulièrement les oies, bénéficient-ils de la multiplication des possibilités d'alimentation suite à l'évolution des pratiques agricoles dans les zones de ravitaillement et d'hivernage bordant leurs itinéraires de migration en Amérique du Nord et en Europe (Fox et coll., 2005 ; Van Eerden et coll., 2005). Comme les données des populations d'oiseaux établies dans ces zones représentent une proportion élevée de celles servant à calculer l'IPV, il est très probable qu'elles pèsent sur la tendance générale les années où les données sont rares, ce qui a souvent été le cas récemment.



LA RÉDUCTION DE LA SURFACE OCCUPÉE PAR LES ZONES HUMIDES A DES RÉPERCUSSIONS IMMÉDIATES SUR LES ESPÈCES EN DÉPENDANT CONFRONTÉES D'UNE PART, À UNE DIMINUTION DE LA DISPONIBILITÉ DE L'HABITAT, ET D'AUTRE PART, À UNE CONCURRENCE ACCRUE POUR L'ALIMENTATION ET LES AUTRES RESSOURCES

Focus sur les cours d'eau

Si la variation en surface constitue un bon outil pour évaluer la santé des zones humides, le débit, le régime d'écoulement et la connectivité doivent plutôt être pris en compte lorsqu'il s'agit de suivre l'état et la fonctionnalité d'un cours d'eau. Historiquement, l'homme a profondément remodelé le paysage fluvial au service du développement urbain, du transport, de la protection contre les crues, de l'approvisionnement en eau ou encore de la production d'énergie. Actuellement, ce sont au moins 3 700 grands barrages qui sont soit en projet soit en construction pour générer de l'hydroélectricité ou répondre aux besoins d'irrigation, essentiellement dans les économies émergentes (Zarfl et coll., 2015) (Figure 16). En tout, près de la moitié (48 %) du débit cumulé des différents cours d'eau du globe est déjà modifiée par la régularisation du cours, la fragmentation, ou les deux facteurs ; et si tous les barrages prévus ou en cours de réalisation devaient voir le jour, ce seraient 93 % des débits hydrologiques naturels qui auraient à terme disparu sur la planète (Grill et coll., 2015).

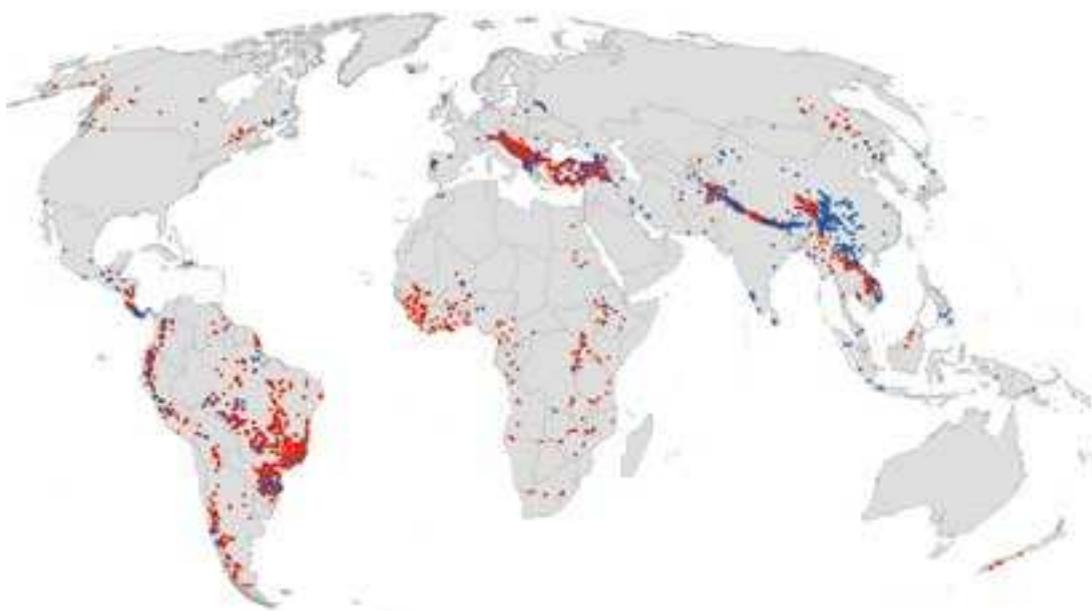


Figure 16 : répartition mondiale des futurs barrages hydroélectriques en projet (points rouges, 83 %) ou en construction (points bleus, 17%) (Zarfl et coll., 2015)

Légende

- Barrages en construction
- Barrages en projet

PRÈS DE LA MOITIÉ DU DÉBIT CUMULÉ DES DIFFÉRENTS COURS D'EAU DU GLOBE EST DÉJÀ MODIFIÉE PAR LA RÉGULARISATION DU COURS, LA FRAGMENTATION, OU LES DEUX FACTEURS



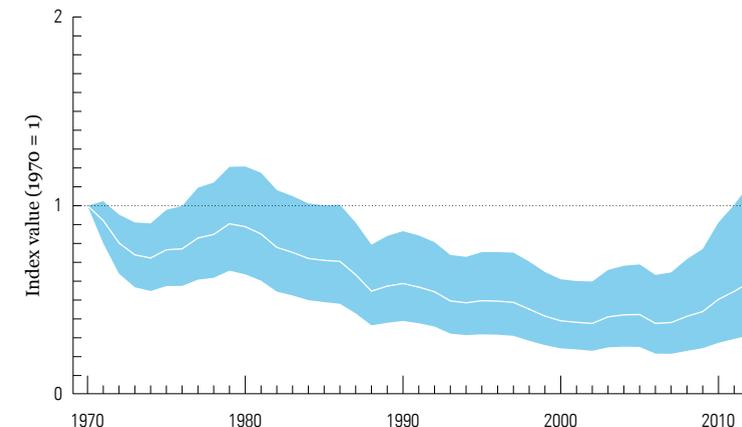
Figure 17 : l'IPV des poissons migrateurs a enregistré une chute de 41 % entre 1970 et 2012. Évolution de l'abondance de 735 populations de 162 espèces de poissons migrateurs suivies sur le globe entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016). Les espèces comprises dans l'indice sont rattachées soit aux catadromes, anadromes et potamodromes, soit aux amphidromes par le GROMS (Registre mondial des espèces migratrices).

Légende

- Indice Planète Vivante des poissons
- Intervalle de confiance

Les barrages ont pour effet d'altérer le débit, la température et la charge sédimentaire des cours d'eau (Reidy Liermann et coll., 2012). Mais ce n'est pas tout : ils entravent aussi les migrations et, ce faisant, affectent les déplacements habituels et la répartition des espèces (Hall et coll., 2011). L'analyse des tendances mondiales suivies par les populations de poissons démontre qu'en moyenne, l'abondance des espèces migrant au sein d'un habitat d'eau douce (espèces potamodromes) ou entre un habitat d'eau douce et un habitat marin (anadromes, catadromes et amphidromes) a reculé de 41 % entre 1970 et 2012 (Figure 17), ce qui représente un déclin moyen de 1,2 % par an. L'indice correspondant repose sur l'examen de 162 espèces réparties en 735 populations.

Malgré l'absence de renseignements sur les menaces rencontrées par la plupart des populations, près de 70 % des 226 populations pour lesquelles nous en disposons sont menacées par l'altération de leur habitat. Cette dynamique rend probablement compte du tableau général de déclin dressé pour ces habitats. Le fait que l'effectif d'un certain nombre d'espèces de poissons migrateurs soit reparti à la hausse depuis 2006 semble toutefois confirmer les bénéfices tirés dans plusieurs régions, dont l'Europe, de l'amélioration de la qualité de l'eau (AEE, 2015) et de l'installation dans les cours d'eau de passes à poissons qui en autorisent la migration là où ils se heurtent à des obstacles d'origine humaine.



DÉMANTELER DES BARRAGES POUR RESTAURER UN FLEUVE : LE CAS DE L'ELWHA

Les cours d'eau naturels sont des zones aquatiques sauvages. Les variations naturelles de leur débit façonnent des habitats riverains variés, à la fois en leur sein et à leur proximité. Reliés les uns aux autres, ils contribuent pour beaucoup, en maints endroits du globe, à acheminer les sédiments vers l'aval, enrichir les sols de leur lit majeur en nutriments, préserver les plaines d'inondation et les deltas assurant une protection efficace contre les événements météorologiques extrêmes, permettre l'organisation d'activités récréatives et offrir des possibilités d'épanouissement spirituel. Or là où subsistent des cours d'eau naturels, ils accueillent une biodiversité d'eau douce vulnérable. Si les barrages et les autres infrastructures les menacent, c'est parce qu'ils créent des barrières à l'origine de leur fragmentation et de la modification de leur régime d'écoulement. Les barrages affectent aussi les poissons grands migrateurs, car en coupant les couloirs migratoires, ils rendent difficile, voire impossible, l'accomplissement de leur cycle de vie.

Situé dans le nord-ouest Pacifique des États-Unis, le fleuve Elwha en est un exemple frappant. Deux barrages hydroélectriques (Elwha, construit en 1914, et Glines Canyon, achevé en 1927) y bloquaient jusqu'à récemment le passage des saumons migrateurs. Dès l'édification du barrage Elwha, les populations locales constatent un véritable effondrement du nombre de saumons adultes revenant dans la rivière. Établie en aval du barrage, la tribu Klallam qui avait une dépendance alimentaire, spirituelle et culturelle à l'égard du saumon vivant dans le fleuve ainsi que d'autres espèces qui lui sont associées dans le bassin fluvial en ont été affectées. Le saumon est en effet une espèce clé redistribuant les nutriments littoraux à l'intérieur des terres et les mettant à disposition des espèces tant terrestres qu'aquatiques.

Au milieu des années 1980, la tribu Klallam et les organisations écologistes commencent à faire pression pour obtenir la suppression des barrages Elwha et Glines Canyon. La démarche finit par porter ses fruits en 1992, avec le vote de la loi de restauration de l'écosystème et des pêches du fleuve Elwha, prévoyant la « restauration complète des pêcheries et de l'écosystème ». Après 20 années de planification, la destruction du barrage Elwha — plus gros chantier de démolition d'un barrage de l'histoire des États-Unis — démarre en 2011. Le retour des populations de poissons ne s'est pas fait attendre puisque le saumon royal y est repéré à plusieurs reprises dès 2012, soit juste après le retrait des derniers blocs de béton du barrage Elwha. Le démantèlement de l'ouvrage de Glines Canyon, lui, prend fin en août 2014.



L'Indice Planète Vivante marin

Océans et mers recouvrent 70 % de la surface de la Terre. En dehors de leur rôle critique dans la régulation du climat planétaire, ils nous procurent quantité de bénéfices dont les plus évidents sont les aliments, les moyens de subsistance et les usages culturels. C'est la raison pour laquelle la sauvegarde de l'état de l'environnement marin, et en particulier sa biodiversité, revêt une telle importance pour la survie de l'humanité.

L'IPV marin a enregistré un déclin global de 36% entre 1970 et 2012 (Figure 18), ce qui représente un recul annuel moyen de 1%. La détermination de l'indice s'est effectuée en suivant 6 170 populations de 1 353 espèces marines qui, si elles comprennent des oiseaux, des mammifères et des reptiles, comptent surtout des poissons, dont la dynamique pèse par conséquent fortement sur la tendance générale. La variation de l'indicateur (orientation générale à la baisse entre 1970 et la fin des années 1980, suivie d'une période de stagnation) reflète précisément l'évolution des prises mondiales de poissons, qui à partir de 1988, se stabilisent à un niveau très inférieur à celui d'origine (FAO, 2016a). C'est à ce moment que le concept de rendement maximal durable est introduit pour contrôler le rythme d'exploitation des stocks halieutiques.

Malgré la stabilité globale de l'indice marin depuis 1988, mais aussi les signes de redressement de certaines pêcheries par suite du renforcement des mesures de gestion, la majorité des stocks alimentant le plus les prises de poissons au niveau mondial sont désormais soit complètement exploités, soit victimes de surpêche (FAO, 2016a).

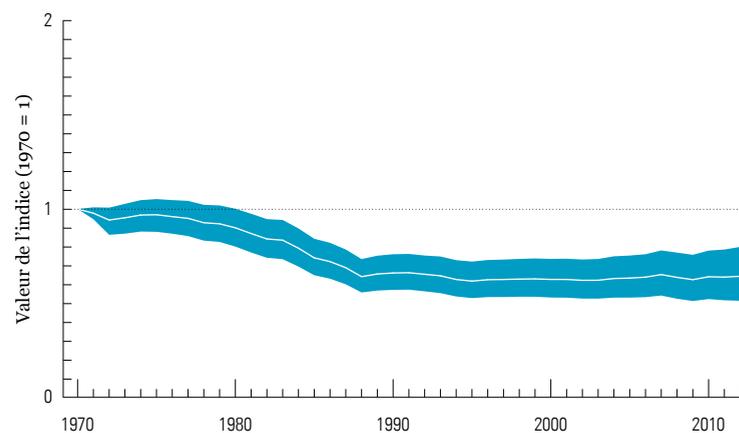


Figure 18 : L'IPV marin a reculé de 36% entre 1970 et 2012.
Évolution de l'abondance de 6 170 populations de 1 353 espèces marines suivies sur le globe entre 1970 et 2012 (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Indice Planète Vivante marin
- Intervalle de confiance

Des informations sur les menaces sont disponibles pour 29% des populations en déclin (n = 829). Les données correspondantes montrent que la menace pesant le plus couramment sur les espèces marines est la surexploitation, devant la perte et la dégradation des habitats marins (Figure 19).

Figure 19 : fréquence des différents types de menaces rencontrées par les 829 populations marines en déclin de la base de données IPV, qui recense 1 155 menaces.

Le nombre de menaces enregistrées pour chaque population allant jusqu'à trois, le nombre total de menaces recensées dépasse celui des populations (WWF/ZSL, 2016).

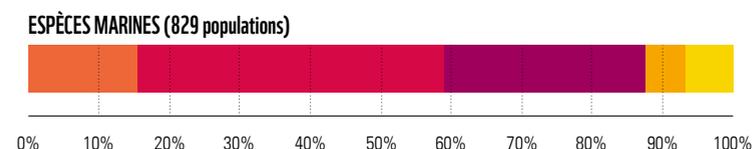
Légende

- Changement climatique
- Surexploitation
- Perte / dégradation de l'habitat
- Espèces invasives et maladies
- Pollution

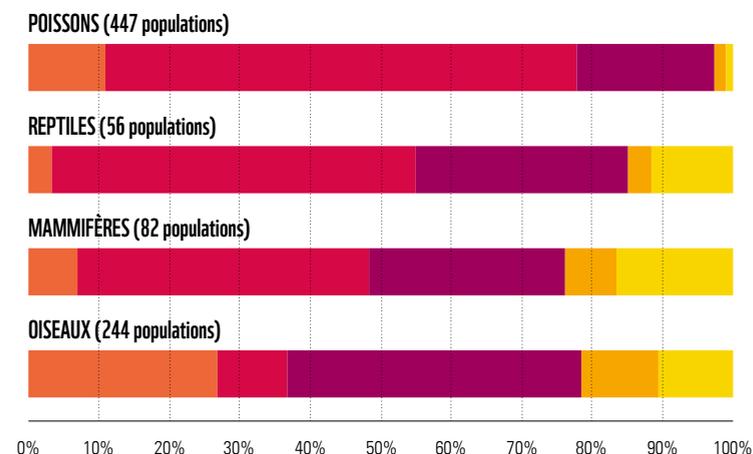
Figure 20 : différences taxonomiques relevées dans la fréquence des menaces rencontrées par les 829 populations marines en déclin de la base de données IPV (WWF/ZSL, 2016).

Légende

- Changement climatique
- Surexploitation
- Perte / dégradation de l'habitat
- Espèces invasives et maladies
- Pollution



La surexploitation par la surpêche est la première menace expliquant le déclin des populations de poissons (Figure 20) : les statistiques récentes montrent que 31% de leurs stocks mondiaux font l'objet d'une surpêche (FAO, 2016a). Or, faute de gestion efficace, l'absence de viabilité des activités halieutiques risque tout simplement de conduire à l'extinction commerciale des poissons ciblés. À l'heure actuelle, le thon rouge du Pacifique Nord (Collette et coll., 2011) se trouve justement en péril pour cette raison. Dans le même temps, on estime au tiers la proportion de requins et de raies menacés d'extinction, pour l'essentiel à cause de la surpêche (Dulvy et coll., 2014).



Pour ce qui est des oiseaux, mammifères et reptiles marins, la surexploitation peut conduire à la mort accidentelle d'animaux, c'est-à-dire à la capture non ciblée réalisée à l'occasion de pêche. Les collisions avec les navires sont également à ranger dans cette catégorie de décès.

Deuxième menace par ordre d'importance : la modification de l'habitat (Kovacs et coll., 2012). La détérioration des écosystèmes côtiers affecte les zones d'alimentation, de reproduction et de croissance de nombreux mammifères marins, dont les phoques, les lions de mer, les morses, les tortues marines et les oiseaux de mer. S'agissant spécifiquement des phoques et des lions de mer, la dégradation de l'habitat découle aussi de la disparition d'une partie des poissons et des autres ressources alimentaires que leur disputent les hommes (Kovacs et coll., 2012). Quant aux oiseaux, ils sont avant tout menacés par la transformation des habitats côtiers, puisque les aménagements littoraux nuisent aux lieux de ponte, ils sont p ailleurs victimes de la pollution et des prises accessoires (Croxall et coll., 2012).

Base de données de l'IPV : une amélioration continue

La couverture des données servant à établir l'IPV est améliorée en permanence, ne serait-ce que pour combler les nombreuses lacunes existant dans différentes régions du monde (Figure 3), et en particulier celles de l'IPV marin (voir l'encadré consacré à la question). L'IPV a en effet pour vocation de dégager une tendance générale à partir des données disponibles. À ce titre, la ZSL et le WWF se fixent pour objectif d'actualiser la base IPV et de rechercher des données sur les espèces au sujet desquelles nous ne disposons que de peu, voire d'aucune information. En l'absence de base de données centralisée, les renseignements souhaités sont sélectionnés dans les études et les rapports pertinents au moment de leur publication avant d'être réunis par la suite.

Calculé en s'appuyant sur l'effectif (connu au moment de la publication du rapport) des différentes espèces, l'Indice Planète Vivante procède à une agrégation pour en suivre l'évolution au cours du temps. À chaque espèce sont associées une ou plusieurs populations, dont les données proviennent de sources multiples (voir le supplément consacré au RPV pour en savoir plus sur le mode de calcul de l'IPV ; lien vers le site Web). Conséquence, les indices globaux sont susceptibles d'évoluer lorsque sont ajoutées à la base de données, soit une nouvelle espèce (et du même coup, une ou plusieurs populations), soit de nouvelles populations d'une espèce déjà incluse dans l'IPV.

À titre d'exemple, depuis la publication du Rapport Planète Vivante Océans en 2015, la base de données marine existante a été enrichie de données relatives à des populations de nouvelles espèces et à des nouvelles populations d'espèces déjà enregistrées. La prise en considération de ces données supplémentaires explique alors l'évolution de l'IPV marin entre 2015 et 2016.

Pour analyser l'impact de l'ajout de nouvelles données à l'IPV marin nous avons recalculé l'IPV marin du Rapport Planète Vivante Océans 2015 en y ajoutant de nouvelles populations (issues des données 2016). Il en résulte un déclin de 44 % de l'IPV marin entre 1970 et 2012, soit huit points de moins pour l'IPV marin 2016 (-36 %). En conséquence, l'ajout de nouvelles populations sur ces espèces qui sont déjà incluses à l'IPV marin, explique la différence de 5 points entre les résultats 2015 (-49 %) et ce recalcul (-44 %).

CALCULÉ EN S'APPUYANT SUR L'EFFECTIF CONNU AU MOMENT DE LA PUBLICATION DU RAPPORT DES DIFFÉRENTES ESPÈCES, L'INDICE PLANÈTE VIVANTE PROCÈDE À UNE AGRÉGATION POUR EN SUIVRE L'ÉVOLUTION AU COURS DU TEMPS

Quant aux huit points de pourcentage restants, ils se justifient par l'introduction de populations de nouvelles espèces en 2016 (trois oiseaux, un mammifère et 115 poissons). Notons à ce propos que les données disponibles sur les nouvelles espèces de poissons concernent l'ensemble des milieux marins, excepté l'Arctique. Bien que la tendance fluctue en raison de l'ajout de données, les variations constatées sont comprises dans l'intervalle de confiance des résultats antérieurs : la tendance générale fait donc toujours état d'une nette régression de l'effectif des populations depuis le lancement de l'IPV en 1970.

Espèces marines : les défis d'un suivi planétaire

L'un des grands obstacles à la compréhension de l'impact exercé par l'homme sur les populations d'espèces marines réside dans le fait que les statistiques officielles semblent nettement sous-estimer les prises de poissons sauvages. Une étude récente révèle en effet qu'entre 1950 et 2010, les captures mondiales de poissons ont probablement été 50 % plus élevées que celles déclarées aux Nations unies (Pauly et Zeller, 2016).

Ce qu'il faut retenir de l'IPV marin, c'est que les données servant à son calcul portent avant tout sur les populations de poissons, elles-mêmes représentées pour l'essentiel par les stocks halieutiques commerciaux de zones soumises à une gestion des pêches relativement efficace (avec suivi des prises, notamment). En revanche, l'IPV marin incorpore peu de données sur la pêche artisanale, de subsistance et de loisir, la pêche illégale, non déclarée et non réglementée (INN), ou encore les prises accessoires : ce constat s'explique par les difficultés rencontrées pour évaluer l'impact de ces activités, mais également, dans certains cas, par le fait que les données collectées ne sont tout simplement pas déclarées. Même si elle se pratique aussi dans de nombreuses zones littorales/côtières, la pêche INN est surtout un problème de taille en haute mer, au-delà des zones sous juridiction nationale (FAO, 2016).

Il est par ailleurs établi que les prises des pêches artisanales et de subsistance forment une fraction majeure de la pêche mondiale et sont cruciales pour la sécurité alimentaire des pays en développement. C'est la raison pour laquelle il est indispensable de comprendre la manière dont les populations concernées réagissent à la pression halieutique pour éviter la surexploitation.

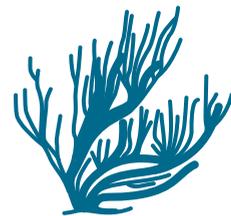
L'insuffisance, voire l'absence de suivi de multiples espèces et régions clés, est pénalisante dans la mesure où elle entrave la compréhension de l'impact humain sur les populations d'espèces marines, et par là même, l'élaboration de politiques permettant d'en contrer les retombées négatives. À cet égard, la collecte de données sur les stocks de poissons et d'autres espèces marines dans une grande diversité d'habitats constitue une priorité pour dégager à l'avenir la tendance de la population marine globale. L'IPV marin s'appuyant largement sur les statistiques officielles, il ne peut en l'état actuel refléter fidèlement les prises de la pêche non commerciale et de subsistance. En conclusion, il est donc probable que les populations de poissons déclinent à un rythme sensiblement supérieur à celui affiché aujourd'hui par l'IPV marin.

Focus sur les récifs coralliens

Implantés dans les parties peu profondes de l'océan, les récifs coralliens sont des habitats caractérisés par une biodiversité élevée. Si les espèces sont plusieurs milliers à les peupler, c'est parce qu'elles y trouvent simultanément de la nourriture, une protection et la possibilité de se développer (Burke et coll., 2011). Les récifs ont beau occuper moins de 0,1% de la surface totale des océans de la planète, ils sont indispensables à plus de 25% de toutes les espèces de poissons marines (Spalding et coll., 2001).

Les trois quarts des récifs coralliens du globe sont aujourd'hui menacés (Burke et coll., 2011) et, par conséquent, les espèces qu'ils abritent subissent une pression forte et en augmentation. Le LPR des poissons dépendants des récifs accuse un déclin de 35% en 1979 et 2012.

Les scientifiques avertissent : une action vigoureuse s'impose pour réduire la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre, dont le CO₂. Sinon, les récifs coralliens pourraient connaître une extinction à grande échelle d'ici le milieu du siècle sous l'effet conjugué de la répétition d'épisodes de blanchissement massifs et de l'acidification des océans (Hoegh-Guldberg, 2015) (voir l'encadré). Ajoutons à cela qu'ils sont également en proie à d'autres menaces sérieuses : surpêche et pêche destructrice (notamment par l'utilisation d'explosifs et de cyanure), pollution par sédiments, nutriments et pesticides, ou encore, développement sur les littoraux.



**LES TROIS QUARTS
DES RÊCIFS CORALLIENS
DU GLOBE SONT
AUJOURD'HUI MENACÉS**

Blanchissement et mortalité des coraux sous l'effet du réchauffement des eaux

Le blanchissement survient lorsque les coraux se retrouvent exposés à des conditions inhabituelles, par exemple une température élevée. Si l'eau se réchauffe trop, les coraux se mettent à expulser les algues microscopiques vivant dans leurs tissus, en conséquence ils deviennent tout blancs. Le stress thermique tue les coraux, que ce soit directement, ou indirectement du fait du manque de nourriture ou de maladie (Hoegh-Guldberg, 1999). Tout épisode de blanchissement massif anéantit de vastes étendues de coraux constructeurs de récifs.

Troisième du genre, l'épisode de blanchissement corallien massif survenu en 2015-2016 passe pour le plus long et le plus intense de l'histoire : il a touché des récifs allant d'Hawaï à la Grande Barrière de corail, en passant par l'Asie du Sud-Est et l'Afrique (NOAA, 2016). Les scientifiques prédisent une augmentation de la fréquence de ces événements en raison du changement climatique, risquant de compromettre la capacité des coraux à se rétablir entre chaque épisode (Hoegh-Guldberg, 1999 ; Donner et coll., 2005 ; Frieler et coll., 2013).



Photographié au large de la ville égyptienne de Dahab, implantée sur les rives de la mer Rouge, ce récif corallien présente des signes de blanchissement. À l'instar de nombreuses régions coralliennes de la planète, les récifs de la mer Rouge sont de plus en plus menacés par le phénomène, occasionné par le réchauffement climatique. Le blanchissement survient lorsque la température de l'eau atteint un niveau que les zooxanthelles, algues symbiotiques vivant dans les coraux, ne peuvent plus tolérer. Bien qu'ils puissent récupérer si la température baisse, une chaleur prolongée, en revanche, peut tuer les coraux.

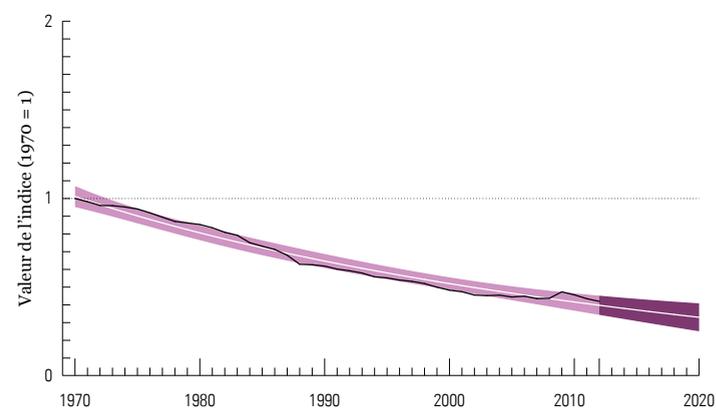
SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ : LES INDICATEURS

En 2010, les 196 États signataires de la Convention sur la diversité biologique (CDB) se sont entendus sur 20 objectifs ambitieux à atteindre d'ici 2020. Ils se sont engagés à prendre des mesures efficaces et urgentes pour stopper la perte de biodiversité et maintenir la résilience des écosystèmes afin qu'ils fournissent toujours des services essentiels, garantissant ainsi la variété des vies sur la planète et contribuant au bien-être humain et à l'éradication de la pauvreté (CDB, 2014a). À ce titre, l'IPV fait partie de la série d'indicateurs globaux servant à suivre le degré de réalisation des objectifs considérés (Tittensor et coll., 2014).

Plusieurs indicateurs permettent d'éclairer différents aspects de la biodiversité et d'accéder ainsi à la compréhension de l'ampleur et des mécanismes régissant les menaces et les pressions. La logique de l'IPV consiste, par exemple, à suivre l'abondance des populations d'espèces sauvages en mesurant la variation d'effectif. L'Indicateur Liste rouge (ILR), pour sa part, suit l'évolution du risque global d'extinction d'une espèce. Un autre — la richesse locale — comptabilise le nombre d'espèces d'une région donnée.

L'indice Planète Vivante

Les Perspectives mondiales de la diversité biologique 4 (CDB, 2014a) comparent l'état actuel des indicateurs et la projection qui en est faite à l'horizon 2020 compte tenu des objectifs de biodiversité définis par l'ONU. La Figure 21 montre à ce titre ce qui se produirait si les tendances actuellement à l'œuvre se prolongeaient jusqu'à cette date : les populations de vertébrés pourraient régresser en moyenne de 67% par rapport à 1970.



**D'ICI 2020
LES POPULATIONS
DE VERTÉBRÉS
POURRAIENT
RÉGRESSER EN
MOYENNE DE 67 %
PAR RAPPORT À 1970**

Figure 21 : *extrapolation de l'Indice Planète Vivante à l'horizon 2020 dans un scénario de statu quo. Représenté par la ligne noire continue, l'Indice Planète Vivante est ici extrapolé jusqu'en 2020 dans un scénario prévoyant le statu quo. Les bandes foncées correspondent à l'intervalle de confiance de 85% retenu par le modèle. Méthodologie issue de Tittensor et coll., 2014.*

Légende

- Indice Planète Vivante global
- Intervalle de confiance
- Indice Planète Vivante global - extrapolé
- Intervalle de confiance

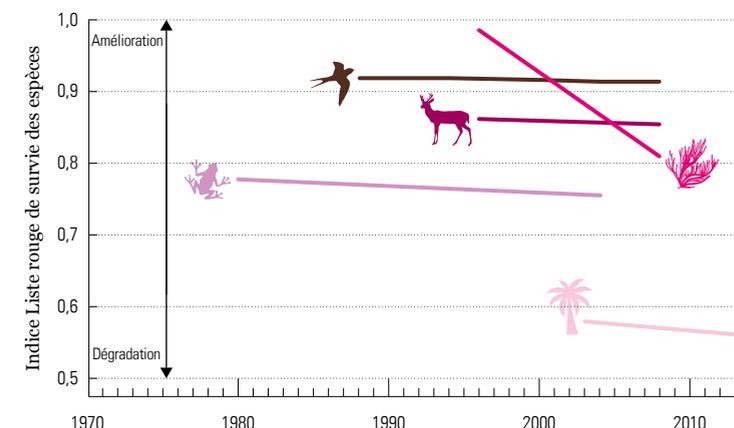
L'Indicateur Liste rouge

En suivant le nombre d'espèces menacées, l'ILR quantifie le risque global d'extinction et en retrace l'évolution au fil du temps. L'indice est établi à partir des évaluations de la Liste rouge de l'UICN, qui répartit les espèces en sept catégories (Éteinte, En danger critique, En danger, Vulnérable, Quasi menacée, Préoccupation mineure, Données insuffisantes). Cette classification s'appuie sur un vaste éventail de critères comprenant la superficie de l'aire de répartition, l'effectif des populations et les menaces rencontrées. Les espèces faisant l'objet de réévaluations régulières, le nombre d'espèces menacées d'extinction et la gravité de la menace correspondante peuvent évoluer. Une baisse de ILR indique que le nombre d'espèces menacées d'extinction progresse ou que certaines espèces sont de plus en plus gravement menacées d'extinction. L'ILR est désormais calculé pour cinq groupes : oiseaux, mammifères, amphibiens, coraux et cycadées (des plantes à cônes, rencontrées sous les tropiques) (Figure 22).

Figure 22 : *évolution de l'Indice Liste rouge de survie des espèces d'oiseaux, de mammifères, d'amphibiens, de coraux et de cycadées (UICN et BirdLife International, 2016).*

Légende

- Oiseaux
- Mammifères
- Coraux
- Amphibiens
- Cycadées

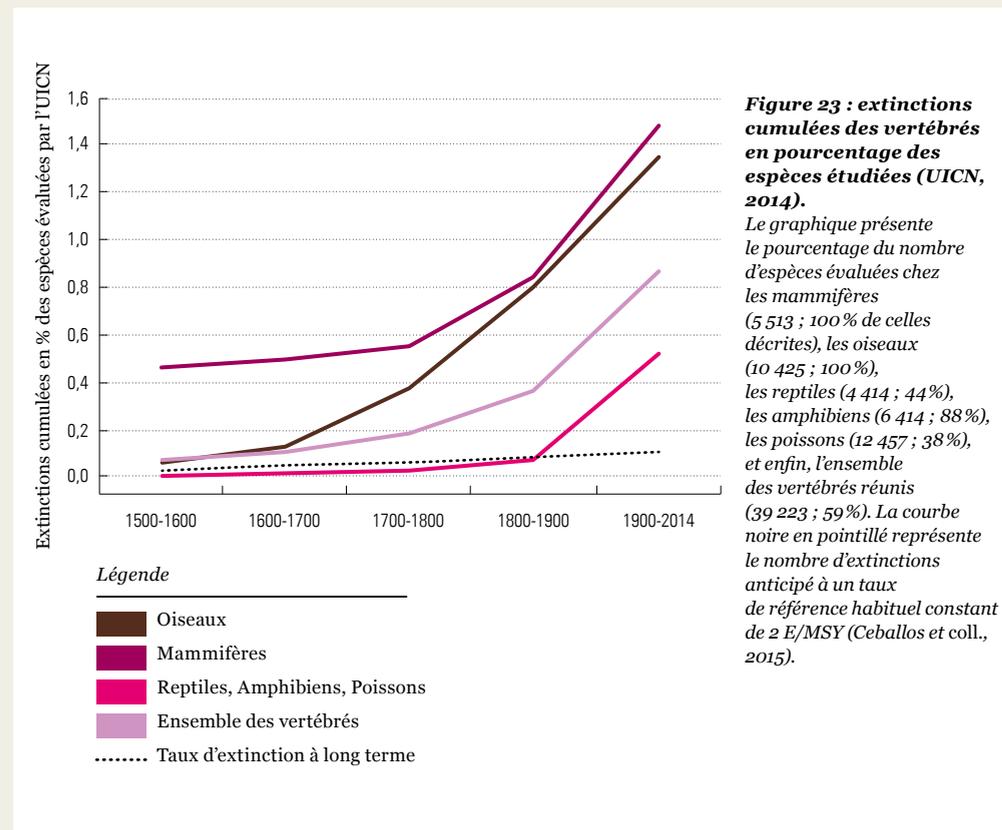


La position de chaque ligne montre la variation du niveau de risque d'extinction entre les groupes d'espèces. Sur le graphique, les cycadées ont l'indice le plus faible en 2003 et 2014, ces espèces sont plus en danger d'extinction que les oiseaux, mammifères, coraux et amphibiens. La pente des différentes lignes exprime le rythme d'évolution dû pour chaque groupe : plus la pente est forte, plus l'évolution est rapide au cours du temps. Les coraux montrent un changement plus rapide que celui constaté pour les autres groupes, entre 1996 et 2008, leur statut s'est considérablement dégradé. L'analyse des variations du risque d'extinction et de leur rythme jusqu'à nos jours a ceci d'instructif qu'elle nous permet d'évaluer la probabilité d'extinctions futures et de savoir si les niveaux d'extinction actuellement relevés sont ou non inhabituels (voir l'encadré consacré à la sixième extinction de masse).

Entrons-nous dans la sixième extinction de masse ?

Pour les paléontologues, les extinctions de masse sont des crises biologiques ou biotiques se traduisant par la perte d'une grande quantité d'espèces au cours d'une période de temps géologique relativement courte. Une extinction de masse ne s'est produite qu'à cinq reprises durant les 540 derniers millions d'années (Barnosky et coll., 2011 ; Jablonski, 1994 ; Raup et Sepkoski, 1982). À chaque fois, elles sont survenues en réaction à la modification de grands systèmes écologiques, par exemple, un changement du climat ou de la composition atmosphérique, une variation de la disponibilité de terre à différentes latitudes ou d'eau à différentes profondeurs maritimes, voire leur combinaison (Barnosky et coll., 2011 ; Erwin, 1994). Mais durant les derniers siècles, le rythme de perte d'espèces enregistré sur Terre s'est avéré à la fois exceptionnellement élevé et croissant (p. ex., Ceballos et coll., 2015 ; Régnier et coll., 2015).

Les études récentes laissent supposer que le taux actuel d'extinction se situe entre 100 à 1 000 extinctions pour 10 000 espèces par siècle, soit un chiffre nettement supérieur au taux d'extinction de long terme (exclusion faite des épisodes de crise relevés dans l'histoire de la Terre), ou taux d'extinction naturelle (Ceballos et coll., 2015 ; Steffen et coll., 2015a). Autrement dit, il est possible que nous nous trouvions aujourd'hui à l'aube d'une sixième grande extinction. Des études récentes estiment que le taux d'extinction des vertébrés aujourd'hui, même sous des conditions stables, est 100 fois supérieur que leur taux d'extinction naturel (Ceballos et coll., 2015).



L'Indicateur d'intégrité de la biodiversité locale

L'Indicateur d'intégrité de la biodiversité locale (IIBL) prédit la manière dont la richesse des espèces (nombre d'espèces comptées sur un site d'étude) devrait évoluer à l'avenir sous l'effet des impacts du changement d'affectation des sols, de la pollution et des espèces invasives (Newbold et coll., 2015). En dehors de refléter l'état actuel de la biodiversité mondiale, les indicateurs peuvent très bien donner lieu à des projections permettant de savoir si les objectifs de 2020 mondiaux seront proches d'être atteints (Tittensor et coll., 2014).

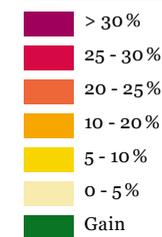
La Figure 24 présente la richesse de l'IIBL à l'horizon 2090. La carte démontre que, si l'homme poursuit son entreprise au rythme actuel (scénario du statu quo), c'est à une modification substantielle de la richesse spécifique du globe qu'il faut s'attendre. Les zones rouges correspondent aux régions qui subiront une réduction de plus de 30% de leur richesse spécifique. Celles apparaissant en vert, en revanche, devraient connaître un gain : tel est le cas, notamment, des régions septentrionales et des zones sèches, où il est prévu que le changement climatique s'accompagne de conditions écologiques plus favorables à certaines espèces. À titre d'illustration, le réchauffement de certaines zones de l'Arctique a d'ores et déjà pour effet d'allonger la saison de végétation, au point que les espèces de plantes sont désormais plus nombreuses à pouvoir s'y épanouir (Snyder, 2013).

L'IIBL sert par ailleurs à évaluer les impacts anthropogéniques passés. Newbold et coll. (2016) estiment ainsi que la limite planétaire pour la biodiversité a déjà été franchie sur 58,1% de la surface terrestre de la planète.

Figure 24 : prévision de la réduction nette de la richesse en espèces locales à l'horizon 2090 au moyen du cadre PREDICTS.

