



**LE VIRUS
DE LA RECHERCHE**

**TRANSITION
ENVIRONNEMENTALE**

JÉRÔME GAILLARDET ET ISABELLE BRAUD

**OBSERVER POUR COMPRENDRE
LA TERRE : LES SCIENTIFIQUES
À L'ÉPREUVE DE L'ANTHROPOCÈNE**

PUG

La série « **Transition environnementale** »
fait partie de la collection « **LE VIRUS DE LA RECHERCHE** »

Directrice de la série: Magali Talandier
Directeur de la collection: Alain Faure
Directrice de la publication: Sylvie Bigot
Mise en page: Catherine Revil

Réalisé en collaboration avec le conseil scientifique « Capitale verte et Transition »
présidé par Magali Talandier, dans le cadre de Grenoble Capitale Verte
Européenne 2022 – Plan Climat Air Énergie – Grenoble Alpes Métropole.

Publié avec le soutien de la Banque des Territoires.

ISBN 978-2-7061-5245-0 (*e-book PDF*)

ISBN 978-2-7061-5244-3 (*e-book ePub*)



TRANSITION ENVIRONNEMENTALE
UNE SÉRIE DE LA COLLECTION « VIRUS DE LA RECHERCHE »

Face à l'urgence climatique et aux défis environnementaux, les scientifiques se mobilisent !

Placée sous l'égide du conseil scientifique « Capitale verte et transition », cette nouvelle série d'e-books propose des articles inédits signés par des chercheurs de tous horizons : sciences, sciences de la terre, sciences de l'ingénieur et sciences humaines et sociales.

En lien avec les missions du conseil scientifique – qui rassemble près de 40 chercheurs de toutes les disciplines – ces textes courts visent à faire circuler les connaissances sur la question des transitions environnementales et de leurs impacts.

Tout au long de l'année 2022, les publications de la série viendront ponctuer la réflexion menée dans le cadre de la labellisation « Capitale verte européenne » attribuée par la Commission européenne au territoire grenoblois. Chaque mois, une nouvelle thématique sera traitée – le climat, l'air, l'énergie, les mobilités, l'alimentation, les villes, etc.

Les scientifiques sont des gens passionnés. Leurs textes dévoilent leur savoir et nous éclairent sur les controverses qui nourrissent ces sujets, exposant les ressorts sensibles du métier de chercheur – ses tâtonnements, ses doutes, ses énigmes mais aussi ses espoirs.

Bonne lecture à tous !

OBSERVER POUR COMPRENDRE LA TERRE : LES SCIENTIFIQUES À L'ÉPREUVE DE L'ANTHROPOCÈNE

JÉRÔME GAILLARDET, GÉOCHIMISTE (IPGP, CNRS, UNIVERSITÉ DE PARIS)
ISABELLE BRAUD, HYDROLOGUE (RIVERLY, INRAE, LYON)

Nous sommes entrés dans l'Anthropocène, le temps de l'homme devenu force géologique. Dans cette période de grandes mutations, les scientifiques qui étudient la Terre¹, comme le médecin face à son patient, sont interrogés par les politiques. Quel est l'état de la planète? En quoi son « métabolisme » est-il affecté? Quels sont les scénarios d'évolution?

Comment observer la Terre ?

La surveillance de la Terre et de sa zone critique, cette pellicule du globe située entre les roches dures et la basse atmosphère, et qui en est la zone habitable par les humains, est complexe. Elle concerne différents compartiments (l'atmosphère, les sols, les eaux de surface et souterraines, les glaciers, les lacs, les océans) et couvre différentes échelles spatiales (du local au global) et temporelles (de la minute au millénaire). Ainsi, la température de l'atmosphère terrestre et l'acidité de l'océan réagissent rapidement aux activités humaines car l'effet de serre et la dissolution du gaz carbonique dans l'océan sont des mécanismes rapides. *A contrario*, la pollution par les nitrates est une véritable bombe à retardement car les transformations affectant l'azote et ses espèces sont lentes et peuvent prendre des siècles. Un des défis pour surveiller la Terre est alors de déployer des dispositifs instrumentaux suffisamment pérennes pour documenter des chroniques longues renseignant les variations lentes, tout en ayant une fréquence d'acquisition suffisante pour en capturer les variations rapides.

