McKinsey & Company

Les Rencontres Économiques Aix en Seine 2020

Anticiper la crise d'après

Agir face au risque climatique

Juillet 2020

Auteurs

Karim Tadjeddine, Paris

Hamid Samandari, New-York

Sébastien Léger, Paris

Clarisse Magnin-Mallez, Paris

Dickon Pinner, San Francisco

Maël de Calan, Paris

Remerciements
Les auteurs tiennent à remercier
Tom Durand pour sa contribution

Table des matières

Executive summary	4
Résumé	5
Introduction	7
État des connaissances et « inconnues connues »	8
Un risque multidimensionnel, complexe à appréhender	12
Quelles répercussions sur les activités humaines, vitales et économiques ?	24
Une propagation généralisée du risque	34
L'urgence d'une action volontariste pour s'adapter au risque	38

Executive summary

After more than 10,000 years of relative stability—the full span of human civilization—the Earth's climate is changing. As average temperatures rise, acute hazards such as heat waves and floods grow in frequency and severity, and chronic hazards, such as drought and rising sea levels, intensify. This dual evolution creates a new climate risk. Physical and local by nature, this risk impacts human socio-economic systems at a global scale.

Addressing physical climate risk is inherently complex. Six characteristics of this physical risk stand out: it is increasing; it is heterogeneous in its spatial impact—that is, one region may face floods even as a neighboring region suffers from drought; it is ever-changing or non-stationary, and further warming is "locked in" for the next decade because of physical inertia in the geophysical system; socioeconomic impacts are likely to propagate in a nonlinear fashion as hazards cross certain physiological, human-made, or ecological thresholds; it is systemic and could impact all regions and all sectors globally, both directly and via knock-on effects; lastly it is regressive, in that it most affects the poorest communities and populations globally and in each region.

These characteristics partly explain why climate risk has been under-estimated and why our societies are under-prepared. As we have seen with the Covid-19 crisis, this lack of preparation could exacerbate the consequences of climate risk.

The socioeconomic impact of climate change is already playing out in four domains: the livability and workability of certain regions could be reduced; tensions could appear on global food systems, increasing food prices and creating food crises; many physical assets and infrastructure not designed to resist climate risks could be devalued; lastly, vital natural capital could be threatened.

The potential conditions for a major systemic crisis are therefore met. No region of the world or economic sector would be spared. A crisis could spread through four propagation channels: financial markets, supply chains, geophysical systems, and population displacement. The Covid-19 crisis has illustrated the implacable nature of such chain reactions, in a context of interdependency of our societies and globalized economy.

Awareness of climate risk is recent, yet it requires an urgent response from corporations and governments. New tools to measure and analyze this risk will have to be developed. At all levels, decision makers and investors need to understand their level of exposure across a range of scenarios, from the most optimistic to the most pessimistic. They will then need to embed these insights into their decision-making processes. Past analytical and decision-making models are poor references, as most assume climate conditions will remain stable.

In parallel, it will be necessary to increase climate risk preparedness. Our economic and social models will have to be adapted, acting on four areas: protecting people and assets, increasing resilience, reducing exposure and developing appropriate financing and insurance mechanisms.

Résumé

Après 10 000 ans de relative stabilité, le climat terrestre change. Alors que les températures augmentent, les phénomènes climatiques extrêmes (vagues de chaleur, inondations, tempêtes) deviennent plus fréquents et plus violents. Les tendances de fond (sécheresse, montée des eaux) s'accélèrent. Les conséquences physiques de cette double évolution créent un risque climatique. Physique et local par nature, il est aussi économique, social et d'échelle mondiale par son impact sur nos sociétés.

Le risque climatique comporte de multiples dimensions qui le rendent particulièrement complexe à appréhender. On peut le décrire à travers six caractéristiques. Il est croissant. Il est hétérogène dans ses effets locaux : une région pourra être touchée par des inondations quand la zone voisine souffrira, elle, de sécheresse. Il est non stationnaire : nous devrons composer avec lui de manière permanente. Il est non linéaire : le franchissement de certains seuils entraîne des effets disproportionnés. Il est systémique et concerne toutes les régions du monde, ainsi que tous les secteurs d'activité, via ses potentielles répercussions. Enfin il est inégalitaire, dans la mesure où il affecte plus lourdement les populations les plus fragiles.

Ces caractéristiques expliquent en partie pourquoi le risque climatique a été sous-estimé et pourquoi nos sociétés y sont insuffisamment préparées. Or, comme dans la crise du Covid-19, cette impréparation est de nature à aggraver ses conséquences.

Celles-ci sont de quatre ordres : les régions du globe habitables et propices aux activités humaines pourraient se réduire ; des tensions pourraient apparaître sur la production alimentaire, provoquant un renchérissement des denrées voire, localement, des risques de famine ; un grand nombre d'actifs matériels et d'infrastructures non conçus pour le risque climatique pourraient se dévaloriser ; enfin, des écosystèmes naturels vitaux pour les humains seraient mis en péril.

Les causes potentielles d'une grave crise systémique sont donc réunies, dont aucune région du monde, ni aucun secteur d'activité ne seraient épargnés. En effet, une telle crise s'étendrait via quatre canaux de propagation : les marchés financiers, les chaînes d'approvisionnement, les systèmes géophysiques et les mouvements de population. La récente pandémie du Covid-19 vient d'illustrer le caractère implacable de ce type de réactions en chaîne, dans le contexte d'interdépendance de nos sociétés et de nos économies mondialisées.

La prise de conscience généralisée du risque climatique est récente, mais nécessite une mobilisation urgente de la part des entreprises et des pouvoirs publics. Dans un premier temps, il faudra construire des outils d'analyse et de mesure de ce risque. À tous niveaux, les acteurs et les investisseurs doivent comprendre leur degré d'exposition dans une variété de scénarios, du plus optimiste au plus pessimiste. Ils devront ensuite intégrer ces critères à leurs processus de décision, en se défiant des modèles d'analyse et d'arbitrage passés, qui pour la plupart se fondent sur l'hypothèse improbable d'une stabilité du climat.

En parallèle, il sera nécessaire d'intensifier la préparation au risque climatique. Nos modèles économiques et sociaux devront être adaptés, en agissant sur quatre axes : protéger les personnes et les biens, renforcer la résilience, réduire l'exposition au risque, et mettre en place des financements et des outils d'assurance appropriés.

Introduction

Au rythme actuel d'émissions, soit environ 50 gigatonnes de CO_2 par an, il reste à l'humanité entre dix et vingt ans pour se maintenir sous le seuil fixé par l'accord de Paris, limitant sous les 2°C la hausse moyenne des températures. C'est un défi considérable, qui implique un effort massif de décarbonisation des activités humaines. Si ce thème majeur figure en toile de fond du présent article, il n'en constitue toutefois pas l'objet[1]. En effet, nous souhaitons ici apporter une perspective complémentaire sur le risque climatique.

Ce dernier est présent à l'esprit d'une majorité de dirigeants économiques et politiques, mais sa perception reste souvent abstraite. Ses caractéristiques, sa probabilité, l'ampleur de ses répercussions éventuelles, font l'objet de débats qui sont restés largement cantonnés aux cercles experts. Par voie de conséquence, peu d'acteurs sont en mesure d'évaluer avec précision leur degré d'exposition, ni de mettre en place des mesures efficaces pour le gérer.

Il y a pourtant urgence. Les travaux[2] menés par notre cabinet, appuyé par le McKinsey Global Institute, et dont cet article est la synthèse, ont mis en évidence l'impréparation préoccupante dans laquelle se trouvent nos sociétés, ainsi qu'un grand nombre d'entreprises et d'investisseurs. Or, la crise du Covid-19 a démontré qu'un risque connu mais insuffisamment anticipé est un risque accru. En dépit de ses conséquences catastrophiques, tant sur le plan humain qu'économique, cette crise doit être saisie comme une occasion unique de reconstruire tout en réinventant, ou de concilier résilience et performance.

Cela implique d'abord de mieux comprendre le risque climatique, ses conséquences en chaîne potentielles, et les leviers envisageables pour les limiter. Quelques acteurs précurseurs s'y emploient, dont l'article mentionne des exemples. Leur démarche montre qu'il est non seulement possible, mais nécessaire, de passer à l'action dès aujourd'hui *(Encadré 1)*.

1 La décarbonisation des activités humaines fait actuellement l'objet de travaux du McKinsey Global Institute, notre institut de recherche, et de notre pôle de compétences Développement durable, qui seront publiés fin 2020.
2 *Climate risk and response*, McKinsey Global Institute, janvier 2020.

Encadré 1

La pandémie actuelle peut-elle nous aider à appréhender le risque climatique ?

Les pandémies comme le risque climatique constituent d'abord des chocs physiques. À l'inverse des chocs financiers par exemple, engendrés par des sentiments humains et auxquels on peut répondre en restaurant la confiance, on ne peut répondre aux chocs physiques qu'en comprenant et en adressant leurs causes sous-jacentes.

Ces deux phénomènes sont également non stationnaires, dans le sens où leurs effets futurs sont complexes à prévoir, et non linéaires puisque leur impact croît de manière disproportionnée au-delà d'un seuil.

Enfin, on parle dans un cas comme dans l'autre de crises contre lesquelles les experts mettent en garde de longue date, de crises dont le coût excède largement celui de leur prévention, et dont la résolution implique une large coopération mondiale.

La pandémie actuelle illustre ainsi la dimension que pourrait prendre une crise climatique à grande échelle, percutant simultanément l'offre, la demande, les chaînes d'approvisionnement, avec des mécanismes de transmission et d'amplification à l'échelle planétaire.

Mais ces deux phénomènes ont également des différences, qui rendent le risque climatique encore plus redoutable. En particulier, les risques liés à une crise sanitaire sont immédiats, ponctuels, immédiatement discernables, incitant ainsi à une réponse rapide. À l'inverse, les risques portés par le changement climatique sont graduels, cumulatifs, diffus dans l'espace et le temps, de sorte que le déclenchement et la résolution d'une crise climatique s'inscrivent dans une échelle de temps beaucoup plus longue.

État des connaissances et « inconnues connues »

Pour appréhender correctement le risque climatique et prendre des décisions pertinentes, les dirigeants d'entreprises doivent être en mesure de faire la distinction entre les faits avérés et les hypothèses des scientifiques. Et pour évaluer ces dernières, ils doivent comprendre les incertitudes qui les sous-tendent. Certaines de ces incertitudes sont des « inconnues connues », que l'on peut estimer dans une fourchette. D'autres sont des zones d'ombre, qu'il faut identifier à défaut de pouvoir les éclairer.

À cet égard, quelles indications offrent aujourd'hui les sciences du climat aux dirigeants ?

L'augmentation hors norme des concentrations atmosphérique de CO_2 est un fait établi. Tout comme celle des températures moyennes, qui concorde avec la précédente. Leur lien avec les activités humaines reste à ce stade seulement une hypothèse, dont la probabilité est toutefois très élevée.

À l'heure actuelle, il est manifeste que les paramètres climatiques évoluent de manière inédite depuis la fin du XIXe siècle. Certes, les concentrations atmosphériques de CO_2, comme les températures moyennes, ont constamment oscillé au cours des 2,6 millions d'années d'histoire récente de la Terre. Toutefois, les scientifiques observent une élévation de la température moyenne du globe de 1,1°C depuis 1880, avec une marge d'erreur inférieure à ± 0,05° C. Une évolution aussi rapide ne s'est jamais produite depuis 65 millions d'années.

Cette hausse intervient en parallèle de celle des concentrations de CO_2 atmosphérique, passées de 280 à 415 ppmv (parties par million en volume) *(Figure 1)*, alors que les activités humaines ont rejeté, depuis le début de l'ère industrielle, 2 500 milliards de tonnes d'équivalent CO_2.

Les sciences du climat ont identifié principalement trois facteurs qui font varier ce dernier : l'énergie du rayonnement solaire reçu par la Terre ; l'effet d'albédo, c'est-à-dire la réflexion partielle de ce rayonnement par les surfaces terrestres claires, notamment la neige et la glace ; et la teneur de l'atmosphère en CO_2. Parmi ces facteurs, il est prouvé que c'est le troisième qui explique l'évolution inhabituelle des températures moyennes. La probabilité que des causes naturelles déterminent une hausse aussi forte et rapide serait, selon les scientifiques, de 1 pour 3,5 millions.

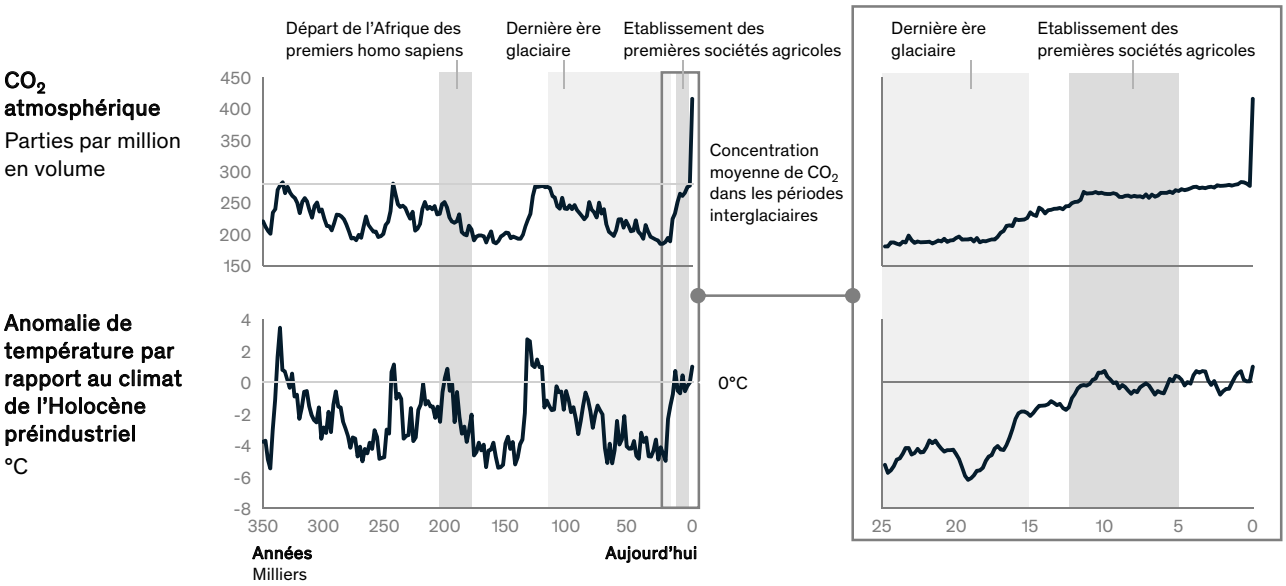
Néanmoins, il existe aussi de nombreuses zones d'incertitude, qui expliquent pourquoi le risque climatique est aujourd'hui si difficile à évaluer. Parmi ces incertitudes, on note principalement l'évolution future des émissions de CO_2, qui dépendra du comportement des producteurs et des consommateurs dans un cadre réglementaire dynamique. Il y a ensuite l'inexactitude des modèles climatiques prédictifs. Les potentiels effets de seuil et de boucles de rétroaction – comme par exemple la libération de méthane gelé en cas de dégel du pergélisol – constituent des aléas importants pour la précision de ces modèles. Enfin, les répercussions en chaîne des risques socio-économiques rendent ces derniers presque impossibles à quantifier au niveau macro. Il est possible en revanche de les illustrer à travers des études de cas à l'échelle d'un territoire localisé – ce qui correspond à l'approche du rapport *Climate risk and response* du McKinsey Global Institute, sur lequel se fonde cet article.

Pour réaliser ces études de cas, notre cabinet s'est fondé sur le scénario climatique RCP 8.5[1], qui est le plus « pessimiste » des quatre proposés par les scientifiques du climat. Cependant, notre choix se justifie pour plusieurs raisons. D'abord, le modèle RCP 8.5 est celui qui coïncide le mieux avec la trajectoire des émissions réelles observée depuis 2005. Ensuite, ce modèle est celui qui évalue l'évolution du climat en l'absence d'action

[1] Dans son cinquième rapport, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a modélisé quatre scénarios RCP (Representative Concentration Pathway). Chaque scénario anticipe l'évolution jugée probable du climat en fonction de trajectoires hypothétiques d'émissions de CO_2, plus ou moins élevées.

