



HAL
open science

Vers une science du risque intégrée et structurée en France: La vision du GET Risques Naturels et Environnementaux de l'alliance ALLEnvi

Nicolas Eckert, Gilles Grandjean, Eric Rigolot, Denis Allard, Laure Giamberini, Didier Jourdan, Christian Mougin, Raphael Almar, Maud Devès, Philippe Garnier, et al.

► To cite this version:

Nicolas Eckert, Gilles Grandjean, Eric Rigolot, Denis Allard, Laure Giamberini, et al.. Vers une science du risque intégrée et structurée en France: La vision du GET Risques Naturels et Environnementaux de l'alliance ALLEnvi. 2024. hal-04661498

HAL Id: hal-04661498

<https://hal.inrae.fr/hal-04661498>

Preprint submitted on 24 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Vers une science du risque intégrée et structurée en France :
La vision du GET Risques Naturels et Environnementaux de l'alliance ALLEnvi**

***Towards an integrated and structured risk science in France:
The perspective of the natural and environmental risk group of the ALLEnvi alliance***

Nicolas Eckert^{[1,2]*}, Gilles Grandjean^{[3,2]*}, Eric Rigolot^[4,2], Denis Allard^[5,2], Laure Giamberini^[6,2],
Didier Jourdan^[7,2], Christian Mougin^[8,2], Maud Devès^[9,2], Raphael Almar^[10,2], Philippe Garnier^[11,2],
Hélène Hébert^[12,2], Michel Lang^[13,2], Vincent Jomelli^[14,2], Cécile Cornou^[15,2], Gaël André^[7,2]

[1] UMR IGE, INRAE / Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

[2] GET risques naturels et environnementaux ALLEnvi, France

[3], BRGM, Orléans, France

[4] URFM, INRAE, Avignon, France

[5] BioSP, INRAE, Avignon, France

[6] Université de Lorraine, CNRS, LIEC, Metz, France

[7] Shom, Brest, France

[8] Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR EcoSys, Palaiseau, France

[9] Université Paris Cité, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS UMR 7154, Paris, France

[10] IRD, LEGOS, CNRS/Université de Toulouse, IRD/CNES, Toulouse, France

[11] UR AE&CC (CRAterre), ENSAG, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

[12] CEA, DAM, DIF, Arpajon, France

[13] INRAE, UR RIVERLY, Lyon, France

[14] CEREGE, Aix en Provence, France

[15] UMR ISTERRE, IRD/ Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

*Auteurs correspondant : nicolas.eckert@inrae.fr

*En tant que co-animateurs du GET, ces auteurs ont contribué de manière égale au travail

Mots clés : Science du risque ; Risques environnementaux ; Organisation de la recherche ; Fronts de science, Interdisciplinarité

Keywords: Risk science; Environmental risks; Research organization; Research gaps; Interdisciplinarity

Résumé

Le contexte de l'anthropocène exacerbe les risques liés à l'environnement. Pour contribuer à la réduction des dommages associés, la recherche française souffre d'un cloisonnement excessif entre communautés et disciplines. Le GET « Risques naturels et environnementaux » de l'alliance ALLEnvi a œuvré entre 2018 et 2024 pour i) structurer la recherche associée à sa thématique et ii) renouveler les problématiques y afférant. Aux termes de ses activités, cet article résume la vision de ce groupe. Après un bref état des lieux de la recherche du domaine, des pistes pour une organisation plus efficace sont proposées, de même qu'un tour d'horizon des principaux verrous actuels en science des risques.

Abstract

In the context of the Anthropocene, environmental risks are exacerbated. To help reducing the associated damage, the French scientific research suffers from excessive compartmentalization between communities and disciplines. The "Natural and Environmental Risks" think tank of the ALLEnvi research alliance worked between 2018 and 2024 to i) structure French research on its topic and ii) renew related issues. At the end of the activities of the group, this article summarizes its vision. After a brief state of fate of the field, avenues for a more effective organization of research are proposed, as well as an overview of the main current research gaps in risk science.

1. Introduction

Dans un monde en rapides et profondes mutations, le changement global en cours, dans toutes ses dimensions, exacerbe les risques liés à l'environnement [UNDRR, 2019 ; WMO, 2021]: crises et catastrophes dites naturelles, perte de biodiversité et ses conséquences, risques écotoxicologiques, apparition de nouveaux pathogènes, etc. Les dommages sont amplifiés par les interconnexions grandissantes (échanges de biens et de personnes, réseaux, interactions hommes-nature, etc.) et le manque persistant de culture du risque dans les sociétés modernes. L'aversion aux risques et la demande de prévention et de protection sont également amplifiées dans un contexte de forte médiatisation des crises et des catastrophes. Le forum économique mondial pointait ainsi dès 2020 les risques liés aux évolutions climatiques et aux extrêmes météorologiques au premier rang de ses préoccupations, devant les risques liés aux troubles géopolitiques ou à l'effondrement des systèmes financiers [World Economic Forum, 2020]. Dans leur rapport 2023, les mêmes décideurs et experts internationaux anticipent que, d'ici 10 ans, les crises environnementales occuperont six des dix premières places des crises majeures [World Economic Forum, 2023].

Cette situation et la complexité des problématiques associées impliquent de profondément redynamiser la recherche dans le domaine des risques liés à l'environnement pour aborder des défis urgents : comment rendre plus cohérentes les stratégies de réduction des risques de catastrophe et d'adaptation au changement climatique, en intégrant à la fois la réduction des risques "classiques" (liés aux inondations, aux séismes, etc.) et les risques émergents liés aux conséquences des changements globaux (changement climatique, crise de la biodiversité, expansion urbaine, etc.) ? Comment maîtriser conjointement les impacts des aléas sur les sociétés humaines et les écosystèmes ? Comment améliorer la gestion des risques à la fois au niveau local, national et international, en conciliant préoccupations scientifiques, juridiques, politiques, et éthiques ? Comment hiérarchiser les actions de prévention et de remédiation avec des logiques souvent contradictoires d'arbitrages entre parties prenantes, entre court et long termes, voire entre risques eux-mêmes dans un contexte de risques multiples ? Comment anticiper et gérer efficacement des crises qui sortent du cadre familier à nos institutions du fait de leur caractère de plus en plus multidimensionnel, avec des dommages en cascade induits par les interdépendances ? Et comment, plus largement, renforcer la résilience et la gestion intégrée et dynamique des territoires ? La crise de la COVID a ainsi démontré la nécessité de considérer deux éléments clés pour une maîtrise efficace des risques : i) la prise en compte de leur caractère systémique, et ii) l'action tout au long du cycle du risque, de la prévention à la reconstruction.

C'est dans cette optique de renouvellement des questionnements que le groupe Grand Enjeu Transversal (GET) « Risques naturels et environnementaux », héritier du GT9, « Risques environnementaux, naturels, écotoxicologiques » a vu le jour au sein de l'alliance ALLEnvi¹ en 2018 avec un objectif de transversalité. En effet, comme souligné dans le bilan de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) sur les risques naturels [Lieutaud et al., 2020], l'aspect interdisciplinaire et intersectoriel est primordial dans le domaine des risques. La science des risques n'est donc pas une juxtaposition d'expertises disciplinaires permettant de comprendre les diverses facettes d'un risque, mais une problématisation commune de l'objet risque. Entre 2018 et 2024, le GET « Risques naturels et environnementaux » a rassemblé une vingtaine de spécialistes d'horizons différents issus des grands organismes et universités fédérés au sein d'ALLEnvi. L'enjeu, pour ce GET, était de mieux comprendre les dysfonctionnements des socio-écosystèmes complexes exposés et de porter des réflexions permettant de renforcer et renouveler la recherche sur les risques associés. Le GET a ainsi rempli une mission de conseil à la définition de la Stratégie Nationale de la Recherche (SNR) auprès de l'ANR qui la met en œuvre, en fédérant les compétences et les efforts associés. Le GET est intervenu également

¹Une des 5 alliances thématiques destinées à structurer la recherche française entre 2009 et 2024. Durant sa période d'existence, elle fédérait, programmait et coordonnait la recherche environnementale française pour relever différents grands défis sociétaux – alimentation, eau, climat, biodiversité, océan, risques – et anticiper leurs évolutions.

dans la projection internationale de cette stratégie au sein de différentes structures comme le Belmont Forum², de même que dans sa déclinaison par les structures d'interface comme l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles et Technologiques (AFCPNT). Au cours des années 2021-23, le GET a été fortement mobilisé dans l'émergence des PEPR³, dont le PEPR IRIMA⁴ (désormais formellement Programme de recherche exploratoire Risques) dédié à la prise en compte intégrée des risques naturels et technologiques dans le contexte de l'anthropocène.

