

Le changement climatique et ses conséquences économiques

Par Laurent MONTADOR

Directeur général adjoint de la Caisse centrale de réassurance (CCR)

Alors que les rapports successifs du GIEC consolident les projections relatives à l'évolution du climat à l'horizon 2050, la modélisation des impacts du changement climatique sur les événements climatiques extrêmes gagne en précision et en opérationnalité. Les modèles développés par la CCR depuis plus d'une quinzaine d'années permettent de disposer à l'échelle de la France d'une vision territorialisée de l'évolution potentielle du coût des catastrophes naturelles. Cette perspective d'évolution inquiétante pour la sécurité des personnes comme pour la résilience économique du pays mettra fort probablement en tension un régime d'indemnisation des catastrophes naturelles, qui fondé sur la solidarité nationale est unique en Europe. Face à ces évolutions, il n'est guère d'autre chemin que celui de l'adaptation, de la dynamisation des pratiques de prévention et du renforcement de l'efficacité des politiques publiques menées en la matière.

Introduction

Maillon essentiel de la gestion des risques par l'État, la Caisse centrale de réassurance (CCR) s'est dotée, depuis de nombreuses années, d'une chaîne de modélisation permettant de quantifier les conséquences économiques et financières des risques extrêmes.

Cette plateforme s'avère être indispensable pour accompagner l'État dans ses réflexions en matière de gestion des risques extrêmes et pour permettre l'efficacité des dispositifs d'indemnisation et de prévention des risques. Elle a pu être développée et enrichie au fil des ans grâce à des partenariats scientifiques avec des acteurs de référence en France, qu'il s'agisse de centres de recherche, d'universités ou de grandes écoles. Grâce à ces partenariats et aux retours d'expérience à la suite d'événements survenus dans le passé, les équipes de recherche et développement de la CCR contribuent à une amélioration continue des modèles et à renforcer la pertinence de ces derniers. Compte tenu du rôle central de la CCR en matière de couverture des risques de catastrophes naturelles, nos efforts se portent prioritairement sur ces derniers. Ces efforts plus que nécessaires dans un contexte de changement climatique, dont les premiers effets se font déjà sentir, visent à quantifier et si possible à réduire les nombreuses incertitudes en la matière.

Mais l'utilité de ces travaux va bien au-delà du seul régime d'indemnisation des catastrophes naturelles, servant en particulier à l'évaluation des conséquences du changement climatique sur le secteur agricole.

Dans cet article, nous dressons un bilan des travaux menés ces dernières années pour mieux évaluer l'impact du changement climatique et des enseignements qui en sont tirés pour appuyer les pouvoirs publics dans l'amélioration des politiques de prévention.

Modélisation du changement climatique

Les scénarios du GIEC

L'analyse du changement climatique ne peut s'effectuer sans faire référence aux scénarios de projections climatiques du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ces scénarios permettent de structurer les études et les modélisations portant sur les catastrophes naturelles. L'année 2021 a été marquée par la publication du dernier rapport de ce groupe de travail, lequel fait état d'une augmentation significative du nombre des vagues de chaleur notamment en zone urbaine au cours des prochaines décennies. Dans le même temps, ce rapport alerte sur l'augmentation des précipitations extrêmes et des inondations consécutives dans le futur. La COP26, qui s'est tenue à Glasgow en novembre 2021, a une nouvelle fois rappelé l'urgence de maintenir le réchauffement climatique sous les 2°C d'ici à 2100 afin d'éviter un emballement climatique possible au-delà de ce seuil.

Pour rappel, les deux scénarios les plus importants sont le RCP4.5 et le RCP 8.5. Le premier correspond à une concentration de GES de ~ 500 ppm d'équivalents CO₂ en 2050 et de ~ 660 ppm en 2100, et à une augmentation des températures se situant entre 1,6 et 2,5°C en 2050 et entre 2,1 et 3,5°C en 2100. C'est un scénario qualifié d'optimiste, du fait qu'il prévoit une stabilisation des émissions de GES à un niveau faible jusqu'en 2050, puis une diminution de celles-ci jusqu'en 2100 (IPCC 2021).

