



# Modélisation de l'impact du changement climatique sur les dommages assurés dans le cadre du régime Catastrophes Naturelles

Service R&D modélisation  
Département des Etudes Techniques  
Direction des réassurances publiques - CCR  
Décembre 2015





# **Modélisation de l'impact du changement climatique sur les dommages assurés dans le cadre du régime Catastrophes Naturelles**

**Service R&D modélisation  
Département des Etudes Techniques  
Direction des réassurances publiques - CCR  
Décembre 2015**

En 2015, CCR a mené, en partenariat avec Météo France, des travaux de modélisation détaillés visant à évaluer l'impact financier du changement climatique sur le régime français d'indemnisation des catastrophes naturelles, sur la base d'un scénario médian du GIEC, considéré par Météo France comme plausible scientifiquement à perspective 2050.

L'originalité de cette étude est qu'elle permet d'obtenir des résultats à une échelle fine au niveau spatial (25 mètres) et temporel (utilisation de données horaires).

## Périmètre de l'étude

Ces travaux de modélisation ont porté sur le territoire métropolitain et sur les périls d'origine climatique qui relèvent du régime des catastrophes naturelles : inondations par débordement et ruissellement, submersions marines et sécheresse. Les territoires d'outre-mer, exposés aux cyclones, n'ont pas été modélisés à ce stade. Les simulations climatiques de Météo France portent en effet pour l'instant exclusivement sur la métropole.

## Méthodologie

La construction de ce modèle est basée sur le scénario médian du GIEC. Cette projection climatique (le RCP 4.5) correspond d'après le dernier rapport du GIEC à une augmentation de 1,4°C en moyenne sur la période [2046-2065] et 1,8°C en moyenne sur [2081-2100] pour la température du globe, par rapport à la période 1986-2005. Elle est cohérente avec les objectifs visés lors de la COP21 à Paris : limiter à 2°C la hausse de la température moyenne du globe à horizon 2100.

Afin d'étudier les conséquences du changement climatique sur le territoire métropolitain, des simulations conjointes entre les modèles climatiques de Météo France et les modèles de simulation d'événements naturels développés par CCR ont été effectuées pour les périls concernés par le périmètre de l'étude.

Deux catalogues d'événements ont ainsi été générés :

- un catalogue d'événements à climat actuel ;
- un catalogue d'événements aux conditions climatiques 2050 selon le scénario RCP 4.5 du GIEC.

La simulation de l'impact de ces événements sur un portefeuille comprenant l'ensemble des biens actuellement assurés du marché français, géolocalisés à l'adresse, donne une évaluation des dommages annuels moyens ainsi qu'une distribution des dommages annuels.

Pour évaluer la part de l'évolution de la vulnérabilité dans l'augmentation des coûts, au-delà des effets du changement climatique en 2050, CCR a construit un portefeuille marché 2050 en projetant le nombre et la valeur actuels des biens assurés à l'horizon 2050.

Le choix de l'année « cible » pour l'étude, 2050, est primordial. En effet, au-delà du changement climatique et des incertitudes inhérentes aux projections à long terme, la question de la vulnérabilité était un point blo-

quant. Il y a en effet trop d'incertitudes dans les projections de population et de la variation des valeurs des biens assurés au-delà de 35 ans.

## Principaux résultats

Au global, la sinistralité Cat Nat causée chaque année par des événements climatiques en métropole devrait **doubler d'ici 2050**.

Cette hausse serait majoritairement liée à l'évolution des **valeurs assurées** et de leur répartition géographique (**de l'ordre de 80% de l'augmentation prévue**).

Les résultats de cette étude montrent que **le changement climatique** aurait également un impact sur la sinistralité, puisqu'il expliquerait **environ 20%** de l'augmentation prévue à horizon 2050.

Si l'on s'intéresse, pour chaque péril, à l'augmentation des pertes annuelles moyennes due à l'effet du changement climatique, en dehors de la hausse de la vulnérabilité, on obtient les résultats suivants :

- Inondations par débordement et ruissellement : hausse de 20% principalement liée à l'augmentation des phénomènes cévenols ;
- Submersions marines : hausse de plus de 60%, essentiellement liée à l'élévation du niveau de la mer (+20 cm à horizon 2050 selon le scénario du GIEC retenu) ;
- Sécheresse : les dommages resteraient constants au niveau national mais de fortes **disparités régionales sont mises en évidence par l'étude à fine échelle**.

## Quels sont les enseignements de cette étude pour le régime Cat Nat ?

Ces résultats montrent une augmentation probable et notable du coût de la sinistralité liée aux événements climatiques, que ce soit du fait d'une augmentation des valeurs assurées ou du changement climatique. La question de la capacité d'adaptation du régime Cat Nat à ce surcoût peut légitimement se poser.

Même si les dommages indemnisés au titre des périls climatiques sont amenés à croître dans le futur, l'équilibre du régime n'est pas fondamentalement modifié, car les primes évolueront de manière similaire aux valeurs assurées, dont l'évolution explique la majeure partie de la hausse attendue de la sinistralité.

Ce système d'indemnisation des catastrophes naturelles, unique en son genre, a, jusqu'à présent, fait preuve de son efficacité. Il a permis d'indemniser l'ensemble des événements survenus depuis plus de 30 ans, connaissant des années particulièrement impactées par les catastrophes naturelles : citons par exemple les années 1999, 2003 et 2010. Ces années de sinistralité exceptionnelle prouvent sa solidité et démontrent qu'il pourra faire face au changement climatique. Des ajustements tarifaires modérés pourraient s'avérer nécessaires mais ils seront d'autant plus contenus que l'on développera la prévention sous toutes ses formes, et avec le concours de tous les acteurs.

# Sommaire

1	Contexte et objectifs de l'étude.....	5
1.1	Le changement climatique .....	5
1.2	Régime Cat Nat et périls couverts .....	8
1.3	Objectif du projet.....	10
2	Méthode.....	11
2.1	Travaux de modélisation CCR et partenariats scientifiques .....	11
2.1.1	Le modèle d'aléa inondation .....	12
2.1.2	Le modèle d'aléa submersion marine .....	12
2.1.3	Le modèle d'aléa sécheresse .....	13
2.2	Modélisation du changement climatique.....	13
2.3	Quelle vulnérabilité à l'horizon 2050 ? .....	15
3	Résultats.....	17
3.1	Inondations.....	17
3.2	Submersions marines .....	19
3.3	Sécheresse .....	21
3.4	Résultats multi-périls.....	23
3.5	Effet de la répartition géographique des biens assurés en 2050 .....	24
4	Conclusion et perspectives .....	26
5	Infographie de l'impact financier du changement climatique .....	29

# 1 Contexte et objectifs de l'étude

La 21<sup>ème</sup> Conférence des Parties (*Conference Of the Parties* ou COP) se réunit à Paris du 30 novembre au 11 décembre 2015. Elle regroupe l'ensemble des États membres de l'ONU ayant participé à la signature de la Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (Rio, 1992).

L'objectif de cette rencontre est de finaliser un accord nécessaire à la lutte contre le changement climatique. Les enjeux sont importants puisque l'accord visé doit permettre de contenir la hausse des températures en dessous de 2°C à horizon 2100 mais également d'impulser une transition vers des sociétés et des économies résilientes et sobres en carbone et gaz à effet de serre.