Le périmètre qu'a couvert le GET est celui des risques environnementaux pour la vie et la santé humaine, les habitations, les infrastructures critiques et les écosystèmes, incluant notamment les risques dits naturels (hydro-climatiques, gravitaires, telluriques), les risques sanitaires, les risques écologiques et écotoxicologiques, et les risques multiples et en cascade, dont les risques Natech⁵ (Figure 1). Ce périmètre inclut les catastrophes et les crises susceptibles d'en résulter. En termes de dynamique, les risques environnementaux sont récurrents et bien « visibles », plus ou moins diffus ou émergents, et leur survenue peut être soudaine ou à dynamique lente. Le GET a traité aussi bien des composantes danger/aléa que de vulnérabilité, d'exposition ou de résilience des territoires dans le contexte des changements globaux. De même, le GET s'est intéressé à l'ensemble du cycle du risque, depuis la prévention jusqu'à l'adaptation, en incluant l'anticipation, la prévision, la gestion de crise ainsi que l'aide à la décision à toutes les étapes de ce cycle. Les problématiques abordées ont inclus, par exemple, la chaîne observation/surveillance/alerte/temps de crise/restauration, la prise en compte et la quantification des incertitudes, l'interface science/société, l'organisation de l'expertise et des cadres réglementaires liés aux risques, les représentations et la culture du risque ainsi que les risques pour les socio-écosystèmes dans leur globalité. Cette vision holistique s'est faite dans une perspective résolument interdisciplinaire : géosciences et sciences du climat, écotoxicologie et écologie, sciences humaines et sociales, analyse des systèmes dynamiques, modélisation statistique et numérique, retour d'expérience, etc. Le périmètre du GET a donc été large, plus large, par exemple que celui du PEPR IRIMA puisqu'incluant explicitement la problématique des risques pour l'environnement, ce qui l'a rendu propice à l'émergence de questionnements et d'approches transverses.

Aux termes de ses activités, en guise de contribution à l'émergence et au renforcement d'une science du risque à la hauteur des enjeux et des besoins associés, le GET propose avec la suite de cet article une synthèse de sa vision de la problématique des risques naturels et environnementaux. Après un bref état des lieux de la recherche du domaine, des pistes pour une organisation plus efficace sont proposées, de même qu'un tour d'horizon des principaux verrous actuels en science des risques.

²Structure d'interface internationale mobilisant le financement de la recherche sur les changements environnementaux et les sciences de la durabilité.

³Programmes et Équipements Prioritaires de Recherche. Action dédiée au financement de la recherche au sein du volet de France 2030, dit « Financement des investissements stratégiques ». Les PEPRs visent à consolider un leadership français dans des domaines scientifiques liés ou susceptibles d'être liés à une transformation technologique, économique, sociétale, sanitaire ou environnementale et qui sont considérés comme prioritaires au niveau national ou européen.

⁴Integrated Risk Management at the Anthropocene era, co-piloté par le BRGM, le CNRS et l'Université Grenoble-Alpes, doté d'un budget de 51,9 millions d'euros sur 8 ans (2023-2030) par France 2023, et rassemblant plus de 30 institutions et laboratoires partenaires.

⁵Risques impliquant un aléa naturel et un aléa lié à l'anthropisation déclenché par l'aléa naturel, l'exemple type étant le séisme de Tohoku en 2011 et le tsunami et l'accident nucléaire de Fukushima qui en ont résulté.