Dans le scénario RCP8.5, les concentrations en GES évoluent fortement ; elles sont estimées à environ 600 ppm en 2050 et sont supérieures à 1 370 ppm en 2100. En termes d'augmentation des températures, les

estimations prévoient des hausses comprises entre 1,9 et 3,0°C en 2050 et entre 3,3 et 5,7°C en 2100 (IPCC 2021). Ce scénario est toujours considéré comme le plus pessimiste et correspond à une poursuite de l'augmentation des émissions de GES au rythme actuel.

Ces deux scénarios ont été retenus par Météo-France et la CCR pour réaliser leurs projections climatiques.

La méthode choisie

Le modèle Arpege-Climat de Météo-France

Développé depuis 1990 par Météo-France, le modèle Arpege-Climat est un modèle de prévision et d'évolution du climat à l'échelle mondiale. Ce modèle a ensuite été amélioré pour intégrer, notamment, les différents scénarios du GIEC précités.

Le modèle Arpege-Climat a été utilisé pour simuler 400 répétitions de l'année 2000 et 400 répétitions de l'année 2050 pour les deux scénarios 4.5 et 8.5. Cela permet de prendre en compte la variabilité climatique. Plus précisément, c'est la répétition des événements qui permet l'analyse des scénarios extrêmes en termes de fréquence et d'intensité. Arpege-Climat est couplé à Safran-ISBA, qui est un modèle sol-atmosphère permettant de calculer la teneur en eau du sol (Soil Wetness Index – SWI). La descente d'échelle s'effectue *via* une approche quantiles/quantiles appliquée à la base de réanalyse Safran pour les précipitations et le SWI.

Les données en sortie de ce modèle alimentent les différents modèles Cat développés par la CCR :

Données Arpege-Climat et Safran-ISBA-MODCOU (SIM2)	Modèles CCR
Précipitations	Inondations
Composantes horizontales de la vitesse du vent à 10 m	Submersion marine
Pression atmosphérique	Submersion marine
Indice d'humidité des sols (SWI)	Sécheresse géotechnique

Tableau 1 : Mise en relation entre les modèles développés par Météo-France et ceux de la CCR. À noter que le modèle SIM2 est alimenté par une dizaine de paramètres météorologiques issus des simulations climatiques et calculés sur une maille de 8 x 8 km sur la France métropolitaine avec un pas de temps horaire.

La chaîne de modélisation développée par la CCR

Les modèles de catastrophes, dits modèles « Cat », développés par le secteur de l'assurance, se composent généralement de trois modules :

- un module d'aléa, qui permet de simuler les événements climatiques. Il est couplé au modèle Arpege-Climat ;
- un module de vulnérabilité, qui intègre la localisation et la caractérisation des biens assurés, notamment leur valeur assurée, qui est le plus souvent estimée, ainsi que les projections de population à l'horizon 2050 ;
- un module de dommages, qui permet de traduire l'intensité de l'aléa pour chaque événement simulé. Les données sont croisées avec celles de vulnérabi-

lité, traduites en coût monétaire à l'échelle du bien, de la commune ou du territoire pris dans son ensemble.

Les modèles Cat de la CCR s'intéressent principalement aux périls couverts par le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles en vigueur en France : inondations (par débordement, ruissellement, remontées de nappes, submersions marines), sécheresse, mouvements de terrain, avalanches, séismes, tsunamis, volcanisme, cyclones et ouragans (vents cycloniques de vitesse supérieure à 145 km/h en moyenne sur 10 min ou à 215 km/h en rafales). Cette approche multi-périls permet de prendre en compte la dépendance entre les aléas climatiques et de produire des années climatiques qui incluent des épisodes de précipitations, de sécheresse ou de tempêtes extrêmes.

