

— ÉTUDES MARINES —

ENJEUX
CLIMATIQUES

N°18 – Juin 2020
Centre d'études stratégiques de la Marine

— ÉTUDES MARINES —

Les opinions émises dans les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

Directeur de la publication

Contre-amiral Yves Postec

Rédacteurs en chef

Cyrille P. Coutansais

Enseigne de vaisseau de 1^{ère} classe Hélène Dupuis

Centre d'études stratégiques de la Marine (CESM)

Case 08 – 1, place Joffre – 75700 Paris SP 07

01 44 42 82 13 – cesm.editions.fct@intradef.gouv.fr

— ÉTUDES MARINES —

ENJEUX
CLIMATIQUES

N°18 – Juin 2020
Centre d'études stratégiques de la Marine

SOMMAIRE

PRÉFACE

Contre-amiral Yves Postec

6

I. ENJEUX OCÉANIQUES

L'océan face aux changements climatiques

Cédric Cotté et Éric Guilyardi

10

Le littoral atlantique français, un territoire attractif confronté à l'élévation du niveau marin

Axel Creach

20

Préserver la biodiversité

Ludovic Frère-Escoffier

32

II. ENJEUX ALIMENTAIRES

Conséquences du changement climatique sur les écosystèmes marins exploités par la pêche et la conchyliculture

Ifremer

40

Agriculture et climat : tous perdants ?

Matthieu Brun et Jérémy Denieulle

54

III. ENJEUX SÉCURITAIRES

Réchauffement climatique et migrations

Catherine Wihtol de Wenden

66

L'adaptation des ports maritimes aux conséquences du changement climatique

Camille Valero

74

« Plus que jamais notre réflexion stratégique doit s'adapter aux soubresauts de notre environnement »

Capitaine de frégate Yann Mordacq

86

Le changement climatique, facteur d'océanisation des enjeux géopolitiques ?

Julia Tasse et Bastien Alex

102

PRÉFACE

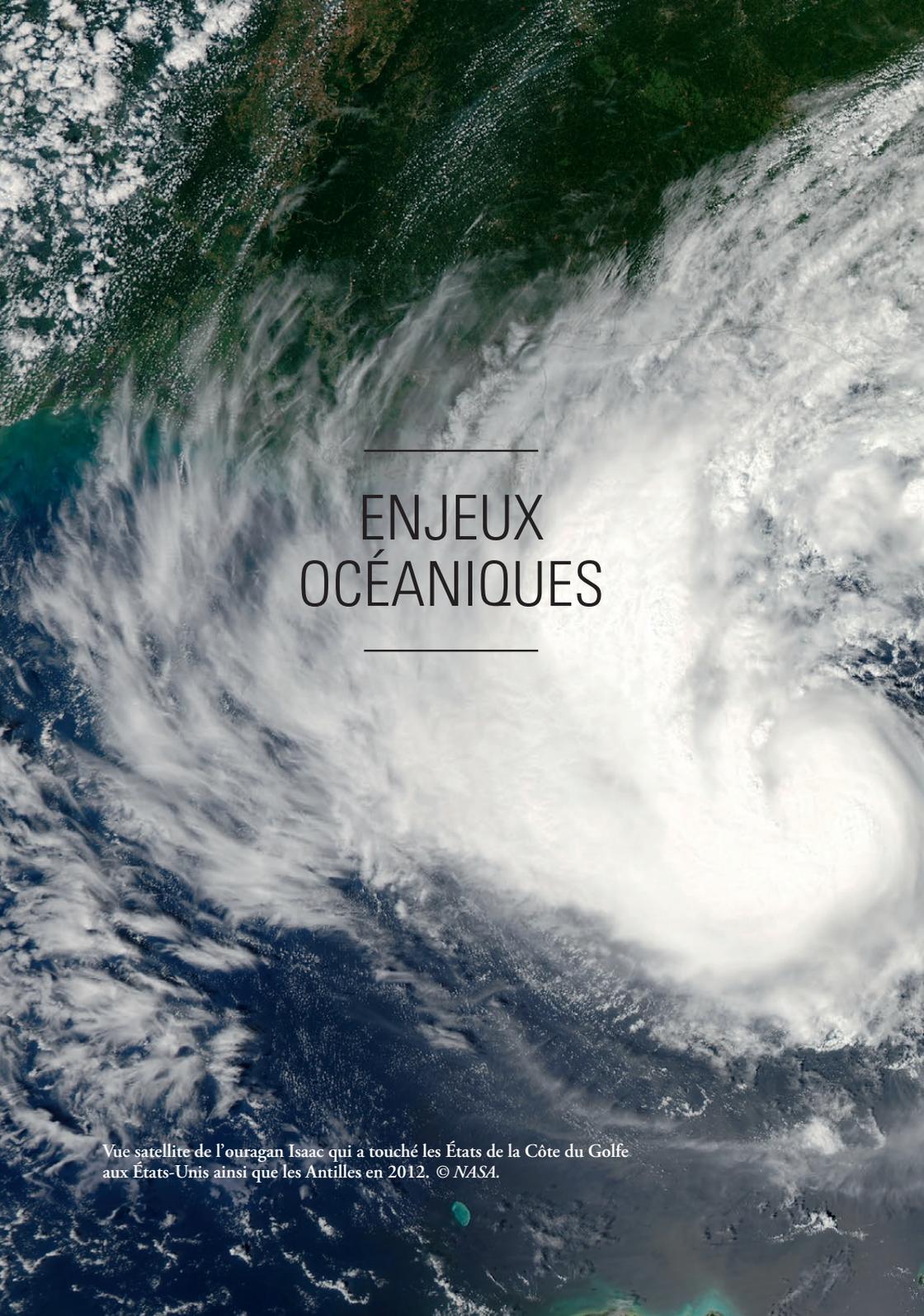
Contre-amiral Yves POSTEC

Directeur du Centre d'études stratégiques de la Marine

Arrière-pays niçois dévasté par des pluies torrentielles et leur cortège de crues, Californie ravagée par des incendies hors normes, canicules à répétition : le réchauffement climatique, longtemps assez abstrait, lointain, se manifeste désormais de façon très concrète. À terre, comme en mer. Car les canicules ne sont pas propres à la surface terrestre : les vagues de chaleur marines sont devenues deux fois plus fréquentes qu'il y a quarante ans, tendance qui devrait se poursuivre si le réchauffement dépasse 1,5 °C de façon durable. De la même manière, les événements climatiques extrêmes affectent de plus en plus souvent les littoraux ; la France, sur sa façade atlantique comme en mer des Antilles, ayant déjà été particulièrement touchée.

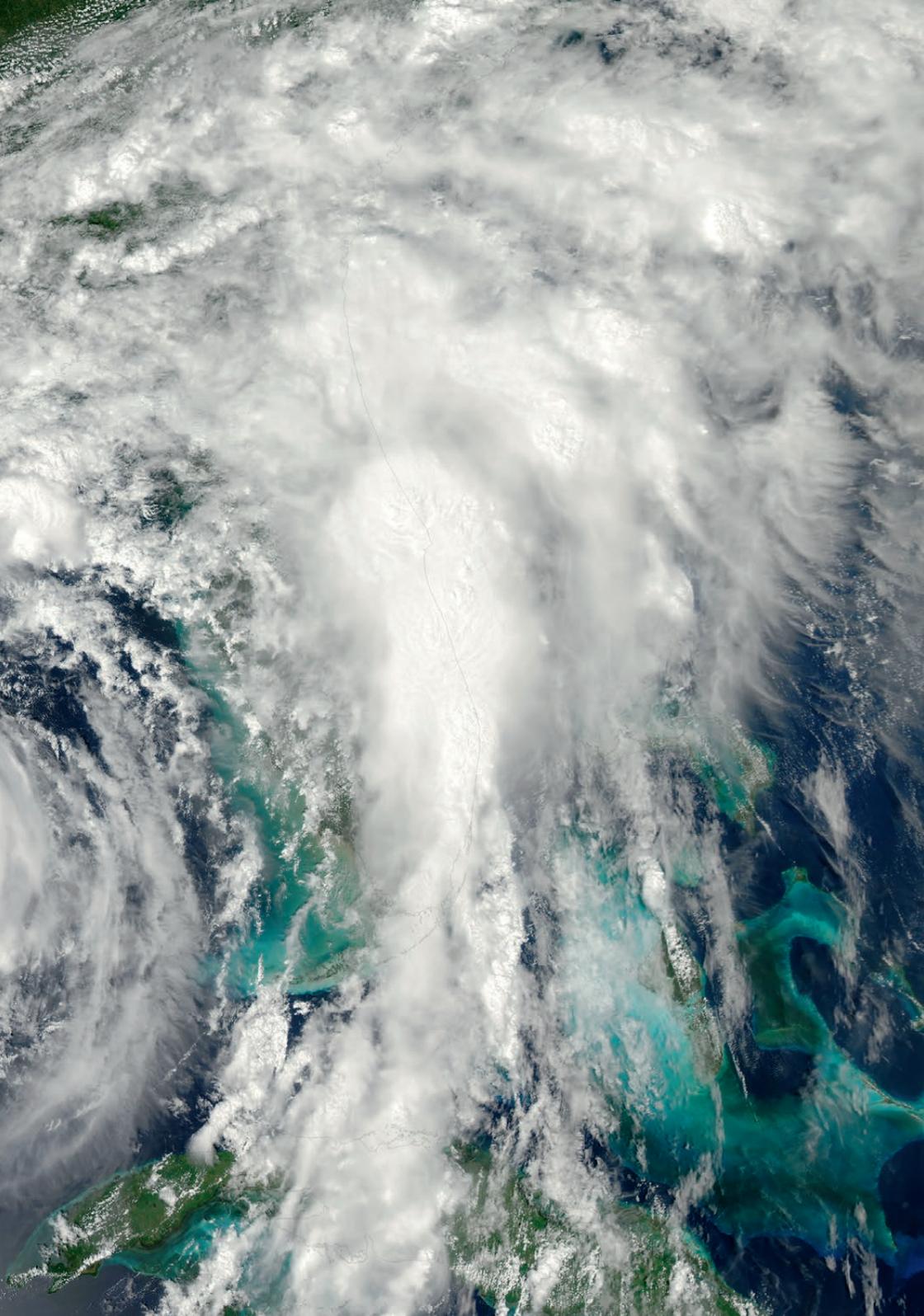
D'autres impacts sont moins visibles pour l'heure mais tout aussi pernicieux sur le long terme. Ainsi des infrastructures de transport maritime : les ports, les littoraux dans leur ensemble sont confrontés à la montée des eaux tandis que des points de passage névralgiques, comme le canal de Panama, font face à des restrictions de débit et interdisent d'ores et déjà le transit de certains gabarits de navires. C'est ainsi toute l'infrastructure logistique du monde, où 90 % du commerce en valeur passe par la mer, qui est susceptible d'être touchée. De la même façon, la faune et la flore marines n'échappent pas aux conséquences du réchauffement climatique, recomposant les zones de pêches au rythme des migrations de la ressource halieutique.

Le réchauffement climatique a donc aussi une dimension géopolitique. Les risques, fragilités se font plus grands : impact sur les ressources alimentaires, leur distribution, tensions autour de leur répartition, migrations, le champ est vaste. Dans ce panorama en recomposition, la Marine nationale est déjà présente et intervient lors d'évènements climatiques extrêmes, comme après le passage de l'ouragan Irma aux Antilles, protégeant les ressources de notre espace maritime, sécurisant les flux... Et l'on peut gager qu'elle le sera davantage encore à l'avenir.

A satellite image of Hurricane Isaac, showing a large, dense cloud system with a distinct eye and spiral bands of clouds over the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. The text "ENJEUX OCÉANIQUES" is centered over the storm.

ENJEUX OCÉANIQUES

Vue satellite de l'ouragan Isaac qui a touché les États de la Côte du Golfe
aux États-Unis ainsi que les Antilles en 2012. © NASA.



L'océan face aux changements climatiques

Cédric COTTÉ

*LOCEAN-IPSL, Maître de Conférence MNHN,
auteur contributeur à l'IPBES*

Éric GUILYARDI

*LOCEAN-IPSL, Directeur de recherche au CNRS,
auteur principal du V^e rapport du GIEC*

En prélude à la Décennie des sciences océaniques pour le développement durable (2021-2030) déclarée par les Nations unies, l'année 2019 fut riche en synthèse des connaissances sur l'environnement marin face aux enjeux climatiques à travers deux rapports majeurs, à commencer par le *Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique*. Demandé au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) juste après la COP21 de 2015, ce rapport et son résumé à l'intention des décideurs ont été adoptés le 24 septembre 2019 à Monaco. Reprenant près de 7 000 publications scientifiques et mobilisant une centaine d'auteurs issus de 36 pays, il fait le point sur les conséquences déjà observables du réchauffement climatique sur les océans et la cryosphère¹, mais offre aussi des projections pour les décennies à venir et évalue les impacts sur les sociétés humaines et les écosystèmes ainsi que les options d'adaptation à ces changements. Le document montre les bénéfices d'une adaptation ambitieuse et efficace au service du développement durable et, inversement, la croissance exponentielle des coûts et les risques d'une action tardive. Il souligne l'importance d'une action résolue, rapide, coordonnée et durable afin d'endiguer des changements à long terme et sans précédent de l'océan et de la cryosphère.

Le second document est le rapport présenté par la plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), le premier du genre. Impliquant 132 pays, il a été présenté avec son résumé à Paris, le lundi 6 mai 2019. Il révèle un taux d'extinction des espèces animales et végétales « sans précédent » et en accélération continue. Environ 1 million d'espèces sont aujourd'hui menacées d'extinction, « *notamment au cours des prochaines décennies, ce qui n'a jamais eu lieu auparavant dans l'histoire de l'humanité* », précise l'IPBES. Concernant le milieu marin, « *près de 33 % des récifs coralliens, des requins et des espèces proches, et plus d'un tiers des mammifères marins, sont menacés d'extinction* » détaille par ailleurs l'organisation. Les causes de cette érosion massive du vivant sont principalement liées à l'homme. L'augmentation de la population, le développement des activités humaines et les effets induits, dont le réchauffement climatique, en sont les raisons majeures. Ainsi l'IPBES anticipe une diminution de l'ordre de 3 % à 10 % de la production primaire nette de l'océan due au changement climatique d'ici la fin du XXI^e siècle, et d'entre 3 % et 25 % pour la biomasse de poissons sur la même période. Par ailleurs, les différentes pollutions (plastiques, substances chimiques, etc.) peuvent générer des synergies avec les impacts climatiques, démultipliant les effets perturbateurs et diminuant

1. Nom donné aux régions gelées de notre planète, dont une partie est fortement liée à l'océan.

les capacités de résilience des écosystèmes. À titre d'exemple, les engrais qui arrivent dans les zones côtières ont produit plus de 400 « zones mortes » dans l'océan, ce qui représente environ 245 000 km². La surpêche, l'emprise de la pêche industrielle (sur plus de 55 % de la zone océanique) et la pêche illégale provoquent la surexploitation des ressources vivantes. En 2011, jusqu'à un tiers des prises mondiales de poisson étaient signalées comme étant illicites, non déclarées ou non réglementées (INN).

L'océan et la cryosphère sont au cœur du climat et des sociétés humaines

L'océan est le plus grand espace et le plus grand écosystème de la planète. Il représente 71 % de la surface du globe et plus de 90 % du volume de l'habitat disponible pour le monde vivant. Il est au cœur du système climatique : à la fois réservoir de chaleur et puits de carbone, il joue un rôle clef dans la régulation du climat en limitant le réchauffement global. La quantité de chaleur qu'il peut stocker est très élevée. Cette inertie en fait un gardien des équilibres thermiques de la planète et une source majeure des variations lentes du climat, de la saison au millénaire. L'océan stocke également une très grande quantité de carbone – environ 38 000 gigatonnes (Gt), soit 16 fois plus que l'ensemble des plantes terrestres et des sols et environ 50 fois plus que l'atmosphère. La cryosphère se compose de glace et de neige sous différentes formes : la glace de mer (flottant sur l'océan et formée par le gel de l'eau de mer), les glaciers terrestres, les deux calottes glaciaires (Groenland et Antarctique), le pergélisol (sol gelé en permanence), la neige saisonnière sur les continents ainsi que les lacs et rivières gelés. La cryosphère participe au cycle de l'eau et influence le cycle du carbone et le climat de nombreuses façons.

L'océan occupe une place centrale dans nos sociétés humaines. De nombreuses mégapoles, comme Bangkok, voire mégapolés, comme Tokyo et New York, sont situées sur les côtes et un peu plus de la moitié de la population mondiale vit à moins de 100 km du littoral ; 680 millions de personnes vivaient à moins de 10 mètres au-dessus du niveau de la mer en 2010. De nombreuses activités économiques comme le transport de marchandises ou le tourisme sont liées à la mer. Cependant, l'océan est aujourd'hui fortement affecté par les activités humaines qui altèrent sa capacité à limiter les effets du changement climatique. Maintenir la qualité fonctionnelle des écosystèmes marins et restaurer ceux qui se dégradent demande une action ambitieuse et rapide pour sauvegarder l'avenir de notre planète.



Vêlage d'un glacier en Alaska, USA. © *Magdalena Kula Manchec, unsplash.com.*

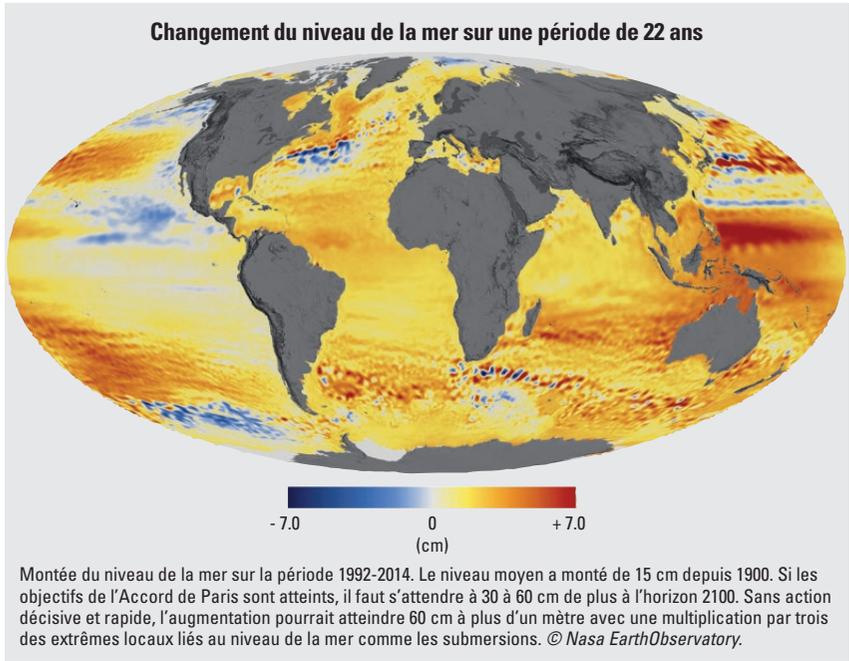
Aujourd'hui, sur les 40 milliards de tonnes de CO_2 émises chaque année par l'activité humaine, moins de 50 % perdurent dans l'atmosphère. Le reste est absorbé en parts à peu près égales par la végétation terrestre et par l'océan. Sans ces deux puits de carbone, le réchauffement planétaire serait déjà bien supérieur à 1 °C (par rapport à l'ère préindustrielle). En outre, grâce à son énorme capacité calorifique, l'océan absorbe plus de 90 % de la chaleur supplémentaire engendrée par le réchauffement climatique. Bien qu'ils soient bénéfiques à certains égards, ces deux services de régulation océaniques sont aussi associés à des conséquences négatives, comme la montée du niveau des mers ou l'acidification de l'océan.

L'océan et la cryosphère fournissent également des ressources, notamment en nourriture, en eau et en énergie. La pêche constitue une source alimentaire essentielle (poissons, mollusques et crustacés) qui représente plus de 50 % des protéines animales consommées dans de nombreux pays en développement. Ainsi, près de 3 milliards d'êtres humains dépendent des ressources en protéines d'origine marine et cet appétit a triplé depuis les années 1970. L'océan et la cryosphère fournissent des emplois dans la pêche et les loisirs, entretiennent des traditions, des cultures locales et des croyances religieuses, à l'image par exemple des glaciers de haute montagne. Et nombre d'entre nous sont personnellement attachés à ces milieux.

La biodiversité océanique est foisonnante, comme par exemple dans les écosystèmes coralliens. Les algues unicellulaires microscopiques (phytoplancton) sont à la base de la plupart des réseaux alimentaires marins et sont consommées par de nombreuses espèces animales de zooplancton. Au sommet de cette chaîne se trouvent les grands prédateurs marins comme les poissons, incluant les requins, mais aussi des mammifères marins tels que les phoques et les cétacés. La diversité des espèces est nécessaire au maintien des fonctions des écosystèmes, mais chacun d'entre eux fait intervenir ses propres organismes clefs. Pour les récifs coralliens, il s'agit, outre les coraux, des algues, des vers, des mollusques, des éponges, des oursins et des poissons.

L'océan et la cryosphère se modifient en réponse au changement climatique

Les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine renforcent l'effet de serre naturel de la planète et entraînent un réchauffement global, qui atteint aujourd'hui 1°C. L'océan et la cryosphère changent rapidement sous l'effet de cette perturbation majeure dont les conséquences se déclinent en véritables défis pour l'avenir :



La fonte des glaciers et des calottes glaciaires

Au fur et à mesure que la température atmosphérique augmente, la surface des calottes glaciaires se réduit et les 200 000 glaciers présents sur la planète fondent. Ces surfaces englacées réagissent lentement à la température. En conséquence, elles continueront de fondre pendant des siècles, voire des millénaires pour les plus gros glaciers, même après que la température globale a cessé d'augmenter.

L'élévation du niveau de la mer

Le niveau moyen de la mer a augmenté d'environ 15 centimètres depuis 1900 (de 1,4 à 3,6 mm/an). Ce phénomène résulte d'une augmentation du volume de l'océan due à deux facteurs principaux : l'ajout d'eau à l'océan à la suite de la fonte des glaciers continentaux et des calottes glaciaires et la dilatation de l'eau de l'océan due à l'augmentation de sa température (phénomène d'expansion thermique). Le rapport souligne d'ailleurs que cette montée des eaux s'accélère, notamment en raison de la fonte des calottes polaires.

Environ la moitié de l'élévation du niveau de la mer observée depuis les années 1990 a été causée par l'expansion thermique et l'autre moitié par la fonte des glaces sur terre, bien que ce deuxième facteur soit maintenant dominant. Le niveau de la mer continuera de monter lentement pendant des siècles après l'arrêt du réchauffement planétaire. Selon les projections, le niveau moyen de la mer devrait encore augmenter de 20 centimètres à plus d'un mètre d'ici la fin du siècle, selon la quantité de gaz à effet de serre que nous émettrons et la rapidité avec laquelle les calottes glaciaires polaires répondront. Dans ce document, la fourchette supérieure des prévisions a été revue à la hausse par rapport aux précédents rapports, grâce à une meilleure compréhension de la fonte de l'Antarctique. À l'échelle locale, cette augmentation peut cependant être plus importante. Elle est aussi la cause d'une augmentation (observée et prévue) de la fréquence des événements extrêmes comme les vagues et surcotes dues aux tempêtes.

Glace de mer

Bien qu'elle ne contribue pas à l'élévation du niveau de la mer, une perte rapide de la glace de mer estivale dans l'Arctique a été observée au cours des dernières décennies. La couverture de glace en fin d'été a diminué d'environ 40 % depuis 1980. Outre la couverture, l'âge et l'épaisseur de la glace ont également diminué. En 40 ans, 90 % de la glace ancienne (de plus de 5 ans, ayant survécu à plusieurs

saisons de fonte estivale) a disparu. Au centre de l'Arctique, la glace de mer n'a plus qu'un quart de l'épaisseur qu'elle avait en 1975. L'absence totale de banquise en été en Arctique après 2050 dépend du scénario d'émission de gaz à effet de serre : elle arriverait une fois par siècle dans le scénario sobre (Accord de Paris), mais tous les ans dans le scénario haut, dit du « laisser-faire » (RCP8.5, *business as usual*), le plus émetteur de gaz à effet de serre.

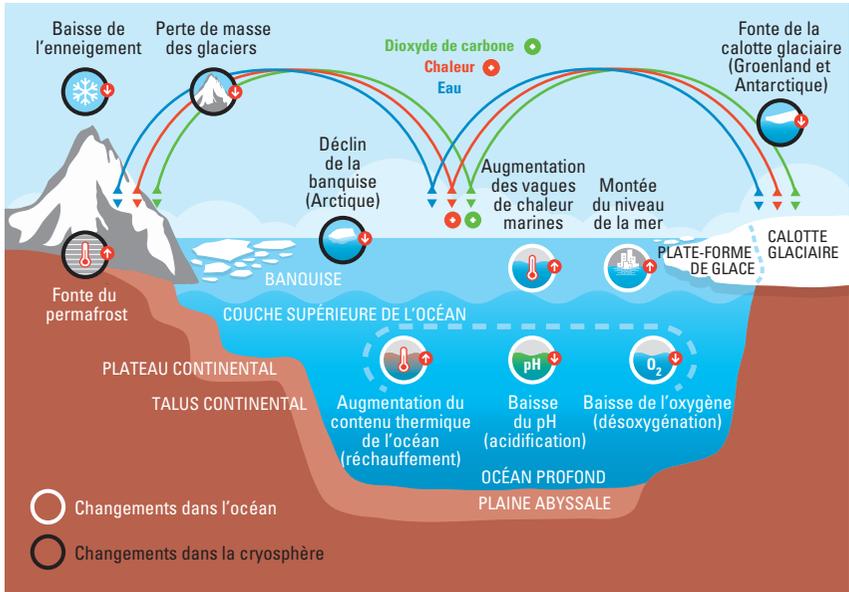
Réchauffement de l'océan et perte d'oxygène

La hausse des températures modifie la structure physique de l'océan et affecte la vie marine. Puisque l'océan est chauffé par le haut, la surface se réchauffe plus rapidement que les couches plus profondes et plus denses. Cela augmente sa stabilité et rend difficile le mélange des eaux profondes (plus riches en nutriments) avec les eaux superficielles (plus pauvres), provoquant une diminution de l'apport en oxygène aux couches plus profondes depuis les eaux de surface, riches en oxygène (phénomène de désoxygénation). Les 1 000 mètres supérieurs de l'océan ont perdu 0,5 à 3 % de leur teneur en oxygène depuis 1970 et, en 40 ans, les régions dépourvues d'oxygène ont augmenté de 5 %, rendant les conditions de vie difficiles ou impossibles pour de nombreuses espèces, en particulier pour celles qui ne peuvent pas se déplacer. Dans le scénario haut, le volume d'océan concerné par cette désoxygénation pourrait augmenter de 4 à 6 % d'ici 2100 avec de plus en plus de régions océaniques dépourvues de vie.

Vagues de chaleur marines

En plus de ces changements graduels, on observe davantage d'évènements extrêmes de température océanique, connus sous le nom de vagues de chaleur marines. Par définition, elles ont lieu quand la température journalière de surface de la mer dépasse 1 % des valeurs les plus chaudes observées entre 1982 et 2016. En 40 ans, les vagues de chaleur marines sont devenues deux fois plus fréquentes, elles sont aussi plus longues et plus intenses. Suivant les scénarios, leur fréquence sera multipliée de 20 à 50 fois en 2100. Ces épisodes peuvent entraîner un blanchissement massif des coraux, comme cela s'est produit entre 2014 et 2017 dans le cadre d'un évènement d'ampleur planétaire, durant lequel 75 % des récifs ont été touchés. Cette tendance devrait se poursuivre si le réchauffement dépasse 1,5 °C de façon durable. Le blanchissement des coraux est réversible, mais uniquement si l'épisode suivant, qu'il soit naturel (lié à El Niño) ou dû au réchauffement climatique, n'a lieu que quelques années après. Si la fréquence des évènements chauds augmente trop, la survie du corail, souvent faible, dépendra du seuil de tolérance au réchauffement en fonction des espèces.

Composants clefs des systèmes océaniques



Acidification

L'absorption de CO_2 d'origine humaine rend l'océan plus acide. En se dissolvant dans l'eau de mer, le CO_2 forme de l'acide carbonique. Cette réaction chimique est à l'origine des changements dans les équilibres chimiques de l'eau de mer. Il en résulte d'une part une augmentation en ions hydrogène qui accentue l'acidité de l'océan (mesurée par la diminution du pH) et, d'autre part, une diminution d'ions carbonate. Ceci a un impact négatif sur la vie marine, notamment sur les organismes phytoplanctoniques, les mollusques et les coraux qui utilisent ces éléments essentiels pour fabriquer leurs squelettes et autres structures calcaires.