Les conséquences possibles du changement climatique doivent conduire l'ensemble des acteurs à se mobiliser. Par son rôle majeur dans la gestion des risques naturels, la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) contribue par son expertise à sensibiliser les responsables publics et privés à l'exposition des sociétés et des territoires aux risques climatiques. Partenaire officiel de la COP 21, CCR cherche également à promouvoir des actions de prévention et d'adaptation.

Pour cette étude, CCR s'est concentrée sur l'étude de l'impact financier des scénarios climatiques. N'étant pas experte du climat, elle s'est associée à Météo France pour le choix du scénario le plus plausible scientifiquement pour le climat à perspective 2050.

## 1.1 Le changement climatique

La question du changement climatique est aujourd'hui au cœur des préoccupations de nos sociétés. Le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC<sup>1</sup>) souligne que ce phénomène se traduira probablement par un accroissement du nombre d'événements extrêmes dans le monde comme les vagues de chaleurs ou les épisodes de pluies violentes. Les récents événements extrêmes, dans le sud de la France en automne 2014 et 2015 en sont peut-être les prémices.

Pour arriver à ces résultats, le GIEC a retenu quatre scénarios différents pour tenter d'appréhender l'évolution du climat de la planète. Ces scénarios reposent sur l'analyse des évolutions des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, en l'absence d'une baisse des émissions de gaz à effet de serre, le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5 - Representative Concentration Pathways) se traduirait par une hausse moyenne des températures mondiales d'environ 3,7°C d'ici la fin du siècle par rapport à la période 1986-2005. Le scénario le plus optimiste (RCP 2.6) permettrait de contenir la hausse des températures en-dessous des 2°C. Le scénario médian (RCP 4.5) se traduirait par une hausse des températures à la fin du siècle entre 1,1°C et 2,6°C.

1 En anglais IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

Tableau 1 : Scénarios du GIEC (Source : GIEC)

Évolution des émissions de gaz à effet de serre		Évolution probable des températures (2046-2065)	Évolution probable des températures (2081-2100)
<b>RCP 8.5</b>	Scénario avec poursuite de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre au rythme actuel. <b>C'est le scénario le plus pessimiste.</b>	1,4 à 2,6°C	2,6 à 4,8°C
<b>RCP 6.0</b>	Scénario avec stabilisation des émissions avant la fin du XXI <sup>e</sup> siècle à un niveau moyen.	0,8 à 1,8°C	1,4 à 3,1°C
<b>RCP 4.5</b>	Scénario avec stabilisation des émissions avant la fin du XXI <sup>e</sup> siècle à un niveau faible.	0,9 à 2,0°C	1,1 à 2,6°C
<b>RCP 2.6</b>	Scénario à très faibles émissions avec un point culminant avant 2050. <b>C'est le scénario le plus optimiste.</b>	0,4 à 1,6°C	0,3 à 1,7°C

Le changement climatique devrait également se traduire par une hausse du niveau de la mer en raison notamment de la dilatation thermique des océans et de la fonte des glaces. Cette hausse serait comprise pour le scénario RCP 4.5 entre 0,19 et 0,33 m à horizon 2050 et entre 0,32 et 0,63 m à la fin du siècle à l'échelle du globe.

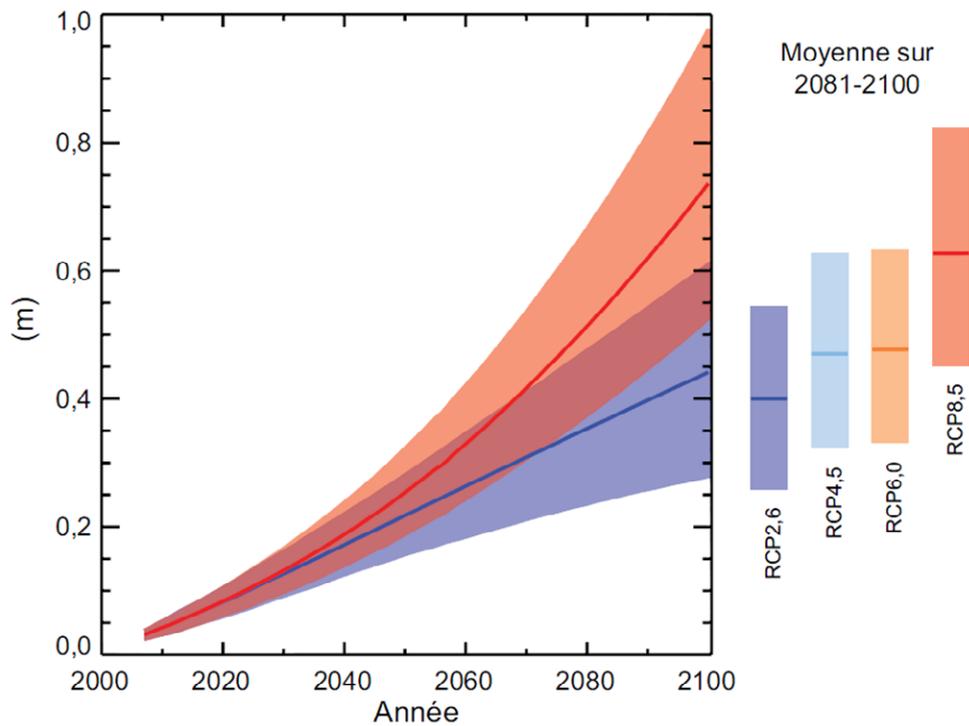


Figure 1. Élévation du niveau moyen des mers à l'échelle du globe (source IPCC, 2013)

Cette élévation du niveau marin présenterait de nombreuses disparités régionales encore difficiles à évaluer. Cependant, la hausse du niveau de la mer aura pour corollaire d'aggraver les effets des submersions.

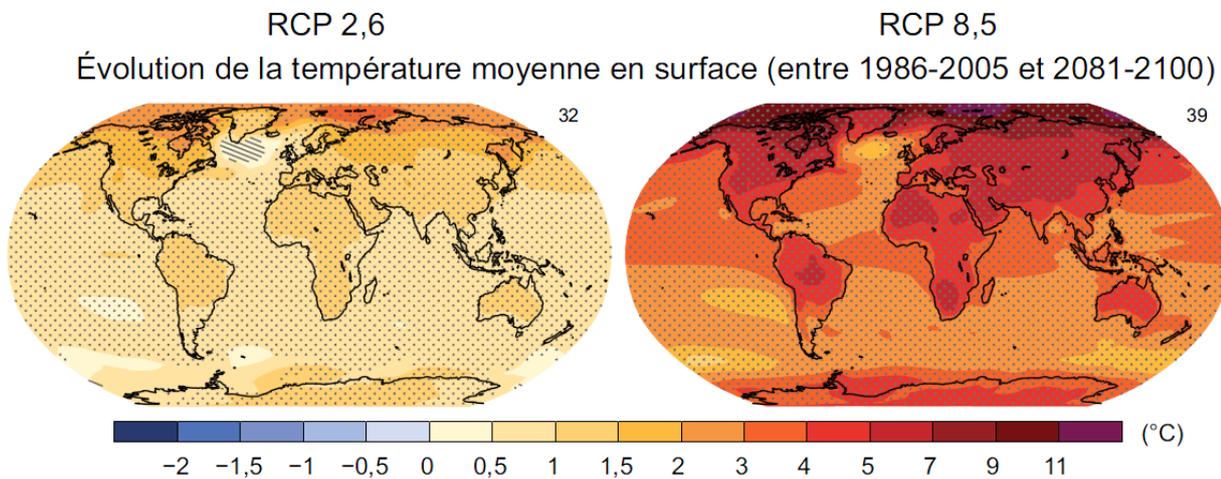


Figure 2. Évolution de la température moyenne en surface (source IPCC, 2013)

À l'échelle de notre pays, le dernier rapport de l'ONERC<sup>2</sup> sur le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle met en avant une hausse des températures qui pourrait atteindre avec le scénario le plus extrême (RCP 8.5) 3,6°C pour les hivers et 5,3°C pour les étés pour la fin du siècle.