Projection des portefeuilles en 2050 tenant compte de l'inflation (étude 2018)

La valeur assurée des biens (habitations, commerces, entreprises) est un enjeu majeur de l'évaluation des dommages. L'estimation repose à la fois sur des données fournies par les assureurs et sur des algorithmes permettant de compléter ces dernières. Ainsi, les valeurs assurées des biens, y compris pour les portefeuilles d'assurance actuels, sont des estimations. La prise en compte de la projection des enjeux assurés aux mêmes horizons d'étude que celui des aléas est très importante pour appréhender au mieux l'exposition future de ces enjeux.

Le travail de projection réalisé a reposé sur l'évaluation de l'augmentation du nombre des risques assurés, leur répartition spatiale et l'estimation de l'évolution des valeurs assurées. Pour ce faire, les scénarios de projections démographiques de l'Insee ont été utilisés pour estimer le nombre des risques Particuliers et Professionnels en 2050, ainsi que leur valeur future possible.

Un scénario tendanciel a été utilisé pour estimer l'évolution des valeurs assurées. Il repose sur deux indicateurs : l'indice des prix à la consommation 1971-2017 et l'indice des prix à la construction 1974-2018. L'évolution moyenne annuelle de ces indicateurs est calculée sur plusieurs périodes de référence et est appliquée aux valeurs assurées actuelles. Après application des coefficients, on constate que les valeurs assurées pourraient atteindre 30 000 Mds€ en 2050 contre environ 14 000 Mds€ aujourd'hui. Bien sûr, cette augmentation des valeurs assurées se reflétera aussi dans une augmentation des primes d'assurance dommages.

Effet combiné de l'évolution de l'aléa et de la vulnérabilité : quelles conséquences économiques ?

Pour mesurer uniquement ces effets, il faut figer les valeurs assurées à leur valeur d'aujourd'hui. À climat actuel, les dommages cumulés des inondations, sécheresses et submersions marines s'élèvent en moyenne à 1 Md€ sur une année en métropole.

En tenant compte d'une évolution tendant à une concentration des enjeux assurés dans les zones à