Des espèces qui se déplacent

Sous l'influence des impacts décrits ci-dessus, l'aire de répartition géographique des espèces terrestres et océaniques change. Elles se déplacent soit en altitude (sur les continents) soit vers les régions polaires, afin de rester dans leur environnement climatique optimal. Par exemple, dans l'océan, de nombreuses espèces se déplacent vers les pôles, à raison d'environ 5 kilomètres par an. Aux hautes latitudes, les écosystèmes très productifs de l'océan austral sont fondés sur une espèce clef,

le krill, dont se nourrissent un grand nombre de prédateurs comme les mammifères et oiseaux marins, les calmars et les poissons. Or, en réponse au changement climatique, la population de krill s'est réduite et concentrée sur un habitat beaucoup plus restreint autour de la plate-forme antarctique, ce qui correspond à un déplacement global de cette espèce de plus de 400 kilomètres vers le continent antarctique au cours des 90 dernières années. Ceci risque d'affecter fortement de nombreuses espèces marines, mais aussi de perturber les flux de carbone auxquels le krill participe activement en se nourrissant de grandes quantités de phytoplancton en surface et en migrant en profondeur.

Des changements qui affectent les écosystèmes et les sociétés humaines

Le changement climatique modifie l'océan et la cryosphère, ce qui crée des risques pour les écosystèmes et les humains au travers des ressources, des emplois, des moyens de subsistance et de la santé. Les écosystèmes et les sociétés sont exposés à de multiples menaces océaniques et cryosphériques liées au climat, notamment des impacts de tempêtes accrus, des vagues de chaleur marines plus fréquentes, la fonte de la glace de mer et le dégel du pergélisol.

Avec l'élévation du niveau moyen des mers, de plus en plus de zones sont exposées aux inondations, qu'il s'agisse d'évènements récurrents, dus aux marées, ou extrêmes comme les surcotes dues aux tempêtes. Les extrêmes de niveau de la mer, qui sont actuellement rares (par exemple les inondations centenaires) deviendront de plus en plus fréquents au cours de ce siècle, pour atteindre dans certains cas une occurrence annuelle. Par exemple, si aujourd'hui une tempête centennale entraîne une montée du niveau de la mer de 2 mètres, une augmentation de 50 cm du niveau moyen ne demandera plus qu'une tempête qui entraîne une montée du niveau de la mer de 1,5 mètre pour avoir le même impact, d'où l'augmentation de fréquence.

La perte de la cryosphère affecte les habitants de l'Arctique et des régions de haute montagne de façon essentiellement négative, avec des impacts sur les réserves d'eau douce, la saisonnalité de la production hydroélectrique (par exemple déjà observée en Europe centrale, en Islande, sur la côte ouest des États-Unis et du Canada et dans les Andes tropicales), les infrastructures, les transports, l'approvisionnement alimentaire (chasse, pêche, élevage et irrigation des cultures), le tourisme et les loisirs, le bien-être, la culture et les valeurs sociales, avec des impacts et bénéfices inégalement répartis parmi les populations.

Il existe de nombreuses intersections entre les Objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU et le changement climatique. Par exemple, même si la surpêche est aujourd'hui le facteur dominant, la modification de la productivité des écosystèmes marins due au changement climatique aura pour conséquence une diminution des prises de poisson, ce qui affectera les revenus, les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire des communautés dépendantes du secteur halieutique. Sous les tropiques, 500 millions de personnes dépendent directement des écosystèmes liés aux récifs coralliens (pêche, protection naturelle lors d'extrêmes météorologiques) et seront gravement touchées si ces milieux subissent des dommages permanents. La première évaluation globale des effets du changement climatique sur les écosystèmes marins a révélé que la biomasse mondiale d'animaux marins diminuera d'ici la fin du XXI^e siècle, quels que soient les scénarios d'émissions de CO₂ envisagés. D'après les modèles, la biomasse globale diminuerait de 17% d'ici 2100 par rapport à la moyenne des années 1990-1999 si les émissions de gaz à effet de serre suivaient la trajectoire actuelle. Or, les organismes les plus vulnérables seront les animaux au sommet des chaînes alimentaires, incluant les espèces exploitées par la pêche, et la diminution des biomasses se fera particulièrement sentir dans les régions océaniques tempérées et tropicales, où les écosystèmes sont déjà fortement affectés par la pression anthropique. Enfin, les changements dans l'océan et la cryosphère peuvent également affecter l'identité culturelle et le bien-être des humains.

Le littoral atlantique français, un territoire attractif confronté à l'élévation du niveau marin

Axel CREACH

*UMR 8591 LGP, CNRS, Institut de Géographie Faculté des Lettres,
Sorbonne Université*

Dimanche 1^{er} mars 2020, sur la commune de La Faute-sur-Mer (85) a eu lieu une commémoration pour les 10 ans de la tempête Xynthia, en présence notamment de la ministre de la Transition écologique d'alors, madame Borne. Un dépôt de fleurs a eu lieu au pied du mémorial en souvenir des 29 victimes décédées sur le territoire de la commune dans la nuit du 28 février 2010. Cette tempête et la submersion qu'elle a engendrée ont marqué la France pour deux principales raisons :

- l'ampleur des décès, soit 41 personnes par noyade, ce qui en fait l'évènement de submersion marine le plus meurtrier en France depuis plus d'un siècle¹ ;

- l'annonce par le président de la République du recensement puis de la déconstruction des maisons jugées les plus dangereuses : les « zones noires » ou les « zones de solidarités ».

Les retours d'expérience ont montré que cet évènement n'était pas tant le fait d'une tempête rare et exceptionnelle que d'une urbanisation récente de zones littorales basses et susceptibles d'être inondées². En ce sens, la déconstruction des habitations jugées les plus dangereuses a été une réponse forte, réponse qui devrait également être mise en œuvre dans le cas de l'immeuble du Signal, à Soulac-sur-Mer (33), menacé de disparaître face au recul du trait de côte.

Ce type de mesure pourrait ainsi être amené à se développer dans le futur, où l'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique devrait exacerber le risque de submersion marine et d'érosion sur un littoral atlantique à l'attractivité non démentie. La mémoire et l'anticipation doivent ainsi être des clefs de l'adaptation des territoires pour faire face à l'élévation du niveau de la mer.

Un littoral exposé aux risques littoraux et sous contrainte de l'élévation du niveau de la mer

La submersion marine et l'importance des zones basses

La submersion marine se définit comme « l'inondation temporaire des zones côtières par la mer dans des conditions météorologiques et marégraphiques

1. Boudou, 2015.

2. Feuillet *et al.*, 2012 ; Chauveau *et al.*, 2011.

intenses³». Pour se produire, la submersion marine nécessite deux conditions : la survenue d'une élévation temporaire du niveau marin sous l'effet de phénomènes météo-marins ou géologiques tels que tempêtes, cyclones ou tsunamis, élévation qui peut être amplifiée ou contrecarrée par le niveau marégraphique ; et la présence d'une côte basse, située sous la cote atteinte par le niveau marin et pouvant donc être submergée par celui-ci.

Le littoral atlantique, de par sa configuration, réunit ces deux éléments. Exposé face à l'ouest, le littoral atlantique français est directement concerné par les flux d'ouest circulant à nos latitudes, amenant dépressions et trains de houles pouvant être à l'origine de hauts niveaux marins. Les travaux des historiens indiquent que les submersions par la mer ne sont pas rares⁴. La figure 1 montre que des submersions sont intervenues de manière cyclique le long des côtes de Vendée et de Charente-Maritime depuis 1500. Si Xynthia a été un « révélateur », c'est qu'aucune submersion majeure ne s'était produite depuis la période 1900-1950, exception faite des tempêtes de 1999 dont l'effet notable a plus été la violence des vents que les hauts niveaux marins enregistrés (qui ont été limités par un faible coefficient de marée). Néanmoins, notons l'importance du nombre de submersions sur certaines périodes : sept durant la période 1900-1950 (soit une tous les sept ans en moyenne!), cinq durant les périodes 1750-1799 et 1850-1899 (soit une tous les dix ans en moyenne). Ce retour historique donne matière à réflexion alors que le niveau marin continue de s'élever sous les effets du changement climatique.

Si les submersions marines ont pu être nombreuses par le passé, c'est que le littoral atlantique présente une configuration propice à l'inondation : de nombreuses zones basses – donc susceptibles d'être inondées – parsèment la côte, de la Bretagne au Pays Basque. Ainsi, avec 354 079 ha situés sous un niveau marin équivalent à celui atteint par Xynthia, le littoral atlantique (compris comme les littoraux des régions Bretagne, Pays de la Loire, ex-Poitou-Charentes et ex-Aquitaine) concentre 60 % des zones basses de France métropolitaine⁵. Les régions Pays de la Loire et ex-Poitou-Charentes représentent à elles deux 44 % de ces zones, du fait de la présence de vastes zones basses : du nord au sud, marais de Guérande et Brière, marais breton, littoraux du pertuis charentais.

3. Mercier *et al.*, 2013.

4. Garnier, Surville, 2010.

5. CETMEF *et al.*, 2009 et figure 2.

Figure 1 - Recensement des submersions marines survenues sur les côtes de Vendée et de Charente-Maritime depuis 1500

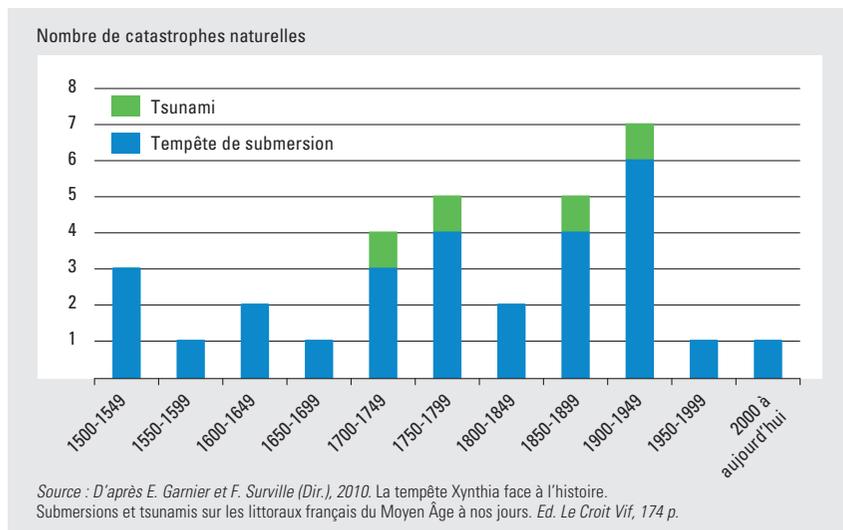
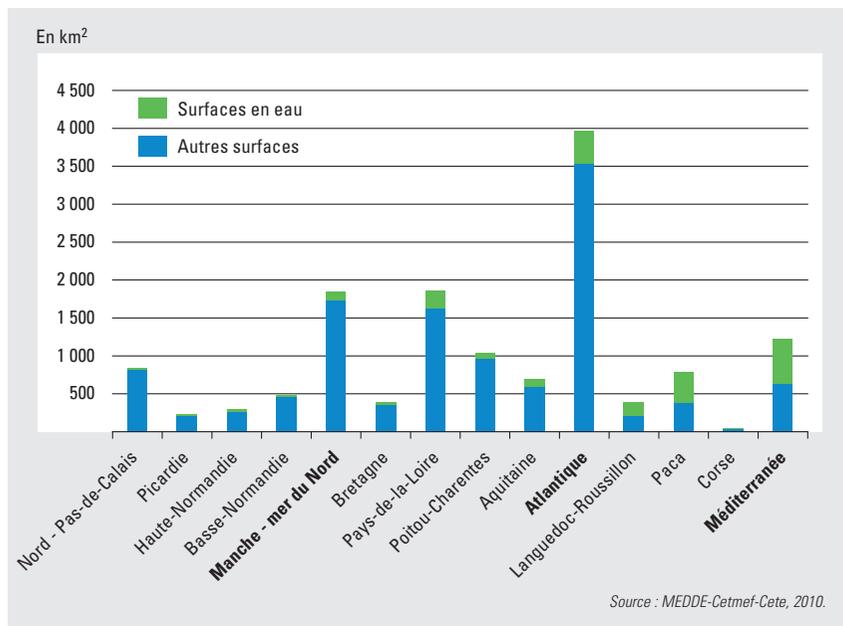


Figure 2 - Surfaces de zones basses sur le littoral métropolitain



Pour le littoral atlantique, l'élévation du niveau de la mer à l'horizon 2100 devrait être comprise entre 20 cm et 1 m selon les scénarios du GIEC de 2019, la valeur de 60 cm étant généralement retenue par le ministère de l'Écologie pour l'établissement des documents réglementaires⁶. Une élévation d'un mètre aurait pour conséquence directe d'accroître de 20 % la surface des zones susceptibles d'être inondées le long du littoral atlantique⁷. D'autre part, cette élévation renforcerait mécaniquement le risque de submersion : la hauteur d'eau atteinte lors de Xynthia pourrait statistiquement être atteinte une fois par an en 2100, contre moins d'une fois sur cent en 2010⁸.

L'érosion littorale

Le littoral atlantique compte un important linéaire de côtes sableuses qui, par définition, sont mobiles sous l'effet du déplacement des grains de sable qui les composent. Ce type de côte peut donc à la fois prograder (le trait de côte s'avance sur la mer) comme reculer (le trait de côte recule à l'intérieur des terres). Les côtes sableuses sont donc particulièrement exposées à l'érosion (dynamique de recul du trait de côte) bien que ce processus y soit réversible (contrairement aux côtes rocheuses qui sont, elles, condamnées à reculer).

Les travaux du CEREMA⁹ menés dans le cadre de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte ont permis de recenser la dynamique du trait de côte de l'ensemble du littoral français, et ce sur un intervalle pluridécennal. Sur les cinquante dernières années, le territoire français a ainsi perdu 27,7 km² au profit de la mer. Ce sont les côtes sableuses qui ont le plus contribué à ce recul, puisque parmi celles-ci 37 % ont reculé, 40 % sont restées stables et 23 % ont progradé.

Le littoral atlantique a été particulièrement concerné puisque les deux départements ayant perdu le plus de terrain durant ce laps de temps sont la Gironde (5,59 km²) et la Charente-Maritime (5,35 km²). La figure 3 montre ainsi que ces deux départements ont vu respectivement 75 % et 55 % de leur littoral reculer. Les départements de Vendée (30 %) et des Pyrénées-Atlantiques (45 %) ont également été sensibles à ce recul. Tous ces départements sont constitués de longs cordons sableux, notamment au sud de la Gironde où s'étendent 234 km de dunes

6. MEDDTL, 2011.

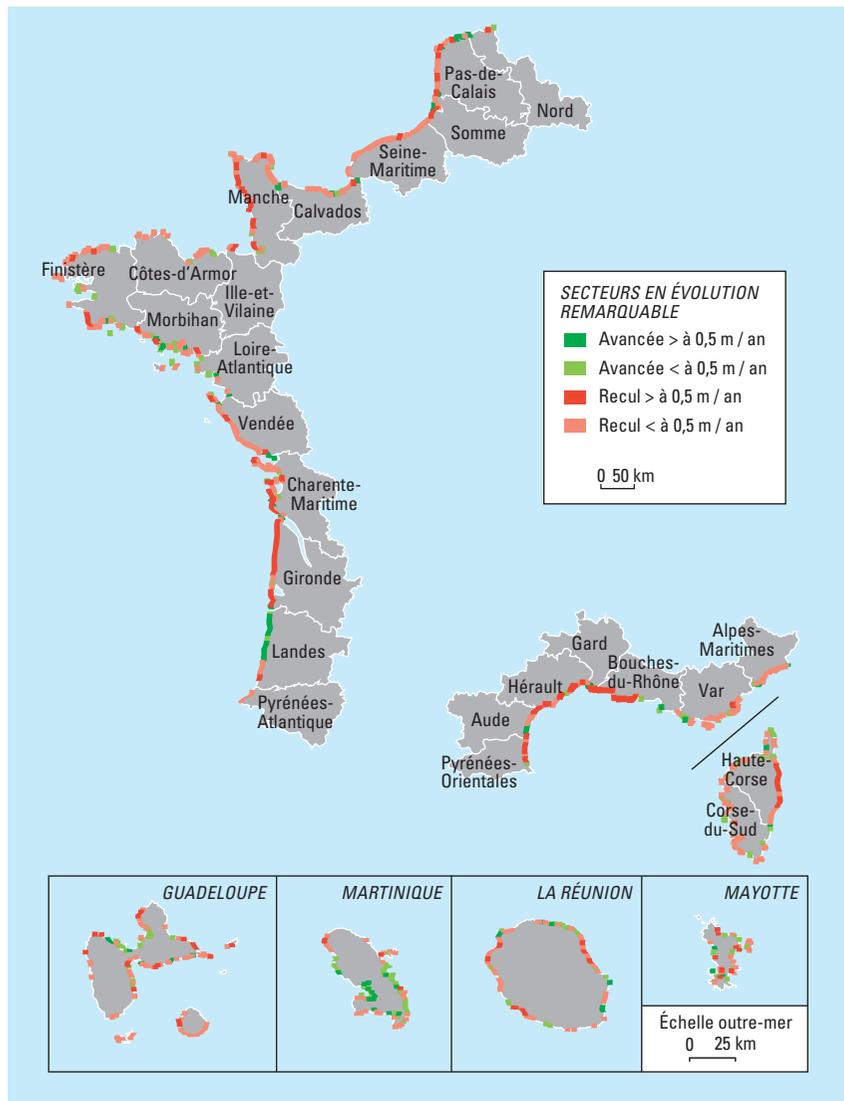
7. CETMEF *et al.*, 2009.

8. Pineau-Guillou, 2012.

9. Premiers résultats accessibles sur le site Géolittoral : <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/premiers-enseignements-r476.html>.

le long des Landes de Gascogne¹⁰. Néanmoins, la figure 3 illustre également le côté réversible de cette dynamique à l'œuvre sur les côtes sableuses : environ 70% du littoral du département des Landes a ainsi progradé.

Figure 3 - Recul du trait de côte sur le littoral français



10. Hénaff, Pourinet, 2012.

Ces résultats, lissés sur un pas de temps de plusieurs décennies, ne doivent pas masquer le caractère épisodique et ponctuel de l'érosion qui peut parfois être très marquée. Ainsi, à la suite de la série de tempêtes ayant impacté le littoral atlantique durant l'hiver 2013-2014, la côte aquitaine a reculé en moyenne de 20 m, recul qui a pu atteindre localement 30 à 40 m, à Soulac-sur-Mer notamment¹¹.

Il est difficile de projeter une éventuelle accélération de l'érosion sous l'effet de l'élévation du niveau marin, l'érosion étant avant tout liée à des niveaux marins extrêmes plus qu'à une montée lente et régulière de la mer¹². Toutefois, il est probable que les taux d'érosion actuels se maintiennent voire s'aggravent dans le futur.

Un littoral attractif et une urbanisation vulnérable

Une population à la hausse

En 2010, les communes littorales des régions bordières de l'Atlantique comptaient 2,02 millions d'habitants pour une densité de 198 hab./km²¹³, ce qui est 1,7 fois supérieur à la densité moyenne en France (116 hab./km²). Depuis 1962, la population de ces communes a augmenté de 40 %, ce qui est proche de la moyenne nationale sur la période.

La croissance démographique des communes littorales se démarque néanmoins des tendances nationales par l'importance du solde migratoire qui explique 76 % des gains de population sur la période 1999-2009¹⁴. Cette tendance est d'ailleurs particulièrement lourde sur le littoral atlantique où le solde naturel a été négatif (entre - 0 et - 0,2 %/an), la croissance démographique se faisant donc exclusivement sur l'arrivée de nouvelles populations (entre + 0,6 et + 1,2 %/an). Cela dénote une attractivité du littoral atlantique, ce que confirment trois autres indicateurs :

- l'importance de la population saisonnière : selon des chiffres de 2004, par rapport à leur population légale, les départements de la façade atlantique ont connu une hausse de 27 % de résidents durant l'été, la façade méditerranéenne arrivant en deuxième position¹⁵ ;

11. Bulteau *et al.*, 2014.

12. Mentaschi *et al.*, 2018.

13. ONML, 2013.

14. SOeS *et al.*, 2017.

15. ONML, 2011b.

- l'importance des résidences secondaires : la moyenne nationale de résidences secondaires est de 8,7 %¹⁶. En 2016, pour les communes atlantiques soumises à la loi Littoral, cette moyenne était de 32 %. Elle atteignait même 85 % à La Faute-sur-Mer ;

- l'attrait pour la mer dans la population française : en 2014, le lieu de vie préféré des français était « en bord de mer » pour 50 % d'entre eux, contre 30 % « à l'intérieur des terres » et 20 % « en ville »¹⁷. Cette tendance ressort également de l'enquête *GlocalMap* réalisée en 2017, où les communes du littoral atlantique s'affichent largement comme étant « attractives ».

Logiquement, la croissance de la population devrait donc se poursuivre le long du littoral atlantique. Ainsi, pour 2040, il est attendu une augmentation de 4,5 millions d'habitants dans les départements littoraux, dont 27 % seraient absorbés par les départements de la façade atlantique, seulement devancés par les départements ultra-marins¹⁸.

Le développement d'une urbanisation vulnérable aux risques littoraux

Le corollaire de la hausse de la population est l'augmentation de l'urbanisation. Alors que la population des communes littorales françaises a augmenté de 9,4 % entre 1990 et 2009, la construction de logements a elle augmenté de 12 % sur la même période¹⁹. Cette tendance, à l'œuvre depuis plusieurs décennies, explique qu'aujourd'hui la densité de logements soit 2,7 fois supérieure dans les communes littorales par rapport à la moyenne nationale²⁰.

Cette pression foncière a une double conséquence sur l'exposition aux risques littoraux, à commencer par une urbanisation au plus près du trait de côte. La création de la Mission interministérielle d'aménagement de la côte aquitaine (MIACA) en 1967 a renforcé localement une forme originale d'urbanisation que l'on retrouve sur de nombreux littoraux : afin de développer l'activité balnéaire sur ce territoire sableux, les communes existantes ont fait l'objet d'une forme de « dédoublement » au plus près du trait de côte afin de profiter des aménités offertes par la proximité de la mer²¹.

16. Recensement INSEE de 2016.

17. SOeS *et al.*, 2017.

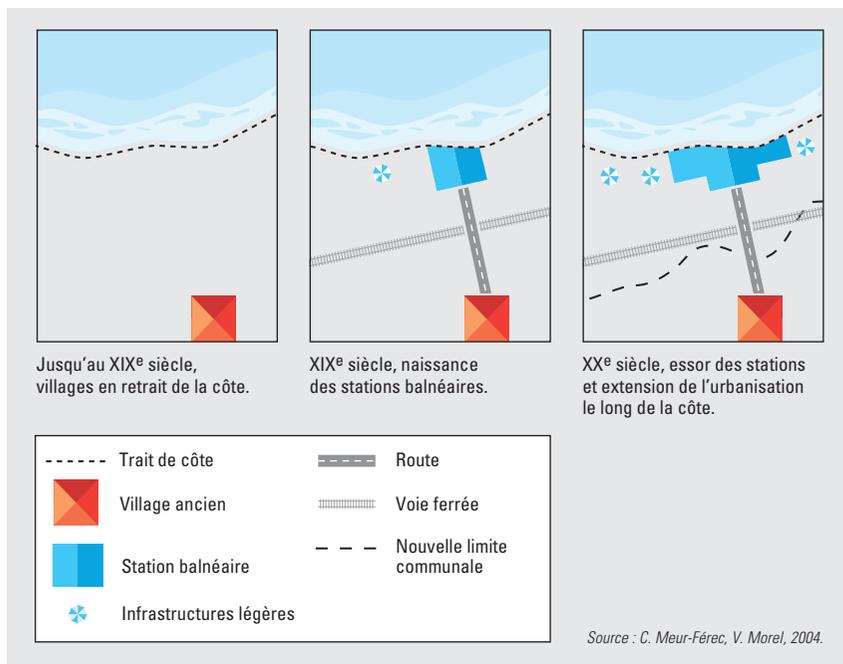
18. SOeS *et al.*, 2017.

19. SOeS *et al.*, 2017.

20. Colas, 2017.

21. Meur-Férec, Morel, 2004.

Figure 4 - Superficie des constructions de plain-pied situées en zones potentiellement inondables par la mer



Ce principe, illustré par la figure 4, a pour plus bel exemple les deux communes de Lacanau et de Lacanau-Océan (33).

De manière générale, la bande au plus près du trait de côte connaît une forte tendance à l'artificialisation en France: entre 0 et 500 m de la mer, 28 % de la surface est artificialisée, ce qui est 5,5 fois plus que la moyenne nationale sur une emprise comparable²². Malgré la promulgation de la loi Littoral en 1986, la pression reste forte à proximité de la mer. Entre 2000 et 2006, la bande de 0 à 500 m a connu une croissance de l'artificialisation d'un peu plus de 0,2 %, celle de 500 m à 2 000 m de 0,45 %. Sur la même période, elle a été de 0,15 % à l'échelle nationale²³. Cette dynamique n'est évidemment pas sans poser de problèmes sur les côtes en érosion. Ainsi, en Aquitaine, 255 bâtiments à vocation résidentielle pourraient disparaître d'ici à 2040, le témoin le plus spectaculaire étant l'immeuble du Signal à Soulac-sur-Mer.

22. SOeS *et al.*, 2017.

23. SOeS *et al.*, 2017.

La deuxième conséquence est une urbanisation des zones basses. La pression à l'œuvre sur les territoires les plus proches de la mer a pour effet de rejeter l'urbanisation future vers des zones *a priori* moins propices à cette fonction. Les zones basses, potentiellement inondables, en font partie. Souvent marécageuses, inondées épisodiquement par les grandes marées de vives-eaux ou des tempêtes, elles ont longtemps servi de zones de culture ou pour le bétail, comme c'était le cas dans la commune de La Faute-sur-Mer²⁴. Cette commune illustre d'ailleurs très bien ce glissement de l'urbanisation vers les zones les plus basses : avant 1950, 23 % des parcelles construites de la commune étaient situées en zone potentiellement inondable ; en 2010, ce chiffre atteignait 50 %²⁵. Cet exemple, aux conséquences malheureusement mortifères lors de la tempête Xynthia, n'est pas un cas isolé. Ainsi, 1,4 million d'habitants vivent actuellement dans une zone potentiellement inondable par la mer en France métropolitaine²⁶ et 37 % d'entre eux (535 000 habitants) vivent le long du littoral atlantique. Ce dernier compte par ailleurs 136 711 bâtiments situés en zone inondable²⁷. Alors que 78 % des décès liés à la tempête Xynthia sont intervenus dans des constructions de plain-pied²⁸, il faut ici signaler l'importance de ce type de constructions sur la façade atlantique : 53 % des surfaces d'habitations sans étages situées en zone inondable en France le sont sur la côte atlantique²⁹. L'enjeu est de taille alors que l'élévation du niveau marin devrait amplifier le risque d'inondation par la mer.

Quel littoral pour demain ?

La combinaison d'un territoire attractif et exposé aux risques littoraux pose inévitablement la question de son avenir alors que l'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique pourrait amplifier érosion et submersions marines. L'enjeu est autant humain (impacts directs des submersions et de l'érosion), économique (dédommagements, coûts des mesures d'adaptation) que social (impacts sur l'activité et l'économie des espaces concernés), voire environnemental (perte de territoire, modification des politiques du Conservatoire du Littoral).

À titre d'exemple, l'étude de la Caisse centrale de réassurance de 2015 anticipe un doublement des dommages annuels assurés en France d'ici à 2050 dans un

24. Péret, Sauzeau, 2014.

25. Vinet *et al.*, 2012.

26. MEDDE, 2012a.

27. CESER de l'Atlantique, 2015.

28. Vinet *et al.*, 2011.

29. MEDDE, 2012a.

contexte de changement climatique. Cette augmentation serait liée pour 5 % à une aggravation des sécheresses, pour 20 % à une augmentation des événements « cévenols » et pour 60 % à l'élévation du niveau de la mer ! Autre enseignement intéressant, ce doublement des dommages ne serait pas tant le fait de l'aggravation des phénomènes climatiques (qui expliquerait 20 % du doublement des dommages d'ici à 2050) que celui de « la hausse et de la répartition des valeurs assurées », c'est-à-dire d'une augmentation des enjeux exposés (qui expliquerait 80 % de l'augmentation des dommages à l'horizon 2050).

La prise en compte des ces tendances – forçages climatiques et attractivité – doit donc être intégrée pour imaginer l'avenir des territoires du littoral atlantique. L'adaptation peut ainsi permettre de limiter les conséquences négatives d'un accroissement des submersions marines et de l'érosion sur un territoire de plus en plus occupé.

Dans son rapport 2019, le GIEC propose une liste d'actions possibles que l'on peut regrouper en trois catégories :

- limiter le processus d'érosion et la probabilité de la submersion marine par une gamme d'actions allant de la protection « en dur » (digues voire poldérisation) à la protection « douce » (rechargement en sable) en passant par les solutions « fondées sur la nature » ;
- limiter ou supprimer les enjeux actuels et futurs qui pourraient être exposés à l'érosion et à la submersion marine. On parle pour cela de « relocalisation » ;
- agir sur les enjeux actuels ou futurs pour limiter les dommages possibles en cas d'évènement aux conséquences négatives. Cela consiste par exemple à adapter les bâtiments pour limiter l'impact d'une inondation ou à renforcer l'alerte et faciliter l'évacuation des populations.