1. Nous y incluons ceux qui se consacrent aux écosystèmes.

Une autre difficulté est la représentativité des mesures effectuées. L'atmosphère est assez dynamique pour être homogène, ce qui permet d'utiliser la teneur en CO₂ à Hawaï comme un indicateur global de la composition atmosphérique. En revanche, l'eau des nappes aquifères présente des temps de réponse bien plus lents et très variables d'un site à l'autre. Comment dès lors relever le défi d'une observation répartie à la fois dans l'espace pour capturer les hétérogénéités des milieux de vie et sur le temps long, un temps bien supérieur à la durée de vie de nos institutions ?

Depuis la formation de la Terre, la circulation et la transformation de l'énergie ont créé un système incroyablement complexe, animé par une multitude de processus en cascade. Cette complexité se traduit à toutes les échelles par une diversité chimique, minéralogique, topographique mais aussi par une diversité du vivant. Ces processus planétaires sont étudiés par toutes les sous-disciplines des sciences de la Terre qui visent à les décrire et les comprendre, à en déterminer les paramètres de contrôle et le rôle des organismes vivants. Mais à l'heure de l'Anthropocène, et malgré l'urgence, une grande partie de ces processus planétaires reste à découvrir. La plupart des cycles biogéochimiques (carbone, azote, phosphore et autres éléments chimiques, cycle de l'eau à l'échelle des territoires) sont à peine compris.

6 Des modèles trop limités et des savoirs trop spécialisés

Les observations et la compréhension des processus permettent de construire des modèles numériques visant à prédire les évolutions du système Terre. Ainsi, des modèles sont utilisés par le GIEC² pour prévoir l'évolution des températures terrestres et du climat dans les siècles à venir. Ils synthétisent l'état de nos connaissances des processus terrestres, mais ne peuvent pas prendre en compte leur infinie diversité. Ils sont des représentations nécessairement simplifiées de notre vision du système Terre.

Ces modèles du système Terre peinent ainsi à rendre compte de la qualité de l'eau ou de la réponse des écosystèmes, sans parler de la prise en compte des activités humaines, encore trop restreinte. D'autres modélisations, plus locales, doivent alors être utilisées pour informer les décisions territorialisées. Mais le chemin reste encore long avant que ces modèles de plus petite échelle ne soient capables d'intégrer toutes les composantes à l'œuvre.

Un obstacle tend à dominer ceux que nous venons de décrire : le morcellement disciplinaire et institutionnel des communautés scientifiques.

2. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

À l'époque d'Alexandre de Humboldt, physiciens et naturalistes se côtoyaient pour disserter sur une « philosophie du monde » mêlant les savoirs nouveaux. Il s'agissait de décrire et de comprendre le monde dans sa diversité et son unité³. Aujourd'hui, l'isolement disciplinaire est une réalité que le système académique perpétue. Rares sont les laboratoires où une science des « interstices » peut voir le jour sans gêner les étudiants dans leur recherche d'emploi ou les chercheurs dans l'obtention de financements. Cette hyperspécialisation a rendu plus difficile l'apprentissage des sciences et les a isolées des citoyens et de la prise de décision politique. En cas de crise environnementale, c'est vers une multitude de disciplines aux jargons spécifiques qu'il faut se tourner, ce qui n'aide pas à la prise de conscience de l'urgence et à des choix éclairés pour les décideurs. Toutefois, les lignes bougent.