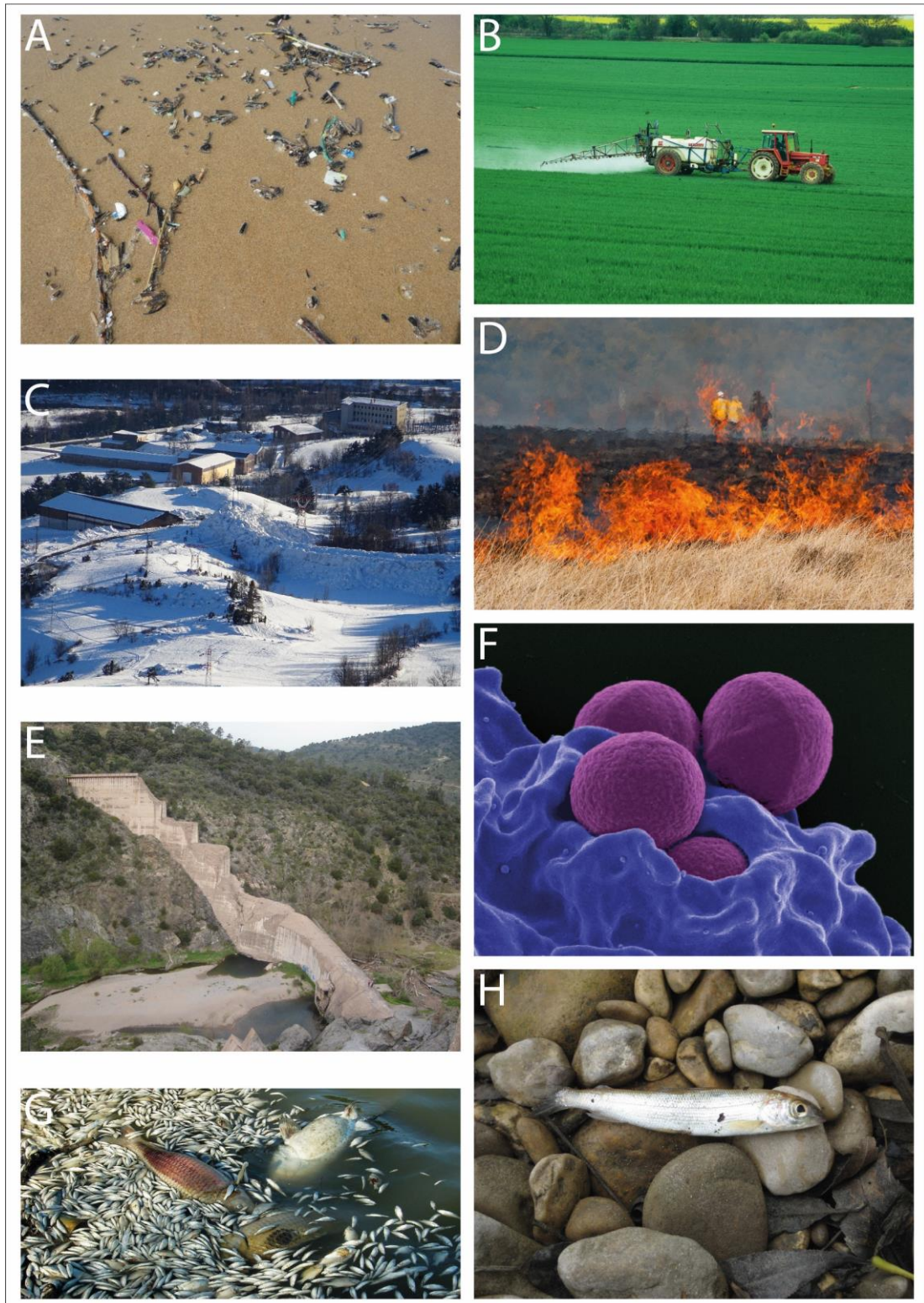


Figure 1 : Risques environnementaux exacerbés par le changement global et l'anthropisation. A) diffusion de (mico)microplastiques sur une plage océanique (@ B. Tassin/LEESU), B) épandage agricole de pesticides (@ J. Weber/INRAE), C) dépôt d'avalanche de grande ampleur impliquant de la neige humide à proximité immédiate des habitations (@ S. Roudnitska/RTM), D) incendie dans le Vaucluse avec silhouettes d'agents ONF en arrière plan (@ C. Slagmulder/INRAE), E) risque NaTech: barrage de Malpasset dont la rupture en 1959 a occasionné une crue dévastatrice (@ C. Carvajal/INRAE), F) *Staphylococcus aureus* responsable d'intoxications alimentaires pour l'homme (© NIAID), G) mortalité de poissons et d'invertébrés causée par des contaminants chimiques (@ ONEMA), H) jeune poisson mis à sec par la sécheresse (@ J. Piffady/INRAE).

2. La recherche française sur les risques environnementaux

2.1 Une rapide vision historique

Faire l'historique de l'évolution des concepts liés aux risques et de leurs applications à l'environnement va bien au-delà de l'ambition de cet article, mais quelques éléments peuvent être rappelés. La théorie du risque a émergé en économie au début du XX^{ème} siècle, puis a connu des développements dans la seconde moitié du vingtième siècle permettant de définir l'objet mathématique et son corollaire décisionnel [Von Neumann et Morgenstern, 1953 ; Berger, 1985]. En parallèle, les sciences humaines et sociales ont mis en évidence le caractère socialement construit du risque [Gilbert, 2003], de même que l'importance de la prise en compte des capacités de réaction des sociétés [Wisner *et al.*, 2012]. En matière d'application à l'environnement, des communautés se sont structurées autour des atteintes à l'intégrité des sociétés et des écosystèmes par les agents physiques, chimiques ou biologiques, et une large part de la recherche s'est focalisée sur la composante danger/aléa des risques [e.g., UNDRR, 2019a]. Néanmoins, la prise en compte explicite des enjeux dans l'évaluation de certains types de risques n'est pas neuve, notamment poussée au niveau international par la Society for Risk Analysis [Aven, 2016]. Enfin, les travaux du club de Rome ouvrant la voie à la compréhension du caractère systémique des risques environnementaux [Meadows *et al.*, 1972] ont été prolongés par l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués (IIASA) puis par l'institut de Stockholm sur la résilience à travers le concept des limites planétaires [Rockström *et al.*, 2009].

Au niveau français, la recherche a globalement suivi et parfois contribué à impulser cette dynamique, notamment en termes d'abandon des approches restreintes à l'aléa, avec, par exemple, des travaux sur les risques chroniques [Boudia et Jas, 2013] et des explorations précoces du concept de résilience [Fabiani et Theys, 1986]. En parallèle, pour les risques naturels, l'appréhension conjointe des aléas et des sociétés, a rencontré un succès croissant [Lieutaud *et al.*, 2020]. Néanmoins, malgré certains programmes ANR spécifiques comme RISKMAT, un certain essoufflement de la recherche nationale sur les risques environnementaux s'est observé au cours de la période 2000-2020, à cause de moyens limités et d'une organisation de la recherche peu favorable (cf. Sect. 2.3).

2.2 Un contexte d'effervescence et des besoins renouvelés

Face aux enjeux de l'anthropocène (Steffen *et al.*, 2015), de multiples initiatives convergent vers une nécessité d'action immédiate, notamment autour du nexus « réduction du risque de catastrophe – changement global – développement durable » [Handmer, 2019 ; Peduzzi, 2019]. A l'échelle internationale, le cadre d'action 2015-2030 pour la réduction des risques de catastrophe, dit « de Sendai », a renouvelé l'action des Nations Unies en matière de gestion des risques et des catastrophes [United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015]. Au sein des Objectifs du Développement Durable (ODDs, [United Nations General Assembly, 2015]), les risques environnementaux sont omniprésents, et les Nations Unies proposent une correspondance entre les cibles des ODDs et celles du Cadre de Sendai [UNDRR, 2019b]. En parallèle, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) définit le risque à l'intersection d'aléas et d'enjeux exposés associés à des vulnérabilités [IPCC, 2014 ; Reisinger *et al.*, 2020], une conceptualisation complétée dans son dernier rapport par la prise en compte des réponses, au motif qu'elles pourraient ne pas atteindre les objectifs prévus ou présenter des effets secondaires inattendus ou néfastes pour d'autres objectifs sociétaux [Simpson *et al.*, 2021 ; IPCC, 2022]. Pour sa part, l'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) accorde une large place au risque exprimé en termes de perte de biodiversité [IPBES, 2019]. De même, le Nouvel agenda urbain et les positionnements de l'Union Européenne sur les « smart cities » encouragent la mise en œuvre des mesures de réduction et de gestion des risques de catastrophe, et de renforcement de la résilience et des capacités d'adaptation.

Dans ce contexte, la thématique des risques environnementaux se retrouve naturellement au cœur de la prospective scientifique des organismes de recherche français : stratégie scientifique du BRGM [BRGM, 2019], prospective transverse de l'INSU [CNRS INSU, 2020], réflexion prospective INRAE [Caquet et al., 2020 ; Eckert et al., 2023a], axes risques accidentels, risques chroniques et risques liés au sous-sol de la recherche conduite par l'INERIS⁶ etc. Il ressort de ces réflexions un diagnostic clair : Bien que des verrous scientifiques soient partagés avec des enjeux plus larges (transition énergétique, changement climatique, conservation de la biodiversité, etc.) et avec certains domaines de recherche disciplinaires (concept de résilience en science sociale, modèles mathématiques, développements technologiques etc.), la transition vers des socio-écosystèmes où les risques et les crises sont maîtrisés nécessite de traiter des questions de recherche spécifiques. Ces dernières peuvent être résumées comme suit : i) prise en compte du caractère systémique des risques dans une perspective diachronique permettant d'en comprendre les origines, ii) assemblage et intégration des disciplines pour appréhender conjointement les dimensions biophysique, sociale et mathématique des risques, iii) considération de l'ensemble de la chaîne du risque, iv) une recherche à mener pour partie en interaction avec les acteurs. Des approches plus intégrées semblent donc indispensables pour améliorer l'évaluation, la gestion ainsi que la réduction des risques, et, notamment pour mieux prévoir, prévenir et s'adapter à des aléas/dangers potentiellement multiples, à leurs interactions et à leurs impacts dans une perspective systémique. Pourtant, en pratique, les travaux de recherche associés restent encore trop souvent cloisonnés entre domaines thématiques et/ou disciplinaires (recherche « en silos »), en lien direct avec un manque de structuration de la recherche autour d'une entrée « risques environnementaux » à la fois spécifique et transversale.