Il existe d'ores-et-déjà des exemples de ces différentes actions le long du littoral atlantique ainsi que des programmes et des politiques volontaristes :

- concernant les actions portant sur l'aléa, on peut citer la construction de digues, aujourd'hui intégrée dans une stratégie globale à l'échelle territoriale: le Programme d'action de prévention des inondations (PAPI) qui comprend également des mesures de sensibilisation ou d'adaptation des constructions³⁰. Parmi les solutions

30. Guillier, 2015.

« fondées sur la nature », la dépoldérisation, comme cela a pu être fait très localement dans le bassin d’Arcachon³¹, offre l’opportunité de créer des sortes de zones « tampons » tels les bassins de rétention des crues qui sont construits le long des grands fleuves ;

- la maîtrise des enjeux futurs passe par les Plans de prévention des risques littoraux (PPR-L) tandis que la suppression des enjeux actuels reste encore très marginale : les « zones noires » post-Xynthia ou l’expropriation des occupants de l’immeuble du Signal à Soulac-sur-Mer restent les deux exemples emblématiques de ce type d’actions qui devraient pourtant se multiplier à l’avenir. Ainsi, la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, lancée par le ministère de l’Écologie en 2012, était sous-titrée « Vers la relocalisation des activités et des biens » ;

- les actions de sensibilisation, d’adaptation des enjeux existants ou de meilleure connaissance à la fois des aléas (prévision, par exemple *via* les bulletins « vagues-submersions » établis conjointement par le SHOM et *Météo-France*) et de leurs conséquences sont nombreuses.

Cette question essentielle de l’adaptation du littoral s’est traduite, en 2016, par le dépôt d’une proposition de loi portant sur l’adaptation des territoires littoraux au changement climatique. Cette loi permettrait d’encadrer les réponses et les pratiques qui sont urgentes mais ne peuvent être prises dans la précipitation. Ainsi, à La Faute-sur-Mer, les « zones noires » ont pu être vécues comme une seconde blessure après les nombreux décès enregistrés lors de Xynthia. En effet, à ceux-ci sont venus s’ajouter de nombreuses conséquences, directes et indirectes, qui marqueront pour longtemps la commune³².

C’est donc l’anticipation, et non la précipitation, qui permettra la meilleure adaptation du littoral atlantique dans un contexte de changement climatique. C’est probablement là le principal enseignement de la tempête Xynthia dont le souvenir, 10 ans après, se doit d’être pérennisé afin qu’un tel évènement ne reproduise pas les mêmes conséquences dans le futur.

31. Goeldner-Gianella *et al.*, 2015.

32. Creach, 2019.

Préserver la biodiversité

Ludovic FRÈRE-ESCOFFIER

Responsable du programme « Vie des océans »

WWF France

Depuis 1998, *WWF France* publie tous les deux ans le *Rapport Planète Vivante* qui mesure l'état de la biodiversité sur la planète. Et cette année encore, le constat est sans appel. *L'Indice Planète Vivante 2020* montre un déclin moyen de 68 % des populations de mammifères, d'oiseaux, d'amphibiens, de reptiles et de poissons suivies entre 1970 et 2016.

Les variations des populations d'espèces sont un indicateur majeur de la santé globale des écosystèmes. Mesurer la biodiversité, la variété de tous les êtres vivants, demeure cependant complexe : il n'existe pas de mesure unique qui puisse saisir tous les changements dans cette immense toile de la vie. Néanmoins, la grande majorité des indicateurs montre de nets déclinés au cours des dernières décennies. Si à l'échelle mondiale le changement climatique n'a pas été jusqu'ici la principale cause de perte de biodiversité, dans les prochaines décennies, il devrait devenir aussi important, voire plus important, que les autres facteurs.

La perte de biodiversité n'est pas qu'un problème environnemental, c'est également un problème de développement, d'économie, de sécurité mondiale, d'éthique et de morale. C'est aussi une question de survie. La biodiversité joue un rôle primordial en nous procurant nourriture, fibres, eau, énergie, médicaments et autres matériels génétiques. Elle est aussi essentielle à la régulation de notre climat et de la pollution, à la qualité de l'eau, aux services de pollinisation, à la lutte contre les inondations et les tempêtes. En outre, la nature sous-tend tous les aspects de la santé humaine en contribuant aussi à des besoins immatériels – comme l'inspiration et l'éducation, le développement physique et psychologique, et la construction de nos identités – qui sont indispensables à la qualité de vie et à l'intégrité culturelle.

Le constat 2020

L'Indice Planète Vivante (IPV) suit désormais l'abondance de près de 21 000 populations de mammifères, oiseaux, poissons, reptiles et amphibiens dans le monde. L'indicateur se fonde sur les données concernant les populations d'animaux sauvages. Ces courbes démographiques sont rassemblées dans l'IPV afin d'obtenir, depuis 1970, un indice égal à la moyenne des pourcentages de variation des populations. L'indice de cette année englobe près de 400 nouvelles espèces et 4 870 nouvelles populations.

Depuis la publication du dernier *Indice Planète Vivante* en 2018, le nombre d'espèces représentées a augmenté pour la majorité des régions et des groupes

taxonomiques, la plus forte croissance concernant les amphibiens. À l'heure actuelle, l'IPV ne contient que des données relatives aux vertébrés, car historiquement, ceux-ci ont été mieux suivis. Des efforts pour intégrer des données relatives aux invertébrés sont en cours afin d'élargir notre compréhension de l'évolution des populations de faune sauvage.

L'*Indice Planète Vivante 2020* indique une chute moyenne de 68 % (fourchette : de - 73 % à - 62 %) des populations suivies de mammifères, oiseaux, amphibiens, reptiles et poissons entre 1970 et 2016. Mais l'IPV mondial ne nous donne pas une image complète : il existe des différences dans les courbes d'abondance entre régions, les plus forts déclinés étant observés dans les zones tropicales. La baisse de 94 % de l'IPV pour les sous-régions tropicales des Amériques est ainsi le déclin le plus important jamais observé dans une région. La conversion des prairies, des savanes, des forêts et des zones humides, la surexploitation des espèces, le changement climatique et l'introduction d'espèces exotiques sont des facteurs clefs.

Les « petites choses qui font tourner le monde » sont-elles en train de disparaître ?

Derrière ces chiffres globaux, il importe de s'arrêter sur une série « d'invisibles » qui jouent cependant un rôle majeur dans notre devenir. Le sol abrite ainsi l'un des plus grands réservoirs de biodiversité sur Terre : jusqu'à 90 % des organismes vivants dans les écosystèmes terrestres, y compris certains pollinisateurs, passent une partie de leur cycle de vie dans les habitats du sol.

Or sans cette biodiversité, les écosystèmes terrestres risqueraient de s'effondrer. Nous savons maintenant que la biodiversité de surface et la biodiversité souterraine sont en constante collaboration¹ et qu'une meilleure compréhension de cette relation aidera à mieux prévoir les conséquences de la perte de biodiversité.

E. O. Wilson a qualifié les insectes de « petites choses qui font tourner le monde »². En Europe occidentale et en Amérique du Nord, les programmes de suivi et les études sur le long terme révèlent une diminution extrêmement rapide, récente et continue du nombre d'insectes, de leur répartition ou de leur poids global

1. Voir notamment : Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Klironomos, J. N., Setälä, H., van der Putten, W. H., *et al.* (2004). Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304:1629-1633. doi: 10.1126/SCIENCE.1094875.

2. Wilson, E. O. (1987). The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). *Conservation Biology* 1:344-346.

(biomasse). Le développement de l'agriculture intensive étant survenu plus tôt en Europe occidentale et en Amérique du Nord, les pertes d'insectes qui y sont observées permettent donc d'anticiper les pertes mondiales d'insectes si les perturbations anthropiques et les changements d'utilisation des terres se poursuivent à travers le monde. Mettre en place des suivis de long terme et à grande échelle est la clef pour comprendre les changements actuels et futurs des populations d'insectes.

Le risque d'extinction des plantes est comparable à celui des mammifères et est plus élevé que celui des oiseaux. Le nombre d'extinctions connues de plantes est deux fois plus élevé que celui des mammifères, des oiseaux et des amphibiens réunis³. En outre, l'évaluation d'un échantillon de milliers d'espèces représentant l'étendue taxonomique et géographique de la diversité végétale mondiale a montré qu'une espèce sur cinq (22 %) est menacée d'extinction ; la plupart d'entre elles se trouvent sous les tropiques⁴.

L'impact du changement climatique

Un cinquième des espèces sauvages est menacé d'extinction au cours du siècle en raison du seul changement climatique. Même avec des efforts d'atténuation importants, on anticipe des taux de perte parmi les plus élevés dans les « points chauds » de biodiversité.

Il y a moins de trente ans, les effets du changement climatique sur les espèces étaient extrêmement rares ; aujourd'hui, ils sont monnaie courante. Si certaines espèces sont relativement protégées de ces changements (par exemple les poissons d'eau profonde), d'autres (comme celles de l'Arctique et de la toundra) sont déjà confrontées à d'importantes pressions. Ces dernières impactent les espèces à travers plusieurs mécanismes, notamment le stress physiologique direct, la perte d'habitats appropriés, les perturbations des interactions entre espèces (comme la pollinisation ou les interactions entre prédateurs et proies) et la phénologie des principaux événements de la vie (comme la migration, la reproduction ou le débournement des feuilles).

3. Humphreys, A. M., Govaerts, R., Ficinski, S. Z., Nic Lughadha, E., and Vorontsova, M. S. (2019). Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery. *Nature Ecology & Evolution* 3:1043-1047. doi: 10.1038/s41559-019-0906-2.

4. Brummitt, N. A., Bachman, S. P., Griffiths-Lee, J., Lutz, M., Moat, J. F., *et al.* (2015). Green plants in the red: A baseline global assessment for the IUCN Sampled Red List Index for plants. *PLOS ONE* 10:e0135152. doi: 10.1371/journal.pone.0135152.

Impact de la biodiversité sur l'espèce humaine

Le siècle dernier a été marqué par des progrès extraordinaires en matière de santé et de bien-être humains. À titre d'exemple, la mortalité infantile des moins de cinq ans a baissé de moitié depuis 1990, la part de la population mondiale vivant avec moins de 1,90 dollar par jour a diminué des deux tiers au cours de la même période et l'espérance de vie à la naissance est aujourd'hui d'environ quinze ans supérieure à ce qu'elle était il y a cinquante ans. On célèbre ces avancées à raison, mais c'est l'exploitation des systèmes naturels du monde qui les a rendues possibles, celle-là même qui aujourd'hui est tout aussi en mesure de les défaire.

Car la biodiversité est essentielle à la sécurité alimentaire, elle nourrit le monde en quelque sorte. En 2019, la FAO a lancé le premier rapport sur l'état de la biodiversité dans le monde pour l'alimentation et l'agriculture. Cinq ans ont été nécessaires pour produire cette étude sous la direction de la Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture de la FAO. Elle détaille précisément le rôle inestimable que joue la biodiversité dans l'alimentation et l'agriculture ainsi que la manière dont les agriculteurs, les éleveurs, les habitants des forêts, les pêcheurs et les pisciculteurs l'ont modelée. Le rapport analyse également les principaux facteurs d'érosion de la biodiversité et évoque des pistes de production plus respectueuses de l'environnement.

Les clefs du futur

Le *Rapport planète vivante 2020* paraît à un moment où le monde est en plein bouleversement, mais son message clef, lui, demeure inchangé depuis plusieurs décennies : la nature, notre assurance-vie, décline à un rythme effarant. Nous savons désormais que la santé des êtres humains et celle de notre planète sont interdépendantes ; les incendies qui ont décimé les forêts d'Australie l'an passé et la pandémie actuelle de Covid-19 l'ont encore démontré.

Il est facile de parler de mutation profonde mais comment allons-nous en faire une réalité dans notre société moderne complexe et fortement connectée ? Nous savons qu'il faudra un sursaut mondial et collectif, que des efforts accrus de conservation sont essentiels, ainsi que des changements dans la façon dont nous produisons et consommons notre nourriture et notre énergie. Les citoyens, les gouvernements et les chefs d'entreprise du monde entier devront faire partie du changement dont l'ampleur, l'urgence et l'ambition sont sans précédent.

Conséquences maritimes du changement climatique

FACTEURS DE CHANGEMENT

∨

RISQUES POTENTIELS

∨

PÊCHE



- Surexploitation
- Prises accessoires d'espèces non ciblées
- Destruction de l'habitat des fonds marins par le chalutage
- Pêche illégale, non réglementée et non déclarée (INN)
- Collecte d'organismes pour le commerce des aquariums

CHANGEMENT CLIMATIQUE



- Réchauffement des eaux
- Acidification des océans
- Augmentation des zones minimales d'oxygène
- Augmentation de la fréquence d'évènements extrêmes
- Modification des courants océaniques

POLLUTION TERRESTRE



- Ruissellement de nutriments contaminants tels que les métaux lourds, les micro et macro-plastiques

POLLUTION DES OCÉANS



- Décharge de déchets
- Fuites et déversements de fuel des navires
- Marées noires issues des plates-formes *offshore*
- Pollution sonore

DÉVELOPPEMENT DU LITTORAL



- Destruction des habitats
- Pression accrue sur les rivages locaux
- Augmentation de la pollution et des déchets

ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES



- Espèces envahissantes introduites accidentellement (par l'eau de ballast par exemple) ou délibérément
- Anticipation possible d'autres invasions dues au climat

INFRASTRUCTURES OFFSHORE



- Perturbation physique des fonds marins
- Création d'une structure d'habitats

TRANSPORT MARITIME



- Collisions avec les navires
- Pollution due aux décharges

MARICULTURE *



- Présence physique d'installations aquacoles
- Pollution

EXPLOITATION MINIÈRE EN HAUTE MER



- Destruction des fonds marins
- Panaches de colonisation sur les fonds marins
- Risque de fuites et de déversements de produits chimiques
- Pollution sonore

*Aquaculture d'organismes marins



ENJEUX
ALIMENTAIRES

Bassin d'aquaculture. © *Josif Michael.*



Conséquences du changement climatique sur les écosystèmes marins exploités par la pêche et la conchyliculture

Pierre PETITGAS, Clara ULRICH, Arnaud AUBER, Sophie GOURGUET,
Martin HURET, David MAZURAS, Fabrice PERNET, Stéphane POUVREAU,
Marion RICHARD, Arianna SERVILI, Olivier THÉBAUD, José ZAMBONINO
Ifremer

Le rejet massif de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre par les activités humaines au cours des cent cinquante dernières années se traduit, dans l'océan mondial, par un réchauffement des couches superficielles, leur acidification et la diminution de la concentration en oxygène dissous. Le réchauffement de la surface entraîne une stratification verticale plus prononcée, empêchant le brassage entre la couche supérieure et les eaux plus profondes, ce qui diminue la production planctonique. Ces mécanismes biophysiques étant interconnectés, leurs effets sur les organismes en sont décuplés. D'autres conséquences sont aussi notables comme la montée du niveau de la mer, les événements climatiques extrêmes (tempêtes, canicules océaniques). Ces effets combinés ont un impact sur les écosystèmes marins, et par conséquent sur les ressources exploitées. De fait, des changements dans les distributions spatiales d'espèces et dans les écosystèmes sont déjà observables dans la plupart des régions océaniques de la planète, ce qui engendre des enjeux socio-économiques majeurs.

Par le jeu des réseaux trophiques, la production biologique du plancton est à la base de la productivité de l'ensemble des ressources marines. Elle dépend de la disponibilité en sels minéraux, de la lumière et d'une certaine stabilité verticale de la colonne d'eau. Sur les plateaux continentaux des mers régionales européennes, les panaches des fleuves et les nutriments qu'ils apportent sont un facteur d'enrichissement planctonique majeur. S'y ajoutent des phénomènes d'enrichissement océanographique, comme par exemple l'*upwelling*¹, sous la dépendance des courants horizontaux et verticaux induits par les vents et les différences de densité des masses d'eau (température et salinité). Les régimes des vents et des précipitations influencent donc largement la productivité des écosystèmes marins européens.

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a publié en septembre 2019 un rapport spécifiquement dédié à l'océan. Les scénarios globaux qui y sont présentés concernent l'atmosphère et l'océan mondial. Pour l'Europe, ceux-ci prévoient une différence entre le sud et le nord qui seraient séparés par une ligne proche de la latitude de Bordeaux : au sud, moins de précipitations et un réchauffement plus intense, au nord, des hivers de type plus continental, des étés plus chauds et pluvieux et des régimes de vents d'ouest plus soutenus.

1. Remontée d'eau provoquée par des vents marins.

Pour prédire les effets sur les mers régionales et les écosystèmes côtiers qui hébergent la majorité des ressources halieutiques et aquacoles, une descente d'échelle est nécessaire. Des modèles régionaux de l'océan (ex : golfe de Gascogne, mer du Nord) sont mis en œuvre, qui utilisent les résultats des modèles globaux et qui sont contraints par les conditions régionales des vents, des fleuves et de leurs nutriments. Les modèles régionaux fournissent des projections de l'environnement marin, comprenant les paramètres physiques de l'océan (température, salinité, pH, oxygène, courants, à différentes profondeurs) et les abondances planctoniques par groupes d'espèces et de tailles. Ces données permettent d'envisager les conditions probables dans lesquelles évolueront les maillons trophiques supérieurs dont font partie les ressources exploitées (poissons, mollusques). À partir de là, pour prédire les impacts sur les ressources, différentes approches sont utilisées : niches écologiques, vulnérabilités, modélisation couplée.

À partir des travaux conduits par l'*Ifremer* sur différentes thématiques de recherche, cet article présente une synthèse des connaissances des impacts du changement climatique sur les écosystèmes et les ressources dont dépendent les secteurs de la pêche et de la conchyliculture. Il décrit d'abord les changements observés dans la biogéographie des espèces, puis rappelle le rôle des paramètres physiques (température, oxygène, pH) sur les organismes, ce qui conduit à expliquer les mécanismes biologiques et physiologiques par lesquels les poissons et les coquillages sont affectés par ces changements et les mécanismes d'adaptation possibles. Considérant l'ensemble des individus et des espèces, nous nous intéressons ensuite au devenir des populations et des écosystèmes et à l'impact sur la productivité globale. En conclusion, nous apportons un éclairage politique et économique sur les conséquences du changement climatique sur la pêche et l'aquaculture ainsi que sur l'inévitable nécessité pour ces filières de s'adapter à ces changements.

Constat : des changements biogéographiques dans la distribution des espèces

Les espèces sont réparties sur des espaces géographiques particuliers où les conditions physiques (température, salinité, O², pH...) et biotiques (nourriture, compétiteurs, parasites...) sont propices à chacune pour sa physiologie (respiration, croissance, reproduction) au cours des différents stades de sa vie. Les conditions de vie liées à la présence des espèces peuvent être estimées à partir de leur distribution spatiale actuelle. Les conditions prédites dans les scénarios de projection climatique permettent alors d'estimer les futurs habitats potentiels des espèces

et ainsi d'anticiper des changements dans leur distribution spatiale. Actuellement, ces prédictions se font en général pour chaque espèce indépendamment, sans considérer les interactions entre elles ni les fonctions qu'elles ont dans l'écosystème, qu'il faudra pourtant un jour prendre en compte.

Des changements de distribution spatiale de poissons commerciaux (pélagiques, démersaux ou benthiques) sont déjà observés en Atlantique Nord dans les données des campagnes scientifiques, avec un déplacement « apparent » des aires de répartition vers le nord. De tels changements peuvent être la conséquence de différents processus : les individus peuvent par exemple se déplacer physiquement afin d'échapper à des conditions défavorables. Les changements latitudinaux de populations peuvent aussi être la conséquence de variations d'abondance, comme une diminution au sud et une hausse au nord. La pression de pêche peut renforcer l'effet du climat. Une « tropicalisation » des communautés de poissons a par exemple été décrite en baie de Somme, Manche et mer du Nord, marquée à la fois par une augmentation des espèces préférant les eaux chaudes dans certains secteurs et une diminution de celles préférant les eaux froides dans d'autres. Sur la dimension verticale, on trouve maintenant certains poissons, comme la plie en mer du Nord, dans des eaux plus profondes qu'avant, un phénomène analogue à la remontée en altitude de certaines espèces en montagne.

Si certaines espèces telles que la morue voient l'extension géographique de leur distribution se réduire avec une diminution des abondances sur leurs habitats les plus méridionaux, d'autres espèces montrent au contraire une augmentation marquée de leur aire de distribution. C'est le cas par exemple du merlu ou du maquereau, qui est maintenant largement présent et pêché autour de l'Islande et en mer de Norvège, avec des changements dans ses habitats d'hivernage et ses dates de migration. Notons que les changements les plus importants ont souvent d'abord lieu là où les espèces sont en limite de leur répartition biogéographique.

Les mécanismes sous-jacents des changements observés sont nombreux. En effet, pour qu'une population s'installe sur une aire géographique nouvelle, il faut que tout ou partie de son cycle de vie (œufs, larves, juvéniles, adultes, migrations, dérives larvaires) puisse se réaliser, sachant que chaque stade de vie occupe une niche écologique particulière sur des habitats différents. Dans certains cas (anchois en mer du Nord), on sait que l'apparente extension spatiale correspond à une augmentation de la productivité (reproduction, croissance) de petites populations, limitées par des conditions défavorables.

Ainsi, pour comprendre et prédire les changements de distribution mais aussi de productivité des ressources marines, il est nécessaire de comprendre les effets physiologiques sur chaque individu et ses capacités de réponse, puis d'agréger ces effets à l'échelle des populations et des écosystèmes.

Pourquoi? Impact des différents changements de l'océan sur les ressources marines

Effets combinés de la température et de l'oxygène dissous

Pour les organismes à sang froid (comme le sont la majorité des organismes marins), une augmentation de température se marque par l'augmentation du métabolisme de base qui induit une demande en oxygène et en nourriture plus forte.

Or température et oxygène sont intimement liés. L'oxygène dissous est utilisé pour la respiration des organismes et la dégradation de la matière organique. Le réchauffement de la surface limite le brassage vertical de la colonne d'eau et sa réoxygénation par l'atmosphère. Ce phénomène est encore accentué lors des canicules marines, notamment en milieu côtier. La demande en oxygène des organismes augmente du fait d'un métabolisme accéléré, alors même que la teneur en oxygène diminue. Le stock d'oxygène disponible s'épuise, ce qui induit des hypoxies (diminution de l'oxygène) de fond puis de surface, voire des anoxies (absence d'oxygène). L'hypoxie est d'autant plus sévère si la canicule suit un épisode d'eutrophisation du fait de la dégradation de la matière organique.

La sensibilité des organismes à un épisode hypoxique dépend de leur capacité de mobilité, de leur physiologie, de leur relation avec le sédiment. Les poissons à forte capacité nataoire peuvent quitter la zone, ce qui n'est pas le cas pour les espèces fixées (coquillages) ou à faible mobilité (invertébrés benthiques). De nombreuses études rapportent que les crustacés sont les moins tolérants à l'hypoxie, suivis des vers polychètes et des mollusques. En condition anoxique, le sédiment devient ainsi dépourvu d'animaux et recouvert de bactéries.

Effets combinés de la température et de la nourriture

L'habitat devient physiologiquement défavorable pour un organisme quand, la température augmentant, l'oxygène et la nourriture ne sont plus disponibles dans les proportions spécifiques à l'espèce. Les conséquences se marquent en premier lieu sur la mortalité et l'occupation des habitats, mais aussi sur la croissance et la reproduction. Des modèles physiologiques ont été développés, qui considèrent l'effet conjoint de ces paramètres et permettent donc d'estimer les conditions physiologiquement défavorables aux espèces. Ainsi, la migration de l'anchois en été dans le golfe de Gascogne a pu être expliquée physiologiquement par la température élevée et la faible abondance de plancton sur les habitats délaissés.

De plus, les changements de température et d'oxygène impactent la qualité de la nourriture disponible. Plusieurs études ont fait état de changements majeurs dans l'abondance des différentes espèces de plancton disponibles. Ces changements se répercutent en cascade dans le réseau trophique car toutes les espèces n'ont pas la même valeur nutritive. Un exemple de ce phénomène est observé dans les bassins conchylicoles en France. L'analyse des suivis des flores phytoplanctoniques y révèle une diminution de l'abondance de la microalgue du genre *Skeletonema* depuis le début des années 2000. Or une étude récente montre que la croissance de l'huître creuse est plus importante en présence de cette microalgue.

Acidification

L'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère acidifie l'océan quand il se dissout dans l'eau. Cette acidification se marque par une baisse du pH, une augmentation de la pression partielle en CO₂ et une diminution de la concentration en ions carbonate, un élément indispensable à la fabrication des coquilles et squelettes des organismes marins. Des effets négatifs de l'acidification ont été montrés sur le développement, la croissance, la calcification, la sensibilité aux maladies et la survie de nombreuses espèces, en particulier pour les mollusques. Chez l'huître creuse, des expériences ont montré que l'acidité de l'eau augmente fortement la mortalité des larves. Les zones côtières sont caractérisées par un métabolisme pouvant engendrer des variations de pH journalières et saisonnières importantes. Les premières données de pH disponibles en rade de Brest suggèrent que les milieux côtiers seraient vulnérables à l'acidification en présentant occasionnellement des valeurs de pH inférieures au seuil critique établi pour les larves d'huîtres. Dans ces expériences, l'effet limitant du pH est seul considéré, sans tenir compte d'effets synergiques ou antagonistes d'autres facteurs de stress comme l'hypoxie, la température ou l'alimentation.

Comment? Changements physiologiques et adaptation chez les individus

Les changements conjoints de température, d'oxygène, de pH et de nourriture impliquent des stress multiples répétés pour les organismes qui se marquent, à terme, sur leur croissance et leur reproduction.

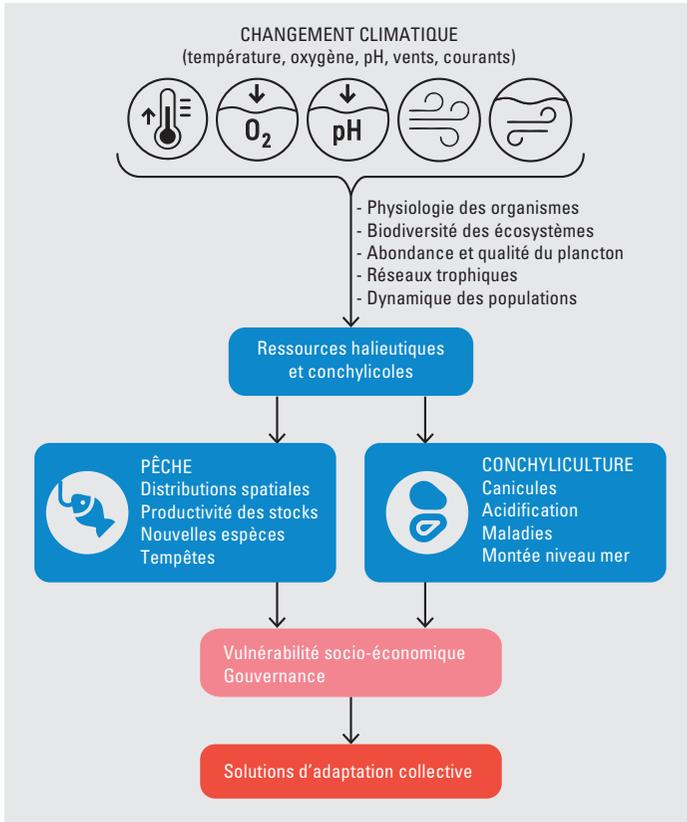
Reproduction

Le cycle saisonnier de la température et de la photopériode synchronise la ponte chez la plupart des espèces en régions tempérée et froide. La température agit au niveau du cerveau et des gonades (axe reproducteur) en modulant les réactions biochimiques qui induisent la production d'hormones sexuelles et de gamètes. En conséquence, les changements atypiques de température peuvent modifier la période et la durée de ponte des poissons. Des décalages ont ainsi déjà été observés dans les dates de ponte chez certains poissons (ex : ponte plus précoce chez la sole). Cela impacte ensuite la survie des premiers stades de vie, *via* notamment la dispersion des œufs et larves.

Des changements dans les dates de ponte et de survie larvaire sont aussi observés chez les mollusques, en particulier chez l'huître creuse. Cette espèce a été introduite pour la conchyliculture en France dans les années 1970 et la température agissait alors comme un facteur limitant la ponte au nord de la Loire. Les données des stations d'observation montrent que plus la température estivale est élevée, meilleure est la survie des larves ainsi que leur captage. Les étés chauds dans les écosystèmes septentrionaux sont propices à sa reproduction et au captage, favorisant la progression vers le nord de sa distribution. De fait, aujourd'hui, le captage de jeunes larves par les professionnels est régulier en rade de Brest et les conditions de température sont favorables à la ponte jusqu'en Norvège.

L'acidification a aussi des effets sur la reproduction chez les poissons. Des études récentes suggèrent que l'acidification conduirait à un avancement de la période de ponte (effet synergétique avec le réchauffement), à une augmentation du nombre d'œufs produits et à une altération du comportement reproducteur chez les mâles. Les études rapportent néanmoins des effets contradictoires, sans doute liés à la durée de l'exposition à l'acidification dans les expériences. Il existe différentes hypothèses sur les mécanismes impliqués : altération des concentrations ioniques des fluides internes qui induirait des défauts de neurotransmission ; impact direct sur le système neuro-circadien qui perturberait la synchronisation de la ponte avec les signaux environnementaux.