Selon l'ONERC, ce réchauffement pourrait s'accompagner d'un accroissement de la durée des sécheresses et des épisodes de fortes chaleurs. Les épisodes de pluies extrêmes seraient également plus nombreux et

2 ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

plus importants. Pour les départements d'outre-mer, les projections suggèrent qu'il est probable que la fréquence des cyclones diminue ou reste la même à la fin du siècle. En revanche, leur intensité augmenterait dans le même temps.

## 1.2 Régime Cat Nat et périls couverts

En France, le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (ci-après régime Cat Nat), en vigueur depuis 1982, a connu un certain nombre d'évolutions, mais ses grands principes sont restés constants :

- un système reposant sur un partenariat public-privé ;
- un principe de solidarité entre les assurés quel que soit leur niveau d'exposition aux événements naturels ;
- une participation de l'Etat, par l'offre de sa garantie illimitée au régime Cat Nat, via la réassurance publique - non obligatoire - proposée par CCR ;
- un déclenchement de l'assurance Cat Nat pour des événements relativement fréquents, par exemple dès le seuil de période de retour décennal pour les inondations.

La loi du 13 juillet 1982 ne comporte pas de liste de périls couverts, elle n'indique pas non plus les périls exclus. L'article 1 de cette loi décrit seulement ce qui est considéré comme étant les effets d'une catastrophe naturelle, à savoir les «dommages matériels directs non assurables ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel».

Dans la pratique les périls entrant actuellement dans le champ d'application du régime sont les suivants :

- les inondations (ruissellement, débordement, remontée de nappe phréatique, rupture de barrage causée par un phénomène naturel),
- les coulées de boue,
- les séismes,
- les mouvements de terrain (y compris sécheresse),
- les affaissements de terrain dus à des cavités souterraines et à des marnières (sauf mines),
- les raz-de-marée,
- les avalanches,
- les vents cycloniques de grande ampleur (supérieurs à 145 km/h en moyenne sur 10 mn ou 215 km/h en rafales).

Cette liste n'est pas exhaustive. La figure 3 présente l'évolution du montant des indemnisations au titre du régime Cat Nat sur la période 1990-2013, actualisé en intégrant l'évolution des valeurs assurées.

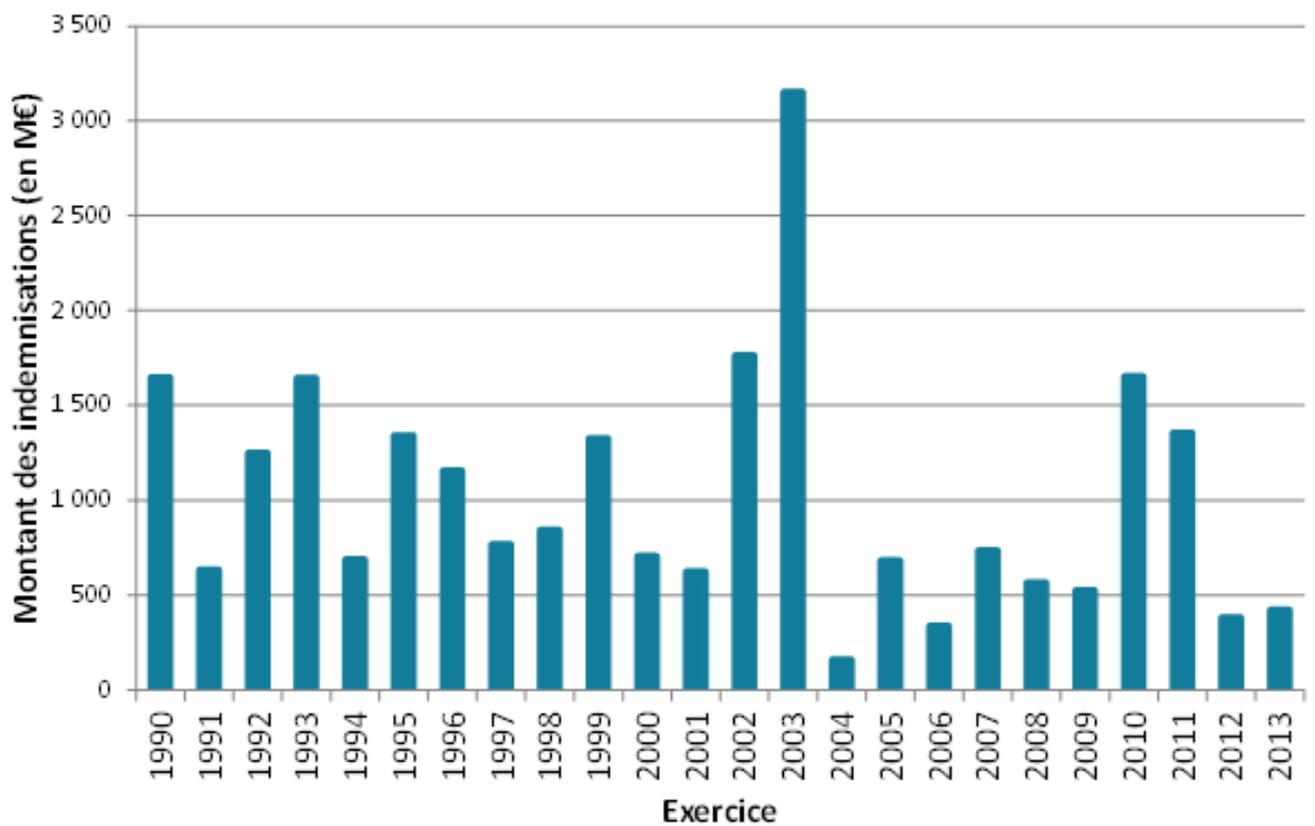


Figure 3. Estimation du montant ultime des indemnités actualisé en € 2014

On distingue des pics, qui correspondent à une conjonction d'événements extrêmes (la sécheresse exceptionnelle et les inondations du Rhône en 2003 par exemple), mais on ne discerne à ce stade aucune tendance notable à la hausse (ou à la baisse). Mais ce constat restera-t-il vrai dans le futur ?

## 1.3 Objectif du projet

Depuis plusieurs années, 2003 pour le péril inondations, 2005 pour le péril sécheresse, 2011 pour les submersions marines, CCR développe ses propres modèles d'analyse d'impact des catastrophes naturelles. Ces modèles visent deux objectifs :

- mesurer les coûts des événements naturels peu de temps après leur survenance, afin d'estimer l'impact financier pour les assureurs, pour CCR mais aussi, en dernier ressort, pour l'État ;
- analyser l'exposition des biens particuliers ou professionnels aux événements naturels potentiels de manière homogène sur l'ensemble du territoire métropolitain et des territoires ultramarins couverts par le régime.