Figure 1

La civilisation humaine s'est développée au cours d'une période de relative stabilité climatique



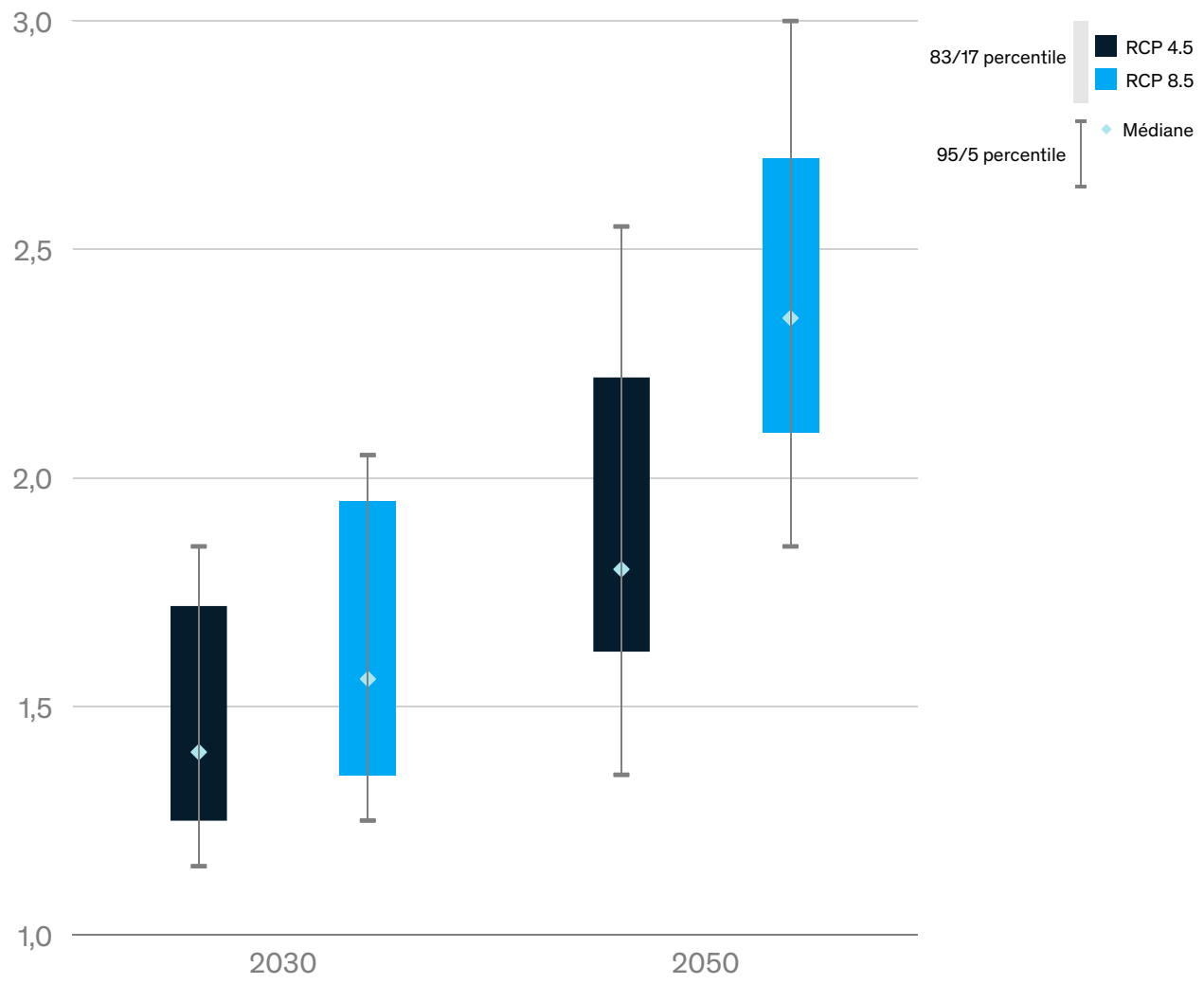
Source : Bereiter et al., 2015 ; Feynman and Ruzmaikin, 2018 ; Uemura et al., 2012 ; analyse du McKinsey Global Institute

climatique, dans le prolongement des tendances d'émissions actuelles – ce qui constitue précisément l'objet de notre rapport. Enfin, les écarts entre les quatre scénarios du GIEC restent modérés jusqu'en 2050, horizon sur lequel se projette également notre rapport. C'est seulement après cette date que les divergences s'accentuent fortement. Le scénario RC 8.5 prévoit ainsi un accroissement moyen des températures de 2,3°C d'ici 2050, contre 1,8°C pour le scénario « optimiste » RCP 4.5 *(Figure 2)*.

Figure 2

Nous utilisons le RCP 8.5 car le scénario à plus fortes émissions qu'il décrit nous permet d'évaluer le risque physique en l'absence de décarbonisation

Écarts à la moyenne 1850-1900 des températures de surface maritime et terrestres, °C



Note : Pour la clarté du graphique, les extrêmes au-delà des 5è et 95è percentiles ne sont pas montrés. Le graphique présente deux RCP les plus couramment utilisés dans les modèles climatiques, pour donner une idée de l'écart entre les scénarios

1

Un risque multidimensionnel, complexe à appréhender

Ce rapport s'est d'abord attaché à qualifier un risque climatique qui, au-delà de la communauté scientifique, reste encore méconnu et sous-estimé. Le risque climatique présente six grands traits : il est croissant ; hétérogène dans ses répercussions locales ; non stationnaire ; non linéaire (il existe des seuils biologiques, techniques et sociaux dont le franchissement peut entraîner des effets disproportionnés) ; systémique ; et enfin, inégalitaire, dans la mesure où il affecte plus lourdement les populations les plus fragiles.

1. Un risque croissant

Première caractéristique du risque climatique : il se matérialise d'ores et déjà dans de nombreuses régions du globe, sous des formes variées – et ces manifestations sont amenées à croître en fréquence et en intensité. Cette évolution revêt à la fois des formes chroniques, comme la montée des eaux ou la raréfaction des pluies dans certaines régions, et des formes exceptionnelles, comme les incendies de forêt ou les ouragans, par exemple.

Chacune des neuf études de cas locales que nous avons menées met en évidence une montée continue des risques, avec une accélération des tendances entre 2030 et 2050. L'impact socio-économique de ces risques se trouve multiplié par 2 à 20 selon les situations *(Figure 3)*.

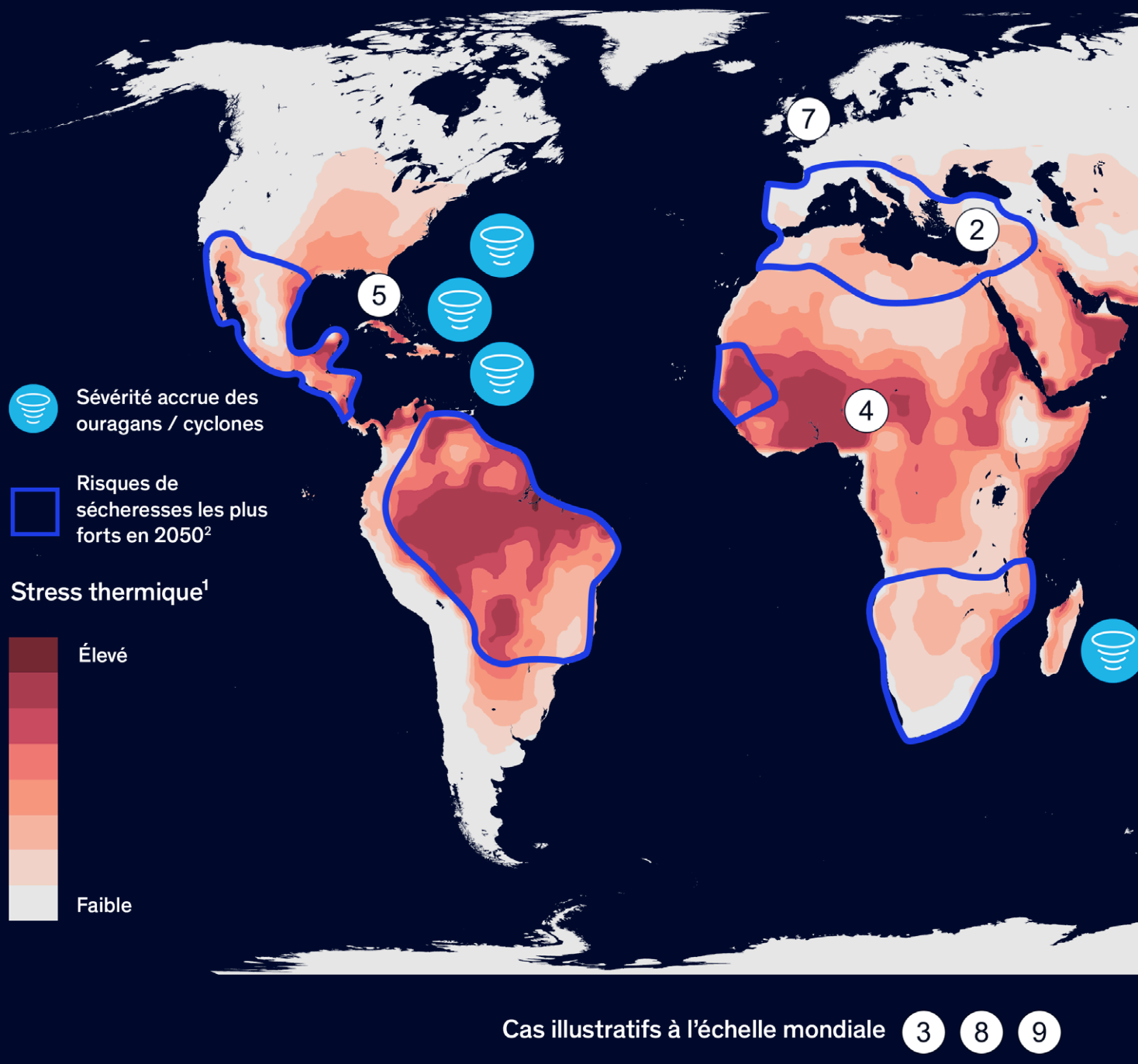
Au-delà de ces neuf études de cas locales, une analyse macroscopique corrobore ce constat. Nous l'avons menée sur un périmètre de 105 pays comptant pour 90 % de la population et du PIB mondial. Dans chaque pays, nous avons modélisé l'évolution de six indicateurs évaluant les effets du changement climatique[1]. Il en ressort que chacun des 105 pays verra au moins un de ces indicateurs augmenter dès 2030. La France, pour sa part, sera concernée surtout par des inondations plus fréquentes et plus graves.

À l'exception de quelques territoires, comme le Nord du Canada ou de la Russie, presque tous les autres du monde, et la totalité des États, subiront des conséquences négatives d'une sévérité croissante.

[1] Ces six indicateurs sont :
1. La part de population exposée à un risque létal dû aux canicules ;
2. Le nombre d'heures de travail annuelles perdues pour cause de canicule ou d'inondation ;
3. Le déficit entre la demande et l'offre d'eau ;
4. La valeur des immobilisations de capital risquant d'être perdue dans les inondations ;
5. La durée moyenne des périodes de sécheresse menaçant les cultures ;
6. La proportion de surfaces agraires changeant de catégorie climatique (par exemple, de « climat tempéré » à « climat méditerranéen »).

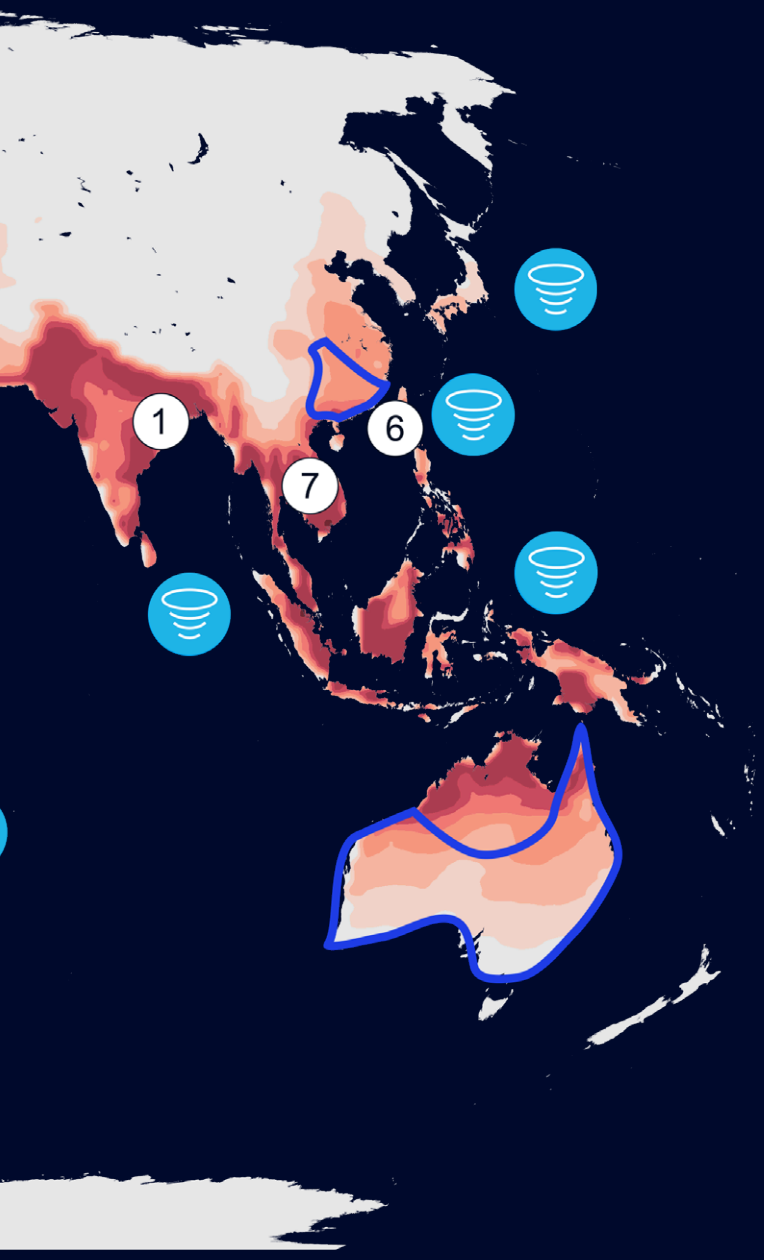
Figure 3

Nous avons sélectionné neuf cas illustratifs des impacts du risque climatique à travers le monde



1. Stress thermique mesuré en température au thermomètre-globe mouillé
2. Risque de sécheresse défini selon la durée des sécheresses d'après l'indice Palmer Drought Severity Index (PDSI)

Source : Woods Hole Research Center ; analyse du McKinsey Global Institute



Habitabilité & conditions de travail

1. Fera-t-il trop chaud pour travailler en Inde ?
2. Allons-nous vers une Méditerranée sans climat méditerranéen ?

Production alimentaire

3. Pourra-t-on toujours compter sur les greniers céréaliers de la planète ?
4. Comment les fermiers africains s'adapteront-ils à une nouvelle pluviométrie ?

Capital physique et infrastructures

5. Le marché immobilier de la Floride restera-t-il à flot ?
6. Le climat sera-t-il le maillon faible de votre chaîne d'approvisionnement ?
7. Les villes côtières pourront-elles faire refluer la montée des eaux ?
8. Face au risque climatique, les infrastructures vont-elles plier ou rompre ?

Capital naturel

9. Toucherons-nous moins de dividendes du capital naturel ?

+ 4°C

C'est la hausse de la température moyenne en Antarctique depuis 1980

2. Un risque localement hétérogène

Des variations extrêmes masquées par les moyennes

Le second attribut des risques climatiques consiste en leur caractère très localisé. C'est à l'échelle des territoires qu'il convient de les analyser ; les moyennes nationales, continentales ou mondiales recouvrent de trop grandes disparités pour informer avec pertinence les décisions économiques.

Cette réalité découle des nombreuses interactions entre le climat, la géographique physique (relief, hydrographie), et enfin, l'implantation et la nature des activités humaines.

Les moyennes masquent des disparités locales parfois très marquées *(Figure 4)*. Par exemple, la température terrestre moyenne a gagné 1,1°C depuis 1880, mais alors que cette hausse s'est limitée entre 0,2 et 0,5°C en Afrique australe, elle dépasse déjà 4°C en Antarctique.

En plus des données climatiques, joue la géographie : par exemple, les régions côtières de l'Inde, ainsi que les plaines du Gange et de l'Indus, sont bien plus exposées au risque de chaleur

× 75

Multiplication des risques en 50 ans

et de précipitations excessives que la plaine intérieure du Decca. Celle-ci est préservée par son altitude élevée et par un brassage des masses d'air océaniques humides avec l'air continental sec.