Impacts et conséquences du changement climatique



Croissance

Les réponses physiologiques ont été largement étudiées chez la sole, une espèce benthique d'intérêt commercial vivant en zone côtière, qui est donc fréquemment exposée à des épisodes chauds et hypoxiques. Un ensemble de réponses physiologiques et comportementales est mis en œuvre pour favoriser la tolérance à ces conditions défavorables, réponses visant à améliorer l'absorption de l'oxygène (augmentation de la ventilation branchiale), à faciliter son transport vers les tissus (modification de l'hémoglobine) et à limiter les besoins de l'organisme en oxygène (dépression métabolique, glycolyse). L'organisme diminue son activité métabolique, ce qui a des répercussions sur son alimentation et sa croissance, voire sa reproduction.

Le rôle de la nourriture a été étudié chez les poissons petits pélagiques. Les données d'observation montrent une tendance à la diminution de la taille et du poids à l'âge adulte chez les deux espèces et dans les deux régions. Après avoir analysé différentes hypothèses, il est probable que des changements dans la composition du plancton soient en partie responsables de ce phénomène. Une diminution des tailles a aussi été observée en mer du Nord sur d'autres espèces (hareng et sprat), qui a été corrélée à une diminution d'abondance des principales espèces de zooplancton.

Tolérance à l'hypoxie

Les différences de tolérance entre les individus ou les populations peuvent être d'origine environnementale ou génétique. Des études ont montré que la variabilité entre les individus pour la tolérance à l'hypoxie pouvait être liée en partie aux conditions trophiques. En effet, des juvéniles ayant une alimentation trop riche en lipides seront plus sensibles à une baisse de concentration en oxygène dans le milieu du fait d'un métabolisme de base plus élevé. Ces mêmes travaux indiquent que les conditions environnementales rencontrées par les soles pendant les stades précoces de développement peuvent influencer leur tolérance à l'hypoxie aux stades de vie ultérieurs. Ainsi, des expositions à des environnements hypoxiques ou à des températures chaudes au stade larvaire auront un effet bénéfique sur la tolérance à l'hypoxie au stade juvénile. Il est à noter que ce conditionnement adaptatif est espèce-dépendante car il n'est pas observé chez toutes les espèces.

Quelles conséquences écologiques?

Changement de productivité des populations exploitées

À l'échelle d'une population, la productivité résulte d'un ensemble de processus permettant de maintenir ou d'augmenter le nombre d'individus (reproduction et arrivée d'une nouvelle génération) et leur masse (croissance).

Les populations de nombreuses espèces (dont les espèces commerciales) sont présentes dans différents écosystèmes, souvent localisés sur un gradient de latitude. Par exemple, de nombreuses espèces commerciales, comme les sole, sprat, anchois, moule, huître, sont présentes partout en Europe, en mer Méditerranée, sur les côtes atlantiques, en mer du Nord, en Baltique et présentent des adaptations régionales et des différences de productivité. L'adaptation génétique régionale permet d'assurer une croissance suffisante pendant la période productive qui

sera, par exemple, plus intense mais plus courte aux latitudes plus élevées, et d'accumuler suffisamment de réserves pour passer un hiver plus long et rigoureux.

Des différences entre les populations existent aussi pour la tolérance aux conditions des contraintes hypoxiques et thermiques. Il a été montré chez le flet que les populations du sud ont une meilleure capacité à faire face à ces contraintes par rapport aux populations du nord et que cette variation est due à une adaptation génétique locale.

Grâce à la modélisation, il est possible de prédire l'évolution globale des populations selon les scénarios climatiques en couplant des modèles physiologiques décrivant les changements de croissance et de reproduction des organismes à des modèles régionaux de l'océan fournissant les conditions physiques et la nourriture (plancton). De telles expériences numériques ont été conduites avec différents scénarios du GIEC à l'horizon 2050 et 2100 associés à des scénarios de pêche. Par exemple, pour le golfe de Gascogne, les hivers seraient plus doux, la production planctonique diminuée, mais le pic de production avancé dans la saison. Ces conditions favoriseraient le renouvellement des générations d'anchois, en diminuant les mortalités hivernales des juvéniles. Dans la zone côtière, les conditions estivales de température et de nourriture favoriseraient la ponte de l'huître creuse dans la rade de Brest mais, à l'inverse, des hivers doux seraient susceptibles d'augmenter les risques de mortalité sur cette espèce.

Devenir des écosystèmes

Chaque espèce est donc amenée à réagir au changement climatique. Cela modifie l'environnement biotique des autres espèces, générant une modification globale des écosystèmes avec des effets en cascade. Le lien entre les caractéristiques des espèces et leurs fonctions dans l'écosystème est un sujet actif de recherche qui permet d'envisager la possible évolution d'un écosystème. Pour ce faire, les vulnérabilités au changement environnemental sont d'abord estimées, puis intégrées pour obtenir une vulnérabilité globale des fonctions dans l'écosystème.

Depuis les années 1980, différents programmes de surveillance de l'environnement marin et des ressources halieutiques ont été mis en place en Europe. Les données permettent aujourd'hui d'analyser les tendances dans des séries de paramètres concernant les compartiments des écosystèmes (hydrologie, plancton, poissons, benthos, prédateurs supérieurs). Des changements majeurs dans l'organisation globale des écosystèmes ont été décrits, associés à des modifications des forçages

météorologiques et hydrologiques. On parle de changement de régime pour l'écosystème. Soit l'écosystème est résilient, soit, au-delà d'un point de bascule dans les forçages, il change d'état plus ou moins progressivement. En mer du Nord, au début des années 1990, l'écosystème est par exemple passé d'un régime avec des températures plus froides, une abondance élevée de gros zooplancton, une part relative importante de gros poissons démersaux (ex : morue) à un régime avec des températures plus chaudes, une composition différente du zooplancton, une abondance plus importante de poissons d'espèces pélagiques et benthiques. Les préférences alimentaires sont un moyen de propager vers les hauts niveaux trophiques les changements dans le plancton dus aux conditions hydrologiques. Des états de l'écosystème avec plus d'anchois ou plus de sardine ont aussi été décrits en Afrique du Sud pour différents régimes de vents qui favorisent ou défavorisent les remontées d'eau froide, conduisant à un plancton de plus ou moins grande taille, favorisant donc l'anchois plutôt que la sardine. Cependant, les effets de la pêche se combinent à ceux du changement climatique dans l'évolution des écosystèmes exploités.

Les microalgues du phytoplancton sont à l'origine de nutriments essentiels comme des acides gras particuliers et vitamines qui se diffusent dans le réseau trophique par le biais de la prédation. La capacité d'un écosystème à soutenir des espèces commerciales de haut niveau trophique (ex : morue, saumon) dépend en partie de la biodiversité du phytoplancton et de la complexité du réseau trophique. La mer Baltique en offre un exemple saisissant. L'écosystème change à la suite des entrées d'eaux atlantiques, plus salines et riches en oxygène. La diversité du plancton s'en trouve modifiée. La production de thiamine (une vitamine) est alors suffisante pour permettre aux poissons de haut niveau trophique de ne pas être carencés et la productivité de leurs populations augmente. Sinon, le système est carencé dans les hauts niveaux trophiques et la part relative des poissons petits pélagiques, de plus bas niveau trophique, est plus importante. La productivité des stocks halieutiques dépend donc de l'état de l'écosystème, ce qui impose une vision globale dans la gestion des ressources.

Enfin, d'autres changements des écosystèmes sont importants, avec notamment les augmentations d'espèces invasives, toxiques ou nuisibles, augmentant par exemple les risques pathogènes sur la production conchylicole. Ces risques ne sont pas liés uniquement au changement climatique mais plutôt au changement global qui intègre aussi l'impact des activités humaines sur la qualité de l'eau des bassins versants. Les canicules en milieu côtier représentent aussi un risque de surmortalité pour la conchyliculture, tout comme un risque de modification profonde des écosystèmes côtiers. En France, la canicule marine ayant eu lieu

dans la lagune de Thau en 2018 en est un exemple frappant. Elle a engendré une surmortalité de coquillages en élevage, de poissons et de nombreux organismes benthiques, provoquant une crise économique et environnementale. Des peuplements de palourdes ont aussi été décimés lors de cette canicule dans la lagune de Berre, impactant la pêche. Les canicules (chaleur et hypoxie) menacent donc les écosystèmes côtiers, la pêche et la conchyliculture, en commençant par les milieux confinés tels que les lagunes méditerranéennes.

Quelles implications pour la pêche et la conchyliculture ?

Les changements attendus qui auront potentiellement le plus d'impact sur la filière pêche seraient les changements de distribution et de productivité des ressources actuelles, l'apparition de nouvelles ressources non encore réglementées dans certaines zones et la nécessité de pallier la probable augmentation des tempêtes. Pour la conchyliculture, les implications du changement climatique se présentent plutôt en matière de risques dans le domaine côtier : hypoxies, acidification, pathogènes et montée du niveau de la mer. En conséquence, des impacts pour les filières sont à identifier, tant pour les profits et revenus des producteurs que pour le bien-être des consommateurs ou encore la valeur nutritionnelle et sanitaire des produits de la mer. Il est donc essentiel de prévoir des scénarios pour élaborer des stratégies d'adaptation et de prévention.

Politique européenne de la pêche et partage des quotas

Le changement climatique va affecter différemment les pays en fonction de la latitude. Cela va certainement entraîner des crispations politiques, à l'image des récentes tensions entre l'Union européenne et l'Islande à propos des quotas du maquereau et du hareng.

Les changements de distribution spatiale posent des questions de partage et d'accès aux ressources non seulement entre États historiques, mais aussi avec les nouveaux pays riverains qui n'ont pas de droits antérieurs. Un exemple emblématique est le retour récent du thon rouge dans les eaux de l'Atlantique Nord, alors qu'aucun pays d'Europe du Nord n'a de part de quota disponible. Cependant, adapter les politiques publiques reste un défi ; la « stabilité relative » est ainsi un problème particulièrement épineux. Ce mécanisme fixe les règles de répartition des quotas pour chaque espèce communautaire, entre États membres, mais les clefs de partage ont été fixées dans les années 1970-1980 et jamais actualisées depuis. Elles ne reflètent plus qu'imparfaitement la disponibilité de chaque espèce pour

les pêcheurs des différents pays, certains de ceux-ci n'utilisant pas toute leur part quand d'autres dépassent la leur. Ils doivent soit échanger des quotas soit rejeter à la mer du poisson qu'ils n'ont pas le droit de commercialiser. Cette situation risque de s'aggraver significativement sous l'impact du changement climatique.

Gouvernance et pratiques d'atténuation

Si de plus en plus de travaux s'intéressent aux conséquences du changement climatique sur l'évolution de la distribution spatiale et de la productivité des ressources halieutiques, la recherche s'est encore peu penchée sur les réponses humaines à ces évolutions. Pourtant, celles-ci peuvent conditionner non seulement les conséquences économiques et sociales des changements, mais également – du fait de la réponse des activités de pêche et des pressions associées – l'évolution des écosystèmes marins exploités. Les travaux sur ce sujet doivent donc s'intéresser à l'analyse des réponses passées, à la prédiction des réponses futures des activités humaines, mais aussi à l'adaptation des systèmes de gouvernance, dont le rôle clef pour garantir la durabilité des pêcheries est bien établi.

Dans un premier temps, on peut rappeler que les projections de la production halieutique sont à la réduction, mais que celles-ci doivent être comparées à la production maximale durable (RMD) et non pas à la production actuelle, souvent en-dessous de ce maximum dû à la surexploitation des stocks. Ce qui veut dire qu'une gestion au RMD efficace et adaptative, avec des mises à jour régulières de l'objectif RMD prenant en compte à la fois les changements de distribution spatiale et de la productivité, permettrait déjà de compenser en partie les pertes prévues et de maintenir des pêcheries productives et rentables, même dans des scénarios climatiques pessimistes.

Dans un second temps, on s'intéresse à d'autres approches possibles que le RMD pour mieux atténuer les changements futurs. Par exemple, dans le golfe de Gascogne, l'impact du changement climatique sur la performance bio-économique des pêcheries démersales a été examiné à l'aide d'un modèle de simulation pour évaluer l'impact de différentes stratégies de gestion. La stratégie qui permet de maintenir un meilleur niveau de performance bio-économique est celle qui ne se focalise pas uniquement sur la productivité des stocks halieutiques mais aussi sur le redéploiement des activités de pêche en fonction de leur rentabilité économique. Cela se traduit par une structure de captures plus diversifiée qui permet de maintenir un meilleur niveau de performance bio-économique, même dans le scénario climatique le moins favorable.

Les entreprises de pêche devront ainsi choisir entre aller pêcher dans de nouvelles zones et y chercher de nouveaux droits ou, au contraire, rester dans leurs zones de pêche habituelles mais ouvrir de nouvelles filières pour capturer les espèces nouvelles qui s'y seraient développées. Ceci impliquera des efforts scientifiques pour évaluer les nouvelles ressources en lien avec ces changements, et peut-être de nouvelles habitudes alimentaires des consommateurs.

En conchyliculture aussi les pratiques de production évolueront, probablement encadrées par une gouvernance collective adaptée. La gestion des transferts d'animaux vivants entre les bassins ostréicoles et la régulation de la densité dans les parcs à huîtres sont deux leviers pour répondre aux problèmes de production. Les stratégies de prévention des risques devront être étendues aux hypoxies fondées sur des réseaux de surveillance à haute fréquence. Mais cela ne semble pas suffire. La hiérarchisation des réponses de la filière au changement climatique pourrait être conduite avec une analyse de vulnérabilité bioéconomique de la filière conchylicole. Cela passera par une évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes côtiers, des espèces en question et des entreprises vis-à-vis du changement climatique ainsi que des possibilités d'adaptation au moyen d'actions locales.

Agriculture et climat : tous perdants ?

Matthieu BRUN

*Politiste, chercheur associé à Sciences Po Bordeaux (LAM),
responsable des études et des partenariats académiques
au Club DEMETER*

Jérémy DENIEULLE

*Consultant en géopolitique, chargé de recherche
au Club DEMETER*

Agriculture et dérèglement climatique sont intimement liés. L'agriculture, tout en étant une importante émettrice de CO₂¹, est l'un des secteurs les plus affectés par le bouleversement climatique. D'une région à l'autre du globe, les impacts du climat sur l'agriculture varient avec des conséquences socio-économiques, politiques et géopolitiques très importantes. Les ressources (eau, terre, capital humain et technique) sont en outre mal réparties d'un continent et d'un pays à l'autre, générant des inégalités quant aux capacités à produire. De plus, avec la croissance démographique et les changements des modes de vie et des régimes alimentaires à travers la planète, la demande en produits agricoles pour l'alimentation, l'industrie ou l'énergie ne cesse de croître, rendant toujours plus complexe la satisfaction des besoins individuels; les agro-carburants comme l'éthanol, produit à partir de canne à sucre au Brésil ou de maïs aux États-Unis, en sont une illustration. Certains pays, en Europe ou en Amériques du Nord et du Sud, sont aujourd'hui en capacité d'exporter alors que d'autres, en Afrique, au Moyen-Orient ou en Asie, doivent déjà satisfaire leur demande *via* les échanges et le commerce². Ainsi, l'Institut national français de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) estime qu'à l'horizon 2050, le continent africain connaîtra un déficit de terres agricoles compris entre 75 et 230 millions d'hectares³. La production ne suffira donc pas pour assurer son approvisionnement et une part croissante de ses États devront recourir aux marchés internationaux, tout comme en Asie ou au Moyen-Orient. Cependant, comme l'illustrent la crise sanitaire de la Covid-19 mais aussi la crise alimentaire de 2008, les équilibres agricoles mondiaux sont marqués par le sceau de l'instabilité. En effet, la production agricole mondiale n'est pas à l'abri de bouleversements ponctuels ou d'une profonde recomposition, comme le laissent craindre les effets du dérèglement climatique. Ce phénomène complexe induit des changements différents dans l'agriculture selon la zone géographique, l'échelle de temps étudiée ou encore les capacités socio-techniques d'adaptation des différents pays.

L'agriculture : responsable, victime et solution

L'agriculture est au cœur de la question climatique, l'activité agricole étant à la fois dépendante du climat mais aussi responsable de sa dégradation. Le secteur primaire

1. Selon le Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC), au niveau mondial la production d'électricité et de chaleur représente 25 % des émissions directes, l'agriculture, les forêts et l'utilisation des sols 24 %, l'industrie 21 % et les transports 14 %.

2. Voir « Repère », in Sébastien Abis et Matthieu Brun (dir.), *Le Déméter 2020*, IRIS Éditions, 2020, pp. 335-340.

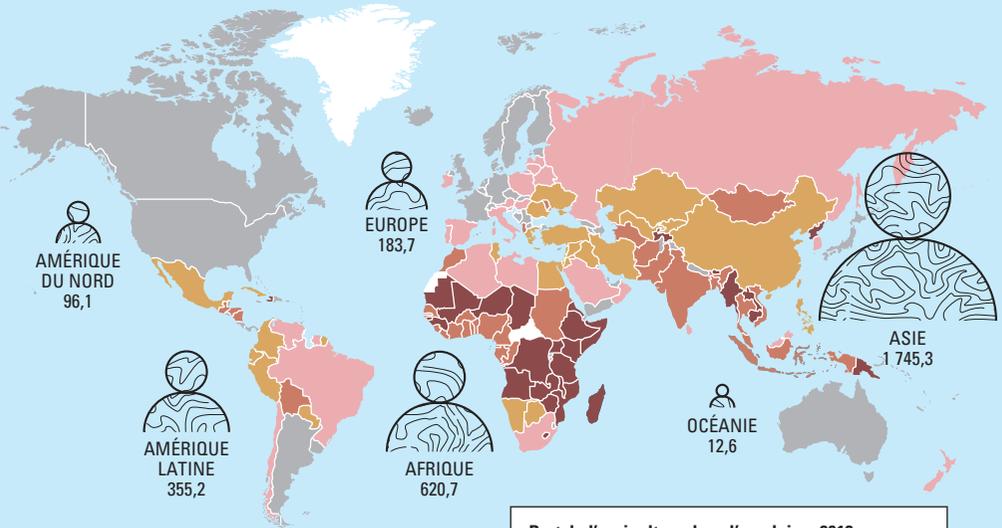
3. Tibi A., Forslund A., Debaeke P., Schmitt B., Guyomard H. (coord.), Marajo-Petizon E., Ben-Ari T., Bérard A., Bispo A., Durand J.-L., Faverdin P., Le Gouis J., Makowski D., Planton S. (2020). *Place des agricultures européennes dans le monde à l'horizon 2050 : entre enjeux climatiques et défis de la sécurité alimentaire*. Rapport de synthèse de l'étude. INRAE (France).

est donc soumis à une double contrainte propre à l'équation alimentaire : réduire son empreinte sur l'environnement tout en augmentant la production d'environ 50 % d'ici 2050 pour répondre aux besoins croissants de la population mondiale.

Selon les rapports du GIEC, l'agriculture, la foresterie et l'usage des terres sont responsables de près du quart des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Du fait de l'intensification des pratiques agricoles associée à l'évolution des régimes alimentaires, l'impact de ce secteur est croissant. Le « secteur des terres », comme le nomme le GIEC, rejette principalement du méthane, du protoxyde d'azote mais aussi du dioxyde de carbone. Différemment selon les régions du monde et les modes de production, les agriculteurs et fournisseurs de services ainsi que l'industrie agroalimentaire se sont engagés dans l'atténuation de leurs émissions de gaz à effet de serre. Mais si elle contribue, comme d'autres secteurs, au changement climatique, l'agriculture le fait pour un besoin vital, celui de se nourrir.

Si elle est un contributeur important au changement climatique, l'activité agricole est également considérée comme la plus dépendante des variations du climat et, de fait, la plus affectée par le changement climatique. Sécheresses, inondations et canicules affectent la croissance des végétaux ainsi que l'usage de l'espace par les cultivateurs et les éleveurs, ce qui a des conséquences directes sur la sécurité alimentaire, la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques. L'activité primaire souffre en effet de la multiplication d'évènements météorologiques extrêmes (inondations, sécheresses, tempêtes, etc.) dont la gravité et l'intensité augmentent. Au-delà de phénomènes conjoncturels, la montée des eaux et la submersion des côtes sont une menace pour les capacités de production de nombreux pays, comme c'est le cas dans le delta du Nil, poumon économique de l'Égypte et zone majeure de production pour le pays. La montée du niveau de la mer Méditerranée entraîne des infiltrations de sel qui rendent les terres impropres à la culture du blé et poussent des milliers d'agriculteurs pauvres à migrer. En outre, le changement climatique crée les conditions favorisant le développement de ravageurs, de pathogènes et de parasites en tout genre, tout en modifiant leur répartition spatiale, bien souvent au-delà des frontières comme l'illustrent les invasions de criquets en Afrique de l'Est. Ces parasites représentent un obstacle aux récoltes et sont à l'origine de la perte de plus de 40 % des disponibilités vivrières mondiales. Ils participent aussi à répandre les maladies auprès des plantes, des animaux et des humains. La répartition des plantes et de leurs ennemis va donc changer avec les effets du changement climatique, ce qui demandera des efforts toujours plus importants en matière d'adaptation. Enfin, alors que la présence en quantités plus importantes de carbone aurait un effet positif sur la croissance

Importance des terres pour les besoins humains

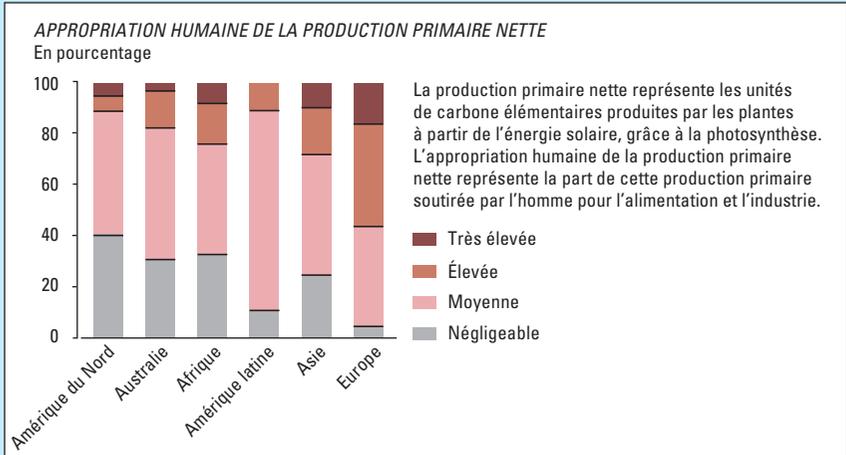


 **Personnes vivant sur des terres dégradées en 2015**
En millions de personnes

Part de l'agriculture dans l'emploi en 2018

En pourcentage de l'emploi total

- plus de 48 %
- de 27,6 à 48 %
- de 11,1 à 27,5 %
- de 3,7 à 11 %
- moins de 3,7 %
- données non disponibles



Source : Sébastien Abis et Matthieu Brun (dir.), "Repère Environnement", Le Déméter 2020, IRIS Éditions, 2020.

des végétaux, l'ensemble des changements environnementaux (conséquences sur la biodiversité par exemple) reste globalement négatif.

Coupables et victimes, l'agriculture et la forêt sont aussi une partie de la solution pour lutter contre le changement climatique. Il s'agit en effet d'un secteur clef pour parvenir aux objectifs de décarbonation permettant de contenir le réchauffement climatique sous la barre des 2 °C, voire des 1,5 °C. Les sols contiennent une très grande quantité de carbone⁴, sous forme de matière organique, et cette capacité de séquestration peut être augmentée⁵. L'agriculture et la forêt demeurent des puits à carbone qui permettent de compenser les émissions des autres secteurs par la production de matériaux et d'énergie renouvelables ainsi que par une évolution des modes de production.

L'agriculture mondiale en proie à l'incertitude: l'exemple de la céréaliculture

Les effets et conséquences du changement climatique sont pluriels et diffèrent selon l'échelle de temps, la culture choisie ou la zone géographique étudiée. Les agriculteurs du monde entier les perçoivent d'ores et déjà de manière différenciée. Globalement, et sur le long terme, c'est l'ensemble de l'agriculture mondiale qui subira les effets négatifs du changement climatique, avec une variation des rendements à la baisse. On estime ainsi qu'un réchauffement d'un degré Celsius entraîne un déplacement du climat du sud vers le nord pouvant aller de 130 à 180 km, ce qui engendre donc un important déplacement des cultures.

D'ici à 2100, selon la FAO⁶, les rendements des principales cultures d'Amérique du Nord baisseront et l'organisation prévoit une hausse de 30 % des incendies de forêt. En Amérique latine et dans les Caraïbes, on prévoit un changement de la physiologie des espèces de poissons d'eau douce et l'effondrement des systèmes coralliens. Dans cette région, 40 % des mangroves sont menacées d'extinction alors qu'elles procurent des ressources forestières et halieutiques importantes et participent à la fois au stockage du carbone et à la sécurité alimentaire. Elles contribuent également à la réduction des risques et des catastrophes naturelles liées au changement climatique. Toutefois, ces impacts diffèrent selon la culture analysée: les viticulteurs anglais peuvent ainsi se réjouir du fait que leurs vins effervescents gagnent en qualité,

4. Entre 1200 et 2000 gigatonnes dans le premier mètre du sol, soit deux à trois fois la quantité de carbone présente dans l'atmosphère sous forme de CO₂.

5. L'initiative « 4 pour 1 000 » a été lancée en France lors de la COP21 en 2015 pour encourager la capture de carbone dans les sols *via* différentes méthodes de culture (couverture des sols, rotation des cultures, limitation du travail du sol).

6. Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation.

au point désormais de pouvoir rivaliser avec le champagne. En effet, le réchauffement du climat de l'île la rend bien plus propice à ce type de culture.

La production de céréales, qui comptent parmi les produits agricoles les plus consommés et les plus échangés à travers le monde, illustre à quel point les conséquences du changement climatique peuvent être plurielles. L'analyste en météorologie Isaac Hanks, dans une étude réalisée pour *Refinitiv*, a déterminé les grandes tendances climatiques sur 30, 40 et 60 ans en se fondant sur les données des 60 dernières années, aidé de différents paramètres (évolution de la température et des précipitations moyennes, la survenue d'événements climatiques extrêmes, etc.)⁷. Il détermine ainsi les gagnants et les perdants du changement climatique. Selon lui, l'Europe comptera parmi les régions perdantes à l'horizon 2080. Le climat aura en effet tendance à y devenir plus chaud et plus sec dans les principales régions productrices de céréales⁸, avec des vagues de froid et de chaleur extrêmes de plus en plus fréquentes. La région de la mer Noire avec la Russie (1^{er} exportateur mondial de blé), l'Ukraine et le Kazakhstan ainsi que la Chine⁹ (1^{er} pays producteur de blé, 2^e de maïs) vont connaître des effets similaires. En Afrique, des études se sont penchées sur les conséquences du réchauffement climatique sur la productivité des céréales. Elles montrent une diminution de rendements dans l'ouest du Sahel où se combineront, à l'horizon 2050, une baisse des pluies et une hausse des températures. Bien que les situations soient très différentes d'un pays à l'autre, on prévoit une réduction de 15 à 20 % des rendements pour le blé, 5 % pour le maïs, 15 % pour le sorgho et 10 % pour le mil.

En Asie, des températures plus élevées pendant des phases critiques de croissance des végétaux engendreront également une baisse des rendements du riz sur une grande partie du continent. Les prévisions d'évolution des rendements aux États-Unis font apparaître des situations très contrastées en fonction des cultures et des États ainsi que des scénarios de réchauffement climatique (+ 1,5° ; + 2° ; + 4°C, etc.). Pour Isaac Hanks, les données météorologiques semblent indiquer qu'à l'horizon 2080, les rendements de céréales aux États-Unis devraient bénéficier du réchauffement climatique, notamment dans la *Corn Belt*. Dans cette région du sud du pays productrice de maïs, le climat deviendra plus chaud mais aussi

7. Contrairement aux prévisions de la FAO citées plus haut, Isaac Hanks fonde son analyse uniquement sur des données climatiques et météorologiques, sans prendre en compte d'autres paramètres sociaux, politiques et techniques (adaptation, innovation, etc.).

8. Huit pays seulement représentent plus des trois quarts de la production de céréales de l'Union européenne (UE 28) : la France, l'Allemagne, la Roumanie, la Pologne, l'Espagne, le Royaume-Uni, l'Italie et la Hongrie.

9. En 2019, la Chine avait produit 131 millions de tonnes de blé, derrière l'Union européenne (137 millions de tonnes) et devant l'Inde (99 millions de tonnes). Alors qu'elle est la première exportatrice mondiale, la Russie se retrouve en quatrième position des pays producteurs avec 71 millions de tonnes de blé.

plus humide, ce qui devrait se révéler positif pour les rendements. Les épisodes de sécheresse devraient diminuer, le climat sera plus doux en hiver et stable en été tandis que les précipitations augmenteront. Néanmoins l'analyste ne prend pas en compte d'autres données comme la possible multiplication d'agents pathogènes destructeurs de cultures. De la même manière, l'Amérique latine, l'Australie ou l'Inde, régions très importantes sur le plan de la production et du commerce de céréales, devraient, dans 60 ans, devenir des « gagnantes » du changement climatique.

En plus d'être difficilement prévisibles, les conséquences du changement climatique sur l'agriculture ne sont pas les mêmes selon l'échelle de temps analysée. Les prévisions à 40 ans pour la production de céréales sont par exemple nettement différentes : l'Amérique latine devient une région perdante alors que l'Europe et la zone de la mer Noire passent chez les gagnants. La Chine, elle, verrait toujours ses rendements céréaliers baisser.