Pour répondre au premier objectif, des modèles dits déterministes ont été développés, ils permettent d'estimer les conséquences d'un événement à partir de ses caractéristiques physiques (l'aléa) et des caractéristiques des biens assurés (la vulnérabilité).

Pour apprécier le second objectif, des modèles dits probabilistes ou stochastiques sont mis en œuvre. Ils consistent à simuler les conséquences, non plus d'un événement, mais d'un très grand nombre d'événements possibles, non nécessairement survenus, en leur affectant une probabilité de survenance.

Pour cela, il faut construire un catalogue d'événements climatiques réalistes. Jusqu'à présent, ces catalogues d'événements avaient été construits pour refléter les conditions climatiques actuelles ou récentes (30 ou 40 dernières années).

Afin d'étudier les conséquences du changement climatique, nous avons, pour cette étude, généré deux catalogues d'événements :

- un catalogue d'événements à climat actuel ;
- un catalogue d'événements aux conditions climatiques 2050 selon le scénario RCP 4.5 du GIEC.

Ainsi, l'étude permet de mettre en évidence les variations de l'exposition aux risques naturels dues au changement climatique.

La simulation de l'impact de ces catalogues sur un portefeuille comprenant l'ensemble des biens actuellement assurés sur l'ensemble du marché français donne une évaluation des dommages annuels moyens ainsi qu'une distribution des dommages annuels.

Pour évaluer l'effet de l'évolution de la vulnérabilité au-delà des effets du changement climatique en 2050, nous avons construit un portefeuille marché 2050 en projetant le nombre et la valeur actuels des biens assurés à l'horizon 2050.

## 2 Méthode

### 2.1 Travaux de modélisation CCR et partenariats scientifiques

Afin de mettre en œuvre ses travaux de modélisation, CCR s'associe avec des partenaires scientifiques de référence dans chacun des domaines des risques climatiques :

- Météo France et le CNRM pour la modélisation du climat, des inondations, de la sécheresse et des cyclones ;
- le BRGM pour la modélisation de la sécheresse et des submersions marines ;
- IRSTEA pour la modélisation des inondations.

La modélisation de l'impact des périls climatiques est construite selon le schéma ci-dessous.

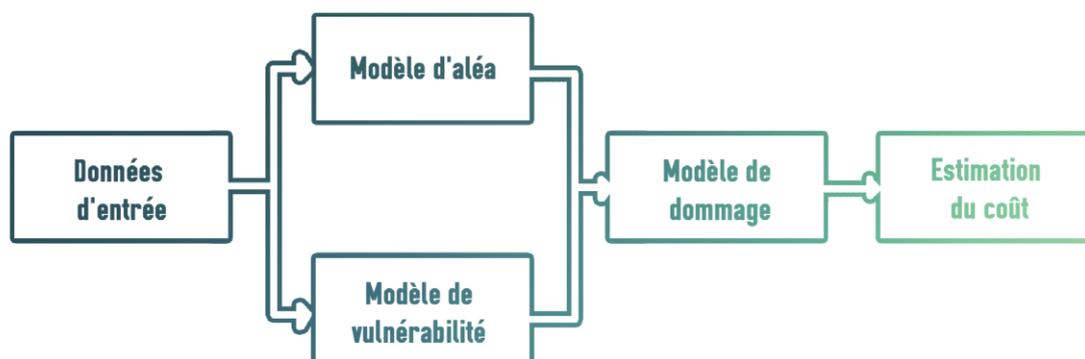


Figure 4. Schéma des modèles d'impact des catastrophes naturelles développés par CCR

Un modèle d'aléa, à partir de données d'entrée climatiques et géographiques, estime les zones touchées par un événement catastrophique : inondations par débordement et ruissellement, submersions marines ou sécheresses géotechniques. Ce modèle d'aléa est construit différemment selon chaque péril.

A partir d'une base de données des polices d'assurance et des sinistres catastrophes naturelles, le modèle de vulnérabilité localise les biens assurés sur le territoire et recense leurs caractéristiques, telles que la nature du bien (maison, immeuble, appartement), le type de risque (particulier, professionnel) ainsi que son usage (propriétaire, locataire, copropriété).

Le croisement de l'aléa, qu'il corresponde à un événement réel ou fictif, et de la vulnérabilité permet d'estimer le montant des dommages assurantiels. Cette estimation est effectuée au sein du modèle de dommages au niveau de chaque bien assuré. Le modèle de dommages prend en compte quatre éléments : la probabilité que le bien soit sinistré, le taux de destruction associé, la probabilité que la commune fasse l'objet d'une reconnaissance Cat Nat et enfin la valeur assurée du bien. Les trois premières variables ont été calibrées et sont calculées de manières différentes selon les périls. Au final, les coûts estimés pour chaque bien assuré sont agrégés à différentes échelles (commune, département, France) et peuvent être calculés pour différents portefeuilles correspondant au marché ou aux entreprises d'assurance.

## 2.1.1 Le modèle d'aléa inondation

Le modèle d'inondation développé par CCR (Moncoulon *et al.*, 2014) est constitué de deux modèles complémentaires. Le premier est le modèle de ruissellement. Il permet, à partir de la pluviométrie issue du modèle ARPEGE<sup>3</sup> de calculer les volumes d'eau qui s'écoulent à la surface et sous la surface du sol. Ce modèle de ruissellement prend en compte la topographie mais également l'occupation du sol afin de reproduire le comportement des zones imperméabilisées.

Le modèle de débordement permet d'estimer le débit des cours d'eau principaux ainsi que leur débordement en cas d'événement extrême. Ce débordement repose sur la propagation de l'eau sur un modèle numérique de terrain, décrivant la topographie de la zone impactée.

Ces deux modèles sont complémentaires et ont chacun leur importance car les données de sinistralité de la CCR ont montré qu'une large proportion de dommages aux biens n'est pas localisée dans la zone de débordement des cours d'eau principaux, mais peut être causée par des cours d'eau secondaires ou encore par des phénomènes de ruissellement.

## 2.1.2 Le modèle d'aléa submersion marine

La submersion marine peut être définie comme une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères. La chaîne de modélisation mise au point par CCR (Naulin *et al.*, soumis) a bénéficié d'une collaboration avec le BRGM et repose sur la combinaison de trois modèles.

Le premier est le modèle hydrodynamique TELEMAC-2D (Hervouet *et al.*, 1996) qui permet de simuler la marée ainsi que la surcote météorologique, c'est-à-dire l'élévation du niveau de la mer sous l'effet de la tempête. Il utilise les données de vitesses de vent ainsi que la pression atmosphérique issue du modèle ARPEGE. Les vagues, pouvant contribuer de manière importante à la submersion marine, sont simulées à l'aide du modèle TOMAWAC (Guillou et Chapalain, 2011), alimenté par les sorties du modèle TELEMAC-2D. Enfin, les niveaux d'eau en mer résultant de la marée, de la surcote météorologique et du déferlement des vagues sont propagés dans les terres grâce à un modèle d'inondation.