2.3 Une recherche insuffisamment structurée autour de l'entrée « risques environnementaux »

De nombreuses communautés de recherche (sociétés savantes, fédérations, etc.) sont organisées au niveau français autour d'objets ou de disciplines touchant de près ou de loin à la thématique des risques environnementaux, par exemple la Société d'Ecotoxicologie Fondamentale et Appliquée, la Société Géologique de France, l'Association Française de Génie Parasismique, le réseau ECOTOX d'écotoxicologie terrestre et aquatique, la Société Française de Statistique et ses groupes « Environnement », « Fiabilité et Incertitude » et « Risques Assuranciers, Économiques et Financiers », le groupe de recherche (GDR) « Défis théorique pour les sciences du climat », etc. Néanmoins, aucun de ces cercles ne fédère l'ensemble de la communauté nationale du domaine des risques environnementaux dans sa diversité, de sorte que la recherche reste menée « en silos » avec peu de transversalité entre les disciplines et les thématiques. De même, les échanges entre communautés scientifiques et acteurs de la gestion du risque se font au sein de réseaux bien établis mais eux aussi organisés en silos relativement étanches : Institut pour la Maîtrise des Risques (IMDR) qui réunit la communauté des acteurs de la gestion des risques industriels, Société Hydrotechnique de France (SHF) qui fédère les acteurs des métiers de l'eau et des risques associés (inondations, ruptures de barrages), etc. Les interactions restent, par exemple, limitées entre les communautés des économètres ayant une approche financière et assurantielle des risques avec des forces vives importantes dans le secteur privé et la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), et celles des spécialistes des processus biophysiques et sociaux à l'origine aux risques, plutôt issus du monde académique.

En corollaire, même si le thème des risques et de la résilience se retrouve de façon transversale dans la quasi-totalité des axes des plans d'action récents de l'ANR, il n'y a pas de lisibilité directe des risques environnementaux dans cette programmation qui décline la SNR, e.g. [ANR, 2021]. Le cahier 2019 de l'ANR « risques et catastrophes naturels » a ainsi mis en évidence la dilution des projets consacrés à cette thématique au sein des différents appels à projets (AAPs) de l'ANR⁷. De même, les risques

⁶<https://www.ineris.fr/fr/ineris/missions/recherche/axes-recherche>, dernier accès 02/06/2024.

⁷Le dernier AAP spécifique était RISKMAT 2009 [Lieutaud et al., 2020], faisant lui-même suite à de premiers appels spécifiques peu après la création de l'ANR comme le programme CATTEL « Catastrophes Telluriques et Tsunamis » en 2005-2006.

environnementaux sont présents mais diffus au sein des plans climat, Intelligence Artificielle, Santé – Environnement, Forêt-Bois, etc. Les risques environnementaux ne sont donc pas, en 2023, une thématique de recherche à part entière soutenue en tant que telle dans la SNR. Il manque en particulier un espace permettant l'émergence de recherches dédiées « entre » les AAPs très disciplinaires et les AAPs thématiques relatifs aux champs très vastes des interactions homme-milieu et des sciences de la durabilité.

Du fait de ce manque de lisibilité à l'échelle nationale, une partie importante de la recherche française sur les risques environnementaux est menée au sein de relais locaux. Parmi les pôles universitaires, l'Université Grenoble Alpes soutient un Risk Institute⁸ « hors les murs » pour fédérer localement la recherche sur les risques dans une approche résolument inter- et transdisciplinaire. De même, l'Université Paris Cité et le Centre interdisciplinaire des Politiques de la Terre possèdent un axe de travail dédié aux risques. Le site de Clermont-Ferrand porte l'accent sur les risques d'origine volcanique au sein du Centre International de Recherche "*Disaster science and Sustainable Development*". Parmi les observatoires/fédérations/Labex/Equipex, l'OSUG a fait de la thématique « risques naturels » un des quatre axes de son projet scientifique centré sur l'habitabilité, l'OTMed à Aix-en-Provence a évolué en un Institut Méditerranéen pour la Transition Environnementale, l'OSU OteLo soutient un projet sur les risques et l'habitabilité, le Labex Ressources 21 se préoccupe de l'évaluation des risques liés aux métaux critiques dans le contexte de la transition énergétique et écologique, etc. A noter également la création récente du Crisis'lab à Science Po Paris qui réunit des chercheurs de différents horizons disciplinaires travaillant sur le temps spécifique de la crise.

Au niveau Européen, la situation est relativement similaire, avec une absence de réseau formalisé de type Joint Programming Initiatives, European Joint Programme, ou European Research Area focalisé sur les risques environnementaux. Ce manque rend difficile les échanges permettant de construire une science des risques et une communauté spécifique, de même que le lobbying pour faire émerger des appels dédiés au sein des programmes de type Horizon Europe. Les risques environnementaux se retrouvent ainsi éclatés de manière récurrente dans les clusters Environment, Security et Green deal de la stratégie européenne de recherche.

Une difficulté supplémentaire dans le contexte français est celui d'un cloisonnement relativement important entre le Ministère chargé de la recherche et les ministères « techniques » en charge de la prise en compte des risques environnementaux, voire entre les ministères techniques eux-mêmes. Ainsi, même si, en théorie, l'intégralité de la politique publique française de prévention des risques est portée par la direction générale de la prévention des risques (DGPR) et son directeur au sein du ministère chargé de la transition écologique, la gestion des crises, est opérée par la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC) du ministère chargé de l'Intérieur, qui traite elle-même aussi partiellement de prévention pour une meilleure préparation à la gestion de crise. Cette segmentation des politiques publiques sur les risques et les catastrophes conduit à des cloisonnements peu propices à l'émergence d'une vision intégrée nécessaire à l'émergence d'une recherche i) d'excellence, ii) « fonctionnelle » pour maîtriser les risques et réduire ainsi les dommages. Il est d'ailleurs à noter que, en France, les remontées auprès de l'UNDRR liées à la mise en œuvre du cadre de Sendai se font via le ministère chargé de la transition écologique, ce qui accredit sans doute l'idée que les risques ne sont « pas un problème de science ».

Cette situation a conduit la communauté de la recherche française des risques environnementaux à exprimer clairement et de façon répétée le besoin d'être plus structurée et plus visible, et la nécessité de faire évoluer la SNR pour y parvenir. Par exemple, la crise sismo-volcanique de Mayotte en 2018 a révélé une sous-capacité des acteurs scientifiques à se fédérer rapidement en cas d'urgence, que des appels d'offre de type FLASH ne permettent de compenser que partiellement. Répondre à ce besoin de structuration a été l'une des raisons d'être du GET risques naturels et environnementaux d'ALLEnvi.

⁸<https://risk.univ-grenoble-alpes.fr/fr>, dernier accès 02/06/2024.

Le GET a ainsi porté auprès de l'ensemble de ses interlocuteurs la nécessité de renforcer en France une science des risques bien identifiée. Le GET a notamment relayé de façon répétée l'impact crucial que pourrait avoir l'émergence, au sein de la SNR, d'une entrée spécifique « risques environnementaux » dans la stimulation d'une recherche d'excellence destinée à accélérer la transition vers des socio-écosystèmes plus résilients. En effet, une telle entrée ferait *de facto* des risques environnementaux une thématique de recherche à part entière, avec ses verrous et objectifs propres (cf. Sect. 3). Elle sortirait également la recherche de solutions d'une logique de silos en accélérant la fédération de communautés scientifiques issues de disciplines complémentaires (géosciences, sciences physico-chimiques et biophysiques, sciences humaines, sociales et économiques, mathématiques appliquées, santé, etc.). En corollaire, la transposition d'un secteur à l'autre des méthodes et approches développées serait facilitée. La réussite de cette ambition passerait, bien sûr, par une articulation avec les autres entrées de la SNR, et, vraisemblablement, par une évaluation par un comité spécifique. Malheureusement, à ce stade (juin 2024), une telle entrée n'a pas pu émerger dans la SNR.

2.4 L'Émergence des PEPRs : une opportunité et un besoin de structuration accrue

Le paysage national de la recherche est marqué par l'émergence des PEPRs, et, pour ce qui est de la recherche « amont », des PEPRs d'exploration. Le seul PEPR d'exploration ayant une entrée « risques » explicite dans son intitulé est IRIMA, et l'intégralité de ses activités (projets ciblés et AAP à venir) est dédiée à cette thématique. Il est toutefois important de noter qu'IRIMA se focalise sur le périmètre des risques pour les sociétés définis par le cadre de Sendai, de sorte que nombre de risques environnementaux pour les milieux et les sociétés, liés notamment aux agressions physiques, chimiques ou biologiques, n'y sont pas traités. Beaucoup d'autres PEPRs sont toutefois construits autour de problématiques liées à l'urgence environnementale et/ou aux transitions socio-environnementales, de sorte qu'ils incluent de manière plus ou moins forte la question des risques environnementaux.