Agricultures bouleversées, terreau de l'insécurité humaine

Dans un contexte de démographie et de demande alimentaire en croissance, les recompositions structurelles et conjoncturelles causées par le changement climatique sur l'agriculture mondiale auront des conséquences géopolitiques majeures. Ainsi, des problématiques climatiques découlent de nouvelles tensions, à de multiples échelles, notamment autour de l'accès aux marchés pour s'approvisionner et aux ressources pour produire plus ou différemment.

Les changements nationaux en matière de production pourraient avoir des impacts extrêmement forts sur l'équilibre des marchés agricoles mondiaux. Ainsi de la Chine, dont les rendements pourraient diminuer et qui aurait besoin de se tourner d'autant plus vers les marchés extérieurs pour répondre à sa demande intérieure (1,4 milliard d'habitants aujourd'hui, son probable plafond), en céréales notamment. Dans le même temps, l'Europe et la région de la mer Noire¹⁰ verraient leur production diminuer et seraient à l'origine d'un grand déficit sur le marché mondial de céréales. La combinaison de la transformation de l'offre d'une part et de la demande d'autre part serait donc à l'origine de fortes instabilités sur les marchés, avec des conséquences majeures sur les prix et l'accès à l'alimentation pour les populations urbaines et rurales.

10. La région de la mer Noire assurait, pour la campagne 2019-2020, 35% des volumes exportés dans le monde.

Il faut noter par ailleurs que les populations les plus exposées, sur le plan socio-économique, aux effets du changement climatique sont les agriculteurs eux-mêmes. Ce sont leurs capacités à se nourrir, à nourrir leur famille et ensuite à vendre sur les marchés qui sont altérées. En Afrique subsaharienne, où le secteur agricole emploie 70 % de la main d'œuvre et participe pour 15 à 20 % du PIB, la situation pourrait s'avérer dramatique et pousser dans la pauvreté et la précarité des millions de ménages. 80 % des céréales consommées au sud du Sahara proviennent de systèmes de production traditionnels, non irrigués et qui dépendent donc de la pluviométrie marquée par des aléas (baisse des précipitations et hausse des événements météorologiques extrêmes). Outre cette dépendance à la météo et au climat, à laquelle est exposé l'ensemble des agriculteurs sur la planète, ces populations n'ont pas aujourd'hui un accès suffisant aux adaptations socio-organisationnelles et aux solutions techniques (coopératives, crédit et assurance climat, mécanisation, engrais, irrigation, etc.) aggravant ainsi leurs conditions de production et de vie.

Le changement climatique exerce d'importantes pressions sur les ressources naturelles que sont, en premier lieu, l'eau et la terre. En modifiant leur niveau de disponibilité et leur qualité, c'est tout un ensemble d'acteurs qui voient leur capacité à produire, voire à survivre, remise en cause. L'accès à ces ressources devient donc l'objet de tensions et de rivalités, faisant du climat un facteur aggravant, sinon déclencheur de conflits. Ce fut le cas au Soudan, lorsqu'en 2003 une sécheresse dévastatrice dans le Nord-Darfour a poussé à la migration des éleveurs nomades arabes zaghawas¹¹ vers le sud de la région, moins touché, mais où sont établies des tribus noires (notamment les Fours) d'agriculteurs sédentaires. Le manque d'eau, de terres arables et de nourriture a dégénéré en un conflit ayant fait, selon une estimation de l'ONU, au moins 300 000 morts civils. En Syrie, les sécheresses qui ont touché le pays entre 2006 et 2011 ont décimé troupeaux et récoltes de céréales, conduisant des centaines de milliers d'agriculteurs et d'éleveurs à quitter leurs terres pour rejoindre des villes déjà saturées et mal équipées. Le mécontentement des habitants envers un régime qui n'a rien fait pour atténuer leurs difficultés a constitué un terreau fertile aux soulèvements de 2011.

Alors qu'elles sont particulièrement rares, les terres risquent d'être toujours plus sollicitées pour la production primaire. Or, transformer certains espaces forestiers en terres agricoles pourrait avoir des effets préjudiciables sur l'environnement et

11. Ou « Béri », comme ils se désignent eux-mêmes. Il s'agit d'un peuple établi dans le nord-ouest du Soudan, dans la région du Nord-Darfour et au nord-est du Tchad.

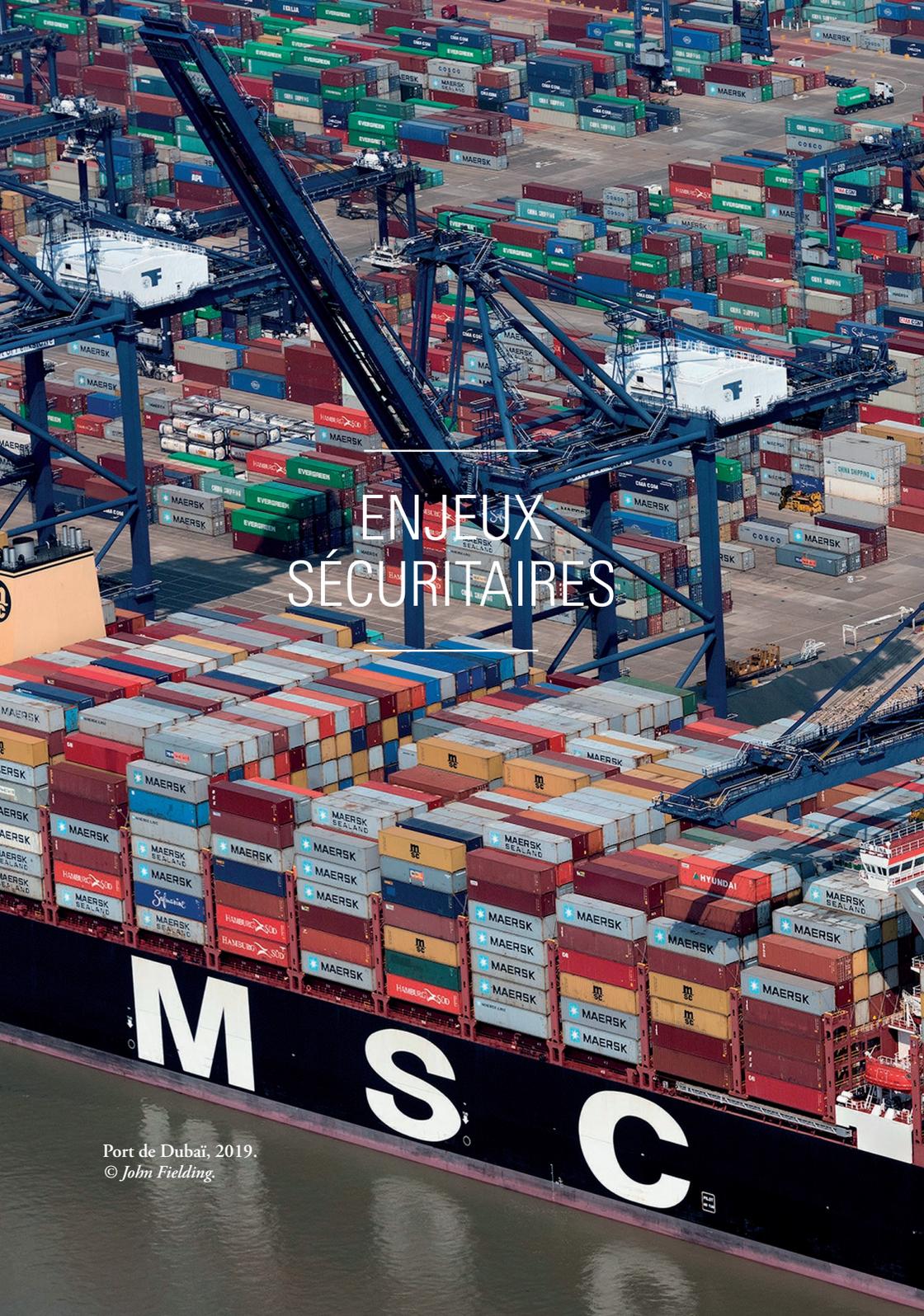
le climat. C'est la raison pour laquelle, au Brésil, la décision de Jair Bolsonaro d'exploiter pleinement l'Amazonie pour l'agriculture et l'industrie minière a rencontré un vif élan de contestation internationale. La problématique est similaire en Afrique, que l'on considère souvent comme une réserve de terres à exploiter. Or, une grande partie de ce foncier se trouve constitué de forêts essentielles aux équilibres climatiques mondiaux. Il faudra donc avoir recours à de multiples solutions et explorer des trajectoires techniques, sociales et politiques permettant aux agriculteurs de produire dans les meilleures conditions tout en préservant les ressources naturelles pour le futur.

Conclusion

Le changement climatique affecte indéniablement les capacités des agriculteurs à produire. Il a des effets sur la durée et l'intensité d'ensoleillement, le régime des précipitations, la qualité de l'eau, du sol et de l'air mais aussi sur la présence d'espèces animales ou végétales. Les liens entre climat et agriculture sont donc complexes et parfois contradictoires. Responsable, victime et solution, ce secteur est partie intégrante de toute initiative politique, sociale ou technique d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation aux conséquences du dérèglement climatique.

Bien qu'il soit aujourd'hui compliqué de les prédire avec certitude, les effets du climat sur l'agriculture sont géographiquement répartis différemment. Les effets directs, c'est-à-dire la hausse des températures et des périodes de végétation plus étendues, vont se révéler bénéfiques pour certaines cultures. Mais il faut aussi souligner les effets indirects sur les productions animales et végétales comme le développement d'insectes ravageurs et invasifs, qui détruisent les récoltes et les cheptels, ou la plus intense compétition sur les ressources naturelles, facteur de rivalités et de crises parfois violentes. Comme le suggèrent les exemples du Darfour et de la Syrie, des populations entières seront contraintes de se déplacer, incapables de cultiver leurs terres. Devenus migrants économiques tant leur outil de production sera affecté, ils seront des réfugiés climatiques, contraints de fuir vers des contrées plus fertiles, s'exposant ainsi à de multiples chocs et à des vulnérabilités sociopolitiques désastreuses. Il reste toutefois compliqué de déterminer quels seront les perdants et les gagnants du changement climatique, puisque, au-delà des prévisions météorologiques qui diffèrent déjà selon le scénario de réchauffement climatique privilégié, de nombreux facteurs liés à l'adaptation des systèmes agricoles pourront changer la donne.

Ainsi, si certains s'estiment gagnants du changement climatique, force est de constater qu'à l'échelle globale l'humanité sera perdante. Les externalités négatives du changement climatique et ses conséquences sur les systèmes agricoles et alimentaires demeurent extrêmement préoccupantes, rappelant la dimension politique et géopolitique de l'acte de produire et de se nourrir.



ENJEUX
SÉCURITAIRES

MSC

Port de Dubaï, 2019.
© John Fielding.



Réchauffement climatique et migrations

Catherine WIHTOL DE WENDEN

Directrice de recherche émérite au CNRS, CERI, Sciences Po

Le climat pourrait-il faire doubler le nombre de migrants? Les termes de réfugiés environnementaux, puis de déplacés environnementaux ont fait leur apparition à la fin des années 1980 et recouvrent des réalités diverses, qui pourraient concerner de 150 millions à 1 milliard de personnes dans les années 2050. Le réchauffement climatique est en effet en passe de provoquer des bouleversements catastrophiques pour les pays qui n'auront pas les moyens d'y faire face : dégel, élévation du niveau des mers, désertification, inondations, fonte des glaciers, cyclones.

Déjà, les effets de l'augmentation de la température se font sentir sur les populations directement liées à un environnement qui se détériore rapidement. À terme, des communautés, voire des peuples entiers, seront poussés à l'exil et confrontés à la perspective d'une installation définitive dans un nouveau pays ou ailleurs dans le leur : en Alaska, aux prises avec le dégel des sols arctiques, sur les îles Tuvalu, Maldives et Helligen, confrontées à l'élévation du niveau des mers, au Tchad et en Chine, gagnés par la désertification, au Bangladesh, menacé d'inondations chroniques, au Népal, victime de la fonte des glaciers, aux États-Unis, dévastés régulièrement par des cyclones. Une multitude de situations peuvent être à l'origine des exodes écologiques.

Alors que les cyclones, les tornades, les séismes et les éruptions volcaniques sont les conséquences de l'activité terrestre, la déforestation, l'appauvrissement des sols et de la biodiversité, la pollution transfrontalière, les incendies, les accidents industriels sont liés à l'action humaine. Autant de causes qui engendrent l'apparition des premiers réfugiés chassés de leurs territoires, non par la guerre ou les persécutions, mais par les répercussions sur le climat, au sud de la planète, des pratiques ou du mode de vie d'une partie de l'humanité, au nord. Encore peu pris en compte par la protection internationale de l'asile et par la protection sociale nationale, l'accueil de millions de nouveaux réfugiés dans le monde doit être pensé et prévu. Il s'agit pour l'essentiel de migrations internes, dans leur propre pays, car ce sont souvent les plus pauvres, vivant du milieu naturel (pêche, agriculture, élevage) qui cherchent à proximité un mode de vie et des ressources semblables à ce qu'ils ont quitté : les deux tiers des déplacés environnementaux sont des migrants internes. Les autres traversent une frontière pour se réfugier ailleurs et deviennent alors des migrants internationaux, soit à peine 20 millions sur quelque 50 millions de déplacés environnementaux, pour 271 millions de migrants internationaux dans le monde.

Permanence et changement d'un phénomène

Si le terme est nouveau, le problème l'est moins : beaucoup de vagues migratoires du passé sont liées à des crises écologiques. Ainsi dit-on que la fin de la civilisation de la Mésopotamie aurait été liée à un appauvrissement des sols et au manque d'eau. L'éruption du Vésuve a provoqué la tentative de fuite des habitants de Pompéi en 79 avant J.-C. et par la suite d'autres séismes en Italie du Sud se sont traduits par l'abandon des villages concernés. Voltaire décrivait, en 1756, le tremblement de terre de Lisbonne (qui a détruit presque toute la ville) comme une catastrophe d'une ampleur extrême. On a aussi constaté, dans le passé, l'abandon de territoires agricoles après des catastrophes naturelles : maladie de la pomme de terre en Irlande, de la vigne en France et en Grèce (le phylloxera) au XIX^e siècle, les vagues de poussière (*dust bowl*) aux États-Unis et au Canada dans les années 1930, décrites par Steinbeck dans *Les Raisins de la colère*. Mais ces drames n'étaient pas caractérisés comme environnementaux, causant le départ de populations de réfugiés d'un genre nouveau. Au milieu du XX^e siècle, le lien entre l'activité humaine et le changement climatique est démontré. Depuis, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 1990, le protocole de Kyoto entré en vigueur en 2002, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) en 2007 et les conférences des parties, notamment la COP21 de 2015 et ses 17 Objectifs de développement durable (ODD), tentent de sensibiliser la décision politique. En 2008, le projet européen *Each For* opérait une distinction entre les *migrants environnementaux*, qui choisissent volontairement de quitter leur lieu de résidence pour des raisons liées à l'environnement (désastres naturels, dégradation des sols, élévation du niveau de la mer), les *déplacés environnementaux*, menacés par des processus ou des événements environnementaux les contraignant à quitter leurs lieux de vie, et les *déplacés du développement* (construction de barrages, infrastructures de transport, projets de conservation de la nature et de la vie sauvage).

Migration économique ou environnementale? Migration volontaire ou forcée? Migration temporaire ou permanente? Une catégorisation difficile

Qu'il s'agisse du cyclone Katrina, des îles Tuvalu, du Bangladesh ou des Maldives, les contextes sont différents. Dans le cas du cyclone Katrina, survenu en 2006 à La Nouvelle-Orléans, les dégâts de l'ouragan ont été aggravés par l'insuffisance des digues censées protéger la ville. La moitié de la population s'est réinstallée ailleurs, sans retour, l'autre moitié a choisi de revenir. À Tuvalu (9 500 habitants),

Les causes des migrations environnementales



LES IMPACTS PROBABLES DUS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Fonte du pergélisol | Hausse des précipitations |
| Zones en voie de désertification | Baisse des précipitations |
| Fonte des glaciers | |
| Activité cyclonique accrue | |
| Élévation du niveau des mers | |
| | Migrations environnementales |
| | Principaux foyers et flux migratoires |

Sources : Dina Ionesco, Daria Mokhnacheva, François Gemenne, Atlas des migrations environnementales, Les Presses de Sciences Po, Paris, 2016 ; Virginie Raisson, 2033 Atlas des Futurs du Monde, Robert Laffont Paris, 2010.

minuscule archipel du Pacifique-Sud menacé par la montée des eaux – le point culminant se situe à cinq mètres au-dessus du niveau de la mer –, la décision du départ est liée à la crainte de la submersion, mais aussi de la disparition de l'État chez une population attirée par les salaires et les liens familiaux tissés avec la Nouvelle-Zélande. Dès le XIX^e siècle, le risque était déjà perçu : la population a adopté un comportement malthusien, limitant la croissance démographique. Puis elle a acheté, en 1951, une île à Fidji pour commencer à s'y déplacer. Un tiers de la nation tuvaléenne s'est déjà installé en Nouvelle-Zélande, soit 3 000 personnes.

L'adaptation de Tuvalu au changement climatique n'est pas encore totalement complète, malgré un plan d'adaptation national. Aux Maldives, un conseil des ministres a été tenu sous l'eau pour signifier le risque d'engloutissement qui pèse sur ces îles.

Dans tous les cas, le droit est insuffisant pour offrir une protection directe : la convention de Genève sur les réfugiés ne considère pas les déplacés environnementaux comme relevant du droit d'asile, car ils ne sont pas persécutés. Un groupe de travail, l'initiative Nansen, réuni à Genève en 2012, s'est orienté vers une protection régionale des déplacés environnementaux, dans leurs régions d'origine, ce qui augure bien des inégalités d'une région du monde à l'autre. Les initiatives diplomatiques proviennent surtout des États les plus menacés, les pays pauvres. Ainsi le Bangladesh, en raison de sa position de pays delta recevant la fonte des glaciers de l'Himalaya, développe une « *soft diplomacy* » en s'adjoignant le concours d'experts dans les instances onusiennes.

Changement climatique, conflits et migrations, une équation incertaine

Les impacts locaux du changement climatique sont souvent difficiles à prévoir, à cause de la multi-causalité de ces migrations. De plus, même si plusieurs sondages *Gallup* indiquent que les populations déclarent souhaiter migrer à cause de facteurs environnementaux, cela ne signifie pas qu'elles le feront. Beaucoup préféreraient rester sur place qu'abandonner leurs terres. Très souvent, la migration est une stratégie d'adaptation pour des populations vivant du milieu naturel, recherchant ailleurs un univers semblable : des mobilités traditionnelles comme le nomadisme se trouvent bouleversées, des populations sédentaires se muent en migrants pendulaires, des migrants internationaux envoient des transferts de fonds dans leurs pays d'origine comme assurance en cas de coup dur et de situation imprévue (530 milliards de dollars à l'échelle mondiale en 2019).

Une autre difficulté est liée au fait que les zones à risques, notamment celles qui sont inondables, continuent à attirer des migrants et sont de plus en plus peuplées : mégapoles situées au bord de l'eau en Asie, deltas aux terres fertiles comme au Bangladesh, font coïncider migrations et inondations. Mais il n'y a pas de lien établi, contrairement à beaucoup d'idées reçues, mettant l'accent sur le caractère de défi sécuritaire entre changement climatique, migrations et conflits : le changement climatique n'est pas nécessairement une menace pour la paix, car l'argument de la raréfaction des ressources ne peut servir de preuve comme



Rues inondées au Pakistan, 2010.
© Asian Development Bank.

raison des conflits, souvent multifactoriels. Cela peut être avancé dans le cas du conflit du Darfour, mais ne vaut pas dans d'autres cas de migrations internes, qui développent des pratiques d'adaptation.

Les travaux réalisés par l'*Internal Displacement Monitoring Centre* (IDMC) montrent que l'accroissement du risque migratoire est principalement lié à la croissance démographique et à l'exposition des populations aux aléas, en particulier dans les zones urbaines densément peuplées : les populations qui se déplacent en raison du changement climatique sont souvent très vulnérables et celles qui ne peuvent migrer faute de ressources ont une situation encore plus critique. À ces profils de migrants pauvres et le plus souvent internes s'ajoutent des migrants environnementaux, à la recherche de climats plus doux : seniors retraités au soleil appelés *snowbirds* et *sunbirds* en Amérique du Nord. Le cas existe aussi en Europe, où les pays méditerranéens connaissent ce phénomène (Espagne, Portugal, Malte, France avec la côte d'Azur, Italie ou Grèce par exemple) pour un public saisonnier ou permanent d'Anglais, d'Allemands, d'Européens du Nord.

Cependant, des migrations aux facteurs apparemment politiques ou économiques peuvent parfois répondre à des facteurs environnementaux sous-jacents au sud du monde. Mais on constate l'incapacité des plus vulnérables à migrer. Très souvent, la migration est une mesure de dernier recours en cas de dégradation des écosystèmes, d'inondations, de tempêtes, de glissements de terrains, de sécheresse, de températures extrêmes, de feux de forêts, de fonte de la banquise, mais l'impact de ces phénomènes sur les déplacements reste difficile à identifier. Au Bangladesh, la montée d'un mètre de l'eau peut toucher quinze millions de personnes, mais la plupart ne deviendront pas des migrants internationaux.

Les petits États, acteurs d'une diplomatie environnementale

L'une des spécificités des pays vulnérables aux effets du climat est le fait que non seulement il s'agit pour l'essentiel de pays situés au sud de la planète, pauvres, incapables de s'adapter au changement climatique faute de protection et de financement des actions et faibles pour exprimer leurs voix dans les agenda et forums internationaux, même si certains comme le Bangladesh, pays le plus à risque au monde pour le changement climatique, ont développé une véritable diplomatie faite d'expertises sur la scène mondiale. Les pays insulaires (SIDS, *Small Island Developing States*) ont souvent en commun un environnement hostile et développent une stratégie commune pour se faire entendre : l'AOSIS (*Alliance of Small Island States*, une coalition de 39 petits États insulaires depuis 1990), avec un succès surprenant. Ils coopèrent avec les organisations non gouvernementales pour leurs plaidoyers et participent activement aux forums internationaux dans les négociations sur le climat. Les Maldives, Tuvalu et la Grenade sont très actifs et peu d'entre eux ont des intérêts divergents, si ce n'est Singapour.

Conclusion

S'il est peu avéré aujourd'hui, faute de preuves, qu'il y ait un lien entre réchauffement climatique et migrations, car les seules réponses allant dans ce sens sont des sondages internationaux qui n'indiquent que des intentions de départ mais non des départs effectifs, et si la plupart des réponses aux crises naturelles sont l'adaptation et la résilience, on peut en conclure que les migrations environnementales sont pour l'instant des migrations internes dans leur écrasante majorité, sans lien avec les conflits politiques. Elles menacent surtout, quand elles deviennent des migrations internationales, les pays voisins des zones à risque

environnemental: pays voisins de zones en voie de désertification (Maghreb) ou voisins de pays à zones inondables comme l'Inde. Le nord de la planète n'est donc pas à court terme sujet aux déplacés environnementaux comme menace migratoire majeure, mais la faible protection des droits des déplacés environnementaux, qui n'ont pour l'instant aucun statut, le faible financement des actions pour lutter contre les catastrophes naturelles ou liées à l'action humaine et la difficulté à abaisser le taux de CO₂ peuvent mener à des déplacements plus conséquents à moyen terme.

L'adaptation des ports maritimes aux conséquences du changement climatique

Camille VALERO

Institut supérieur d'économie maritime (ISEMAR)

Cet article fait également l'objet d'une publication à l'ISEMAR (Institut supérieur d'économie maritime), Note de synthèse N°219, avril 2020.

Les ports et les voies navigables sont par définition des points d'intérêts vitaux, au cœur du commerce international. Ils sont vulnérables, en raison de leur situation géographique, ouverts sur le littoral, présents à l'embouchure des deltas et des estuaires et donc situés à basse altitude. Ils doivent faire face à une variété de risques, associés à des paramètres de météorologie, d'hydrologie et d'océanographie, menaces rendues d'autant plus prégnantes avec le changement climatique. Selon les projections du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les phénomènes naturels de grande ampleur en zone côtière liés à la montée des eaux (inondations, submersions), qui ont une récurrence centennale, pourraient advenir bien plus régulièrement. Sur la période allant de 1880 à 2015, le niveau moyen des océans est monté de 20,2 cm en raison du réchauffement climatique causé par les activités humaines. Il provoque en effet la dilatation des océans, la fonte des calottes polaires et des glaciers continentaux et modifie les régimes des eaux continentales. Les projections à 2100 s'accordent toutes sur une augmentation du niveau marin comprise entre 20 cm et 1 m selon le caractère optimiste ou pessimiste des scénarios et en fonction du respect des engagements politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Comment les ports appréhendent-ils ces risques? Comment assurer la résilience des infrastructures portuaires aux changements climatiques?

Quelques éléments contextuels

Les grands ports sont souvent reliés à des agglomérations urbaines. Les catastrophes naturelles, lorsqu'elles surviennent, en touchant les ports impactent les populations et par ricochet les activités socioéconomiques (arrêt d'activités, rupture des chaînes d'approvisionnement, fermetures de voies de transport...). Un autre type de risques existe, lié aux activités industrielles (raffinerie, chimie, engrais, silos à grains, sites Seveso, etc.) accueillies par les ports qui, si elles venaient à être victimes de phénomènes naturels, engendreraient un sur-accident, à l'image de l'accident nucléaire de Fukushima de 2011.

Pour rappel, le port de New York - New Jersey a été complètement fermé durant le passage de l'ouragan Sandy en 2012 et la réouverture de nombreux terminaux de fret a été retardée en raison de pannes de courant et de dommages sur les équipements. Autre exemple en 2017 avec le port d'Itajai, au Brésil, qui avait dû fermer pendant presque un mois en raison de fortes précipitations, les navires ne pouvant plus accoster. À l'inverse, la sécheresse prolongée de l'été 2018 en Allemagne avait rendu certaines sections du Rhin impraticables.

Dans les régions cycloniques, les dégâts subis par les ports seront d'autant plus importants. En 2019, aux Bahamas, le coût total des conséquences de l'ouragan Dorian a été estimé à 3,4 milliards de dollars¹, tandis que des centaines de personnes ont été portées disparues ou ont perdu la vie. Les répercussions sur l'économie locale dureront plusieurs années. La situation des États insulaires en développement est délicate, car totalement tributaire des infrastructures portuaires et aériennes et à la merci des perturbations climatiques (érosion du littoral) qui peuvent impacter leur principal secteur d'activité: le tourisme. Les saisons cycloniques extrêmes sont aussi une menace pour l'activité de croisière.

Autre impact du changement climatique et de la pression anthropique qu'exerce l'homme sur son environnement: le déficit hydrique du canal de Panama. Le lien interocéanique voit transiter chaque année 12 000 navires marchands qui déboursent en moyenne 65 000 \$ pour franchir l'isthme. Le canal contribue directement et indirectement à hauteur de 40 % à l'économie du pays. Mais la déforestation et le manque de précipitations mettent en péril son bassin hydrique, limitant le nombre de passages de navires et perturbant ainsi les échanges maritimes.

En 2019, le canal n'a été alimenté que de 3 milliards de mètres cubes d'eau au lieu des 5 milliards lui assurant son fonctionnement normal. L'Administration du canal de Panama (ACP) envisage différentes mesures afin de palier ce stress hydrique: le pompage de nappes souterraines, la construction d'un barrage, un approvisionnement par des stations d'épuration, la désalinisation de l'eau de mer... Un appel d'offres à hauteur de deux milliards de dollars est lancé. Face à ce processus naturel inéluctable, espérons que cette course à l'eau soit à la fois économiquement pérenne et écologiquement soutenable.

Sur le Vieux Continent, les récentes cartes publiées par l'Agence européenne de l'environnement (EEA) sur les conséquences du changement climatique en Europe estiment que les pertes annuelles moyennes dues aux inondations côtières des 17 principales villes du littoral (et pour la plupart portuaires) de l'UE pourraient passer d'environ 1 milliard d'euros en 2030 à 31 milliards d'euros en 2100 dans le scénario d'émissions élevées. Selon l'EEA, 3,5 millions d'Européens seraient confrontés à un risque régulier d'inondation en 2100 si les structures actuelles de protection contre les inondations n'évoluent pas. En 2009, le Fonds mondial pour la nature et *Allianz* avaient évalué qu'au sein des 136 mégapoles

1. Banque interaméricaine de développement, *Damages and other impacts on Bahamas by Hurricane Dorian estimated at \$3.4 billion: Report*, 2019.

portuaires à travers le monde, le montant des dommages dus aux inondations pourrait atteindre 28 milliards d'euros d'ici 2050².

Les trois évolutions majeures qu'implique le changement climatique vis-à-vis des infrastructures portuaires sont : l'élévation du niveau moyen de la mer, la modification du débit des fleuves ainsi que la fréquence et la puissance des tempêtes. Leurs conséquences sont multiples : accroissement du risque d'inondation, modification de la dynamique hydro-sédimentaire des estuaires, érosion côtière, sollicitation plus forte des ouvrages portuaires (digues notamment) et une potentielle modification des aires de répartition de certaines espèces.