En complément de l'évolution du climat, le réchauffement des mers et la fonte des calottes glaciaires pourraient avoir une conséquence directe sur l'élévation du niveau de la mer. Cette hausse pourrait atteindre 20 centimètres d'ici 2050 par rapport au niveau moyen de la mer en 2015. Afin de mesurer l'impact de cette élévation, les simulations des événements à climat 2050 ont été modifiées en augmentant le niveau de la mer de 20 centimètres.

**L'étude de la submersion marine ne porte, dans cette étude, que sur le littoral atlantique pour lequel les modélisations ARPEGE ont été réalisées en priorité.**

## 2.1.3 Le modèle d'aléa sécheresse

La sécheresse géotechnique – ou retrait-gonflement des argiles (RGA) – est un péril à déclenchement climatique du fait d'une anomalie du régime des précipitations mais avec un facteur de prédisposition en cas de présence d'argiles susceptibles de provoquer des mouvements du sol affectant les fondations et les structures des bâtis en surface.

3 ARPEGE : (<http://www.cnrm.meteo.fr/spip.php?article121>)

Pour caractériser l'impact de ce péril, CCR a développé un modèle croisant des données de vulnérabilité telles que la géolocalisation des risques, l'estimation de leur valeur assurée ou l'historique de sinistralité sécheresse dans le cadre du régime Cat Nat ainsi que des données d'aléa caractérisant à la fois le sol via la cartographie de l'aléa RGA produite par le BRGM et le climat via un indice d'humidité des sols. Dans le cadre de notre étude, les données d'humidité des sols ont été produites par Météo France pour les deux jeux de simulations à climat actuel et à climat futur.

## 2.2 Modélisation du changement climatique

La chaîne de modélisation mise au point pour estimer les impacts potentiels du changement climatique à l'horizon 2050 repose sur l'utilisation des scénarios climatiques de Météo France pour alimenter les modèles d'aléa et de dommages mis au point par CCR.

Dans le cadre des activités du GIEC, Météo France a mis en œuvre son modèle global ARPEGE CLIMAT pour chacune des trajectoires d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre (RCP : *Representative Concentration Pathways*) pour produire des simulations jusqu'en 2100 sur le globe. Des travaux de descente d'échelle au niveau régional sont également effectués (programme CORDEX<sup>4</sup>).

Pour les besoins de CCR, Météo France a configuré ARPEGE CLIMAT, pour affiner les calculs sur une région d'intérêt, avec 31 niveaux verticaux pour deux simulations de 200 ans au pas de temps horaire et à la résolution de 20 km sur l'Europe, à climat constant actuel (autour de 2000) et futur (autour de 2050).

L'hypothèse choisie pour la simulation à climat futur 2050 est RCP 4.5 (forçage radiatif de +4,5W/m<sup>2</sup> en 2100) qui présente une trajectoire qui se stabilise sans dépassement à l'horizon 2100 avec un taux de 660 ppm équivalent CO<sub>2</sub> et qui correspond à une augmentation moyenne de 1,8°C en 2100 par rapport à la température moyenne actuelle. **Ce scénario d'évolution est cohérent avec les objectifs visés lors de la COP21 à Paris.**

Le choix de l'année « cible » pour l'étude est primordial. Il a porté sur 2050 : en effet, au-delà du changement climatique et des incertitudes inhérentes aux projections à long terme, la question de la vulnérabilité était un point bloquant. Il y a en effet trop d'incertitudes dans les projections de population et de la variation des valeurs des biens assurés au-delà de 35 ans.

Les données issues de ces simulations ont permis d'alimenter les modèles d'impact de CCR pour les risques d'inondations et de submersions marines sur la France. Pour le risque sécheresse, Météo France a alimenté avec les données des simulations son modèle ISBA<sup>5</sup>, configuré avec un contenu du sol en argile uniforme. L'indice d'humidité des sols caractérisant le contenu en eau des sols a été produit au pas de temps quotidien.

ISBA simule les échanges d'eau et d'énergie entre le sol et l'atmosphère. La version utilisée possède 3 couches de sol (surface, zone racinaire, zone profonde), et deux températures (température de surface globale du continuum sol-végétation et température profonde). ISBA simule l'ensemble des flux d'eau avec l'atmosphère (interception, évaporation, transpiration) et avec le sol (ruissellement des précipitations et drainage dans le sol). Son pas de temps est de 5 minutes. ISBA Uniforme est configuré pour une représentation uniforme de la texture des sols et de la végétation sur la France dans le schéma de surface, pour identifier le forçage climatique à l'échelle de la parcelle.