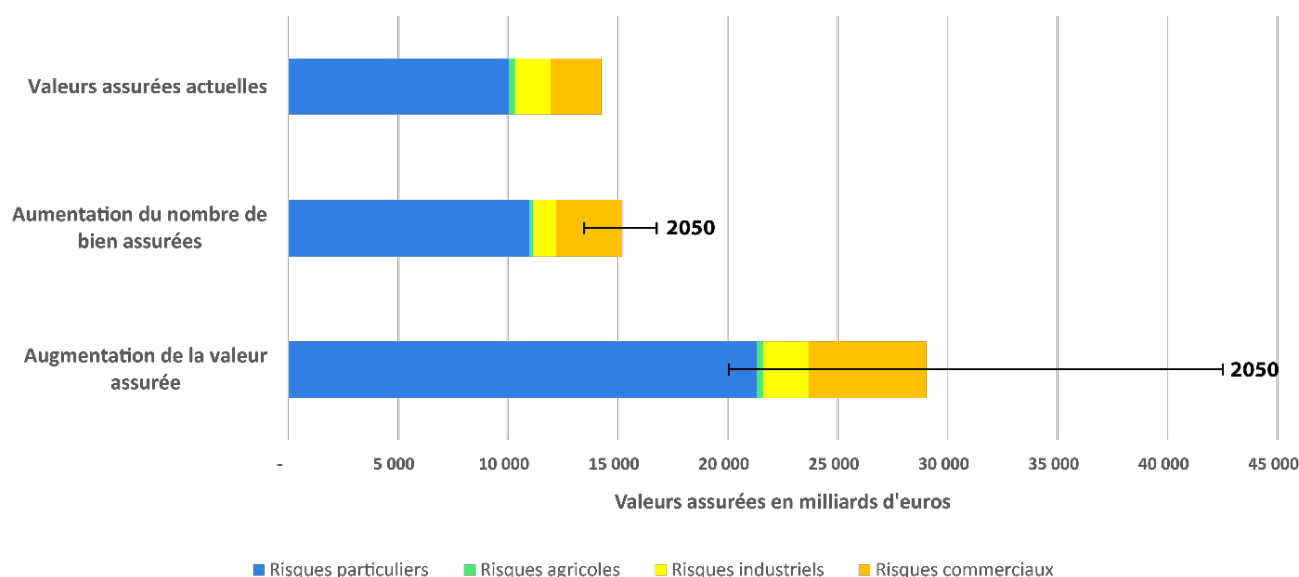


Figure 1 : Valeurs assurées estimées en France métropolitaine : portefeuille assuré actuel, avec intégration de l'évolution des biens assurés et des valeurs assurées tenant compte de l'inflation – Source : CCR.

risque, cette étude montre que la sinistralité augmenterait, à valeurs assurées constantes, de 50 % à l'horizon 2050 selon le scénario RCP8.5, pour atteindre 1,5 Md€ annuels. Ce chiffre est dû pour 35 % à l'évolution de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques et pour 15 % à la concentration des biens assurés dans les zones à risque. La sinistralité augmenterait de 35 % à l'horizon 2050 selon le scénario RCP4.5, avec 20 % dus à l'évolution de la fréquence des aléas et 15 % à la vulnérabilité. Néanmoins, de fortes disparités régionales sont observées selon l'évolution des dommages assurés à l'horizon 2050. En effet, les travaux réalisés montrent une augmentation accrue des dommages assurés sur le littoral atlantique (> 60 %) et l'Île-de-France (> 40 %). En revanche, sur le pourtour méditerranéen, l'évolution des dommages assurés seraient de « seulement » 30 %, tous périls confondus.

L'étude par aléa climatique souligne des territoires particulièrement exposés à certains périls. Les inondations engendrent une évolution des dommages assurés de + 60 % sur la façade atlantique et en Île-de-France et une diminution des pertes jusqu'à 25 % dans le Massif central.

Les submersions marines impactent particulièrement les départements de Vendée et de Charente-Maritime, et de manière moins importante le littoral méditerranéen. Les sécheresses géotechniques impactent l'ensemble du territoire de manière relativement homogène, contrairement à ce que l'on a pu observer dans le passé.

Si l'on tient compte de l'augmentation des valeurs assurées, telle que prévue par nos projections (de 14 000 à 30 000 Mds€), la sinistralité augmentera proportionnellement pour atteindre 200 %, soit 3 Mds€ de dommages moyens annuels.

Les territoires d'Outre-mer sont également fortement exposés, notamment aux cyclones. Ces événements peuvent avoir des impacts conséquents, avec des

pertes humaines et économiques majeures. Cela a notamment été le cas en 2017, avec le passage de l'ouragan Irma sur les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, qui a causé 2 Mds€ de dommages assurés. Depuis l'intégration en 2000 du péril vents cycloniques dans le régime Cat Nat, aucun événement de cette ampleur ne s'est produit. Il est précisé que si le cyclone Irma était passé sur la Guadeloupe, le coût des dommages assurés aurait dépassé les 10 Mds€.

Une étude spécifique du risque cyclonique dans les Outre-mer a été menée en 2020. Elle a permis d'apporter des éléments de réflexion sur l'exposition de ces territoires aux événements extrêmes, à climat actuel et à climat futur. Les projections à horizon 2050 d'événements rares comme les cyclones souffrent de nombreuses incertitudes. L'interprétation des résultats d'Arpege-Climat à une échelle aussi large que des territoires comme les Antilles ou la Réunion n'a pas permis de conclure à une évolution de la fréquence de ces événements. En revanche, il a été possible de reconstituer des événements majeurs à partir des trajectoires simulées. Par exemple, pour la Guadeloupe, les pertes assurées résultant de cyclones de catégories 5/5+ se situent entre 12,1 et 18 Mds€. La moyenne des scénarios est de 4,9 Mds€.