La perte nette est calculée dans un scénario du statu quo retenant une référence antérieure à l'apparition de l'homme. Données tirées de Newbold et coll., 2015.

Légende



LA RESTAURATION COMMUNAUTAIRE DES MANGROVES DE MADAGASCAR

Connues pour protéger et stabiliser les littoraux, les mangroves revêtent une importance toute particulière à une époque où le changement climatique multiplie les tempêtes les plus violentes et renforce l'action des vagues. Elles jouent aussi le rôle de puits en séquestrant 3 à 5% de carbone de plus par unité de surface que les autres systèmes forestiers. Pourtant tantôt défrichées pour laisser place à des aménagements urbains et touristiques, tantôt coupées pour produire du combustible et des matériaux de construction, elles ne cessent de perdre du terrain. Leur exploitation raisonnée, passant notamment par la création de réserves côtières et l'accompagnement des communautés locales au développement de moyens de subsistance fondés sur le maintien de leur intégrité, apparaît indispensable à la nature et aux êtres humains.

Située en bordure de l'océan Indien occidental, la plus grande mangrove du globe, vaste d'environ un million d'hectares, recouvre plusieurs deltas fluviaux du Kenya, de Madagascar, du Mozambique et de Tanzanie. Écozone intermédiaire entre la terre et l'eau, les mangroves accueillent une très grande variété de créatures, depuis les oiseaux et les mammifères terrestres jusqu'aux dugongs, en passant par cinq espèces de tortues marines et de nombreux poissons de toutes sortes. Quant à la pêche à la crevette pratiquée le long de la côte, importante économiquement, elle en dépend étroitement, le crustacé s'y reproduisant et s'y développant en toute sécurité.

Dans la région de Melaky, sur la côte ouest de Madagascar, les populations locales sont passées à l'action pour remédier à la perte des mangroves, qui leur procurent des moyens d'existence indispensables. Depuis septembre 2015, hommes, femmes et enfants du village de Manombo sont en effet devenus des acteurs clés de la conservation et de la restauration des mangroves, dont les bénéfices pour les communautés locales consistent dans l'élargissement de l'accès aux stocks de poissons et de crabes, sources de revenus réguliers, et le renforcement de la résilience contre le changement climatique. La communauté villageoise a ainsi participé à une campagne de reboisement prévoyant la plantation de quelque 9 000 propagules de palétuviers pour reconstituer les forêts dégradées environnant le village. Près de Manombo, d'autres communautés ont pour leur part planté 49 000 semis. Pour les communautés locales comme pour l'avenir de leurs forêts, il s'agit là d'un immense succès.

(source : WWF-Madagascar ; WWF, 2016a)



SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES : LES LIENS ENTRE L'HOMME ET LA NATURE

Si nous avons besoin d'écosystèmes variés, c'est pour bénéficier de l'ensemble des services dont nous dépendons. Les aliments et les matériaux essentiels à l'homme sont nombreux à être issus d'animaux et de végétaux variés. Mais un plus grand nombre d'espèces s'avèrent indispensables au bon fonctionnement des processus écosystémiques que sont la régulation et la purification de l'eau et de l'air, les conditions climatiques, la pollinisation et la dispersion des semences, ou encore la lutte contre les nuisibles et les maladies. Et en influençant le cycle des nutriments ou de l'eau, et la fertilité des sols, certaines d'entre elles participent indirectement à la fourniture de bois, de fibres, d'eau douce et de médicaments (EM, 2005).

Le déclin général auquel nous assistons des populations d'espèces de notre planète est inextricablement lié à l'état des écosystèmes et des habitats. La destruction des habitats n'est donc pas seulement risquée pour la flore et la faune sauvages, mais également pour les humains : ces habitats sont vitaux pour notre survie, notre bien-être et notre prospérité. Qualifié de capital naturel, le stock de ressources naturelles renouvelables ou non (ex. : plantes, animaux, air, eau, sols, minéraux) nous procure une multitude de bienfaits au niveau local comme mondial, fréquemment réunis sous le vocable de services écosystémiques (Figure 25).

Les actifs écosystémiques composant le capital naturel se sont développés d'une manière leur permettant de s'auto-entretenir dans le temps. Mais l'accentuation de la pression humaine sur les écosystèmes et les espèces (par la conversion des habitats naturels au service de l'agriculture, la surexploitation des pêcheries, la pollution de l'eau douce par les industries, l'urbanisation, et la pêche et les pratiques agricoles non responsables) détériore le capital naturel à un rythme supérieur à celui de sa reconstitution (AEE, 2013). Si la situation actuelle nous en donne déjà un aperçu, les coûts induits par l'épuisement du capital naturel sont surtout appelés à grimper, et à faire croître le risque d'insécurité alimentaire et hydrique, à renchérir de nombreuses matières premières et à intensifier la compétition pour la terre et l'eau. En fin de compte, la raréfaction du capital naturel va se traduire par une aggravation des conflits et des migrations, du changement climatique et de la vulnérabilité aux calamités naturelles (inondations et sécheresse en tête), sans parler de l'impact négatif attendu sur la santé physique et mentale et sur le bien-être (EM, 2005).

NOTRE SURVIE ET NOTRE BIEN-ÊTRE DÉPENDENT DE LA BONNE SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES

L'ACCENTUATION DE LA PRESSION HUMAINE DÉTÉRIORE LE CAPITAL NATUREL À UN RYTHME SUPÉRIEUR À CELUI DE SA RECONSTITUTION

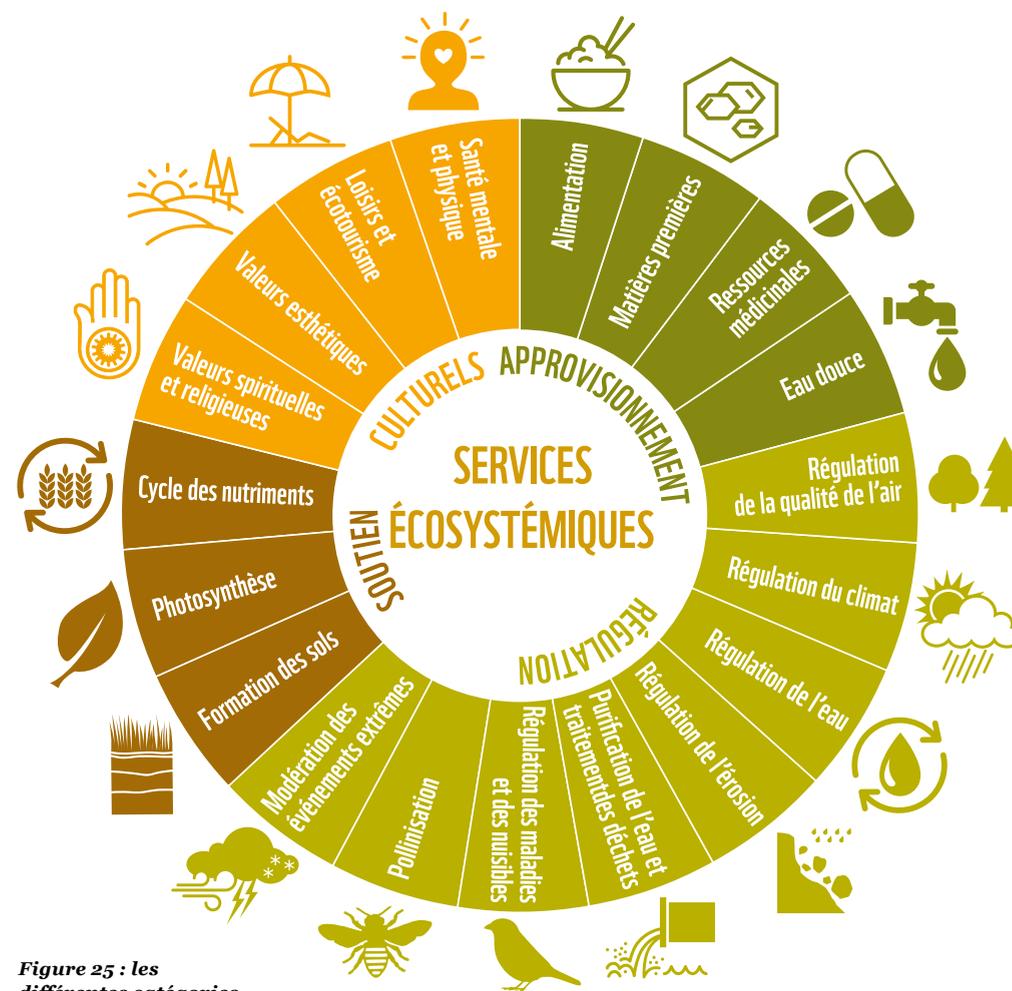


Figure 25 : les différentes catégories de services écosystémiques.
 Les services d'approvisionnement désignent les produits issus des écosystèmes, les services de régulation, les bénéfices provenant de la régulation des processus écosystémiques, les services culturels, les bienfaits non matériels que les êtres humains retirent des écosystèmes, et les services de soutien, les services nécessaires à la production de l'ensemble des autres services écosystémiques.
 Adaptation de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005.

En dépit de l'importance vitale de notre stock de capital naturel, l'élaboration d'un instrument apte à rendre fidèlement compte de ses évolutions et de leurs répercussions sur le bien-être humain demeure à ce jour un défi. Un certain nombre d'approches assurent le suivi des changements touchant différents aspects du capital naturel et permettent d'en comprendre les implications pour l'homme. Dans les pages suivantes, sont donnés en exemple plusieurs moyens de mesures actuels illustrant les relations entre le stock de capital naturel, les services écosystémiques et le bien-être humain.

Couverture forestière

Les forêts tiennent une place primordiale dans le fonctionnement de la Terre : elles renferment des quantités élevées de carbone et libèrent de l'oxygène ; elles influencent les précipitations, filtrent l'eau douce et préviennent les inondations et l'érosion des sols ; elles produisent des aliments de cueillette, le bois-énergie et les médicaments consommés par les individus vivant en leur sein et à leurs abords ; elles sont les magasins des futures variétés de cultures et des matériels génétiques aux propriétés thérapeutiques encore inexplorées. Quant au bois et aux autres fibres issus de la forêt, elles servent tour à tour de combustible renouvelable et de matière première entrant dans la fabrication du papier, des emballages, des meubles et des habitations.

Si les pressions sur les forêts varient d'une région à l'autre, la première cause de déforestation est l'expansion de l'agriculture, en partie portée par l'élevage industriel et les cultures dominantes que sont par exemple l'huile de palme et le soja (Gibbs et coll., 2010 ; Hosonuma et coll., 2012 ; Kissinger et coll., 2012). En dehors des petits agriculteurs, que la pauvreté et l'insécurité foncière amènent à jouer eux aussi un rôle négatif, l'extraction minière, l'hydroélectricité et les autres projets d'infrastructures exercent également de lourdes pressions, dans la mesure où la construction d'une nouvelle route, en ouvrant les forêts aux colons et à l'agriculture, induit des effets indirects parfois profonds.

Non loin de la déforestation, la dégradation des forêts est une grande menace. Parmi les facteurs déterminants de cet impact dans les forêts tropicales, on peut citer l'exploitation forestière insoutenable, la collecte de bois de chauffage et les incendies incontrôlés (Kissinger et coll., 2012). La dégradation épuise, d'un côté, les capacités reproductives et la fourniture de services écosystémiques des forêts sur pied, de l'autre, elle constitue aussi une source directe d'émissions de gaz à effet de serre et apparaît dans certains cas comme un catalyseur de déforestation.

L'évolution des ressources des forêts du monde indique que le taux de déforestation net mondial a considérablement ralenti au cours des 25 dernières années (Département des forêts de la FAO, 2015). Ses dernières données montrent qu'en valeur nette, 129 millions d'hectares de forêts, soit une superficie supérieure à celle de l'Afrique du Sud, ont été perdus depuis 1990. Pour autant, ce chiffre net masque l'évolution des forêts naturelles par rapport aux forêts plantées : en effet, pendant cette période, ce sont en tout 239 millions d'hectares de forêts naturelles qui se sont volatilisés en termes bruts. Certes, les forêts plantées, dont la proportion est passée dans le même temps de 4 à 7% à la surface du globe, sont d'une importance non négligeable dans la fourniture de bois d'œuvre, la production d'autres ressources et le développement économique, mais leurs homologues naturelles sont souvent plus précieuses pour les services écosystémiques qu'elles rendent : en particulier, l'existence d'habitats de meilleure qualité offrant à la fois une plus grande diversité d'espèces et des capacités de stockage du carbone et de régénération vraisemblablement supérieures en rend la disparition particulièrement préoccupante (Gamfeldt et coll., 2013). Au-delà de la quantité des forêts, il est donc fondamental de pouvoir en suivre la qualité au niveau mondial.

LES FORÊTS SONT FONDAMENTALES POUR LE FONCTIONNEMENT DE LA TERRE



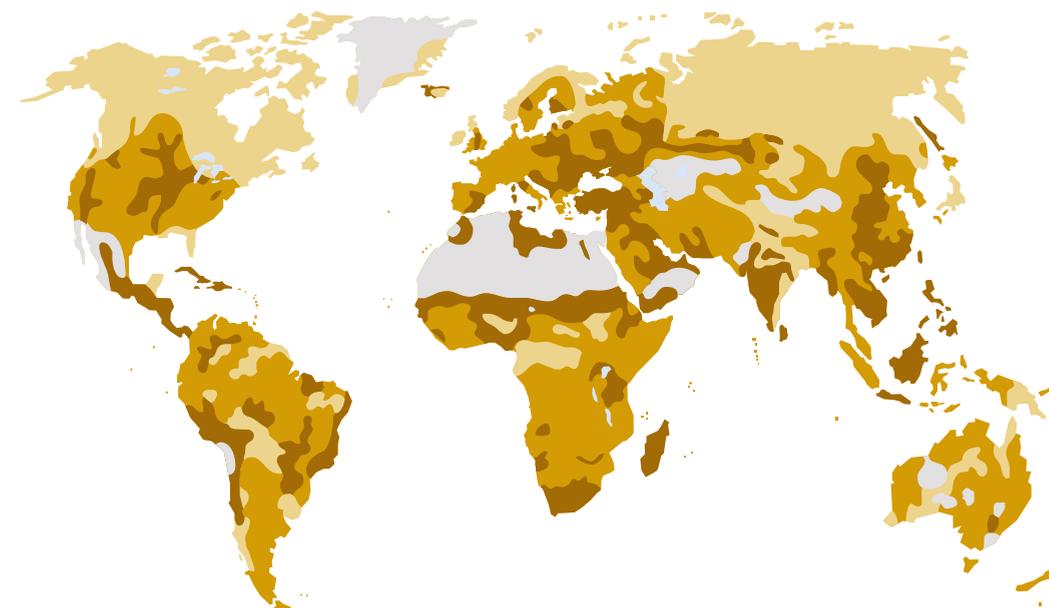
DEPUIS 1990, 239 MILLIONS D'HECTARES DE FORÊTS NATURELLES ONT DISPARU



Figure 26 : état de la dégradation des sols dans le monde (UNEP, 1997).

Légende

- Sols très dégradés
- Sols dégradés
- Sols stables
- Absence de végétation



Qualité des sols

Sur le globe, l'offre en nourriture et en eau dépend en grande partie de la qualité des sols. Or environ 30 % de la surface totale des terres sont déjà fortement dégradés, dans le sens où leur capacité à rendre des services écosystémiques et à remplir leurs fonctions a diminué au cours d'une période donnée. Plus précisément, ce sont un tiers des sols de prairies, un quart des sols de champs cultivés et près d'un quart des sols de forêts qui ont été victimes du phénomène au cours des trois dernières décennies. Selon les estimations, le coût annuel de la dégradation des sols, qui comprend les pertes de production agricole et d'autres services écosystémiques (Nkonya et coll., 2016), avoisine le seuil des 300 milliards de dollars (US).

Outre le changement d'affectation des sols, leur dégradation tire son origine de mauvaises pratiques de gestion agricole qui, en réduisant la qualité et la fertilité, font baisser la productivité agricole et par là même les rendements. Selon la FAO, c'est en Afrique, où deux tiers des terres agricoles sont dégradés et où la production alimentaire par habitant décline à cause de la détérioration du sol, que la situation est la plus inquiétante (FAO, 2011a). Mais les effets de la dégradation ne s'arrêtent pas là : ils se manifestent également par une diminution de la fixation du carbone, dans la mesure où la production de biomasse aérienne et souterraine est sur le déclin. Durant la période 1981-2003, la perte de capacité de stockage s'est ainsi chiffrée à près d'un milliard de tonnes de carbone (Bai et coll., 2008).

Disponibilité en eau

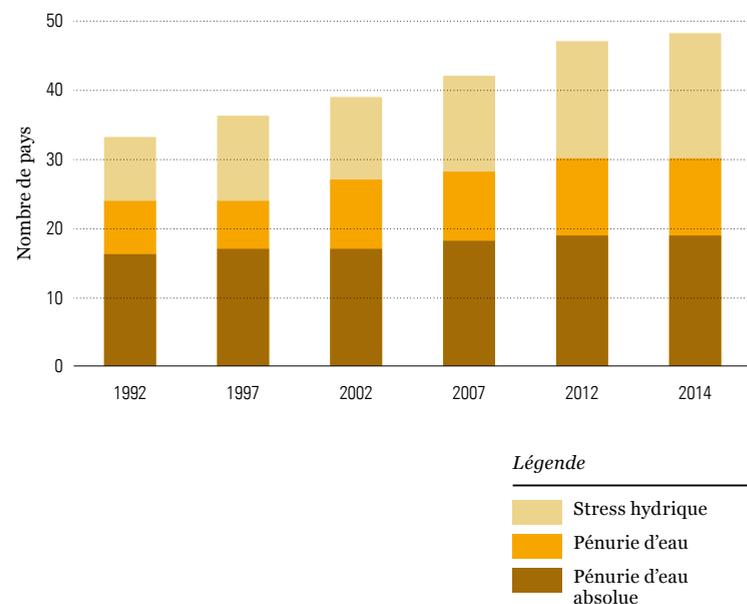
Si la fiabilité de l'accès à l'eau douce joue un rôle fondamental dans la vie domestique, l'agriculture et l'industrie, la compétition pour l'eau naissant de ces différents besoins accroît le risque de conflits locaux et nationaux (UNESCO, 2015).

Depuis 1992, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) calcule les ressources en eau renouvelables totales disponibles pour chaque habitant (FAO, 2016b). Les données obtenues montrent que l'accroissement démographique humain, conjugué à l'évolution des habitudes de consommation, s'accompagne d'une pression grandissante sur les ressources hydriques. Près d'une cinquantaine de pays se trouvaient ainsi en situation de stress hydrique ou de pénurie d'eau en 2014, contre à peine plus d'une trentaine en 1992 (Figure 27). À l'échelle mondiale, bien que l'Afrique compte la plus forte proportion de pays victimes de stress hydrique (41 %), c'est en Asie que le pourcentage de pays en proie à une pénurie d'eau absolue est le plus élevé (25 %).



Figure 27 : nombre de pays en situation de stress hydrique.

Nombre de pays enregistrant l'un des types de stress hydrique sur un total de 174 (FAO, 2016b). Trois cas de figure peuvent être distingués suivant la disponibilité des ressources hydriques renouvelables annuelles : le stress hydrique (entre 1 000 et 1 700 m³ par habitant), la pénurie d'eau (entre 500 et 1 000 m³ par habitant) et la pénurie d'eau absolue (moins de 500 m³ par habitant) (ONU-Eau, 2011). Les ressources hydriques renouvelables correspondent à la quantité d'eau disponible par personne et par an. Figure compilée par le PNUE-CSCN.



PRÈS D'UNE CINQUANTAINES DE PAYS SE TROUVAIENT AINSI EN SITUATION DE STRESS HYDRIQUE OU DE PÉNURIE D'EAU EN 2014

Stocks de poissons



Plus de 3 milliards d'êtres humains tirent jusqu'à 20 % de leurs protéines animales des poissons, eux-mêmes issus en majorité de l'océan (WWF, 2015a ; FAO, 2016a). Sachant que la consommation poursuit sa progression (FAO, 2016a), la satisfaction de la demande croissante de poisson destiné à l'alimentation s'annonce comme un défi de premier plan au niveau mondial.

D'après l'analyse des stocks commerciaux menée par la FAO (FAO, 2016a), la part des stocks halieutiques exploités à un niveau biologiquement soutenable est passée de 90 % en 1974 à 68,6 % en 2013. Les 31,4 % restants sont supposés être exploités en dehors de ces limites et sont donc victimes de surpêche. Sur le nombre total de stocks évalués en 2013, les stocks pleinement exploités comptaient pour 58,1 % et les stocks sous-exploités (c'est-à-dire ceux dont l'exploitation pourrait être intensifiée sans conséquence dommageable) pour 10,5 % (Figure 28).

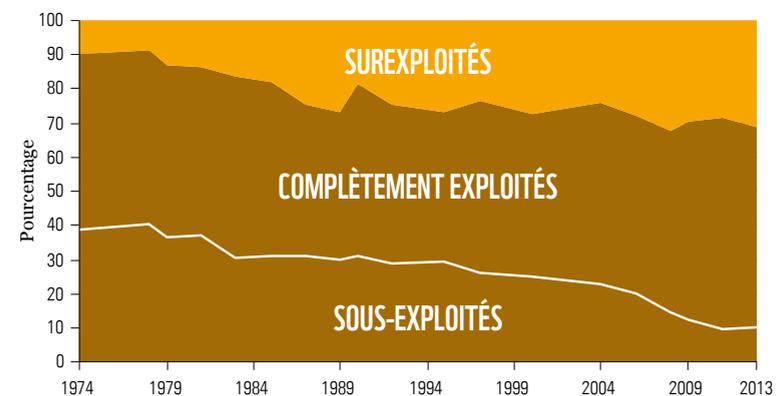


Figure 28 : tendance générale des stocks mondiaux de poissons marins depuis 1974. D'après les estimations, 31,4 % des stocks de poissons évalués sont pêchés à un niveau biologiquement insoutenable et donc surexploités. Les stocks complètement exploités représentent 58,1 % du total, les stocks sous-exploités, 10,5 % (FAO, 2016a).

Légende

- Pêchés à un niveau biologiquement insoutenable
- Pêchés dans des limites biologiquement viables

Une étude basée sur la reconstitution des prises mondiales entre 1950 et 2010 indique que les prises sauvages déclinent plus fortement depuis que les captures ont atteint leur maximum dans la décennie 1990, ce qui suggère que les stocks de poissons pourraient bien se trouver dans un état encore plus préoccupant que celui décrit dans le rapport statistique de la FAO (Pauly et Zeller, 2015 - 2016).

L'obtention d'informations fiables permettant d'établir des statistiques halieutiques n'est cependant pas toujours aisée. Dans nombre de régions en développement, mauvaise gouvernance et pêche illégale, non déclarée et non réglementée (IUU) sont la règle à cause de l'absence de moyens et de capacités suffisants pour administrer, suivre et contrôler efficacement les pêches hauturières et côtières. À cela, il faut ajouter que la gestion de la pêche hauturière demeure problématique tant au plan logistique que politique.

PRÈS DE 30% DES STOCKS HALIEUTIQUES SONT SUREXPLOITÉS

LA SAGA DU SOJA

3. Quand la demande mondiale menace le Cerrado

Riche en protéines et en énergie, le soja forme l'un des piliers de l'offre alimentaire mondiale. Principalement utilisé comme aliment pour bétail, volailles, porcs, il s'est hissé aux premiers rangs des cultures du globe sous l'effet de la demande croissante de produits carnés au niveau planétaire. Mais un tel essor a aussi son revers : des pans entiers de forêt, de savane et de prairie ont en effet dû être défrichés au cours des dernières décennies pour augmenter la production. Au total, la superficie consacrée au soja en Amérique du Sud est passée de 17 millions d'hectares en 1990 à 46 millions en 2010, pour l'essentiel après conversion d'écosystèmes naturels. Or plus la production et la demande montent, plus les forêts et les autres habitats sauvages se trouvent exposés à une pression élevée. Sachant que le développement économique va de pair avec une augmentation de la consommation de protéines animales, surtout dans les pays en développement ou émergents, la production de soja est appelée à progresser rapidement. À l'heure actuelle, le pays qui enregistre la plus forte poussée de ses importations et figure déjà parmi les principaux importateurs de soja n'est autre que la Chine, où il sert de nourriture animale et d'huile alimentaire. Sur fond d'accroissement accéléré de la consommation de viande, les prévisions y font état d'une hausse marquée et constante des importations de soja à long terme, avec pour corollaire, l'accentuation des pressions sur le Cerrado, l'Amazonie, le Chaco et d'autres écosystèmes en péril.

(source : WWF-Brésil ; WWF, 2014)



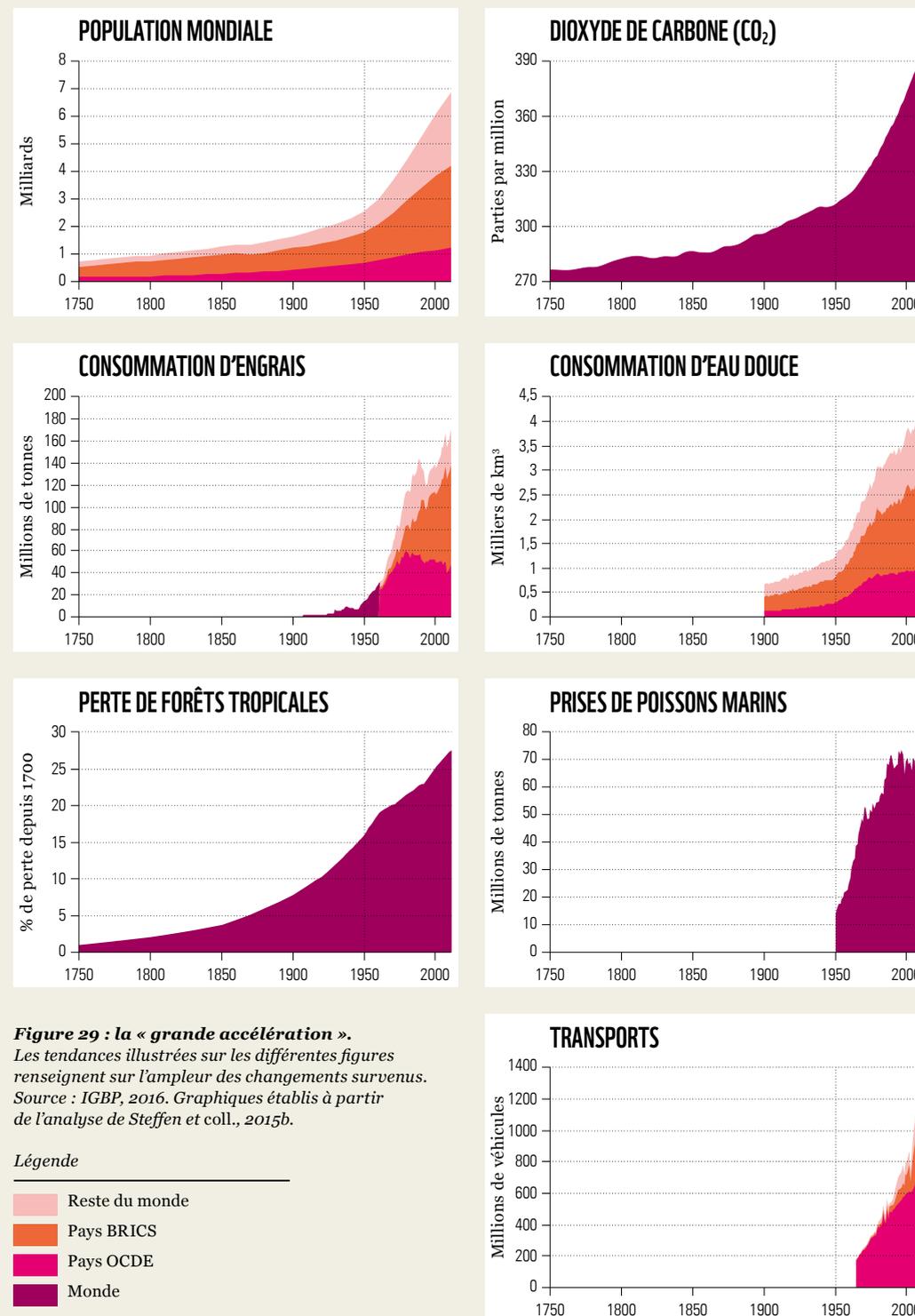
CHAPITRE 2 : LES IMPACTS DE L'HOMME SUR LA PLANÈTE

FOCUS SUR LE SYSTÈME TERRE

De tout temps, la capacité de la nature à absorber l'impact du développement humain a eu des limites. Pour autant, les différentes sociétés, mais aussi les différents groupes les composant, les ont perçues et y ont réagi de manière pour le moins très variée (Costanza et coll., 2006 ; Sörlin et Warde, 2009). À certains moments, les humains ont semblé ne faire aucun cas des limites naturelles et des risques induits par leur franchissement : ainsi, à leurs débuts, les sociétés industrialisées n'hésitaient pas à rejeter déchets et émissions des processus industriels directement dans le sol, les cours d'eau et l'air. Les préjudices qui en ont résulté pour la santé humaine et les écosystèmes ont toutefois atteint des proportions telles qu'ils en sont venus à compromettre les avancées économiques et sociales de l'industrialisation. Petit à petit, les sociétés se sont donc mises à réglementer les rejets de polluants dans l'environnement, à contrôler l'extraction des ressources et à limiter les modifications apportées à l'environnement naturel dues à l'intervention directe de l'homme (Bishop, 1978). Cette volonté de réglementer les impacts humains sur l'environnement est fondée sur l'idée qu'il est possible de poser des limites aux activités de l'homme afin qu'elles ne présentent aucun danger (Crowards, 1998).

Si l'établissement de telles limites à l'échelle locale et régionale est une nécessité puisque la pollution locale porte toujours atteinte aux environnements locaux, nous nous trouvons désormais exposés à des contraintes de dimension planétaire. La population du globe est passée de 1,6 milliard d'habitants en 1900 à 7,3 milliards aujourd'hui (ONU, 2016). Dans le même temps, les innovations technologiques et le recours aux énergies fossiles ont permis de répondre aux multiples demandes d'une population toujours plus nombreuse. Prenons deux exemples. Au début des années 1900, est mis au point un procédé industriel servant à fixer l'azote en ammoniac : or, l'engrais de synthèse obtenu par ce moyen contribue aujourd'hui à nourrir près de la moitié de la population humaine (Sutton et coll., 2013). De même, les combustibles fossiles facilement accessibles, en procurant de l'énergie destinée tant aux usages domestiques qu'à la production industrielle, ont rendu possible le commerce international, tout en étant responsables de l'élévation de la concentration atmosphérique en CO₂ et du réchauffement climatique. De façon générale, les activités humaines et les usages faits des ressources à cette fin se sont tellement développés, surtout depuis le milieu du 20^e siècle (Steffen et coll., 2007), que les conditions écologiques ayant favorisé notre développement et notre croissance commencent aujourd'hui à se détériorer (Steffen et coll., 2004 ; GIEC, 2012 ; GIEC, 2013) (voir Figure 29).

L'EXPLOITATION DES RESSOURCES LIÉE AUX ACTIVITÉS HUMAINES S'EST TELLEMENT AMPLIFIÉE QUE LES CONDITIONS ÉCOLOGIQUES AYANT FAVORISÉ NOTRE DÉVELOPPEMENT ET NOTRE CROISSANCE COMMENCENT AUJOURD'HUI À SE DÉTÉRIORER



Certes, les efforts à mener pour répondre aux risques encourus à l'échelle planétaire s'annoncent autrement plus ardues que ceux déjà consentis, et pour cause : la complexité des systèmes globaux, les modalités pour fixer les limites à respecter, ainsi que les conséquences de l'ignorance des contraintes auxquelles nous sommes confrontés, semblent des difficultés insurmontables. L'espoir est néanmoins permis, la signature de l'Accord de Paris contre le changement climatique en 2015 nous démontre que les défis de demain peuvent bel et bien être relevés.

De fait, la prise de conscience des modifications planétaires est relativement récente. Soucieuse de mieux en appréhender les effets sur la nature et les humains, la communauté scientifique poursuit ses travaux de compilation et d'analyse des données. Son but : prévoir le devenir du système Terre. Au-delà de mettre en évidence les relations complexes unissant les actions humaines et les impacts globaux affectant l'état naturel de la planète, cette démarche permet aussi de savoir comment les changements locaux se font sentir aux autres échelles géographiques et de démontrer que les impacts influençant un système sont susceptibles d'en toucher d'autres.

Le concept de Limites planétaires (Rockström et coll., 2009a ; 2009b) s'inscrit justement dans la construction de cette projection du système Terre. Bien qu'encore mouvant, il constitue un cadre d'intégration utile pour illustrer les risques entraînés par les interférences humaines avec le système Terre au travers de nos modes de consommation et de production. À partir de notre connaissance (progressive) du fonctionnement et de la résilience de l'écosystème global, il délimite par ailleurs, pour chaque processus critique caractérisant le système Terre, un « champ d'action sécurisé » au sein duquel les sociétés humaines sont assurées de se développer et de s'épanouir sans risque.

Neuf altérations d'origine humaine affectant le fonctionnement du système Terre fixent le cadre des Limites planétaires (Rockström et coll., 2009b ; Steffen et coll., 2015a) (Figure 30). Il va de soi qu'à partir d'un certain moment, nos modifications vont faire évoluer de manière inacceptable et irréversible les ressources dont nous dépendons (p. ex., CDB, 2014a ; GIEC, 2014a ; PNUE, 2013).

Les neuf sous-systèmes formant autant de Limites planétaires sont les suivants :

- 1) l'intégrité de la biosphère (ou la destruction des écosystèmes et de la biodiversité),
- 2) le changement climatique,
- 3) l'acidification des océans, qui lui est étroitement liée,
- 4) les modifications des écosystèmes terrestres,
- 5) l'utilisation insoutenable de l'eau douce,
- 6) la perturbation des flux biogéochimiques (intrants azotés et phosphorés dans la biosphère),
- 7) l'altération des aérosols atmosphériques,
- 8) la pollution par des substances nouvelles
- 9) la réduction de l'ozone stratosphérique (Steffen et coll., 2015a).

LE CONCEPT DE LIMITES PLANÉTAIRES ILLUSTRE LES RISQUES QUE GÉNÈRENT LES INTERFÉRENCES HUMAINES AVEC LE SYSTÈME TERRE

SUR LES 9 LIMITES PLANÉTAIRES DÉFINISSANT UN « CHAMP D'ACTION SÉCURISÉ » L'HOMME EN AURAIT DÉJÀ DÉPASSÉ 4

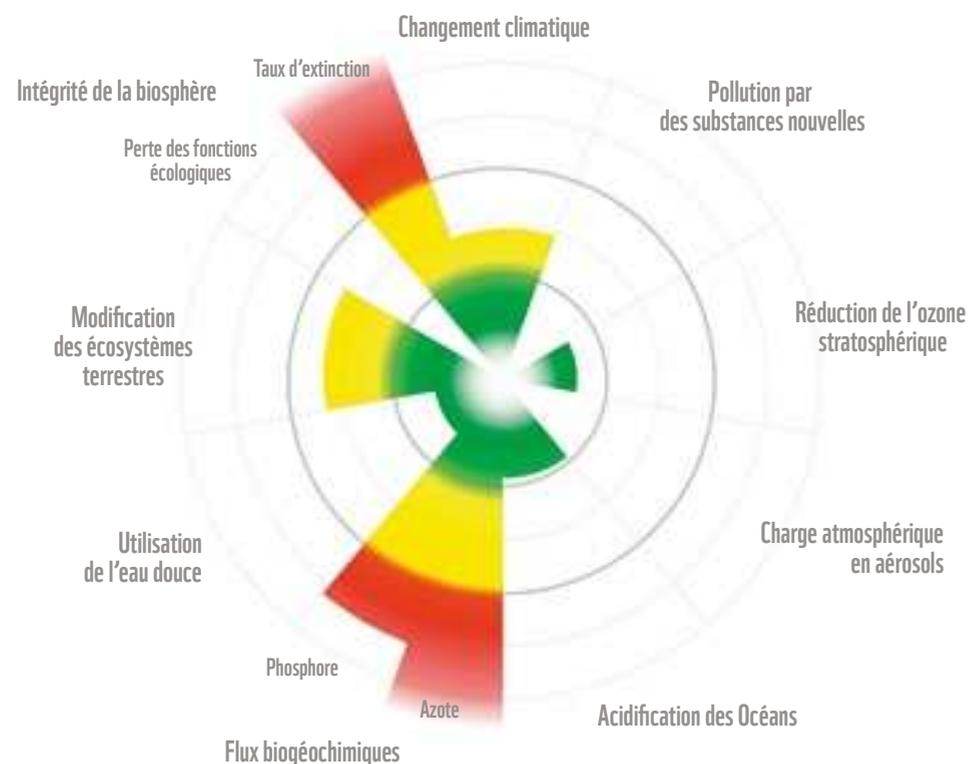


Figure 30 : les différentes Limites planétaires.

La zone verte constitue le champ d'action sécurisé, circonscrit à l'intérieur des Limites ; la jaune représente la zone d'incertitude, caractérisée par un risque croissant de perturbation de la stabilité du système Terre ; quant à la rouge, elle forme la zone à haut risque, celle dont les conditions amènent le système Terre à quitter l'état stable propre à l'Holocène. Les Limites planétaires sont figurées par le cercle intérieur tracé en gras (Steffen et coll., 2015).

Légende

- Au-delà de la zone d'incertitude (risque élevé)
- À l'intérieur de la zone d'incertitude (risque croissant)
- Au sein des limites (aucun risque)

En l'état actuel des choses, l'analyse suggère que les humains ont déjà poussé quatre de ces systèmes au-delà des limites du champ d'action sécurisé. Malgré l'incertitude scientifique liée aux effets biophysiques et sociétaux d'un dépassement des Limites planétaires, les impacts globaux qui en découlent et les risques induits pour les humains sont patents (changement climatique, intégrité de la biosphère, flux biogéochimiques et modification des écosystèmes terrestres modifications des modes de gestion des territoires (ou modification des écosystèmes terrestres) (Steffen et coll., 2015a). D'autres études semblent par ailleurs montrer que l'utilisation de l'eau douce a elle aussi franchi le seuil de sécurité (Mekonnen et Hoekstra, 2016 ; Vörösmarty et coll., 2010).

Intégrité de la biosphère et changement climatique

Biosphère et climat évoluent parallèlement depuis près de quatre milliards d'années (Lenton et Watson, 2011). Tandis que les organismes exploitent et modifient leur environnement, ce dernier les contraint en sélectionnant naturellement les mieux adaptés. Sur notre planète, de grands bouleversements, au rang desquels les collisions tectoniques et les impacts météoritiques ont ouvert une série de chapitres successifs que les géologues ont pris l'habitude de subdiviser en périodes, ères, époques et âges. De nos jours, l'action humaine a toutefois pris une telle ampleur que nous nous sommes mués en une force géologique importante, capable d'agir significativement sur le climat et sur l'intégrité de la biosphère (Figure 31), bouleversant les sept autres sous-systèmes liés aux Limites planétaires et altérant les rétroactions sur le climat et les systèmes biosphériques (Arneeth et coll., 2010).