En particulier, TRACCS est dédié à la modélisation du climat et de ses impacts, avec comme ambition de développer les services dans le domaine climatique et répondre aux attentes sociétales d'adaptation et de résilience. TRACCS inclut ainsi un projet ciblé dédié aux événements extrêmes d'origine climatique. ENSEMBLE vise à développer les interactions entre technologies de l'information et Sciences Humaines et Sociales, notamment au travers des interfaces homme-machines, et la gestion de crise fait partie des thématiques d'applications retenues. FORESTT (PEPR dit « dirigé ») et ONEWATER – Eau Bien Commun sont liés à des milieux spécifiques, la forêt et l'eau respectivement, et à leurs problématiques, notamment en ce qui concerne le partage et la gestion durable des ressources. FORESTT inclut ainsi un projet ciblé dédié aux multi-risques (d'origine climatique, biotique, aux modalités de gestion etc.) pour les forêts, tandis que ONEWATER aborde à la marge la question des extrêmes hydrologiques (crues et étiage) et de leurs impacts. TRANSFORM questionne l'habitabilité du système terre avec une approche de sciences de la durabilité reposant sur le formalisme des limites planétaires et sur les concepts de points de rupture et/ou de bascule. Math-VivEs promeut des approches mathématiques innovantes pour des applications dans le domaine du vivant et de l'environnement, avec des travaux prévus en termes de modélisation de phénomènes complexes générateurs de risque. Enfin, le PEPR d'accélération Villes durables et bâtiments innovants inclut la prévention des risques naturels et anthropiques.

Ce foisonnement après une période moins faste pour la thématique des risques environnementaux est évidemment une bonne nouvelle. Néanmoins, il est légitime de penser que cela reste « peu » au regard des besoins immenses liés à l'urgence environnementale. En témoigne par exemple le fait que de nombreuses propositions émanant de la communauté nationale n'ont pu à ce stade être couvertes au sein du PEPR IRIMA. En outre, une vision critique transversale de ces initiatives reste plus que jamais nécessaire pour éviter de recréer des silos, de dupliquer les développements et pour identifier ce qui

n'est traité nulle part. Mettre du lien et de la cohérence entre les différentes communautés de la recherche sur les risques environnementaux et lui fournir des moyens suffisants pour avancer plus vite et mieux reste donc plus que jamais un enjeu important que le GET risques environnementaux aura porté dans la mesure de ses capacités.

3. Quels grands défis pour la recherche à venir ?

En guise de contribution à l'émergence d'une science des risques bien définie, la dernière partie de cet article propose un bilan rapide de questions de recherches actuelles. Certaines sont propres aux risques environnementaux, tandis que d'autres sont partagées avec des problématiques de risque encore plus larges et génériques, liées par exemple à la définition d'un cadre formel adapté, ou à des questionnements disciplinaires. Nombre de ces fronts de science ont déjà été identifiés dans divers documents de synthèse internationaux, e.g. [Poljanšek et al., 2017 ; Casajus Valles et al., 2020 ; Albris et al., 2020], de même que dans les prospectives des instituts de recherche français précitées. Le GET procédé à sa propre analyse de ce corpus préexistant et l'a consolidée par l'expérience de ses membres. Du fait du positionnement du GET et du propos, la réflexion reste majoritairement « amont », c'est-à-dire plus focalisée sur les manques de connaissances, compréhension, modélisation etc. des risques que sur les verrous et difficultés dans leur prise en compte opérationnelle. Des problématiques cruciales pour la maîtrise des dommages comme l'articulation des politiques et actions entre ministères et collectivités territoriales ou entre états ne sont donc évoquées qu'à la marge, et sous l'angle des questionnements de recherche qu'elles soulèvent.

3.1 Individualiser les risques au sein des sciences de la durabilité

La science des risques (naturels et environnementaux) partage avec les sciences de la durabilité [Kates et al., 2001] un contexte, l'anthropocène, des difficultés communes, par exemple celle de faire le lien entre des forçages à grande échelle (changement climatique, évolutions sociétales) et des impacts/effets locaux, ainsi qu'une démarche inter- et transdisciplinaire commune. Cependant, la science des risques possède la caractéristique d'être fortement connectée à des besoins très concrets, parfois immédiats, liés par exemple à la nécessité de répondre rapidement en cas de catastrophe. Elle met de ce fait davantage l'accent sur des questions spécifiques : implications pour les risques des changements dans les relations homme-nature, arbitrages entre maîtrise des risques naturels, conservation de la biodiversité et développement des sociétés, place des solutions fondées sur la nature et de la culture du risque pour maîtriser / réduire les risques, optimisation de la gestion des crises, etc. Le défi est donc d'arriver, tout en bénéficiant du cadre holistique inter- et transdisciplinaire des sciences de la durabilité, d'arriver à individualiser ces questions spécifiques pour, in fine, mieux répondre aux nouveaux défis posés par les risques environnementaux à l'heure de l'anthropocène [Cutter, 2021].

3.2 Contribuer à mieux définir, formaliser et « cadrer » le risque

Le risque reste un objet multiforme pour lequel aucune définition unique n'est totalement satisfaisante [Renn, 2008a ; 2008b ; Kermisch, 2012]. Ainsi, le cadre de Sendai est critiqué pour son caractère « statique » et ses difficultés à prendre en compte la construction sociale des risques [Gilbert, 2003]. De même, la mesure de risque qui fait le lien entre cadre conceptuel et évaluation quantitative reste difficile à formuler dans un contexte de valeurs extrêmes et/ou de non-stationnarité. En outre, des concepts et cadres formels « proches » côtoient celui du risque : résilience, points de rupture ou de bascule, bifurcations, transitions critiques, cygnes noirs, panarchie, etc. Enfin, le risque comme grandeur d'intérêt sur laquelle on agit est un des concepts au cœur de la théorie de la décision rationnelle, mais le choix du paradigme décisionnel à privilégier est encore une question ouverte. Des travaux fondamentaux restent donc requis pour mieux définir l'objet risque ainsi que pour proposer des mesures de risque individuel et/ou collectif et des procédures de décision adaptées à la diversité des risques environnementaux. De telles recherches pourraient par exemple apporter des éléments

de réflexion concernant l'assurabilité des différents enjeux dans le contexte actuel d'explosion du coût des catastrophes. En outre, en termes de métrique, étendre la prise en compte des risques au-delà des impacts directs pour les sociétés et de ce qui est monétisable est impératif si l'on souhaite traiter de l'ensemble des risques environnementaux, et ce à différentes échelles en termes d'enjeux (individu, population ou socio-écosystème entier) de même que dans le temps et/ou l'espace.

Au-delà de la définition / mesure du risque elle-même, il s'agit également de réfléchir au croisement des cadres et des formalismes de façon à développer les convergences, limiter les recouvrements inutiles et, au contraire, se saisir des valeurs ajoutées. A ce titre, le changement de paradigme du risque vers la résilience souvent mis en avant est-il utile et/ou nécessaire ? Plus particulièrement, est-il possible de faire se rencontrer le cadre des systèmes dynamiques, où la résilience au sens de [Holling, 1973] est facile à exprimer, et celui du risque, bien adapté à la maîtrise des pertes ? Par exemple, l'habitabilité du système terre dans son ensemble peut très bien s'envisager dans le cadre de la théorie de la résilience, avec les limites planétaires ou les ODDs comme seuils de viabilité, mais une telle approche n'inclut pas de formulation explicite du risque d'échouer [Eckert et al., 2023b]. Les deux approches, risque et viabilité/résilience, semblent donc complémentaires. De même, que peuvent apporter, ensemble ou séparément, les concepts de cygne noir, de points de rupture et la théorie statistique des valeurs extrêmes ? Une meilleure anticipation des événements rares à fort impact intégrant à la fois les mécanismes causaux et les propriétés statistiques des queues de distribution peut certainement émerger de ce croisement.