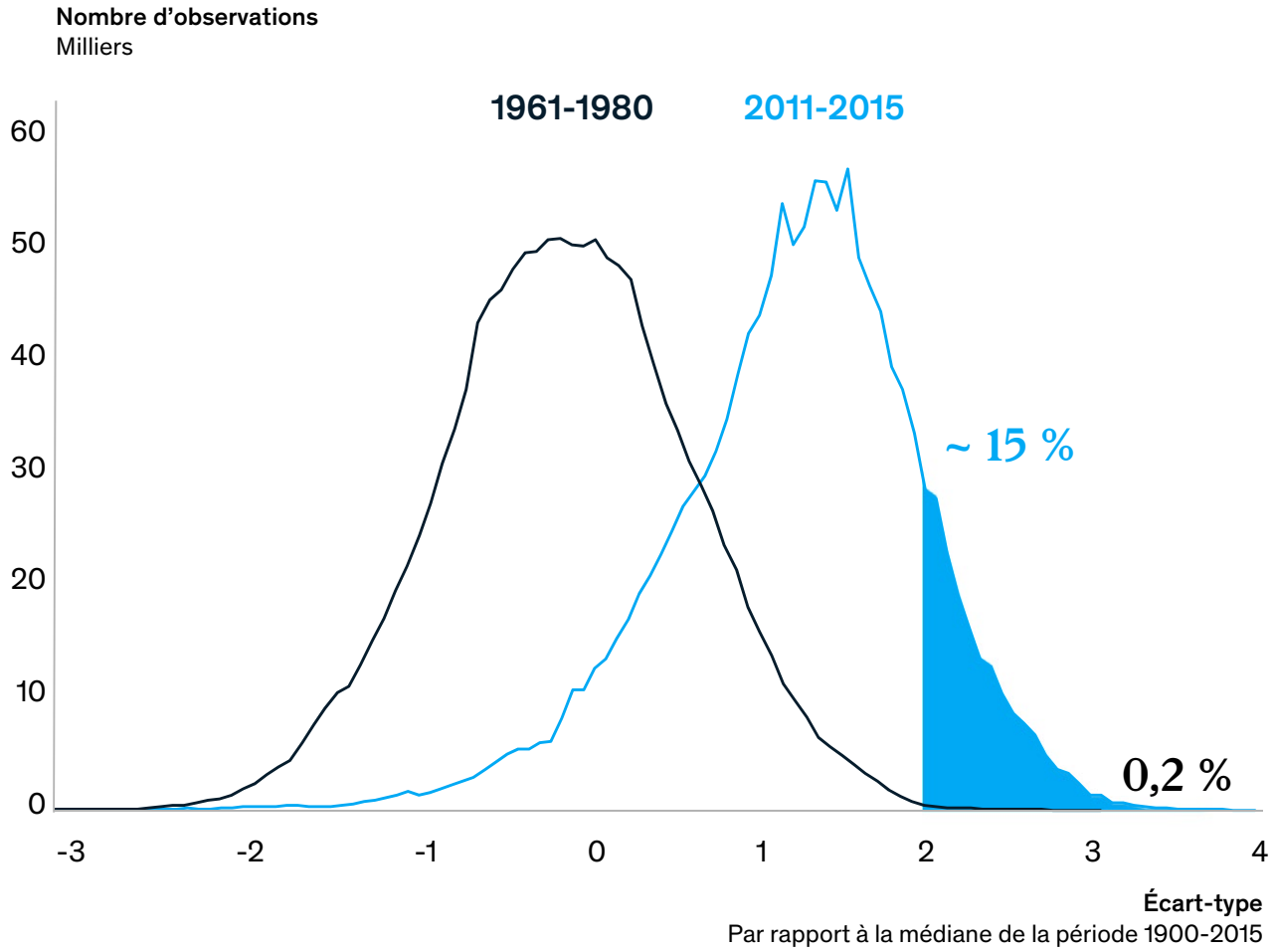
Enfin, les implantations et le type d'activité humaines menées localement entraînent une forte variabilité des conséquences : par exemple, en Inde, la fréquence accrue des canicules se traduirait surtout par une baisse de la productivité du travail, notamment en plein air, tandis que sur le pourtour méditerranéen, elle réduirait les rendements agricoles et entraverait certaines activités touristiques.

Pour apprécier le risque climatique localement, il faut donc prendre en compte à la fois l'évolution des conditions climatiques spécifiques, le cadre géographique, mais aussi l'exposition au risque et la résilience des activités humaines – qui varient considérablement d'une région à l'autre.

Figure 4

Une amplification des variations des moyennes au niveau des extrêmes

Anomalies de température dans l'hémisphère Nord



Source : Analyse McKinsey & Company, avec le conseil de l'ECI de l'Université d'Oxford, selon la méthodologie de Sippel et al. (2015) et des données CRU-TS

3. Un risque non stationnaire

Des effets d'inertie et de potentielles accélérations dues aux boucles de rétroactions

L'un des aspects les moins bien appréhendés du risque climatique est son caractère non stationnaire : il ne s'agit pas, pour l'humanité, de gérer la transition vers un nouvel état stationnaire, mais de gérer une instabilité vraisemblablement chronique. Deux raisons expliquent la persistance de l'instabilité : l'inertie du changement climatique et l'apparition probable d'effets de rétroaction.

Tout d'abord, le changement climatique est soumis à des effets d'inertie, aussi bien géodynamiques, que technologiques et sociaux. Les modèles prédisent que la poursuite du réchauffement est « verrouillée » (effet de *lock-in*) pour une décennie au moins. Autrement dit, même si toutes les émissions humaines de CO_2 stoppaient instantanément, les températures continueraient à augmenter en raison de la restitution d'énergie emmagasinée par le système terrestre. À cela s'ajoute une inertie d'origine humaine, liée aux choix technologiques antérieurs, en matière de production d'énergie ou d'infrastructures, par exemple. Les sciences du climat indiquent que la poursuite du réchauffement ne peut être enrayée qu'en atteignant le niveau zéro net d'émissions de gaz à effet de serre, mais à cause de l'inertie, même après avoir atteint ce stade, le changement climatique se poursuivra à moyen terme *(Figure 5)*.

Un second facteur d'instabilité serait l'activation de potentielles boucles de rétroaction. Les scientifiques du climat alertent sur l'existence de ces mécanismes aggravants : par exemple, sous l'effet de la hausse des températures, le pergélisol arctique pourrait fondre et libérer d'importantes quantités de méthane. Autre exemple, l'acidification des océans pourrait perturber leur rôle de puits de carbone.

En plus des boucles de rétroaction mondiales, il en existe aussi à l'échelle locale : par exemple, la généralisation des climatiseurs dans une ville, pour faire face aux canicules, peut encore accroître la température locale. Les scientifiques estiment probable l'activation de boucles de rétroaction si le réchauffement n'est pas contenu sous les 2°C. Dans cette éventualité aussi, le changement climatique perdurerait malgré la décarbonisation des activités humaines.

Ce caractère non stationnaire du climat constitue un profond changement de paradigme pour les marchés financiers, les entreprises, les gouvernements ou même les ménages. La majorité n'a jamais été confrontée à un environnement physique aussi mouvant. Elle n'a donc pas accumulé l'expérience requise pour prendre des décisions fiables dans ce contexte particulier. Dans de nombreux métiers, il faudra rapidement acquérir cette compétence, qu'il s'agisse de l'ingénierie des infrastructures ou de l'assurance des prêts immobiliers, par exemple.

4. Un risque non linéaire

Des seuils dont le franchissement peut entraîner des conséquences disproportionnées

Un autre aspect insuffisamment appréhendé du risque climatique est la non-linéarité de ses effets – une propriété particulièrement contre-intuitive en raison du fonctionnement cognitif humain.

De fait, tous les systèmes naturels – les humains, les animaux et les plantes, les écosystèmes, etc. – sont le fruit d'une évolution qui les a préparés à « fonctionner » selon certains paramètres définis. Il en va de même pour de nombreux systèmes créés par les humains – les infrastructures, les institutions, etc. Quand un de ces paramètres est dépassé, la capacité de résistance du système peut s'effondrer brutalement. C'est ce qui engendre les effets de seuil caractéristiques du risque climatique *(Figure 6)*.

On peut les illustrer à travers quelques exemples.

Le corps humain tout d'abord : nos fonctions physiologiques maintiennent une température optimale d'environ 37°C. Une variation de 0,2°C autour de ce point d'équilibre suffit à compromettre notre capacité à mener plusieurs tâches à la fois. À 0,9°C, la coordination neuromusculaire est affectée. À 1,3°C, c'est la capacité de raisonnement qui décline rapidement. Une variation de 5°C entraîne rapidement la mort. Dans certaines conditions d'humidité, avec une température extérieure de 35°C, même correctement hydratés, au repos et à l'ombre, les humains voient leur température interne augmenter jusqu'à des niveaux potentiellement mortels en seulement 4 à 5 heures.

On trouve un autre exemple de non-linéarité dans les rendements agricoles. Le maïs, par exemple, affiche une productivité optimale lorsque la température extérieure avoisine 18°C. Une variation de seulement 4°C autour de cette valeur entraîne déjà une baisse du rendement de plus de 20 %. À moins de 10°C ou plus de 30°C, le rendement tombe à zéro.

Les infrastructures humaines n'échappent pas non plus à ces effets de seuil. Les équipements électriques ou les antennes-relais de téléphonie mobile, par exemple, ont été conçus pour résister à des contraintes données, en termes de température, de vitesse de vent ou de hauteur d'inondation. Ces niveaux peuvent s'avérer inadaptés à des événements extrêmes plus graves. Ainsi, lors de l'ouragan Maria de 2018, des vents de 280 km/h ont abattu plus de 90 % des antennes-relais de téléphonie de Porto Rico.

Pour finir, les systèmes économiques, financiers, politiques et sociaux répondent également à ces logiques de seuils critiques – même si ces derniers sont plus difficiles à quantifier. Il existe par exemple un seuil psychologique chez

les acheteurs de maisons, qui peut les pousser à quitter une région après qu'une certaine fréquence d'inondations, jugée inacceptable, est dépassée.

5. Un risque systémique

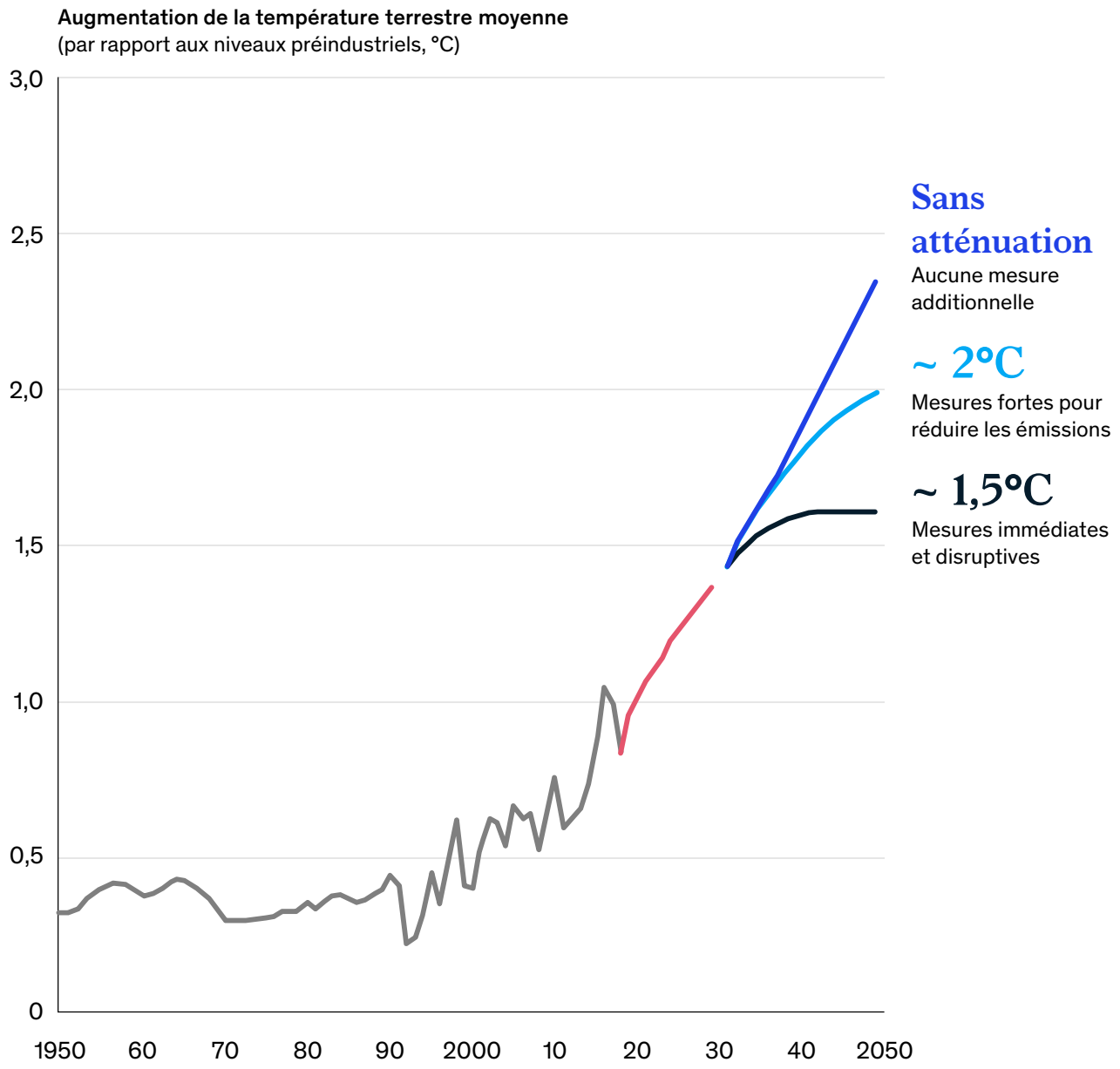
Des conséquences en chaîne

Nous avons décrit précédemment le risque climatique comme étant localisé. Cette propriété n'exclut pas son caractère systémique. En effet, le risque climatique, lorsqu'il se concrétise dans une région donnée, peut avoir des répercussions en cascade sur d'autres régions, ou sur des secteurs économiques entiers, en raison de l'interconnexion de nos systèmes socio-économiques.

Cette propriété est particulièrement bien illustrée par l'étude de cas que nous avons menée sur la Floride *(Encadré 2)*.

Figure 5

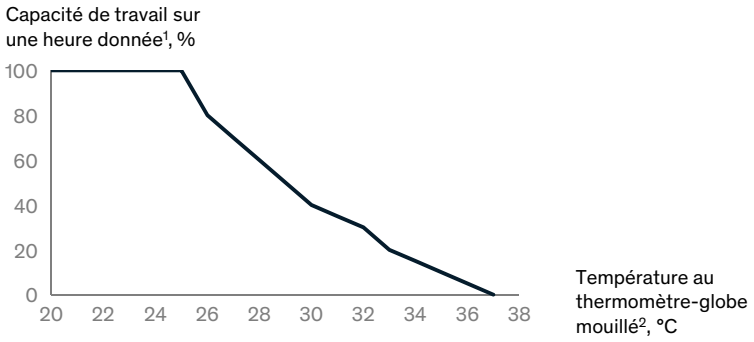
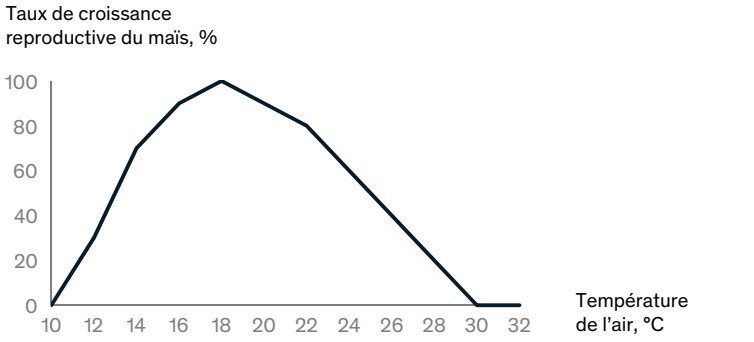
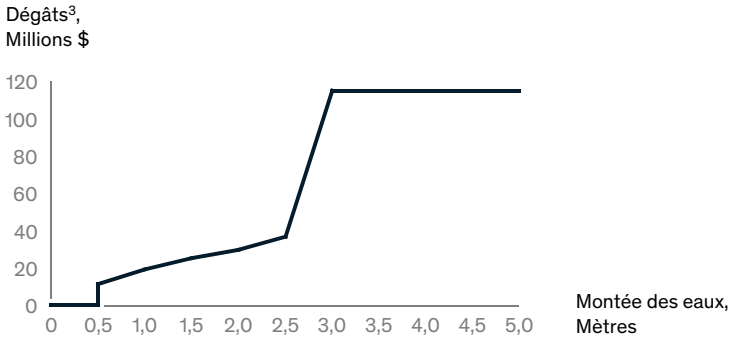
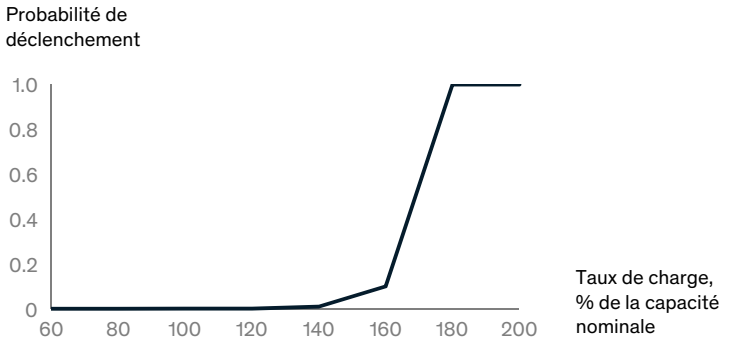
Le risque climatique va continuer à croitre, même avec d'importantes mesures d'atténuation