Étant donné la complexité des liens qui existent entre les neuf Limites planétaires, les modifications humaines peuvent très bien conduire à aggraver les risques ou, à l'inverse, à enregistrer de nettes améliorations s'agissant d'une autre limite. De même, les répercussions de l'activité humaine dans une région géographique ne se limitent pas à cette zone : bien au contraire, elles peuvent même se manifester à une échelle complètement disproportionnée par rapport à celle de la perturbation d'origine. À titre d'exemple, en affectant le cycle de l'eau, la disparition des forêts amazoniennes réduit les précipitations dans la partie méridionale de l'Amérique du Sud (Nobre, 2014). La déforestation tropicale (assimilable à une modification régionale du territoire) modifie à son tour le cycle du carbone, contribuant ainsi au changement climatique global (Lawrence et Vandecar, 2015 ; Sheil et Murdiyarso, 2009 ; Ciais et coll., 2013). L'élévation de la concentration atmosphérique de CO₂ (cause majeure du réchauffement climatique) provoque l'acidification globale des océans réduisant l'état de saturation en carbonate de calcium, un minéral d'une importance biologique fondamentale. Ce phénomène inhibe la capacité de certains organismes à produire et à conserver leurs coquilles. Les conséquences sur l'intégrité de la biosphère s'observent à l'échelle régionale, puisque l'ensemble des récifs coralliens tropicaux est touché (Kwiatkowski et coll., 2015). La perte de forêts amazoniennes a des répercussions qui transcendent les biomes, les hémisphères et les systèmes associés aux Limites planétaires.

Intégrité de la biosphère

L'intégrité de la biosphère joue un rôle critique dans la détermination de l'état du système Terre, puisqu'elle en régule les flux de matières et d'énergie ainsi que ses réponses aux changements abrupts et graduels (Mace et coll., 2014). Décrite par Lenton et Williams (2013) comme englobant la totalité des écosystèmes de la Terre (terrestres, d'eau douce et marins) et leurs organismes vivants, la biosphère est connue non seulement pour interagir avec les autres catégories de Limites planétaires, mais aussi pour préserver la résilience globale du système Terre.

L'ACTION HUMAINE A PRIS UNE TELLE AMPLÉUR QUE NOUS NOUS SOMMES MUÉS EN UNE FORCE GÉOLOGIQUE IMPORTANTE CAPABLE D'AGIR SIGNIFICATIVEMENT SUR LE CLIMAT ET SUR L'INTÉGRITÉ DE LA BIOSPHERE

Les impacts humains planétaires dus à l'utilisation non responsable des ressources

Figure 31 : les interrelations existant entre les Limites planétaires.

Tous les processus associés aux Limites planétaires sont interdépendants dans la mesure où ils affectent les interactions et les rétroactions entre l'intégrité de la biosphère et le climat. Certains de ces effets sont plus puissants et plus directs que d'autres. Par contre-coup, l'altération de l'intégrité de la biosphère et le changement climatique rétrécissent le champ d'action sécurisé des autres processus (Steffen et coll., 2015a).



La diversité des espèces est un aspect particulièrement important de l'intégrité de la biosphère en ce sens qu'elle participe au maintien de la résilience des écosystèmes terrestres, d'eau douce et marins (Biggs et coll., 2012 ; Cumming et coll., 2013). De ce point de vue, la protection des espèces concourt à la sauvegarde du code génétique incorporé au biote, responsable ultime du rôle fonctionnel de la biosphère et de sa capacité à innover et à se perpétuer (Mace et coll., 2014).

À l'instar de la diversité génétique, la diversité des fonctions remplies par les écosystèmes donne elle aussi un aperçu fidèle de l'intégrité de la biosphère (Steffen et coll., 2015), ce qui explique que des indicateurs la reflétant fidèlement soient en cours d'élaboration. Quant au taux d'extinction des espèces, c'est une approximation de la perte de diversité génétique utilisée dans l'attente de données et d'indicateurs mieux adaptés (Steffen et coll., 2015a).

Changement climatique

En progression constante depuis l'ère préindustrielle, principalement sous l'effet conjugué de la croissance économique et démographique, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont à présent plus élevées que jamais. Il en résulte des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote jamais mesurées durant les 800 000 précédentes années. Leurs effets, de même que ceux d'autres facteurs anthropiques, se détectent dans l'ensemble du système climatique et constituent de manière extrêmement probable la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du 20^e siècle (GIEC, 2014a).

Les données obtenues laissent de plus en plus supposer que la Terre a déjà dépassé la Limite planétaire associée au changement climatique et se rapproche de plusieurs autres seuils critiques dans l'environnement terrestre et océanique. En l'absence de mesures d'atténuation fortes et rapides, la perte des glaces de mer estivales de l'Arctique dans quelques décennies est pratiquement acquise (Stocker et coll., 2013). La disparition de la calotte glaciaire septentrionale permanente fait justement partie de ces seuils (Miller et coll., 2013 ; Stranne et coll., 2014) dont le franchissement altérerait nombre de mécanismes de rétroaction physique jouant un rôle vital dans la régulation du climat global. La neige et la glace de la région arctique réfléchissent l'énergie solaire et isolent l'océan contre les déperditions thermiques (GIEC, 2013). Des rétroactions puissantes mettent en jeu l'élévation du niveau des mers, le pergélisol et les changements de la couverture végétale de l'Arctique (Schuur et coll., 2015 ; Callaghan et coll., 2011). Autre point de basculement potentiel, celui de la détérioration des puits de carbone que sont notamment les forêts et les sols qui emmagasinent naturellement de grandes quantités de carbone : ainsi, la destruction des forêts tropicales du globe déclenche-t-elle désormais des rétroactions entre le climat et le cycle du carbone, qui accélèrent le réchauffement de la Terre et intensifient les impacts climatiques (Raupach et coll., 2014). Ce type de transformation brutale de la couverture glaciaire et de la biosphère est en mesure de faire évoluer la Terre vers un nouvel état (Drijfhout et coll., 2015).

LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES CONTRIBUE À LA RÉSILIENCE DES ECOSYSTÈMES TERRESTRES ET DONC AU MAINTIEN DE L'INTÉGRITÉ DE LA BIOSPHERE

LA TERRE A DÉJÀ DÉPASSÉ LA LIMITE PLANÉTAIRE ASSOCIÉE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

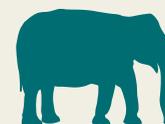
Les espèces face au changement climatique

Les modifications climatiques et les événements météorologiques extrêmes affectent déjà la biodiversité sur l'ensemble du globe. Les écosystèmes vont répondre au changement climatique de façon différente suivant leur degré de dégradation actuel (GIEC, 2014b). Les espèces à l'aire de répartition restreinte, notamment celles présentes à haute altitude ou latitude, sont particulièrement vulnérables à cet égard (GIEC, 2014b). De manière plus générale, la structure et la dynamique des écosystèmes seront remises en cause par l'adaptation, la dispersion ou l'extinction locale des espèces (Walther et coll., 2002).

Entre autres impacts notables déjà observés sur les espèces, on peut citer :



Déplacement vers les pôles ou en altitude. Très sensibles au climat, les papillons comptent ainsi parmi les groupes d'espèces dont les aires de répartition se déplacent en réaction (Parmesan et coll., 2006).



De plus en plus d'incertitudes quant à la périodicité, la quantité de précipitations et la disponibilité en eau. Les éléphants d'Afrique ont besoin de 300 litres d'eau par jour, juste pour boire. Avec l'évolution du régime des précipitations, les humains et les espèces sauvages se disputeront inévitablement des sources d'eau en voie d'assèchement (Mariki et coll., 2015).



Réactions complexes de la part des espèces migratrices. À cause du réchauffement de ses zones de reproduction arctiques, le bécasseau maubèche voit sa taille et son bec rétrécir. Son taux de survie s'effondre en Afrique, car il lui est de plus en plus difficile de capturer les mollusques enfouis en profondeur, première source d'alimentation dans ses régions d'hivernage (Van Gils et coll., 2016).



Changements phénologiques (modification du rythme des événements du cycle biologique). Des centaines d'espèces de plantes et d'animaux commencent à réagir à l'arrivée anticipée du printemps (Primack et coll., 2009).



Modification de la composition et de l'abondance des communautés. L'évolution prévue de la production de poissons devrait se traduire par une amélioration de la productivité aux hautes latitudes et à sa diminution aux latitudes faibles à moyennes, assorties de variations régionales considérables (Allison et coll., 2009).

Destruction des habitats, surexploitation et autres menaces s'aggraveront probablement sous l'effet du changement climatique. Les végétaux et les animaux susceptibles d'afficher une certaine résilience, par exemple, risquent d'être davantage exploités à l'avenir. Mises à rude épreuve par la modification du climat et les phénomènes météorologiques extrêmes, les populations humaines pourraient alors songer à se tourner vers d'autres ressources naturelles pour satisfaire leurs besoins, avec le risque d'accentuer leurs impacts sur la biodiversité. Potentiellement grave, cette menace est peu étudiée : la plupart des recherches consacrées à la vulnérabilité des espèces au changement climatique se concentrent sur les impacts directs et en négligent largement les impacts indirects, au premier rang desquels la réaction de l'homme (Pacifi et coll., 2015).

Focus sur les limites des sous-systèmes

S'il est possible que le franchissement des seuils correspondant aux sous-systèmes que sont par exemple les flux biogéochimiques ou la modification des territoires affecte le bien-être de nombreux êtres humains, il ne signifie pas une transition vers un nouvel état du système Terre. Cependant, le dépassement d'une limite sous-systémique va rapprocher le système Terre tout entier du point de basculement critique représenté par les limites, soit de l'intégrité de la biosphère, soit du changement climatique (Steffen et coll., 2015a).

Flux biogéochimiques

Cette catégorie de sous-systèmes s'articule autour de deux éléments (l'azote et le phosphore), dont le cycle a radicalement évolué en réaction aux pratiques industrielles et agricoles modernes (Erisman et coll., 2013 ; Carpenter et Bennett, 2011). Tandis que les dépôts azotés polluent les eaux douces et les zones côtières et s'accumulent dans la biosphère terrestre (Erisman et coll., 2013), le phosphore mobilisé par les humains finit en majeure partie dans les systèmes aquatiques (Carpenter et Bennett, 2011). Dans ces conditions, les fleuves, les lacs et les autres étendues d'eau risquent de se retrouver appauvris en oxygène en raison de la prolifération d'algues nées d'un apport massif de nutriments (p. ex., Rabotyagov et coll., 2014). Il s'agit là d'un exemple des mutations biogéochimiques touchant directement l'intégrité de la biosphère.

Une proportion significative de l'azote et du phosphore utilisés s'écoule vers la mer, où elle expose les systèmes marins à des risques accrus. À titre d'illustration, le déclin de la vie marine dans la fameuse « zone morte » du golfe du Mexique résulte du ruissellement de grandes quantités de nutriments dans le Mississippi et dans d'autres bassins hydrographiques tributaires du golfe. Variable d'une année à l'autre, la superficie de la zone morte a parfois dépassé 20 000 km² (Rabotyagov et coll., 2014).

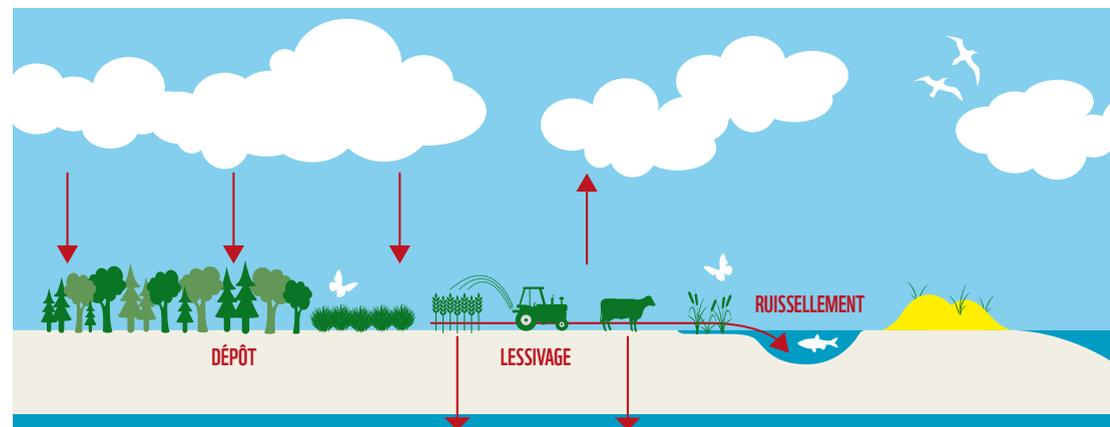
Selon Steffen et coll. (2015a), les Limites planétaires associées à l'azote et au phosphore ont déjà été franchies sous l'effet de l'activité humaine (voir l'encadré).

Conversion et artificialisation des territoires

Sur toute la planète, forêts, prairies, zones humides et autres habitats ont été et continuent à être convertis en paysages agricoles et urbanisés. Or la perte d'habitat qui en découle constitue précisément l'un des grands moteurs de l'érosion de la biodiversité. La conversion des terres a des répercussions sur les flux hydriques et les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore, ainsi que sur d'autres éléments importants (p. ex., Erisman et coll., 2013). Alors que des difficultés se produisent à l'échelle locale lors de modifications ponctuelles du couvert, leurs résultats effets combinés s'accompagnent de conséquences planétaires en agissant sur les processus du système Terre.



LES LIMITES PLANÉTAIRES ASSOCIÉES À L'AZOTE ET AU PHOSPHORE ONT DÉJÀ ÉTÉ FRANCHIES SOUS L'EFFET DE L'ACTIVITÉ HUMAINE



Azote : une ressource vitale devenue surabondante

L'élément chimique azote (N) est un besoin élémentaire de tout organisme vivant : essentiel à leur croissance structurelle et à leurs métabolismes, il entre dans la constitution des acides aminés et des protéines, des vitamines, mais aussi et surtout de l'ADN. C'est un composant clé de l'atmosphère terrestre dont 78 % sont composés d'azote gazeux (N₂). L'azote atmosphérique est inoffensif parce qu'il se présente sous une forme chimiquement stable. On peut même affirmer que tout ce que nous connaissons dans la nature n'est possible que grâce à la stabilité de l'azote gazeux dans l'atmosphère, caractéristique d'une Terre « normale ».

Une proportion relativement faible d'azote existe sous des formes réactives susceptibles d'être utilisées par les organismes vivants. Lorsque l'azote n'est pas disponible dans des proportions adéquates par rapport aux autres éléments essentiels, les organismes ne peuvent tout simplement pas se développer. On peut dire que la composition d'une grande partie de la biodiversité terrestre du globe s'explique elle-même par la disponibilité limitée d'azote réactif. Dans le cas d'un apport massif d'azote dans un écosystème naturel, le plus souvent imputable à des épandages d'origine agricole, les espèces capables d'assimiler rapidement l'élément N et celles qui sont tolérantes aux acides se trouvent en effet favorisées (Erisman et coll., 2013). Certains organismes profitant davantage de la présence de nutriments que d'autres, les écosystèmes ne tardent alors pas à évoluer. C'est ce que nous observons dans les lacs où la prolifération d'algues coïncide avec la disparition des grandes plantes aquatiques.

La production et l'utilisation des engrais modernes ont pour effet de convertir plus d'azote atmosphérique en formes réactives que l'ensemble des processus terrestres du globe réunis. Or la majorité de cet azote réactif nouvellement produit est rejetée par inadvertance dans l'environnement au lieu d'être absorbé par les cultures. Conséquence, lorsque nous convertissons (ou « fixons ») de l'azote atmosphérique en grande quantité en dehors du pool naturel d'azote réactif circulant au sein des écosystèmes de la Terre, nous interférons avec les conditions normales prévalant sur la planète (p. ex., Sutton et coll., 2013).

À l'échelle mondiale, les retombées négatives des flux azotés d'origine humaine sont de plus en plus flagrantes. Nombreux sont les seuils de la santé de l'homme et des écosystèmes (souvent interdépendants) à avoir été franchis à cause de la pollution causée par l'excès d'azote réactif : tel est le cas de la qualité de l'eau potable (rôle des nitrates) et de celle de l'air (smog, particules, ozone troposphérique). L'eutrophisation des écosystèmes d'eau douce et littoraux (zones mortes), le changement climatique, ou encore l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique viennent aussi s'ajouter à la liste des conséquences de l'altération du cycle de l'azote réactif par l'homme. Et le plus grave, c'est que chacun de ces effets écologiques peut être amplifié par le principe dit de la « cascade azotée », par lequel une seule molécule d'azote réactif enclenche une séquence d'impacts environnementaux négatifs dans le temps et dans l'espace (Erisman et coll., 2015).

Toute limite aux modifications apportées par les êtres humains au système Terre doit non seulement refléter la surface concernée, mais également la fonction, la qualité et la répartition spatiale (Steffen et coll., 2015a). Les forêts occupent une place de première importance au cœur de dynamiques fondamentales, telle que la régulation du climat. Elles sont considérées comme pivot de la limite associée au changement du système Terre (Steffen et coll., 2015a ; Snyder et coll., 2004). Or Steffen et coll. (2015a) affirment que cette limite est désormais dépassée.

Utilisation de l'eau douce

Les humains ont perturbé de façon très importante les systèmes hydrologiques en augmentant la consommation et l'endiguement de l'eau (Vörösmarty et Sahagian, 2000). Triple conséquence de cette action : les ruisseaux, les zones humides et les lacs se tarissent (Vörösmarty et coll., 2010 ; Davidson, 2014 ; Jiménez Cisneros et coll., 2014) ; les flux régionaux de vapeur atmosphérique se transforment (Nobre, 2014) ; et le niveau des fleuves varie du fait de l'accroissement du stockage (Reager et coll., 2016 ; Gornitz, 2000). L'altération du cycle de l'eau affectant tout à la fois le climat et la biosphère, certains scientifiques ont donc proposé une Limite planétaire basée sur la consommation totale d'eau douce (Steffen et coll., 2015a).

Toujours est-il que la mise en pratique de cette limite soulève de multiples problèmes. En premier lieu, les ressources hydriques sont inégalement réparties sur Terre : autrement dit, la consommation d'un même volume d'eau risque d'avoir des impacts écosystémiques sensiblement différents dans un bassin aride et dans un bassin humide. Ensuite, le régime du débit et la consommation d'eau étant tout aussi primordiaux pour la santé des écosystèmes d'eau douce, l'impact du prélèvement d'un même volume d'eau pendant la saison d'étiage a toutes les chances d'être supérieur à celui mesuré pendant la saison de crue (Weiskel et coll., 2014). Il est donc difficile de prendre en compte ces facteurs spatio-temporels dans une limite planétaire à l'échelle globale. Toutefois, les ressources hydriques et les habitats d'eau douce étant actuellement exploités au-delà des limites soutenables sur le globe, il nous faut être très attentifs à la gestion de l'eau à toutes les échelles.

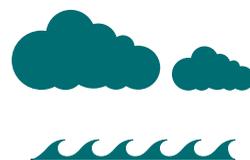
Acidification des océans

Comme pour le changement climatique, la cause de l'acidification océanique réside dans la montée de la concentration atmosphérique du CO₂ : en effet, environ un quart du dioxyde de carbone rejeté par l'homme dans l'atmosphère finit par se dissoudre dans les océans (Heinze et coll., 2015). Si ce phénomène ralentit le réchauffement de la planète, il conduit néanmoins à la formation d'acide carbonique dans l'océan, ce qui en altère la chimie et abaisse le pH (plus acide) des eaux de surface : l'acidité océanique s'est déjà accrue de 30 % depuis l'époque préindustrielle (Royal Society, 2005). Or au-delà d'un seuil de concentration déterminé, une telle progression nuit au développement, voire compromet la survie d'organismes comme les coraux, certains coquillages et différentes espèces de plancton (p. ex., Wittmann et Pörtner, 2013).

LA LIMITE PLANÉTAIRE RELATIVE AU CHANGEMENT D'AFFECTATION DES SOLS A ÉTÉ FRANCHIE



L'ALTÉRATION DU CYCLE DE L'EAU AFFECTE TOUT À LA FOIS LE CLIMAT ET LA BIOSPHERE



L'ACIDIFICATION DES OCÉANS MET EN PÉRIL LA SURVIE DES ORGANISMES TELS QUE LE CORAIL, LE PLANCTON, LES MOLLUSQUES



La perte de ces espèces, en faisant évoluer la structure et la dynamique des écosystèmes océaniques, pourrait se traduire par une réduction drastique des stocks de poissons (CDB, 2014b ; Gattuso et Hansson, 2011).

De plus, toute variation de l'acidité des océans est elle-même susceptible d'agir sur le climat, d'une part, en altérant la manière dont la vie marine fait circuler le carbone et contribue à son enfouissement dans les sédiments océaniques profonds, d'autre part, en renforçant les émissions de gaz biogéniques qui modifient le climat (Reid et coll., 2009 ; Yool et coll., 2013 ; Six et coll., 2013 ; Kroeker et coll., 2013 ; Gattuso et coll., 2015). Définie par rapport à ce seuil chimique, la Limite planétaire fixée pour l'acidification océanique n'en est pas moins étroitement liée à celles délimitées pour le changement climatique et l'intégrité de la biosphère. Si les grandes tendances spatiales de l'acidification sont déjà évidentes (Steffen et coll., 2015a), un suivi accru des océans s'impose cependant pour suivre les changements chimiques et les réactions des écosystèmes (Hyde et coll., 2013).

Réduction de l'ozone stratosphérique

La couche d'ozone stratosphérique est essentielle, car elle filtre les rayonnements ultraviolets (UV) du Soleil. Si elle s'amincit, l'intensité des rayons UV frappant la surface de la Terre s'en trouvera augmentée. Cela occasionnerait sans aucun doute une progression de l'incidence des cancers de la peau, des cataractes et des troubles du système immunitaire chez l'homme, tout en portant par ailleurs préjudice aux systèmes biologiques terrestres et marins (p. ex., OMS/PNU, 1994). Le trou de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique s'est creusé lorsque la hausse de la concentration de substances chimiques destructrices d'ozone produites par l'homme, en interagissant avec les nuages stratosphériques polaires, a franchi un certain seuil et fait basculer du même coup la stratosphère antarctique dans un nouveau régime (British Antarctic Survey, 2016). Le Protocole de Montréal, entré en vigueur en 1989, a marqué le point de départ d'une action mondiale pour empêcher l'entrée dans cette zone à haut risque.

Substances nouvelles

Les émissions de substances synthétiques toxiques et persistantes dont font partie polluants organiques, métaux lourds et matières radioactives constituent un risque considérable pour le système Terre : ces composés présentent des effets potentiellement irréversibles sur les organismes vivants et sur l'environnement physique. En fonction de la situation, l'absorption et la bioaccumulation de la pollution chimique peuvent s'avérer fatales ou non, d'autres effets (dont la diminution de la fertilité et le risque d'altérations génétiques permanentes) peuvent nuire à des écosystèmes très éloignés de la source de pollution. Ainsi les polluants organiques persistants sont-ils responsables de la réduction dramatique de populations d'oiseaux et de troubles de la reproduction et du développement chez les mammifères marins. Plus généralement, et bien qu'ils soient encore mal compris scientifiquement, les exemples sont nombreux d'effets additifs et synergiques dus à ces polluants ("effet cocktail").

À l'heure qu'il est, la communauté scientifique n'est pas en mesure de quantifier la limite associée à la pollution chimique, mais la maîtrise de la nature des risques y afférents a atteint un point justifiant le classement des substances nouvelles dans la catégorie des Limites planétaires. Cette découverte souligne à elle seule la nécessité de mesures de précaution et d'un approfondissement des recherches (Persson et coll., 2013).

Pollution chimique par les déchets plastiques

Le devenir environnemental du plastique se fait de plus en plus précis au fur et à mesure que se manifestent les graves perturbations anthropiques infligées au système Terre. Massivement fabriqués à partir du milieu du 20^e siècle, les plastiques sont vite devenus indispensables à la société moderne. La quantité de déchets plastiques, et plus particulièrement les débris de microplastiques rejoignant l'océan dans les années 1970, a suscité des inquiétudes grandissantes lorsqu'il a été démontré que les déchets plastiques constituaient un problème écologiquement systémique d'envergure planétaire. L'état actuel des connaissances sur les sources, le devenir et les effets des microplastiques dans l'environnement marin fait actuellement l'objet d'un examen de la part d'un groupe d'experts spécialisés (GESAMP, 2015).

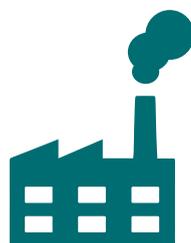
Quoique la compréhension des effets écologiques des déchets plastiques soit toujours incomplète, les répercussions tant directes qu'indirectes apparaissent d'ores et déjà préjudiciables, puisque les organismes qui les consomment ou se retrouvent piégés dedans en souffrent et meurent souvent. Notons par ailleurs que les substances chimiques se concentrent sur les surfaces plastiques, notamment sur les microparticules, qui présentent un rapport surface/volume élevé et jouent parfois le rôle de catalyseurs physiques capables d'initier de nouvelles réactions chimiques.

Même si les données permettant d'en établir le devenir écologique exact demeurent fragmentées, la capacité du plastique à concentrer les substances chimiques justifie la crainte que les substances nocives ne s'accumulent aux niveaux trophiques supérieurs (Rochman et coll., 2013). Le problème acquiert ici une dimension globale, étant donné la forte concentration de débris plastiques presque partout dans le monde. En définitive, les effets apparaissant pour l'essentiel irréversibles, tout laisse penser que les débris plastiques marins réunissent les conditions pour entrer dans la catégorie des pollutions chimiques associées à une Limite planétaire (comme l'affirment Persson et coll., 2013).

Charge atmosphérique en aérosols

Par aérosols, on entend les minuscules particules ou gouttelettes suspendues dans l'atmosphère. Les gaz polluants se condensant en général en gouttelettes et particules, l'homme modifie la concentration des aérosols en contribuant à la pollution atmosphérique. À côté de cela, le changement d'affectation des sols se traduit lui aussi par un accroissement des rejets de poussière et de fumée dans l'air (Brasseur et coll., 2003).

**LES DÉCHETS
PLASTIQUES
CONSTITUENT
UN PROBLÈME
ÉCOLOGIQUE
SYSTÉMIQUE
D'ENVERGURE
PLANÉTAIRE**



**LES LIMITES
PLANÉTAIRES SONT
INTRINSÈQUEMENT
LIÉES ENTRE ELLES
ET PEUVENT SE
RENFORCER LES UNES
ET LES AUTRES**

En dehors d'affecter le climat en faisant varier la part du rayonnement solaire réfléchi ou absorbée par l'atmosphère (Boucher et coll., 2013), les aérosols jouent également un rôle absolument critique dans le cycle global de l'eau dans la mesure où ils interagissent avec la vapeur d'eau.

Leur surface est le siège de réactions chimiques variées qui ne surviendraient tout simplement pas en leur absence (Andreae et Crutzen, 1997 ; Boucher et coll., 2013). Ces propriétés font que les aérosols sont à même de modifier le processus de formation des nuages et les conditions météorologiques régionales, notamment les systèmes de mousson dans les régions tropicales (p. ex., Ramanathan et coll., 2005). À ce jour, les tentatives de définition d'une Limite planétaire pour la charge atmosphérique en aérosols ont avant tout porté sur les changements physiques du climat régional (Steffen et coll., 2015a), mais la complexité des interactions avec la biosphère semble exclure l'existence d'une limite quantitative unique en la matière.

Les implications pratiques des Limites planétaires

L'identification des processus planétaires affectant la résilience et les capacités d'adaptation du globe est récente. À l'heure où les scientifiques continuent à compiler et à débattre des données recueillies sur la dynamique et les rétroactions du système Terre, d'une part, sur la portée et la nature des activités humaines soutenables, de l'autre, et bien qu'ils reconnaissent ne pas parfaitement maîtriser les seuils correspondants, le concept de Limites planétaires a pour double intérêt d'encadrer notre compréhension actuelle des points de basculement éventuels et de souligner l'importance qu'il y a à appliquer le principe de précaution à la gestion des systèmes naturels. Nombreux sont déjà les chercheurs à estimer que la détermination et le respect des Limites planétaires pourraient grandement réduire le risque de voir l'Anthropocène devenir inhospitalière à la vie telle que nous la connaissons aujourd'hui (Brandt, 2015 ; Griggs et coll., 2013 ; MacLeod et coll., 2014 ; Steffen et Stafford Smith, 2013).

Le prochain défi qui nous attend consiste à compléter la réflexion menée sur les Limites planétaires en exploitant toutes les données dont nous disposons sur l'état de ces limites et sur leurs facteurs humains. Même si nous ne sommes pas encore parvenus à quantifier les limites, une chose est sûre : il est illusoire de vouloir appréhender l'une d'elles sans envisager les autres. Loin d'être isolées les unes des autres, les modifications touchant les différentes Limites planétaires ont plutôt tendance à se renforcer. Ainsi, si nous voulons résoudre le changement climatique en éliminant le CO₂ de l'atmosphère grâce aux nouvelles technologies tout en faisant fi de l'influence du changement du système Terre, des flux biogéochimiques et des autres sous-systèmes sur l'intégrité de la biosphère, nous ne pourrons pas tracer d'itinéraire soutenable dans l'Anthropocène. Quant à la recherche des moyens les mieux adaptés pour traduire le concept et les données globales en outils pratiques au service des décideurs, elle s'impose désormais comme une impérieuse nécessité.

LE LEADERSHIP CLIMATIQUE DE SÉOUL

À ce jour, 328 villes de 26 pays répartis sur les cinq continents ont démontré leur leadership climatique à l'occasion de l'Earth Hour City Challenge du WWF en annonçant publiquement leurs engagements et actions en faveur d'un avenir soutenable fondé sur une énergie 100 % renouvelable. Lauréate du défi planétaire lancé en 2015, Séoul a fait le pari d'une approche globale pour lutter contre le changement climatique : la capitale sud-coréenne entend en effet tourner la page des combustibles fossiles et de l'énergie nucléaire en réalisant des investissements massifs dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique et en invitant les citoyens à participer à cette transition.

La première phase du programme One Less Nuclear Power Plant (une centrale nucléaire de moins) lancé par la ville a atteint son but : réduire la consommation d'énergie tirée de sources externes de 2 millions de tonnes d'équivalents pétrole, soit la production d'une centrale nucléaire à deux ou trois réacteurs. Des investissements lourds ont été effectués dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables locales en moins de trois ans. Entre autres mesures prises, on peut citer des investissements dans les piles à hydrogène, les dispositifs de récupération de la chaleur et l'énergie géothermique, l'application de plafonds de consommation énergétique aux bâtiments neufs, le lancement de programmes de rénovation des logements existants, le remplacement de 8 millions d'ampoules par des LED à haut rendement, ou encore le développement de modes de transport respectueux de l'environnement et du solaire photovoltaïque (projet Sunlight City, qui vise une capacité totale de 320 MW grâce à l'installation de panneaux solaires sur la toiture d'environ 10 000 bâtiments). La métropole a, par ailleurs, construit des centrales solaires d'une capacité totale de 30 MW en des lieux comme les stations d'épuration et les parcs de stationnement.

En plus de diminuer les importations de pétrole de 1,5 milliard de dollars (US), ces actions se sont accompagnées de la création de 34 000 emplois verts. Au-delà de ça, le programme a surtout été l'un des premiers à stimuler une active participation citoyenne au service des économies d'énergie. À l'origine de 40% des réductions totales, ce volet s'articule autour du programme Eco-Mileage, conçu pour récompenser les économies d'énergie individuelles à travers l'octroi de points permettant aux particuliers d'acheter des produits respectueux de l'environnement ou de recevoir une aide financière destinée à moderniser le logement. Depuis 2009, le programme a plus que triplé de taille et compte désormais plus de 1,7 million d'adhérents, soit près de la moitié des habitants de la ville. En fin de compte, la réussite de Séoul tient au leadership visionnaire de son maire, Park Won-soon, ancien avocat des droits de l'homme et militant civique, qui a fait de la gouvernance collaborative et de l'innovation les deux grands principes de son administration.

(source : WWF, 2015b)



MESURER LES PRESSIONS HUMAINES

L'un des moyens de suivre la demande humaine en ressources renouvelables et en services écologiques consiste à employer les outils comptables nommés indicateurs d'empreinte. Ces derniers ont pour vocation d'illustrer les relations entretenues par l'homme et l'environnement par le biais des systèmes micro et macroéconomiques. En permettant de comprendre les facteurs sociaux et économiques et leurs impacts écologiques, ils peuvent orienter la prise de décision en faveur d'un développement soutenable. En voie de multiplication, les comptes d'empreinte servent à apprécier le degré d'utilisation du carbone, de l'eau, de la terre des territoires, des matières, de l'azote, de la biodiversité ou encore d'autres ressources (Galli et coll., 2012 ; Galli, 2015a). Parmi eux, l'Empreinte écologique (retenue dans ce rapport) est probablement la mieux connue et la plus utilisée.

L'Empreinte écologique de la consommation

L'Empreinte écologique se propose de comparer la consommation humaine effective en ressources renouvelables et en services écologiques à l'offre qui en est faite par la nature (Wackernagel et Rees, 1996). À cette fin, elle estime les surfaces terrestres et maritimes biologiquement productives nécessaires à la fourniture des biens et des services que nous consommons, puis la compare à la superficie disponible (la biocapacité de la Terre) en prenant l'hectare global comme unité de mesure. La biocapacité constitue donc un référentiel écologique auquel rapporter les demandes formulées par l'homme à l'encontre des écosystèmes au titre de ses activités (Galli et coll., 2014 ; Wackernagel et coll., 2014 ; Lin et coll., 2015).

Comme n'importe quelle métrique, l'Empreinte écologique recourt à une seule et même unité (la biocapacité) pour suivre la dépendance de l'homme à l'égard des systèmes écologiques complexes et interconnectés. Elle ne prend pas en compte l'ensemble des pressions et des conséquences écologiques liées à la consommation humaine, tel que la pollution et la perte d'habitat (voir Galli et coll., 2012), mais se penche sur la condition *sine qua non* d'un développement soutenable : savoir si les activités de consommation humaine respectent ou non le seuil biologique défini par la biocapacité de la Terre (Lin et coll., 2015).



DEPUIS LE DÉBUT DES ANNÉES 1970, L'HUMANITÉ DEMANDE À LA PLANÈTE DAVANTAGE QUE CE QUE CELLE-CI EST EN MESURE DE RENOUVELER

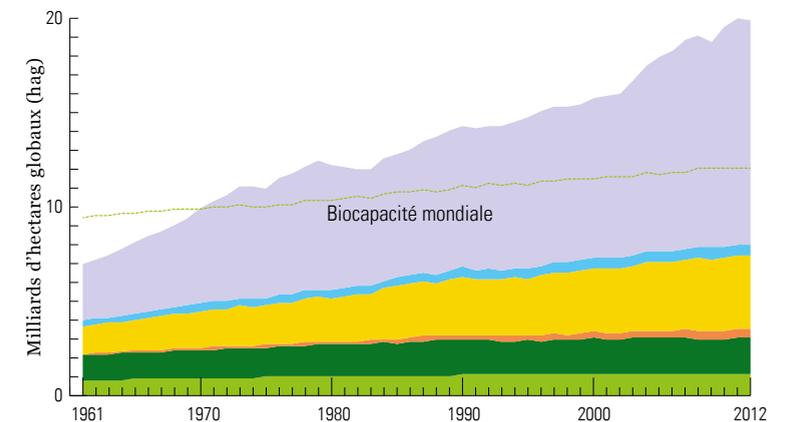
Depuis le début des années 1970, l'humanité demande à la planète davantage que ce que celle-ci est en mesure de renouveler (Figure 32). En 2012, une biocapacité équivalente à 1,6 Terre était ainsi nécessaire pour fournir les ressources et services naturels que l'humanité a consommés au cours de l'année (Global Footprint Network, 2016). Or le franchissement du seuil de biocapacité de la Terre n'est possible qu'à court terme : plus concrètement, nous ne pouvons couper des arbres à un rythme supérieur à celui de leur croissance, prélever plus de poissons dans les océans qu'il n'en naît et rejeter davantage de carbone dans l'atmosphère que les forêts et les océans ne peuvent en absorber que pendant une durée limitée. Les retombées de cet état de « dépassement écologique » sont déjà palpables : effondrement des pêcheries, perte d'habitats et d'espèces, accumulation du carbone dans l'atmosphère (Tittensor et coll., 2014 ; PNUE, 2012).

Figure 32: comparaison de l'Empreinte écologique globale (elle-même subdivisée en ses différentes composantes) et de la biocapacité de la Terre entre 1961 et 2012.

Le carbone forme de loin la composante dominante de l'Empreinte écologique de l'humanité, puisque sa part a varié entre 43 % en 1961 et 60 % en 2012. Première composante de l'Empreinte au niveau mondial, elle l'est aussi pour 145 des 233 pays et territoires suivis en 2012. Sa cause primaire réside dans la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel). La ligne verte représente quant à elle la capacité de la Terre à produire des ressources et des services écologiques (autrement dit, sa biocapacité). Sa légère pente ascendante s'explique avant tout par l'accroissement de la productivité de l'agriculture.

Légende

- Carbone
- Zones de pêche
- Cultures
- Espaces bâtis
- Produits forestiers
- Produits d'élevage



Même si les conséquences de la pression humaine sur l'environnement sont de mieux en mieux connues et observées, aucune réaction économique rationnelle ne s'est encore fait jour. À en juger par les données d'Empreinte écologique recueillies ces quatre dernières décennies, les rares épisodes de réduction marquée de l'Empreinte écologique globale totale ne sont pas le produit de politiques intentionnelles visant à limiter l'impact humain sur la nature : bien au contraire, elles sont le résultat de grandes crises économiques, tels le choc pétrolier de 1973, la profonde récession économique enregistrée par les États-Unis et de nombreux pays de l'OCDE pendant la période 1980-1982, ou encore la grande récession mondiale de 2008-2009. Qui plus est, le recul de l'Empreinte écologique totale constaté à ces occasions n'a été que temporaire, puisqu'il a été suivi d'un retour rapide à la hausse (Galli et coll., 2015). Une évolution similaire est mise en évidence dans plusieurs études consacrées aux émissions carbonées planétaires (Peters et coll., 2011, 2012).

Focus sur l'Empreinte écologique de la consommation

L'Empreinte écologique rapporte les demandes de l'humanité vis-à-vis de la nature à la surface biologiquement productive indispensable à la fourniture des ressources consommées et à l'absorption des déchets produits (actuellement assimilés au dioxyde de carbone issu des combustibles fossiles, du changement d'affectation des sols et de la production de ciment). Elle distingue six catégories de demandes :



L'EMPREINTE CULTURES

désigne la demande de terres nécessaires à la production de l'alimentation et des fibres destinées à la consommation humaine, des aliments pour animaux, des oléagineux et du caoutchouc.