S'organiser face à l'urgence

Dans de nombreux pays, des instituts de l'Anthropocène et des centres de la durabilité voient le jour avec le but de créer l'interdisciplinarité en alliant aux sciences de la planète les sciences humaines et sociales, les sciences politiques, les arts, etc. En France, à l'initiative du MESRI⁴, on a encouragé la création et la labellisation d'infrastructures nationales de recherche (IR). Ces dernières ont pour vocation première de simplifier la jungle des dispositifs d'observation ou instrumentaux que la recherche française finance depuis plus de 50 ans. Certaines de ces IR sont aussi porteuses, dans le domaine des sciences de la planète, d'une promesse unique de reconnexion des disciplines qui étudient la Terre compartiment par compartiment.

L'IR OZCAR (Observatoires de la zone critique, application et recherche⁵), que les auteurs coordonnent, est un exemple concret qui illustre ces dynamiques en cours. Cette infrastructure rassemble 21 observatoires labellisés par divers organismes de recherche (CNRS, INRAE, IRD, BRGM, ANDRA) comprenant plus de 60 sites instrumentés ayant tous en commun de mesurer et d'étudier la zone critique, verticalement comme latéralement le long du continuum terre-mer. Venu des États-Unis, ce concept de zone critique est à l'interface de disciplines très proches, mais qui ont développé des corpus disciplinaires et des champs sémantiques spécifiques. Il permet d'aborder conjointement les relations entre l'eau, les sols et les écosystèmes. Les sites instrumentés de l'IR OZCAR sont des lieux d'observation de long terme, construits pour étudier

3. Alexandre von Humboldt, 1845, *Kosmos, Essai d'une description physique du monde*.

4. Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

5. <https://www.ozcar-ri.org>

des questions locales d'importance sociétale (par exemple, la problématique des pluies acides dans le massif vosgien). Historiquement, ils ont été portés par des communautés de recherche alliant l'hydrologie (étude des écoulements de l'eau en surface), l'hydrogéologie (écoulement de l'eau profonde), l'hydrométéorologie, la géochimie (altération des roches, qualité des eaux), l'érosion physique, la biogéochimie (transformations affectant le carbone l'azote ou le phosphore), la glaciologie (les glaciers, sentinelles du changement global), ou bien encore la télédétection, pour laquelle les observatoires fournissent une vérité terrain.

Ce morcellement disciplinaire rend la tâche de reconnexion ardue. Il s'agit de mettre en synergie la richesse des expertises disciplinaires pour les rendre interopérables et connectées, au service d'un but commun qui est d'observer pour comprendre et vaincre le déni environnemental conscient ou inconscient de nos sociétés. En plus de « mettre ensemble » des cultures scientifiques différentes, l'IR OZCAR propose d'utiliser ces sites comme des objets communs au service des territoires afin de gommer, à terme, les séparations disciplinaires et institutionnelles pour créer une science plus systémique, une science des agencements locaux, nourrissant des modèles prédictifs régionaux, et capable d'éclairer des politiques locales.

Reconnecter les humains à leurs territoires par la science

8

Cet exemple démontre que la communauté scientifique, malgré la complexité de la tâche qui lui est demandée, peut s'imposer comme un collectif actif dans la grande transformation vers le monde plus soutenable que nous devons organiser. Pour cela, les infrastructures de recherche permettent de raisonner en termes de services rendus non seulement à la communauté scientifique mais aussi à la multitude des acteurs variés (décideurs, citoyens, ONG, collectifs) qui doivent composer le monde de demain. Les alliances de scientifiques sont donc une adaptation indispensable aux défis que pose l'Anthropocène.

Mais ce pari ne sera réussi que si la formation de nouveaux scientifiques, plus aptes à traiter des problèmes complexes de l'Anthropocène, évolue. Il est devenu plus qu'urgent de décroquer les savoirs universitaires et scolaires, de bousculer les procédures de recrutement encore très conservatrices de nos universités et des instituts de recherche, et enfin de redonner l'envie aux plus jeunes d'apprendre à observer et comprendre le monde qui les entoure, une manière de lutter contre la « virtualisation » de la société.

Découvrir d'autres titres de la collection [LE VIRUS DE LA RECHERCHE](#).