4 CORDEX Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment ([www.cordex.org](http://www.cordex.org))

5 ISBA : Interaction Sol Biosphère Atmosphère

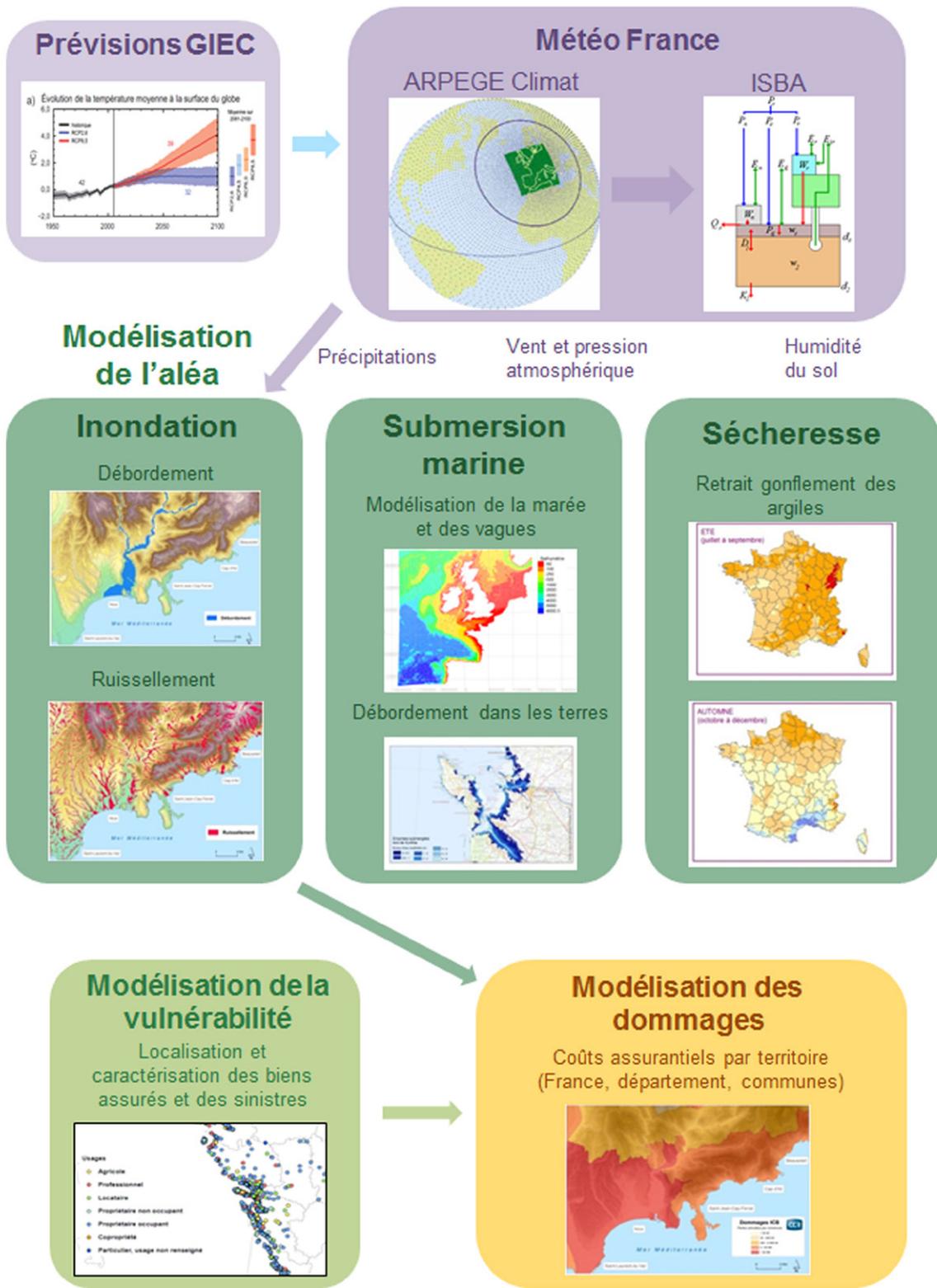


Figure 5. Chaîne de modélisation mise en place pour l'étude de l'impact du changement climatique

## 2.3 Quelle vulnérabilité à l'horizon 2050 ?

Pour appréhender au mieux les conséquences du changement climatique sur nos sociétés, il importe de prendre en compte l'évolution de la vulnérabilité à l'horizon 2050. L'exposition des sociétés est en effet amenée à évoluer en raison notamment de la croissance démographique et des dynamiques territoriales.

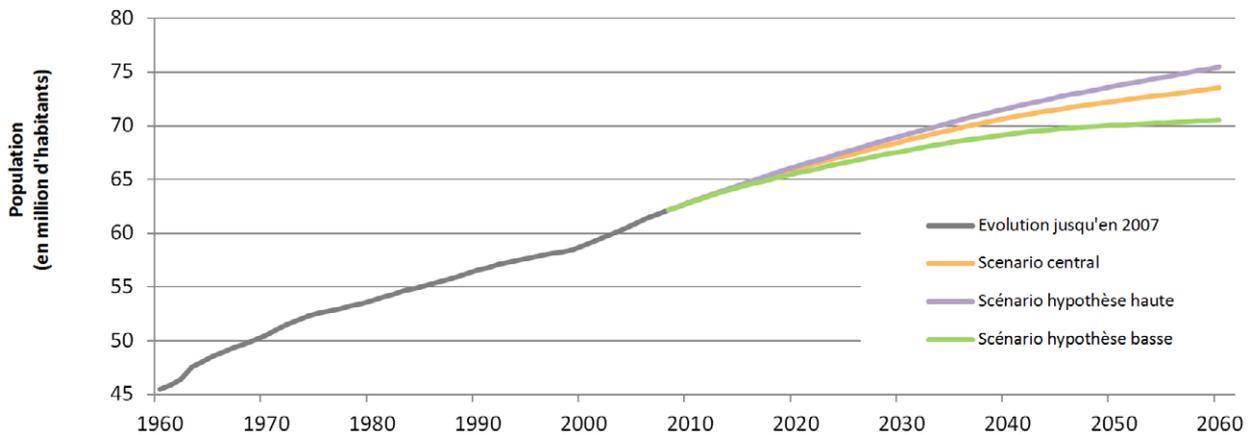


Figure 6. Projections de l'évolution de la population selon les scénarios de l'INSEE

En conséquence, le nombre de biens exposés susceptibles d'être touchés par un événement naturel va également croître. Pour anticiper au mieux le coût des catastrophes naturelles futures, CCR a estimé le nombre et la valeur des biens assurés en 2050.

À partir des projections de l'INSEE, il a été possible d'estimer le nombre de biens assurés à l'horizon 2050. Parallèlement, une projection des valeurs des biens assurés a été réalisée à partir des données historiques.

Table 2 : Évolution du portefeuille marché entre 2015 et 2050 pour la France métropolitaine

Portefeuille marché	Evolution entre 2015 et 2050
<b>Nombres de risques</b>	+ 11,7%
<b>Valeurs assurées</b>	+ 72,3%

Ainsi, le nombre de risques passerait de près de 51 millions en 2015 à près de 57 millions en 2050 soit une hausse de 11,7 %. Les valeurs assurées connaîtraient une croissance importante de plus de 72%. Pour autant, la répartition départementale de cette évolution suggère de fortes disparités territoriales.

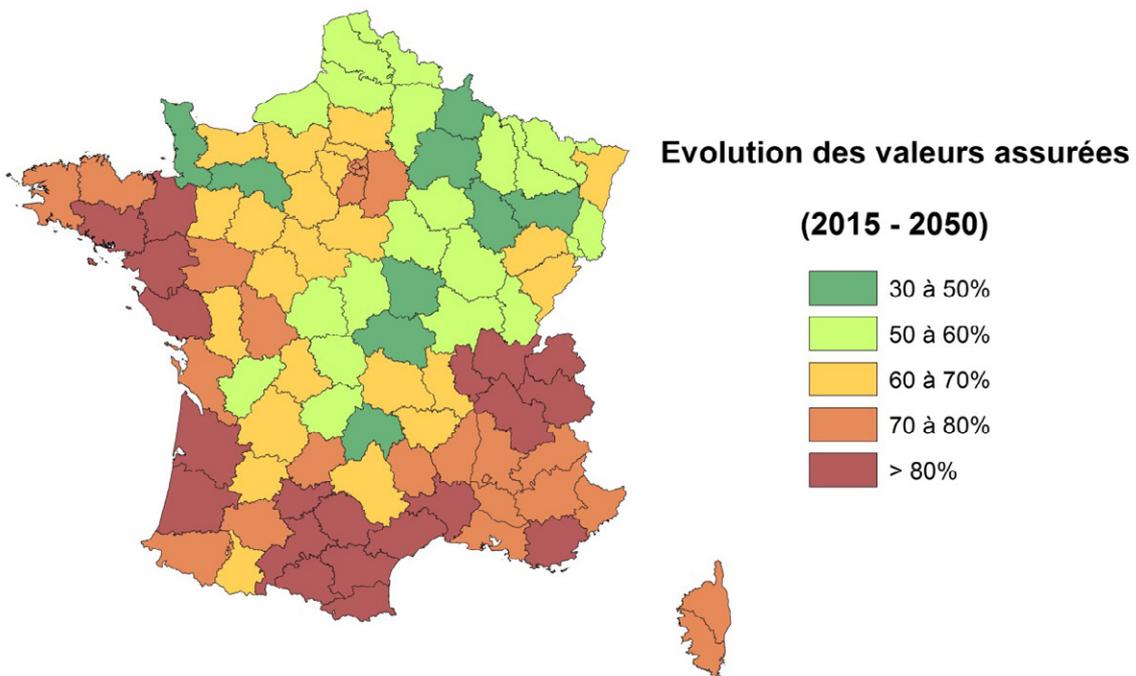


Figure 7. Cartographie de l'évolution des valeurs assurées par département entre 2015 et 2050

La hausse attendue des valeurs assurées pour les départements des littoraux atlantique et méditerranéen ainsi que les départements du sud-ouest de la France correspond à la poursuite des dynamiques observées aujourd'hui. L'évolution des valeurs assurées dans ces territoires est supérieure à 70%, voire à 80%. Les territoires marqués par un recul démographique voient néanmoins leurs valeurs assurées augmenter mais dans des proportions moins importantes. Ainsi le quart nord-est connaît une hausse plus modérée.