Les ports et infrastructures de transport maritime appartiennent et/ou sont souvent exploités par des acteurs privés. Pour autant, le rôle des autorités publiques est central. Elles déterminent les réglementations et les politiques favorables à l'adaptation des réseaux et des infrastructures de transport maritime aux changements climatiques. Un cadre juridique et réglementaire, prenant en compte l'évolution du changement climatique, notamment pour des projets d'infrastructures, doit préexister. À titre d'illustration, la directive 2014/52 de l'UE concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, en vigueur depuis 2017, prévoit que les conséquences du changement climatique doivent être intégrées dans les études d'impact sur l'environnement des grands projets d'infrastructures.

Les ports, en tant que gestionnaires, sont garants de l'ensemble de ces sujets et prennent par conséquent des mesures en ce sens. La multiplicité de leurs missions peut parfois les amener à des injonctions contradictoires. Le port incarne à la fois le rôle d'un développeur économique, avec la délicate question du foncier, et celui de garant de la préservation de l'environnement lorsqu'il est gestionnaire de zones naturelles (zones humides, plaine alluviale). Enfin il assure la sécurité et la pérennité de ses installations et des sites industriels présents au travers de la prévention contre le risque d'inondation, avec la construction d'ouvrages pouvant venir impacter ces zones naturelles. Les arbitrages sont parfois difficiles. L'adaptation des infrastructures portuaires répond à des stratégies différentes en fonction du type de risque. Au risque de submersion marine épisodique du fait de phénomènes extrêmes répondront des travaux de protection du littoral. Face à des risques à évolution lente, comme l'inondation permanente, la solution réside plus dans une action à long terme de maîtrise du risque et de résilience, avec le maintien et le développement des services éco-systémiques naturels par exemple.

2. *Major Tipping Points in the Earth's Climate System and Consequences for the Insurance Sector*, Gland, Suisse et Munich, Allemagne, 2009.

Parallèlement, mais de manière non homogène à travers le globe, les acteurs portuaires se mobilisent *via* des politiques de réduction des gaz à effet de serre ou GES (économie d'énergie, courant de quai, *Environmental Ship Index*, etc.), la promotion de l'efficacité énergétique, l'utilisation de sources d'énergie propres... Toutes ces mesures concourent aux objectifs mondiaux relatifs au climat et sécurisent l'approvisionnement énergétique des ports.

Ce qui est sûr, c'est que le climat change; ce qui l'est moins, c'est dans quelle mesure. Les ports doivent se munir de plans de gestion afin d'anticiper la survenance d'un tel phénomène et ainsi être à même de gérer la crise. Une première phase consiste à faire une évaluation des risques actuels et potentiels dans un contexte de changement climatique. Différents scénarios aux paramètres variables (montée des eaux, température, fortes précipitations, vent, onde de marée...) doivent être appréhendés ou au mieux modélisés, et ce à plusieurs horizons temporels. L'autre étape est de déterminer quelles infrastructures et activités connexes seront touchées et enfin d'évaluer leur degré de vulnérabilité. Les guides de bonnes pratiques, les méthodologies et outils d'aide à la décision face à cette nécessaire adaptation n'existent pas à l'échelle mondiale. Mais c'était sans compter sur le retour d'expérience de sept siècles des Pays-Bas.

L'exemple hollandais : le port de Rotterdam

Aux Pays-Bas, les inondations de 1953 ont été catastrophiques avec un coefficient de marée important et un accroissement rapide du niveau des fleuves : les digues du pays ont cédé, provoquant la mort de 1 800 personnes et l'évacuation de 70 000 habitants. En réaction, l'État néerlandais avait lancé un vaste programme de génie civil (plan Delta) sur quarante ans afin de se prémunir contre ce phénomène. Une nouvelle enveloppe de 20 milliards d'euros d'ici à 2050 va servir à maintenir les ouvrages existants. Les nappes phréatiques et/ou zones humides qui absorbent et stockent l'eau font cruellement défaut.

Les Pays-Bas, avec un quart de leur territoire sous le niveau de la mer, comptent quelques-uns des grands ports d'Europe avec Rotterdam, Amsterdam et Flessingue. En guise de riposte, le pays a construit un impressionnant système de barrages, de brise-lames, de barrières anti-inondation, d'aménagements et d'élargissement des lits des fleuves et cours d'eau, de construction de digues (22 500 km), de bancs artificiels tout le long de ses côtes. Les digues sont rehaussées, les dunes engraisées. Ces constructions questionnent puisqu'elles participent



L'Oosterscheldekering durant une tempête. Il s'agit du plus grand barrage du plan Delta mis en place par les Pays-Bas contre les submersions marines.
© Rens Jacobs.

au phénomène de subsidence (affaissement des sols) et ne freinent pas la montée du niveau des océans. L'abandon des terres et des villes ne se fera qu'en dernier recours. Désormais, l'objectif des ingénieurs n'est plus d'aller « contre » la mer, mais de faire « avec », de faire preuve d'adaptation et de résilience³.

L'objectif du programme *Rotterdam Climate Proof* est de rendre la ville et le port « pleinement » résilients aux changements climatiques et de faire de Rotterdam « la ville portuaire la plus sûre au monde » d'ici à 2025. La capitale économique des Pays-Bas compte 1,4 million d'habitants et concentre 65 % du PIB du pays. C'est le premier port d'Europe, où travaillent 350 000 personnes. L'inconvénient est qu'elle se situe à l'embouchure commune du Rhin et de la Meuse et est aussi le point le plus bas du pays (- 6 m/mer).

3. En géographie et en aménagement, la notion de résilience désigne la capacité des villes à limiter les effets des catastrophes et à retrouver rapidement un fonctionnement normal suite à un choc.

La stratégie d'adaptation se concentre sur la lutte contre les inondations, l'accessibilité pour les navires et la construction adaptative. Tous les moyens sont bons pour se défendre : toits végétalisés prompts à retenir l'humidité, parkings convertibles en cuves de récupération des eaux, promenades plantées dissimulant un vaste réseau de drains. C'est à Rotterdam qu'a été inventée une nouvelle génération de places publiques ou de constructions adaptatives : les *waterplaza*. Ces esplanades creuses accueillent des installations sportives ou des jardins publics et se muent en lacs en cas de déluge.

Côté portuaire, Rotterdam a mené une étude entre 2015 et 2016, « *Botlek Water Safety* » (zones de Botlek et de Vondelingenplaat, situées en dehors du système de protection contre les inondations) afin de déterminer les conséquences des inondations résultant de l'élévation du niveau de la mer. Ce projet est le fruit d'une collaboration entre l'autorité portuaire de Rotterdam, sa municipalité, le ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement ainsi que des entreprises du secteur privé. Différents scénarios liés aux changements climatiques ont été pris en compte, suivis d'une évaluation des risques, d'une identification et d'une priorisation des mesures d'adaptation. Les changements climatiques sont intégrés dans sa planification spatiale, ses ouvertures sur le large se verrouillent en quelques minutes grâce à des systèmes d'alerte. Parmi les nombreux dispositifs, le *Maeslantkering* (« barrière de protection du pays de la Meuse »), portail géant géré par ordinateur qui protège le principal chenal reliant le port à la mer. La machine décide automatiquement la fermeture des portes lorsque le niveau d'eau dépasse le seuil normal de trois mètres, empêchant ainsi la mer du Nord d'envahir Rotterdam. Depuis son inauguration, en 1997, le *Maeslantkering* n'a toutefois fermé ses portes qu'à deux reprises. L'expérience en ingénierie des Néerlandais bénéficie d'une reconnaissance internationale en matière d'aménagement du littoral face au risque côtier, de planification urbaine et d'accès à l'eau potable. On ne peut pas en dire autant de l'expérience menée à Venise avec la digue *Mose* et les assauts toujours plus fréquents et intenses de *l'aqua alta* (marée haute) de la mer Adriatique.

Le contre-exemple italien

Les vieilles fondations de la Cité des Doges tendent à se fragiliser de plus en plus avec les phénomènes combinés de subsidence, d'érosion du littoral et de montée des eaux. Au cours du XX^e siècle, le sol de la lagune s'est affaissé de 23 cm par rapport au niveau de la mer. Un projet de protection, avec une consolidation du littoral

et une surélévation des rives, avait été lancé par le gouvernement italien à la suite de la grande inondation de 1966, où le niveau des eaux était monté à 1,94 m : un record.

Parmi le programme anti-inondation, la digue *Mose (MODulo Sperimentale Elettromeccanico)* a soulevé la polémique. Elle se compose de 78 parois mobiles, fixées sur le fond marin, censées protéger la ville des inondations. Ce projet a débuté en 2003 et s'est achevé cette année. Six milliards d'euros ont déjà été engloutis pour un chantier engagé depuis 2012. En 2014, un énorme scandale financier éclata, mettant en cause une centaine de personnes (hommes politiques, entrepreneurs locaux) qui auraient détourné l'argent public (environ 1 milliard d'euros) et cette digue n'est toujours pas achevée. Elle n'a pu être actionnée lors de la dernière crue de novembre 2019. Selon le maire de Venise, les dégâts sont estimés à plus d'un milliard d'euros et c'est sans compter l'impact des dommages sur les bâtiments historiques, comme la Basilique Saint-Marc, durement touchée, et dont la restauration prendra des années. Le coût des dégâts est estimé à 3 millions d'euros. Cependant, le dispositif a pu être mis à l'épreuve le 3 octobre 2020 et a réussi à protéger la Cité des Doges.

L'estuaire de la Tamise et le plan *Thames Estuary 2100*

La Tamise est la voie navigable la plus fréquentée du Royaume-Uni, traitant plus de cinq millions de tonnes de marchandises par an, soit 60 % du trafic de fret intérieur. Tout comme de nombreuses villes, c'est à la suite d'une inondation majeure que la ville de Londres s'est dotée d'infrastructures anti-inondation. En 1953, la Tamise était sortie de son lit, provoquant des pertes humaines et économiques. En réponse à la catastrophe, les Anglais ont érigé la *Thames Barrier* (barrière de la Tamise) afin de protéger Londres et ses alentours. Les travaux ont commencé en 1974 et se sont achevés dix ans plus tard. La *Thames Barrier* devrait être en service jusqu'en 2070, mais l'infrastructure est vieillissante et nécessite des réparations. Une meilleure évaluation des conséquences du changement climatique doit aussi être intégrée.

En 2012, sous la forme de recommandations, l'Agence pour l'environnement a publié le plan *Thames Estuary 2100* afin de prévenir le risque d'inondation jusqu'à la fin du siècle dans l'estuaire de la Tamise. Son rayon d'action s'étend de Teddington, à l'ouest, jusqu'à Sheerness et Shoeburyness, à l'est, et comprend entre autres les ports de Tilbury et le London Gateway Port. L'Agence pour l'environnement travaille en partenariat avec les propriétaires riverains, les autorités de gestion des risques d'inondation et les autorités chargées de la planification spatiale. C'est un

plan adaptatif. Il est conçu pour s'ajuster aux différentes projections du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer. Un réexamen quinquennal de mise à jour des recommandations du plan est fait, afin de coller au plus près à la réalité des évolutions de l'estuaire de la Tamise. Les objectifs du plan sont :

- gérer les risques d'inondation pour les personnes, les biens et l'environnement ;
- s'adapter aux défis du changement climatique ;
- s'assurer d'un développement durable et résilient dans la plaine inondable ;
- protéger la valeur sociale, culturelle et commerciale de la Tamise, de ses affluents et de la plaine inondable ;
- améliorer et restaurer les écosystèmes.

Le plan *Thames Estuary 2100* s'échelonne en trois phases. La première (2019-2035) consiste à protéger et entretenir les actifs actuels de gestion des risques inondation (barrière, remblais, etc.), ainsi qu'à surveiller l'évolution de l'estuaire. La deuxième (2035-2050) a pour but de surélever les murs anti-inondation, remodeler les bords de la rivière. La troisième phase (2050-2100) permettra de réévaluer l'efficacité de la *Thames Barrier* ainsi que des autres infrastructures de protection et, le cas échéant, de les remplacer.

L'exemple du port de Long Beach (Californie, USA)

La vulnérabilité du port de Long Beach a été mise en évidence en août 2014, lorsque des ondes de tempête de l'ouragan Marie ont touché les côtes sud de la Californie, endommageant le port. Suite à cet épisode, le port a élaboré un plan d'adaptation au climat et de résilience côtière (CRP) pour gérer les risques directs et indirects associés aux changements climatiques et aux risques côtiers. Le CRP comprend un examen des meilleures données climatiques disponibles, un inventaire des actifs du port et une cartographie détaillée du niveau de la mer et des inondations dues aux ondes de tempête. Le CRP recommande des solutions à court terme pour protéger les zones les plus vulnérables du port et des stratégies à long terme qui peuvent l'aider à maintenir la continuité des activités dans le siècle prochain. Il fournit un cadre permettant au port d'incorporer des mesures d'adaptation liées aux changements climatiques, dans sa politique de planification spatiale, ses pratiques de

construction, la conception des infrastructures et les documents environnementaux. Un peu plus au sud de la Californie, le port de San Diego a lui aussi cartographié les zones vulnérables et mis en place une stratégie afin d'atténuer les potentielles conséquences liées aux changements climatiques. L'une de ces solutions réside dans la construction sur trois ans de 72 bassins de rétention d'eau (*Coastal Star d'ECOncrete*) en remplacement d'enrochements traditionnels. Ils servent à la fois d'enrochements, de brise-lames et de digues qui stabilisent le littoral. Ce sont également des mini-écosystèmes marins. D'autres mesures d'inconstructibilité, d'élévation minimale pour certains bâtiments, de restauration d'espaces naturels tampons (zones humides), d'engraissement des plages font partie des mesures d'adaptation aux changements climatiques. Mais qu'en est-il de la France ?

En France

Le risque d'inondation constitue le premier risque naturel en France. La tempête Xynthia qui balaya le pays dans la nuit du 27 au 28 février 2010, causant le décès de 53 personnes, marque un point de rupture dans l'appréhension du risque de submersion. Plusieurs facteurs combinés les uns aux autres ont abouti à la catastrophe : épisode de vents violents, onde de tempête, fort coefficient de marée, pleine mer, créant ainsi une brutale et très forte submersion marine sur les départements de Charente-Maritime et de Vendée. Xynthia est considérée comme tempête de référence, ayant une période de retour supérieure à 100 ans et sert de point de repère à la cartographie (projection Xynthia + 20/60/100 cm⁴).

Le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) relevant du ministère de la Transition écologique et solidaire (volet « Infrastructures et systèmes de transports, action 1 ») évoque les impacts potentiels des évolutions climatiques attendues sur les infrastructures de transport, et plus particulièrement sur les infrastructures portuaires et maritimes (en matières de températures, de précipitations, de vent, du niveau des mers et de modification de la houle). Ses orientations générales peuvent être complétées par différentes politiques locales comme les plans de prévention des risques, élaborés entre les services déconcentrés de l'État, les DDTM (Directions départementales des territoires et de la mer), les collectivités territoriales, les autorités portuaires et les industriels présents sur site.

4. Deux niveaux de submersion intégrant les effets progressifs du réchauffement climatique sont habituellement étudiés : la submersion pour la tempête Xynthia avec un niveau marin augmenté de 20 cm, afin de prendre en compte dès à présent le changement climatique à court terme et la submersion pour la tempête Xynthia avec un niveau marin augmenté de 60 à 100 cm, afin de prendre en compte le changement climatique prévisible à échéance 2100.

Les risques naturels sont aussi encadrés au travers du PAPI (Programme d'actions de prévention des inondations), des SLGRI (Stratégies locales de gestion des risques d'inondation), du PLUi (Plan local d'urbanisme intercommunal), etc.

Une meilleure compréhension de l'incidence des changements climatiques sur les processus côtiers, par un travail de connaissances scientifiques et techniques, doit être entreprise afin de cartographier les aléas des risques présents. Des documents de planification spatiale sont ensuite édictés. Les zones portuaires peuvent s'inscrire à la fois dans des Plans de prévention des risques technologiques (PPRT) en raison de la présence de sites industriels classés Seveso, ainsi que dans des Plans de prévention des risques littoraux (PPRL), qui traitent à la fois des risques de submersions marines et d'érosion. L'occupation des sols y est réglementée, les zones à risques sont cartographiées et des mesures sont prises afin de limiter les risques. Cette réglementation va de l'interdiction de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions, en passant par l'imposition d'aménagements sur les constructions existantes.

Au-delà de l'aménagement spatial, des études de résilience des infrastructures portuaires face aux changements climatiques sont menées port par port afin de mieux appréhender les impacts sur les infrastructures, les mesures correctives, les systèmes d'alerte, l'organisation des secours, l'organisation de la reprise d'activité du port, les besoins de dragage... La première étude en la matière en France fut le projet São Polo en 2012. Le CEREMA (Centre d'étude et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) entreprend actuellement avec le Grand port maritime (GPM) de Bordeaux la mise en place d'une méthodologie d'analyse des risques qui aidera le port à identifier les infrastructures et les fonctionnalités vulnérables et à définir une stratégie de gestion et d'adaptation aux changements climatiques.

Le port du Havre, en lien étroit avec les collectivités locales sur lesquelles il est implanté et avec l'administration, a mené des travaux d'analyse statistique des niveaux d'eau et des modélisations numériques de submersion marine pour caractériser les risques d'inondation sur son territoire. Cette réflexion s'étend à la définition de programmes d'amélioration des connaissances des phénomènes, de prévention pour améliorer la résilience du territoire et de gestion de l'évènement pour faciliter le retour au fonctionnement normal des activités.

Dans l'estuaire de la Loire, le programme de recherche C3E2 (2014), coordonné par l'*Ifremer* avec les contributions d'*Artelia*, de l'Université de Bretagne

occidentale et du GIP Loire-Estuaire, a mis en lumière les « Conséquences du changement climatique sur l'écogéomorphologie des estuaires » et ce *via* des modèles prospectifs jusqu'en 2040. L'étude prend en compte l'évolution du niveau de la mer, les précipitations, les modifications des apports sédimentaires. Les impacts attendus sont les suivants : remontée du sel et du bouchon vaseux ainsi qu'une probable augmentation de la fréquence des submersions marines dans la plaine alluviale et une modification des paramètres physico-chimiques de l'eau. Le GPM de Nantes-Saint-Nazaire a programmé une étude au deuxième semestre 2020, afin de réduire ses vulnérabilités face au changement climatique.

Des politiques efficaces d'adaptation ainsi qu'un renforcement de la résilience climatique et une neutralité carbone des ports constituent de véritables enjeux stratégiques et économiques. L'impact du changement climatique dans les prochaines décennies constituera vraisemblablement l'un des défis majeurs auxquels nous devons continuer à nous préparer. Les infrastructures de transport, qui représentent un lien vital entre les économies domestiques et l'économie mondiale, doivent se préparer à adapter leur espace à une situation qui ne peut que changer.

« Plus que jamais notre
réflexion stratégique
doit s'adapter aux soubresauts
de notre environnement »¹

Capitaine de frégate Yann MORDACQ
Textes issus de son mémoire « École de Guerre »

1. Emmanuel Macron, *Discours du président Emmanuel Macron sur la stratégie de défense et de dissuasion*, 7 février 2020.

Les événements climatiques extrêmes font partie de l'Histoire et ont régulièrement frappé des territoires habités. Katrina, Irma ou Dorian sont des noms qui renvoient à des drames récents que chacun a pu suivre de près ou de loin. En réponse à la décision du président Donald Trump de sortir les États-Unis de l'Accord de Paris sur le climat, le président de la République française a déclaré que « *le changement climatique [était] l'un des plus grands défis de notre temps. Il change déjà nos vies quotidiennes, à l'échelle mondiale. Chacun d'entre nous est impacté. Et si nous ne faisons rien, nos enfants vont connaître un monde de migrations, de guerres et de pénuries.* »¹

Aujourd'hui à l'École de Guerre, je me rappelle précisément de la mission d'assistance aux victimes du tsunami de décembre 2004 au large de l'île de Sumatra. J'étais alors élève-officier sur le porte-hélicoptères *Jeanne d'Arc*. Cette catastrophe avait fait plus de 220 000 morts en océan Indien. Si un tel événement devait se reproduire en 2100, avec un niveau des océans plus élevé en moyenne d'un mètre par rapport à celui du début du XX^e siècle², les moyens dont disposeraient les autorités politiques et militaires seraient-ils suffisants pour faire face au mieux aux dégâts encore plus importants qui pourraient survenir ? Ces questions nourrissent tout particulièrement les réflexions stratégiques au plus haut niveau. Par exemple, l'École de Guerre a depuis deux ans un comité « Environnement-Sécurité » regroupant une quarantaine d'officiers supérieurs et d'auditeurs civils qui s'attachent à comprendre comment les évolutions climatiques en cours feront peser sur l'Europe des risques sécuritaires d'une ampleur sans précédent. De l'autre côté de l'Atlantique, l'USAWC³ a publié en octobre 2019 un rapport commandé par le *Chairman of the Joint Chiefs of Staff*⁴, le général Mark Milley, *Implications of Climate Change for the U.S. Army*⁵. Ce rapport, fruit d'un travail collaboratif entre les différentes armées, plusieurs organismes et agences de la Défense⁶, souligne clairement le manque de résilience des infrastructures énergétiques et la fragilité systémique des forces armées américaines face au réchauffement climatique et à l'élévation du niveau des mers.

Pour accroître la résilience des États face aux crises à venir, les gouvernements doivent constituer un corps de dirigeants aptes et conscients du besoin de faire preuve d'innovations et d'initiatives dans des circonstances extrêmement difficiles.

1. Emmanuel Macron, 15 juin 2017.

2. GIEC, *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, 24 septembre 2019.

3. *United States Army War College*.

4. Préside le comité des chefs d'état-major d'armée. Il est le principal conseiller militaire du président des États-Unis.

5. *The United States Army War College, Implications of Climate Change for the U.S. Army*, octobre 2019.

6. La DIA (*Defense Intelligence Agency*), la NASA, l'*US Air Force*, l'*US Navy*, l'*US Army*, l'*US War College* et le *Center for Climate and Security* (CFCS).

Les responsables de tous horizons doivent s'exercer à des scénarios extrêmes qui demandent des réponses « hors-normes ». La crise mondiale engendrée par la Covid-19 nous le rappelle durement.

Retours d'expériences d'interventions françaises récentes lors de catastrophes climatiques extrêmes

Les forces françaises, de par leurs pré-positionnements et leurs déploiements aux quatre coins de la planète, sont régulièrement sollicitées pour porter assistance aux populations victimes de catastrophes naturelles extrêmes. Ainsi, durant les quinze dernières années, elles ont opéré aussi bien en océan Indien (opération *BÉRYX*⁷ en 2004 et au Mozambique en 2019) qu'en océan Atlantique (à Haïti en 2010 et *IRMA* en 2017). Les retours d'expériences accumulés durant toutes ces missions ont consolidé la réponse que la France est capable d'apporter en de telles circonstances.

Opération IRMA

D'importants moyens français de secours et de logistique ont été engagés aux Antilles dans les interventions qui ont suivi les passages destructeurs des trois ouragans⁸ Irma, José et Maria. Les Français n'étaient pas les seuls sur zone, avec notamment la présence de bâtiments amphibies américains, anglais et néerlandais. L'ensemble de ces forces a permis de répondre efficacement aux dégâts considérables causés par cette succession d'ouragans. Très peu de victimes françaises ont été déplorées, ce qui prouve que les mesures de confinement prescrites ont été bien respectées malgré l'absence de loi autorisant les évacuations par la force. La situation sanitaire a, quant à elle, été rapidement sous contrôle.

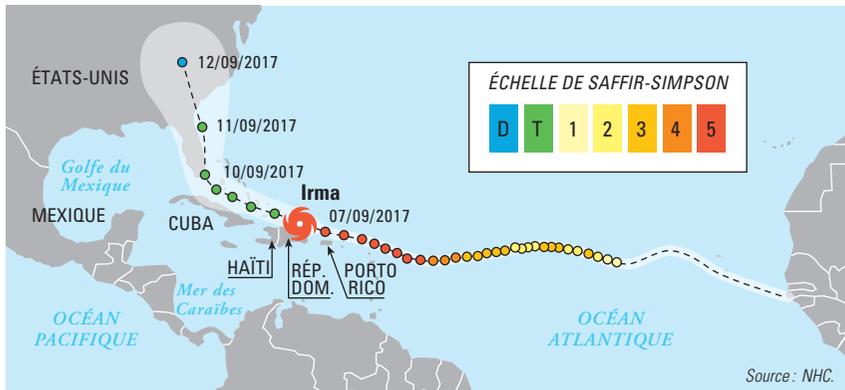
Planification

Les premières estimations des météorologistes indiquaient qu'Irma devait toucher la Guadeloupe avec une force de niveau 4 : le dispositif avait donc été adapté en fonction de cette donnée. Ce n'est que le 5 septembre, 15 heures avant l'arrivée

7. Opération *BÉRYX* : réponse apportée par le gouvernement français à la suite du tsunami de décembre 2004 sur les côtes indonésiennes (île de Sumatra).

8. Les termes typhon, ouragan et cyclone tropical recouvrent tous les trois la même réalité : ils désignent un phénomène tourbillonnaire des régions tropicales (entre 30°N et 30°S) accompagné de vents dont la vitesse est supérieure ou égale à 64 nœuds, c'est-à-dire 118 km/h (soit une force 12 sur l'échelle de Beaufort). Le terme cyclone est réservé à l'océan Indien et au Pacifique-Sud. On parle d'ouragan en Atlantique-Nord et dans le Pacifique Nord-Est et enfin de typhon dans le Pacifique Nord-Ouest.

Le parcours de l'ouragan Irma



de l'ouragan sur les côtes françaises, que les autorités ont été alertées de son changement de trajectoire. L'évacuation des 35 000 habitants de nationalité française de Saint-Martin et des 40 000 de nationalité néerlandaise, ainsi que des 9 000 de Saint-Barthélemy, était impossible à réaliser dans un laps de temps aussi contraint. L'idée d'une évacuation massive de ressortissants après le passage de l'ouragan n'a pas été retenue. Or, dès l'arrivée des moyens militaires « lourds », de très nombreuses personnes ont demandé à quitter ces îles. Il a donc fallu mettre en place, dans l'urgence, une organisation pour évacuer près de 7 000 personnes par la mer et par les airs.

Utilisation des moyens militaires dans la phase d'urgence

L'engagement, sous bref préavis, de vecteurs aériens de type *Falcon 50* ou *Casa* a permis d'obtenir une première évaluation quasi-immédiate des dégâts subis. Les très faibles délais d'engagement des forces armées comme le 33^e RIMa⁹ et le RSMA⁹ Martinique démontrent la pertinence du principe des forces pré-positionnées, renforcées 72 heures après le passage d'Irma par des éléments du 3^e REI⁹ de Guyane et du 3^e RPIMa⁹ de métropole. L'appareillage des frégates de surveillance *Ventôse* et *Germinal* la veille du passage de l'ouragan a permis d'acheminer en moins de 24 heures les premiers moyens d'intervention d'urgence et de soutien à Saint-Martin et d'anticiper les actions préparatoires à l'arrivée du PHA, en menant notamment des reconnaissances subaquatiques. Ces bâtiments de surface ont démontré leur polyvalence durant la phase d'urgence, tant en matière

9. 33^e régiment d'infanterie de Marine, Régiment du service militaire adapté, 3^e régiment étranger d'infanterie, 3^e régiment de parachutistes d'infanterie de Marine.

d'acheminement humanitaire et logistique, de reconnaissance subaquatique (plongeurs embarqués), de surveillance des approches, de relais radio, qu'en matière d'assistance d'urgence à la population : évacuation, soutien technique et médical. Les hélicoptères des trois armées ont été une réelle plus-value en parcourant ce « dernier mètre » qui fait souvent défaut dans les actions de secours aux personnes, notamment pour le transport du matériel des ONG. Les autorités doivent avoir à l'esprit cette notion, car trop souvent le matériel d'aide humanitaire n'arrive pas jusqu'aux sinistrés.