Source : Historique de températures : NASA Goddard Institute for Space Studies (GISTEMP) (2019). Projections futures de températures : la trajectoire « sans atténuation » suit la médiane de l'ensemble CMIP 5 du RCP 8.5 ; les trajectoires 2°C et 1,5°C sont illustratives

Figure 6

Les impacts directs du changement climatique peuvent devenir non linéaires lorsque certains seuils sont franchis

Système	Exemple	Comportement non linéaire
Humain	Impact de la chaleur et de la température sur le travail extérieur	
Naturel	Impact des températures sur les rendements agricoles	
Physique	Impact d'une inondation sur une gare britannique	
	Effets d'une surcharge de ligne (ex. affaissement dû à la chaleur) sur un réseau électrique[4]	

1. Effets immédiats; une exposition plus longue aurait des impacts sur la santé qui s'aggraveraient rapidement. Le corps humain peut survivre 4 à 5 heures à une température humide de 35°C. Pendant cette période, une faible quantité de travail peut être réalisée, ce qui explique que la courbe horaire ne s'approche pas de zéro à 35°C WBGT (qui est, à l'ombre, proche de 35°C de température humide)
2. Basé sur la température au thermomètre-globe mouillé (WBGT, wet bulb globe temperature), à l'ombre. La température WBGT est un type de température apparente qui prend en compte les effets de la température, de l'humidité, de la vitesse du vent et des rayons visibles et infrarouges sur le corps humain
3. Coût moyen de reconstruction intégrale d'une gare pour estimer l'impact ; valeur résiduelle estimée à zéro une fois le seuil de destruction atteint
4. Des évènements ponctuels (ex. inondation, incendie, orage) ou des changements structurels des conditions climatiques (ex. réchauffement) peuvent affecter le réseau et conduire à des coupures

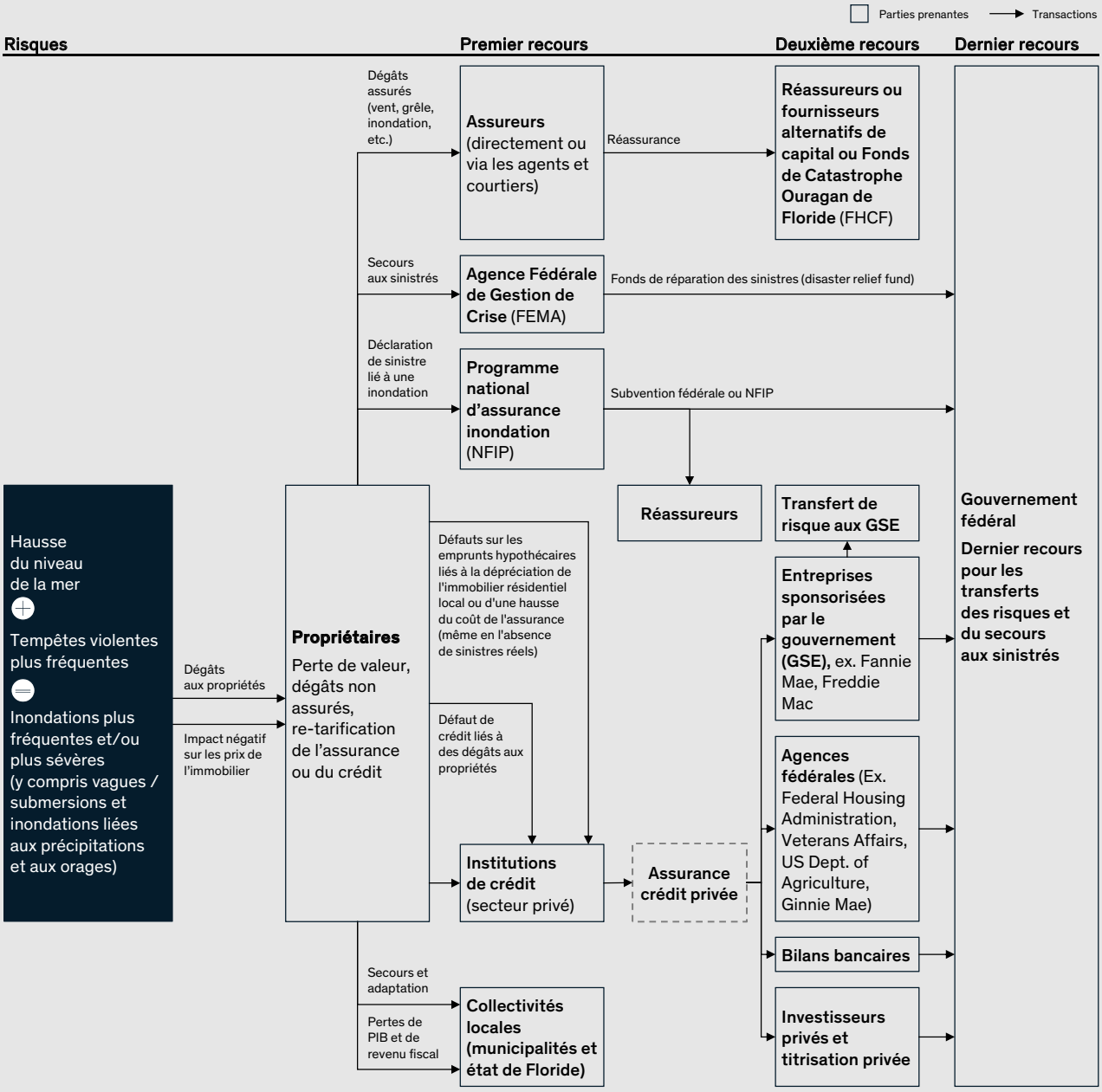
Encadré 2

Illustration du caractère systémique du risque climatique à travers l'exemple du secteur immobilier en Floride.

En Floride, le secteur immobilier joue un rôle économique de premier plan. Il contribue au PIB régional à hauteur de 22 % ; il génère 30 % des recettes fiscales locales ; enfin, la valeur des résidences représente 42 % du patrimoine des propriétaires, en moyenne. La montée des eaux et la fréquence accrue des ouragans auraient de nombreuses incidences en cascade *(Figure ci-dessous)* : la dévaluation des biens immobiliers exposés toucherait ainsi d'abord leurs propriétaires, mais ensuite les collectivités locales, les institutions bancaires et les assureurs, les agences fédérales, etc. Nous estimons que la dévaluation des maisons exposées aux inondations en Floride pourrait atteindre 10 à 30 milliards de dollars d'ici 2030, toutes choses égales par ailleurs, déclenchant une onde de choc qui se propagera dans tout le système financier américain.

Qui porte le risque ?

Vue d'ensemble des parties prenantes du marché immobilier en Floride



Source : Analyse du McKinsey Global Institute

6. Un risque inégalitaire

Une surexposition des populations fragiles

Dernier enseignement de notre analyse du risque climatique : ce dernier est « inégalitaire », dans la mesure où il affecte en premier lieu les populations les plus fragiles au sein d'une zone ou les régions les plus défavorisées à l'échelle du globe. Nous l'observons dans la totalité de nos études de cas *(Figure 7)*. Plusieurs phénomènes sont en cause ici.

D'abord, les populations les plus vulnérables sont plus exposées au risque direct : par exemple, en Inde, les franges les plus pauvres de la population sont aussi celles qui travaillent le plus fréquemment en plein air. De ce fait, elles subiront des risques accrus pour leur santé, ou des pertes de revenus, lors des vagues de forte chaleur.

Ensuite, ces mêmes populations sont celles qui pâtiront le plus des effets indirects du changement climatique, comme par exemple, la hausse du prix des denrées alimentaires. Nous estimons qu'en cas de chute forte et simultanée des rendements agricoles dans plusieurs régions productrices, les prix du blé, du riz et du maïs pourraient doubler à court terme. En raison de la part des dépenses alimentaires dans leur budget, cela toucherait d'abord les populations les plus pauvres, notamment les 750 millions de personnes vivant en dessous du seuil de pauvreté international. Combiné à la récession post-Covid-19, ce renchérissement aurait des effets dramatiques.

Enfin, le risque climatique accroîtra les inégalités interrégionales. La hausse des températures pourrait, par exemple, stimuler le tourisme dans certaines régions du nord de l'Europe, tout en réduisant la vitalité économique des régions du sud. Le volume des précipitations pourrait chuter de 15 % d'ici 2050 dans les régions agricoles d'Afrique du Nord, de Grèce et d'Espagne, alors qu'il progresserait de 1 à 5 % en Allemagne et au Pays-Bas, avec de lourdes conséquences sur les cultures maraîchères ou la viticulture.

Compte tenu de ces diverses caractéristiques, le risque climatique apparaît aujourd'hui largement sous-estimé et sous-préparé par les acteurs politiques et économiques. Comme dans la crise du Covid-19, cette impréparation est de nature à aggraver ses conséquences.

Figure 7

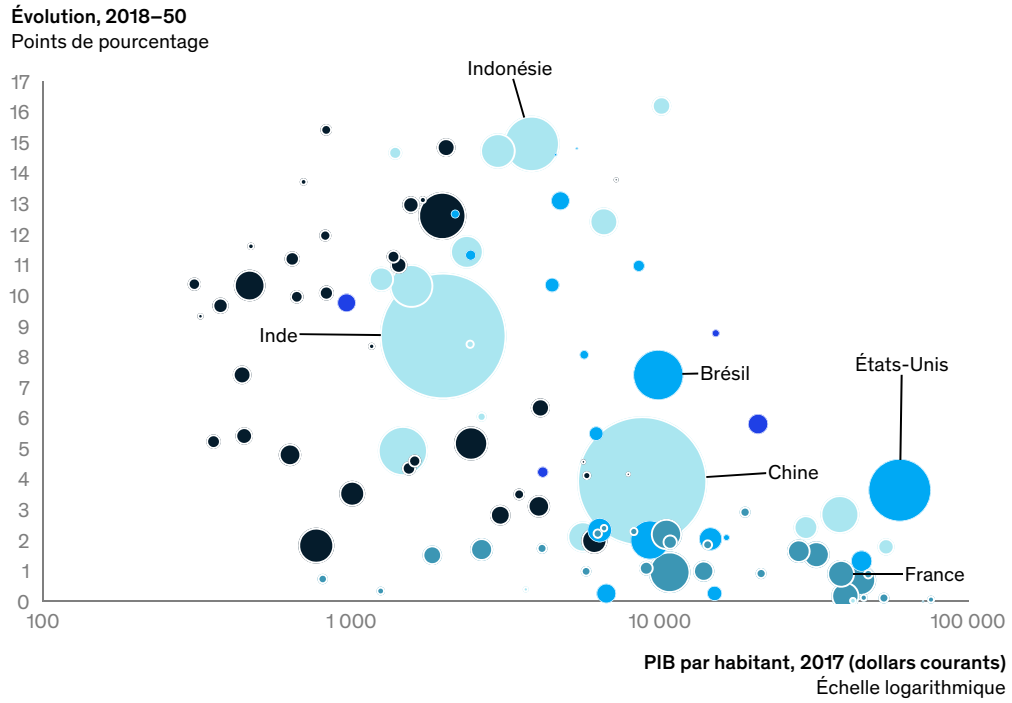
Les pays ayant les plus faibles PIB par habitants sont les plus exposés à la hausse de certains facteurs de risques

Basé sur le RCP 8.5

Afrique · Amériques · Pays arabes · Asie-Pacifique · Europe et Asie Centrale

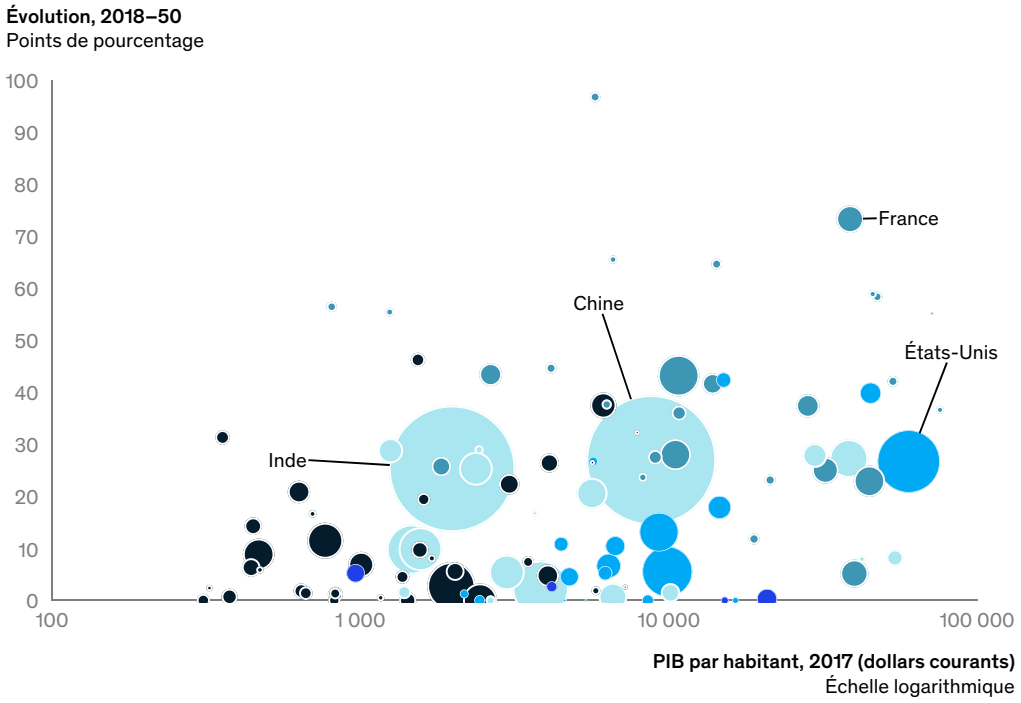
Part annuelle des heures de travail à l'extérieur affectées par la chaleur extrême et l'humidité, dans les régions exposées au changement climatique

Coefficient de corrélation : r = -0,49



Part de la surface terrestre changeant de classification climatique

Coefficient de corrélation : r = 0,35



Note : Pas à l'échelle. Projections basées sur le RCP 8.5, ensemble multi-modèle CMIP 5. Biais des données de température corrigé. Selon la pratique courante, nous avons défini les états actuels et futurs (2030, 2050) comme la moyenne des comportements climatiques sur plusieurs décennies. L'état actuel du climat correspond aux conditions moyennes de 1998 à 2017, l'état en 2030 aux conditions moyennes de 2021 à 2040, celui en 2050 à celles des années 2041 à 2060

Source : Woods Hole Research Center ; Rubel and Kottek, 2010 ; FMI ; Banque Mondiale ; ONU ; analyse du McKinsey Global Institute

2

Quelles répercussions sur les activités humaines ?

Les conséquences géophysiques du changement climatique ont déjà été largement modélisées et décrites par les scientifiques du climat : hausse des températures moyennes, fréquence accrue des précipitations extrêmes, ouragans, vagues de sécheresse, vagues de chaleur extrême, stress hydrique.

Mais comment ces phénomènes pourraient-ils affecter les activités humaines et, au-delà, les écosystèmes dans lesquels nous évoluons ?

Malgré des marges d'erreur, la réponse à cette question est sans équivoque : il convient d'anticiper un impact massif, à travers quatre catégories de conséquences *(Figure 8)* : une limitation des zones habitables et propices aux activités humaines ; des tensions accrues sur la production alimentaire ; une dévaluation du capital physique et des infrastructures ; et enfin, une mise en péril d'écosystèmes vitaux pour les humains.

Ces lourdes conséquences ne sauraient être sous-estimées, même dans le contexte post-Covid-19 où d'autres priorités pourraient prendre le dessus. De fait, ces conséquences négatives interviendraient dans un contexte où les équilibres politiques et sociaux sont déjà fragilisés – et les déstabiliseraient encore davantage.

1. Une limitation des zones habitables ou propices aux activités humaines

La première conséquence prévisible du changement climatique est le fait qu'un certain nombre de régions du monde, y compris parmi les plus densément peuplées aujourd'hui, seront exposées à des pics de chaleur potentiellement létaux pour les humains.