L'EMPREINTE PÂTURAGE

désigne la demande de prairies nécessaires à l'élevage du bétail procurant la viande, le lait, le cuir et les produits laineux.



L'EMPREINTE ZONES DE PÊCHE

désigne la demande d'écosystèmes aquatiques marins et intérieurs nécessaires à l'obtention de la production primaire annuelle (à savoir, le phytoplancton) assurant les prises de produits marins et dulcicoles.



L'EMPREINTE PRODUITS FORESTIERS

désigne la demande en forêts pour fournir le bois de chauffage, la pâte à papier et les produits dérivés du bois.



L'EMPREINTE ESPACES BÂTIS

désigne la demande de zones biologiquement productives nécessaires aux infrastructures, notamment les transports, les logements et les structures industrielles.



L'EMPREINTE CARBONE

désigne la demande en forêts en tant qu'écosystèmes primaires aptes à séquestrer durablement le carbone qui n'est pas absorbé par les océans. Elle prend en compte des taux de séquestration différents suivant le degré de gestion humaine, le type et l'âge des forêts, et englobe les émissions liées aux feux de forêt, au sol et aux prélèvements de bois (voir Mancini et coll., 2016).

Figure 33 : les différentes catégories d'usages composant l'Empreinte écologique.



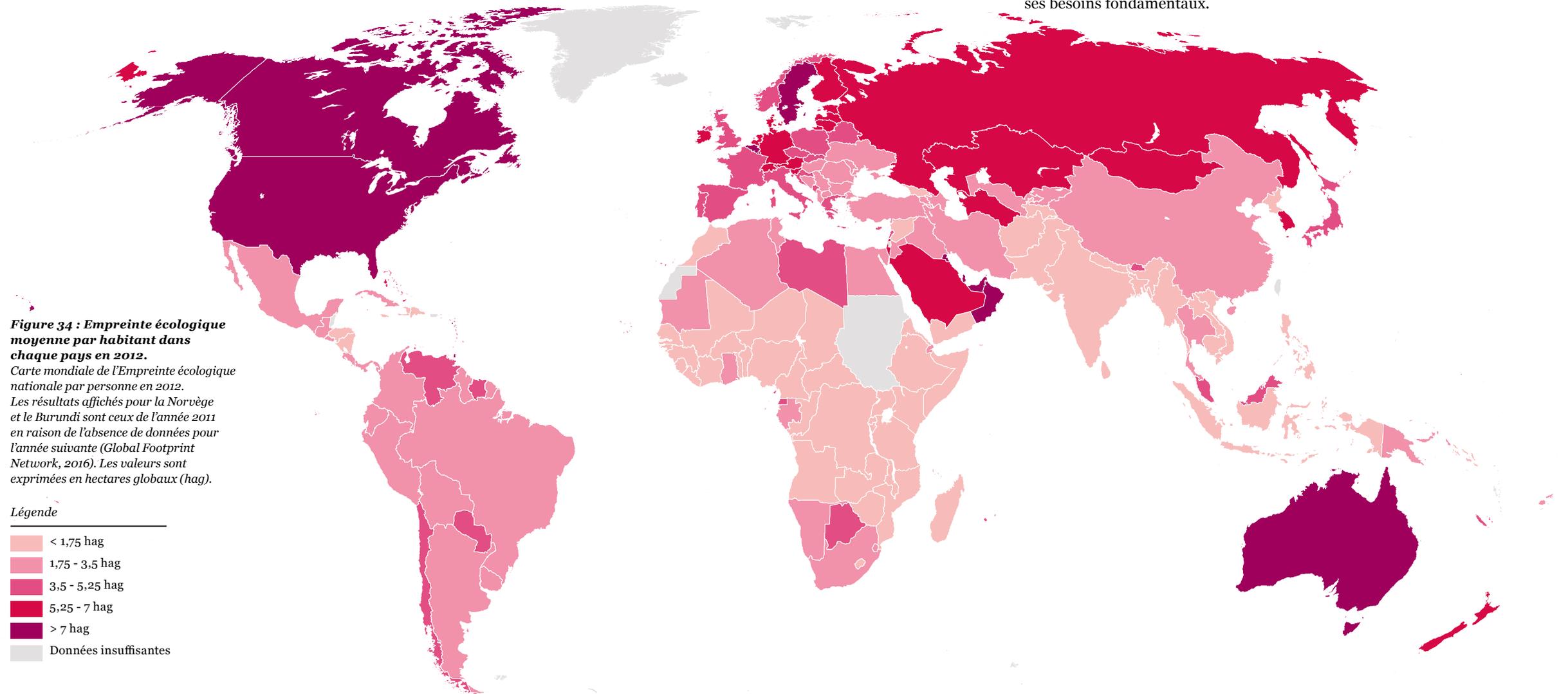
La **biocapacité** est la mesure de la surface biologiquement productive existante capable à la fois de régénérer les ressources naturelles sous la forme de nourriture, de fibres et de bois d'œuvre et d'assurer la séquestration du dioxyde de carbone. Elle est déterminée en distinguant cinq catégories d'usages : cultures, pâturages, zones de pêche, zones forestières et espaces bâtis, qui réunies, satisfont la demande humaine elle-même répartie entre les six catégories de l'Empreinte ; notons que la différence d'une unité entre les deux classifications s'explique par le fait que les terres forestières remplissent deux catégories de demandes, les produits forestiers et la séquestration du carbone (Wackernagel et coll., 2014 ; Mancini et coll., 2016). La biocapacité évolue d'une année sur l'autre sous l'effet de facteurs multiples : climat, gestion des écosystèmes, modification des conditions des sols, intrants agricoles. Sa progression sur la Terre au cours des cinq dernières décennies s'explique en majeure partie par l'intensification croissante des pratiques agricoles.

À l'instar de l'Empreinte écologique, la biocapacité s'exprime dans une unité équivalente à un hectare ajusté à la productivité, baptisée **hectare global** (hag). Un hag se définit comme un hectare biologiquement productif affichant la productivité moyenne calculée dans le monde (Galli, 2015). La conversion de la surface de terres effectives en hectares globaux s'effectue en appliquant des facteurs de rendement et des facteurs d'équivalence. Si les facteurs de rendement sont propres à chaque pays, les facteurs d'équivalence représentent quant à eux une moyenne globale, les deux valeurs varient en fonction de l'utilisation des terres et de l'année (Borucke et coll., 2013). En traduisant la surface réelle en hectares globaux, les écarts relevés entre les zones fortement productives (comme les forêts tropicales) et celles à faible productivité (comme les déserts alpins) sont pris en considération. Selon les comptes ainsi établis, en 2012, la biocapacité totale de la Terre s'élevait à 12,2 milliards de hag, soit 1,7 hag par personne, tandis que l'Empreinte écologique de l'humanité atteignait 20,1 milliards de hag, soit 2,8 hag par personne.

Cartographie de l'Empreinte écologique de la consommation

L'Empreinte écologique moyenne par habitant diffère d'un pays à l'autre en raison non seulement de la variation de la consommation totale et de la demande relative déterminée pour chaque composante de l'Empreinte. Elle tient compte de la quantité de biens et de services consommés par les habitants, des ressources naturelles exploitées et du carbone émis pour fournir ces biens et services. La Figure 34 présente l'Empreinte écologique par personne calculée pour chaque pays en 2012.

Dans les pays affichant l'Empreinte écologique par habitant la plus élevée, la composante carbone de l'Empreinte atteint un niveau particulièrement élevé du fait de la consommation de combustibles fossiles et de l'utilisation de marchandises gourmandes en énergie. Rapportée à leur population, l'Empreinte écologique par habitant d'une partie d'entre eux représente ainsi pas moins de six fois la biocapacité globale disponible (1,7 hag). Cela signifie que les habitants de ces pays exercent une pression disproportionnée sur la nature en s'appropriant bien plus que la juste part des ressources de la Terre devant leur revenir. À l'autre extrémité du spectre, certains des pays enregistrant les plus bas revenus du globe présentent une Empreinte écologique par habitant inférieure à la moitié de la biocapacité par habitant mesurée sur la planète, ce qui est d'autant moins étonnant que leur population peine dans sa grande majorité à satisfaire ses besoins fondamentaux.



L'Empreinte écologique par niveau de revenu

Le regroupement des Empreintes écologiques nationales par niveau de revenu révèle l'inégalité de la demande nationale de ressources renouvelables et de services écologiques, mais aussi son évolution au cours du temps (Figure 35). Durant la période 1961-2012, dans les pays à haut revenu, l'Empreinte écologique moyenne par habitant est passée de 5 à 6,2 hag, avec un pic de 6,6 hag en 1985 ; elle a également progressé dans les pays à revenu moyen en passant de 1,4 à 2,3 hag par habitant ; en revanche, elle est restée pratiquement stable (à environ 1 hag par habitant) dans les pays à bas revenu. Remarquons tout de même que l'Empreinte écologique par habitant des pays à haut revenu était plus faible en 2012 qu'en 1985 : bien que l'on constate des écarts au sein de ce groupe de pays, le déclin général paraît être attribuable aux effets de la crise économique déclenchée en 2007-2008.

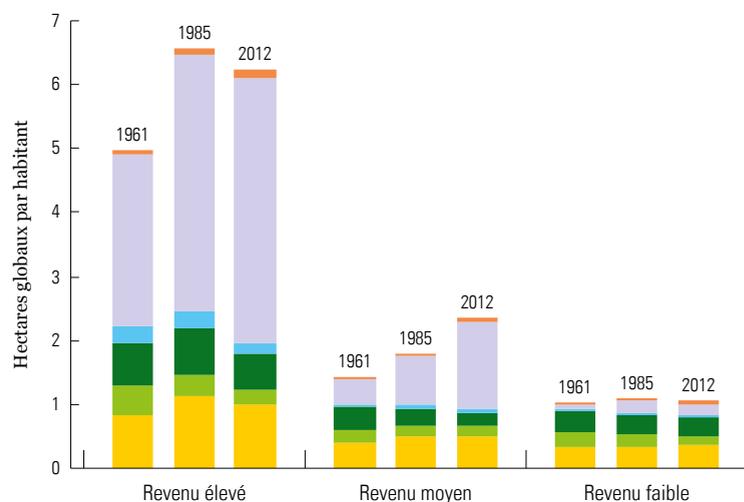
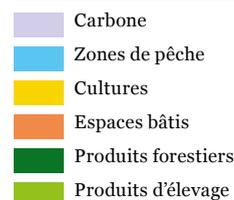


Figure 35 : décomposition de l'Empreinte écologique moyenne par habitant dans les pays à haut, moyen et bas revenu en 1961, 1985 et 2012. Les pays du globe sont répartis en groupes de revenu sur la base de leur PIB relatif en 2016. Issue de la Banque mondiale, la classification retenue ici distribue les pays en trois groupes de revenu : 1) revenu élevé (revenu national brut par habitant supérieur ou égal à 10 066 US\$ par an), 2) revenu moyen (revenu national brut par habitant compris entre 826 et 10 065 US\$) et 3) revenu faible (revenu national brut par habitant inférieur à 825 US\$).

Légende



Ce que semble en outre montrer la Figure 35, c'est qu'indépendamment du niveau de revenu, le développement des pays obéit, quoiqu'à un rythme distinct, à une même dynamique marquée par le basculement de leur économie d'un modèle agricole (basé sur la biomasse) vers un modèle industrialisé (adossé aux combustibles fossiles). Dans les pays à revenu élevé, mais aussi dans les pays à revenu moyen, la composante carbonée de l'Empreinte écologique s'est ainsi accrue, tandis que sa part liée à la biomasse (à savoir, la somme des empreintes associées aux cultures, aux pâturages, aux forêts et aux zones de pêche) diminuait. En revanche, dans les pays à faible revenu, les composantes liées à la biomasse dominaient encore l'Empreinte en 2012, même si les facteurs sous-jacents ont évolué au fil du temps : plus précisément, la part de l'empreinte des cultures a gagné du terrain, au détriment de celle des forêts et des pâturages. Mais là encore, on note un accroissement relatif du poids de l'empreinte carbone.

Les modèles de consommation par niveau de revenu

Non seulement la demande totale de biocapacité varie selon les pays, mais les modèles de consommation nationaux ne sont pas non plus identiques. Dans les pays à faible revenu comme la Tanzanie, par exemple, 94 % de l'Empreinte écologique est déterminée par la demande d'alimentation et de logement. Lorsque le revenu disponible va en augmentant, la consommation s'accroît au-delà des besoins fondamentaux, si bien que des catégories de demandes telles que la mobilité ou les biens et services prennent davantage de place dans l'Empreinte écologique nationale, comme c'est le cas aux États-Unis.

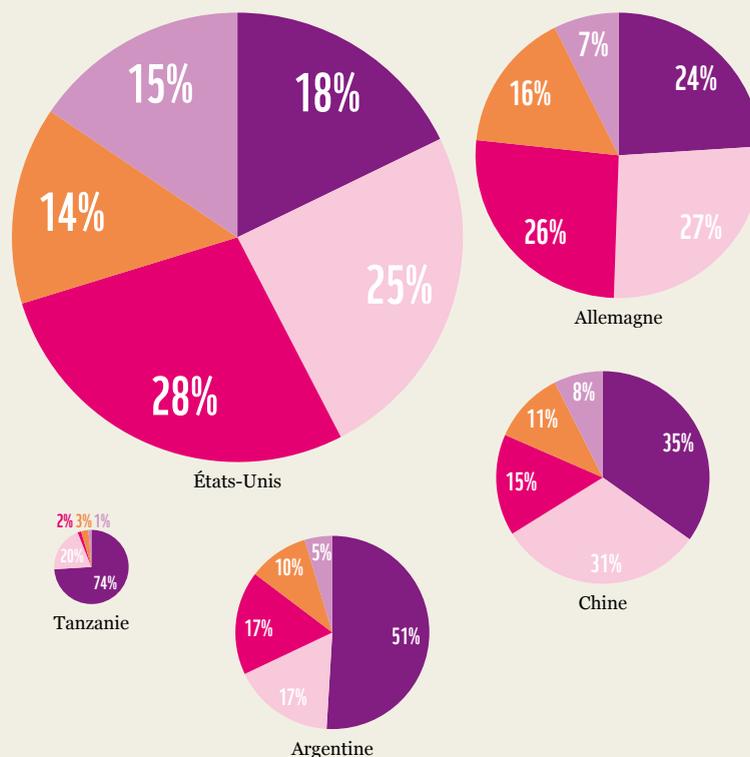


Figure 36 : décomposition de l'Empreinte écologique entre les différentes activités de consommation pour une sélection de pays en 2012.

Cette série de diagrammes circulaires indique la contribution (en pourcentage) des différentes catégories de consommation (p. ex., alimentation, logement, transport) à l'Empreinte écologique nationale totale des États-Unis, de l'Allemagne, de l'Argentine, de la Tanzanie et de la Chine (Global Footprint Network, 2016). La taille de chaque camembert est proportionnelle à celle de l'Empreinte écologique moyenne par habitant du pays considéré.

Légende

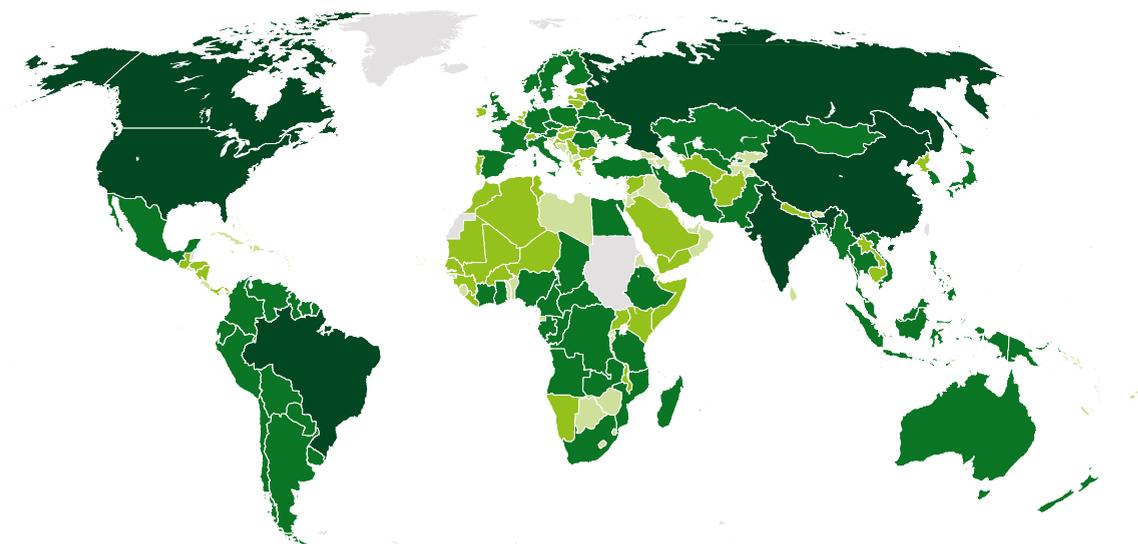
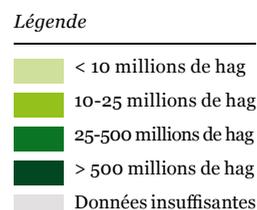


Même dans les pays dont la population présente un niveau d'Empreinte écologique comparable, les modèles de consommation sous-jacents diffèrent parfois fortement. À titre d'illustration, la Chine et l'Argentine affichent une Empreinte écologique par habitant respectivement égale à 3,4 et 3,1 hag. Mais si en Argentine, en raison d'une forte consommation de viande, l'alimentation représente légèrement plus de la moitié de l'Empreinte totale, en Chine, elle ne compte que pour un tiers de sa valeur. Quant à la consommation liée au logement, elle pèse bien davantage dans l'Empreinte écologique de la Chine que dans celle de l'Argentine, ce qui s'explique probablement par la dépendance supérieure de la Chine envers les combustibles fossiles (p. ex., charbon) servant au chauffage (Chen et coll., 2007 ; Hubacek et coll., 2007). Les populations des deux pays ont beau exercer des pressions grossièrement équivalentes sur l'environnement pour satisfaire leurs besoins, les activités de consommation, elles, varient grandement, au même titre que les facteurs de demande. Compte tenu du profil des deux Empreintes écologiques, les décideurs publics seront invités à privilégier un champ d'intervention différent pour faire évoluer la consommation nationale de ressources renouvelables et de services (alimentation dans un cas, logement dans l'autre).

Cartographie de la biocapacité

De la même manière que la demande humaine varie d'un pays à l'autre, la capacité de la nature à procurer des biens et des services, dénommée biocapacité, s'avère inégalement répartie (Figure 37). Brésil, Chine, États-Unis, Russie et Inde renferment à eux seuls près de la moitié de la biocapacité totale de la planète. Parce qu'ils comptent parmi les grands exportateurs de ressources à destination des autres pays, ces États font figure de véritables pôles de biocapacité sur la planète. Cela dit, ce statut a pour corollaire l'existence d'intenses pressions sur leurs écosystèmes respectifs et contribue sans aucun doute à la perte d'habitats qui y est relevée. Plus généralement, il illustre le fait que la pression tire son origine d'activités de consommation menées dans d'autres pays éloignés (Galli et coll., 2014 ; Lazarus et coll., 2015). Un développement soutenable global, dans le sens où les êtres humains vivraient équitablement dans les limites d'une seule planète, exige donc que nous reconnaissons l'interdépendance et l'interconnexion écologique de nos sociétés et devenions aussi plus réceptifs aux conventions et politiques de gestion des ressources applicables tant à l'échelle planétaire qu'interrégionale (Kissinger et coll., 2011 ; Rees, 2010).

Figure 37 : biocapacité totale par pays en 2012.
Les résultats sont exprimés en hectares globaux (hag) (Global Footprint Network, 2016).



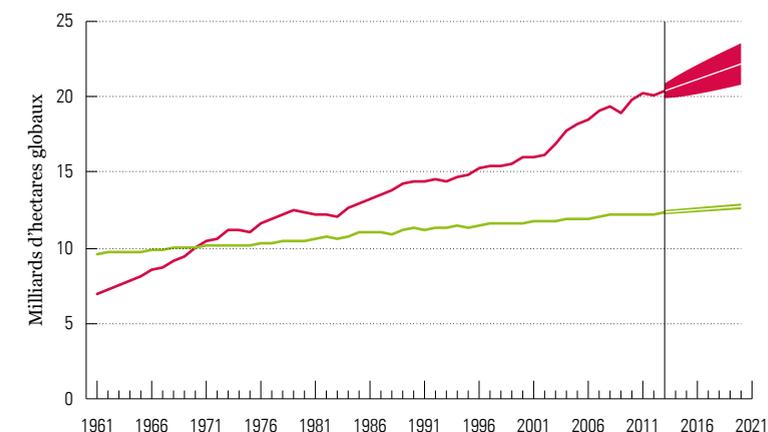
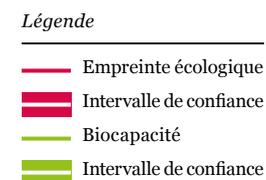
Projection autour de l'Empreinte écologique

La Figure 38 présente les tendances historiques de l'Empreinte écologique de l'humanité et de la biocapacité planétaire, exprimées en hectares globaux de terres bioproductives respectivement requises et disponibles, entre 1961 et la dernière année de calcul (2012), ainsi que leur projection à l'horizon 2020. Depuis l'instauration d'une situation de dépassement global en 1971, la demande humaine de capacités de régénération de la Terre a enregistré une progression constante.

Dans un scénario de *statu quo* prévoyant le maintien en l'état des facteurs de la consommation de ressources, et en supposant que les tendances suivies par la démographie et le revenu demeurent elles aussi identiques, la demande humaine devrait continuer à augmenter régulièrement pour dépasser finalement les capacités de régénération planétaires d'environ 75 % en 2020. On comprend alors pourquoi tout changement de cap volontariste impose de profonds bouleversements dans le domaine des technologies, des infrastructures et des comportements, ce en vue d'adopter des systèmes de production et des modes de vie moins intensifs en ressources (voir par exemple Moore et coll., 2012).

Figure 38 : évolution de l'Empreinte écologique globale entre 1961 et 2012 et extrapolation statistique pour la période 2013-2020.

La ligne rouge représente l'Empreinte écologique de l'humanité, et la verte, la biocapacité de la Terre. Les zones ombrées définissent l'intervalle de confiance statistique de 95 % caractérisant les extrapolations (modèle retenu : ARMA ; voir Petris et coll., 2009). L'extrapolation repose sur l'hypothèse d'un maintien de la tendance actuellement à l'œuvre (Global Footprint Network, 2016).



DANS UN SCÉNARIO DE STATU QUO LA DEMANDE HUMAINE DEVRAIT CONTINUER À AUGMENTER RÉGULIÈREMENT POUR DÉPASSER FINALEMENT LES CAPACITÉS DE RÉGÉNÉRATION PLANÉTAIRES D'ENVIRON 75 % EN 2020

Relier la consommation à la production : le cas du soja

Les indicateurs d'empreinte, comme l'Empreinte écologique, ont l'avantage de donner un aperçu de l'utilisation globale des ressources. Mais pour examiner en détail la nature des impacts de la production sur l'environnement, encore faut-il en savoir plus sur la localisation de la production, les processus de production, leur dépendance à l'égard d'intrants externes (comme l'eau et les engrais), entre autres informations (p. ex., Croft et coll., 2014 ; Van den Bergh et Grazi, 2014). De fait, une compréhension limitée des liens entre consommation et production suffit à donner un éclairage approfondi des dépendances caractérisant la chaîne d'approvisionnement et les facteurs en jeu.

La production mondiale de soja a rapidement progressé au cours du demi-siècle dernier, pour atteindre 278 millions de tonnes en 2013 selon les statistiques de la FAO (FAO, 2015). Cette évolution s'explique en grande partie par la demande croissante de produits carnés, le soja étant principalement destiné à servir d'aliment pour le bétail. Or, l'expansion agricole est allée de pair avec une déforestation et un changement d'affectation des sols massifs dans des habitats d'importance biologique indéniable, comme le Cerrado brésilien (Gibbs et coll., 2015).

La Figure 39 indique, pour chaque État du Brésil, la production de soja satisfaisant la demande de biens et de services émanant de l'Union européenne, qui en forme l'un des principaux débouchés (notamment pour l'alimentation animale). Outre le niveau lui-même, les facteurs de production varient également d'une région à l'autre : ainsi, bien que le Mato Grosso, situé dans le centre-est du Brésil, soit le premier producteur du soja consommé dans l'UE, l'État oriental de Bahia, également grand producteur, exporte une proportion supérieure de sa production vers ce même continent. Mais les deux États accueillent l'un comme l'autre d'importantes surfaces de Cerrado, aujourd'hui menacées par l'expansion agricole.

L'incorporation de données relatives à la production et recueillies à petite échelle, en particulier les statistiques produites par les municipalités (Godar et coll., 2015), accroît dorénavant la résolution spatiale des approches axées sur la consommation. D'autres techniques sont également en train d'être élaborées pour évaluer les impacts des maillons successifs de la chaîne d'approvisionnement sur la biodiversité dans les zones présentant l'état de conservation le plus préoccupant (p. ex., Lenzen et coll., 2012 ; Moran et coll., 2016 ; Chaudhary et Kastner, 2016). Réunies, ces démarches ont pour intérêt de nous faire mieux comprendre les relations de cause à effet unissant activités de consommation et érosion de la biodiversité. Couplées à des indicateurs d'empreinte agrégés, elles pourraient constituer un pas décisif vers une meilleure information des décideurs et en soutenir par là même les interventions visant à enrayer les effets négatifs de la consommation.

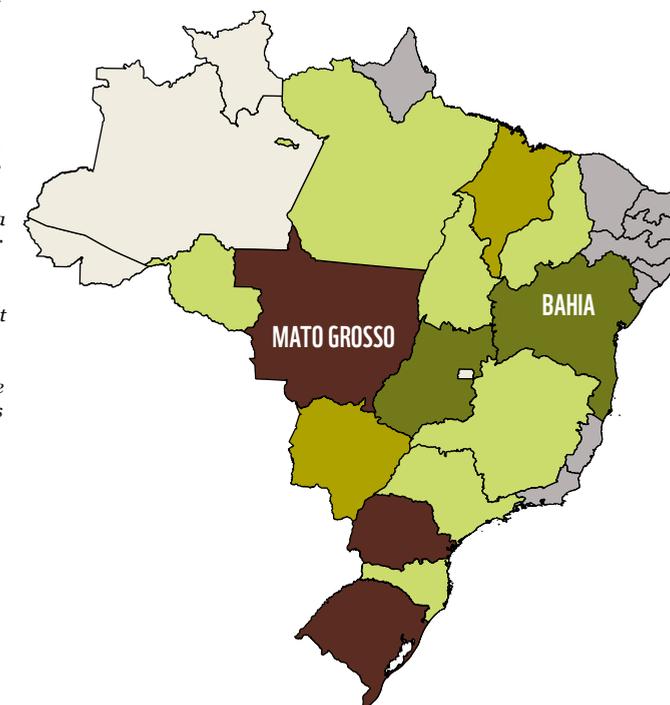
L'EXPANSION AGRICOLE EST ALLÉE DE PAIR AVEC UNE DÉFORESTATION ET UN CHANGEMENT D'AFFECTATION DES SOLS MASSIFS DANS DES HABITATS D'IMPORTANCE BIOLOGIQUE INDÉNIABLE, COMME LE CERRADO BRÉSILIEU

Figure 39 : production de soja des différents États brésiliens et proportion de leur production totale absorbée par l'UE.

a) Production de soja (en tonnes) de chaque État brésilien absorbée par la consommation de biens et de services (achats directs et intégrés) de l'UE-28 en 2011.

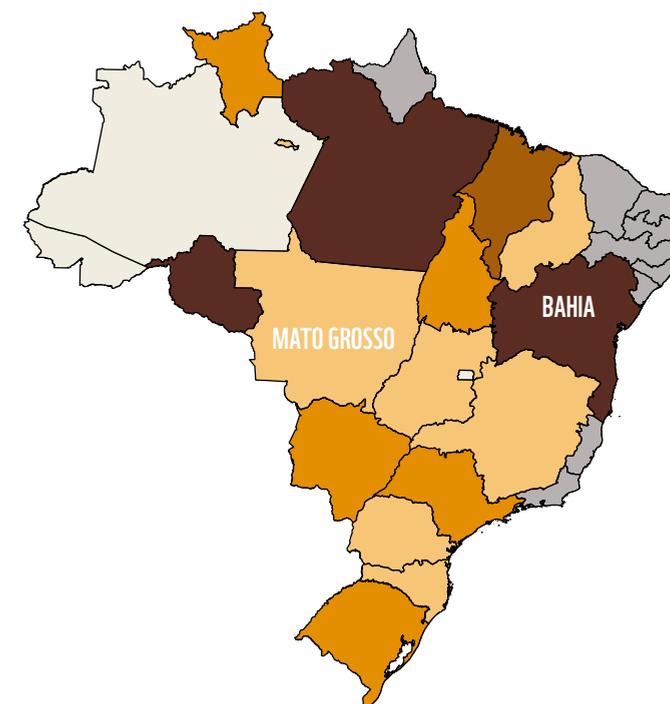
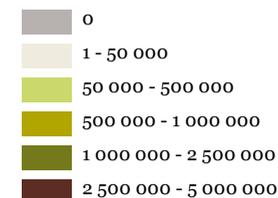
b) Proportion de la production de soja de chaque État brésilien absorbée par l'UE. La moyenne nationale s'établit à 21 %.

Source : West et coll., 2013 et Godar et coll., 2015 ; les chiffres de production des différents États proviennent de l'Institut brésilien de géographie et de statistique (IBGE, 2016). De nouvelles méthodes sont en cours de mise au point pour affiner les résultats au niveau municipal.



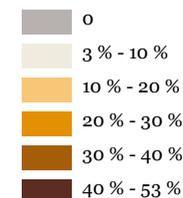
Production des États absorbée par l'UE (en tonnes)

Légende



Proportion de la production des États absorbée par l'UE

Légende



LA SAGA DU SOJA

4. Le bétail européen nourri au soja du Cerrado

S'il est un produit dont dépend la filière européenne de l'élevage intensif, c'est bien le soja, majoritairement importé d'Amérique du Sud pour répondre à la demande de produits carnés et laitiers. Dans l'UE, la demande de soja nécessite la culture de 13 millions d'hectares sud-américains sur un total de 46 millions consacrés à la production de soja, soit l'équivalent de 90% de la surface agricole de l'Allemagne. Les grands importateurs européens de soja ne sont autres que les pays affichant la production industrielle de porc et de poulet la plus élevée. En vertu de la Politique agricole européenne, les droits de douane appliqués aux aliments pour animaux sont inférieurs à ceux frappant de nombreux autres produits agricoles, ce qui rend l'importation de farine de soja particulièrement attractive. Mais les importations européennes de soja ont aussi fait un bond dans la foulée de la création de l'Organisation mondiale du commerce en 1995, qui a levé de multiples restrictions au commerce international. Conséquence, elles pourraient bien poursuivre leur progression à l'avenir. Enfin, le soutien apporté à la production de biocarburants favorise les importations de soja en Europe, au même titre que l'abandon de la production locale de protéines et de légumes par les agriculteurs européens.

(source : WWF-Brazil ; WWF, 2014)



CHAPITRE 3 : EXPLORER LES CAUSES PROFONDES

VERS UNE RÉFLEXION SYSTÉMIQUE

L'impératif auquel nous devons répondre est clair : il faut nous orienter vers un développement socio-économique n'entrant en conflit ni avec le bien-être des individus ni avec la biosphère. Or l'aggravation des risques liés au franchissement des Limites planétaires, la croissance des empreintes de consommation, de même que le déclin continu des indices Planète Vivante, montrent que les efforts consentis jusqu'ici en faveur d'un développement plus soutenable sont loin d'être suffisants. Dès lors, comment infléchir le développement de manière à obtenir les changements si indispensables ?

Avant d'envisager la moindre transformation des systèmes humains, encore faut-il comprendre la nature du processus décisionnel conduisant à la dégradation environnementale, sociale et écologique que nous connaissons. Les industries, les organisations et les individus utilisant directement les ressources naturelles, d'un côté, les consommateurs finaux des biens et des services produits, de l'autre, sans oublier les multiples intermédiaires situés entre les deux, effectuent des choix fondés sur une série complexe de signaux. Ils réagissent aux prix du marché et à d'autres informations en fonction des contraintes que leur impose leur environnement physique, socio-économique et juridique, lui-même façonné par des phénomènes moins apparents : tendances de consommation non responsables, pratiques de production destructrices, structures de gouvernance défaillantes, systèmes financiers axés sur le rendement à court terme (Macfadyen et coll., 2015 ; Konefal et coll., 2005 ; Dallas, 2012 ; Schor, 2005). Chacun de ces éléments conditionne le comportement des individus, et *vice versa*. Tous les jours, ce sont ainsi des milliards de décisions et d'actions qui sont prises dans ce cadre systémique et génèrent des impacts, visibles ou non, sur la société et le système Terre.

**POUR PARVENIR A
TRANSFORMER LES
COMPORTEMENTS
HUMAINS, IL FAUT
COMPRENDRE
LA NATURE DU
PROCESSUS DECISIONNEL
CONDUISANT A
LA DEGRADATION
ENVIRONNEMENTALE,
SOCIALE ET ECOLOGIQUE
QUE NOUS CONNAISSONS**

**EN DÉPIT DE LA
COMPLEXITÉ HUMAINE,
NOUS NOUS TOURNONS
LE PLUS SOUVENT
VERS DES SOLUTIONS
SUPERFICIELLES
POUR RÉSOUDRE LES
PROBLÈMES**

**LA MISE EN ŒUVRE
DE SOLUTIONS EXIGE
D'APPROFONDIR LA
COMPRÉHENSION
DES PRESSIONS,
DES FACTEURS, DES
CAUSES PROFONDES
ET DE LA DYNAMIQUE
FONDAMENTALE DES
SYSTÈMES**

Résoudre les problèmes dans un monde complexe

En dépit de la complexité humaine, nous nous tournons le plus souvent vers des solutions superficielles pour résoudre les problèmes (Hjorth et Bagheri, 2006). Prenons l'exemple des embouteillages. La première solution qui vient à l'esprit est de construire plus de routes. Or, ce choix qui va favoriser les déplacements en automobile et inciter davantage de personnes à prendre la route risque de faire grimper les émissions de CO₂ et de s'accompagner de la destruction d'habitats à cause des travaux. De plus, l'extension du réseau routier va très probablement se traduire par une progression du nombre de victimes, le nombre d'accidents étant proportionnel à celui des véhicules en circulation. En définitive, la « solution » aura peut-être pour conséquence d'aggraver le problème initial. De plus, si l'on a cherché en plus à réduire la consommation d'énergie fossile en rendant les voitures moins consommatrices, les conducteurs se préoccuperaient moins du prix des carburants, ce qui peut les encourager à conduire plus souvent et plus vite.

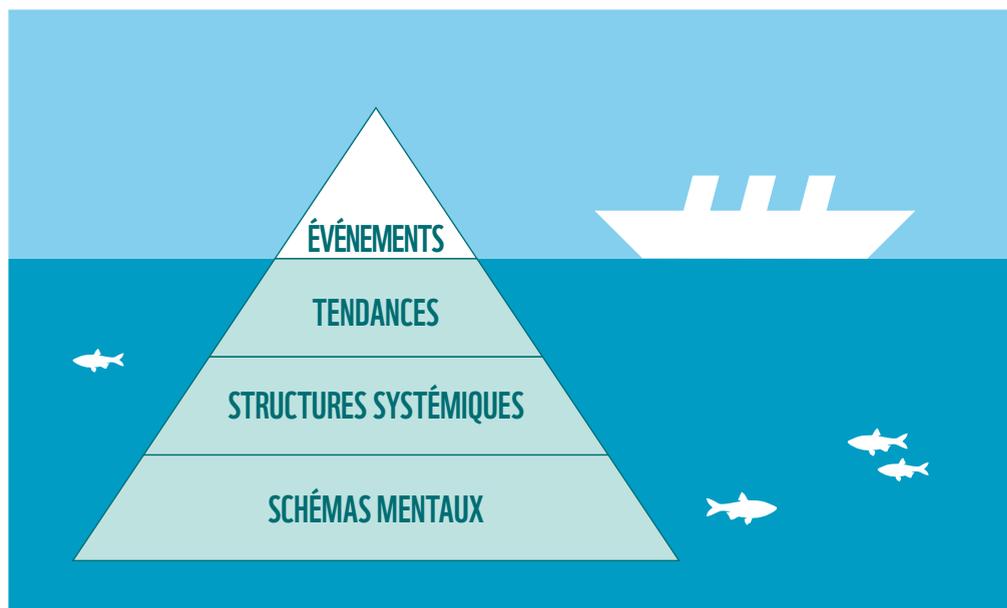
Au contraire, l'analyse de problèmes complexes et la mise en œuvre de solutions exigent d'approfondir la compréhension des pressions, des facteurs, des causes profondes et de la dynamique fondamentale des systèmes. Ainsi, dans l'exemple précédent, il conviendrait d'abord de se demander pourquoi tant de personnes veulent ou doivent-elles se déplacer ? Comment imaginer des villes où il ne soit plus autant nécessaire de prendre sa voiture ? Quelles sont, parmi les autres formes de transport, celles qu'il est possible de rendre plus attrayantes et plus pratiques ? Comment peut-on amener les gens à utiliser ces dernières ? Une réflexion systémique aide à poser les bonnes questions en examinant les problèmes complexes à différents niveaux avant d'analyser les rapports existant entre eux.

Quatre niveaux de réflexion

La systémique s'appuie sur un *corpus* de méthodes conceptuelles et analytiques concourant à la modélisation et à la prise de décision. Aussi rigoureuse que flexible, elle entend faciliter la réflexion, la visualisation, le partage et la communication du changement dans les organisations complexes et la prise de décision organisationnelle au fil du temps (Wolstenholme, 1997, in Cavana et Maani, 2000).

Tout raisonnement systémique fait appel à une méthode consistant à décomposer les problèmes en « quatre niveaux de réflexion » pour identifier plus aisément les causes profondes et la dynamique élémentaire du système étudié (Maani et Cavana, 2007). L'avantage de cette méthode réside dans sa capacité à faire ressortir les relations hiérarchiques qu'entretiennent événements ou symptômes, tendances ou comportements, structures systémiques et schémas mentaux.

Sur la Figure 40, les événements ne représentent que la « partie émergée de l'iceberg » du système considéré. Parce qu'ils sont tangibles ou visibles immédiatement, la plupart des discussions politiques et des décisions se placent à ce niveau. Mais en voulant trouver une solution, nous nous contentons en réalité de traiter les symptômes, et non l'origine du problème. En mettant en œuvre un raisonnement à quatre niveaux, il est facile de comprendre que la solution de la « partie émergée de l'iceberg » ne peut avoir d'effets durables. Si le problème est solidement enraciné dans notre système socio-économique, il ré-émergera à nouveau ailleurs ou plus tard.