3.3 Mieux intégrer la dimension sociale des risques

Plus largement, la recherche et la gestion des risques environnementaux laissent progressivement derrière elles les approches uniquement basées sur l'ingénierie et les normes biotechniques. Néanmoins, une meilleure intégration de la composante socio-économique, historique et idéale ainsi que du caractère socialement construit des risques environnementaux reste indispensable afin, notamment, de mieux anticiper les réponses de la société. Cette meilleure prise en compte de la composante sociale des risques implique de mieux identifier l'importance des représentations, des comportements et des jeux d'acteurs face aux risques, des différences entre perception des risques et risques réels, et de la construction socio-historique et politique des risques [Kahneman, 2011]. De même, les aspects juridiques et éthiques des risques constituent souvent un déterminant fondamental de la gestion des risques et des crises qu'il conviendrait de ce fait de mieux analyser et anticiper⁹. L'un des bénéfices d'une meilleure appréhension de la dimension sociale des risques pourrait être de l'intégrer dans les approches quantitatives, tandis que les analyses approfondies de la composante sociale des risques, souvent qualitatives, pourraient s'enrichir des récents développements en matière d'approches quantitatives. En outre, comprendre l'aversion au risque des parties prenantes et les décideurs pourrait s'avérer un levier puissant pour stimuler l'émergence d'actions transformantes.

3.4 Travailler le lien entre risques et incertitude

Risque et incertitudes sont intrinsèquement liés. Pourtant, même au niveau des concepts et des communautés scientifiques, la relation reste conflictuelle puisqu'ils sont, selon les communautés, décrits comme antagonistes ou largement superposés, de sorte que des clarifications restent nécessaires. Pour ce qui est des applications, des avancées en termes de méthodes innovantes de prise en compte des différents types d'incertitudes et une systématisation de leur mise en application restent requises, par exemple pour la prévision et l'appui à la prévention des crises ainsi que la transmission aux différents acteurs des décisions de gestion. Ainsi, la considération dans l'évaluation des risques et la prise de décision de l'incertitude radicale non quantifiable reste largement à

⁹Par exemple, en contexte de crise, diffusion large et ouverte des données associée à des mesures très coercitives pour accélérer sa résolution technique et minimiser l'impact global sur la société *versus* liberté individuelle et protection des données associées.

développer. De même, si les techniques d'analyse de sensibilité et d'incertitudes pour des modèles numériques n'ont plus guère de limites conceptuelles (entrées corrélées par exemple), en pratique, les cumuls d'incertitudes avec de très « gros » modèles restent peu traités du fait de la complexité des approches à mettre en œuvre. Enfin, les techniques génériques existantes de partition d'incertitude et de correction de biais (dans les projections, les ensembles) restent largement à adapter aux différentes problématiques posées par les risques environnementaux.

3.5 Prendre en compte les évolutions temporelles des risques

L'une des caractéristiques fondamentales du contexte actuel est la vitesse et l'intensité des changements des systèmes socio-environnementaux et des risques associés. Les difficultés restent immenses : i) imbrication des échelles spatiales et temporelles, du journalier au multidécadal ou centennal, et des évolutions graduelles aux points de rupture brutaux, ii) anticipation du futur et notamment des extrêmes possibles, iii) arbitrages entre court terme et long terme (le « conflit entre fin du monde et fin du mois »). Il est donc crucial de continuer à progresser dans l'analyse de la non-stationnarité des risques dans l'ensemble de leurs composantes : aléa, vulnérabilité, exposition, puis de développer des modèles de risques intégrant les évolutions graduelles ou brusques des conditions socio-environnementales. Pour cela, une meilleure prise en compte du temps long est requise, notamment dans la collecte, l'analyse et la mise à disposition pérenne de données potentiellement très hétérogènes (données systématiques, sources historiques et proxies). Cette profondeur temporelle qui nécessite une pérennisation des dispositifs d'observation est indispensable pour considérer les signaux basses fréquences (tendances et ou oscillations par exemple) et les décalages (effets mémoires et héritages par exemple). De même, des projections de risques inspirées des projections de climats futurs produites par l'IPCC et permettant la gestion des territoires sur le temps long restent très largement à développer. Il s'agit là d'un défi considérable pour concilier les forçages globaux et l'échelle locale du territoire et des acteurs.

3.6 Porter l'effort sur les « nouveaux » risques et les interdépendances

La complexité des risques environnementaux et leurs évolutions rapides ont pour conséquence l'émergence de risques entièrement nouveaux et/ou de plus en plus multiples et/ou interconnectés. Par exemple, au-delà des simples modifications des fréquences et des amplitudes évaluées indépendamment pour chaque aléa, une analyse des risques en lien avec le changement climatique entraîne *de facto* vers une analyse de risques multiples. Ces derniers s'expliquent par des dépendances/rétroactions fortes dans le temps et/ou l'espace entre aléas et/ou enjeux. Une large gamme de nouveaux concepts a été proposée pour les caractériser : multirisques, risques interconnectés, risques multiples, événements et risques composés, risques en cascades, effets dominos, etc., e.g. [Zuccaro et al., 2018 ; Zscheischler et al., 2018 ; Curt, 2021]. La question des avantages/inconvénients de ces nouveaux concepts, notamment des éventuelles redondances ou des manques qui pourraient persister reste, à ce stade, ouverte. En outre, en pratique, les travaux/approches sur les cascades et les concomitances de risques environnementaux, les multi-causalités de même que la possible multi-temporalité des crises restent encore rares, malgré ce formalisme « touffu ». Un effort spécifique autant sur le plan conceptuel que de la mise en œuvre est donc urgent car les difficultés à surmonter restent importantes (e.g. manipulation de modèles de valeurs extrêmes dans un cadre multivarié spatial).

3.7 Améliorer l'organisation et la diffusion de l'expertise scientifique

Une prise en compte des risques environnementaux plus efficace nécessite de progresser dans les modalités de transfert jusqu'aux lieux et dans les outils de gestion et de gouvernance. Il convient ainsi de faciliter l'accès aux données requises pour l'évaluation des risques, souvent très compliqué dans les contextes de crise ou dans les situations géopolitiques tendues, à la fois entre scientifiques, et du monde scientifique vers les opérateurs et gestionnaires, et de développer/renforcer les infrastructures

nationales de données et services adaptés aux spécificités et besoins des risques environnementaux, en particulier en contexte de crise. Par ailleurs, la diffusion de nombreuses données potentiellement utiles à la maîtrise des risques reste trop souvent cantonnée à la publication scientifique.

Un autre enjeu est de mieux promouvoir et d'utiliser les connaissances disponibles pour anticiper ou stimuler l'évolution des cadres réglementaires et pour mieux piloter l'adaptation des territoires sur le temps long. Ce défi impose de mieux comprendre la fabrique des cadres réglementaires, la communication sur les risques, ses ressorts, son efficacité et ses échecs. A titre d'exemple, malgré les messages d'alerte lancés par le GIEC dès les années 1980, si les politiques d'adaptation au changement climatique sont de plus en plus mise en œuvre, l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre reste globalement un échec. Comprendre les ressorts de ce blocage persistant malgré une connaissance et des risques largement diffusés reste primordial pour espérer le surmonter.