Le régime Cat Nat couvre les dommages causés aux biens des particuliers, des entreprises et des collectivités. En revanche, il ne compense pas les pertes de récoltes subies par les agriculteurs. Celles-ci sont couvertes par d'autres dispositifs d'indemnisation, comme le Fonds national de gestion des risques en agriculture (FNGRA) et l'assurance Récoltes. Les agriculteurs sont particulièrement exposés au changement climatique. Compte tenu de son rôle de gestionnaire du FNGRA et de la mission de suivi du développement de l'assurance Récoltes que lui a confiée le ministère chargé de l'Agriculture, la CCR a également cherché à quantifier l'impact du changement climatique sur les pertes de récoltes.

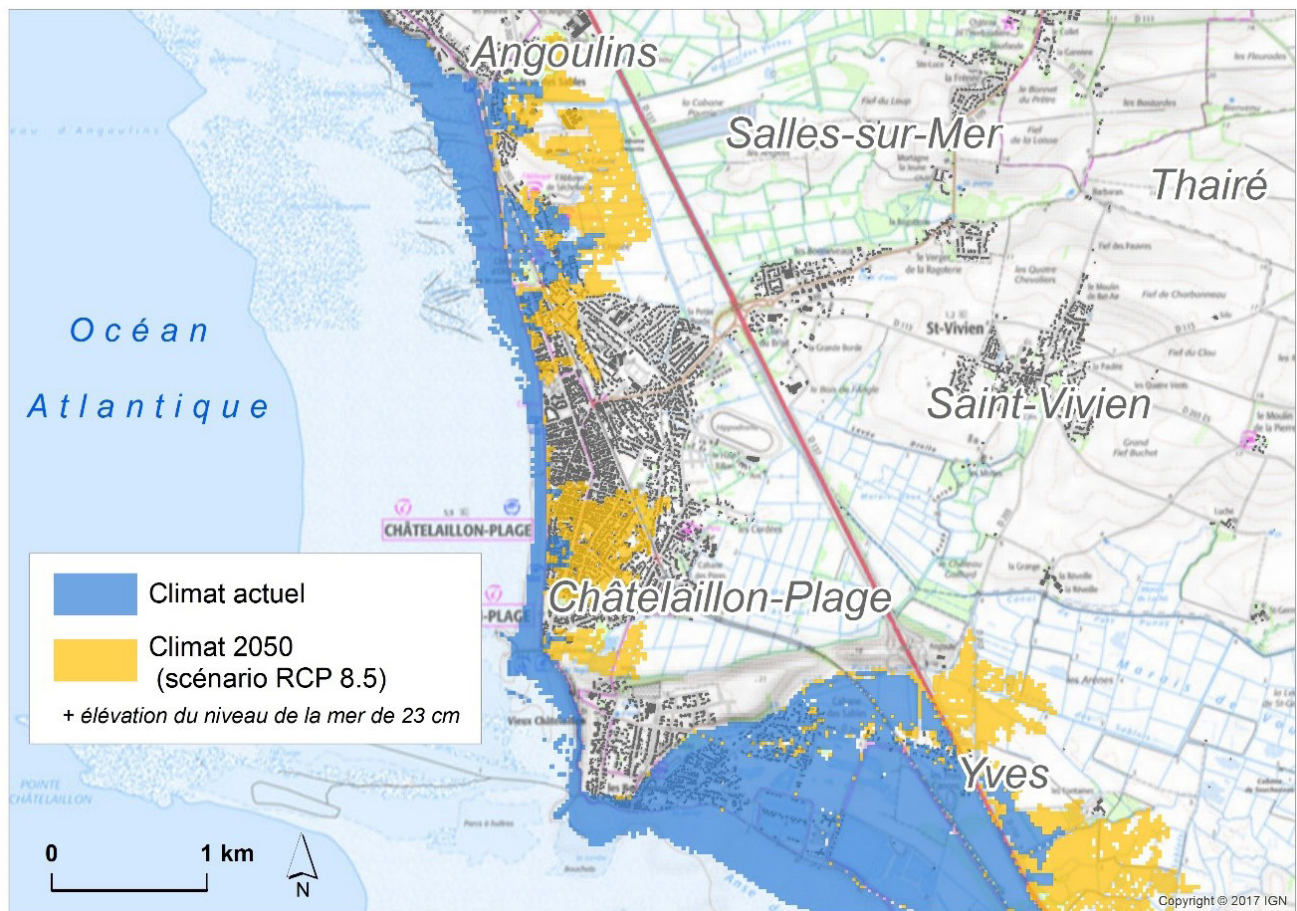


Figure 2 : Cartographie des zones susceptibles d'être inondées à la suite d'un événement centennal de submersion marine, à climat actuel et à climat futur intégrant une hypothèse d'élévation du niveau de la mer de 23 cm.

Les dommages aux récoltes agricoles

L'étude de modélisation et de projections climatiques réalisée par la CCR porte sur deux céréales à paille (le blé tendre d'hiver et l'orge d'hiver) et sur les prairies. Les céréales à paille sont sensibles aux extrêmes de sécheresse et aux excès d'eau. Les prairies, qui servent à l'alimentation du bétail, sont, quant à elles, principalement exposées aux sécheresses.

D'un point de vue historique, les sécheresses majeures ayant engendré le plus de pertes sont celles de 2003 et de 2011. Les pertes de production liées à la sécheresse de 2003 ont été, à l'échelle nationale, de 30 % pour les prairies et de 10 % pour le blé tendre d'hiver et l'orge d'hiver. En 2016, c'est l'excès d'eau qui a causé le plus de pertes pour les céréales, avec un taux de 28 % à l'échelle nationale.