Selon nos estimations, d'ici 2030, entre 250 et 360 millions de personnes habiteront une zone où le seuil de tolérance température / humidité du corps humain risque d'être régulièrement dépassé, créant un risque mortel pour les populations concernées. Ce nombre pourrait même grimper entre 700 millions et 1,2 milliard à horizon 2050[1]. Bien-sûr, des aménagements seront réalisables pour protéger ces populations, notamment l'installation de climatiseurs. Mais il faudra aider ces populations souvent pauvres à s'équiper, sachant que le taux de pénétration de la climatisation ne dépasse pas 10 % aujourd'hui en Inde.

Outre les problématiques d'habitabilité, se poseront aussi celles de la capacité de travail et de la productivité dans un tel environnement. Nous prévoyons qu'au niveau mondial, le nombre d'heures non travaillées en plein air pour cause de température et d'humidité excessives pourrait doubler d'ici 2050 – passant de 10 % aujourd'hui à 15-20 % à cette date. Cela entraînerait des pertes économiques comprises entre 3 500 et 5 000 milliards d'euros, soit 2 à 3,5 % du PIB mondial d'ici 2050. Les pays les plus exposés, comme l'Inde et le Pakistan, subiraient une perte de l'ordre de 15 % de leur PIB.

[1] Ce risque présenterait une fréquence d'occurrence de 40 % par décennie en 2030 et de 80 % par décennie en 2050.

Même si toutes les régions du monde ne subiront pas une menace vitale, beaucoup seront contraintes de transformer leurs activités économiques. Les activités touristiques et agricoles dans les zones du pourtour méditerranéen, par exemple, seront affectées : à Madrid, les conditions climatiques en 2050 seront comparables à celles de Marrakech aujourd'hui ; et à Marseille, elles s'apparenteront à celles d'Alger *(Figure 9)*.

2. Des tensions accrues sur la production alimentaire

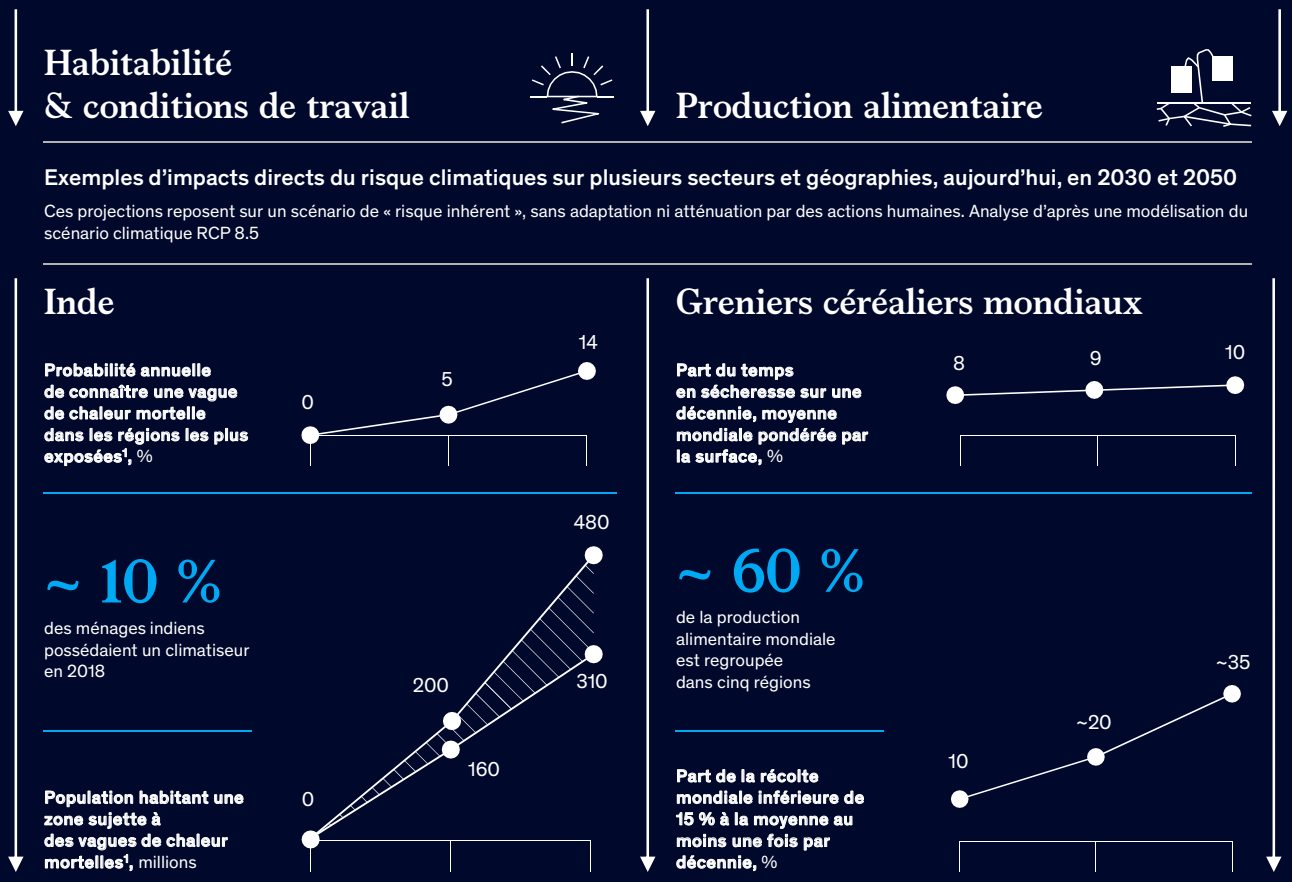
Les effets du changement climatique sur la production alimentaire ne seront pas unilatéraux : localement, certaines régions pourraient être avantagées par une hausse des températures moyennes et verraient leurs rendements augmenter. Néanmoins, du fait de la forte concentration de la production actuelle dans des zones menacées, et de probables franchissement de seuils, nous anticipons une volatilité accrue des prix agricoles.

En effet, le système alimentaire mondial repose aujourd'hui largement sur des « greniers céréaliers » : six d'entre eux assurent 60 % de la production céréalière mondiale, tandis que quatre céréales (riz, maïs, blé et soja) assurent la moitié des apports caloriques mondiaux.

Figure 8

Quels impacts du risque climatique sur les systèmes économiques et sociaux ?

Quatre systèmes directement impactés par le risque climatique



1. Les vagues de chaleur mortelles sont définies comme des périodes de trois jours pendant lesquels les conditions d'humidité et de température dépassent le seuil de survie d'un adulte en bonne santé au repos à l'ombre. Les chiffres présentés ne tiennent pas compte de la pénétration des climatiseurs. Ces projections sont soumises à des incertitudes liées au comportement futur des aérosols atmosphériques et des effets d'ilot de chaleur des villes

Parmi ces « greniers », on trouve par exemple le Midwest américain, l'Ukraine et le sud de la Russie, la vallée du Gange, etc. Cette concentration rend le système alimentaire très vulnérable à un choc majeur, ou même à plusieurs chocs modérés, mais qui interviendraient simultanément, dans ces greniers céréaliers.

Or, nos modèles mettent en évidence la probabilité accrue de tels chocs avec le changement climatique *(Figure 10)*.

Par exemple, le risque d'une baisse de rendement supérieure à 15 % une fois par décennie est aujourd'hui de 10 % ; il grimpera à 18 % pour la décennie allant de 2025 à 2035. Le risque n'est pas tant celui d'une pénurie généralisée que d'une forte hausse des cours. En effet, les stocks mondiaux, de l'ordre de 30 % de la consommation annuelle, permettent d'absorber une chute de rendement ponctuelle. En revanche, même modestes, les baisses de la production se traduisent souvent par une flambée des prix alimentaires.

Si une telle flambée survenait, elle toucherait en premier lieu les populations pauvres, en particulier les 750 millions de personnes vivant sous le seuil de pauvreté international. Un nombre qui risque de progresser fortement sous les effets de la récession post-Covid-19.

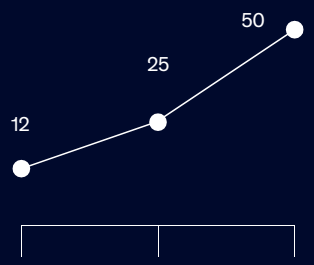
Capital physique et infrastructures

Capital naturel

Exemples d'impacts directs du risque climatiques sur plusieurs secteurs et géographies, aujourd'hui, en 2030 et 2050

Ces projections reposent sur un scénario de « risque inhérent », sans adaptation ni atténuation par des actions humaines. Analyse d'après une modélisation du scénario climatique RCP 8.5

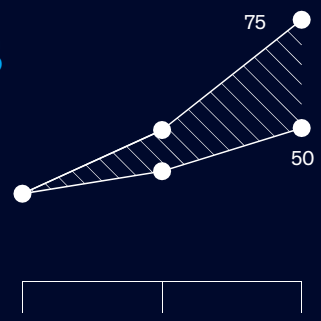
Floride



Hausse du niveau de la mer, cm au-delà du niveau de 1992

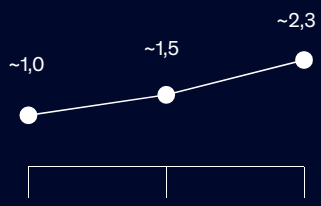
200 Mds $

de patrimoine immobilier résidentiel situé moins de 1,8 mètres au-dessus de la marée haute



Dégâts au patrimoine immobilier résidentiel dus à l'onde d'une tempête centennale, Mds $

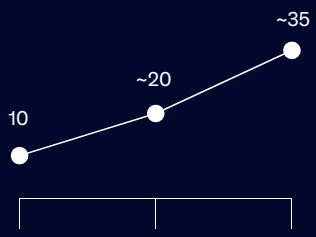
Glaciers



Anomalie médiane de température, °C par rapport à 1850-1900

> 16 %

de la population mondiale dépend des glaciers pour l'alimentation et l'irrigation



Fonte des glaciers de certaines sous-régions de l'Hindu Kush et de l'Himalaya, % de la masse totale

Note : Selon la pratique courante, nous avons défini les états actuels et futurs (2030, 2050) comme la moyenne des comportements climatiques sur plusieurs décennies. L'état actuel du climat correspond aux conditions moyennes de 1998 à 2017, l'état en 2030 aux conditions moyennes de 2021 à 2040, celui en 2050 à celles des années 2041 à 2060

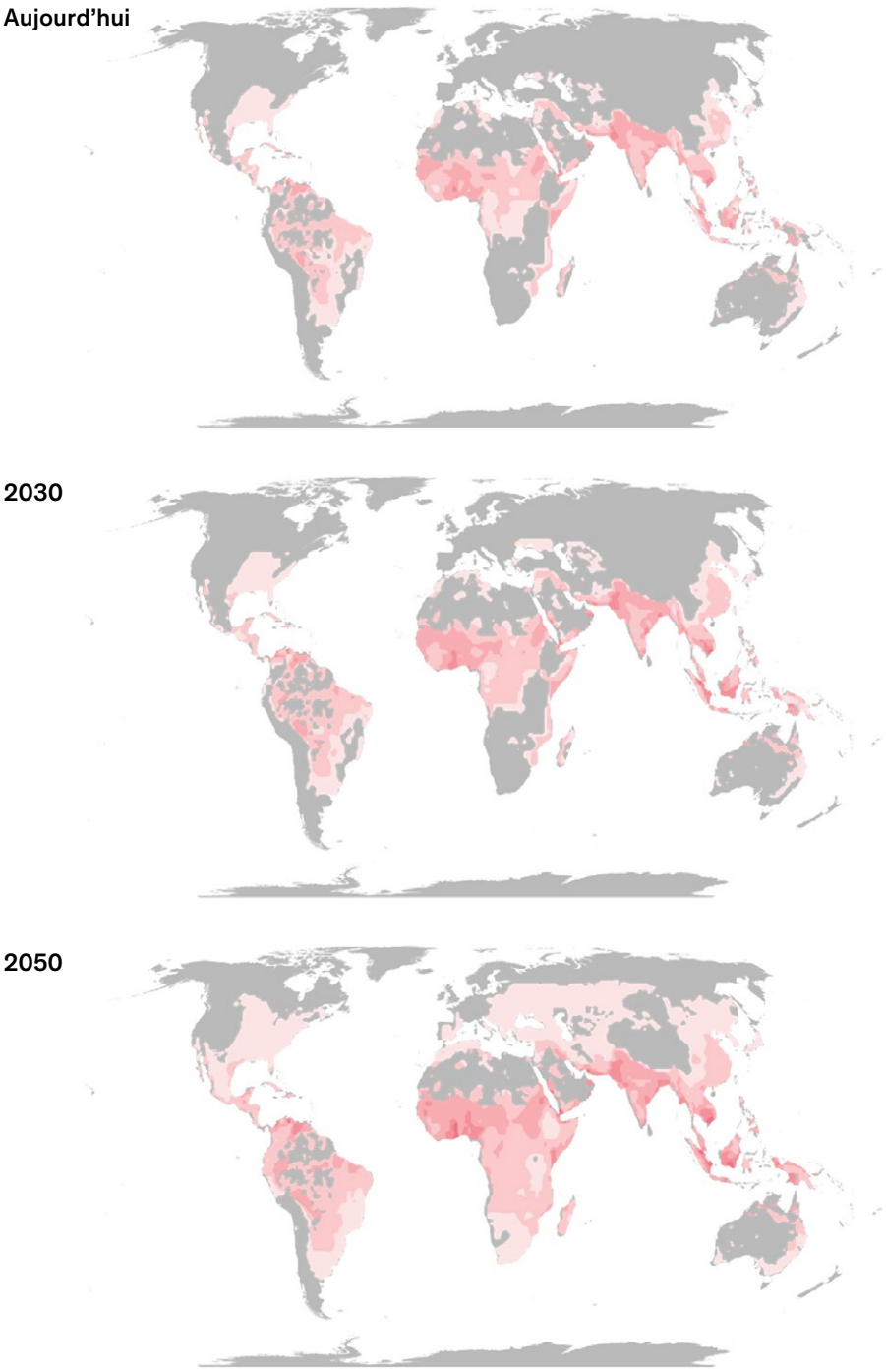
Figure 9

La part du PIB menacé par les effets des températures extrêmes et de l'humidité sur les heures effectives de travail pourrait croître avec le temps

Basé sur le RCP 8.5

PIB menacé par la réduction des heures de travail sous l'effet de la chaleur et de l'humidité (effet direct uniquement, scénario sans transitions sectorielles), %

- ≤0,1
- 0,2–1,0
- 1,1–5,0
- 5,1–10,0
- 10,1–15,0
- 15,1–20,0
- >20

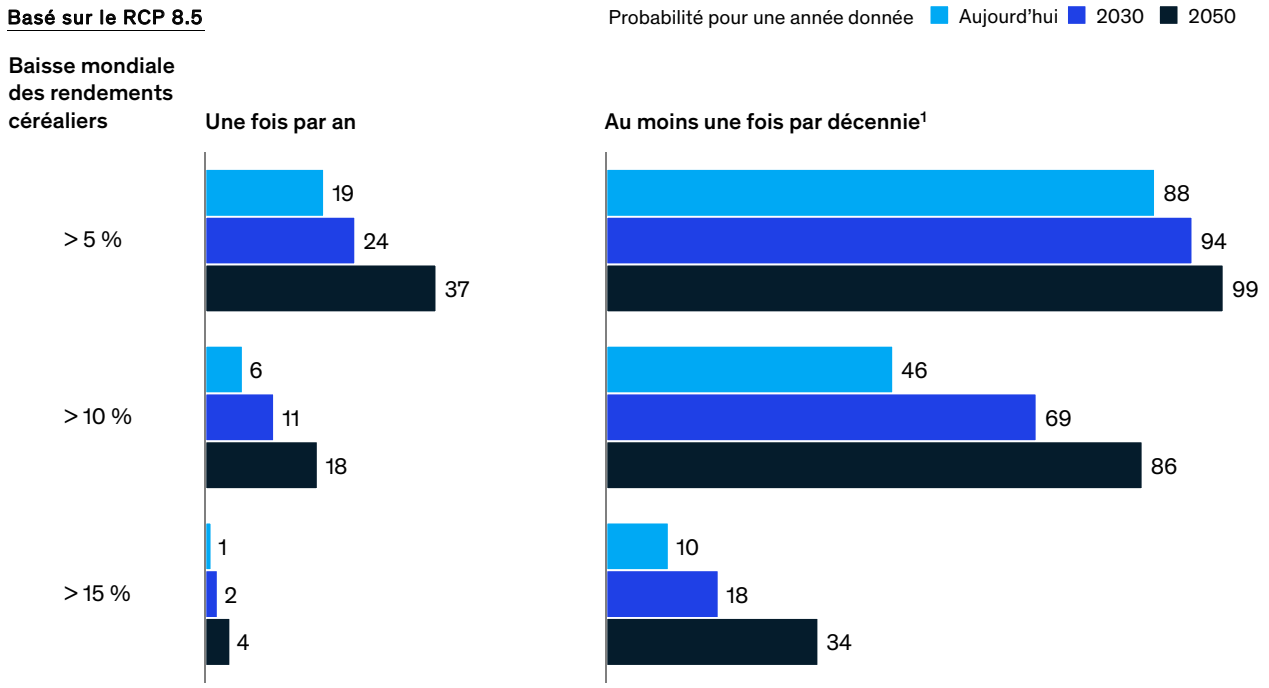


Note : Projections basées sur le RCP 8.5, ensemble multi-modèle CMIP 5. Biais des données de température corrigé. Ces cartes ne prennent pas en compte d'éventuelles évolutions sectorielles pour projeter la productivité du travail dans le futur – le pourcentage et la répartition géographique du travail en extérieur sont maintenus constants. Pour cette analyse, nous avons considéré comme travail en extérieur uniquement l'agriculture, la construction, les mines et les carrières. Selon la pratique courante, nous avons défini les états actuels et futurs (2030, 2050) comme la moyenne des comportements climatiques sur plusieurs décennies. L'état actuel du climat correspond aux conditions moyennes de 1998 à 2017, l'état en 2030 aux conditions moyennes de 2021 à 2040, celui en 2050 à celles des années 2041 à 2060