Contribution des moyens « lourds » des forces armées

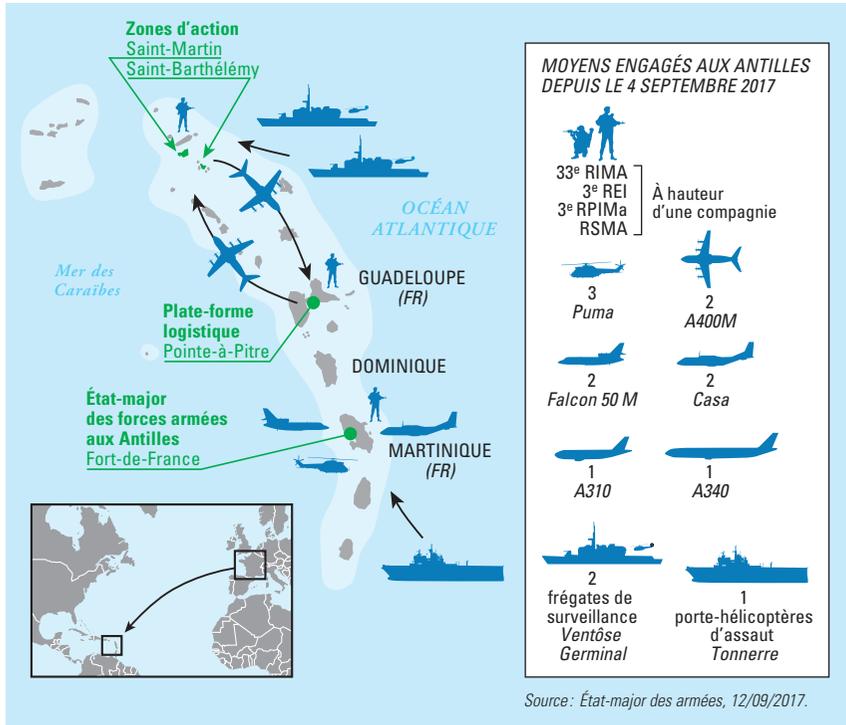
La mise en œuvre d'aéronefs de transport de l'armée de l'Air, capables d'opérer sur des pistes courtes, et la capacité de débarquement amphibie du PHA *Tonnerre* se sont avérées essentielles lors de l'opération *IRMA*. En revanche, la perte de capacité amphibie en zone Antilles liée au départ et au retrait du service actif du BATRAL¹⁰ *Dumont-d'Urville* en juin 2017 a fortement contraint le déploiement de la force à Saint-Martin avant l'arrivée du PHA. Une réflexion capacitaire sur les moyens amphibies de projection dont pourraient être dotées les forces armées aux Antilles mériterait d'être conduite sous l'angle d'une complémentarité avec le nouveau bâtiment multi-missions (B2M) livré en 2019, qui ne comble pas totalement le désarmement du BATRAL. Le pré-positionnement d'un PHA aux Antilles, de façon permanente ou temporaire, pourrait sembler une bonne réponse à cette problématique. Une telle décision conduirait à revoir les contrats opérationnels des armées, appelant très certainement à une nouvelle définition des capacités d'intervention. Cependant, dans le cas d'*IRMA*, les différents témoignages recueillis montrent que si l'emploi du *Tonnerre* s'est révélé particulièrement pertinent, c'est parce qu'il est arrivé au bon moment dans la crise, même si ce dernier était sur zone 17 jours après le passage du premier ouragan. En effet, c'est grâce aux retours des unités « légères » déployées juste après le passage de l'ouragan que les autorités ont pu affiner au plus juste les moyens à envoyer depuis la métropole. La force d'un PHA dépend avant tout de ce qu'il embarque : des moyens amphibies, des hélicoptères, un état-major de commandement, du personnel de santé, etc. C'est donc bien un bâtiment dont la vocation est consubstantiellement interarmées.

L'embarquement préventif et systématique d'un module d'aide humanitaire HA/DR¹¹ à bord d'un PHA qui partirait pour un déploiement de longue durée semble être une solution efficace pour donner aux autorités des moyens d'intervention

10. BATRAL : bâtiment de transport léger.

11. HADR : *Humanitarian Assistance and Disaster Relief*.

Ouragan Irma. Les armées mobilisées aux Antilles



dans des zones éloignées. Le retour d'expérience acquis durant l'opération *IRMA* a incité à embarquer un tel module lors de la mission *JEANNE D'ARC 2019*. Ce module était composé d'un camion-benne, de deux EGRAP¹², d'un hôpital de campagne, de plusieurs véhicules 4x4 et d'hélicoptères. Il a notamment servi au Mozambique lors de l'opération *CAOUANNE*.

Suivi de la logistique

Lors d'une crise comme celle provoquée par Irma, l'organisation et le travail de la chaîne logistique interarmées sont fondamentaux. En effet, le volume de fret entrant au niveau de la zone d'opérations augmente considérablement dans les heures suivant la catastrophe. Le suivi du chargement/déchargement des moyens logistiques est donc essentiel pour fluidifier la chaîne et permettre aux forces sur le terrain

12. EGRAP: Engin du génie rapide de protection.

de disposer du matériel au plus vite. Coordonner les compétences du domaine « transit »¹³ est le rôle du Centre de soutien des opérations et des acheminements (CSOA). L'utilisation d'un logiciel de suivi logistique partagé entre l'ensemble des armées et services étatiques est alors essentielle. Une permanence dans ce domaine logistique interarmées doit être assurée au plus tôt et au plus proche des opérations; la projection d'un ou deux gestionnaires de matériels avec les premiers éléments de la force est une condition de réussite de la mission.



EDAR du PHA *Tonnerre* débarquant des engins du génie à Saint-Martin.
© Ministère des Armées.

Compte tenu du très grand nombre de nations présentes sur le théâtre d'opérations antillais, une cellule de coordination multinationale a été créée¹⁴ à Curaçao le 21 septembre. Celle-ci a permis de mutualiser ponctuellement certains moyens militaires de projection (aériens et maritimes) présents dans la zone d'opérations pour le transport de fret ou de personnels au profit des nations contributrices¹⁵. Par exemple, à la suite de la destruction de l'usine d'eau potable de Saint-Martin, les forces américaines ont assuré le déploiement de stations mobiles de désalinisation et l'acheminement en C17 d'un stock de 100 tonnes d'eau potable.

13. Voies aérienne, maritime et de surface.

14. MNCCC: *Multi-National Caribbean Coordination Cell*.

15. France, Pays-Bas, Royaume-Uni, Canada, États-Unis, Belgique.

Planification, entraînement et organisation de la chaîne de commandement

L'organisation en mars 2017, aux Antilles, d'un exercice majeur faisant intervenir les forces armées et la sécurité civile a permis de valider le plan « catastrophes naturelles » des FAA¹⁶, qui avait été réactualisé en août 2016. Cet exercice a également été l'occasion de mettre en œuvre une chaîne de commandement et de coordination interministérielle fonctionnelle. Le retour d'expérience de l'opération *SÉISME HAÏTI 2010* ayant été pris en compte, le commandant du *Tonnerre* a conservé le commandement tactique (TACOM) des éléments stationnés à bord du bâtiment, tandis que les éléments stationnés à terre passaient sous TACOM terrestre (3^e RPIMa puis 31^e RG¹⁷).

Les bâtiments de la Marine nationale ont pu servir à plusieurs reprises de « plateforme diplomatique », permettant ainsi aux autorités politiques de conduire leur travail dans de bonnes conditions. Les retours d'expériences plaident pour que le commandement militaire interarmées et les services publics aient des « *battle rhythms* »¹⁸ en phase afin que leurs actions soient efficaces, mais aussi pour éviter au maximum les pertes de temps. Une meilleure maîtrise des processus de demande de concours et de réquisition de moyens militaires par les autorités civiles assurera une efficacité optimale dans les actions des uns et des autres. La mise en place d'un réseau de communication commun, partagé par tous les acteurs étatiques, doit être également recherchée afin de faciliter la coordination de la manœuvre au niveau tactique. *A contrario*, l'envoi d'un détachement de liaison militaire auprès des autorités civiles est indispensable. De plus, l'insertion d'officiers de liaison étrangers (Pays-Bas, Royaume-Uni et États-Unis) au sein du poste de commandement militaire s'est révélée extrêmement précieuse dans la conduite des opérations. La poursuite des échanges avec les Néerlandais, les Britanniques et les Américains dans le but de développer de nouveaux axes de coopération permettra d'anticiper une future opération de grande ampleur et de planifier en amont l'emploi de moyens multinationaux. Dans cet esprit, une cellule MNCCC France–Royaume-Uni–Pays-Bas basée à Fort-de-France coordonnera les moyens navals dans la lutte contre la Covid-19.

16. FAA : Forces armées aux Antilles.

17. 31^e régiment du Génie.

18. Rythme quotidien des réunions et des envois de messages d'autorité.



Un ballon *Zéphyr Solar* dans un camp d'urgence (simulation).

© Makesense.

Systèmes d'information et de communication

La mise en place de moyens de transmissions autonomes (téléphonie et réseau satellitaire) suffisamment dimensionnés doit être anticipée dès la phase d'alerte et effective dès la projection des éléments précurseurs. En effet, la destruction totale des réseaux de communication à Saint-Martin a très fortement perturbé la remontée d'informations de niveau tactique vers l'échelon de commandement opératif pendant les 36 premières heures après le passage d'Irma. De plus, la mise en place d'un outil de suivi de situation partagé entre la préfecture de zone et le poste de commandement militaire ainsi que la possession de moyens de communication interopérables entre les forces militaires et les forces de sécurité intérieure déployées sur le terrain permettraient d'améliorer la remontée d'informations vers l'échelon de commandement opératif. L'installation d'un relais de transmissions sur le Pic du Paradis (point culminant de Saint-Martin) a permis d'établir rapidement une liaison VHF sur l'ensemble de l'île.

Des innovations de gestion de crise venant de *start-up* « sociales » sont suivies par les armées et les ONG. Par exemple la *start-up* *Zéphyr Solar* a développé un ballon photovoltaïque apte à assurer un relais de télécommunications et à fournir l'énergie¹⁹ pour un hôpital de campagne. *Unquake.me* déploie quant à elle un système autonome en énergie visant à réunir les besoins en eau, en médicaments et en électricité des personnes sinistrées. Enfin l'outil *Open Street Map* permet de cartographier en ligne, et de manière précise, les effets d'une catastrophe pour aider le travail des équipes de terrain.

Opération CAOUANNE

Le 22 mars 2019, en réponse à une demande émise par le Mozambique vers la communauté internationale, le PHA *Tonnerre* et la FS *Nivôse* ont été engagés pour porter assistance à la population durement frappée par le cyclone Idai le 14 mars 2019. L'opération *CAOUANNE* avait pour objectif de « contribuer aux opérations de soutien aux populations démunies, renforcer les structures de soutien déjà existantes et apporter un renfort médical²⁰. » Le *Tonnerre* a ainsi été dérouté vers Mayotte pour y charger du fret humanitaire à destination de Beira : 27 tonnes seront livrées par engin amphibie soit à Beira, soit au plus près des populations sinistrées, notamment au village de Buzi. Au bilan, environ 20 000 familles ont été soutenues grâce aux efforts des forces françaises.

Une intervention dans un cadre multinational

Les difficultés rencontrées lors de cette opération à caractère international, contrairement à celles rencontrées pour *IRMA* qui s'inscrivait davantage dans un cadre national, étaient essentiellement liées aux démarches administratives complexes du Mozambique. Un dialogue s'est progressivement instauré avec les autorités militaires locales par l'intermédiaire de l'attaché de défense pour exposer les moyens français disponibles et proposer des modes d'action. Par la suite, et pour accompagner la manœuvre durant tout le temps de présence sur zone, l'insertion de deux officiers au poste de commandement de l'ONU et au centre de coordination des ONG, installés à l'aéroport de Beira, a permis d'améliorer sensiblement l'efficacité de l'action des militaires.

19. 500 kW pour le prototype.

20. Philippe Chapleau, « CAOUANNE : la Marine a baptisé son opération au Mozambique du nom d'une tortue », *Lignes de défense*, 28 mars 2019.

L'importance des moyens rustiques

Compte tenu des dégâts enregistrés par les infrastructures portuaires, seuls les bâtiments de faible tonnage et de tirant d'eau limité pouvaient les utiliser. Le *Tonnerre* a donc mis en œuvre ses moyens amphibies rustiques (CTM²¹) pour remonter le fleuve en eaux troubles et accéder aux villages isolés qui n'étaient pas ravitaillés. Les remontées du Rio Buzi vers le village impliquaient une navigation de 2 heures et 30 minutes le long d'un fleuve non hydrographié, aux fonds variables et incertains²². Celles-ci avaient été précédées de raids de reconnaissance en embarcations pneumatiques mais restaient particulièrement délicates. Ces opérations ont démontré la complémentarité entre l'EDA-R²³ et le CTM et conforté le choix de la Marine qui a opté pour la commande de 14 engins de débarquement amphibie standards (EDAS) pour remplacer les neuf CTM encore en service. L'utilisation de la drome amphibie a permis de désengorger l'aéroport de Beira saturé d'aide humanitaire. Une mission de mesures hydrographiques sommaires a également pu être menée au profit de l'autorité portuaire de Beira, afin d'actualiser sa connaissance des fonds le long de ses quais, largement perturbés par le passage du cyclone.



Aide humanitaire débarquée par CTM à Buzi.

© *Ministère des Armées.*

21. CTM : chaland de transport de matériel.

22. Éléments recueillis auprès de l'officier de Marine qui commandait le PHA *Tonnerre*.

23. EDA-R : engin de débarquement amphibie rapide.

La préparation détaillée des missions a pu heureusement bénéficier de l'appui en imagerie satellitaire. Des cartes topographiques précises (au 50 000^e) des zones d'intérêts sont également très précieuses, mais celles-ci ne sont pas nécessairement à bord et doivent être envoyées aux unités déployées au plus vite lorsqu'une opération est décidée dans l'urgence. Les délais de fabrication des centres chargés de leur confection en France sont souvent difficilement conciliables avec le besoin opérationnel. La capacité d'intervenir dans des zones où l'environnement sanitaire est dégradé est également essentielle : chaque militaire qui revenait à bord devait être contrôlé. Ce principe de précaution a nécessité la mise en place d'un processus de décontamination qui demandait des moyens spécifiques.

Les opérations *IRMA* et *CAOUANNE* montrent à quel point la prise en compte du milieu est importante dans le processus de planification. Cette connaissance du terrain demande des moyens de renseignement importants, mais également des moyens d'action diversifiés et complémentaires, tels les CTM et les EDA-R. Les innovations apporteront de nouvelles capacités pour faciliter le travail des équipes sur le terrain. Les militaires doivent donc se rapprocher des *start-up* agiles qui proposent des outils simples à mettre en place. C'est le rôle de l'Agence de l'innovation de défense voulue par la ministre des Armées Florence Parly et créée le 1^{er} septembre 2018.

Katrina, une crise extrême nécessitant des moyens « hors-normes »

Le 29 août 2005, l'ouragan Katrina balaie avec une force inouïe les côtes de Louisiane; il fera au total 1 836 morts et 108 milliards de dollars de dégâts matériels. Compte tenu de ce bilan désastreux, les autorités américaines ont ordonné plusieurs commissions d'enquête. Le rapport de la Maison Blanche intitulé *The Federal Response to Hurricane Katrina – Lessons Learned* du 23 février 2006 donne de nombreux enseignements qui seront repris dans les paragraphes ci-dessous.

« *We must expect more catastrophes like Hurricane Katrina and possibly even worse.* »²⁴

Le rapport précise que les fonctionnaires fédéraux ne devraient pas hésiter à s'entraîner à des scénarios cataclysmiques susceptibles de « briser » les organisations censées assurer la sécurité intérieure. Avant Katrina, le ministère de la Sécurité intérieure²⁵ avait produit une série de quinze synopsis de planification nationale

24. « Nous devons nous attendre à d'autres catastrophes comme l'ouragan Katrina et peut-être même à pire. »

25. *Department of Homeland Security.*

identifiant quinze incidents majeurs potentiels. Les auteurs du rapport montrent que les catastrophes pouvant se produire ne sont pas suffisamment anticipées. Par exemple le premier scénario, qui a pour thème « la détonation d'un engin nucléaire de dix kilotonnes dans une ville américaine du fait d'un groupe terroriste », ne remet pas entièrement en cause les plans et les capacités de préparation des forces américaines. En effet, ce scénario ne prévoyait pas une des marques de fabrique d'Al-Qaïda : des attaques multiples et simultanées. Les rapporteurs conseillent donc d'inclure dans les scénarios des événements qui doivent pousser les responsables à faire face à des défis encore plus destructeurs. Ces travaux devraient refléter à la fois ce que l'on sait et ce que l'on peut imaginer de la façon de penser des ennemis, car ces derniers chercheront très vraisemblablement à causer des dommages simultanés à grande échelle. Le rapport souligne combien l'optimisme américain, fondamental, représente une source d'énergie extraordinaire. Cependant, il peut également faire preuve de complaisance et générer ainsi des tragédies incroyables. Il est conseillé aux Américains de tempérer leur optimisme en reconnaissant sobrement la certitude de catastrophes futures : « *When training, Federal officials should not shy away from exercising worst-case scenarios that "break" our homeland security system.* »²⁶

De la même manière, en France, les autorités mettent souvent l'accent sur les moyens disponibles et les modes d'action pour répondre à une crise, cela au détriment de réflexions anticipatrices, potentiellement plus rentables, qui pourraient prévenir ou atténuer les dommages. Nos organisations doivent poursuivre leur transformation pour combiner toujours plus les efforts faits par les uns et les autres et ne jamais plus avoir de réflexions du type « *si les civils échouent, alors les militaires prennent le relais, et ils sauront faire en vertu de leur hiérarchie stricte et claire et de leur habitude des crises* »²⁷. L'examen des apports spécifiques et complémentaires des différentes entités, dans des environnements complexes et mêlés, est indispensable pour faire face aux enjeux à venir. Cet examen approfondi doit être inscrit dans l'agenda de chaque personne à cœur de servir ses concitoyens.

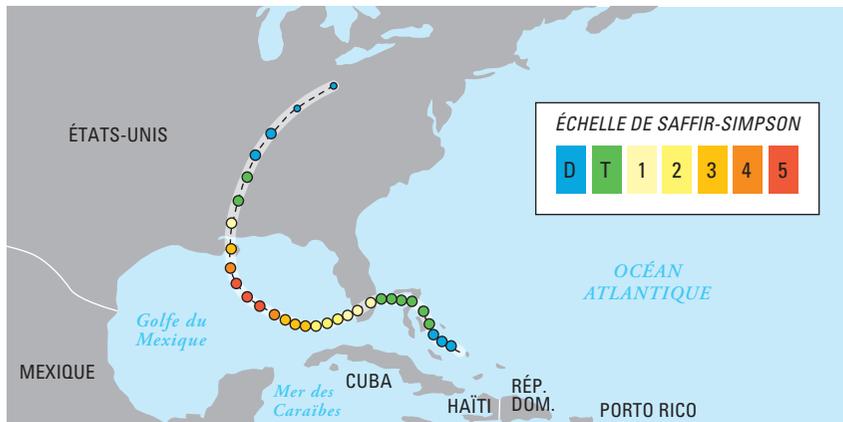
« *Our current system for homeland security does not provide the necessary framework to manage the challenges posed by 21st Century catastrophic threats.* »²⁸

26. « Lors de leur formation, les fonctionnaires fédéraux ne devraient pas hésiter à s'exercer aux pires scénarios qui "brisent" notre système de sécurité intérieure. »

27. Patrick Lagadec, « Katrina : examen des rapports d'enquête Tome 2 : *The Federal Response to Hurricane Katrina - Lessons Learned - The White House* ».

28. « Notre système actuel de sécurité intérieure ne fournit pas le cadre nécessaire pour gérer les défis posés par les menaces catastrophiques du XXI^e siècle. »

Le parcours de l'ouragan Katrina



Les dégâts causés par l'ouragan Katrina ont laissé la population vivant sur la côte du golfe du Mexique dans une grande détresse tant l'accès aux ressources de base pour vivre était difficile. Les provisions pré-positionnées par la FEMA²⁹ se sont révélées insuffisantes pour répondre à l'ensemble des demandes de la région. Le personnel s'est rapidement rendu compte que la quantité de matériel nécessaire dépassait ses capacités logistiques. La FEMA ne pouvait tout simplement pas se procurer suffisamment de biens pour répondre aux besoins imposés par la crise. Les contrats conclus entre l'agence et des entreprises privées, bien que suffisants pour les catastrophes de moindre ampleur, étaient incapables de fournir les énormes quantités de ressources nécessaires.

Les problèmes rencontrés par le gouvernement fédéral en réponse à l'ouragan Katrina illustrent les faiblesses inhérentes au système qu'avaient mis en place les Américains pour répondre à des crises majeures, à savoir l'absence d'expertise dans les domaines liés à la gestion d'une crise de grande ampleur, allant du rétablissement de la situation à la reconstruction : « *At all levels of government, we must build a leadership corps that [...] must be populated by leaders who are prepared to exhibit innovation and take the initiative during extremely trying circumstances.* »³⁰

29. FEMA : *Federal Emergency Management Agency*.

30. « À tous les niveaux du gouvernement, nous devons constituer un corps de dirigeants qui [...] doivent être prêts à faire preuve d'innovations et à prendre l'initiative dans des circonstances extrêmement difficiles. »

Conclusion

La grande majorité des scientifiques s'accorde à dire que l'impact des événements climatiques extrêmes sur les populations sera de plus en plus fort dans les décennies à venir. L'amélioration de la gestion des crises est dès lors une priorité mais ne pourra se faire qu'en impliquant le plus grand nombre d'acteurs.

En premier lieu, les responsables politiques devront revoir les organisations en place qui ne laissent pas suffisamment de place à l'imprévisible. Pour cela, la prise en compte du retour d'expérience est essentielle et il doit intégrer les expériences de zones éloignées, car le changement climatique en cours va bouleverser les habitudes prises depuis plusieurs dizaines d'années. En effet, les rapports scientifiques montrent que les principaux événements climatiques à venir seront très probablement plus forts que ceux que nous rencontrons aujourd'hui, et sans doute frapperont-ils des territoires différents de ceux qui étaient auparavant touchés.

En second lieu, il paraît nécessaire de développer les lieux d'échanges au profit des responsables qui seront en première ligne lors des prochaines crises. Cela permettrait d'accélérer l'élaboration de nouveaux modes d'action d'urgence sur des territoires jusque-là relativement préservés, comme par exemple le sud de l'Europe.

L'intégration de ces problématiques dans les programmes de formation des écoles, en prônant par exemple des partenariats tels que celui créé entre l'École de Guerre et *WWF France*³¹, apporterait des bénéfices évidents et des résultats rapides. L'objectif est de faire se rencontrer des compétences d'horizons variés pour mieux appréhender les forces disponibles, les faiblesses existantes et les efforts à soutenir pour répondre aux mieux aux crises extrêmes. Un « centre » de gestion des crises, ouvert à tous les secteurs – public, privé, scientifique, *think tank*, ONG, médias –, permettrait de conduire des formations de niveau opératif, dépassant le seul registre tactique et très directement ciblées sur les dirigeants venant se préparer ensemble aux enjeux du changement climatique. Des propositions concrètes pourraient alors régulièrement alimenter les autorités politiques pour revoir les organisations et le pré-positionnement, permanent ou temporaire, des moyens. La sensibilisation aux risques extrêmes dès le plus jeune âge doit également être recherchée. Sun Tsu l'a bien souligné : « *qui ne connaît pas ses risques, ne se connaît pas lui-même et sera défait à chaque bataille* ».

31. Assemblée nationale, *Audition du DG de WWF France et du directeur de l'École de guerre sur « Les conséquences du réchauffement climatique sur l'ordre mondial »*, 7 novembre 2018.

Les armées doivent s'impliquer dans les réflexions liées au changement climatique car elles disposent des moyens pour intervenir partout, bien que leur ressource humaine et leurs moyens matériels soient limités. La résurgence des manifestations de puissance des États les oblige à être présentes sur tous les espaces où la France a des intérêts. Elles doivent être en mesure de protéger rapidement leurs concitoyens et les espaces souverains. Seulement, le pré-positionnement de moyens « lourds » dans des zones susceptibles d'être touchées par des phénomènes extrêmes a un coût élevé qui peut éroder leur potentiel opérationnel. Il est donc essentiel de ne pas céder au catastrophisme et de chercher à conclure des partenariats avec des pays limitrophes de nos zones d'intérêt, tout en planifiant des entraînements réguliers de haute intensité partout où la France est présente. Les déploiements successifs des missions *JEANNE D'ARC* sont d'excellents moyens d'affiner nos savoir-faire tout en développant la connaissance des milieux.

Le changement climatique, facteur d'océanisation des enjeux géopolitiques ?

Julia TASSE,
chercheuse à l'IRIS

Bastien ALEX,
chercheur à l'IRIS, responsable du programme « Climat, énergie et sécurité »

L'océan est essentiel au fonctionnement et à l'équilibre du système climatique. Clef de répartition de la chaleur et de l'énergie au sein de ce dernier, il est directement impacté par les concentrations de plus en plus importantes de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. La croissance de la quantité de dioxyde de carbone (qui se dissout dans l'eau pour devenir de l'acide carbonique) provoque une acidification des eaux, tandis que l'augmentation de la chaleur accumulée dans l'atmosphère se répercute directement sur celle absorbée par l'océan, qui se réchauffe à son tour. Ces phénomènes auront nécessairement des implications géopolitiques du fait du rôle crucial que joue l'océan au sein des systèmes humains et des relations entre États, notamment depuis le peuplement des littoraux et l'essor de la mondialisation.

Anticiper les perturbations des schémas de sécurité actuels

La sécurité au sens large (humaine, économique, environnementale, nationale), qui dépend en partie d'un océan sain et productif, sera incontestablement affectée par les modifications que connaîtra celui-ci sous les effets des changements climatiques.

Ressources halieutiques : des évolutions pourvoyeuses de tensions

Les changements de température, d'acidité ainsi que des courants marins vont modifier les milieux dans lesquels les ressources halieutiques évoluent. On observe déjà une migration de certaines espèces vers les pôles et des eaux plus fraîches afin de retrouver des conditions de vie optimales. Ainsi, malgré l'importance des facteurs humains sur la raréfaction des stocks (surpêche, pollution), les migrations de poissons dues aux changements climatiques ne seront évidemment pas sans conséquences sur les populations qui se nourrissaient ou commerçaient ces espèces (les poissons représentent 19 % des apports en protéines animales des populations africaines¹ tandis qu'on estime que les changements climatiques pourraient mener à une réduction de 30 à 40 % de la biomasse de poissons disponible au large de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique centrale²).

Les pêcheurs traditionnels se trouvent alors contraints d'adopter des stratégies alternatives délicates voire potentiellement risquées :

1. Chana *et al.*, « Prospects and Challenges of Fish for Food Security in Africa », *Global Food Security*, 2019.

2. Food and Agriculture Organisation of the UN, « Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture », 2018.

- Changer de zones de pêche, au risque d'opérer dans des eaux protégées ou sous la juridiction de pays tiers – ce qui rend leur activité, sauf accord bilatéral, illégale. Cela implique une prise de risque plus importante (aller plus loin en mer, plus longtemps) et nécessite d'investir dans certains équipements et une plus grande quantité de carburant ;

- S'installer dans une zone côtière plus proche des bancs de poissons – en vendant parfois leurs équipements pour rejoindre les flottes de pêche industrielle des pays voisins, potentiellement contrôlées par des puissances étrangères aux pratiques répréhensibles ;

- Recourir à certaines techniques de pêche peu compatibles – voire illégales – avec la bonne gestion des stocks en utilisant des filets à la maille plus fine, des dispositifs de concentration de poissons, en pêchant à des heures différentes, etc. ;

- Pêcher d'autres espèces, notamment protégées ;

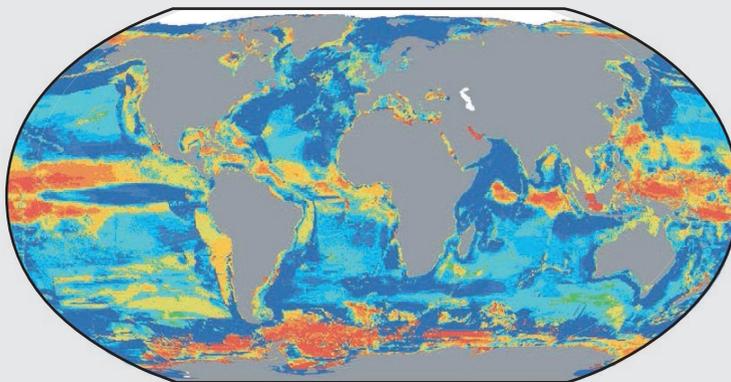
- Changer d'activité professionnelle, avec les difficultés inhérentes à la reconversion dans des pays où le chômage est parfois important, la diversification économique faible et où certains réseaux mafieux peuvent tirer avantage de la situation et proposer aux pêcheurs de participer aux trafics en jouant les convoyeurs.

La pêche industrielle, *a contrario*, est en mesure de suivre les migrations des espèces. Certains navires prennent ainsi le même risque que les pêcheurs traditionnels en entrant dans les zones économiques exclusives (ZEE) d'autres pays ou dans des zones protégées.

Pour certaines économies fortement dépendantes de l'industrie halieutique, de la pêche à la transformation, toute baisse des stocks peut se révéler inquiétante, d'autant plus si l'on soupçonne les agissements d'autres États d'en être à l'origine. Cela peut dans un cas impulser un dialogue bilatéral ou multilatéral, voire la coopération et la signature d'accords de pêche. Dans d'autres, ces problèmes peuvent avoir des issues dramatiques dans des contextes de tensions : récemment, l'interpellation d'un groupe de pêcheurs nigériens a dégénéré sur le territoire camerounais de Bakassi, zone frontalière qui a fait l'objet d'un long contentieux entre Abuja et Yaoundé. Le refus des pêcheurs de payer un droit de passage et la contestation de leur arrestation et de leurs amendes a conduit les gendarmes camerounais à ouvrir le feu et tuer 97 d'entre eux³.