Nos projections climatiques montrent que ces sécheresses extrêmes verraient leur période de retour, qui est aujourd'hui de 10 ans à climat actuel, passée à 6 ans à climat futur. Le déficit hydrique augmentera sur tout le territoire français métropolitain, s'accompagnant d'une augmentation des pertes de récoltes décennales de 35 % pour les prairies, et qui ira jusqu'à 75 % pour le blé tendre d'hiver et à 79 % pour l'orge d'hiver à l'échelle nationale. La moitié nord de la France semblerait devoir être plus impactée par cette évolution des sécheresses extrêmes que le sud de la France, même si le pourtour

méditerranéen enregistrera certainement des intensités de sécheresse plus élevées.

Quant aux excès en eau, les variabilités régionales sont très importantes. En effet, l'indice climatique enregistre une diminution de ses valeurs se situant entre 25 et 50 % sur le pourtour méditerranéen, alors que celles-ci sont en augmentation dans la moitié nord de la France.

Prévention : agir dès maintenant

Les conséquences du changement climatique sur l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements climatiques extrêmes viennent interroger les stratégies conduites par les acteurs privés comme les politiques publiques menées en matière de prévention des risques naturels majeurs. La première question qui se pose au regard des pratiques actuelles de prévention, porte sur la pérennité de leur efficacité face au dérèglement climatique à venir. Ce qui est efficace aujourd'hui le sera-t-il encore demain ? Ce qui renvoie à une question corolaire : sait-on mesurer l'efficacité des stratégies de prévention tant au regard des aléas du climat actuel que de ceux du climat futur ?

À ce niveau, la France est en train de se doter d'un dispositif permettant une évaluation exhaustive et régulière de l'efficacité des actions qu'elle mène pour prévenir les risques de catastrophes naturelles d'origine

climatique. Ainsi, en utilisant des modèles de simulation d'événements incluant ou non des ouvrages de prévention, la CCR peut mesurer les dommages évités grâce à des études dites « d'analyse coût-bénéfice ». La CCR a, depuis plusieurs années, initié des travaux sur ce sujet. Deux études réalisées ont ainsi porté sur la prévention des inondations et ont montré des résultats concordants.