Un corollaire important est lié à l'environnement médiatique souvent tendu des risques et des crises. Renforcer la confiance dans les institutions produisant le savoir nécessite ainsi de s'intéresser aux controverses et à la place de la médiatisation dans leur développement, aux modalités (et aux difficultés) de la diffusion de connaissances imparfaites et rapidement évolutives, une problématique évidente au cours de la crise de la COVID, et, plus largement, à la question de la communication dans un contexte défiant. Comprendre et tâcher de remédier à la défiance croissante de la société vis-à-vis des sciences semble de ce fait indispensable, et passe sans doute par une plus grande implication des scientifiques dans le système éducatif.

3.8 Assembler les connaissances jusqu'à l'aide à la décision

Un consensus existe sur la nécessité d'assembler les connaissances et les disciplines pour aller vers l'action [UNDRR, 2019b ; IPCC, 2022]. Néanmoins, la mise en œuvre reste un défi immense. En effet, l'intégration requise concerne à la fois les différentes composantes des risques environnementaux (aléa/danger ; exposition ; vulnérabilité) et toutes les étapes du cycle du risque : de la prévention à la reconstruction : anticipation et réduction par des actions préventives, alerte précoce, prévision à court et long terme *via* des méthodes d'évaluation efficaces, gestion de la crise et mise en œuvre de la phase post-crise. En outre, trois niveaux d'intégration peuvent être distingués : i) entre disciplines, en couplant sciences de la terre, sciences biologiques, sciences mathématiques, ingénierie et sciences humaines, sociales et économiques, et ii) entre domaines, pour sortir d'une recherche menée en silos, objet par objet, et enfin iii) entre science et société. Cet assemblage ne va pas de soi, et il est à faire pour chaque application/problématique spécifique, ce qui nécessite à chaque fois un effort en termes de dialogue interdisciplinaire (par exemple entre archivistes, historiens, archéologues, et modélisateurs pour l'exploitation de séries longues de données), de co-construction avec les parties prenantes des questions de recherche, de déploiement des méthodes innovantes proposées, et, plus largement, de prise en compte des spécificités de chaque territoire (histoire, cultures constructives, etc.). A contrario, l'un des intérêts les plus forts de l'utilisation d'un cadre d'intégration homogène est de faciliter la transposition des avancées d'un risque à l'autre.

3.9 Améliorer la chaîne « technologique » d'évaluation des risques

Un point spécifique de l'augmentation du niveau d'intégration concerne la fluidification du continuum entre observation, surveillance et prise de décision, et plus largement, la valorisation pour l'analyse et la maîtrise des risques environnementaux des outils et approches de la transition numérique : acquisition de nouvelles données *via* des capteurs innovants, la télédétection ou des capteurs citoyens et données participatives ; méthodes innovantes de surveillance, de prévision et d'alerte, de traitement des nouvelles données (nouveaux capteur, archives non conventionnelles : proxies, sources historiques, etc.) *via* des techniques innovantes (IA, modèles statistiques et numériques) adaptés à la massification des données et à leur diversité et permettant leur interprétation et le traitement rigoureux de l'incertitude. Les défis restent nombreux : développement de nouveaux modèles

statistiques ou numériques, de capacités opérationnelles de prévision, de bases de données et d'infrastructures liées aux données et au calcul (stockage, temps de calcul, interopérabilité), et ce, dans un contexte de limites « pratiques » réelles : cloisonnement des communautés et des données, outils de complexité croissante, donc de plus en plus difficiles à s'approprier, outils « fermés » / commerciaux, rôle croissant des grands acteurs internet dans la diffusion d'informations rapides et souvent peu contrôlées (réseaux sociaux), ou au contraire à la pointe dans l'agrégation de grands volumes de données par des méthodes parfois innovantes (alerte sismique ou modèles météo par intelligence artificielle chez Google), etc. Si des solutions techniques existent souvent (progrès des schémas numériques, réduction de dimension pour les modèles complexes, émulation, assimilation, etc.), les réflexions restent à mener au cas par cas, notamment pour choisir le bon compromis entre temps de calcul et précision en prenant en compte les impératifs de sobriété.

4. Conclusions

L'urgence environnementale demande un effort de recherche sans précédent et un renouvellement des idées afin de prendre en compte la dimension de plus en plus systémique des risques environnementaux [Renn, 2016]. La recherche française possède, grâce à ses équipes, ses données, ses infrastructures et son histoire, des atouts évidents pour y contribuer fortement. Toutefois, certaines des questions à traiter présentent la caractéristique d'être à la fois transverses mais relativement spécifiques. Cette originalité rend la thématique des risques environnementaux diffuse et difficilement lisible dans l'organisation nationale de la recherche.

En termes de fronts de science, le GET a pu proposer une synthèse, fruit de ses réflexions. Celle-ci n'est cependant certainement pas à la hauteur de l'ambition portée et un travail de prospective plus approfondi impliquant l'ensemble de la communauté reste sans doute à mener. Parmi les nombreux défis à relever, il s'agit de conduire à la fois des recherches disciplinaires, interdisciplinaires et transdisciplinaires, de même que des recherches intégratives ou focalisées sur des points durs « ponctuels » ou disciplinaires. En effet, ces objectifs restent trop souvent considérés comme antagonistes, voire, pour certains d'entre eux, sans objet en termes de « science », alors que mieux comprendre et maîtriser les risques environnementaux implique impérativement de les concilier.

Pour permettre à la communauté scientifique de répondre à ces enjeux, le GET « Risques naturels et environnementaux » d'ALLEnvi continue d'appuyer l'émergence d'une entrée spécifique dans la SNR susceptible de renforcer une communauté bien identifiée, à même de répondre à certains des enjeux les plus forts du monde actuel. Outre sa valeur ajoutée directe, une telle communauté pourrait jouer un rôle moteur de projection à l'échelle européenne au travers d'une structure transnationale permettant des avancées encore plus ambitieuses. L'engagement de la communauté de recherche nationale au sein des différentes agences internationales et structures d'interface impliquées dans la réduction des risques environnementaux liés aux catastrophes naturelles, au changement climatique, à l'effondrement de la biodiversité ou aux transitions sociétales pourrait également s'en trouver renforcé, par exemple *via* la proposition de méthodologies et d'indicateurs innovants de même qu'au travers de leur suivi dans le temps.

L'émergence des PEPRs, qui, pour nombre d'entre eux, abordent la thématique des risques environnementaux, est une bonne nouvelle pour la communauté. Néanmoins elle porte en elle le danger de recréer des silos, de manquer des synergies, voire de dupliquer les développements. L'évolution du paysage national dans la suite du rapport [Gillet et al., 2023], avec des grands établissements pilotes d'agences de programmes sur des domaines spécifiques renforce ce danger de cloisonnement et de perte de lisibilité de la thématique « risques ». Le GET a tenté durant sa période d'existence de répondre au besoin de structurer de façon transversale la communauté nationale des risques environnementaux pour naviguer dans la complexité des questions indépendamment (ou au-delà) du découpage des organisations et des programmes. Aux termes des activités du GET, ce besoin semble plus fort que jamais et il revient à ses successeurs de prendre le relais pour y répondre.