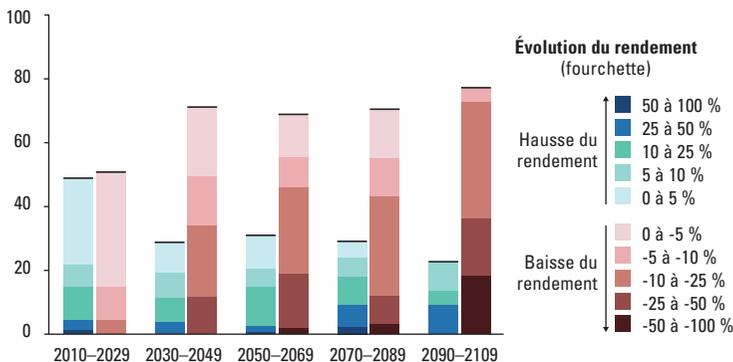
3. BBC, "Cameroon Forces 'Kill 97 Nigerian Fishermen' in Bakassi", 14 juillet 2017.

Variation des prises maximales potentielles (2051–2060 par rapport à 2001–2010)



Redistribution mondiale projetée des prises maximales potentielles d'environ 1000 espèces exploitées de poissons et d'invertébrés marins. Les projections comparent les moyennes décennales 2001–2010 et 2051–2060 compte tenu des conditions océaniques en se fondant sur un seul modèle de climat pour un scénario de réchauffement modéré à élevé, sans analyse des incidences possibles de la surpêche ni de l'acidification des océans.

PROJECTIONS DE RENDEMENT (EN POURCENTAGE)



Résumé des changements projetés du rendement des cultures (blé, maïs, riz et soja principalement) dus au changement climatique au cours du XXI^e siècle. La somme des données correspondant à chaque période est de 100 %; le pourcentage des projections présentant une hausse des rendements par rapport à celles présentant une baisse des rendements est indiqué. Le graphique présente des projections (basées sur 1 090 points de données) correspondant à différents scénarios d'émissions, pour les régions tropicales et tempérées, et pour des cas combinés d'adaptation et de non-adaptation. Les variations du rendement des cultures sont établies par rapport aux niveaux correspondants à la fin du XX^e siècle.

L'ensemble de ces perturbations sur les milieux marins représente ainsi des facteurs potentiels de conflits entre populations et pêcheurs, de prise de risques physiques et économiques, de renforcement de l'attractivité de certaines activités illégales, tout cela pouvant mener à des relations interétatiques tendues et à des incidents parfois dramatiques.

Sécurité des infrastructures côtières et marines

Comme évoqué précédemment, la littoralisation du peuplement s'est accompagnée du regroupement, sur les côtes, des activités (transport, commerce, loisirs, sécurité) et par conséquent des infrastructures nécessaires à leur bon déroulement. La hausse du niveau des mers et l'augmentation des événements climatiques extrêmes liées aux changements climatiques vont, par leur ampleur, renforcer les risques courant sur ces espaces tels la submersion marine et les dommages liés aux tempêtes. La première inquiétude se porte bien souvent sur les habitations, dont les normes de construction et d'implantation doivent être appliquées, voire renforcées car leur mise en œuvre ne fait pas l'objet d'un contrôle suffisant. Dans un second temps, l'attention se porte généralement sur les infrastructures économiques (transport, industrie, tourisme, loisirs) dont les territoires côtiers et insulaires peuvent être grandement dépendants. Les ports (commerce, plaisance) et les infrastructures de tourisme balnéaire sont particulièrement menacés, ainsi que celles des secteurs primaire (terres agricoles, ostréiculture et conchyliculture, etc.) et secondaire (industries chimiques qui stockent des produits dangereux par exemple)⁴. Enfin, les installations militaires suscitent les mêmes inquiétudes, en France notamment, sur le territoire métropolitain et ultra-marin, mais également à l'étranger, où certaines forces sont prépositionnées dans des États qui ne disposent pas toujours de moyens efficaces de gestion de crise. Elles doivent pourtant être les plus résilientes aux situations de catastrophes afin de pouvoir participer voire mener les activités de secours et d'assistance, de déblaiement, d'acheminement de l'aide, de fourniture de services de soins, etc. À noter que plusieurs pays, dont la France et les États-Unis, ont débuté des travaux d'évaluation de la vulnérabilité de telles installations⁵.

4. Le port de New York avait dû fermer après le passage de l'ouragan Sandy en 2012 et stopper son activité de fret, comme le port d'Itajai au Brésil en raison de fortes pluies en juin 2017 ou certains canaux du Rhin impraticables en raison de la sécheresse en 2018. Voir Camille Valero, p. 74.

5. US Department of Defense, *Climate-Related Risk to DoD Infrastructure. Initial Vulnerability Assessment Survey (SLVAS) Report*, janvier 2018.

Vers une reconfiguration des routes maritimes ?

Plus que les transports aériens, l’océan a été et reste le vecteur principal des découvertes, de la connectivité et des interactions entre continents. Le transport maritime permet à 90 % des marchandises de transiter des lieux de production aux marchés de vente, tandis que les télécommunications passent à 99 % par les câbles sous-marins. La prise de conscience des impacts que les changements climatiques auront sur les activités à terre, dont la génération d’électricité, l’agriculture et la production industrielle, est de plus en plus prégnante, mais cela s’applique moins aux conséquences sur le secteur maritime. Or les perturbations des activités économiques à terre vont, de fait, se répercuter sur l’économie maritime qui devra composer avec une réorganisation industrielle modifiant les sites de production et les principaux marchés de consommation.

Les changements climatiques, par leurs conséquences sur la cryosphère et l’océan, pourraient offrir de nouvelles possibilités de transport mais également affecter négativement les routes aujourd’hui privilégiées. Ainsi, la hausse du niveau de la mer nécessitera l’adaptation de grands ports de marchandises mais aussi des canaux principaux de communication entre les mers (Suez, Panama, etc.) tandis que l’acidification et la hausse de la salinité pourraient impliquer la mise en place de nouveaux standards pour les matériaux utilisés (plus résistants à l’oxydation et à la corrosion).

Par ailleurs, la fonte des glaces arctiques pourrait permettre d’emprunter la route du Nord et de réduire le temps de parcours entre l’Asie et l’Europe, bien que cette perspective demeure encore très lointaine. De nouvelles infrastructures portuaires seront en effet nécessaires le long de cet itinéraire pour ravitailler les navires, débarquer puis charger de la marchandise (pour générer un revenu) et pourraient permettre à certaines régions de Russie de sortir de leur isolement. Les routes maritimes pourraient enfin être perturbées par la réorganisation de l’économie mondiale (modifiant les volumes transitant par chaque *hub*), ainsi que par les nouveaux carburants et la transition énergétique, comme le GNL ou les carburants à base d’ammoniac pour les piles à combustible, qui nécessiteront la mise en place d’infrastructures spécifiques. Les changements climatiques vont donc avoir un effet indirect, mais concret, sur l’ensemble des infrastructures portuaires de la planète, entraînant de ce fait une modification des flux de transport, ainsi que sur le tracé et la popularité de certaines routes maritimes. Ces flux économiques modifiés pourraient bouleverser certains pays et équilibres régionaux.

Structurer des cadres communs de gouvernance d'un océan global

La coopération interétatique : clef du défi de la surveillance maritime

Par leur nature globale et interconnectée, l'océan et ses problématiques impliquent une gestion coordonnée entre États. En effet, les espaces maritimes sont définis par l'homme mais nullement par des barrières physiques, les courants marins et les vents portant usagers de la mer, pollutions et espèces marines à travers toutes frontières humaines, sans distinction.

La sécurité maritime est directement affectée par les conséquences des changements climatiques, sur terre (sécheresses, inondations, changement de la fertilité des sols et de certaines zones, ce qui peut amener des populations à migrer) comme en mer (pêche INN, piraterie en hausse du fait du manque de sources de subsistance dans l'ensemble de l'économie, etc.) qui viennent s'ajouter à d'autres facteurs tels que l'ouverture de nouvelles routes maritimes ou l'essor de certains secteurs – la hausse des activités illégales en mer peut être liée à l'emprunt plus fréquent d'une route maritime, ou au développement d'activités comme l'exploitation pétrolière (plates-formes).

Les solutions pour faire face à ces enjeux sont multiples : renforcement de l'action de l'État en mer, coopération interétatique ou encore collaboration avec des organisations non gouvernementales telles que *Sea Shepherd* pour assurer la surveillance des ZEE. Au-delà des conventions régionales, qui regroupent les États autour d'un biome commun à leurs eaux territoriales, de nombreuses structures permettent une gouvernance concertée des ressources marines et des activités en mer. On peut citer les organisations régionales de gestion des pêches mais aussi des cadres plus spécifiques comme le Sommet de Yaoundé (regroupant 22 pays bordant le golfe de Guinée), où la coopération permet de pallier certaines limites matérielles. Ainsi, les pays de la zone D du Sommet de Yaoundé⁶ ont mutualisé leurs moyens et autorisent par exemple leurs marines respectives à patrouiller et arrêter des navires dans les eaux de leurs voisins et partenaires. Ces collaborations interétatiques deviendront de plus en plus nécessaires, à mesure que les changements climatiques modifieront les conditions d'opérations en mer, encourageant parfois le développement de nouvelles activités, légales ou non, voire la mise sous tension de secteurs économiques essentiels. Ainsi, pour un pays comme le Pérou, où l'industrie de la farine et de

6. Il s'agit du Cameroun, de la Guinée équatoriale, du Gabon et de Sao-Tomé-et-Principe.

l'huile de poisson est aujourd'hui largement développée et constitue une part importante de l'économie, la migration des ressources halieutiques (anchois notamment) vers les eaux chiliennes représente une menace significative pour l'économie qu'il convient d'anticiper en ouvrant les discussions autour de potentiels accords de pêche.

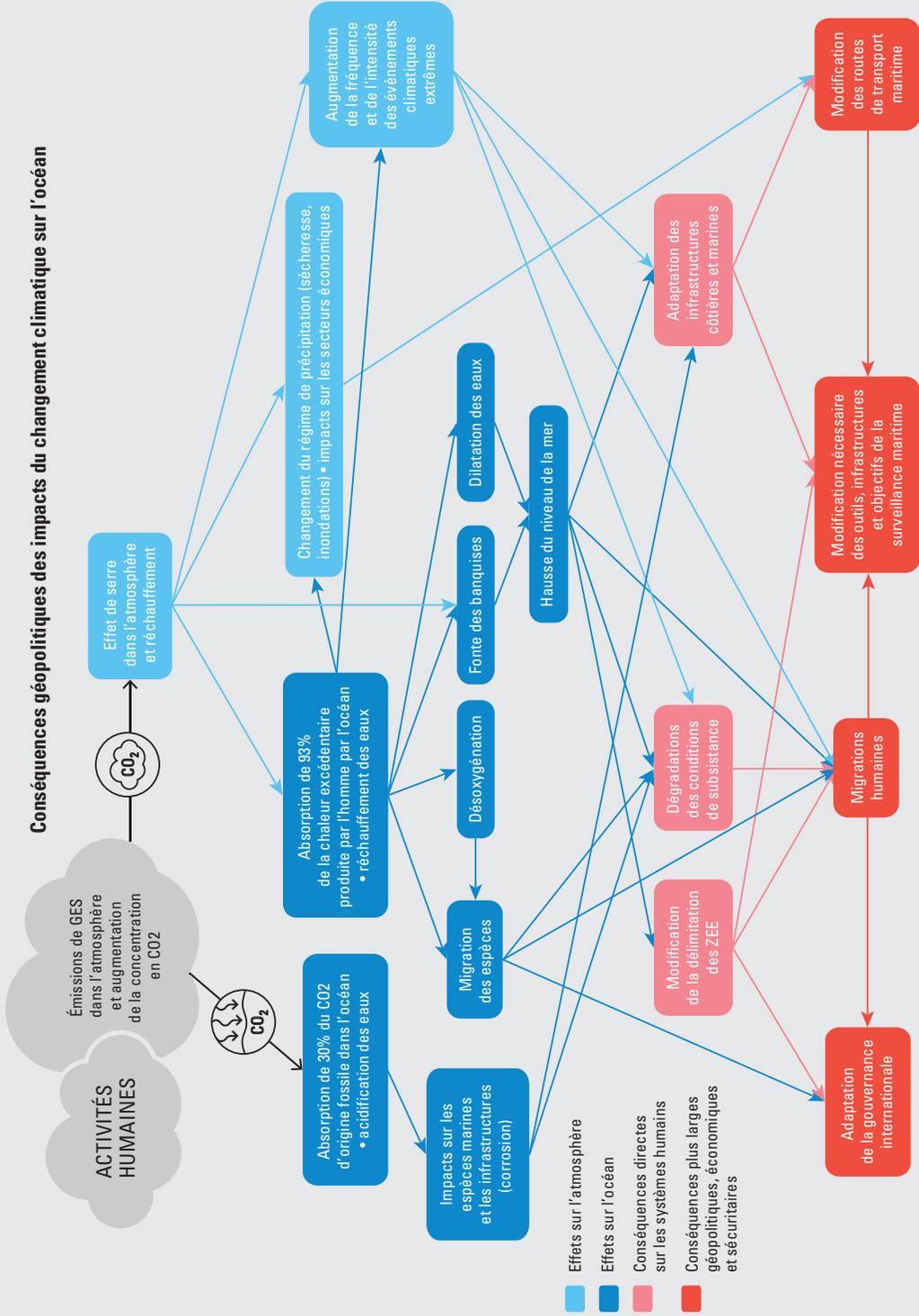
La hausse du niveau des océans, facteur de bouleversement des équilibres du droit de la mer?

L'augmentation de la température de l'océan, aussi infime puisse-t-elle paraître (quelques degrés), va entraîner une dilatation de la masse d'eau. Associé à une fonte des calottes polaires et glaciaires, ce phénomène aura un impact direct sur le niveau des mers de l'ensemble du globe. Bien que cette hausse ne soit pas homogène, on peut affirmer sans erreur que certains territoires seront submergés de manière saisonnière ou définitive, avec des conséquences sociales, économiques, mais également géopolitiques.

De fait, la hausse du niveau de la mer affectera la définition juridique des ZEE et des eaux territoriales. À l'heure où de nombreuses tensions se cristallisent autour de la détermination de leurs frontières, de telles perturbations pourraient venir les renforcer. Depuis la convention de Montego Bay qui a posé les grands principes du droit de la mer en 1982, les eaux territoriales et les ZEE sont définies comme les espaces maritimes qui s'étendent entre le trait de côte et la limite des 12 milles nautiques pour les premières et celle des 200 milles nautiques pour les secondes. La délimitation des frontières de ces espaces cruciaux, stratégiques pour les États, s'appuie donc essentiellement sur le trait de côte. Or ce trait de côte connaîtra des phénomènes d'érosion et de submersion, impactant les frontières des ZEE et des eaux territoriales, avec des conséquences économiques et stratégiques⁷. Certains États risquent de perdre une partie de la surface sur laquelle ils exercent actuellement un contrôle, d'autres risquent de disparaître entièrement (comme l'archipel de Tuvalu) sous les eaux. Comment définir les ZEE et les eaux territoriales dans un contexte d'évolution du trait de côte, voire de disparition d'un territoire insulaire? Quel équilibre trouver entre adaptation face aux changements climatiques et maintien de la souveraineté? Certains pays contestant les espaces maritimes actuellement définis ont intérêt à ce que ces frontières soient modifiées, tandis que d'autres craignent que la montée des eaux ne réduise les espaces qu'ils contrôlent, aux dépens des activités économiques

7. Michael Strauss, "The Future of Baselines as the Sea Level Rises: Guidance from Climate Change Law", *Journal of Territorial and Maritime Studies*, 2019.

Conséquences géopolitiques des impacts du changement climatique sur l'océan



- Effets sur l'atmosphère
- Effets sur l'océan
- Conséquences directes sur les systèmes humains
- Conséquences plus larges géopolitiques, économiques et sécuritaires

s'y tenant habituellement. Une coordination interétatique, si ce n'est un accord international, sera sans doute indispensable pour pallier l'actuel flou juridique sur ces questions et éviter d'importantes complications.

Migrations et réfugiés climatiques : face à la réalité, l'impossible consensus ?

Les flux migratoires découlant des impacts des changements climatiques revêtiront évidemment une dimension océanique, principalement en raison de l'exposition des populations aux risques côtiers mais aussi des incidences sur les conditions de subsistance dépendant directement des ressources marines. La hausse du niveau des mers, l'acidification et le réchauffement des océans ainsi que l'amplification, en intensité et en fréquence selon les cas, des catastrophes naturelles frappant les littoraux (cyclones, tempêtes qui provoquent inondations et glissements de terrain) pourront conduire les populations à quitter momentanément voire définitivement leur implantation pour d'autres localités moins exposées à ce type de risques. Ces mouvements nécessitent plusieurs niveaux de coordination : sur le territoire national d'un État, entre régions exposées et régions plus sûres, entre États, mais aussi au niveau régional et international pour la gestion des flux, l'harmonisation des politiques d'accueil et la détermination de foyers de substitution pour les populations dont le territoire ne sera plus habitable. Certains pays comme le Vietnam, le Vanuatu et la Papouasie-Nouvelle-Guinée mettent déjà en œuvre des stratégies de relocalisation des populations vulnérables. Néanmoins, il n'existe pas, sur le plan international, de statut de réfugié climatique : la Convention de Genève en vigueur ne le permet pas et les implications de l'aboutissement d'un tel processus, potentiellement considérables, continuent d'effrayer les États. Certains pourraient par exemple se voir imposer l'accueil de populations – issues de territoires devenus inhabitables – en raison de critères tels la proximité géographique, le niveau d'émissions de gaz à effet de serre national par habitant, etc. De fait, les discussions demeurent très complexes, personne ne souhaitant ouvrir la boîte de Pandore. Si certaines agences internationales comme le Comité des droits de l'homme des Nations unies se sont positionnées⁸ en liant droit d'asile climatique et droit à la vie, pour sa part reconnu, le Haut-Commissariat pour les réfugiés et l'Organisation internationale pour les migrations restent très prudents sur le sujet. Leurs États-membres sont pour l'heure plus enclins à se prononcer sur des situations d'urgence liées aux catastrophes naturelles que sur ces problématiques de long terme.

8. Selon les experts du comité, « la dégradation de l'environnement peut porter préjudice au bien-être d'un individu et mener à une violation de son droit à la vie ». « Demandes d'asile liées au changement climatique : une première pour le Comité des droits de l'homme de l'ONU », ONU info, 24 janvier 2020.

L'océan : « la » solution aux changements climatiques ?

Enfin, l'océan offre des possibilités de lutter contre les changements climatiques, à travers le développement des énergies marines renouvelables (EMR) et le recours à la géo-ingénierie marine, mais sont-elles viables ? Comment s'assurer que les solutions développées ne perturbent pas davantage les équilibres écologiques et géopolitiques ?

Les énergies marines renouvelables (EMR) : des solutions encore immatures ?

Les EMR tirent profit de l'énergie de l'océan, des courants marins (hydroliennes), des vagues (houlomoteur), des phénomènes de marée (marémoteur) ou encore des différences de température (énergie thermique) ou de salinité (gradient). Si l'énergie du vent, à travers l'éolien en mer, posé ou flottant, est parfois considérée comme une énergie marine renouvelable, certaines organisations (*Ocean Energy Europe* ou *Ocean Energy System*, entre autres) restreignent leur définition des EMR aux énergies générées uniquement par le milieu marin, excluant de fait l'éolien. Nous suivrons ici cette définition.

Les EMR sont infinies et de nombreux acteurs soulignent l'incroyable potentiel de telles sources, qui pourraient produire 100 à 400 % de la demande globale en électricité⁹. Cependant, leur développement se heurte à des conditions d'opération en mer exigeantes : les courants et les vagues nécessitent des fixations importantes dans les fonds marins ; la salinité, la température, la pression mais aussi les organismes marins (poissons, cétacés, algues, coquillages), qui évoluent autour ou dans les infrastructures, sont autant de facteurs à prendre en compte qui complexifient leur déploiement.

Les investissements nécessaires sont colossaux et ne peuvent à l'heure actuelle faire face à un prix du pétrole en baisse¹⁰ et à un secteur des énergies renouvelables terrestres (éolien, solaire) de plus en plus compétitif. Les initiatives se multiplient pour mettre au point des technologies efficaces et résistantes, permettant à leurs opérateurs de relier facilement la production d'électricité en mer au réseau national et d'entretenir les infrastructures à moindre coût. Le développement de ces technologies est particulièrement avancé en Europe (France, Royaume-Uni, Portugal), en Asie (Japon, Corée du Sud) et au sein de *hubs* d'innovation comme

9. Ce chiffre fait référence au potentiel énergétique théorique des systèmes évoqués. *Ocean Energy Systems (OES), Annual Report, 2017*.

10. En pleine crise de la Covid-19, le prix du baril a chuté à 20 dollars fin mars 2020.

les États-Unis et Israël. Les unités marémotrices (comme celle de la Rance en France) sont actuellement les technologies les plus matures, tandis que l'énergie thermique des mers se développe pour permettre notamment la climatisation de certaines infrastructures ou l'alimentation des unités de dessalement. Cependant, ces initiatives font face à un manque de flux financiers, à la fois en investissements directs, pour leur passage à échelle, et en contrats de projets pilotes pour l'amélioration de leurs performances et de leurs procédés à grande échelle.

Le potentiel immense de ces énergies marines pourrait, si le paysage de l'économie de l'énergie actuel change au profit des énergies renouvelables et de l'innovation, modifier les relations interétatiques, en permettant à des pays insulaires ou aux côtes exposées aux marées, aux courants et à la houle, de générer une part importante de leur électricité, de dessaler l'eau de mer et de réduire leur dépendance aux importations. Le Japon, la Corée ainsi que les États-Unis – avant 2016 – ont investi d'importantes sommes dans la recherche et le développement, y voyant une opportunité économique et stratégique. L'Europe, qui serait en mesure de déployer une capacité de production à partir d'énergies marines renouvelables équivalente à 10 % de sa demande énergétique d'ici 2050¹¹, a financé des centres de recherche de pointe et encourage ses jeunes pousses. Dès que les conditions le permettront, une compétition technologique et géopolitique s'ouvrira vraisemblablement dans ce secteur, telle celle que l'on observe aujourd'hui autour des innovations bas carbone.

La tentation de la géo-ingénierie

La géo-ingénierie propose une autre approche de ces questions d'atténuation. Sa déclinaison marine¹² se situe dans la catégorie des techniques reposant sur la captation et le stockage du carbone (*Carbon capture and storage – CCS*). Elle s'appuie sur l'idée, relativement simple, de doper artificiellement la capacité de stockage du carbone du système Terre à travers le processus dit de fertilisation des océans. En somme, cela revient, *via* la dissémination de particules ferreuses, à stimuler la prolifération du phytoplancton, organisme marin clef dans la chaîne trophique, qui a la capacité naturelle d'absorber le dioxyde de carbone de l'atmosphère puis de l'entraîner avec lui au fonds des océans quand il meurt. La fiabilité de ce procédé n'est cependant toujours pas démontrée, des expérimentations menées à grande échelle concluant à l'inefficacité de la

11. Selon *Ocean Energy Europe*.

12. Bastien Alex, « Géo-ingénierie marine. Des risques climatiques aux risques géopolitiques », *La Revue internationale et stratégique*, vol. 95, 2014.

stimulation artificielle qui s'arrêterait au bout de quelques jours ou aurait tendance à affecter négativement d'autres nutriments comme les nitrates, les phosphates, la faune et la flore¹³. Enfin, ces techniques contreviennent potentiellement au protocole de Londres de 1996 sur la prévention de la pollution des mers par immersion de déchets ou d'autres matières, dont certains États, comme l'Australie en 2013, ont demandé le renforcement afin d'interdire les expérimentations. Plusieurs risques subsistent, comme celui de la libération de grandes quantités de méthane lors de la descente des algues vers les fonds marins. La principale crainte des scientifiques demeure cependant les failles de la réglementation actuelle¹⁴, perçues par certains acteurs comme des opportunités économiques *via* la revente de crédit carbone. Sans bannir des techniques dont nous pourrions avoir besoin, il nous faut encore une fois, à travers la coopération et la gouvernance, fixer un cadre légal permettant de réaliser sans risque les expérimentations nécessaires à l'évaluation des solutions les plus sérieuses afin qu'elles bénéficient à tous et ne créent pas de tensions ou d'injustices supplémentaires.

La gestion de l'océan, de ses espaces et des ressources qu'il abrite constitue un enjeu pour lequel les changements climatiques jouent le rôle de catalyseur. On observe ainsi une forme d'«océanisation» des enjeux géopolitiques, soit la prise de conscience croissante de l'influence de l'océan – et donc de ses modifications – sur l'organisation du système international (transport, commerce, alimentation, énergie, sécurité). S'y préparer nécessite tout autant d'anticiper l'ampleur des changements que de penser le caractère applicable des solutions pour en absorber les chocs. À n'en pas douter, celles-ci se situent sur le terrain de la gouvernance, de la coopération et du développement viable. La communauté internationale, si elle souhaite se hisser à la hauteur des ambitions qu'elle a toujours affichées mais rarement atteintes, doit se placer sur le terrain de la concertation responsable. La recomposition actuelle des rapports de force internationaux, portée par l'émergence et l'implication grandissante de nouveaux acteurs – dont les citoyens – pourrait constituer à ce titre une opportunité. Plus que jamais, la lutte contre les changements climatiques doit s'accompagner d'une révision de nos modes de collaboration, gestion des ressources, de production et de répartition des richesses. L'océan peut en être le véhicule.

13. Gattuso J-P *et al.*, "Ocean Solutions to Address Climate Change and Its Effects on Marine Ecosystems", *Frontiers in Marine Science*, 5:337, 2018.

14. Chris Vivian et Philipp Boyd, « Faut-il fertiliser les océans ou créer des nuages pour refroidir le climat ? Personne ne sait. », *Pour la Science*, 20 juin 2019.

Les numéros publiés :

N°1 - *L'action de l'État en mer et la sécurité des espaces maritimes.*

La place de l'autorité judiciaire. Octobre 2011

N°2 - *Planète Mer. Les richesses des océans.* Juillet 2012

N°3 - *Mer agitée. La maritimisation des tensions régionales.* Janvier 2013

N°4 - *L'histoire d'une révolution. La Marine depuis 1870.* Mars 2013

N°5 - *La Terre est bleue.* Novembre 2013

N°6 - *Les larmes de nos souverains. La pensée stratégique navale française...* Mai 2014

N°7 - *Union européenne: le défi maritime.* Décembre 2014

N°8 - *Abysse.* Juin 2015

N°9 - *Outre-mer.* Décembre 2015

N°10 - *Marines d'ailleurs.* Juin 2016

Hors série - *Ambition navale au XXI^e siècle.* Octobre 2016

N°11 - *Littoral.* Décembre 2016

Hors série - *La mer dans l'Histoire.* Mars 2017

N°12 - *Ruptures.* Juin 2017

N°13 - *Marins.* Décembre 2017

N°14 - *Liberté.* Juin 2018

Hors série - *La Marine dans la Grande Guerre.* Novembre 2018

N°15 - *Nourrir.* Janvier 2019

N°16 - *Énergies.* Juin 2019

N°17 - *Stratégie.* Janvier 2020

LES PUBLICATIONS DU CESM

Centre de réflexion stratégique, le CESM diffuse cinq publications régulières sur la stratégie navale et les principaux enjeux maritimes.

Études marines

Chaque semestre, des regards croisés sur un sujet maritime, de géopolitique, d'économie, d'histoire...

Cargo Marine

Des études apportant une connaissance approfondie d'une problématique navale ou maritime.

Périscopes

Revue de presse bimestrielle dont l'objectif est de présenter l'état de la réflexion navale internationale autour de grands thèmes d'actualité. Diffusé par mail, il recense des analyses de fond consacrées aux enjeux navals et maritimes, avec une attention particulière portée aux questions de stratégie navale.

Brèves Marines

Diffusée par mail, cette publication offre chaque mois un point de vue à la fois concis et argumenté sur une thématique maritime d'actualité.

Les @mers du CESM

Cette revue de veille bihebdomadaire, également diffusée par mail, compile les dernières actualités concernant le domaine naval et maritime.

Ces publications sont disponibles en ligne à l'adresse suivante:
cesm.marine.defense.gouv.fr

Vous pouvez également vous abonner sur simple demande à:
cesm.editions.fct@intradef.gouv.fr

ISSN 2119-775X

Dépôt légal Juin 2020
Achevé d'imprimé au 2^e trimestre 2020
Impression Sipap-Oudin, Poitiers
Réalisation Marie-Laure Jouanno

ENJEUX CLIMATIQUES

Longtemps perçu comme un horizon lointain, aux effets assez abstraits, le changement climatique se manifeste de nos jours très concrètement à terre, à travers des épisodes de canicules, des incendies, des évènements climatiques extrêmes.

Il se manifeste à l'identique sur les mers et les océans. Les tempêtes, ouragans se font plus dévastateurs, les coraux s'étiolent, le niveau de la mer monte, voilà pour les impacts les plus visibles. Mais il en est d'autres, plus insidieux et de plus long terme : des risques de submersion qui augmentent, une fragilité des infrastructures de transport maritime, une recomposition des zones de pêche et par là des questions autour de la sécurité alimentaire, des migrations.

Des impacts géopolitiques qui, bien entendu, toucheront aussi les forces navales.



N°18 – Juin 2020
Centre d'études stratégiques de la Marine