Le deuxième niveau de réflexion porte sur les tendances mises en évidence lorsqu'une série d'événements isolés se répètent jusqu'à déterminer des comportements ou des résultats identifiables. Par événement isolé, on entend tout aussi bien le choix individuel d'achat dans un supermarché que l'occurrence périodique d'un puissant ouragan. Une tendance ne peut se dégager que lorsque l'on regroupe et classe en fonction du temps les choix faits par plusieurs individus fréquentant le supermarché (ou, dans l'autre cas, de la fréquence, de l'intensité et du lieu des ouragans. Nous avons observé, par exemple, que les grands ouragans (indépendants les uns des autres) gagnaient en fréquence comme en intensité au fil du temps, révélant une évolution détectable des conditions météorologiques, due au moins en partie au changement climatique (Holland et Bruyère, 2014). Une fois l'habitude ou la tendance établie, il ne reste qu'à l'extrapoler pour anticiper ce qui risque d'arriver à l'avenir.

Figure 40 : illustration du modèle des « quatre niveaux de réflexion », dans lequel les événements ou symptômes ne forment que la pointe émergée de l'iceberg dans la dynamique générale du système. De fait, les déterminants profonds du comportement du système s'avèrent moins évidents. Plus l'on s'éloigne des événements se déroulant en surface, et plus l'on se rapproche des « causes profondes ». Adaptation de Maani et Cavana (2007).

Le troisième niveau de réflexion met au jour les structures systémiques, à savoir les structures politiques, sociales, biophysiques et économiques dictant la manière dont les différents éléments du système se comportent et interagissent. C'est à ce niveau que l'on commence à comprendre les relations de cause à effet entre les événements et les différents acteurs évoluant au sein du système. Le modèle économique dominant constitue l'une de ces structures systémiques, elle est le résultat visible de nos croyances, de nos valeurs et de nos comportements collectifs.

La croissance économique mondiale générée par le système économique actuel a fait reculer la pauvreté et entraîné une nette amélioration des conditions de vie (Banque mondiale, 2013). Pour autant, ce modèle économique fondé sur la croissance du PIB s'est soldé par de fortes inégalités en matière de richesse et un ancrage culturel profond d'aspiration à la consommation matérielle. Il a encouragé la croissance bien au-delà non seulement de nos besoins fondamentaux, mais aussi et surtout des capacités de régénération de notre seule et unique Terre (Hoekstra et Wiedmann, 2014).

Au quatrième et dernier niveau de réflexion, on trouve les schémas mentaux des individus et des organisations, reflets des croyances, valeurs et idées de tout un chacun. Souvent dissimulés sous un vernis rationnel justifiant telle ou telle action (Maani et Cavana, 2007), variables suivant les cultures, ils sont rarement pris en compte dans la prise de décision (Nguyen et Bosch, 2013). Néanmoins, ces systèmes de croyances, illustrés par les formules du genre « il faut s'enrichir pour être plus heureux », « les pauvres sont pauvres parce qu'ils sont paresseux » imprègnent en profondeur tous les niveaux supérieurs : ils influencent en effet la conception des structures systémiques, les principes directeurs et les incitations qui régissent nos conduites, et en fin de compte, les différents événements dont se compose notre vie quotidienne.

Les quatre niveaux étant analysés, il est possible d'identifier les leviers d'action. Par exemple, le consommateur peut modifier son comportement d'achat ou la personne ayant une grande influence politique ou économique peut porter des stratégies de changement. Bien que plus difficile, il est également envisageable de modifier les schémas mentaux sur lesquels reposent les structures, les tendances et les événements. Certains types d'activités auront un impact supérieur à d'autres. Pour savoir où chacun de nous a le plus de chance de contribuer à la transition systémique vers un développement soutenable, il est important d'identifier les éléments sur lesquels nous agissons dans le système complexe en jeu, et de nous convaincre de la nécessité de transformer nos schémas mentaux pour apporter la solution. Telles sont les conditions d'un changement digne de ce nom.

LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DU PLATEAU DES LÆSS EN CHINE

Berceau du plus vaste groupe ethnique de la planète, le plateau des Lœss (Chine) abritait autrefois d'abondantes forêts et prairies. C'est ici que s'est développée l'une des grandes civilisations de la Terre, au prix toutefois d'une surexploitation de la biodiversité, de la biomasse et des matières organiques accumulées : conséquence, la capacité du milieu à absorber et retenir l'humidité ayant disparu, une superficie équivalente à celle de la France a fini par s'assécher. Privé des matières organiques dont la décomposition assure le recyclage constant des nutriments, le sol a perdu sa fertilité et a été érodé par le vent et la pluie, ne laissant derrière lui qu'un paysage stérile. Il y a un millénaire, le site occupé par les premières dynasties chinoises a été abandonné par les riches et les puissants. Plus récemment, au milieu de la décennie 1990, le plateau s'est fait connaître pour avoir été le théâtre d'un cycle récurrent d'inondations, de sécheresse et de famine imputables aux caprices du fleuve Jaune, surnommé la « douleur de la Chine ».

Aujourd'hui, le plateau des Lœss est en grande partie restauré. Pour parvenir à ce résultat, il a été décidé à la fois de différencier les terres en attribuant une vocation écologique aux unes, économique aux autres et de créer terrasses, trappes à sédiments, retenues collinaires (micro-barrages permettant de stocker l'eau) et autres ouvrages d'infiltration des eaux pluviales. Parallèlement, des efforts ont été faits pour accroître la production de biomasse et de matières organiques en plantant massivement des arbres et en recourant à des méthodes agricoles responsables et climato-intelligentes.

Si la restauration a pu être menée à bien, c'est par la prise de conscience du fait qu'à long terme, la sauvegarde des fonctions écosystémiques s'avère nettement plus précieuse que la production et la consommation de biens et de services. Dans cette optique, il était préférable de désigner des surfaces écologiques les plus grandes possible. Ce faisant, un constat inattendu a été tiré : celui selon lequel la concentration des investissements et de la production dans un espace réduit favorise l'accroissement de la productivité. Preuve de plus, s'il en fallait, que les écosystèmes sont plus productifs fonctionnels que défaillants.

L'action menée sur le plateau des Lœss en Chine montre qu'il est possible de réhabiliter des écosystèmes dégradés à grande échelle. En dehors de faciliter l'adaptation aux impacts climatiques, elle ouvre la voie à un renforcement de la résilience des terres et à une amélioration de leur productivité. Plus globalement, cela révèle qu'en accordant davantage d'importance aux fonctions d'un écosystème qu'aux simples processus de production et de consommation, l'humanité se dote du cadre logique nécessaire pour lancer des investissements à long terme et récolter les fruits d'une réflexion transgénérationnelle.

(source : Liu, 2012 ; Liu & Bradley, 2016)

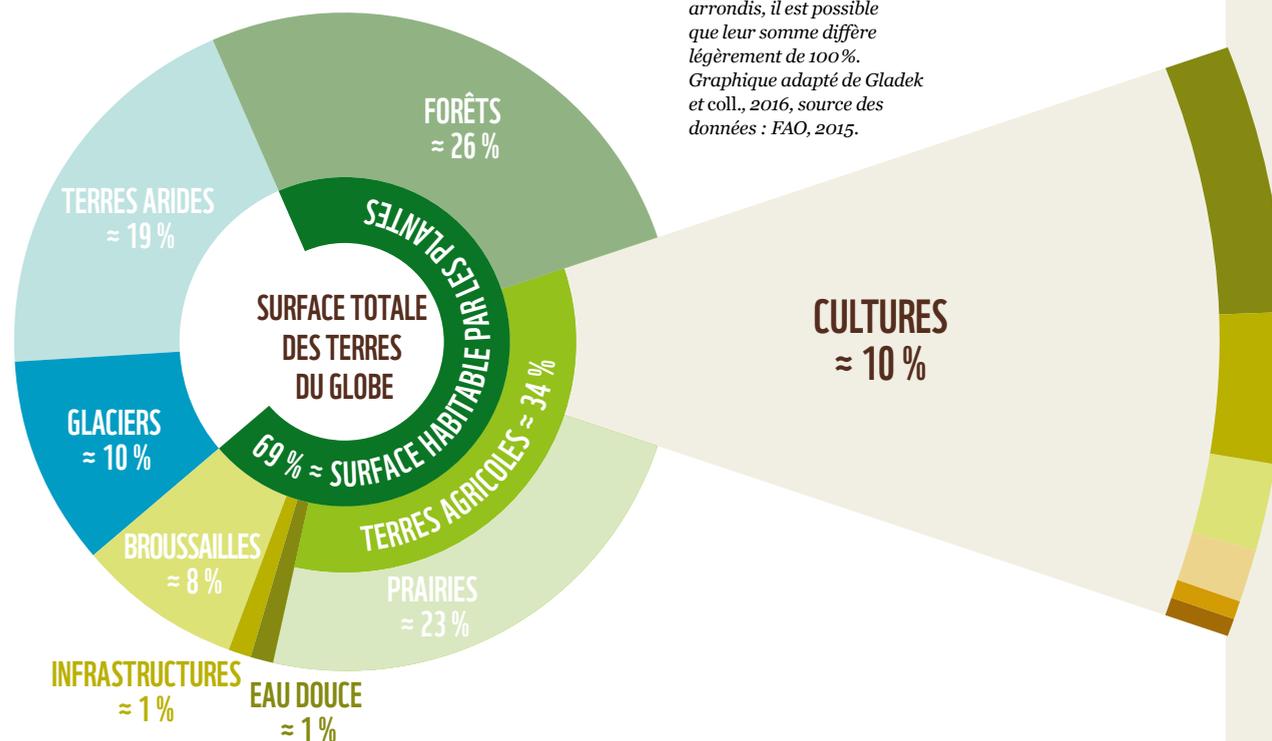


LE RAISONNEMENT APPLIQUÉ AU SYSTÈME ALIMENTAIRE

Pour savoir comment appliquer les quatre niveaux de réflexion à la résolution de problèmes complexes, intéressons-nous au cas du système alimentaire, assurément l'un des plus complexes de l'économie mondiale. Il se trouve que la production alimentaire figure parmi les premières causes de l'érosion de la biodiversité, et ce pour diverses raisons : dégradation des habitats, surexploitation des espèces (p. ex., surpêche), pollution, perte de sols (Rockström et coll., 2009b ; Godfray et coll., 2010 ; Amundson et coll., 2015). Mais elle constitue aussi l'un des facteurs clés de la transgression des Limites planétaires associées à l'azote, aux phosphore, au changement climatique, à l'intégrité de la biosphère, aux modifications des territoires et à l'utilisation de l'eau douce (Rockström et coll., 2009b). Si ses impacts environnementaux sont déjà considérables, le système alimentaire n'en a pourtant pas fini de se développer, puisqu'il est appelé à suivre le rythme élevé de la progression démographique, de l'enrichissement humain et de la consommation de protéines animales. Dans ces conditions, il est raisonnable de se demander si une telle évolution est possible sans occasionner d'effondrements environnemental et agricole (Searchinger et coll., 2013). L'analyse donnée ci-dessous se concentre sur l'un des volets du système alimentaire : la production agricole.

Figure 41 : décomposition de la surface des terres du globe en grandes catégories fonctionnelles et des terres arables en leurs différentes sous-fonctions.

On entend par « cultures alimentaires pour l'industrie » les cultures produites et utilisées à des fins industrielles, comme c'est le cas du maïs destiné à la production de biocarburants, par opposition aux cultures non alimentaires, à savoir celles produites directement ou indirectement pour l'obtention de fibres, de substances pharmaceutiques ou de carburants, et auxquelles se rattache le coton. Les chiffres étant arrondis, il est possible que leur somme diffère légèrement de 100%.
Graphique adapté de Gladek et coll., 2016, source des données : FAO, 2015.



Les terres agricoles principalement destinées à la production animale

L'agriculture occupe environ 34% de la surface totale des terres et près de la moitié de la surface habitable par les plantes (Figure 41) (FAO, 2015), tout en étant à l'origine de 69% des prélèvements d'eau douce selon les estimations (FAO, 2015b). Réunie aux autres composantes du système alimentaire, elle est responsable de 25 à 30% des émissions de gaz à effet de serre (GIEC, 2013 ; Tubiello et coll., 2014).

Sur 1,5 milliard d'hectares de cultures à l'échelle du globe, un tiers est affecté à la production d'aliments pour animaux (calculs basés sur FAO, 2015). Mais 3,4 milliards d'hectares supplémentaires de prairies servent de pâturages aux animaux. Au total, une très forte proportion de terres agricoles (près de 80%) est donc directement ou indirectement consacrée au bétail et à la production de viande, de lait et autres protéines animales (calculs basés sur FAO, 2015). Or, cette production d'animaux ne fournit que 17% des calories et 33% des protéines consommées par les êtres humains dans le monde (calculs basés sur FAO, 2015).

Si l'alimentation produite à l'heure actuelle suffit amplement à nourrir la population du globe (Gladek et coll., 2016), plus de 795 millions d'habitants se trouvent toutefois encore en situation de malnutrition. À ce chiffre, il faut ajouter les centaines de millions d'individus souffrant d'une déficience chronique en protéines et en micronutriments, bien qu'une fraction d'entre eux consomme assez de calories. À l'autre bout du spectre, le nombre de personnes en surpoids s'élevait en 2014 à 1,9 milliard, dont plus de 600 millions d'obèses (OMS, 2015). Notons enfin que l'on estime au tiers la part de nourriture gâchée sur Terre à cause des pertes enregistrées pendant la récolte, le stockage ou la distribution, mais aussi de la mise au rebut d'aliments périmés par les consommateurs : autant dire, un énorme gaspillage de capital financier, humain et naturel (FAO, 2013).

Quatre niveaux de réflexion pour un seul système alimentaire

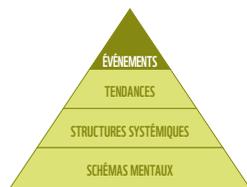
Au sein du système alimentaire, la production agricole se trouve associée à des problèmes aussi variés et complexes que l'ampleur de la faim et de la pauvreté, la concentration du pouvoir, les ententes commerciales ou les verrous technologiques qui font perdurer une situation non soutenable. Ces problèmes puisent le plus souvent leurs racines dans des interactions complexes entre les individus, les politiques et l'environnement et ne peuvent donc être surmontés qu'en prenant en compte l'ensemble des niveaux du système : dans l'ordre, événements, tendances, structures systémiques et représentations mentales. De ce point de vue, l'application des quatre niveaux de réflexion à la question de la pauvreté a pour intérêt de mettre en évidence la profondeur du problème et de dévoiler les leviers de changement.

Niveau 1 : les événements (mauvaises récoltes, famine, flambée des prix alimentaires)

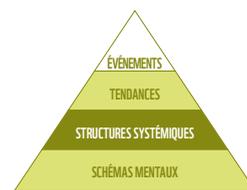
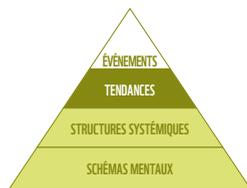
Entre autres événements caractérisant le système alimentaire, on peut citer les mauvaises récoltes, les flambées des prix, les crises de sécurité alimentaire et les famines. Si l'on se penche de près sur un épisode de famine, on s'aperçoit que la faim prend souvent sa source dans la pauvreté, que les gens vivant dans la pauvreté n'ont pas les moyens d'acheter des aliments nutritifs pour eux-mêmes et pour leur famille, et qu'en se trouvant ainsi lourdement pénalisés, ils ont moins de chances de gagner l'argent qui leur aurait servi à échapper à la pauvreté et à la faim. La problématique n'est pas que quotidienne ou saisonnière. Quand un enfant souffre de malnutrition chronique, cela handicape ses capacités et donc ses perspectives d'avenir (ses revenus futurs), le condamnant à une vie de pauvreté et de faim permanente, c'est le cercle vicieux de la pauvreté. Basées sur la seule prise en considération des événements, les politiques visant à lutter contre la faim peuvent notamment consister à apporter de la nourriture ou une aide financière. Cependant, la faim a des racines beaucoup plus profondes, qui expliquent que la pauvreté soit vouée à resurgir : famine et pauvreté sont en effet indissociables du système alimentaire global, dans la mesure où les pays aux revenus les plus bas sont aussi ceux dans lesquels l'agriculture constitue le premier moyen de subsistance pour une grande partie de la population. Non seulement la pauvreté est plus répandue chez les petits et moyens exploitants (Carter et Barrett, 2006), mais la majeure partie des plus pauvres au monde sont des agriculteurs (CNUCED, 2013).

Niveau 2 : les tendances (dégradation des terres, hausse de la consommation d'engrais et de viande)

La majorité des habitudes ou tendances propres au système alimentaire est le produit des choix que nous faisons en consommant des aliments. Ces tendances façonnent en retour les pratiques agricoles mondiales. Ainsi, l'expansion de la production de soja pour le bétail, destinée à accompagner la progression de la demande de viande et de lait, tout



LA MAJORITÉ DES HABITUDES OU TENDANCES PROPRES AU SYSTÈME ALIMENTAIRE EST LE PRODUIT DES CHOIX QUE NOUS FAISONS EN CONSOMMANT DES ALIMENTS



NOTRE SYSTÈME DE PRODUCTION ALIMENTAIRE PRIVILÉGIE UN PETIT GROUPE D'ACTEURS, MARGINALISE LA GRANDE MAJORITÉ ET PORTE UN GRAVE PRÉJUDICE À LA NATURE ET AUX ÉCOSYSTÈMES

comme la hausse de la consommation d'engrais, constituent-elles des exemples de tendance dictée par la demande. Également importants, les modes d'approvisionnement (tributaires de la disponibilité alimentaire), les prix et le marketing ont une influence très forte sur les choix des consommateurs.

Quotidiennes sur le marché, ces interactions entre producteurs et consommateurs donnent au système alimentaire sa forme actuelle.

Prenons l'exemple de la pauvreté et de la faim chez les petits agriculteurs. Beaucoup de petits fermiers sont privés de tout accès à des ressources suffisantes, comme les semences, l'outillage, l'eau et les connaissances. Ils se trouvent ainsi dans l'impossibilité d'améliorer leurs techniques de production agricole pour subvenir aux besoins de leurs familles (Tittonell et Giller, 2013). Et comme, sans les bonnes ressources, le sol ne cesse de s'appauvrir en nutriments et de s'éroder, il devient de plus en plus difficile de le réhabiliter. En définitive, sa qualité tombe si bas qu'elle nécessite soit le transfert de la production vers de nouvelles terres, soit l'augmentation de la demande d'aliments importés (Vanlauwe et coll., 2015). En tant que telle, la pauvreté est donc l'un des principaux facteurs des faibles rendements et des pratiques agricoles non responsables conduisant à une dégradation généralisée du sol, à des récoltes médiocres et à la perte de biodiversité.

Niveau 3 : les structures systémiques (subventions agricoles, accords commerciaux, marchés des matières premières)

Au rang des structures influentes inhérentes au système alimentaire, on peut citer les politiques agricoles (dont les subventions), les habitudes alimentaires culturelles, les marchés des matières premières et les limites biophysiques. Le degré d'enracinement des structures et des processus sous-jacents détermine la stabilité plus ou moins grande du système alimentaire. Concernant la faim et la pauvreté, la dépendance accrue aux techniques de l'agriculture industrielle non responsable est fréquemment renforcée par les structures de gouvernance. Soucieux de satisfaire les besoins de leur population démunie, de nombreux gouvernements encouragent par exemple l'exploitation des ressources naturelles ou la mise en valeur des terres pour produire des cultures commerciales d'exportation, aux dépens de la sécurité alimentaire locale (Matondi et coll., 2011). Dans divers pays, l'exportation de produits de base est ainsi devenue une source essentielle de revenus, d'emplois et de recettes gouvernementales. Mais cette orientation de l'agriculture vers les marchés mondiaux n'est pas non plus sans danger, car elle expose les économies concernées au risque que constitue l'envolée des prix des matières premières induisant lui-même la pauvreté. (IPES-Food, 2016).

Bien que spécifiques à chaque région, facteurs et causes profondes s'agrègent parfois en grandes catégories récurrentes. En examinant le modèle dominant de production alimentaire et d'approvisionnement, on se rend compte qu'il privilégie un petit groupe d'acteurs tout en marginalisant la grande majorité et en portant un grave préjudice à la nature et aux écosystèmes. En général, les structures à l'origine du

cercle vicieux de la pauvreté précédemment évoqué sont les systèmes d'enseignement, les politiques commerciales et les structures tarifaires. Ce qui est certain, c'est que pour trouver des solutions pertinentes, nous avons besoin de résultats plus tangibles que la promesse d'amélioration des techniques de production ou le simple apport d'une aide alimentaire.

Niveau 4 : les schémas mentaux (un statut socio-économique élevé va de pair avec une consommation massive)

Parmi les systèmes de croyances ou paradigmes, il en est qui commandent des habitudes de consommation et de production tout simplement non responsables et posent de ce fait quantité de problèmes sociaux et environnementaux. Ainsi, dans de multiples régions du globe, le consommateur associe-t-il la consommation de viande à la prospérité. L'enrichissement entraîne l'accroissement de la consommation carnée et donc de la demande de ressources nécessaires pour la produire, au prix de l'utilisation d'aliments directement consommables par l'homme. Un autre paradigme nous amène à penser que l'offre de ressources naturelles est illimitée et que les bienfaits écosystémiques, comme la fourniture d'une eau ou d'un air propre, ne figurent pas dans la comptabilité des coûts et des avantages. Or ce mode de pensée se traduit par l'épuisement ou la dégradation de nombreuses ressources naturelles.

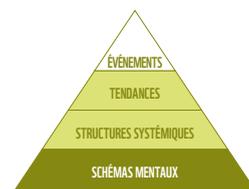
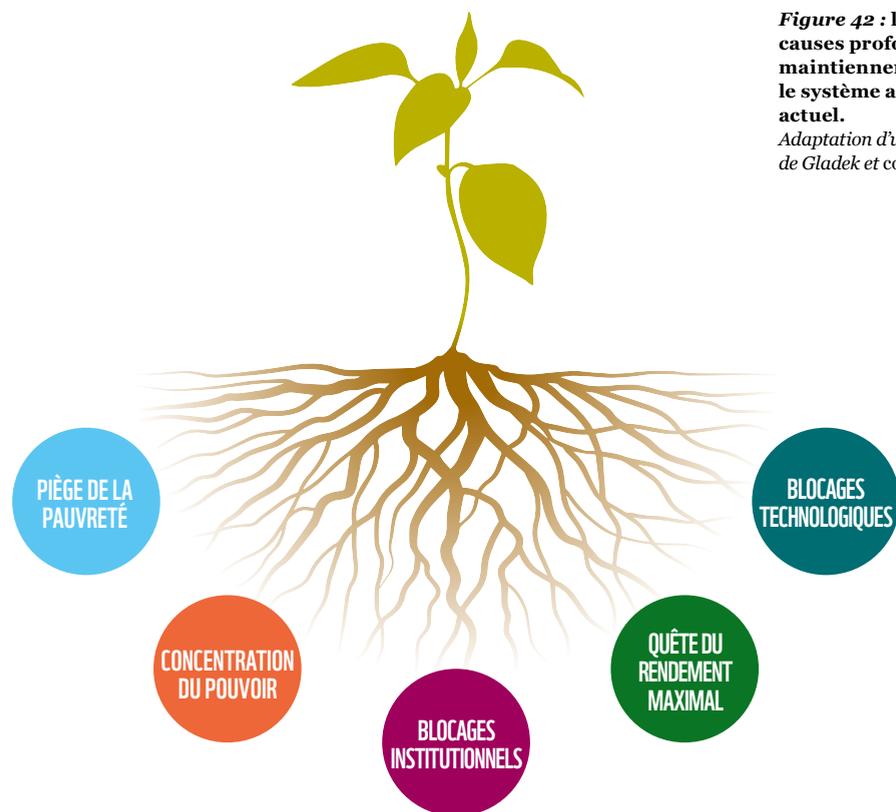


Figure 42 : les causes profondes qui maintiennent en place le système alimentaire actuel.

Adaptation d'un graphique de Gladek et coll., 2016.



Les raisons qui font perdurer notre système alimentaire insoutenable

La plupart des tendances, structures systémiques et modèles de pensée façonnant le système alimentaire existant forment autant d'obstacles à la mise en œuvre d'une alternative viable. Le système que nous connaissons aujourd'hui a fait basculer la Terre dans l'Anthropocène. Persister dans cette voie sans rien changer d'essentiel nous fera à nouveau transgresser les Limites planétaires et appauvrir les ressources, celles-là mêmes sur lesquelles repose le système alimentaire. De nouveaux modèles de production et de consommation s'imposent par conséquent pour bâtir un système alimentaire soutenable et résilient, apte à absorber et à surmonter rapidement les chocs tout en demeurant capable de procurer de la nourriture à une population toujours plus nombreuse (Macfadyen et coll., 2015). Encore faut-il pour cela affaiblir les boucles de rétroaction et triompher des « blocages » qui contribuent à rigidifier le système actuel. Outre le cercle vicieux de la pauvreté dans lequel tombent nombre de petits agriculteurs, plusieurs autres exemples marquants de freins sont présentés plus bas.

Concentration du pouvoir

Les politiques économiques libérales, et notamment la suppression des barrières au commerce agricole et la déréglementation, ont facilité la redistribution du pouvoir et de la richesse au sein du système alimentaire mondial (Food & Water Watch, 2013). Plus précisément, la libéralisation du commerce a souvent pour effet de limiter la diversification des cultures et d'enfermer les pays dans des modèles de développement insoutenables. Elle accroît la vulnérabilité des pays en développement en affaiblissant la position des producteurs agricoles locaux et en augmentant la dépendance à l'égard du commerce international. Elle tend aussi à remodeler les chaînes d'approvisionnement en faveur des entreprises multinationales. D'un côté, le pouvoir des entreprises se renforce, de l'autre, celui des États s'effrite. Les conséquences ne sont pas seulement économiques, le commerce international des denrées agricoles ayant des retombées profondément négatives sur l'environnement et sur la qualité de la nutrition (De Schutter, 2009).

75% DE LA NOURRITURE MONDIALE EST PRODUITE A PARTIR DE 12 PLANTES ET 5 ESPÈCES ANIMALES SEULEMENT

Les plus grosses entreprises impactent aussi la biodiversité à plus d'un titre. Premièrement, par la seule dimension de leurs activités, source d'une intensification massive de l'utilisation et de la conversion des sols, elle-même à l'origine de la disparition d'habitats (German et coll., 2011). Deuxièmement, l'agrobiodiversité locale se réduisant généralement à quelques cultures, la perte de diversité génétique atteint un niveau dramatique (Gladek et coll., 2016 ; FAO, 2011b) : ainsi, aujourd'hui, 75 % de la nourriture produite dans le monde l'est à partir de seulement 12 plantes et 5 espèces animales (FAO, 2004). Enfin, la pratique de la monoculture à grande échelle fait intervenir de grandes quantités d'intrants chimiques impactant directement ou indirectement les espèces et les habitats sauvages par la pollution des terres ou de l'eau (Matson et coll., 1997).

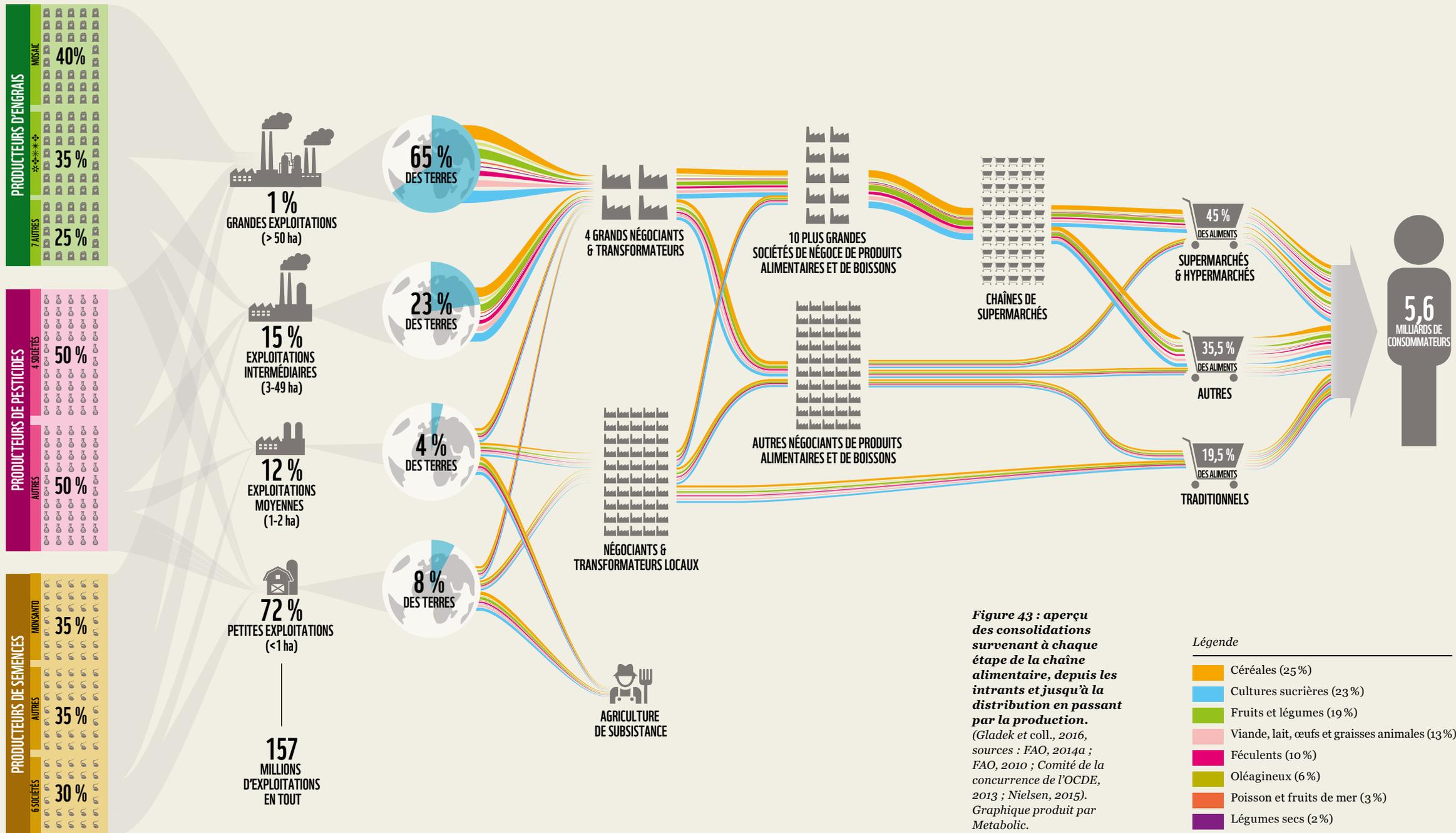


Figure 43 : aperçu des consolidations survenant à chaque étape de la chaîne alimentaire, depuis les intrants et jusqu'à la distribution en passant par la production.
 (Gladek et coll., 2016, sources : FAO, 2014a ; FAO, 2010 ; Comité de la concurrence de l'OCDE, 2013 ; Nielsen, 2015).
 Graphique produit par Metabolic.

Au-delà de renforcer les inégalités, la dynamique du pouvoir à l'œuvre mine profondément le système. Si ne serait-ce qu'une poignée d'entreprises composant la chaîne d'approvisionnement agroalimentaire devait s'effondrer, c'est le système alimentaire tout entier qui en pâtirait. La concentration des chaînes d'approvisionnement favorise aussi les blocages dans le domaine des technologies, des pratiques productives, de la recherche et de l'éducation, tout en exerçant une influence politique disproportionnée.

Parallèlement, la libéralisation fait que quelques multinationales (qu'il s'agisse de grands négociants, producteurs ou distributeurs alimentaires) dictent de plus en plus la nature et les modalités de production de l'alimentation sur le globe. La Figure 43 illustre cette chaîne alimentaire très consolidée. Dans le secteur agricole, 1% des exploitations contrôlent aujourd'hui 65% des terres (FAO, 2014). Ces grandes exploitations imposent des méthodes de production dominantes sur le marché (FAO, 2014). Les grands propriétaires et fermiers ont un rôle politique et économique prépondérant, ils sont à même de défendre leur position et leurs privilèges aux dépens des petits agriculteurs (Piketty, 2014). De même, les puissants groupes que forment les semenciers, les fabricants de pesticides et d'engrais, les négociants céréaliers et les acteurs de la grande distribution contribuent eux aussi à la persistance de systèmes alimentaires marqués par la production et la négociation de marchandises agricoles uniformes à grande échelle (IPES-Food, 2016).

En dépit de tous ces inconvénients, la synergie d'opérations menées à grande échelle a aussi quelques avantages : c'est le cas, par exemple, de l'exploitation plus efficace des ressources, mais aussi de la capacité des grandes organisations à impulser le changement. Associée à l'esprit de responsabilité, la concentration du pouvoir peut donc être synonyme d'évolutions positives (Stephan et coll., 2016) : en effet, les entreprises disposant de parts de marché élevées sont en mesure d'établir à elles seules de nouveaux référentiels et de mettre la pression sur leurs chaînes d'approvisionnement pour innover, notamment dans le sens d'une réduction des émissions.

Freins institutionnels dans le commerce

Pays développés et pays émergents recourent à un certain nombre d'outils pour protéger leurs marchés : parmi eux, les droits de douane à l'exportation, les barrières fiscales, les quotas commerciaux, les subventions à l'exportation ou les instruments de politique monétaire (Serpukhov, 2013). Représentant 22% des revenus agricoles dans les pays de l'OCDE (OCDE, 2010), les subventions donnent aux agriculteurs la possibilité d'acheter les carburants fossiles, l'eau et l'engrais à moindre coût, accentuant ainsi les distorsions du marché et consolidant l'usage de techniques de production néfastes pour l'environnement (Anderson et coll., 2013). Comme ces techniques dépendent à la fois massivement de l'automatisation (et de la consommation de carburants qui va avec) et de l'emploi de produits chimiques tirés des énergies fossiles (engrais, pesticides), le système agricole se retrouve à présent plus exposé que jamais à la volatilité du marché des combustibles fossiles. Le plus grave,



en définitive, c'est que la boucle de rétroaction ou l'effet de blocage qui y est associé, en compromet la résilience structurelle (Pfeiffer, 2006).

Freins liés à la quête du rendement maximal

La « révolution verte » a joué un rôle majeur dans l'instauration de méthodes de production agricole intensives à l'échelle du globe et la prévention des pénuries alimentaires généralisées redoutées après la Seconde Guerre mondiale. Pourtant, certaines de ces méthodes se sont retrouvées sur la sellette pour avoir engendré la dégradation de l'environnement, par exemple en érodant les sols, en polluant l'eau, l'air et les sols à cause des engrais et pesticides, ou en renforçant l'usage de ressources non renouvelables comme les combustibles fossiles (Pfeiffer, 2006). Toujours est-il que 70% de l'augmentation de la production alimentaire enregistrée dans les nations en développement entre 1960 et 2000 est attribuable à l'intensification agricole (FAO, 2003).

Le maintien de la priorité accordée à l'intensification et à la consolidation dans le système agricole global se justifie lui-même en partie par la structure de financement de la recherche et du développement agricole dans le monde. Si la R&D agricole participe toujours à la consolidation de pratiques industrielles irresponsables et écologiquement nocives, y compris celles dont les impacts environnementaux sont les plus négatifs. Les financeurs de la recherche ont un seul but : élever les gains de rendement grâce à l'utilisation d'intrants de synthèse, tels les engrais chimiques, et se fixent souvent pour objectif de maximiser les rendements à court terme au détriment des capacités productives de demain (Tilman et coll., 2002 ; Deguines et coll., 2014). Par ailleurs, les critères retenus pour évaluer la production dans le monde agricole (p. ex., rendements de certaines cultures, productivité par agriculteur) tendent à favoriser les monocultures industrielles à grande échelle (IPES-Food, 2016). Conclusion : la recherche se donne avant tout comme but de maximiser les rendements, et ce, même si les systèmes de production procurent assez peu souvent un bénéfice maximal aux agriculteurs (Vanloqueren et Barrett, 2008) et vont tout aussi rarement de pair avec un environnement sain.

Freins technologiques

Malgré le vaste éventail de méthodes de production, les verrous technologiques expliquent pourquoi le modèle productif intensif en intrants domine tant aujourd'hui. L'agriculture industrielle exigeant des investissements préalables massifs, les agriculteurs se trouvent en effet contraints d'augmenter sensiblement leur production (IPES-Food, 2016). En outre, les innovations technologiques favorisent généralement les grands producteurs du fait de leur intensité en capital et en ressources. Une fois ces investissements et mutations structurelles effectués, les agriculteurs n'ont plus d'autre choix que de suivre le cap fixé : à titre d'illustration, lorsqu'ils ont acquis un matériel onéreux, comme des engins adaptés à une monoculture particulière, il leur est logiquement difficile d'opter pour un autre système de production tant que leurs emprunts courent toujours. Quant aux alternatives disponibles, elles ne rapportent pas suffisamment de bénéfices à court terme pour être considérées comme viables (IPES-Food, 2016).

LA SAGA DU SOJA

5. Sains et soutenables, les régimes alimentaires atténuent la pression sur la nature

L'accroissement de la consommation de viande constitue le facteur principal de la folle expansion du soja. Les chiffres parlent d'eux-mêmes : si dans le monde, environ 75% du soja sert à nourrir le bétail, en Europe, le pourcentage passe à 93%. Bien que la plupart des gens pensent que la plante fait avant tout partie du menu des végétariens. En moyenne un Européen consomme pas moins de 61 kg de soja par an, le plus souvent indirectement sous la forme de produits animaux comme le poulet, le porc, le bœuf et les poissons d'élevage, mais aussi les œufs, le lait, le fromage et le yaourt. L'adoption par les pays à revenu élevé d'un régime alimentaire sain et équilibré, dans lequel la consommation de protéines animales serait ramenée au niveau recommandé par les nutritionnistes, suffirait à réduire la pression sur les écosystèmes naturels tout en bénéficiant à la santé des populations. Une telle transition doit donc être amorcée sans tarder, car la lutte contre la déforestation et la conversion des sols liés à la culture du soja ne peut plus attendre. Les consommateurs de produits alimentaires à base de soja ont l'avenir des forêts, des savanes et des prairies au bout de leur fourchette.