# 3 Résultats

## 3.1 Inondations

La modélisation des scénarios climatiques, pour les inondations, est réalisée pour la France métropolitaine à partir des précipitations horaires :

- sur une durée de 3 jours sur une centaine de petits bassins versants ;
- sur une durée de 10 jours sur une quinzaine de grands bassins versants.

La modélisation prend en compte les phénomènes de ruissellement et le débordement des cours d'eau. La carte de la figure 8 montre l'évolution de l'exposition au ruissellement entre aujourd'hui et 2050.

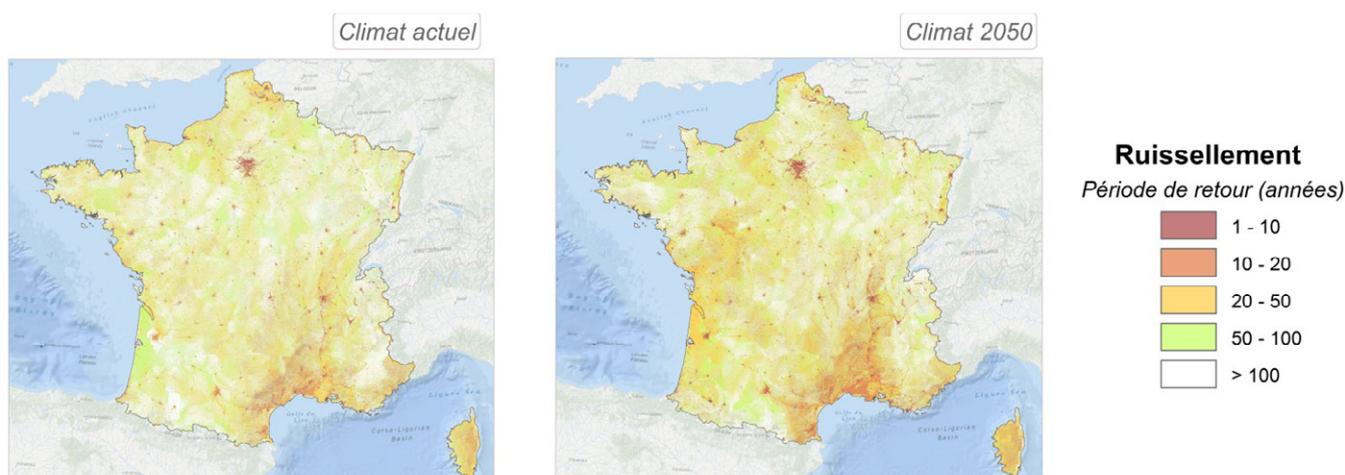


Figure 8. Variation de la fréquence de l'aléa ruissellement modélisé par CCR entre 2015 et 2050

On note en particulier un accroissement de l'exposition dans la région Sud-Est et particulièrement en vallée du Rhône. En effet, les précipitations les plus intenses, sur des cumuls de 72h, augmentent significativement dans cette région selon les simulations de Météo France.

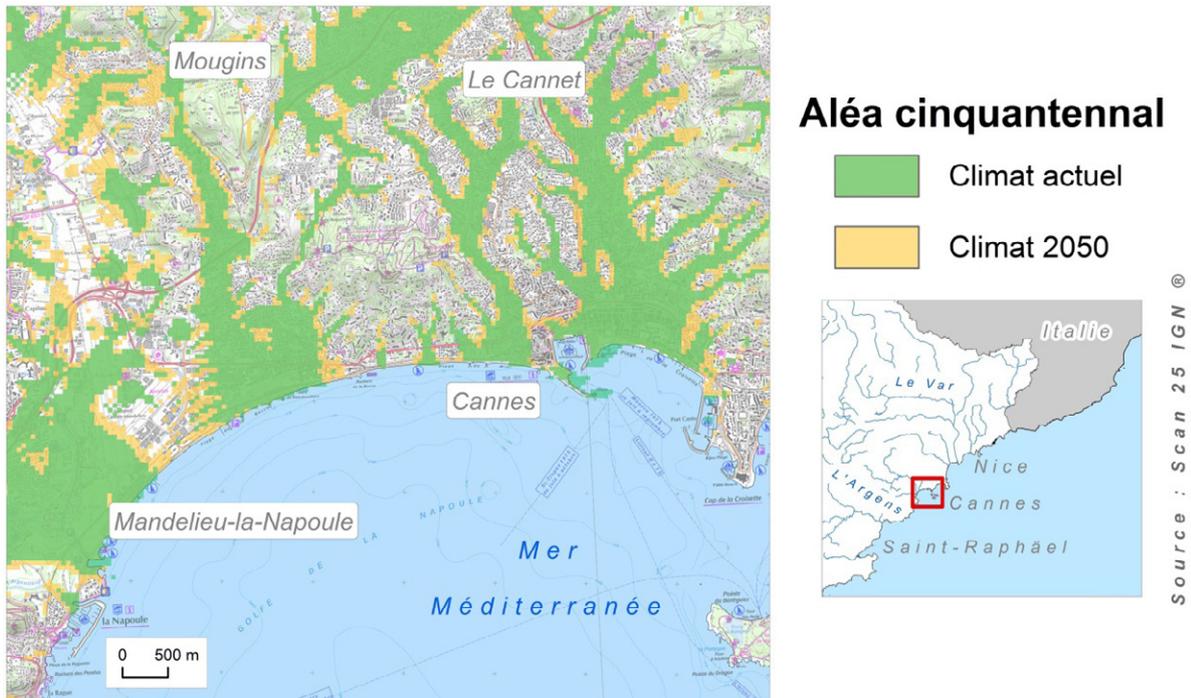


Figure 9. Variation de répartition des zones exposées au ruissellement pour une période de retour de 50 ans sur la Côte d'Azur entre 2015 et 2050

En termes de dommages, l'effet de l'aléa en inondation représente à lui seul une hausse de 20% des pertes annuelles moyennes. Ceci reflète, selon les simulations de Météo France, les effets du scénario RCP 4.5 et de l'augmentation globale des précipitations. C'est essentiellement sur les petits bassins versants, du fait des phénomènes de ruissellement, que l'impact du scénario climatique est le plus marqué. En effet, en ce qui concerne les crues de plaine, l'effet est moins important.

Dans les régions du Sud de la France, l'augmentation de l'aléa ruissellement s'accompagne de la croissance de la vulnérabilité, entraînant une augmentation de l'exposition très supérieure à la moyenne nationale.