Références :

- Albris K., Lauterbach K.C., Raju E., 2020. Disaster knowledge gaps: Exploring the interface between science and policy for disaster risk reduction in Europe, *International Journal of Disaster Risk Science*, 11, 1-12, <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00250-5>
- ANR, 2021. *Plan d'action 2022, version 1.0*, [https://anr.fr/fileadmin/documents/2021/PA ANR 2022 - V1.1 5.pdf](https://anr.fr/fileadmin/documents/2021/PA_ANR_2022_-_V1.1_5.pdf)
- Aven T., 2016. The reconceptualization of risk. Burgess, A., Alemanno, A; Zinn, J. O. (ed.), Routledge Handbook of Risk Studies, <https://doi.org/10.4324/9781315776835>
- Berger J.O., 1985. *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis, second edition*. Springer-Verlag, New York, <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4286-2>
- Boudia S., Jas N., 2013. *Toxicants, Health and Regulation since 1945*. London and New York: Pickering & Chatto, <https://doi.org/10.4324/9781315654645>
- BRGM, 2019. Stratégie scientifique du BRGM. Les grandes orientations de la recherche à 10 ans, <https://www.calameo.com/read/005719121f1640924f45f>
- Casajus Valles A., Marin Ferrer M., Poljanšek K., Clark I. (eds.), 'Executive summary of the report Science for Disaster Risk Management 2020: acting today, protecting tomorrow', EUR 30183 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, doi:10.2760/919253, JRC114026, <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/science-for-drm/science-for-drm/science-for-disaster-risk-management-2020old>
- Caquet T., Eckert N., Naaim M., Rigolot É., coord., 2020. Les Risques naturels, alimentaires et environnementaux - Réflexion prospective interdisciplinaire, 198 p., <https://dx.doi.org/10.17180/8HT2-3X60>
- CNRS INSU, 2021. Prospective 2020-2025 en sciences de la planète et de l'Univers. Défi 5. Modélisation intégrée du système Terre pour l'étude des risques environnementaux et de la vulnérabilité des socio-écosystèmes, 168p., https://www.insu.cnrs.fr/sites/institut_insu/files/ressource-file/Prospective%20Sciences%20de%20la%20plan%C3%A8te%20et%20de%20l%27Univers-light.pdf
- Curt C., 2021. Multirisk: what trends in recent works?—A bibliometric analysis. *Science of The Total Environment*, 142951, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142951>
- Cutter, S. L. (2021). The changing nature of hazard and disaster risk in the Anthropocene. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(3), 819-827, <https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1744423>
- Eckert N., Rigolot E., Caquet T., Naaim M., Giacona F., 2023a. Les risques environnementaux en 2020 : bilan et leçons d'une réflexion prospective à INRAE, *Natures Sciences Sociétés*, 31, 3, 325-346, <https://doi.org/10.1051/nss/2024003>
- Eckert, N., Rusch, G., Lyytimäki, J., Lepenies, R., Giacona, F., Panzacchi, M., ... & Jax, K., 2023b. Sustainable Development Goals and risks: The Yin and the Yang of the paths towards sustainability. *Ambio*, 52(4), 683-701, <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01800-5>
- Fabiani, J. L., Theys, J., 1987. *La Société vulnérable*, Presses de l'École Normale Supérieure 678p., ISBN 2-7288-0132-0
- Gilbert C., 2003. La fabrique des risques. *Cahiers internationaux de sociologie*, 1, 55-72, doi: 10.3917/cis.114.0055, <https://www.cairn.info/revue-cahiers-internationaux-de-sociologie-2003-1-page-55.htm>
- Gillet P., Caristan Y., Levy P., Cherbut C., Perdereau V., 2023. Mission sur l'écosystème de la recherche et de l'innovation. 14 propositions pour engager le processus de rénovation et de simplification de l'écosystème national. Rapport à Madame la Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. 84p., <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/mission-sur-l-ecosysteme-de-la-recherche-et-de-l-innovation-91280>
- Handmer J., 2019. Achieving risk reduction across Sendai, Paris and the SDGs. Policy Brief. International Science Council, <https://council.science/publications/achieving-risk-reduction-across-sendai-paris-and-the-sdgs/>
- Holling C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* Vol. 4:1-23, <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

IPBES, 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany, <https://www.ipbes.net/global-assessment>

IPCC, 2014. 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., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf

IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Kahneman, D. 2011. Thinking fast and slow. Farrar, Straus and Giroux, ISBN 978-0374275631

Kates R. W., Clark W. C., Corell R., Hall J. M., Jaeger C. C., Lowe I., ... Svedin, U., 2001. Sustainability science. *Science*, 292, 5517, 641-642, doi: [10.1126/science.1059386](https://doi.org/10.1126/science.1059386)

Kermisch C., 2012. Vers une définition multidimensionnelle du risque. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12, <https://doi.org/10.4000/vertigo.12214>

Lieutaud A., Devès M. H., Eckert N., Grandjean G., Pateau M., Billière, C., 2020. La recherche française sur les risques et catastrophes naturels: bilan d'une décennie de financements de l'Agence nationale de la recherche (ANR) et perspectives d'avenir. *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*, 2, 48-52, doi: 10.3917/re1.098.0048, <https://www.cairn.info/revue-responsabilite-et-environnement-2020-2-page-48.htm>

Meadows D. H., Randers J., Meadows D. L., 1972. The Limits to Growth. Yale University Press, 211p., <https://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>

Peduzzi P., 2019. The Disaster Risk, Global Change, and Sustainability Nexus. *Sustainability*, 11, 4, 957, <https://doi.org/10.3390/su11040957>

Poljanšek K., Marín Ferrer M., De Groeve T., Clark I., 2017. Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less. ETH Zurich, <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/science-for-drm/science-for-drm/science-for-disaster-risk-management-2017>

Reisinger, A., Howden, M., Vera, C., Garschagen, M., Hurlbert, M., Kreibiehl, S., ... Ranasinghe, R., 2020. The Concept of Risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A Summary of Cross Working Group Discussions, Intergovernmental Panel on Climate Change, <https://www.ipcc.ch/event/guidance-note-concept-of-risk-in-the-6ar-cross-wg-discussions/>

Renn O., 2008a. Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review. Part 1: Disciplinary Risk Concepts. *GAIA* 17/1, 50-66, <https://doi.org/10.14512/gaia.17.1.13>

Renn O., 2008b. Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review. Part 2: Integrative Approaches. *GAIA* 17/2, 196-204, <https://doi.org/10.14512/gaia.17.2.7>

Renn O., 2016. Systemic risks: The new kid on the block. *Environment: science and policy for sustainable development*, 58(2), 26-36, <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1134019>

Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F. S., Lambin E. F., ... Foley J. A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 7263, 472-475, <https://doi.org/10.1038/461472a>

Simpson N.P., Mach K.J., Constable A., Hess J., Hogarth R., Howden M., Lawrence J., Lempert R.J., Muccione V., Mackey B., New M.G., ... Trisos C.H., 2021. A framework for complex-climate change risk assessment. *One Earth*, 4: 489-501, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>

Steffen W., Broadgate W., Deutsch L., Gaffney O., Ludwig C., 2015. The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, 2, 1, 81-98, <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>

UNDRR, 2019a. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. United Nations Office for Disaster Risk (UNDRR), <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>

UNDRR, 2019b. The Sendai framework and the SDG, <https://www.undrr.org/ar/node/32>.

United Nations General Assembly, 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Division for Sustainable Development Goals: New York, NY, USA, 40p., <https://digitallibrary.un.org/record/1654217?ln=fr&v=pdf>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Von Neumann, J., Morgenstern, O., 1953. Theory of Games and Economic Behaviour. New Jersey, USA. Princeton University Press, ISBN: 9780691130613

Wisner B., Gaillard J. C., Kelman I., 2012. Handbook of hazards and disaster risk reduction. Routledge, 560p., ISBN: 9780367581282

WMO, 2021. The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes. https://public.wmo.int/en/search?search_api_views_fulltext=report No. 1267, 90p., https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10769

World Economic Forum, 2020. 15 years of risk: from economic collapse to planetary devastation Global Risks Report 2020, <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/15-years-risk-economic-collapse-planetary-devastation>

World Economic Forum, 2023. The Global Risk Report 2023. 98p., https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf

Zscheischler J., Westra S., Van Den Hurk B. J., Seneviratne S. I., Ward P. J., Pitman A., ... Zhang X., 2018. Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*, 8, 6, 469-477, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>

Zuccaro G., De Gregorio D., Leone, M. F., 2018. Theoretical model for cascading effects analyses. *International journal of disaster risk reduction*, 30, 199-215, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.04.019>