(source : WWF Brazil ; WWF, 2014 ; WWF, 2016b)



CHAPITRE 4 : UNE PLANÈTE RÉSILIENTE POUR LA NATURE ET POUR L'HOMME

LE DOUBLE DÉFI D'UN DÉVELOPPEMENT SOUTENABLE

Le 21^e siècle confronte l'humanité à un double défi : préserver la nature dans ses multiples formes et fonctions et créer un foyer accueillant pour les humains sur une planète finie. Ce double défi fait précisément l'objet de l'Agenda 2030 des Nations unies pour un développement durable, dont les objectifs associent les dimensions économique, sociale et écologique pour permettre le maintien de la société humaine (Figure 44). Parce qu'ils sont interconnectés, ces différents aspects doivent précisément être pensés de manière intégrée. Ainsi devons-nous d'un côté, minimiser le changement climatique tout en garantissant notre approvisionnement futur en eau douce, et de l'autre, protéger les forêts et les prairies sans oublier non plus nos océans et l'atmosphère. Toute modification apportée à l'une des facettes de la biosphère est susceptible d'affecter les autres et d'altérer du même coup l'intégralité de la biosphère. L'emploi de biocarburants, par exemple, destinés à abaisser les émissions de CO₂, a des effets défavorables sur la disponibilité alimentaire et sur l'environnement lorsque les cultures dont ils sont tirés entrent en concurrence avec les ressources terrestres, hydriques et autres. À travers lui, on comprend que le choix d'une démarche intégrée pour la gestion de notre biosphère porte la promesse d'une amélioration de la stabilité sociale, de la prospérité économique et du bien-être individuel. Nous ne parviendrons ni à bâtir un avenir juste et prospère ni à vaincre la pauvreté et améliorer la santé, dans un environnement naturel affaibli ou saccagé.

Les analyses présentées dans le rapport suggèrent que si les tendances actuelles perdurent, les Objectifs globaux de l'ONU pour le développement durable seront de plus en plus difficiles à atteindre. Nous sommes notamment mal partis pour enrayer la perte de biodiversité d'ici 2020. Un constat fondamental doit donc guider les futures stratégies de développement, modèles économiques et modes de vie : nous n'avons qu'une seule planète et son capital naturel est limité.

LES OBJECTIFS
ASSOCIENT LES
DIMENSIONS
ÉCONOMIQUE, SOCIALE
ET ÉCOLOGIQUE
POUR PERMETTRE
LE MAINTIEN DE LA
SOCIÉTÉ HUMAINE

Figure 44 : les Objectifs mondiaux de l'ONU pour le développement durable (ONU, 2015).



LES MEILLEURS CHOIX



Figure 45 : la vision « One Planet Living » du WWF
 Les bons choix exposés ci-dessus ont pour triple avantage d'assurer l'intégrité des écosystèmes, la conservation de la biodiversité et la sécurité alimentaire, hydrique et énergétique.

La vision « One Planet Living » du WWF

En décrivant les bons choix à faire pour utiliser, partager et gérer les ressources naturelles dans les limites écologiques de la Terre, la vision « One Planet Living » du WWF donne aux États la possibilité de remplir les engagements qu'ils ont pris au titre des Objectifs de développement durable (Figure 45). Vouée à mettre en place une société mondiale soutenable, elle se propose d'harmoniser les initiatives individuelles, l'action des entreprises et les politiques publiques. Quant à la philosophie inspirant la vision « One Planet Living », elle consiste à encourager les entreprises à faire converger leurs activités pour prendre une part active à la construction d'une planète saine et résiliente pour les générations futures (Kerkhof et coll., 2015 ; Cranston et coll., 2015).

Les modifications mineures destinées à améliorer l'efficacité de l'exploitation des ressources ou à réduire la pollution ne suffiront pas pour obtenir les changements colossaux qui s'imposent. En faisant les bons choix, nous parviendrons à construire un système où alimentation, eau et énergie à eau seront accessibles à tous, où la biodiversité sera sauvegardée et où l'intégrité et la résilience des écosystèmes seront garanties. Un écosystème résilient est en effet apte à absorber et à surmonter les chocs et les nuisances, à préserver la fonctionnalité et les services en s'adaptant aux perturbations et à se transformer si besoin est.

Vers un développement soutenable

Qu'entend-on exactement par bon choix ? Comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent, la réflexion systémique nous permet de toucher du doigt les causes sous-jacentes d'un développement non soutenable. Une fois qu'ont été identifiés et analysés les tendances, les structures systémiques et les schémas mentaux façonnant les aspects destructeurs de l'entreprise humaine, il est plus facile d'isoler les leviers d'action, c'est-à-dire les parties d'un système sur lesquels il convient d'agir pour obtenir le meilleur impact possible : notamment, les efforts de planification des gouvernements et des entreprises, l'innovation technologique, les négociations portant sur les accords commerciaux et l'influence des grandes organisations sociales.

L'intérêt des leviers d'actions et des stratégies correspondantes est de pouvoir déclencher une transition qui, lorsqu'elle s'effectue en douceur, modifie progressivement les structures, les attitudes et les comportements propres au système d'origine et d'introduire simultanément des innovations radicales qui transforment le système en profondeur (Kemp et Rotmans, 2005 ; Kemp et coll., 2007). Les perfectionnements incrémentaux de l'ancien système préservent et améliorent sa fonctionnalité le temps que les innovations prennent effet (Kemp et Rotmans, 2005). Au sein du système énergétique actuel, la mise au point de techniques augmentant le rendement des véhicules peut par exemple contribuer substantiellement à réduire les émissions de carbone, surtout à court terme, à moins que, leur usage allant en s'intensifiant, les émissions ne se mettent à progresser à leur tour. En tout état de cause, seule la transition vers des sources d'énergie 100 % renouvelable offrira une solution réellement pérenne. C'est pourquoi le développement, la production et l'adoption à grande échelle de véhicules électriques, tout comme la conception et la mise en œuvre généralisée de systèmes de transports verts alternatifs, font notamment partie de la solution.

POUR UNE TRANSITION DU SYSTÈME ÉCONOMIQUE MONDIAL

« Ce que nous mesurons nous renseigne sur ce que nous faisons. Si nous ne mesurons pas ce qu'il faut, nous allons faire les mauvais choix. »

Joseph Stiglitz, prix Nobel d'économie, s'exprimant au Forum économique mondial de Davos en 2016, sur les insuffisances du PIB en tant qu'indicateur de progrès.

Dans l'idéal, le système économique global devrait évoluer de façon à ce que le développement humain ne soit plus source de dégradation environnementale ni d'exclusion sociale. Pour y parvenir, un certain nombre de changements (à la fois incrémentaux et radicaux) s'imposent dans différents domaines, tels que la protection du capital naturel, la gouvernance, les flux financiers, les marchés et les systèmes énergétique et alimentaire.

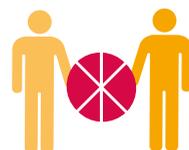
Protection du capital naturel

Au-delà de leur valeur intrinsèque, les espèces et les habitats de la Terre forment le socle des sociétés et des économies humaines. C'est ce qui justifie que les efforts doivent tout particulièrement être portés sur la protection et la restauration des grands processus écologiques nécessaires à la sécurité alimentaire, hydrique et énergétique, ainsi que sur la résilience et l'adaptation au changement climatique. Une bonne protection du capital naturel passe donc à la fois par une exploitation responsable des ressources et par un accroissement du réseau mondial d'aires protégées. Sans oublier la mise en place de mécanismes de financement permettant de gérer efficacement ces aires protégées.

Atteindre l'objectif « Zéro déforestation et dégradation nette »

Le potentiel des forêts ne sera optimisé que si nous mettons fin à la déforestation et à la dégradation forestière. Le concept « Zéro déforestation nette » laisse la porte ouverte à une évolution de la mosaïque d'utilisation des sols pour autant que la surface nette, la qualité et la densité de carbone des forêts soient préservées. La prévention de la dégradation des forêts est d'ailleurs tout aussi importante pour réduire les émissions carbonées, préserver la biodiversité et sauvegarder les services essentiels pour les êtres humains, communautés locales et groupes indigènes en tête. L'objectif « Zéro déforestation et dégradation nette » (ZNDD) correspond à une mosaïque de forêts protégées et gérées de manière responsable, associée à d'autres usages du sol comme les exploitations agricoles, les habitations et les infrastructures. C'est là que les gouvernements et les industries ont un rôle à jouer en orientant leurs stratégies et leurs politiques vers plusieurs objectifs : la prévention

UNE BONNE PROTECTION
DU CAPITAL NATUREL
PASSE DONC À LA FOIS
PAR UNE EXPLOITATION
RESPONSABLE DES
RESSOURCES ET PAR
UN ACCROISSEMENT
DU RÉSEAU MONDIAL
D'AIRES PROTÉGÉES



de la perte et de la dégradation forestière par la bonne gouvernance et le contrôle des pressions extérieures à l'origine de ces deux phénomènes ; la protection et la restauration des forêts écologiquement les plus précieuses ; l'incitation à une gestion raisonnée des forêts productives ; l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation du bois ; la réduction des déchets agricoles et issus des produits forestiers ; et l'optimisation des autres usages du sol permettant d'atténuer la pression de défrichement des forêts.

Favoriser une gestion stratégique des bassins fluviaux

Tout au long de l'histoire, les sociétés se sont attachées à exploiter les ressources fluviales en érigeant des barrages, en détournant l'eau pour irriguer les champs agricoles et en se servant des rivières comme égout de premier recours. Si ces pratiques ont sans aucun doute procuré des bienfaits sur le plan économique et social, elles ont aussi eu pour effet de fragmenter les cours d'eau, d'en interrompre le débit saisonnier et de causer une pollution massive. Les cours d'eau sont le plus souvent administrés en dehors de toute cohérence, sans prendre suffisamment en considération les impacts cumulés du développement. Une gestion stratégique du bassin mise en œuvre conjointement par les gouvernements, les communautés et les entreprises permet d'optimiser l'équilibre entre exploitation des ressources en eau et maintien des fonctions écosystémiques essentielles, tout en minimisant les coûts d'une restauration particulièrement onéreuse.

Étendre le réseau d'aires marines protégées

Le capital naturel marin doit être intégré à la comptabilité nationale et l'importance des services écosystémiques et des actifs naturels prise en considération dans les grandes décisions affectant l'environnement marin. Les aires marines protégées occupent une place de premier plan dans la conservation et la reconstitution du capital naturel des océans, ainsi que dans la consolidation de la résilience des écosystèmes marins. Comme à ce jour, seulement 3,9 % de l'ensemble des espaces océaniques bénéficient d'une forme de protection ou d'une autre (Boonzaier et Pauly, 2016), une action concertée semble indispensable pour atteindre l'objectif de biodiversité fixé par l'ONU pour 2020, qui consiste à protéger au moins 10 % des zones côtières et marines. Gouvernements, entreprises et communautés locales du monde entier peuvent tous concourir à la création de réseaux d'aires marines protégées efficacement et équitablement gérés.

Une gouvernance équitable des ressources

Les cadres juridiques et politiques doivent assurer l'équité d'accès à l'alimentation, à l'eau et à l'énergie, mais aussi stimuler la mise en œuvre de processus inclusifs permettant une gestion responsable des usages des sols et des océans. Pour cela, encore faut-il faire évoluer la définition du bien-être et de la prospérité en englobant la santé personnelle, sociale et environnementale, et privilégier une prise de décision respectant les générations futures et la valeur de la nature.

Opter pour une définition plus globale de la prospérité économique

La prise en compte de l'impact des activités humaines va nous obliger à revoir fondamentalement la manière dont nous apprécions la réussite économique et percevons le bien-être et la prospérité. En effet, le PIB, que la plupart des gouvernements souhaitent voir augmenter, ne représente que la valeur monétaire de l'ensemble des biens et services finis produits à l'intérieur des frontières d'un pays au cours d'une période donnée. D'où la nécessité, à une époque où l'attention portée au PIB est devenue excessive, de se tourner vers des indicateurs combinant performances économiques et aspirations écologiques et sociales : à ce titre, la mesure du stock et des capacités régénératives du capital naturel d'un pays permet l'évaluation des résultats économiques et des perspectives à long terme.

Prendre des décisions dans l'intérêt des générations futures

Les décideurs ne doivent plus faire abstraction de la viabilité et de la résilience à long terme. Or, actuellement, de nombreux gouvernements élaborent des politiques à court terme, ignorant les risques encourus à moyen et long termes à cause de la dégradation de l'environnement, tels l'érosion des sols, les pénuries d'eau, la pollution et la production de déchets, sans oublier l'épuisement des ressources naturelles. Les calendriers électoraux accentuent le problème en encourageant les membres de la classe politique à articuler leurs campagnes autour de politiques axées sur des bénéfices à court terme pour se faire élire ou réélire. Seule une législation inscrivant la décision politique dans la durée, indépendamment du mandat des gouvernements successifs, serait à même de remettre en cause la suprématie des solutions temporaires et des politiques à la petite semaine.

Valoriser la nature dans les décisions économiques et politiques

La valeur de la nature peut être intégrée à la majorité des processus décisionnels, tout particulièrement lorsqu'il s'agit des stratégies de développement, des infrastructures, ou de l'usage des sols, de l'eau et d'autres actifs naturels. Malgré les coûts écologiques et sociaux considérables liés à nos modes de production et de consommation, rares sont les travaux comptables comparant coûts et bénéfices à en faire mention. Toutefois, conscients du fait que l'inaction finira par compromettre le bien-être de leur société, certains décideurs tiennent compte aujourd'hui de la valeur de la nature et de ses services : au Botswana, en Colombie, au Costa Rica, en Indonésie, à Madagascar et aux Philippines, des comptes de capital naturel mesurant l'état des actifs naturels respectifs au fil du temps ont ainsi déjà été établis (Banque mondiale, 2015). En renforçant la planification de l'utilisation du sol, les gouvernements se donnent les moyens de mieux comprendre et gérer les demandes de ressources foncières et hydriques, à la fois conflictuelles et sans cesse croissantes. L'histoire récente du bassin-versant du lac Naivasha en donne un exemple pour le moins probant (voir l'encadré).

**REVOIR
FONDAMENTALEMENT
LA MANIÈRE DONT
NOUS APPRÉCIONS LA
RÉUSSITE ÉCONOMIQUE
ET PERCEVONS
LE BIEN-ÊTRE ET
LA PROSPÉRITÉ**



Des paysages résilients pour la nature et pour l'homme : le cas du lac Naivasha

La mise en œuvre d'une approche paysagère intégrée offre la possibilité de poursuivre simultanément deux objectifs auparavant inconciliables : le développement économique et la soutenabilité environnementale. L'histoire du lac Naivasha ne saurait mieux illustrer cette réalité. Deuxième plan d'eau douce du Kenya, le lac fait vivre une industrie horticole relativement développée, puisqu'elle assure quelque 70 % des exportations kényanes de fleurs coupées et pèse pour 2 à 3 % du PIB national. Au-delà de ça, il alimente une industrie de pêche, un tourisme en plein essor avec ses locations saisonnières, ainsi que des élevages laitiers et bovins. La production d'énergie géothermique s'est quant à elle rapidement accrue pour atteindre 280 MW à l'échelle nationale (Denier et coll., 2015). Principalement occupé par de petites exploitations agricoles, le bassin hydrographique du lac fournit de grandes quantités de produits frais aux marchés locaux. Forte de 650 000 personnes en 2009, sa population a beaucoup augmenté et devrait progresser de 13 % durant la décennie en cours (Pegram, 2011). Enfin, la région est réputée pour la richesse de sa biodiversité, reflétée par la multiplicité de ses désignations (site Ramsar, zone importante pour la conservation des oiseaux, château d'eau, parc national).

La diversité des parties prenantes, des zones écologiques et des activités économiques, mais aussi l'interconnexion de ses parties supérieure et inférieure, exposent ce bassin de taille relativement modeste (3 400 km²) à un risque de conflits autour de l'accès et de la qualité des ressources naturelles. La grave sécheresse de 2009 est d'ailleurs venue rappeler la nécessité de concevoir une démarche intégrée pour assurer la bonne administration de ses ressources (Denier et coll., 2015). Dans le souci de dépasser leurs divisions, les différents acteurs en jeu se sont mis autour de la table pour forger une vision commune de l'avenir du bassin du lac Naivasha et souscrire à des engagements politiques concrets (Kissinger, 2014), dont la traduction a pris la forme du Conseil de gestion du lac Naivasha (Imarisha), un partenariat public-privé constitué en 2011.

Depuis lors, les parties prenantes ont pris conjointement un certain nombre de mesures décisives en vertu d'un programme baptisé Plan d'action intégré pour les ressources aquatiques (Denier et coll., 2015). Elles ont notamment piloté le lancement d'un programme de paiement pour services environnementaux, aux termes duquel les parties prenantes implantées en aval du bassin octroient des incitations financières d'un faible montant à celles établies en amont pour qu'elles adoptent de bonnes pratiques. En 2012, 785 agriculteurs avaient adhéré au dispositif (Bymolt et Delnoyne, 2012). Les parties prenantes ont aussi conçu et élaboré un plan de distribution de l'eau dans le bassin, censé entrer en vigueur en période de stress hydrique accru (Denier et coll., 2015).

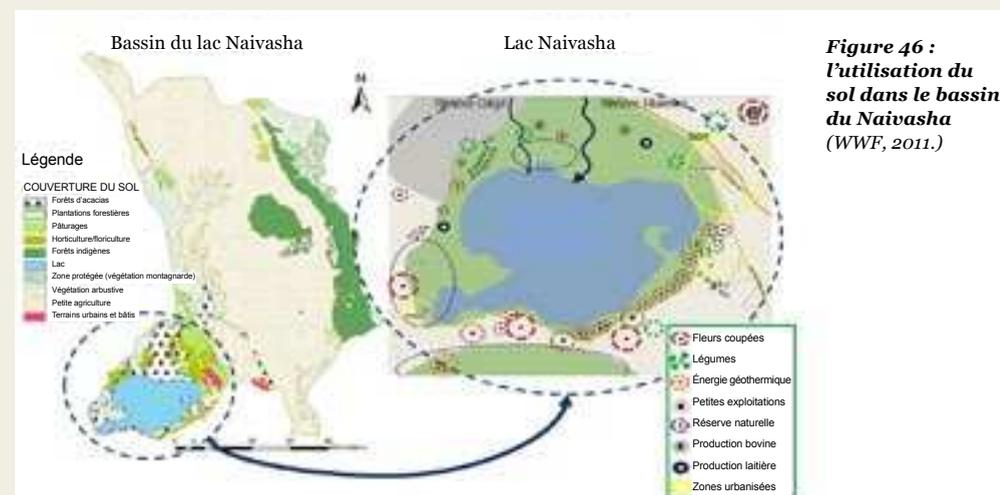


Figure 46 :
L'utilisation du
sol dans le bassin
du Naivasha
(WWF, 2011.)

Réorienter les flux financiers

Autre condition essentielle à la préservation du capital naturel et à l'existence d'un marché soutenable : des flux financiers pérennes finançant la conservation et la gestion responsable des écosystèmes. Or beaucoup d'institutions financières continuent à investir dans des activités néfastes, comme l'extraction du charbon, l'agriculture intensive et les forages pétroliers.

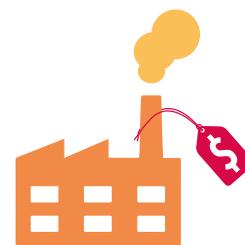
Évaluer les risques financiers sur le long terme

Étant donné l'interconnexion des demandes humaines pour la nourriture, l'eau, l'énergie et les milieux naturels, mais aussi notre dépendance envers les grands systèmes physiques et naturels de la Terre, la création d'un instrument holistique et puissant s'impose pour analyser les problèmes des entreprises et des politiques (Reynolds et Cranston, 2014). Deux raisons majeures peuvent pousser les entreprises à se préoccuper des liens nourriture-eau-énergie-environnement. Tout d'abord, la volonté d'économiser les coûts liés à la pénurie de ressources et les préjudices environnementaux causés par les inondations, les tempêtes et les sécheresses. En second lieu, la volonté d'éviter les coûts d'une réglementation de plus en plus contraignante en réaction au déclin environnemental. À cet égard, l'un des instruments employés par les politiques publiques consiste à intégrer les externalités aux bilans (Reynolds et Cranston, 2014).

À l'heure qu'il est, les marchés financiers privilégient l'obtention de revenus à court terme et la réduction des risques immédiats dans leurs décisions d'investissement. Corollairement, il y a peu d'incitations dans le secteur privé à prendre en compte les risques à long terme liés à la dégradation de l'environnement ou de renoncer à des opportunités d'investissement. Les entreprises continuent pour la plupart à investir dans des activités économiques destructrices et ont tendance à considérer comme un progrès le seul fait d'investir dans des activités un tout petit peu moins nocives (Reynolds et Cranston, 2014). D'où l'intérêt d'une évolution de la réglementation du secteur financier, qui exigerait des institutions financières qu'elles communiquent sur l'impact de leur action en matière de développement soutenable, et obligerait par là même le privé à veiller de près à la viabilité de ses opérations, dans la mesure où son accès au capital s'en verrait affecté. Autre levier d'action au fort potentiel, les schémas mentaux des investisseurs (à savoir tous les individus détenant des actifs financiers sous une forme ou sous une autre, auxquels se rattachent les institutions telles que les fonds de pension, les compagnies d'assurance et les fonds souverains) : si ces acteurs se souciaient en effet suffisamment des performances environnementales, mais aussi comprenaient l'importance de leur propre rôle dans la sauvegarde du capital naturel, ils suivraient les performances et demanderaient des comptes aux institutions financières.



IL Y A PEU D'INCITATIONS DANS LE SECTEUR PRIVÉ À PRENDRE EN COMPTE LES RISQUES À LONG TERME LIÉS À LA DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT OU DE RENONCER À DES OPPORTUNITÉS D'INVESTISSEMENT



Des marchés de production et de consommation résilients

Produire mieux et consommer plus raisonnablement, tels sont les deux prérequis à l'établissement de marchés résilients respectant le champ d'action sécurisé de notre planète, à la sauvegarde de notre santé naturelle et à la consolidation de notre bien-être économique et social. Or, c'est en optant pour une gestion responsable des ressources et en incorporant les coûts réels de la production à la chaîne de valeur que nous pourrions poursuivre ces bons choix.

Une gestion responsable des ressources

L'émergence d'une économie dans laquelle les ressources sont accessibles le plus longtemps possible et où produits et matériaux sont récupérés et régénérés en fin de vie constitue une solution au découplage du développement économique et de la dégradation de l'environnement. De même, la réduction progressive de la dépendance vis-à-vis des ressources fossiles (qui dégradent le capital naturel dont nous dépendons) et l'essor des ressources renouvelables assurant une production responsable constituent un impératif à la satisfaction des besoins humains futurs.

Cette transition impose des business models fondamentalement différents, où les entreprises dépendent des recettes générées par l'entretien d'un produit ou la réutilisation des matériaux, et non plus de celles tirées du nombre total de produits vendus. À cet égard, un durcissement réglementaire visant à favoriser l'efficacité d'utilisation des ressources et à pénaliser la pollution, par exemple en faisant évoluer le dispositif législatif ou fiscal, permettrait de mener à bien ces mutations et de stimuler les innovations voulues.

Incorporer les coûts réels

Les entreprises ont aussi un autre levier à leur disposition : la prise en compte de la valeur de la nature à leurs décisions. Faute d'action de leur part, elles peuvent y être encouragées par une réglementation appropriée, par exemple, en étant tenues de payer les coûts réels des dommages environnementaux ou de l'épuisement du capital naturel, ou soumises à des exigences de communication spécifiques en matière de développement soutenable. De même, le fait d'amener les marchés financiers à assumer la responsabilité des risques environnementaux (mais aussi financiers) découlant de l'allocation du capital aurait sans nul doute de lourdes retombées, en dehors de rééquilibrer les incitations en faveur d'un développement plus soutenable.

TRANSFORMER LES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUE ET ALIMENTAIRE

L'infléchissement de notre trajectoire en direction d'un développement plus soutenable suppose un changement en profondeur de deux systèmes majeurs : l'énergie et l'alimentation, dont les structurations et les modes opérationnels ont un impact énorme sur la biodiversité, la résilience des écosystèmes et le bien-être humain.

Vers des sources d'énergies renouvelables

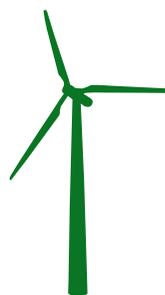
Développer les sources d'énergies renouvelables

Les combustibles fossiles constituant le premier facteur anthropique du changement climatique, il est préférable d'en laisser l'essentiel sous terre. De ce point de vue, la compétitivité croissante des énergies renouvelables constitue une excellente nouvelle. En plus de réduire les risques climatiques, la poursuite du développement et l'adoption massive et rapide des innovations dans ce domaine devraient améliorer la santé humaine, renforcer nos économies et créer des emplois remplaçant ceux perdus dans les industries fossiles. Bien que la transition planétaire vers les sources d'énergies renouvelables, tels l'éolien et le solaire, demeure une tâche gigantesque, de nombreux pays ont déjà entamé la transformation de leurs systèmes traditionnels d'approvisionnement en énergie.

Faire basculer la demande vers les énergies renouvelables

Les gouvernements peuvent mettre fin à l'usage intensif du carbone en promulguant des politiques favorisant la production d'énergie renouvelable au détriment des sources fossiles. Notons à ce propos que, si certaines institutions financières sont déjà en train de réduire les risques climatiques et font du même coup figure de pionniers de la nouvelle économie faiblement carbonée, d'autres pourraient être encouragées, moyennant des incitations ou des politiques particulières, à cesser tout investissement dans les projets d'exploitation de combustibles fossiles.

EN PLUS DE RÉDUIRE LES RISQUES CLIMATIQUES, LA POURSUITE DU DÉVELOPPEMENT ET L'ADOPTION MASSIVE ET RAPIDE DES INNOVATIONS DANS CE DOMAINE DEVRAIENT AMÉLIORER LA SANTÉ HUMAINE, RENFORCER NOS ÉCONOMIES ET CRÉER DES EMPLOIS REMPLAÇANT CEUX PERDUS DANS LES INDUSTRIES FOSSILES



LA PRODUCTION AGRICOLE EST FORTEMENT INFLUENCÉE PAR LES CHOIX DE CONSOMMATION, LES MODES DE VIE, LE GASPILLAGE ET LA DISTRIBUTION



Vers des systèmes alimentaires résilients

S'il est un but difficile mais essentiel à atteindre, c'est celui consistant à construire un système alimentaire adaptatif et résilient, capable de nous nourrir dans les limites d'une seule planète, tout en offrant des moyens de subsistance et en favorisant notre bien-être. Comme nous l'avons vu, parmi les structures propres au système alimentaire industrialisé existant, certaines ont pour effet de maintenir le *statu quo* : c'est le cas des subventions agricoles, des programmes de recherche gouvernementaux, ou encore des critères excluant les impacts écologiques, sociaux, éthiques et culturels des coûts de production. Or, ces mêmes structures représentent elles aussi des leviers d'action.

Entre autres facteurs, la production agricole se trouve fortement influencée par les choix de consommation, les modes de vie, le gaspillage et la distribution. Ainsi, la réduction des impacts écologiques de l'agriculture et du gaspillage tout au long de la chaîne alimentaire ne suffira pas : la réduction de l'empreinte de la consommation alimentaire apportera également une contribution significative à la satisfaction des besoins futurs.

Promouvoir des modes de consommation sains et responsables

Il est parfaitement possible de produire davantage d'aliments en modifiant les préférences alimentaires, notamment celles des pays à revenus élevés, caractérisées par une forte proportion de protéines animales. De même, la disponibilité alimentaire (en termes de calories, de protéines et de nutriments critiques) peut être accrue en détournant la production alimentaire des aliments pour bétail, des cultures bioénergétiques, des aliments à faible valeur nutritionnelle et des autres usages non alimentaires. Le fait d'encourager les consommateurs à opter pour des régimes sains comportant peu de protéines animales pourrait améliorer la disponibilité alimentaire et réduire les impacts environnementaux de l'agriculture. Enfin, il conviendrait de mener d'autres efforts ciblés, comme diminuer le gaspillage associé à la production et à la consommation de nos aliments produits de façon intensive, à commencer par la viande et les produits laitiers.

Diffuser les innovations de niche

Les mesures prises pour améliorer certains aspects des pratiques agricoles conventionnelles ne suffiront pas à surmonter les défis des systèmes alimentaires, tout à la fois immenses et interconnectés (IPES-Food, 2016). La bonne nouvelle, néanmoins, c'est qu'à partir de certaines innovations de niche mises au point çà et là sur le globe, ont déjà dû germer les graines d'un véritable basculement vers plus de soutenabilité. Nombreuses sont d'ailleurs les tendances prometteuses à n'avoir été au départ que des évolutions restreintes : ainsi l'agriculture biologique n'occupait-elle à ses débuts qu'un marché de niche (Smith, 2007), avant de s'épanouir dans de nombreuses régions (Darnhofer et coll., 2010). Quant aux méthodes les plus pertinentes, dont fait partie la culture en terrasses pratiquée sur le plateau de Loess en Chine pour régénérer la qualité des sols, elles contribueraient à la mise en place d'un système alimentaire global plus soutenable en se diffusant aux autres parties du globe.

Vers l'optimisation des rendements

Les méthodes de conception et de production des paysages agricoles doivent venir épauler la biodiversité fonctionnelle nécessaire à la production à long terme, et les systèmes agricoles, protéger, voire consolider les services écosystémiques qui sont essentiels à l'agriculture et à la sécurité alimentaire. Les systèmes de production n'en ressortiront que plus résilients aux impacts climatiques, aux fluctuations de la disponibilité de l'eau et aux autres perturbations. Il est recommandé aux producteurs de rechercher un équilibre optimal entre productivité et diversité dans le système pour concilier la satisfaction des besoins humains et le maintien de l'intégrité des écosystèmes. Pour cela, la quantité et le type d'intrants (produits agrochimiques et eau) doivent être écologiques dans la mesure où il s'agit d'optimiser la productivité à long terme plutôt que de maximiser la production et le bénéfice à court terme. Ce faisant, les besoins écologiques, sociaux et économiques des générations présentes et futures seront tous satisfaits.

Dans les systèmes alimentaires que nous connaissons aujourd'hui, qui dit succès dit souvent accroissement des rendements, de la production nette et de la disponibilité nette en calories (Tittonell et coll., 2016). Si, comme dans le cas du PIB, l'agriculture ne se donne comme objectif que la quantité produite par hectare ou la maximisation à court terme des rendements, et non l'optimisation de la productivité dans les limites de l'écosystème dans lequel elle s'exerce, ses perspectives risquent d'en souffrir à plus long terme. C'est pourquoi, il est important de sauvegarder la productivité à long terme, de préserver les ressources naturelles pour le futur, de garantir la résilience des rendements face aux chocs écologiques et aux épidémies et de prendre en compte l'origine et la destination finale des produits. Tous ces facteurs doivent faire l'objet d'une reconnaissance et d'une valorisation publiques et donner lieu à l'élaboration d'indicateurs de performance (De Schutter et Gliesman, 2015 ; IPES-Food, 2016).

Stimuler les pratiques agro-écologiques

Très diverses, les pratiques agricoles responsables dépendent d'un large éventail de facteurs, au rang desquels le climat, le type et la fertilité des sols, la disponibilité en eau, le régime pluviométrique, la disponibilité et les préférences technologiques, les exigences de main-d'œuvre et les facteurs culturels. Or, ce que révèlent les données récentes, c'est que les pratiques fondées sur l'agro-écologie sont capables dans le même temps de soutenir, stabiliser et améliorer les rendements, de préserver l'environnement, de fournir des emplois décents, de garantir les moyens de subsistance et de procurer des aliments variés et riches en nutriments, *a fortiori*, aux endroits où il y en a le plus besoin (De Schutter et Gliesman, 2015) (voir l'encadré ci-contre). Les projets agro-écologiques menés dans 20 pays africains ont permis de doubler le rendement des cultures en l'espace de trois à dix ans (DeSchutter, 2011). Conduite dans l'État semi-aride qu'est le Burkina Faso, une étude documente de son côté la façon dont des arbustes ligneux vivaces autochtones participent à la restauration des capacités productives des sols et rehaussent les rendements en seulement une année dans les champs des agriculteurs (Tittonell et coll., 2016).

**GARANTIR LA
PRODUCTIVITÉ SUR
LE LONG TERME,
PRÉSERVER LES
RESSOURCES
NATURELLES, PRODUIRE
DES RÉCOLTES
CAPABLES DE RÉSISTER
AUX CATASTROPHES
NATURELLES ET AUX
ÉPIDÉMIES OU ENCORE
PRENDRE EN COMPTE
L'ORIGINE ET LA
DESTINATION FINALE
DES PRODUITS, TOUT
EST IMPORTANT !**

Agro-écologie : cultiver avec la nature

Si l'agro-écologie est responsable, c'est parce qu'elle réhabilite l'agriculture moderne dans les écosystèmes dont elle est tributaire. Sa vocation est de remplacer les intrants chimiques externes par d'autres substances reproduisant les processus naturels et améliorant les interactions et les synergies biologiques bénéfiques dans l'environnement de culture. Ainsi, à titre d'illustration, plantera-t-on parfois des arbres pour donner de l'ombre aux cultures, séquestrer le carbone et procurer un habitat à des organismes utiles. Mais l'agro-écologie va plus loin en encourageant les systèmes intégrés combinant, par exemple, la production de riz et de poisson, dont l'association profite à l'une et à l'autre forme de culture lorsqu'elle s'effectue dans de bonnes conditions (De Schutter et Gliesman, 2015).

Les démarches agro-écologiques offrent des avantages significatifs sur le plan de l'efficacité des ressources et des économies de gaz à effet de serre, tout en épargnant les sols et les écosystèmes de la dégradation à long terme qu'occasionnent engrais et pesticides chimiques (Figure 47). De plus, bien qu'elle renonce à la course à la productivité, l'agro-écologie n'en demeure pas moins hautement productive. Il est possible, notamment dans les pays en développement, de maintenir, voire de faire progresser les performances si l'on prend en compte les multiples productions des systèmes intégrés (p. ex., riz et poisson). Après avoir lancé un programme massif de subventions à l'achat d'engrais chimiques il y a quelques années, le Malawi s'est à présent tourné vers l'agro-écologie. Résultat, les rendements du maïs sont passés de 1 t/ha à 2-3 t/ha, au profit de plus de 1,3 million d'habitants les plus pauvres du pays. Quant aux projets menés en Indonésie, au Vietnam et au Bangladesh, ils ont permis d'abaisser la consommation de pesticides jusqu'à 92 % dans la riziculture, et par là même d'enregistrer des économies financières et une amélioration de la santé des agriculteurs pauvres (De Schutter, 2001). Conclusion, l'agro-écologie facilite l'intensification écologique tout en garantissant la réalisation de gains de production futurs. Le recours à des intrants locaux et le recyclage des déchets en intrants réduisant significativement les coûts de production, la formule s'avère financièrement avantageuse pour les agriculteurs réfractaires au risque ou dont l'accès au crédit est limité (De Schutter et Gliesman, 2015).

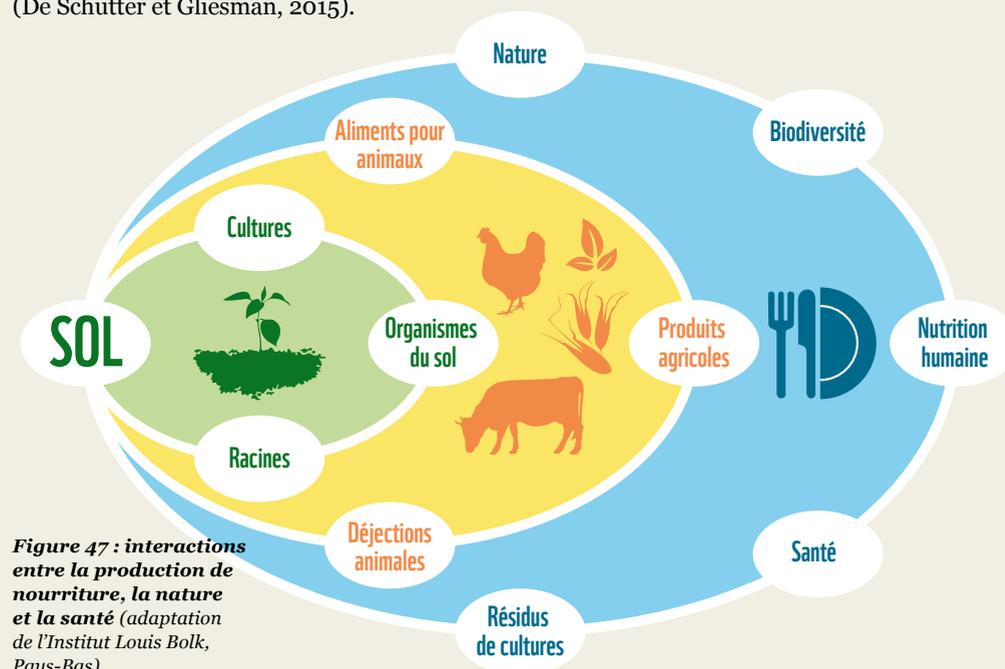


Figure 47 : interactions entre la production de nourriture, la nature et la santé (adaptation de l'Institut Louis Bolk, Pays-Bas).

Diversifier les exploitations et les paysages agricoles

Par paysage, on entend l'espace géographique à l'échelle duquel il convient d'intégrer les différentes composantes d'un système agricole résilient. L'intérêt des paysages réside dans le fait qu'ils offrent la structure écologique et les services écosystémiques nécessaires au soutien de la production agricole (Tittone et coll., 2016). Certaines pratiques agricoles responsables sont par ailleurs mises en œuvre plus efficacement à leur niveau : pour ne prendre que cet exemple, l'application à des parcelles isolées d'un programme de gestion des nuisibles, de purification et de distribution de l'eau, et de prévention de l'érosion de sols réservés à de grandes zones n'aurait absolument aucun sens (Macfadyen et coll., 2015).

La diversification des exploitations et des paysages agricoles, le renforcement de la biodiversité et la stimulation des interactions entre les différentes espèces peuvent très bien entrer dans l'élaboration de stratégies holistiques axées sur la construction d'agro-écosystèmes sains, la sauvegarde des moyens de subsistance, la protection des systèmes naturels et la préservation de la biodiversité. La diversification agricole est applicable à tous les types d'agriculture, y compris les formes d'agriculture industrielle et d'agriculture de subsistance hautement spécialisées (IPES-Food, 2016) (Figure 48).