Source : IHS Markit Economics and Country Risk ; Woods Hole Research Center ; analyse du McKinsey Global Institute

Figure 10

Selon notre évaluation, le risque d'une baisse annuelle supérieure à 15 % des rendements agricoles doublera d'ici 2030 et quadruplera d'ici 2050



1. Calculé comme une probabilité cumulative avec l'hypothèse d'une indépendance entre les années
Note : Projections basées sur le RCP 8.5, ensemble multi-modèle CMIP 5. Biais des données de température corrigé. Selon la pratique courante, nous avons défini les états actuels et futurs (2030, 2050) comme la moyenne des comportements climatiques sur plusieurs décennies. L'état actuel du climat correspond aux conditions moyennes de 1998 à 2017, l'état en 2030 aux conditions moyennes de 2021 à 2040, celui en 2050 à celles des années 2041 à 2060

Source : Woods Hole Research Center ; analyse du McKinsey Global Institute

1/5 du PIB

de l'Afrique subsaharienne provient de l'agriculture

D'autre part, certaines régions du monde apparaissent plus particulièrement exposées, notamment l'Afrique. Sur ce continent, l'agriculture joue un rôle économique crucial : elle génère un cinquième du PIB de l'Afrique subsaharienne.

3. Une dévalorisation du capital physique et des infrastructures

La quasi-totalité du stock actuel de capital physique – immobilier résidentiel, commercial, installations industrielles, infrastructures, etc. – a été constituée sans prendre en compte le changement climatique. Une part de ce capital est exposée au risque de dommages, de destruction ou d'interruption d'activité, en cas de précipitations, de sécheresses ou de vagues de chaleur extrêmes, d'ouragans, de feux de forêt. De plus, la défaillance éventuelle de ces équipements ou infrastructures entraînerait des répercussions pour les chaînes de valeur et les secteurs d'activités qui en dépendent.

Cette réalité est mise en évidence par notre étude de cas sur la Floride *(Encadré 3)*.

Tout comme les biens immobiliers, les infrastructures et les équipements industriels sont exposés, avec le risque de provoquer des conséquences en cascade s'ils sont détruits ou hors service.

Nous avons analysé 17 types d'infrastructures différents, dans le domaine de l'énergie, de l'eau, des transports, des télécommunications, etc.) et constaté que tous allaient être exposés à des risques croissants du fait du changement climatique *(Figure 11)*.

Encadré 3

Illustration du risque de dévalorisation d'actifs physiques à travers l'exemple de la Floride

En Floride, les montées d'eau causées par des ouragans seront plus brutales et plus fréquentes. Les caractéristiques géographiques de cet État – un littoral étendu, une faible altitude et des soubassements calcaires poreux – accentuent sa vulnérabilité et rendent l'adaptation au changement climatique difficile et coûteuse. Par ailleurs, l'élévation du niveau de la mer pourrait pousser l'eau salée dans les réserves d'eau douce et endommager les systèmes de gestion de l'eau. Dès lors, de nombreux biens immobiliers risquent de subir une forte dévalorisation, tandis que toute l'économie locale serait affectée.

Des événements extrêmes (avec une probabilité d'occurrence faible au départ, mais des conséquences importantes) sont susceptibles d'engendrer des coûts croissants, en raison de leur intensité plus marquée. Nous estimons qu'un ouragan centennal occasionnerait 50 milliards de dollars de dégâts en 2050, soit 50 % de plus qu'à l'heure actuelle. Et la probabilité d'un tel événement doublerait sur la période. En regard de ce risque accru, la valeur des actifs immobiliers pourrait plonger de 10 à 30 milliards de dollars d'ici 2030, et de 30 à 80 milliards de dollars d'ici 2050 (soit une dévalorisation de 15 à 35 %), toutes choses égales par ailleurs. À ces pertes, il faudra additionner le coût des dégâts subis par les infrastructures publiques comme les réseaux d'adduction, d'égouts et de transport. S'ajouteront aussi le manque à gagner en fiscalité foncière, de l'ordre de 15 à 30 % dans certains comtés (même s'ils seront moindres à l'échelle de l'État tout entier, de l'ordre de 2 à 5 %).

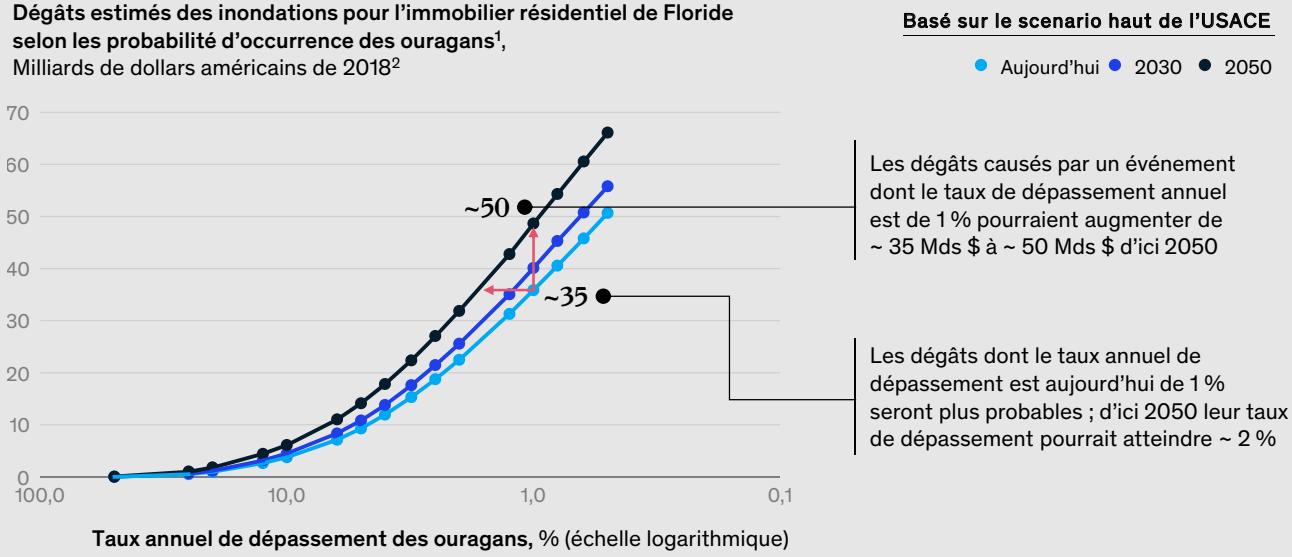
Inévitablement, ces nouveaux paramètres de risque vont être pris en compte par les banques et les assurances. Au Texas, le taux de défaut sur les crédits immobiliers a doublé dans les mois qui ont suivi l'ouragan Harvey : certains propriétaires ont préféré arrêter de rembourser leur maison qui avait perdu trop de valeur.

À terme, l'adaptation au changement climatique nécessitera des arbitrages épineux. Par exemple, l'État devrait-il accroître la protection contre les ouragans et les inondations ou réduire le développement dans les zones à risque, voire en abandonner certaines ? Près de 15 000 kilomètres de digues seraient nécessaires pour protéger la Floride d'ici 2040, pour un coût de 76 milliards de dollars.

Les dégâts causés par les événements rares pourraient s'accroitre

Le coût d'un événement avec une probabilité annuelle d'occurrence en Floride de 1 % pourrait passer d'environ 35 milliards de dollars à 50 milliards d'ici 2050

Dégâts estimés des inondations pour l'immobilier résidentiel de Floride selon les probabilité d'occurrence des ouragans[1],
Milliards de dollars américains de 2018[2]



1. Niveau de la mer basé sur la courbe haute de l'USACE. La courbe haut résulte en une hausse du niveau eustatique de la mer de 1,5 mètres à horizon 2100 (dans l'intervalle fourni par le RCP 8.5). D'après l'exposition actuelle. La construction de nouvelles résidences dans les zones inondables pourrait accroitre encore les dégâts potentiels
2. Basé sur les dégâts si l'événement se produit, non ajustés par la probabilité d'occurrence. Dégâts basé sur une exposition constante, c'est-à-dire hausse des dégâts à 2030 ou 2050 due aux changement du niveau de risque

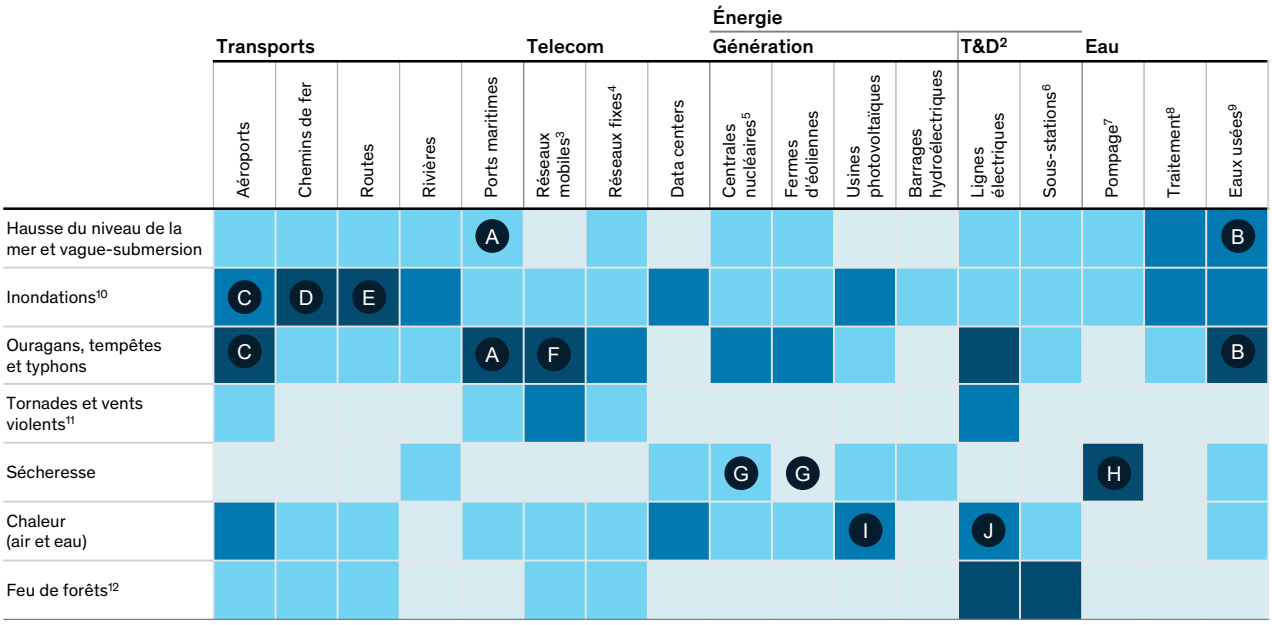
Source : KatRisk 2019

Figure 11

Malgré des profils de risques très spécifiques, chaque type d'infrastructures est confronté à un facteur de risque élevé

Risques Définis comme des pertes potentielles futures dues aux risques climatiques en 2030[1]

Pas ou peu de risques — Risque accru



A Les ports maritimes, par définition, sont exposés à tous types de risques d'inondations côtières. En général, les ports maritimes sont conçus pour s'ajuster à une hausse limitée du niveau de l'eau. Cependant, les ouragans puissants restent un risque. Par exemple, en 2005, l'ouragan Katrina a détruit ~30 % du port de la Nouvelle-Orléans.

B Les stations d'épuration sont souvent proches d'étendues d'eau, et sont très exposées aux inondations. L'ouragan en 2012 a causé la libération de 11 milliards de galons d'eaux usées, contaminant les réseaux d'eau potable.

C De nombreux aéroports sont proches de l'eau, ce qui augmente leur risque d'inondation (fluviale ou maritime). Des 100 aéroports les plus fréquentés dans le monde, 25 % sont à moins de 10 m au-dessus du niveau de la mer, et 12 à moins de 5 mètres (dont des hubs à Shanghai, Rome, San Francisco, New York). Quelques millimètres d'inondation suffisent à perturber les opérations aéroportuaires

D Les chemins de fer peuvent être interrompus par des inondations. En particulier, une perturbation de la signalisation ferroviaire peut affecter la fiabilité du réseau. L'inondation de 7 % des matériels de signalisation au Royaume-Uni pourrait perturber 40 % des trajets de passagers. Les dégâts peuvent provenir de l'érosion, qui altère l'alignement des rails.

E De fortes inondations sont nécessaires pour endommager une route, mais la vitesse de circulation peut être réduite de 30 % dès 0,05 m d'inondation, et la route rendue impraticable dès 0,3 m. Les effets cumulatifs des fermetures de routes peuvent augmenter les temps de trajet dans les villes inondées de 10–55 %.

F Les tours cellulaires sont menacées par les vents violents. Pendant l'ouragan Maria en 2018, des vents de 280 Km/h ont renversé 90 % des tours télécom de Puerto Rico. Les risques sont plus limités à des vitesses de vent plus faibles, avec ~25 % des tours renversées par des vents de 130 Km/h pendant l'ouragan Sandy.

G Les fermes éoliennes sont très résistantes à la sécheresse. Les centrales nucléaires, qui utilisent de l'eau pour leur refroidissement (>99 % des centrales américaines) sont à risque en cas de sécheresse sévère.

H Les infrastructures d'eau potable et les stocks associés sont particulièrement vulnérables à la sécheresse, comme l'atteste l'exemple de Cape Town, qui a failli être à court d'eau potable en 2018.

I L'efficacité des panneaux solaires peut être réduite par la chaleur, avec une perte estimée à 0,1-0,5 % par degré supplémentaire.

J Les réseaux électriques sont doublement affectés par la chaleur. Les températures élevées font augmenter l'usage des climatiseurs, ce qui accroit la charge sur le réseau. Dans le même temps, la chaleur réduit l'efficacité du réseau.

1. Les pertes sont définies comme une interruption, un dommage ou une destruction de l'actif
2. Transmission et distribution
3. Tours ration et sous-stations de base
4. Incluant les câbles terrestres et aériens
5. Dont le nucléaire, le gaz et le pétrole
6. Dont les gros transformateurs électriques
7. Réservoirs, puits et aquifères
8. Centrales de pompage, de désalinisation et réseaux de distribution
9. Centrales d'épurations et réseaux de distribution
10. Les inondations pluviales sont causées par des précipitations extrêmes, indépendamment de l'action des mers et rivières
11. Incluant l'impact du vent et des pluies
12. Les feux de forêts sont un risque dérivé, principalement des sécheresses

Source : Dawson et al., 2016 ; Federal Communication Commission, 2016 ; Mobile Association, 2018 ; New York Times, 2006 ; Pablo, 2005 ; Prelenato, 2019 ; Pyatkova, 2019 ; Xi, 2016 ; analyse du McKinsey Global Institute

4. La mise en péril d'écosystèmes vitaux

Enfin, le changement climatique affectera également les écosystèmes naturels. Ces écosystèmes fournissant le plus souvent gratuitement des « services » considérables aux humains, cela alourdira encore les coûts du risque climatique *(Figure 12)*.

Les glaciers, par exemple, jouent un rôle majeur dans la production d'eau douce. Un sixième de la population mondiale dépend de la fonte printanière pour l'agriculture et les besoins en eau courante. Dans la région himalayenne de l'Hindu Kush, où les glaciers fournissent de l'eau à plus de 240 millions de personnes, la masse glaciaire devrait diminuer d'environ 10 à 25 % d'ici 2030, et de 20 à 40 % d'ici 2050. Ces pertes devront être compensées par d'importants investissements dans l'efficacité des réseaux d'eau.