La première étude a été une évaluation de l'impact des dispositifs de prévention des inondations sur la sinistralité communale au cours de la période 1995-2016

Trois dispositifs ont été étudiés : les plans de prévention des risques d'inondation (PPRi), les plans communaux de sauvegarde (PCS) et les programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI). Les résultats des analyses statistiques conduites démontrent de manière significative l'impact positif des dispositifs étudiés sur la baisse de la sinistralité des communes qui en ont été dotés. La fréquence des sinistres et le ratio sinistres sur primes (S/P), en particulier, baissent de 50 % dans ces communes au cours de la période précitée, alors qu'aucun signal statistique n'est identifié sur les communes exemptes de ce type de dispositifs. Les mesures de prévention analysées ont ainsi contribué à contenir la croissance des dommages assurés liés aux inondations sur la période 1995-2016, à l'échelle nationale.

La seconde étude a porté sur les dommages que les lacs réservoirs du bassin de la Seine ont permis d'éviter lors de la crue de janvier 2018

Survenue en hiver et concernant la majeure partie du bassin de la Seine et de ses affluents, la crue de 2018 est d'une nature différente de celle de 2016, qui était plus lente mais aussi d'une durée plus longue. Les quatre lacs réservoirs situés en amont du bassin disposaient encore à la fin janvier d'importantes capacités de stockage, avec des prises d'eau renforcées grâce aux récents travaux réalisés sur le canal d'amenée Seine. Ces lacs ont ainsi pu être fortement mis à contribution. Ils ont ainsi permis de réduire significativement les hauteurs d'eau (jusqu'à 80 cm) en amont de la confluence de la Seine avec l'Oise et de préserver certaines villes de l'inondation (Saint-Dizier, Châlons-en-Champagne, Troyes)¹. La modélisation de l'impact de cette crue par la CCR a montré que les grands lacs de Seine ont ainsi permis de réduire les dommages d'au moins 30 %, soit une minoration de près de 90 millions d'euros du coût de l'événement Seine-Marne dans son ensemble.

Ces deux exemples illustrent l'efficacité des politiques publiques menées actuellement en matière de prévention des inondations dans les conditions actuelles du climat. Ils suscitent toutefois deux interrogations :

- celle de savoir dans quelle mesure cette efficacité va se trouver dégradée dans l'avenir par l'augmenta-

tion de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques ;

- celle de savoir si la France se prépare à cette dégradation attendue, notamment par la prise en compte de l'aggravation des aléas climatiques dans ses politiques de prévention.

La prise en compte du changement climatique dans les politiques publiques de prévention des risques naturels est aujourd'hui relativement circonscrite. Elle n'est effective que dans le cadre de la prévention des risques de submersion marine pour lesquels des aléas à climat futur peuvent être identifiés avec de relatives certitudes. Les plans de prévention des risques littoraux (PPRL), élaborés par les services de l'État, représentent ainsi dans les communes à risque une réglementation de l'occupation des sols pour partie fondée sur la prise en compte de l'aléa submersion à l'horizon 2100. Ces PPRL, couplés aux documents d'urbanisme locaux (plans locaux d'urbanisme et schéma de cohérence territoriale), constituent le principal levier de la prise en compte du changement climatique dans les politiques actuelles de prévention des risques naturels. Les études réalisées par la CCR sur l'exposition du territoire français à ces risques à l'horizon 2050 illustrent la nécessité de tenir compte dans les politiques publiques de prévention des impacts du changement climatique sur les phénomènes de sécheresse, de cyclone, de débordement des cours d'eau et de ruissellement.

Enfin, l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des événements extrêmes du fait du changement climatique soulève une dernière question : celle du dimensionnement de la politique publique actuelle. Ou, pour être plus direct, en fait-on assez au regard de ce qui nous attend ?