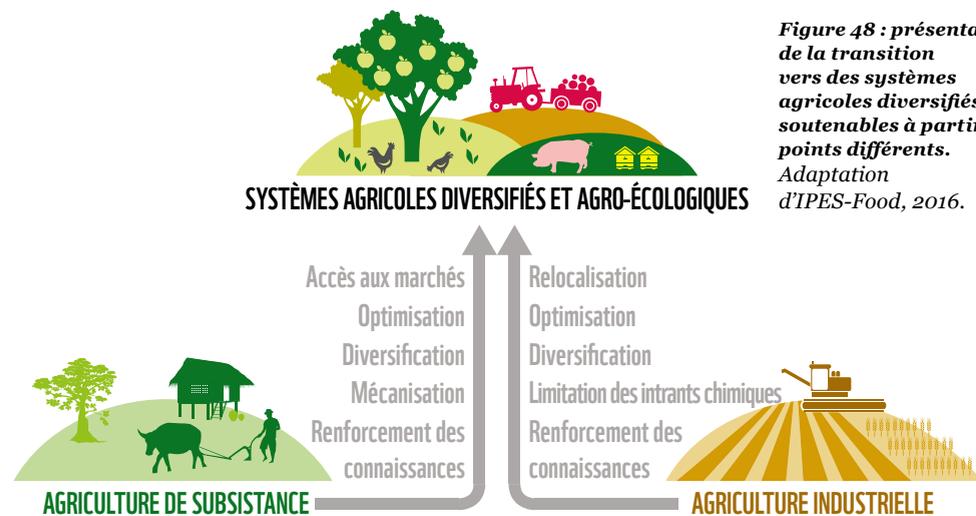


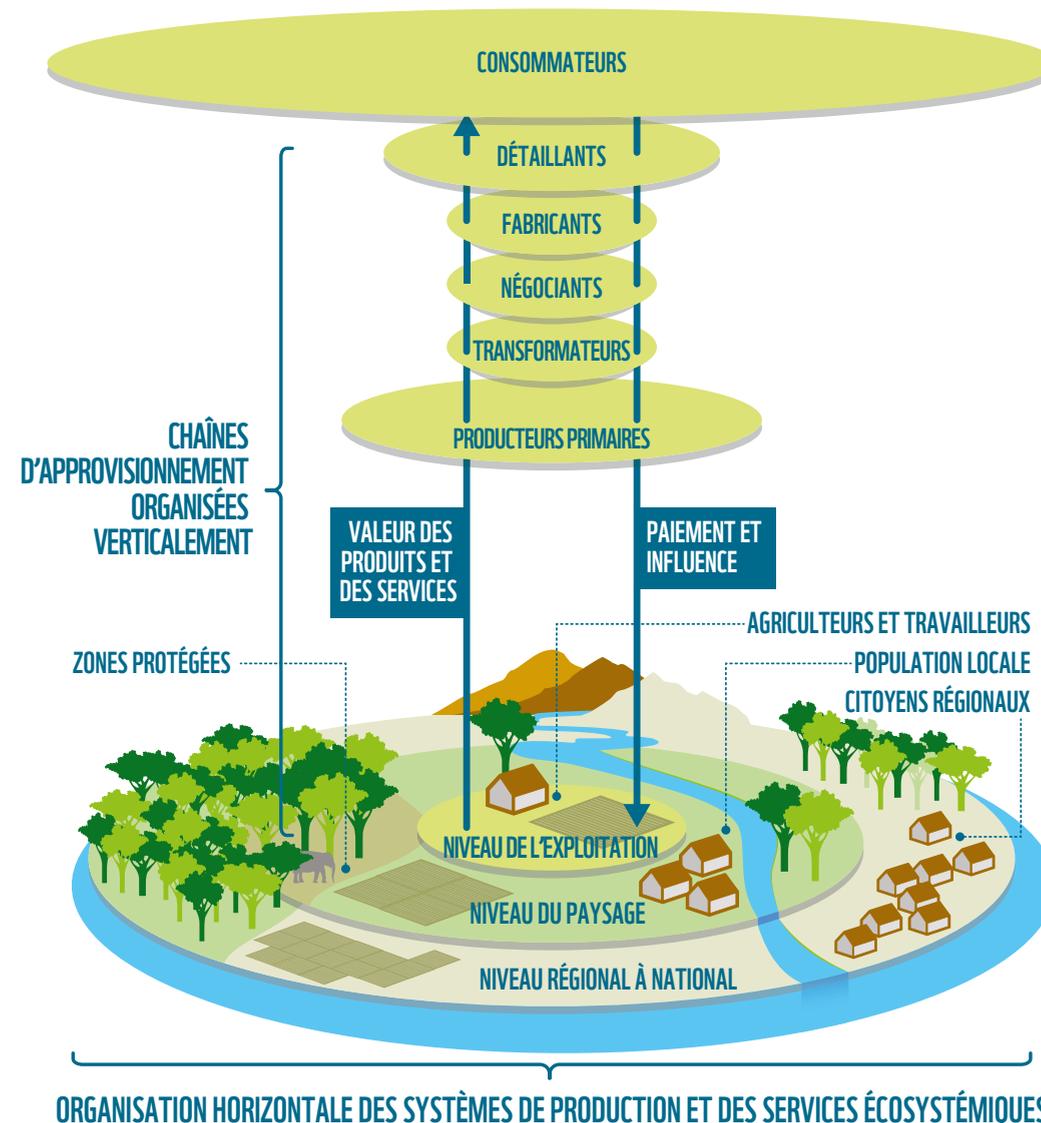
Figure 48 : présentation de la transition vers des systèmes agricoles diversifiés et soutenables à partir de points différents. Adaptation d'IPES-Food, 2016.

Promouvoir les approches paysagères dans les chaînes d'approvisionnement

Outre les agriculteurs, les autres parties prenantes de la chaîne d'approvisionnement alimentaire peuvent contribuer aux pratiques agricoles responsables et les promouvoir à l'échelon du paysage (Figure 49). Tel est le cas des distributeurs qui peuvent influencer les pratiques de production (Jennings et coll., 2015), et, par le canal des prix, alerter les consommateurs des coûts écologiques de la production, en augmentant la demande de produits responsables (Lazzarini et coll., 2001).

Les entreprises situées dans la chaîne d'approvisionnement peuvent promouvoir la diversification paysagère, qui, en réduisant la variabilité de l'offre et en améliorant la capacité à surmonter les chocs, en renforcerait mécaniquement la résilience au risque (Macfadyen et coll., 2015). De plus, les paysages associant cultures, bétail et systèmes sylvicoles au sein d'une même aire naturelle procurent des services écosystémiques à la fois plus riches et plus résilients, comme la pollinisation des cultures ou la lutte contre les nuisibles grâce à la présence de prédateurs naturels (Kremen et Miles, 2012 ; Liebman et Schulte, 2015 ; Tschardt et coll., 2005).

Figure 49 : les interactions entre la chaîne d'approvisionnement et l'approche paysagère intégrée. Adaptation de Van Oorschot et coll., 2016 ; WWF MTI, 2016.



LA VOIE À SUIVRE

Certes, les faits et les chiffres mentionnés dans ce rapport dressent une image plutôt sombre de la situation, mais il serait néanmoins faux de déclarer que l'optimisme n'est plus de mise. En effet, si nous menons à bien les transitions dont nous avons cruellement besoin, les retombées seront immenses. Heureusement, nous ne partons pas de rien. Plusieurs pays sont déjà parvenus à élever le niveau de vie de leur population avec une utilisation de ressources inférieure à celle des pays industriels. Qui plus est, le monde entier s'achemine à présent vers un consensus sur la direction à prendre : l'année 2015 aura ainsi non seulement vu l'adoption des Objectifs pour le développement durable 2030, mais également la signature par 195 pays, à l'occasion de la conférence de Paris sur le climat (COP21) tenue au mois de décembre, d'un accord mondial destiné à combattre le changement climatique et à accélérer et intensifier les actions et les investissements indispensables à un avenir faiblement carboné. Autrement dit, jamais nous n'avons pris autant conscience de l'ampleur de notre impact sur la planète, des interactions existant entre les grands systèmes écologiques et de la façon dont nous pouvons les gérer.

En dernière analyse, la solution aux inégalités sociales et à la dégradation de l'environnement se trouve dans l'application d'un nouveau paradigme global, consistant à vivre dans les Limites planétaires en dehors desquelles il n'y a point de sécurité. Il nous revient par conséquent de bâtir un nouveau système économique améliorant et soutenant le capital naturel dont nous dépendons. Au début de ce chapitre, nous avons identifié les leviers d'action nécessaires à l'organisation des transitions voulues : parmi eux, la plupart portent sur les habitudes sociétales et les structures systémiques, qu'il convient de faire évoluer soit en y apportant des changements fondamentaux, soit en encourageant la diffusion d'innovations de niche. La mutation des schémas mentaux, des attitudes sociétales et des valeurs sous-tendant les structures et les modèles à l'œuvre dans notre économie globale s'annonce pour sa part plus délicate. Comment repenser les entreprises pour qu'elles ne se contentent plus de poursuivre des bénéfices à court terme, mais œuvrent aussi désormais au progrès social et environnemental ? Comment redéfinir le développement économique pour le rendre souhaitable ? Et comment prêter moins d'attention à la richesse matérielle, lutter contre le consumérisme et la culture du gaspillage, et susciter l'intérêt des populations pour des régimes alimentaires plus responsables ? Parce qu'elles touchent au tréfonds de la société, ces transformations ne pourront se concrétiser qu'à longue échéance, selon des modalités qu'il reste encore à imaginer.

SI NOUS MENONS À BIEN LES TRANSITIONS DONT NOUS AVONS CRUELLEMENT BESOIN, LES RETOMBÉES SERONT IMMENSES

LA SOLUTION AUX INÉGALITÉS SOCIALES ET À LA DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT SE TROUVE DANS L'APPLICATION D'UN NOUVEAU PARADIGME GLOBAL, CONSISTANT À VIVRE DANS LES LIMITES PLANÉTAIRES EN DEHORS DESQUELLES IL N'Y A POINT DE SÉCURITÉ

Plus que tout autre chose, cependant, c'est le rythme auquel nous conduirons la transition vers une société plus soutenable qui déterminera pour beaucoup notre avenir : autant dire, dans ces conditions, que l'autorisation et la stimulation d'innovations majeures, mais aussi leur adoption rapide à large échelle, hâteront l'accomplissement de cet objectif. Mais soutenabilité et résilience se matérialiseront aussi beaucoup plus vite si la majorité de la population humaine vient à percevoir la valeur et les besoins d'une Terre de plus en plus fragilisée. La compréhension commune du lien unissant l'humanité et la nature pourrait alors induire un changement profond permettant à la vie de s'épanouir sous ses formes les plus variées au beau milieu de l'Anthropocène.



SOUTENABILITÉ ET RÉSILIENCE SE MATÉRIALISERONT AUSSI BEAUCOUP PLUS VITE SI LA MAJORITÉ DE LA POPULATION HUMAINE VIENT À PERCEVOIR LA VALEUR ET LES BESOINS D'UNE TERRE DE PLUS EN PLUS FRAGILISÉE

GLOSSAIRE

Biocapacité	Grandeur déterminée en prenant en compte la surface de zones terrestres et marines biologiquement productives disponibles à l'intérieur des frontières d'un pays, d'une part, leur productivité respective, d'autre part. La biocapacité est calculée pour chacun des cinq grands types d'usages : cultures, pâturages, zones de pêche (eaux marines et intérieures), forêts, terrains bâtis.
Empreinte écologique de consommation	Catégorie d'Empreinte écologique la plus fréquemment étudiée, elle se définit comme la surface permettant de répondre aux besoins de consommation d'une population définie, à savoir celle nécessaire à la fois à la production des matériaux consommés et à l'absorption des émissions de dioxyde de carbone en découlant. Elle s'exprime en hectare global (hag).
Dépassement (écologique)	On parle de <i>dépassement global</i> lorsque la demande de l'humanité vis-à-vis de la nature excède l'offre de la biosphère ou ses capacités régénératives. Cet état se traduit par l'appauvrissement du capital naturel sous-tendant la vie sur Terre et l'accumulation des déchets. Au niveau planétaire, <i>dépassement</i> et <i>déficit</i> écologique se confondent, puisque par définition, la notion d'importation nette de ressources sur la planète n'a pas de sens. Quant au <i>dépassement local</i> , il se produit lorsqu'un écosystème local est exploité plus rapidement qu'il ne se renouvelle lui-même.
Hectare global	Unité de mesure employée dans les comptes d'Empreinte écologique et de biocapacité. En créant un hectare biologiquement productif pondéré par la productivité, les chercheurs se donnent la possibilité d'exprimer à la fois la biocapacité de la Terre ou d'une région donnée et la demande de biocapacité correspondante (autrement dit, l'Empreinte écologique). Un hectare global correspond précisément à un hectare biologiquement productif présentant la productivité biologique moyenne calculée sur le globe au cours d'une année. Le calcul de l'hectare global se justifie par l'écart de productivité existant entre les différents types de sols : à titre d'exemple, un hectare global de cultures agricoles occupe une surface physique inférieure à celle d'un pâturage, d'une productivité biologique très inférieure, puisqu'il faut plusieurs hectares de pâturage pour fournir une biocapacité identique à celle procurée par un hectare de cultures. La bioproductivité mondiale variant par ailleurs légèrement d'année en année, la valeur d'un hectare global évolue elle aussi simultanément dans de faibles proportions.
Indice Planète Vivante (IPV)	L'IPV reflète l'évolution de la santé des écosystèmes de la planète en exprimant la tendance suivie par plus de 14 000 populations d'espèces de vertébrés. Tout comme un indice boursier suit la valeur d'un panier d'actions au cours du temps en agrégeant l'évolution quotidienne, l'IPV est établi en calculant d'abord le taux annuel de variation de la population de chaque espèce figurant dans la base de données, puis celui de la variation annuelle moyenne de l'effectif des différentes populations entre 1970, date à laquelle a débuté la collecte des données, et 2012, dernière date pour laquelle nous en disposons (pour en savoir plus, se reporter au supplément consacré à ce sujet).

Blocage	Propriété d'un système attribuable à une combinaison de facteurs, notamment sa dépendance de trajectoire et ses mécanismes d'auto-renforcement et de régulation, qui en entravent l'évolution vers un état différent.
Capital naturel	Stock d'actifs écologiques tels que le sol, la biodiversité et l'eau douce, procurant des bénéfices aux êtres humains.
Liste rouge de l'UICN des espèces menacées	Liste apportant des informations sur la taxonomie, le statut de conservation et la répartition des plantes, champignons et animaux ayant fait l'objet d'une évaluation globale sur la base de Catégories et de Critères particuliers. Fondée sur un mécanisme visant à déterminer le risque relatif d'extinction, la Liste rouge de l'UICN se donne avant tout de répertorier les espèces végétales et animales confrontées au risque d'extinction globale le plus élevé.
Indice Liste rouge (ILR)	Indicateur de l'évolution de la biodiversité globale. Calculé en suivant le statut des espèces relevant des Catégories de la Liste rouge de l'UICN des espèces menacées, il se propose de refléter l'évolution du risque d'extinction au fil du temps.
Résilience	Capacité d'un système socio-écologique à absorber et à surmonter un choc ou une perturbation, à maintenir sa fonctionnalité et ses services en s'adaptant aux facteurs de stress chronique, et à se transformer si nécessaire.
Cause profonde	Composante critique qui, entre autres multiples facteurs explicatifs, justifie de manière déterminante l'existence d'une problématique d'intérêt. Généralement, mais pas nécessairement assimilée au premier maillon d'une chaîne, elle doit être identifiée pour empêcher l'obtention de résultats indésirables.
Réflexion systémique	Perspective holistique de la réalité résultant de la prise de conscience de l'interdépendance des différentes composantes d'un même ensemble ainsi que du fait que le fonctionnement des ensembles complexes présentant des propriétés émergentes (p. ex., les systèmes) s'explique par les interactions se déroulant entre leurs éléments constitutifs. Érigée en discipline, elle applique un large éventail d'outils et de cadres à la compréhension, la communication et l'analyse d'enjeux transdisciplinaires, parmi lesquels le développement durable, l'ingénierie et la gestion.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AEE	Agence européenne pour l'environnement
ARMA	Modèles autorégressif et à moyenne mobile
BRICS	Groupe de cinq grandes économies nationales émergentes (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud)
CDB	Convention sur la biodiversité biologique
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction
CO₂	Dioxyde de carbone
EBCC	Conseil européen pour le recensement des oiseaux
EE	Empreinte écologique
EM	Évaluation des écosystèmes pour le millénaire
E/MSY	Extinctions par million d'espèces et par an
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAOSTAT	Division des statistiques de la FAO
GESAMP	Groupe conjoint d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin
GFN	Global Footprint Network
gha	hectare global
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GROMS	Registre mondial des espèces migratrices
ILR	Indice Liste rouge
INN	(Pêche) Illicite, non déclarée et non réglementée
IPES-Food	Groupe international d'experts sur les systèmes alimentaires durables
IPV	Indice Planète vivante
LBII	Indice d'intégrité de la biodiversité locale
LED	Diode électroluminescente
LP	Limites planétaires
MA	Million d'années
MW	Mégawatt
NASA	National Aeronautics and Space Agency (Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONU	Organisation des Nations unies
PIB	Produit intérieur brut
PIGB	Programme international géosphère-biosphère
PIKE	Proportion d'éléphants abattus illégalement
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PNUE-CMSC	Programme des Nations unies pour l'environnement – Centre mondial de surveillance de la conservation
PREDICTS	Projecting Responses of Ecological Diversity In Changing Terrestrial Systems
PV	Photovoltaïque

RSPB	Société royale de protection des oiseaux
SEI	Institut de Stockholm pour l'environnement
SRC	Centre de résilience de Stockholm
UE	Union européenne
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UISG	Union internationale des sciences géologiques
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
WET (indice)	Indice d'étendue des zones humides
WWF	Fonds mondial pour la nature
WWF-MTI	Fonds mondial pour la nature – Initiative de transformation des marchés
ZNDD	Zéro déforestation et dégradation nette
ZSL	Société zoologique de Londres

RÉFÉRENCES

- Allison, E.H., Perry, A.L., Badjeck, M.C., Adger, W.N., Brown, K., Conway, D., Halls, A.S., Pilling, G.M., Reynolds, J.D., Andrew, N.L. and N.K. Dulvy. 2009. Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish & Fisheries* 10 (2): 173-196. Doi: 10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x.
- Amundson, R., Berhe, A.A., Hopmans, J.W., Olson, C., Sztein, A.E. and D.L. Sparks. 2015. Soil and human security in the 21st century. *Science* 348, 6235. Doi: 10.1126/science.1261071.
- Anderson, K., Rausser G. and J. Swinnen. 2013. Political Economy of Public Policies: Insights from Distortions to Agricultural and Food Markets. *Journal of Economic Literature*, 51(2): 423-77. Doi: 10.1257/jel.51.2.423.
- Andreae, M.O. and Crutzen, P.J. 1997. Atmospheric aerosols: Biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science* 276: 1052-1058. Doi: 10.1126/science.276.5315.1052.
- Arneth, A., Harrison, S.P., Zaehle, S., Tsigaridis, K., Menon, S., Bartlein, P.J., Feichter, J., Korhola, A., Kulmala, M., O'Donnell, D., et al. 2010. Terrestrial biogeochemical feedbacks in the climate system. *Nature Geoscience* 3: 525- 532. Doi: 10.1038/ngeo905.
- Baillie, J.E.M., Griffiths, J., Turvey, S.T., Loh, J. and B. Collen. 2010. *Evolution Lost: status and trends of the world's vertebrates*. Zoological Society of London, London, UK.
- Balian, E.V., Segers, H., Lévêque, C. and K. Martens. 2008. The Freshwater Animal Diversity Assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia* 595 (1):627-637. Doi: 10.1007/s10750-007-9246-3.
- Barnes, R.F.W. 1999. Is there a future for elephants in West Africa? *Mammal Review* 29 (3): 175-200. Doi: 10.1046/j.1365-2907.1999.00044.x.
- Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B. and E.A. Ferrer. 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471: 51-57. Doi: 10.1038/nature09678.
- Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E.L., BurnSilver, S., Cundill, G., Dakos, V., Daw, T.M., Evans, L.S., Kotschy, K. et al. 2012. Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 421-448. Doi: 10.1146/annurev-environ-051211-123836.
- Bishop, R.C. 1978. Endangered species and uncertainty: The economics of a safe minimum standard. *American Journal of Agricultural Economics* 60 (1): 10-18. Doi: 10.2307/1240156.
- Böhm, N., Collen, B., Baillie, J.E.M., Bowles, P., Chanson, J., Cox, N., Hammerson, G., Hoffmann, M., Livingstone, S.R., Ram, M. et al. 2013. The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* 157: 372-385. Doi: 10.1016/j.biocon.2012.07.015.
- Boonzaier, L. and Pauly, D. (2016). Marine protection targets: an updated assessment of global progress. *Oryx* 50(1), pp 27-35.
- Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Katsunori, I., Larson, J., Lazarus, E., Morales, J.C., Wackernagel, M. and A. Galli. 2013. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators* 24: 518-533. Doi: 10.1016/j.ecolind.2012.08.005.
- Boucher, O., Randall, D., Artaxo, P., Bretherton, C., Feingold, G., Forster, P., Kerminen, V.-M., Kondo, Y., Liao, H., Lohmann, U., et al. 2013: Clouds and Aerosols. In: IPCC 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. Doi: 10.1017/CBO9781107415324.
- Brandi, C., 2015. Safeguarding the earth system as a priority for sustainable development and global ethics: the need for an earth system SDG. *Journal of Global Ethics* 11 (1): 32-36. Doi: 10.1080/17449626.2015.1006791.
- Brasseur, G.P., Prinn, R.G. and A.P. Pszenny (Eds.). 2003. *Atmospheric Chemistry in a Changing World. An Integration and Synthesis of a Decade of Tropospheric Chemistry Research*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. Doi: 10.1007/978-3-642-18984-5.
- British Antarctic Survey. 2016. Meteorology and Ozone Monitoring Unit 2016. *Antarctic Ozone*. Available at: www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/index.html#data [Accessed June 2016].
- Burke, L., Reyntar, K., Spalding, M. and A. Perry. 2011. *Reefs at Risk Revisited*. World Resources Institute, Washington DC, USA.
- Bymolt, R. and Delnoye, R. 2012. *Green Economic Development in Lake Naivasha Basin, Assessing potential economic opportunities for small-scale farmers*. Royal Tropical Institute, Amsterdam, Holland.
- Callaghan, T.V., Johansson, M., Prowse, T.D. et al. 2011. Arctic Cryosphere: changes and impacts. *Ambio* 40: 3-5. Doi: 10.1007/s13280-011-0210-0.
- Carpenter, S.R., and Bennett, E.M. 2011. Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environmental Research Letters* 6, 014009 1-12. Doi: 10.1088/1748-9326/6/1/014009.
- Carter, M.R. and Barrett, C.B. 2006. The economics of poverty traps and persistent poverty. An asset-based approach. *The Journal of development studies* 42 (2): 178-199.
- Cavana, R.Y. and Maani, K.E. 2000. *A Methodological Framework for Integrating Systems Thinking and System Dynamics*. In: ICSTM2000, International Conference on Systems Thinking in Management, Geelong, Australia.
- CBD. 2014a. *Global Biodiversity Outlook 4*. Montréal, Canada.
- CBD. 2014b. *An Updated Synthesis of the Impacts of Ocean Acidification on Marine Biodiversity*. Montreal, Technical Series No. 75, 99 pages.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., Garcia, A., Pringle, R.M. and T. M. Palmer. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1 (5): e1400253 1-5. Doi: 10.1126/sciadv.1400253.
- Chaudhary, A. and Kastner, T. 2016. Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Global Environmental Change* 38: 195-204. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2016.03.013.
- Chen, B., Chen, G.Q., Yang, Z.F. and M.M. Jiang. 2007. Ecological footprint accounting for energy and resource in China. *Energy Policy* 35: 1599-1609. Doi: 10.1016/j.enpol.2006.04.019.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., et al.. 2013. *Carbon and Other Biogeochemical Cycles*. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- CITES. 2016. *Trends in levels of illegal killing of elephants in Africa to 31 December 2015*. Available at www.cites.org/sites/default/files/eng/prog/MIKE/reports/MIKE_trend_update_2015.pdf [Accessed June 2016].
- Collen, B., Loh, J., Whitmee, S., McRae, L., Amin, R. and J.E.M. Baillie. 2009. Monitoring Change in Vertebrate Abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology* 23 (2): 317-327. Doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01117.x.
- Collen, B., McRae, L., Deinet, S., De Palma, A., Carranza, T., Cooper, N., Loh, J. and J.E.M. Baillie. 2011. Predicting how populations decline to extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366 (1577): 2577-2586. Doi: 10.1098/rstb.2011.0015.
- Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., Darwall, W.R.T., Pollock, C., Richman, N.I., Soulsby, A. and M. Böhm. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography* 23: 40-51. Doi: 10.1111/geb.12096.
- Collette, B.B., Carpenter, K.E., Polidoro, B.A., Juan-Jordá, M.J., Boustany, A., Die, D.J., Elfes, C., Fox, W., Graves, J., Harrison, L.R. et al. 2011. High value and long-lived: A double jeopardy for threatened tunas and billfishes. *Science* 333(6040): 291-292.

- Costanza, R., Graumlich, L. and W. Steffen (eds.). 2006. *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Cranston, G., Green, J. and H. Tranter. 2015. *Doing Business with nature: opportunities from natural Capital*. University of Cambridge. Available at: <http://www.cisl.cam.ac.uk/publications/publication-pdfs/doing-business-with-nature.pdf> [Accessed June 2016].
- Croft, S., Dawkins, E. and C. West. 2014. *Assessing physical trade flows of materials of biological origin to and from Scotland*. Joint Nature Conservation Committee Report No: 533. Joint Nature Conservation, Peterborough, UK.
- Crowards, T.M. 1998. Safe minimum standards: Costs and opportunities. *Ecological Economics* 25: 303-314. Doi: 10.1016/S0921-8009(97)00041-4.
- Croxall, J.P., Butchart, S.H.M., Lascelles, B., Stattersfield, A.J., Sullivan, B., Symes, A. and P. Taylor. 2012. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. *Bird Conservation International* 22 (1): 1-34. Doi: 10.1017/S0959270912000020.
- Crutzen, P.J. 2002. Geology of mankind. *Nature* 415 (6867): 23. Doi: 10.1038/415023a.
- Cumberlidge, N., Ng, P.K.L., Yeo, D.C.J., Magalhães, C., Campos, M.R., Alvarez, F., Naruse, T., Daniels, S.R., Esser, L.J., Attipoe, F.Y.K., Clotilde-Ba, F. et al. 2009. Freshwater crabs and the biodiversity crisis: Importance, threats, status, and conservation challenges. *Biological Conservation* 142: 1665-1673. Doi: 10.1016/j.biocon.2009.02.038.
- Cumming, G.S., Olsson, P., Chapin III, F.S. and C.S. Holling. 2013. Resilience, experimentation and scale mismatches in social-ecological landscapes. *Landscape Ecology* 28(6): 1139-1150 Doi: 10.1007/s10980-012-9725-4.
- Dallas, L.L. 2012. Short-Termism, the Financial Crisis, and Corporate Governance. *Journal of Corporation Law*. 37: 264-363. San Diego Legal Studies Paper No. 12-078.
- Darnhofer, I., Lindenthal, T., Bartel-Kratochvil, R. and W. Zollitsch. 2010. Conventionalisation of organic farming practices: from structural criteria towards an assessment based on organic principles. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30 (1): 67-81. Doi: 10.1051/agro/2009011.
- Davidson, N.C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* 65 (10): 934-941. Doi: 10.1071/MF14173.
- De Schutter, O. 2009. *International Trade in Agriculture and the Right to Food*. Dialogue on globalization. Occasional paper 46. Geneva office of Friedrich Ebert Stiftung.
- De Schutter, O. and Gliesman, S. 2015. *Agroecology is Working – But We Need Examples to Inspire Others*. Foodtank. Available at: www.foodtank.com/news/2015/09/agroecology-is-working-but-we-need-examples-to-inspire-others [Accessed June 2016].
- De Schutter, O. 2011. *Agroecology and the Right to Food*. Report presented at the 16th Session of the United Nations Human Rights Council [A/HRC/16/49].
- Deguines, N., Jono, C., Baude, M., Henry, M., Julliard, R. and C. Fontaine. 2014. Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(4):212-217. Doi: 10.1890/130054.
- Deinet, S., Ieronymidou, C., McRae, L., Burfield, I.J., Foppen, R.P., Collen, B. and M. Böhm. 2013. *Wildlife comeback in Europe: The recovery of selected mammal and bird species*. Final report to Rewilding Europe by ZSL, BirdLife International and the European Bird Census Council. London, UK: ZSL.
- Denier, L., Scherr, S., Shames, S., Chatterton, P., Hovani, L. and N. Stam. 2015. *The Little Sustainable Landscapes Book*. Global Canopy Programme, Oxford, UK.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B. and B. Collen. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345 (6195): 401-406. Doi: 10.1126/science.1251817.
- Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R. and M. Walpole. 2016. Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends index. *Biological Conservation* 193: 27-35. Doi: 10.1016/j.biocon.2015.10.023.
- Donner, S. D., Skirving, W. J., Little, C. M., Oppenheimer, M., & O. Hoegh-Guldberg. 2005. Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biology* 11(12): 2251-2265. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01073.x.
- Drijfhout, S., Bathiany, S., Beaulieu, C., Brovkin, V., Claussen, M., Huntingford, C., Scheffer, M., Sgubin, G. and D. Swingedouw. 2015. Catalogue of abrupt shifts in Intergovernmental Panel on Climate Change climate models. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(43) E5777-E5786. Doi: 10.1073/pnas.1511451112.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A., Soto, D., Stiassny, M.L.J. and C.A. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews* 81 (2): 163-182. Doi: 10.1017/S1464793105006950.
- Dulvy, N. K., Fowler, S.L., Musick, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M., Harrison, L. R., Carlson, J.K., Davidson, L.N.K., Fordham, S.V., Francis, M.P. et al. 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife* (3): e00590. Doi: 10.7554/eLife.00590.
- EBCC/ RSPB/ BirdLife/ Statistics Netherlands. 2016. *Pan-European Common Bird Monitoring Scheme*. European Bird Census Council. Available at: www.ebcc.info/index.php?ID=28 [Accessed June 2016].
- EEA. 2013. *Assessment of Global Megatrends, an Update*. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- EEA. 2015. *The European environment – state and outlook 2015 A comprehensive assessment of the European environment's state, trends and prospects, in a global context*. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- Ellis, E.C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D. and N. Ramankutty. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* 19 (5): 589-606. Doi: 10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x.
- Erismann, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., Roxana Petrescu, A.M., Leach, A.M. and W. de Vries. 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 368: 20130116. Doi: 10.1098/rstb.2013.0116.
- Erismann, J.W., J.N. Galloway; N.B. Dise; M.A. Sutton; A. Bleeker; B. Grizzetti; A.M. Leach & W. de Vries. 2015. *Nitrogen: too much of a vital resource*. Science Brief. WWF Netherlands, Zeist, The Netherlands.
- Erwin, D. H. 1994. The Permo-Triassic extinction. *Nature* 367 (6460): 231-236. Doi: 10.1038/367231a0.
- FAO. 2003. *World agriculture: towards 2015/2030*. Earthscan Publications Ltd.
- FAO. 2004. *What is Agrobiodiversity?* FAO factsheet. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO 2005-2016. *International Plan of Action to Prevent, Deter, and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing*. Available at <http://www.fao.org/fishery/iuu-fishing/en>. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. [Accessed June 2016].
- FAO. 2010. *Report of the FAO workshop on child labour in fisheries and aquaculture in cooperation with ILO*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 2011a. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy and Earthscan, London, UK.
- FAO. 2011b. *Biodiversity for Food and Agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world. Outcomes of an expert workshop held by FAO and the platform on agrobiodiversity research from 14-16 April 2010 in Rome, Italy*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO. 2013. *Food wastage footprint. Impacts on natural resources. Summary report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO. 2014. *The state of food and agriculture 2014 in brief*. FAO factsheet. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO. 2015. *FAOSTAT Agricultural Production Data*. Available at www.fao.org/faostat. Doi: 10.1016/j.fao.2015.10.023 [Accessed July 2016]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

- FAO. 2016a. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 2016b. *AQUASTAT*. Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en [Accessed June 2016].
- FAO Forestry. 2015. *Global Forest Resources Assessment (FRA2015). Desk reference*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fox, A. D., Madsen, J., Boyd, H., Kuijken, E., Norriss, D.W., Tombre, I. M. and D.A. Stroud. 2005. Effects of agricultural change on abundance, fitness components and distribution of two arctic-nesting goose populations. *Global Change Biology* 11 (6): 881–893. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.00941.x.
- Frieler, K., Meinshausen, M., Golly, A., Mengel, M., Lebek, K., Donner, S.D. and O. Hoegh-Guldberg. 2013. Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change* 3 (2): 165-170. Doi: 10.1038/nclimate1674.
- Galli, A. 2015a *Footprints*. Oxford Bibliographies. Oxford University Press, NY, USA. Doi: 10.1093/OBO/9780199363445-0046.
- Galli, A. 2015b. On the Rationale and Policy Usefulness of Ecological Footprint Accounting: the case of Morocco. *Environmental Science & Policy* 48 (21). Doi: 10.1016/j.envsci.2015.01.008.
- Galli, A., Halle, M. and N. Grunewald. 2015. Physical limits to resource access and utilisation and their economic implications in Mediterranean economies. *Environmental Science & Policy* 51: 125-136. Doi: 10.1016/j.envsci.2015.04.002.
- Galli, A., Wackernagel, M., Iha, K. and E. Lazarus. 2014. Ecological Footprint: Implications for biodiversity. *Biological Conservation* 173: 121-132. Doi: 10.1016/j.biocon.2013.10.019.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. and S. Giljum. 2012. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the Planet. *Ecological Indicators* 16: 100-112. Doi: 10.1016/j.ecolind.2011.06.017.
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., Ruiz-Jean, M.C., Fröberg, M., Stendahl, J., Philipson et al. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature communications* 4: 1340 1-8. Doi: 10.1038/ncomms2328.
- Gattuso, J.P. and Hansson, L. (eds) .2011. *Ocean Acidification*. Oxford University Press. Oxford: UK.
- Gattuso J-P., Magnan, A., Billé, R., Cheung, W.W.L., Howes, E.L., Joos, F., Allemand, D., Bopp, L., Cooley, S.R., Eakin, C.M. et al. 2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science* 349 (6243). Doi: 10.1126/science.aac4722.
- German, L., Schoneveld, G. and E. Mwangi. 2011 *Contemporary processes of large-scale land acquisition by investors: case studies from sub-Saharan Africa*. Occasional Paper 68. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- GESAMP. 2015. *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. Report. Stud. GESAMP No. 90. Doi: 10.13140/RG.2.1.3803.7925.
- Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., Ramankutty, N. and J.A. Foley. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(38): 16732–16737. Doi: 10.1073/pnas.0910275107.
- Gibbs, H.K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D.C., Noojipady, P., Soares-Filho, B., Barreto, P., Micol, L. and N.F. Walker. 2015. Brazil's Soy Moratorium. *Science* 347 (6220): 377-378. Doi: 10.1126/science.aaa0181.
- Gladek, E., Fraser, M., Roemers, G., Sabag Muñoz, O., Kennedy, E. and P. Hirsch. 2016. *The Global Food System: an Analysis*. Metabolic, Amsterdam, The Netherlands.
- Global Footprint Network. 2016. *National Footprint Accounts, 2016 Edition*. Available at: www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/blog/national_footprint_accounts_2016_carbon_makes_up_60_of_worlds_footprint. [Accessed June 2016].
- Godar, J., Persson, U. M., Tizado, E. J. and P. Meyfroidt. 2015. Towards more accurate and policy relevant footprint analyses: Tracing fine-scale socio-environmental impacts of production to consumption. *Ecological Economics* 112: 25-35. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2015.02.003.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and C. Toulmin. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327 (5967): 812–818. Doi: 10.1126/science.1185383.
- Gornitz, V. 2000. Impoundment, groundwater mining, and other hydrologic transformations: Impacts on global sea level rise. In Douglas, B.C., Kearney, M.S. and S.P. Leatherman (eds). *Sea Level Rise: History and Consequences*, pp 97-119. Academic Press, Cambridge, USA.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N. and I. Noble. 2013. Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495: 305- 307. Doi: 10.1038/495305a.
- Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A.E., MacDonald, G.K., Zarfl, C. and C. Reidy Liermann. 2015. An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters* 10 (1): 015001 1-15. Doi: 10.1088/1748-9326/10/1/015001.
- Guan, D., Hubacek, K., Weber, C.L., Peters, G.P. and D.M. Reiner. 2008. The drivers of Chinese CO₂ emissions from 1980 to 2030. *Global Environmental Change* 18 (4): 626-634. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.08.001.
- Hall, C.J., Jordaan, A. and M.G. Frisk. 2011. The historic influence of dams on diadromous fish habitat with a focus on river herring and hydrologic longitudinal connectivity. *Landscape Ecology* 26 (1): 95-107. Doi: 10.1007/s10980-010-9539-1.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R. et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342 (6160): 850-853. Doi: 10.1126/science.1244693.
- Heinze, C., Meyer, S., Goris, N., Anderson, L., Steinfeldt, R., Chang, N., Le Quéré, C. and D.C.E. Bakker. 2015. The ocean carbon sink – impacts, vulnerabilities and challenges. *Earth System Dynamics* 6 (1): 327-358. Doi: 10.5194/esd-6-327-2015.
- Hines, E.M., Strindberg, S., Junchumpoo, C., Ponnampalam, L.S., Ilangakoon, A.D., Jackson-Ricketts, J. and S. Monanunsap. 2015. Line transect estimates of Irrawaddy dolphin abundance along the eastern Gulf Coast of Thailand. *Frontiers in Marine Science* 2: 63 1-10. Doi: 10.3389/fmars.2015.00063.
- Hjorth, P. and Bagheri, A. 2006. Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. *Futures*, 38(1): 74–92. Doi: 10.1016/j.futures.2005.04.005.
- Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine & Freshwater research* 50 (8): 839-866. Doi: 10.1071/MF99078.
- Hoegh-Guldberg, O. 2015. *Reviving the Ocean Economy: the case for action – 2015*. WWF International, Gland, Switzerland.
- Hoekstra, A.Y. and Wiedmann, T.O. 2014. Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*. 344 (6188): 1114-1117. Doi: 10.1126/science.1248365.
- Hoekstra, J.M., Boucher, T.M., Ricketts, T.H. and C. Roberts. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8 (1): 23-29. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x.
- Holland, G. and Bruyere, C.L. 2014. Recent intense hurricane response to global climate change. *Climate Dynamics*. 42 (3): 617-627. Doi: 10.1007/s00382-013-1713-0.
- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A., and E. Romijn. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters*, 7: 044009. Doi: 10.1088/1748-9326/7/4/044009.
- Hubacek, K., Guan, D. and A. Barua. 2007. Changing lifestyles and consumption patterns in developing countries: A scenario analysis for China and India. *Futures* 39: 1084-1096. Doi: 10.1016/j.futures.2007.03.010.