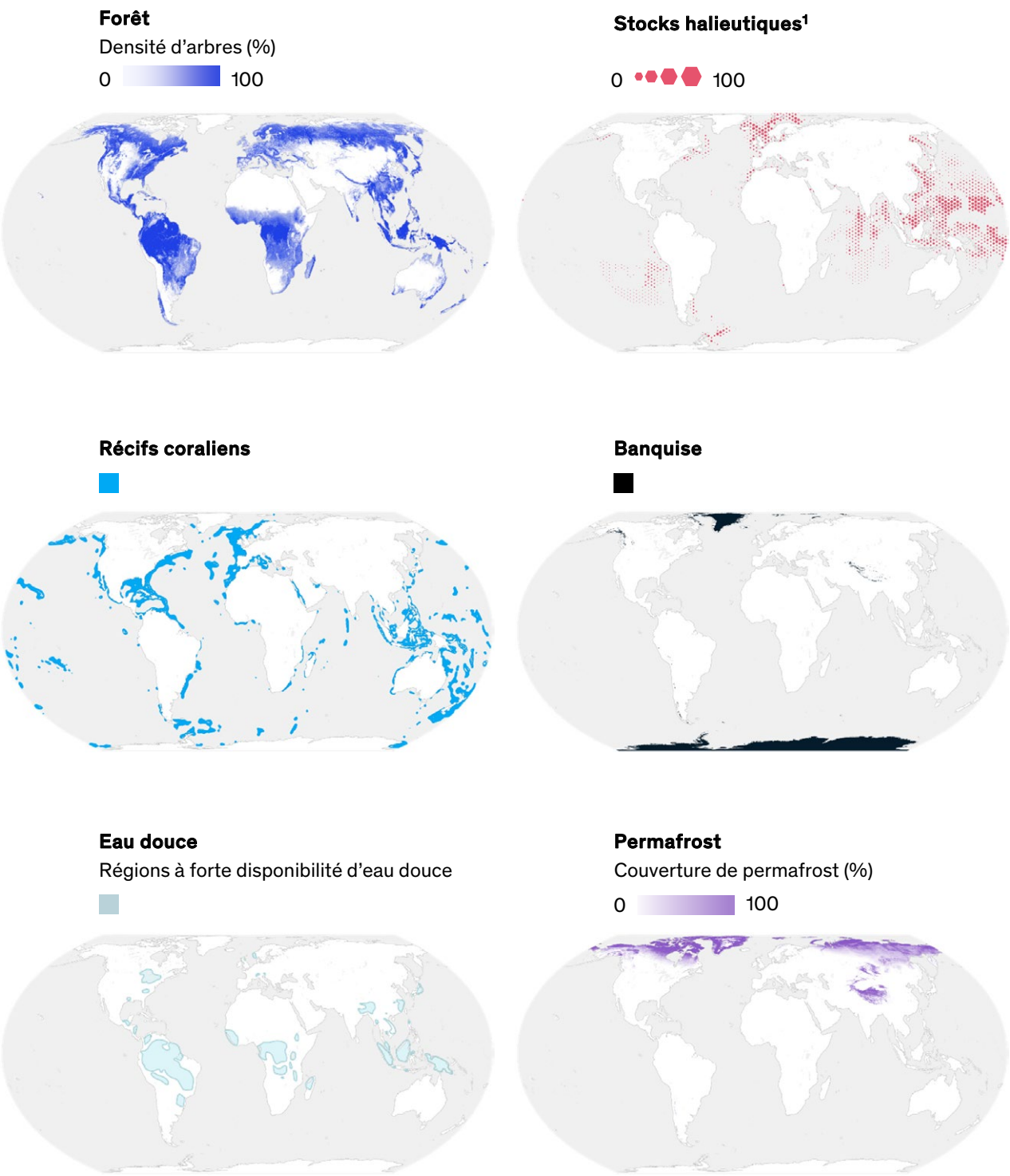
Les océans représentent un gisement de ressources alimentaires. Or, à mesure qu'ils se réchauffent, ils voient leur teneur en oxygène baisser et leur degré d'acidité augmenter. Par conséquent, d'ici 2050, la pêche devrait chuter, au niveau mondial, de 8 % en volume et de 10 % en valeur. Cela affectera, directement ou indirectement, les moyens de subsistance de 650 à 800 millions de personnes dans le monde. Là aussi, des mesures d'accompagnement seront nécessaires, tant pour assurer une gestion plus durable des stocks de pêche que pour développer des sources de revenus alternatives pour les pêcheurs.

Enfin, les forêts, qui couvrent le tiers des surfaces émergées de la planète, constituent, elles aussi, des écosystèmes menacés par le changement climatique. Près de 1,6 milliard de personnes en dépendent pour leur subsistance, tandis que 2,4 milliards de personnes utilisent le bois comme combustible pour cuisiner, se chauffer, faire bouillir et stériliser leur eau potable. Comme les océans, les forêts jouent un rôle primordial de puit de carbone ; la biosphère absorbe actuellement environ 30 % des émissions de CO_2 des combustibles fossiles, la majorité étant stockée dans les forêts et les mangroves. Ces dernières stabilisent également les côtes face à la montée des eaux. Du fait de leur croissance lente, les forêts sont à la fois vulnérables aux événements extrêmes (sécheresses, incendies, etc.) mais aussi aux modifications des conditions structurelles de leur environnement (températures et précipitations, faune, insectes et parasites, etc.) Enfin, le recul des forêts a tendance à rapprocher la faune des aires de peuplement humain ; certains scientifiques y voient une cause possible pour la fréquence accrue des zoonoses (SARS, MERS, Covid-19).

Face à des conséquences aussi lourdes, est-il réaliste de miser sur des approches « classiques » de gestion du risque, comme le contingentement ou le transfert de la propriété du risque ? Une telle démarche n'aurait qu'une efficacité limitée, car le risque climatique, en se propageant, n'épargnera probablement aucune région, aucun secteur, ni aucune catégorie d'acteurs.

Figure 12

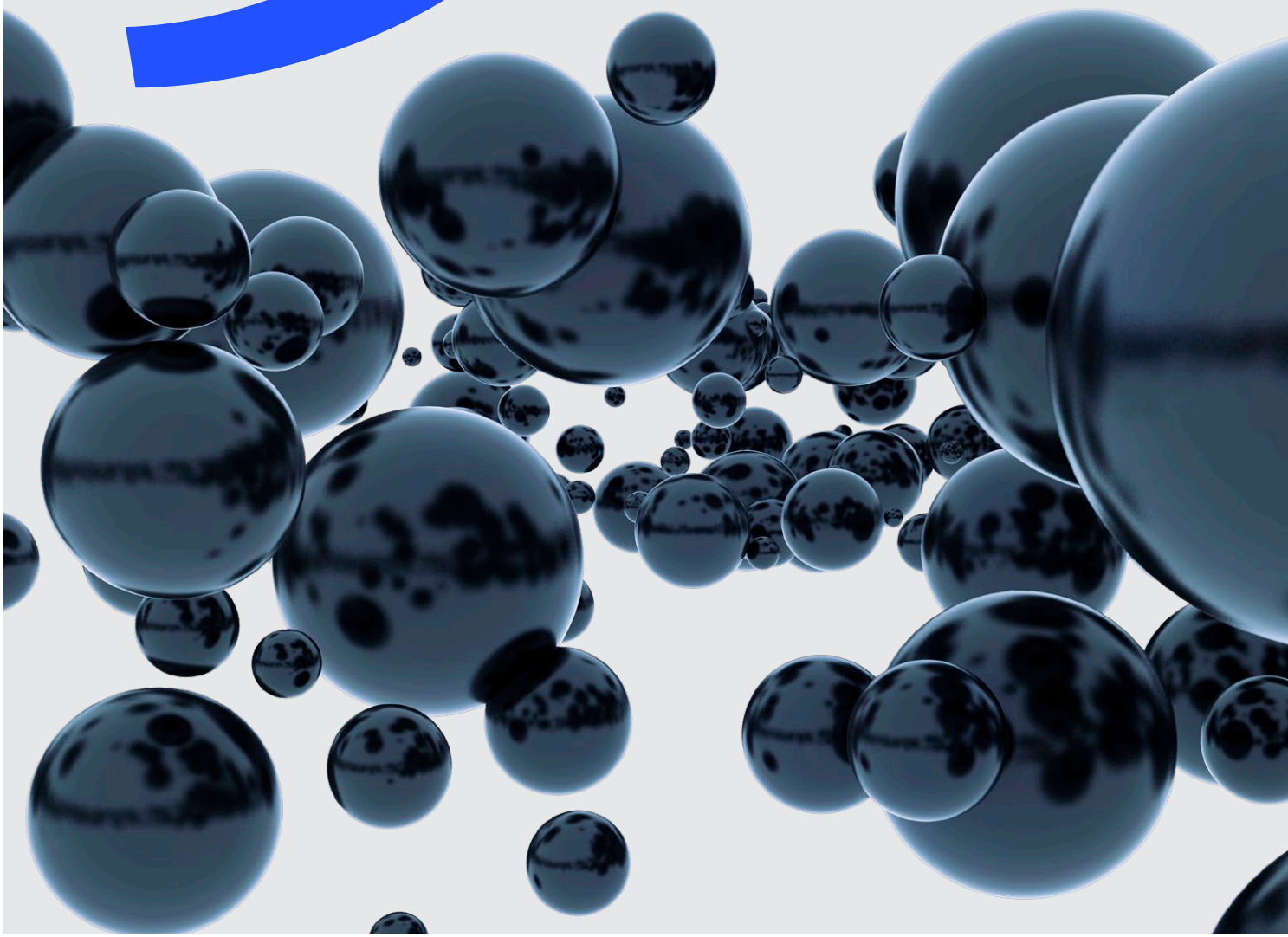
Le capital naturel se trouve partout sur Terre



1. Indice de l'activité mondiale de pêche utilisé comme proxy des stocks de poissons

Source : Data Basin, 2016 ; FAO, 2010 ; Halpern et al., 2015 ; Hughes et al., 2019; James, National Geographic, 2018 ; Lam et al., 2016 ; NASA Earth Observatory ; UNEP, 2014 ; Wester et al., 2018 ; Witt et al., 2014 ; Zemp et al., 2019 ; analyse du McKinsey Global Institute

3



Une propagation généralisée du risque

Les conséquences du risque climatique peuvent apparaître dramatiques, certes, mais parfois lointaines. Faut-il véritablement s'en préoccuper si l'on n'est pas exposé aux cours du riz indien, au marché immobilier de Floride, ou aux vicissitudes météorologiques de l'Asie du Sud-Est ? La réponse est affirmative, car le risque climatique est susceptible de se propager, à la fois dans l'espace et dans le temps, pour toucher l'ensemble des activités économiques à travers la planète. Il se dissémine via quatre canaux, que les dirigeants d'entreprises devraient garder à l'esprit lorsqu'ils analysent leur exposition au risque climatique.

1. Les marchés financiers

Des mouvements brusques dans les valorisations d'actifs ou les allocations de capitaux peuvent engendrer des effets systémiques. Ainsi, un événement climatique extrême, comme un ouragan suivi d'une inondation, pourrait conduire les investisseurs à se détourner d'une catégorie d'actifs – les biens immobiliers d'une région côtière, par exemple. Cela induirait des effets en cascade : dévaluation brutale de ce marché immobilier, réévaluation d'autres catégories d'actifs sur lesquelles les investisseurs se reporteraient, hausse des primes d'assurance et des défauts sur les crédits immobiliers, crise de liquidité interbancaire, etc. Même un événement localisé pourrait servir de déclencheur à un réajustement de grande ampleur.

2. Les chaînes d'approvisionnement

Les chaînes d'approvisionnement mondiales sont en général optimisées dans un objectif d'efficacité plutôt que de résilience. De ce fait, elles intègrent des stocks de précaution limités. La crise du Covid-19 a d'ailleurs montré la fragilité de certains circuits logistiques. Nous avons examiné deux chaînes d'approvisionnement types : celle des semi-conducteurs, un produit intermédiaire, et celle des terres rares lourdes, une matière première d'importance stratégique pour de nombreux équipements à forte valeur ajoutée. Nous avons ainsi mis en évidence d'importantes vulnérabilités : certains fabricants s'exposeraient à une interruption d'activité de plusieurs mois et à des pertes de revenus de l'ordre de 35 % en cas d'ouragan centennal dans le Pacifique Ouest – un événement dont la probabilité d'occurrence va quadrupler d'ici 2040.

3. Les systèmes géographiques

Il existe des effets de contigüité entre les systèmes géographiques. Les frontières humaines n'offrent aucune protection contre les effets du changement climatique. Par exemple, un pays en stress hydrique peut se trouver contraint d'accroître ses prélèvements dans un fleuve, et un pays voisin qui n'était jusqu'alors pas concerné en pâtira. Les effets peuvent

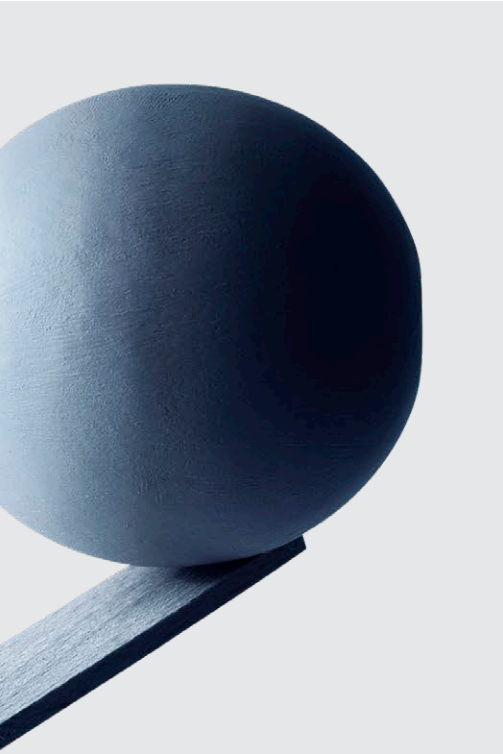
aussi se propager dans le temps, avec un décalage. Ainsi, de faibles chutes de neige l'hiver en montagne n'auront pas de conséquences immédiates. Mais la sécheresse peut se manifester six mois plus tard, alors que les aquifères n'auront pas été suffisamment rechargées.

4. Les déplacements de population

Les graves effets du changement climatique pourraient déclencher des troubles sociaux et politiques, voire des conflits. Des flux migratoires potentiellement déstabilisants pourraient en résulter. Entre 2008 et 2018, les catastrophes naturelles ont déjà déplacé 265 millions de personnes.

Certes le changement climatique n'est souvent pas le seul facteur à l'origine des décisions de migration, mais il peut amplifier les motivations préexistantes comme la pauvreté, les guerres civiles ou les conflits interétatiques. Dès 2014, le ministère américain de la Défense a identifié le changement climatique comme un « multiplicateur de menaces » et un « accélérateur d'instabilité ».
Si le risque climatique a des effets aussi désastreux et s'il est, de plus, inéluctable à court terme, comment peut-on le gérer ?

4



L'urgence d'une action volontariste pour s'adapter au risque

Ce rapport porte sur le risque climatique et n'a pas vocation à examiner les modalités d'une décarbonisation des activités humaines. Ceci étant, les scientifiques du climat et un grand nombre d'institutions internationales ont démontré qu'il s'agissait d'une démarche indispensable pour limiter les effets des changements d'ores et déjà inévitables, et surtout, pour éviter une aggravation supplémentaire du risque climatique.

Leurs travaux soulignent la nécessité d'atteindre la neutralité carbone, c'est-à-dire des émissions nettes nulles. Pour ce faire, deux catégories d'action devront être menées de front : d'une part, celles visant à réduire autant que possible les émissions occasionnées par les activités humaines, d'autre part, celles visant à retirer du CO_2 de l'atmosphère terrestre, afin de compenser les émissions résiduelles difficiles à supprimer.

Ce rapport se focalise sur la gestion des risques physiques liés au changement climatique. À cet égard, un constat s'impose : les États et la plupart des entreprises sont aujourd'hui insuffisamment préparés aux risques climatiques, compte-tenu de leur ampleur et de leur probabilité élevées. Dès lors, deux axes de recommandations émergent : d'abord, mieux appréhender leur exposition au risque pour l'intégrer à leurs différentes prises de décision, ensuite, lancer sans délai un important effort d'adaptation à ces risques.

1. Mieux comprendre et intégrer le risque climatique dans la prise de décision

Le risque climatique n'a intégré les priorités des dirigeants politiques et économiques que récemment. C'est en 2011 qu'il apparaît pour la première fois dans le classement des risques du Forum économique mondial[1]. Cela peut expliquer qu'il ne fasse pas encore l'objet d'une analyse approfondie et qu'il ne soit pas pris en compte de façon systématique, lors d'un projet d'investissement par exemple, à l'inverse des risques géopolitiques, commerciaux ou industriels. Toutefois, la sévérité et le caractère inéluctable de ce risque plaident en faveur d'un changement d'habitudes rapide.