En 2020, la CCR a réalisé, en collaboration avec la direction générale de la Prévention des risques du ministère de la Transition écologique, un important travail² destiné à rendre compte de ce que le Fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) a permis d'impulser depuis sa création, en 1995. Cette analyse visait à mettre en perspective l'un des principaux pans de la politique publique de prévention des risques naturels au regard de l'exposition du territoire, des catastrophes passées et de celles à venir en lien avec le changement climatique. L'objectif final était d'apporter un éclairage quantifié permettant d'objectiver la pertinence des orientations prises en matière de prévention des risques naturels. Cette analyse a permis de montrer les forces de cette politique publique :

- qui parvient à mobiliser les énergies locales suite à la survenue de catastrophes naturelles *via* la mise en place de programmes d'actions de prévention des inondations (plus de 200 de ces PAPI couvrent le territoire national) ;
- qui investit massivement dans la prévention des inondations par débordement, phénomène qui a été

¹ Bilan de la gestion des lacs réservoirs, période du 17 au 31 janvier 2018, EPTB, p. 8.

² « La prévention des catastrophes naturelles par le Fonds de prévention des risques naturels majeurs – Éléments d'éclairage – Bilan 1995-2019 ».

le plus dévastateur par le passé et qui le sera plus encore en 2050 ;

- qui a su évoluer en intégrant de nouvelles façons d'agir (réduction de la vulnérabilité à l'échelle des logements individuels) et qui évolue encore aujourd'hui (expérimentation du financement du *build back better* dans les Landes et les Alpes-Maritimes).

La forte concentration du financement du FPRNM sur la prévention des inondations par débordement et des submersions marines est un atout pour l'adaptation du pays au changement climatique. Son corollaire, toutefois, est d'avoir conduit à une relative faiblesse des investissements en matière de prévention des risques d'inondation par ruissellement, de sécheresse géotechnique ou de cyclone. Certes, des réglementations imposant des prescriptions sur les constructions neuves ont vu ou verront le jour pour réduire la vulnérabilité des biens exposés aux sécheresses et aux cyclones³, mais celles-ci laisseront un « stock » important de biens inadaptés, ceux déjà construits dans les zones à risque.

Avec le risque de retrait-gonflement des argiles, le risque de ruissellement pluvial est probablement l'un de ceux qui mérite le plus l'attention des pouvoirs publics. À la différence des risques de débordement des cours d'eau et de submersion marine, le risque de ruissellement ne fait pas l'objet d'une cartographie exhaustive

des zones exposées. Ce déficit de connaissances et d'investigations empêche les services de l'État, comme ceux des collectivités, de pouvoir structurer l'aménagement du territoire en fonction de ce risque. Il résulte de ce constat qu'une part importante des sinistres (65 % en nombre et 52 % en coût⁴) se produit en dehors des zones de débordement des cours d'eau, celles faisant le plus souvent l'objet d'une cartographie officielle et d'une réglementation associée.

La première des voies de progrès au regard d'une meilleure prise en compte du changement climatique est ainsi celle de l'amplification « sans regret » des politiques existantes, de l'élargissement du champ des phénomènes qu'elles traitent et de l'amélioration de la connaissance des phénomènes impactés par l'évolution climatique. La prise en compte des aléas futurs (au-delà de ce qui est déjà fait pour la submersion marine) est probablement l'une des sources principales d'optimisation des politiques publiques. Celle-ci devrait permettre à terme, lorsque les incertitudes auront été suffisamment identifiées, de faire évoluer les outils de pilotage (analyse coûts-bénéfices), les dispositifs de régulation de l'urbanisme, le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de protection et de canalisation, les réseaux d'eau pluviale et les moyens de la gestion de crise.

³ La loi ELAN de 2018 et ses textes d'application prévoient l'adaptation des constructions neuves dans les zones argileuses, tandis qu'une réflexion est en cours pour instaurer une réglementation paracyclonique dans les Outre-mer.

⁴ Période de référence : 1995-2019.