- Hyde, D.J., Mc Govern, E. and P. Walsham (eds). 2013. *Chemical aspects of ocean acidification monitoring in the ICES marine area*. ICES Cooperative Research Report 319.
- IBGE. *Brazilian Institute of Geography and Statistics*. 2016. Available at: www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=11&i=P&c=1612 [Accessed June 2016].
- IGBP. 2016. *Great acceleration*. Available at: www.igbp.net/globalchange/greatacceleration.4.1b8ae20512db692f2a680001630.html [Accessed June 2016].
- IPCC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. Doi: 10.1017/CBO9781139177245.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- IPCC. 2014a. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Pachauri, R. and Meyer, L.A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC. 2014b. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., T.E. Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. and L.L. White. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1132 pp.
- IPES-Food. 2016. *From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems*. International Panel of Experts on Sustainable Food systems.
- IUCN. 2014. *The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2014.3*. Available at: <http://www.iucnredlist.org> [Accessed March 2015].
- IUCN. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2015-4*. Available at www.iucnredlist.org [Accessed June 2016].
- IUCN and Birdlife International. 2016. *Red List Index of species survival*.
- IUGS. 2016. *International chronostratigraphic chart*. Available at: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-04.pdf> [Accessed June 2016].
- Jablonski, D. 1994. Extinctions in the fossil record. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 344: 11-17. Doi: 10.1098/rstb.1994.0045.
- Jennings, S., Miller, S. and C. McCosker. 2015. *Landscape collaboration for sustainable land use*. National Centre for Universities and Business, London, UK.
- Jiménez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P., Jiang, T. and S.S. Mwakalila. 2014. *Freshwater resources*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 229-269.
- Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., Deguignet, M., Bertzy, B., Milam, A.N., Martinez-Lopez, J. et al. 2014. *Protected Planet Report 2014*. UNEP-WCMC. Cambridge, UK.
- Junk, W.J., An, S., Finlayson, C.M., Gopal, B., Květ, J., Mitchell, S.A., Mitsch, W.J. and R.D. Roberts. 2013. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sciences* 75 (1): 151-167. Doi: 10.1007/s00027-012-0278-z.
- Kemp, R. and Rotmans, J. 2005. The Management of the Co-Evolution of Technical, Environmental and Social Systems. In: Weber, M. and Hemmelskamp, J. *Towards Environmental Innovation Systems*: 33-55.
- Kemp, R., Loorbach, D.A. and J. Rotmans. 2007. Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 14(1): 78-91. Doi: 10.1080/13504500709469709.
- Kerkhof, A., De Boer, E., Meijer, G., Scheepmaker, J. and K. Blok. 2015. *Towards companies that perform within the earth's regenerative capacity*. Eneco-Ecofys paper. Available at: <http://www.ecofys.com/files/files/eneco-ecofys-2015-paper-one-planet-thinking.pdf> [Accessed June 2016].
- Kissinger, M., Rees, W.E. and V. Timmer. 2011. Interregional sustainability: governance and policy in an ecologically interdependent world. *Environmental Science & Policy* 14: 965-976. Doi: 10.1016/j.envsci.2011.05.007.
- Kissinger, G., Herold, M. and V. De Sy. 2012. *Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers*. Lexeme Consulting, Vancouver, Canada.
- Kissinger, G. 2014. *Financing Strategies for Integrated Landscape Investment. Integrated Landscape Initiative Analysis*. EcoAgriculture Partners, on behalf of the Landscapes for People, Food and Nature Initiative. p. 11, 15-16.
- Konefal, J., Mascarenhas, M. and M. Hatanaka. 2005. Governance in the Global Agro-food System: Backlighting the Role of Transnational Supermarket Chains. *Agriculture and Human Values* 22 (3): 291-302. Doi: 10.1007/s10460-005-6046-0.
- Kovacs, K.M., Aguilar, A., Auriolos, D., Burkanov, V., Campagna, C., Gales, N., Gelatt, T., Goldsworthy, S.D., Goodman, S.J., Hofmeyr, G.J.G et al. 2012. Global threats to pinnipeds. *Marine Mammal Science* 28(2): 414-436. Doi: 10.1111/j.1748-7692.2011.00479.x.
- Kremen, C. and Miles, A., 2012. Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society* 17 (4):40. Doi: 10.5751/ES-05035-170440.
- Kroeker K.J., Kordas, R.L., Crim, R., Hendriks, I.E., Ramajo, L., Singh, G.S., Duarte, C.M., and J-P. Gattuso. 2013. Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology*. 19, 1884-1896. Doi: 10.1111/gcb.12179.
- Kwiatkowski, L., Cox, P., Halloran, P.R., Mumby, P.J. and A.J. Wiltshire. 2015. Coral bleaching under unconventional scenarios of climate warming and ocean acidification. *Nature Climate Change* 5: 777-781. Doi: 10.1038/NCLIMATE2655.
- Lawrence, D. and Vandecar, K. 2015. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature Climate Change* 5: 27-36. Doi: 10.1038/nclimate2430.
- Lazarus, E., Lin, D., Martindill, J., Hardiman, J., Pitney, L. and A. Galli. 2015. Biodiversity Loss and the Ecological Footprint of Trade. *Diversity* 7: 170-191. Doi: 10.3390/d7020170.
- Lazzarini, S.G., Chaddad, F.R. and M.L. Cook. 2001. Integrating supply chain and network analyses: The study of netchains. *Journal on Chain and Network Science* 1(1): 7-22. Doi: 10.3920/JCNS2001.x002.
- Lenton, T. and Watson, A. 2011. *Revolutions That Made the Earth*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Lenton, T.M. and Williams, H.T.P. 2013. On the origin of planetary-scale tipping points. *Trends in Ecology & Evolution* 28 (7): 380-382. Doi: 10.1016/j.tree.2013.06.001.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L. and A. Geschke. 2012. International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486: 109-112. Doi: 10.1038/nature11145.
- Liebman, M. and Schulte, L.A., 2015. Enhancing agroecosystem performance and resilience through increased diversification of landscapes and cropping systems. *Elementa. Science of the Anthropocene*. 2. Doi: 10.12952/journal.elementa.000041.
- Lin, D., Galli, A., Borucke, M., Lazarus, E., Grunewald, N., Martindill, J., Zimmerman, D., Mancini, S., Iha, K. and M. Wackernagel. 2015. Tracking Supply and Demand of Biocapacity through Ecological Footprint Accounting. In: Dewulf, J., De Meester, S. and R.A.F. Alvarenga (eds.). *Sustainability Assessment of Renewables-Based Products: Methods and Case Studies*, pp. 179-200. Wiley, Hoboken, NJ, USA.
- Liu, J.D. 2012. *Finding Sustainability in Ecosystem Restoration*. Available at: www.permaculturenews.org/2012/11/17/finding-sustainability-in-ecosystem-restoration/ [Accessed June 2016].

- Liu, J.D. and Bradley, H. 2016. Chapter 4.8. A continuing inquiry into ecosystem restoration examples from China's Loess Plateau and locations worldwide and their emerging implications. *Land Restoration Reclaiming Landscapes for a Sustainable Future*. Pages 361–379. Doi: 10.1016/B978-0-12-801231-4.00027-6.
- Maani, K.E. and Cavana, R.Y. 2007. *Systems Thinking, System Dynamics: Managing Change and Complexity*. Pearson Education Canada; 2nd edition (6 June 2007).
- Mace, G.M., Reyers, B., Alkemade, R., Biggs, R., Chapin III, F.S., Cornell, S.E., Diaz, S., Jennings, S., Leadley, P., Mumby, P.J., et al. 2014. Approaches to defining a planetary boundary for biodiversity. *Global Environmental Change* 28: 289–297. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.07.009.
- Macfadyen, S., Tylisanakis, J.M., Letourneau, D.K., Benton, T.G., Tittone, P., Perring, M.P., Gómez-Creutzberg, C., Báldi, A., Broadhurst, L., Okabe, K. et al. 2015. The role of food retailers in improving resilience in global food supply. *Global Food Security* 7: 1–8. Doi: 10.1016/j.gfs.2016.01.001.
- MacLeod, M., Breitholtz, M., Cousins, I.T., de Wit, C.A., Persson, L.M., Rudén, C., McLachlan, M.S., 2014. Identifying Chemicals That Are Planetary Boundary Threats. *Environmental Science Technology*. 48: 11057–11063. Doi: 10.1021/es501893m.
- Mancini, M.S., Galli, A., Nicolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M. and N. Marchettini. 2016. Ecological Footprint: Refining the carbon Footprint calculation. *Ecological Indicators* 61: 390–403. Doi: 10.1016/j.ecolind.2015.09.040.
- Mariki, S.B., Svarstad, H. and T.A. Benjaminsen. 2015. Elephants over the Cliff: Explaining wildlife killings in Tanzania. *Land Use Policy* 44: 19–30. Doi: 10.1016/j.landusepol.2014.10.018.
- Matondi, P.B., Havnevik, K. and A. Beyene. 2011. *Biofuels, land grabbing and food security in Africa*. Zed Books, London, UK.
- Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A.G. and M.J. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277 (5325): 504–509. Doi: 10.1126/science.277.5325.504.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances* 2 (2): e1500323. Doi: 10.1126/sciadv.1500323.
- MEA. 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, USA.
- Miller, G.H., Brigham-Grette, J., Alley, R.B., Anderson, L., Bauch, H.A., Douglas, M.S.V., Edwards, M.E., Elias, S.A., Finney, B.P., Fitzpatrick, J.J. et al. 2013. Paleoclimate, Paleoclimate history of the Arctic. In: *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, 113–125. Doi: 10.1016/B978-0-444-53643-3.00030-3.
- Minton, G., Peter, C., Poh, A.N.Z., Ngeian, J., Braulik, G., Hammond, P.S. and A.A. Tuen. 2013. Population estimates and distribution patterns of Irrawaddy dolphins (*Orcaella brevirostris*) and Indo-Pacific finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in the Kuching Bay, Sarawak. *The Raffles Bulletin of Zoology* 61 (2): 877–888.
- Moore, D., Cranston, G., Reed, A. and A. Galli. 2012. Projecting future human demand on the Earth's regenerative capacity. *Ecological Indicators* 16: 3–10. Doi: 10.1016/j.ecolind.2011.03.013.
- Moran, D. D., Petersone, M. and F. Verones. 2016. On the suitability of input-output analysis for calculating product-specific biodiversity footprints. *Ecological Indicators* 60: 192–201. Doi: 10.1016/j.ecolind.2015.06.015.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., Börger, L., Bennett, D.J., Choimes, A., Collen, B. et al. 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520 (7545): 45–50. Doi: 10.1038/nature14324.
- Newbold, T., Hudson, L.N., Arnell, A.P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., Hill, S.L.L., Hoskins, A.J., Lysenko, I., Phillips, H.R.P. et al. 2016. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* 353 (6296): 288–291. Doi: 10.1126/science.aaf2201.
- Nguyen, N.C. and Bosch, O.J.H. 2013. A Systems Thinking Approach to identify Leverage Points for Sustainability: A Case Study in the Cat Ba Biosphere Reserve, Vietnam. *Systems Research and Behavioral Science*, 30(2), 104–115. Doi: 10.1002/sres.2145.
- Nielsen. 2015. *The future of grocery: E-commerce, digital technology and changing shopping preferences around the world*. The Nielsen Company, New York. Available at: www.nielsen.com/eu/en/insights/reports/2015/the-future-of-grocery.html [Accessed June 2016].
- Nkonya, E., Mirzabaev, A., and J. von Braun (eds). 2016. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Springer International Publishing AG, Switzerland. Doi: 10.1007/978-3-319-19168-3.
- NOAA. 2016. *El Niño prolongs longest global coral bleaching event*, Press release, Feb 23, 2016. Available at: www.noaa.gov/el-niño-prolongs-longest-global-coral-bleaching-event [Accessed June 2016].
- Nobre, A.D. 2014. *The Future Climate of Amazonia, Scientific Assessment Report*. Sponsored by CCST-INPE, INPA and ARA. São José dos Campos, Brazil. Available at: www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/The_Future_Climate_of_Amazonia_Report.pdf [Accessed June 2016].
- OECD Competition Committee. 2013. *Competition Issues in the Food Chain Industry*. Policy paper. Available at: www.oecd.org/daf/competition/CompetitionIssuesintheFoodChainIndustry.pdf [Accessed June 2016].
- OECD. 2010. *Agricultural Policies in OECD Countries 2010: At a glance*. OECD Publishing, Paris. Doi: 10.1787/agr_oecd-2010-en.
- Pacifici, M., Foden, W.B., Visconti, P., Watson, J.E.M., Butchart, S.H.M., Kovacs, K.M., Scheffers, B.R., Hole, D.G., Martin, T.G., Akçakaya, H.R. et al. 2015. Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change* 5: 215–225. Doi: 10.1038/nclimate2448.
- Parmesan, C., 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637–669. Doi: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100.
- Pauly, D. and Zeller, D. (eds) 2015. *Catch Reconstruction: concepts, methods and data sources*. Online Publication. Sea Around Us (www.seaaroundus.org). University of British Columbia, Canada.
- Pauly, D. and Zeller, D. 2016. Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications* 7 (10244). Doi: 10.1038/ncomms10244.
- Pearson, R.G., Stanton, J.C., Shoemaker, K.T., Aiello-Lammens, M.E., Ersts, P.J., Horning, N., Fordham, D.A., Raxworthy, C.J., Ryu, H.Y., McNeese, J. and H.R. Akçakaya. 2014. Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change* 4 (3): 217–221. Doi: 10.1038/NCLIMATE2113.
- Pegram, G. 2011. *Shared risk and opportunity in water resources: Seeking a sustainable future for Lake Naivasha*. WWF report. WWF International, Gland, Switzerland.
- Persson, L.M., Breitholtz, M., Cousins, I.T., De Wit, C.A., MacLeod, M. and M.S. McLachlan. 2013. Confronting Unknown Planetary Boundary Threats from Chemical Pollution. *Environmental Science & Technology* 47: 12619–12622. Doi: 10.1021/es402501c.
- Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. and O. Edenhofer. 2011. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (21): 8903–8908. Doi: 10.1073/pnas.1006388108.
- Peters, G.P., Marland, G., Le Quéré, C., Boden, T., Canadell, J.G. and M.R. Raupach. 2012. Rapid growth in CO₂ emissions after the 2008–2009 global financial crisis. *Nature Climate Change* 2: 2–4. Doi:10.1038/nclimate1332.
- Petris, G., Petrone, S. and P. Campagnoli. 2009. *Dynamic Linear Models with R*. Springer, New York, NY, USA. Doi: 10.1007/b135794.
- Pfeiffer, D.A. 2006. *Eating fossil fuels: oil, food and the coming crisis in agriculture*. New Society Publishers. Gabriola Island, Canada.
- Piketty, T. 2014. *Capital in the Twenty-First Century*. Harvard University Press, Boston, MA, USA.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., et al. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161–167. Doi: 10.1038/nature04246.

- Primack, R.B., Ibáñez, I., Higuchi, H., Lee, S.D., Miller-Rushing, A.J., Wilson, A.M., Silander, J.A. 2009. Spatial and interspecific variability in phenological responses to warming temperatures. *Biological Conservation* 142: 2569–2577. Doi: 10.1016/j.biocon.2009.06.003.
- Rabotyagov, S.S., Klingy, C.L., Gassman, P.W., Rabalais, N.N. and R.E. Turner. 2014. The Economics of Dead Zones: Causes, Impacts, Policy Challenges, and a Model of the Gulf of Mexico Hypoxic Zone. *Review of Environmental Economics and Policy* 8 (1): 58-79. Doi: 10.1093/reep/ret024.
- Ramanathan, V., Chung, C., Kim, D., Bettge, T., Buja, L., Kiehl, J.T., Washington, W.M., Fu, Q., Sikka, D.R. and M. Wild. 2005. Atmospheric brown clouds: Impacts on South Asian climate and hydrological cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (15): 5326–5333. Doi: 10.1073/pnas.0500656102.
- Raup, D.M. and Sepkoski, J.J. 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science* 215 (4539): 1501-1503.
- Raupach, M.R., Gloor, M., Sarmiento, J.L., Canadell, J.G., Frölicher, T.L., Gasser, T., Houghton, R.A., Le Quéré, C. and C.M. Trudinger. 2014. The declining uptake rate of atmospheric CO₂ by land and ocean sinks. *Biogeosciences*, 11: 3453–3475. Doi: 10.5194/bg-11-3453-2014.
- Reager, J.T., Gardner, A.S., Famiglietti, D.N., Wiese, D.N., Eicker, A. and M.-H. Lo. 2016. A decade of sea level rise slowed by climate-driven hydrology. *Science* 351 (6274): 699-703. Doi: 10.1126/science.aad8386.
- Rees, W.E. 2010. Globalization and extended eco-footprints: neo-colonialism and (un)sustainability. In: Engel, J.R., Westra, L. and K. Bosselmann (eds.). *Democracy, Ecological Integrity and International Law*, pp. 467-489. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle, UK. Doi: 10.5848/CSP.1786.00024. ISBN: 9781443817868.
- Régnier, C., Achaz, G., Lambert, A., Cowie, R.H., Bouchet, P. and B. Fontaine. 2015. Mass extinction in poorly known taxa. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (25): 7761-7766. Doi: 10.1073/pnas.1502350112.
- Reid, P.C., Fischer, A.C., Lewis-Brown, E., Meredith, M.P., Sparrow, M., Andersson, A.J., Antia, A., Bates, N.R., Bathmann, U., Beaugrand, G., et al. 2009. Chapter 1 Impacts of the Oceans on Climate Change. *Advances in Marine Biology* 56: 1-150. Doi: 10.1016/S0065-2881(09)56001-4.
- Reidy Liermann, C., Nilsson, C., Robertson, J. and R.Y. Ng. 2012. Implications of Dam Obstruction for Global Freshwater Fish Diversity. *BioScience* 62 (6): 539-548. Doi: 10.1525/bio.2012.62.6.5.
- Reif, J. 2013. Long-term trends in bird populations: a review of patterns and potential drivers in North America and Europe. *Acta Ornithologica* 48 (1): 1-16. Doi: 10.3161/000164513X669955.
- Reynolds, J. and Cranston, G. 2014. *Nexus thinking: can it slow the Great Acceleration?* Cambridge Institute for Sustainable Leadership. Available at: <http://www.cisl.cam.ac.uk/research/publications/latest-publications/nexus-thinking-can-it-slow-the-great-acceleration> [Accessed June 2016].
- Richardson, K., Steffen, W. and D. Liverman. (eds.). 2011. *Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T and S.J. The. 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3: 3263. Doi: 10.1038/srep03263.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., et al. 2009a. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecological Society* 14 (2), 32.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., et al. 2009b. A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263): 472-475. Doi: 10.1038/461472a;pmid:19779433.
- Rödger, D., Kielgast, J., Bielby, J., Schmittlein, S., Bosch, J., Garner, T.W.J., Veith, M., Walker, S., Fisher, M.C. and S. Lötters. 2009. Global Amphibian Extinction Risk Assessment for the Panzootic Chytrid Fungus. *Diversity* 1: 52-66. Doi: 10.3390/d1010052.
- Royal Society. 2005. *Ocean Acidification Due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide*. Policy Document. The Royal Society, London, UK.
- Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A.J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S.H.M., Collen, B., Cox, N., Master, L.L., O'Connor, S. and D. Wilkie. 2008. A Standard Lexicon for Biodiversity Conservation: Unified Classifications of Threats and Actions. *Conservation Biology* 22(4): 897-911. Doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00937.x.
- Sano, E.E., Rosa, R., Brito, J.L.S. and L.G. Ferreira. 2010. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 166(1): 113-124. Doi: 10.1007/s10661-009-0988-4.
- Sauer, J. R., Hines, J. E. Fallon, J.E., Pardieck, K.L., Ziolkowski Jr., D.J. and W.A. Link. 2014. *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2012*. Version 02.19.2014 USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD, USA. Available at: www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/bbs2012.html [Accessed June 2016].
- Sauer, J.R., Link, W.A., Fallon, J.E., Pardieck, K.L. and D.J. Ziolkowski Jr. 2013. The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2011: Summary Analysis and Species Accounts. *North American Fauna* 79: 1–32. Doi: 10.3996/nafa.79.0001.
- Schloegel, L.M., Picco, A.M., Kilpatrick, A.M., Davies, A.J., Hyatt, A.D. and P. Daszak. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of Batrachochytrium dendrobatidis and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). *Biological Conservation* 142(7): 1420-1426. Doi: 10.1016/j.biocon.2009.02.007.
- Schor, J.B. 2005. Prices and quantities: Unsustainable consumption and the global economy. *Ecological Economics* 55 (3): 309-320. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.07.030.
- Schuur E.A.G. , McGuire A.D., Schädel C., Grosse, G., Harden, J.W., Hayes, D.W., Hugelius, G., Koven, C.D., Kuhry, P., Lawrence, D.M. et al. 2015. Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature* 520 (7546):171–179. Doi: 10.1038/nature14338.
- Searchinger, T., Hanson, C., Ranganathan, J., Lipinski, B., Waite, R., Winterbottom, R., Dinshaw, A. and R. Heimlich. 2013. Creating a Sustainable Food Future . A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. Technical Report: *World Resources Institute*. Doi: 10.1016/S0264-8377(03)00047-4.
- Serpukhov, M. 2013. Hidden Protectionism as an Instrument of Modern International Trade Policy. *Economics of development* 2013; 68(4): 23–27.
- Sheil, D. and Murdiyoso, D. 2009. How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis. *BioScience* 59 (4): 341-347. Doi: 10.1525/bio.2009.59.4.12.
- Six K.D., Kloster S., Ilyina T., Archer S.D., Zhang K. and Maier-Reimer E. 2013. Global warming amplified by reduced sulphur fluxes as a result of ocean acidification. *Nature Climate Change* 3: 975-978. Doi: 10.1038/nclimate1981.
- Smith, A. 2007. Translating Sustainabilities between Green Niches and Socio-Technical Regimes. *Technology Analysis & Strategic Management* 19 (4):427–450. Doi: 10.1080/09537320701403334.
- Snyder, P.K. 2013. Arctic greening: Concerns over Arctic warming grow. *Nature Climate Change* 3(6): 539-540. Doi: 10.1038/nclimate1914.
- Snyder, P.K., Delire, C. and J.A. Foley. 2004. Evaluating the influence of different vegetation biomes on the global climate. *Climate Dynamics* 23 (3-4): 279–302. Doi: 10.1007/s00382-004-0430-0.
- Sörlin, S. and Warde, P. 2009. Making the Environment Historical – An Introduction. In: Sörlin, S. and Warde, P. (eds.). *Nature's End: History and the Environment*, pp. 1-19. Palgrave MacMillan, London, UK. Doi: 10.1057/9780230245099.
- Spalding, M.D., Ravilious, C. and E.P. Green. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, CA, USA.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.J., Turner II , B.L. and R.J. Wasson. 2004. *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*. The IGBP Book Series, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, USA.

- Steffen, W., Crutzen, P.J. and J.R. McNeill. 2007. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36 (8): 614-621.
Doi: 10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.o.CO;2.
- Steffen, W. and Stafford Smith, M. 2013. Planetary boundaries, equity and global sustainability: Why wealthy countries could benefit from more equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 403-408.
Doi: 10.1016/j.cosust.2013.04.007.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennet, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., De Vries, W., De Wit, C.A., et al. 2015a. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223): 1259855-1 - 1259855-10. Doi: 10.1126/science.1259855.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. and C. Ludwig. 2015b. The trajectory of the Anthropocene: the Great Acceleration. *The Anthropocene Review*. 2 (1): 81-98. Doi: 10.1177/2053019614564785.
- Steinberg, P.F. 2015. *Who Rules the Earth? How social rules shape our planet and our lives*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Stephan, U., Patterson, M., Kelly, C. and J. Mair. 2016. Organizations Driving Positive Social Change: A Review and an Integrative Framework of Change Processes. *Journal of Management* 42 (5): 1250-1281. Doi: 10.1177/0149206316633268.
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Alexander, L.V., Allen, S.K., Bindoff, N.L., Bréon, F.-M., Church, J.A., Cubasch, U., Emori, S. et al. 2013. Technical Summary. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Stranne C, Jakobsson M. and G. Björk G. 2014. Arctic Ocean perennial sea ice breakdown during the Early Holocene Insolation Maximum. *Quaternary Science Reviews* 92 123-132.
- Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetti B., de Vries, W., van Grinsven, H.J.M., Abrol, Y.P., Adhya, T.K., Billen, G. et al. 2013. *Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution*. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative.
- Tanzania Wildlife Research Institute. 2015. *Population Status of Elephant in Tanzania 2014*. TAWIRI Aerial Survey Report. Tanzania Wildlife Research Institute, Arusha, Tanzania.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
Doi: 10.1038/nature01014.
- Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten, G.L., Burgess, N.D., Butchart, S.H.M., Leadley, P.W., Regan, E.C., Alkemade, R. et al. 2014. A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* 346 (6206): 241-244. Doi: 10.1126/science.1257484.
- Tittonell, P. and Giller, K.E. 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 143, 76-90. Doi: 10.1016/j.fcr.2012.10.007.
- Tittonell, P., Klerkx, L., Baudron, F., Félix, G.F., Ruggia, A., Van Apeldoorn, D., Dogliotti, S., Mapfumo, P. and W.A.H. Rossing. 2016. Ecological Intensification: Local Innovation to Address Global Challenges. *Sustainable Agriculture Reviews* 19:1-34. Doi: 10.1007/978-3-319-26777-7_1.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. and C. Thies, 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*. 8 (8): 857-874.
Doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Córdor Golec, R. D., Ferrara, A., Rossi, S., Biancalani, R., Federici, S., Jacobs, H. and A. Flammini, A. 2014. *Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Tubiello, F.N. and Van der Velde, M. (2011). *Land water use options for climate change adaptation and mitigation in agriculture*. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) -Background Thematic Report - TR04A. FAO. GET-Carbon, New York, USA.
- Turvey, S.T., Pitman, R.L., Taylor, B.L., Barlow, J., Akamatsu, T., Barrett, L.A., Zhao, X., Reeves, R.R., Stewart, B.S., Wang, K., Wei, Z., Zhang, X., Pusser, L.T., Richlen, M., Brandon, J.R. and D. Wang. 2007. First human-caused extinction of a cetacean species? *Biology Letters* 3: 537-540. Doi: 10.1098/rsbl.2007.0292.
- UN. 2015. *The UN Global Goals for Sustainable Development*. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> [Accessed June 2016].
- UN 2016. *World population projections*. Available at: http://www.un.org/en/development/desa/population/events/pdf/other/10/World_Population_Projections_Press_Release.pdf [Accessed June 2016].
- UNCTAD. 2013. *Staples production: efficient "subsistence" smallholders are key to poverty reduction, development, and trade*. Paper for GLOBAL COMMODITIES FORUM 2013. Recommitting to commodity sector development as an engine of economic growth and poverty reduction. Geneva, Switzerland.
- UNEP. 1997. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). *World Atlas of Desertification*. Philippe Rekacewicz, UNEP/GRID-Arendal.
- UNEP. 2012. *Global Environmental Outlook-5: Environment for the future we want*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- UNEP. 2013. *Global Chemicals Outlook - Towards Sound Management of Chemicals*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- UNESCO. 2014. *Poaching puts Tanzania's Selous Game Reserve on List of World Heritage in Danger*. Unesco World Heritage Center. Available at: whc.unesco.org/en/news/1150/ [Accessed June 2016].
- UNESCO. 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a sustainable world*. UNESCO. Paris, UNESCO.
- UN-Water. 2011. *Policy Brief: Water Quality*. UN Water.
- Van den Bergh, J.C.J.M. and Grazi, F. 2014. Ecological Footprint policy? Land use as an environmental indicator. *Journal of Industrial Ecology* 18 (1): 10-19.
Doi: 10.1111/jiec.12045.
- Van den Bergh, J.C.J.M. and Grazi, F. 2015. Reply to the first systematic response by the Global Footprint Network to criticism: A real debate finally? *Ecological Indicators* 58: 458-463. Doi: 10.1016/j.ecolind.2015.05.007.
- Van Eerden, M. R., Drent, R. H., Stahl, J. and J.P. Bakker. 2005. Connecting seas: western Palearctic continental flyway for water birds in the perspective of changing land use and climate. *Global Change Biology* 11 (6): 894-908.
Doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.00940.x.
- Van Gils, J.A., Lisovski, S., Lok, T., Meissner, W., Ozarowska, A., de Fouw, J., Rakhimberdiev, E., Soloviev, M.Y., Piersma, T. and M. Klaassen. 2016. Body shrinkage due to Arctic warming reduces red knot fitness in tropical wintering range. *Science* 13 vol. 352 (6287): 819-821. Doi: 10.1126/science.aad6351.
- Van Oorschot, M., Wentink, C., Kok, M., Van Beukering, P., Kuik, O., Van Drunen, M., Van de Berg, J., Ingram, V., Judge, L., Arets, E and F. Veneklaas. 2016. *The contribution of sustainable trade to the conservation of natural capital: The effects of certifying tropical resource production on public and private benefits of ecosystem services*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, Netherlands.
- Van Swaay, C.A.M. and Van Strien, A. 2005. Using butterfly monitoring data to develop a European grassland butterfly indicator, pp. 106-108 E. Kuehn et al., eds. *Studies on the ecology and conservation of Butterflies in Europe. Vol 1: General concepts and case studies*, 1983, p.128.
- Van Swaay, C.A.M., Van Strien, A.J., Aghababayan, K., Åström, S., Botham, M., Brereton, T., Chambers, P., Collins, S., Domènech Ferrés, M. et al. 2015. *The European Butterfly Indicator for Grassland Species 1990-2013*. Report VS2015.009. De Vlinderstichting, Wageningen, The Netherlands.
- Vanlauwe, B.; Six, J.; Sanginga, N. and A.A. Adesina. 2015. Soil fertility decline at the base of rural poverty in sub-Saharan Africa. *Nature Plants* 1: 15101.
Doi: 10.1038/NPLANTS.2015.101.

- Vanloqueren, G. and Baret, P. V. 2008. Why are ecological, low input, multi resistant wheat cultivars slow to develop commercially? A Belgian agricultural 'lock-in' case study. *Ecological Economics*, 66(2-3), 436–446. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.10.007.
- Vörösmarty, C.J. and Sahagian, D. 2000. Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *BioScience* 50 (9): 753-765. Doi: 10.1641/0006-3568(2000)050[0753:ADOTTW]2.o.CO;2.
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R and P.M. Davies. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467 (7315): 555-561. Doi: 10.1038/nature09440.
- Wackernagel, M. and Rees, W.E. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Wackernagel, M., Cranston, G., Morales, J.C. and A. Galli. 2014. Ecological Footprint accounts. In: Atkinson, G., Dietz, S., Neumayer, E. and M. Agarwala (eds.). *Handbook of Sustainable Development: second revised edition*, pp. 371-398. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Glos, UK.
- Wake, D.B., Vredenburg, V.T. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (suppl. 1): 11466-11473. Doi: 10.1073/pnas.0801921105.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg O. and F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416 (6879): 389-395. Doi: 10.1038/416389a.
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Gatuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Ellis, M. et al.. 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* 351 (6269): aad2622-1-aad2622-10. Doi: 10.1126/science.aad2622.
- Weiskel, P.K., Wolock, D.M., Zarriello, P.J., Vogel, R.M., Levin, S.B. and R.M. Lent. 2014. Hydroclimatic regimes: a distributed water-balance framework for hydrologic assessment, classification, and management. *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 3855-3872. Doi: 10.5194/hess-18-3855-2014.
- Weldon, C., du Preez, L.H., Hyatt, A.D., Muller, R. and R. Speare. 2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerging Infectious Disease* 10 (12). Doi: 10.3201/eid1012.030804.
- West, C., Dawkins, E., Croft, S., Brugere, C., Sheate, W. and D. Raffaelli. 2013. *Measuring the impacts on global biodiversity of goods and services imported into the UK*. Final report. Department for Environment Food and Rural Affairs.
- White, R., Murray, S. and M. Rohweder. 2000. *Pilot analysis of global ecosystems: Grassland ecosystems*. World Resources Institute, Washington D.C, USA.
- Whitfield Gibbons, J., Scott, D.E., Ryan, T.J., Buhlmann, K.A., Tuberville, T.D., Metts, B.S., Greene, J.L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S. and C.T. Winne. 2000. The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians. *Bio Science* 50 (8): 653-666.
- WHO. 2015. *Obesity and overweight*. WHO factsheet no. 311. Available at: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html [Accessed June 2016].
- WHO/UNEP. 1994. International Programme on Chemical Safety. *Ultraviolet radiation: an authoritative scientific review of environmental and health effects of UV, with reference to global ozone layer depletion / published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection and the World Health Organization*. Geneva : World Health Organization, 2nd edition.
- Wittemyer, G., Northrup, J.M., Blanc, J., Douglas-Hamilton, I., Omondi, P. and K.P. Burnham. 2014. Illegal killing for ivory drives global decline in African elephants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (36): 13117–13121. Doi: 10.1073/pnas.1403984111.
- Wittmann, A.C. and Pörtner, H.O. 2013. Sensitivities of extant animal taxa to ocean acidification. *Nature Climate Change* 3: 995-1001. Doi: 10.1038/NCLIMATE1982.
- Woinarski, J.C.Z., Armstrong, M., Brennan, K., Fisher, A., Griffiths, A.D., Hill, B., Milne, D.J., Palmer, C., Ward, S., Watson, M., Winderlich, S., and S. Young. 2010. Monitoring indicates rapid and severe decline of native small mammals in Kakadu National Park, Northern Australia. *Wildlife Research* 37: 116–126. Doi: 10.1071/WR09125.
- World Bank. 2013. *Remarkable Declines in Global Poverty But Major Challenges Remain*. Available at: www.worldbank.org/en/news/press-release/2013/04/17/remarkable-declines-in-global-poverty-but-major-challenges-remain [Accessed June 2016].
- World Bank. 2015. *Natural Capital Accounting*. Available at: www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/environmental-economics-natural-capital-accounting. [Accessed June 2016].
- WWF. 2014. *The growth of soy. Impact and solutions*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF. 2015a. *WWF Living Blue Planet Report 2015. Species, habitats and human well-being*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF 2015b. *Seoul succeeds in WWFs Earth Hour City Challenge*. Available at: http://wwf.panda.org/wwf_news/?243831/Seoul-succeeds-in-WWFs-Earth-Hour-City-Challenge-2015 [Accessed June 2016].
- WWF 2016a. *Soy score card*. Available at: http://soyscorecard.panda.org/ [Accessed June 2016].
- WWF 2016b. *For a living Africa*. WWF International, Gland, Switzerland.
- WWF-Brazil. 2016. *Cerrado factsheet*. Available at: www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado/cerrado_in_english/ [Accessed June 2016].
- WWF/ZSL. 2016. *The Living Planet Index database*. WWF and the Zoological Society of London. Available at: www.livingplanetindex.org [Accessed 23 May 2016].
- Yool, A., Popova, E. E., Coward, A. C., Bernie, D., and T.R. Anderson. 2013. Climate change and ocean acidification impacts on lower trophic levels and the export of organic carbon to the deep ocean. *Biogeosciences*, 10: 5831-5854. Doi: 10.5194/bg-10-5831-2013.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Ivar do Sul, J.A., Corcoran, P.L., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Edgeworth, M., Galuszka, A., Jeandel, C., Leinfelder, R., et al. 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*. Doi: 10.1016/j.ancene.2016.01.002.
- Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L. and K. Tockner. 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* 77: 161-170. Doi: 10.1007/s00027-014-0377-0.

LE RÉSEAU INTERNATIONAL DU WWF

Bureaux nationaux du WWF*

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Arménie	Kenya
Australie	Laos
Autriche	Madagascar
Azerbaïdjan	Malaisie
Belgique	Mexique
Bélice	Mongolie
Bhoutan	Mozambique
Bolivie	Myanmar
Brésil	Namibie
Bulgarie	Népal
Cambodge	Norvège
Cameroun	Nouvelle-Zélande
Canada	Ouganda
Chili	Pakistan
Chine	Panama
Colombie	Papouasie-Nouvelle-Guinée
Congo (République démocratique du)	Paraguay
Corée du Sud	Pays-Bas
Croatie	Pérou
Danemark	Philippines
Emirats arabes unis	Pologne
Equateur	République centrafricaine
Espagne	Roumanie
Etats-Unis	Royaume-Uni
Fidji (îles)	Russie
Finlande	Salomon (îles)
France	Singapour
Gabon	Suède
Géorgie	Suisse
Grèce	Surinam
Guatemala	Tanzanie
Guyana	Thaïlande
Guyane française	Tunisie
Honduras	Turquie
Hong Kong	Viêtnam
Hongrie	Zambie
Inde	Zimbabwe
Indonésie	

Organisations associées du WWF

Fundación Vida Silvestre (Argentine)
Pasaules Dabas Fonds (Lettonie)
Nigerian Conservation Foundation (Nigeria)

*En juillet 2016

Détails de la publication

Version publiée en octobre 2016 par le WWF (World Wide Fund for Nature, ex-World Wildlife Fund) à Gland (Suisse). Toute reproduction intégrale ou partielle de la présente publication doit mentionner le titre ainsi que l'éditeur susmentionné pour titulaire des droits d'auteur.

Texte, photographies et graphiques :
© 2016 WWF. Tous droits réservés.

La reproduction de la présente publication à des fins pédagogiques ou à tout autre but non-lucratif est autorisée sans accord écrit préalable du détenteur des droits d'auteur, sous réserve d'en aviser préalablement le WWF par écrit et d'en mentionner la source. En revanche, sa reproduction à des fins de revente ou pour tout autre but lucratif est interdite en l'absence de consentement écrit préalable du titulaire des droits d'auteur.

Dans le présent document, ni la désignation des entités géographiques ni la présentation des informations n'impliquent l'expression d'une quelconque opinion de la part du WWF au sujet du statut juridique des pays, territoires et régions et de leurs administrations, ou encore de la délimitation de leurs frontières.

WWF International

Avenue du Mont-Blanc
1196 Gland, Switzerland
www.panda.org

Institute of Zoology

Zoological Society of London
Regent's Park, London NW1 4RY, UK
www.zsl.org/indicators
www.livingplanetindex.org

Stockholm Resilience Centre

Kräftriket,
104 05 Stockholm, Sweden
www.stockholmresilience.org

Global Footprint Network

312 Clay Street, Suite 300
Oakland, California 94607, USA
www.footprintnetwork.org

Stockholm Environment Institute

Linnégatan 87D
115 23 Stockholm, Sweden
www.sei-international.org

Metabolic

Meteorenweg 280
1035 RN Amsterdam, The Netherlands
www.metabolic.nl

RAPPORT PLANÈTE VIVANTE 2016

BIODIVERSITÉ

L'Indice Planète Vivante, qui mesure l'évolution de la biodiversité en se basant sur le suivi de 12152 populations de 3706 espèces vertébrées montre une tendance à la baisse persistante.

RISQUES

Notre exploitation des ressources a tellement augmenté, en particulier depuis le milieu du 20^{ème} siècle, qu'elle commence à endommager les écosystèmes clés dont nous dépendons tant.



ANTHROPOCÈNE

Selon les scientifiques, sous l'effet des activités humaines, nous avons quitté l'Holocène pour entrer dans une nouvelle époque géologique : l'Anthropocène.

RÉSILIENCE

Le 21^{ème} siècle met l'humanité face à un double défi : préserver la nature sous toutes ses formes et dans ses multiples fonctions et offrir aux hommes des lieux de vie accueillants et équitables sur une planète finie.



Tirage de 550 exemplaires sur Cyclus Offset 100 % recyclé 250 gr (couverture) et Cyclus Offset 100 % recyclé 140 gr (cahier intérieur), Bilan carbone : 555 g éq CO2 / exemplaire

	<p>Notre raison d'être Arrêter la dégradation de l'environnement dans le monde et construire un avenir où les êtres humains pourront vivre en harmonie avec la nature.</p> <p>panda.org</p>
---	---