Il s'agit dans un premier temps de se doter d'instruments pour évaluer le risque. De nouvelles méthodes d'analyse devront être développées et de nouveaux indicateurs devront être définis. Compte-tenu du niveau élevé d'incertitude qui entoure encore la magnitude du risque climatique, ces nouveaux modèles devront s'appuyer sur une palette de scénarios. Malgré ces imperfections, ces modèles seront préférables à ceux utilisés dans beaucoup de domaines – investissement financier, assurances, ingénierie des infrastructures, immobilier, etc. – qui reposent aujourd'hui encore sur une hypothèse implicite de stabilité de notre environnement géophysique.

[1] World Economic Forum. The Global Risks Report, 2011 et 2020.

Les indicateurs du risque climatique devront être systématiquement intégrés aux processus décisionnels des entreprises, des collectivités et des États.

Or, on l'a vu, cette hypothèse est désormais improbable. Les entreprises, les investisseurs, les États et les collectivités locales doivent être en mesure de s'appuyer sur l'information la plus fiable possible. Faute de quoi, leurs décisions seront inappropriées et aggraveront les conséquences potentielles du risque climatique : par exemple, si les investissements financiers sont orientés vers des actifs à risque, sur la base de modèles de rentabilité biaisés ; ou encore, si les pouvoirs publics sous-dimensionnent les moyens de prévention des risques majeurs. À contrario, certaines opportunités pourraient être manquées, dans la mesure où le changement climatique rend envisageables de nouvelles activités agricoles ou touristiques, par exemple, ou bien dans les secteurs qui développent des solutions vertes.

Dans un deuxième temps, ces indicateurs du risque climatique devront être systématiquement intégrés aux processus décisionnels des entreprises, des collectivités et des États. Dans les entreprises, toutes les décisions stratégiques importantes – portefeuille de projets et d'investissements, choix de développement de nouveaux produits et services, sélection de fournisseurs, chaîne d'approvisionnement – devraient prendre en compte le risque climatique. De même, au niveau politique, les choix

Encadré 4

La démarche de « stress test climatique » de la Bank of England

La Banque d'Angleterre (Bank of England) est la banque centrale du Royaume-Uni. C'est un organisme public indépendant du gouvernement, dont la mission est d'assurer la stabilité monétaire et financière du pays.

En 2019, elle a fait le constat qu'elle manquait d'informations fiables pour assurer la continuité de sa mission dans un contexte où les risques physiques et financiers liés au climat se matérialiseraient. Ainsi, par exemple, elle a constaté que 70 % des capitaux Tier-1 des banques britanniques (la part la plus stable de leurs capitaux propres) était constitués d'actifs adossés au secteur des énergies fossiles ou à d'autres secteurs à haute intensité de carbone. En revanche, elle ne disposait pratiquement d'aucune visibilité sur la valorisation future de ces actifs, en fonction des évolutions possibles du risque climatique.

Ainsi, la Banque d'Angleterre a lancé une initiative de « stess test climatique » visant à évaluer la résilience des banques britanniques dans une palette de scénarios climatiques. En décembre 2019, elle a publié la feuille de route d'un travail prévu pour durer jusqu'en 2021. En mars 2020, elle a annoncé qu'un délai supplémentaire de quelques mois était à prévoir, compte-tenu de la pandémie de Covid-19, mais que la démarche restait hautement prioritaire. Cette démarche se veut collaborative : elle implique un réseau d'experts d'autres institutions financières, et également les banques elles-mêmes, qui étaient invitées à donner leur feedback sur les scénarios et la méthode d'évaluation.

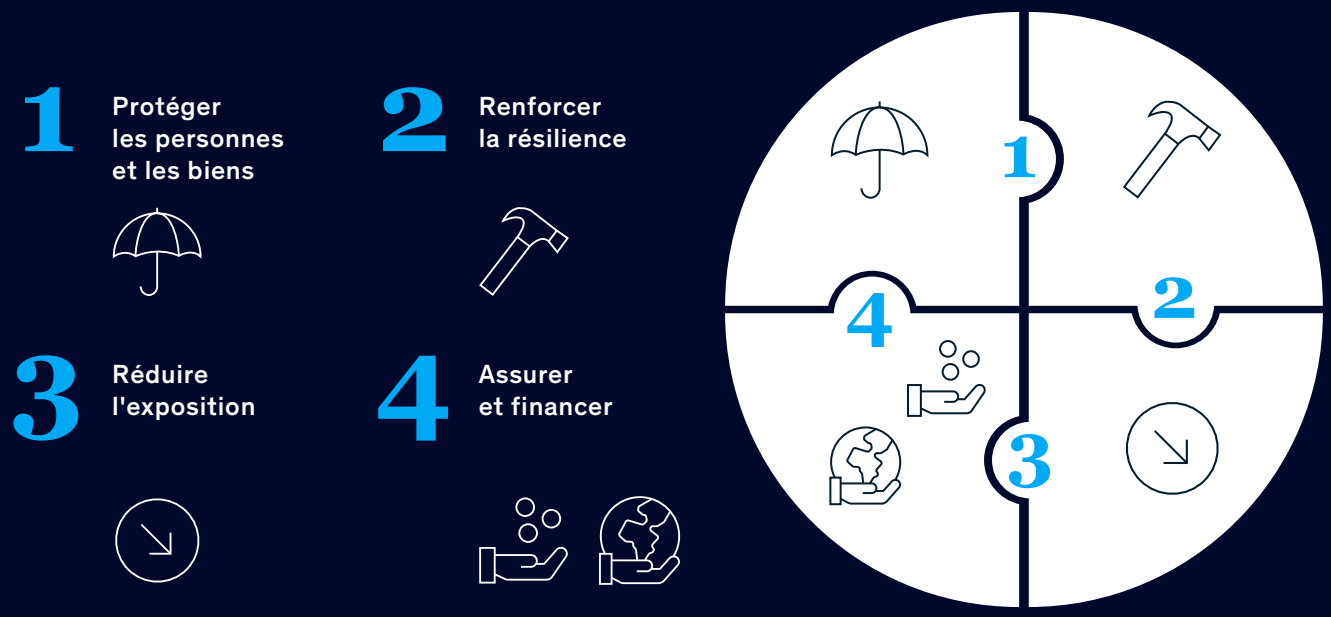
À ce stade, la Banque d'Angleterre a défini les trois scénarios et l'horizon des tests (2030). Le plus optimiste se place sur la trajectoire de l'accord de Paris ; dans le plus pessimiste, les températures moyennes augmenteraient de 4°C. Elle a aussi décrit en détail le modèle, les variables et les indicateurs proposés aux banques, leur demandant notamment de prendre en compte le risque de contrepartie lié à la dette des entreprises, mais aussi des ménages et des organismes publics.

L'objectif est de rendre publics les résultats des tests, mais aussi de formuler des recommandations aux banques, pour les aider à réduire leur exposition et à saisir les opportunités liées à la transition climatique.

de stratégie économique, d'emploi, de défense, de gestion de crise et de santé publique, entre autres, se devraient de l'intégrer. Par ailleurs, il est essentiel que les processus décisionnels, non seulement prennent en considération le risque climatique, mais aussi le fait que ces processus comportent un biais d'expérience considérable : le passé n'offre pas aux décideurs un cadre de référence pertinent, il leur faut se projeter dans un futur géophysique radicalement différent.

À l'heure actuelle, de telles démarches – définition d'indicateurs d'exposition au risque climatique et intégration aux processus de décision – sont encore embryonnaires, au mieux, dans la plupart des secteurs. Les grands gestionnaires de fonds, les institutions financières *(Encadré 4)*, des collectivités locales en pointe, et certains groupes industriels, figurent parmi les précurseurs. Ils pourraient jouer un rôle important, dans le cadre de leur politique RSE, en diffusant les premiers enseignements de leurs réflexions et en inspirant d'autres catégories d'acteurs.

Figure 13
Quatre axes pour adapter nos modèles économiques et sociaux



30 000 à 50 000 Mds $

devraient être consacrés aux infrastructures, au niveau mondial, dans la décennie à venir

2. Accélérer le rythme et l'ampleur de l'adaptation

La démarche analytique décrite ci-dessus est indispensable pour faire évoluer la prise de décision face au risque climatique. Elle n'est évidemment pas suffisante, car il convient en parallèle d'intensifier la préparation à ce risque. Nos modèles économiques et sociaux sont insuffisamment adaptés, et il faudra agir rapidement selon quatre axes : protéger les personnes et les biens, renforcer la résilience, réduire l'exposition et assurer des financements et des assurances appropriés *(Figure 13)*.

Protéger les personnes et les biens
Il importe tout à la fois de les prémunir du risque et de les secourir efficacement lorsque le risque se matérialise. Par exemple, on peut construire des espaces de repos climatisés pour les travailleurs exposés aux fortes chaleurs, ou aménager leurs horaires de travail. Les collectivités et les urbanistes peuvent concevoir des systèmes de refroidissement passifs lorsqu'ils aménagent ou réaménagent les villes. On peut aussi travailler sur les infrastructures « grises », en construisant des bâtiments sur pilotis dans les zones inondables par exemple, et sur les infrastructures « vertes » – le programme néerlandais « *Room for the River* » prévoit ainsi de plus grandes zones d'expansion pour les cours d'eau, en cas de crue. Selon les estimations, entre 30 000 et 50 000 milliards de dollars devraient être consacrés aux infrastructures, au niveau mondial, dans la décennie à venir. Il est essentiel que ces investissements intègrent dès à présent la contrainte climatique, pour éviter par la suite les coûts de réparation et de reconstruction de ces infrastructures *(Encadré 5)*.

Encadré 5

Protéger les personnes et les biens : exemple de la démarche de Rotterdam

Aux Pays-Bas, la ville de Rotterdam a entrepris, depuis 2007, un effort de grande ampleur pour mettre à l'abri sa population et ses infrastructures. Il est vrai que 80 % des surfaces occupées par la ville se situent sous le niveau de la mer, ce qui l'expose tout particulièrement au risque climatique, et qu'elle a déploré 2 000 victimes dans les inondations de 1953.

Rotterdam s'est donc dotée d'un programme d'adaptation au risque climatique avec l'ambition d'être « 100 % résiliente au climat » d'ici 2025, c'est-à-dire d'assurer la continuité des activités économiques et sociales même dans des conditions très exceptionnelles.

Concrètement, de nombreuses initiatives ont porté sur le traitement des eaux de ruissellement : par exemple, des subventions ont permis de mettre en place 130 000 mètres carrés de toits végétalisés et de prévoir des réservoirs souterrains de stockage des eaux. Par ailleurs, des infrastructures critiques (portuaires notamment) et des logements ont été montés sur pilotis ou sur des caissons flottants. Les digues et les canaux ont été renforcés. Enfin, le plan d'urbanisation a été revu et davantage d'espaces naturels entourent désormais les zones inondables, jouant ainsi un rôle tampon de « mangrove ».

Menée sous l'égide de la Ville, l'initiative a impliqué un grand nombre d'acteurs, notamment les autorités portuaires, les gestionnaires du réseau fluvial et l'Université Erasmus.

Renforcer la résilience

Le renforcement des équipements physiques devra aller de pair avec des mesures qui rendent les systèmes plus résistants et plus robustes dans un monde où les risques climatiques sont croissants. La constitution de stocks alimentaires mondiaux pour atténuer la volatilité des denrées alimentaires est un exemple de planification de la résilience. Pour rendre le système alimentaire plus résilient, la recherche privée et publique pourrait étudier et développer des technologies visant à rendre les cultures plus résistantes. Le changement climatique remet en question les hypothèses antérieures utilisées pour optimiser les chaînes d'approvisionnement. Il peut être nécessaire de revoir ces hypothèses, par exemple en établissant des stocks de précaution plus importants pour se prémunir contre d'éventuelles interruptions de production. Prévoir des doublons pour certains composants stratégiques peut également être une option judicieuse.

À titre d'exemple, on peut citer la démarche de la compagnie *Network Rail*, qui gère le réseau de chemin de fer britannique. Alors que le risque climatique risque de se matérialiser au Royaume-Uni, par des inondations et des tempêtes plus fréquentes, le gestionnaire de réseau a décidé de rehausser préventivement ses normes de construction. En particulier, les nouveaux systèmes de drainage, d'évacuation et de pompage sont désormais surdimensionnés de 20 %. Ainsi, la ligne « *Borders Railway* », dans la région d'Édinbourg, la nouvelle voie ferrée la plus longue construite au Royaume-Uni depuis 100 ans, intègre totalement ces nouveaux standards, ce qui a représenté un surcoût significatif. En parallèle, les équipements existants les plus vulnérables ont été identifiés, et font l'objet d'une mise à niveau progressive.

La réflexion des entreprises sur leur résilience doit impérativement englober l'ensemble de leur chaîne logistique, pour être pertinente. Bon nombre d'entreprises se sont aperçues, lors de la pandémie du Covid-19 ou du tsunami en Asie, que la continuité de leurs activités pouvait être tributaire d'un seul fournisseur stratégique. Elles ont donc intérêt à identifier leurs vulnérabilités et à mettre en place des alternatives pour sécuriser leurs opérations. Une démarche engagée par *Drax Power*, par exemple, qui gère la plus grosse centrale biomasse d'Europe, à Selby au Royaume-Uni. *Drax Power* a déployé un plan de résilience pour assurer son approvisionnement en pellets. Celui-ci dépendait auparavant d'un seul port, potentiellement inondable. L'énergéticien a mis en place des circuits alternatifs en passant par trois autres ports, relativement distants. Il a veillé à ce que l'approvisionnement recoure à des locomotives diesel, et non électriques (en cas de tempête, les câbles pourraient être endommagés). Il a également co-investi dans le renforcement des équipements portuaires, pour qu'il résiste à une crue millénaire.

Réduire l'exposition

Dans certains cas, il sera peut-être nécessaire de déplacer des actifs et des populations trop difficiles à protéger. Certains actifs ayant des cycles de vie longs, il sera pertinent d'intégrer dès leur conception la possibilité d'une mobilité ultérieure. Si l'équation coûts / bénéfices d'une mesure de protection devient trop défavorable, il sera peut-être plus judicieux de les déplacer. Ainsi, par exemple, le Québec poursuit depuis 2005 une politique qui interdit les nouvelles constructions en zones inondables, limite fortement les reconstructions de maisons endommagées, et encourage leurs propriétaires à déménager en leur proposant un rachat.

Assurer et financer

Les assurances n'ont pas vocation à protéger du risque, mais elles aident à en amortir les effets lorsqu'il se matérialise. Par ailleurs, elles ont une autre fonction : celle d'adresser des signaux prix au marché. À ce titre, elles peuvent donc favoriser des changements de comportement. Ainsi, dans certaines localités de Californie et du Colorado, les assurances habitation ne sont plus renouvelées, à la suite des fréquents feux de forêt. Il en va de même dans certaines régions côtières du Royaume-Uni, comme le Norfolk. Pour éviter des dévalorisations brutales d'actifs, il serait judicieux que les assureurs et les autorités publiques se coordonnent et permettent aux acteurs d'anticiper leurs politiques en la matière.

Par ailleurs, l'adaptation au changement climatique exigera des moyens de financement importants, notamment dans les pays les moins avancés. Des partenariats public-privé ou la participation d'institutions multilatérales seront nécessaires pour orienter les capitaux vers les zones à risque.

À titre d'exemple, on peut mentionner le Programme d'Irrigation du Niger (NIP), un partenariat de trois ans entre *International Finance Corporation*, une filiale de la Banque mondiale, le *Fonds d'investissement climatique* (CIF) et *Netafim*, un leader mondial des technologies de micro-irrigation. Le projet est soutenu par le Programme pilote pour la résilience climatique (PPCR) du *Fonds d'investissement climatique*, un fonds de 1,2 milliard de dollars qui aide les pays en développement à faire face au risque climatique.

Netafim forme des agriculteurs et installe des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte sur des parcelles d'exploitations agricoles familiales, d'une superficie comprise entre 250 et 2 500 mètres carrés. Ces systèmes, alimentés par des pompes à énergie solaire, permettent d'économiser de 30 à 55 % d'eau.

Il sera vital de multiplier ce type de projets pilotes, d'en tirer les enseignements et de soutenir leur déploiement à grande échelle, dans les délais les plus courts possible.

Anticiper la crise d'après
Agir face au risque climatique

par McKinsey Global Institute
Juillet 2020
Copyright © McKinsey & Company
Designed by Visual Graphics France

www.mckinsey.com/mgi

@McKinsey_France
@McKinseyFrance