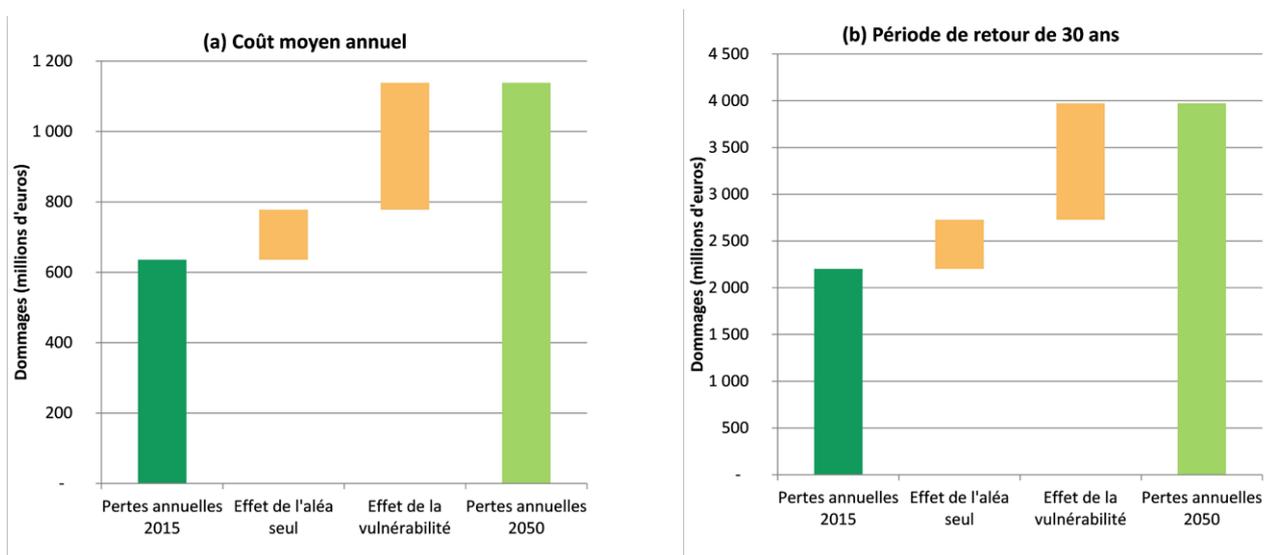


Figure 10. Inondations - évolution des pertes moyennes annuelles (a) et pertes de période de retour 30 ans (b) entre 2015 et 2050 ventilée entre les effets de l'aléa et de la vulnérabilité - scénario RCP 4.5

## 3.2 Submersions marines

Trois aspects de l'exposition à l'horizon 2050 du littoral atlantique ont été étudiés : l'effet de l'évolution du climat, l'impact de l'élévation du niveau de la mer et enfin l'évolution de la vulnérabilité.

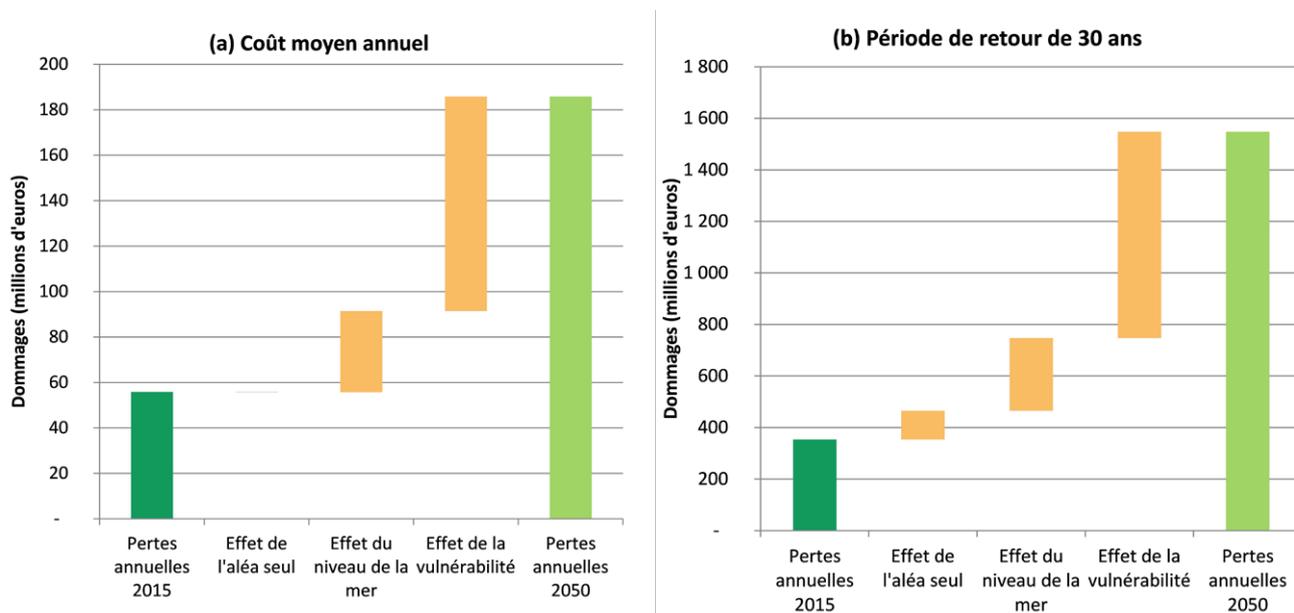


Figure 11. Submersions marines - estimation des coûts moyens annuels (a) et des coûts associés à une période de retour de 30 ans (b) selon les scénarios testés pour la submersion marine - scénario RCP 4.5

En ce qui concerne l'évolution du climat, les résultats présentés dans la figure 11 ne montrent pas de tendances nettes à un renforcement de l'intensité et de la fréquence des submersions marines à l'horizon 2050. En effet, il apparaît que la perte annuelle moyenne à vulnérabilité inchangée est stable entre 2015 et 2050. Dans le même temps, les années les plus extrêmes (de période de retour supérieure à 30 ans) coûteraient davantage.

L'impact de l'élévation du niveau de la mer est en revanche beaucoup plus visible. On prévoit en effet une augmentation significative des dommages après élévation du niveau de la mer de 20 cm ; et ce, aussi bien en termes de moyenne que pour une période de retour de 30 ans. Ce phénomène est particulièrement vrai dans les secteurs où le relief est le moins marqué. Comme l'illustre la figure 12, une augmentation de 20 centimètres de la hauteur d'eau conduit à une extension significative des zones inondées pour une même période de retour.



### Aléa cinquantennal

- Climat actuel
- Climat 2050 + 20 cm



Source : Scan 25 IGN ©

Figure 12. Illustration de l'aléa cinquantennal dans le secteur de la Baie du Pouliguen (44)

L'effet le plus important en termes de coûts estimés en 2050 vient cependant de l'évolution de la vulnérabilité. En effet, les résultats présentés dans la figure 11 montrent une très forte augmentation des dommages, aussi bien en termes de moyenne annuelle que pour une période de retour de 30 ans. Cette augmentation est causée par deux facteurs qui sont l'augmentation des valeurs assurées et l'augmentation de la population. Cette augmentation de la vulnérabilité, particulièrement forte sur les départements de l'Ouest de la France, comme le montre la figure 7, pourrait avoir une répercussion très importante sur le coût des submersions en 2050.

### 3.3 Sécheresse

La figure 13 représente les variations en termes d'aléa, moyennées par trimestre, que pourrait induire un changement climatique tel que caractérisé dans le cadre de notre étude. Sur la période hivernale, la tendance globale est à un léger assèchement des sols sur la moitié Est du territoire. Pour la période printanière, seul le quart sud-est présente un assèchement des sols alors qu'une grande moitié ouest de la France est nettement plus humide. En été, la France semble coupée en deux entre le Nord et le Sud avec des sols plus humides au Nord et plus secs au Sud. Enfin, la période automnale ne présente pas d'évolution notable de l'humidité des sols.

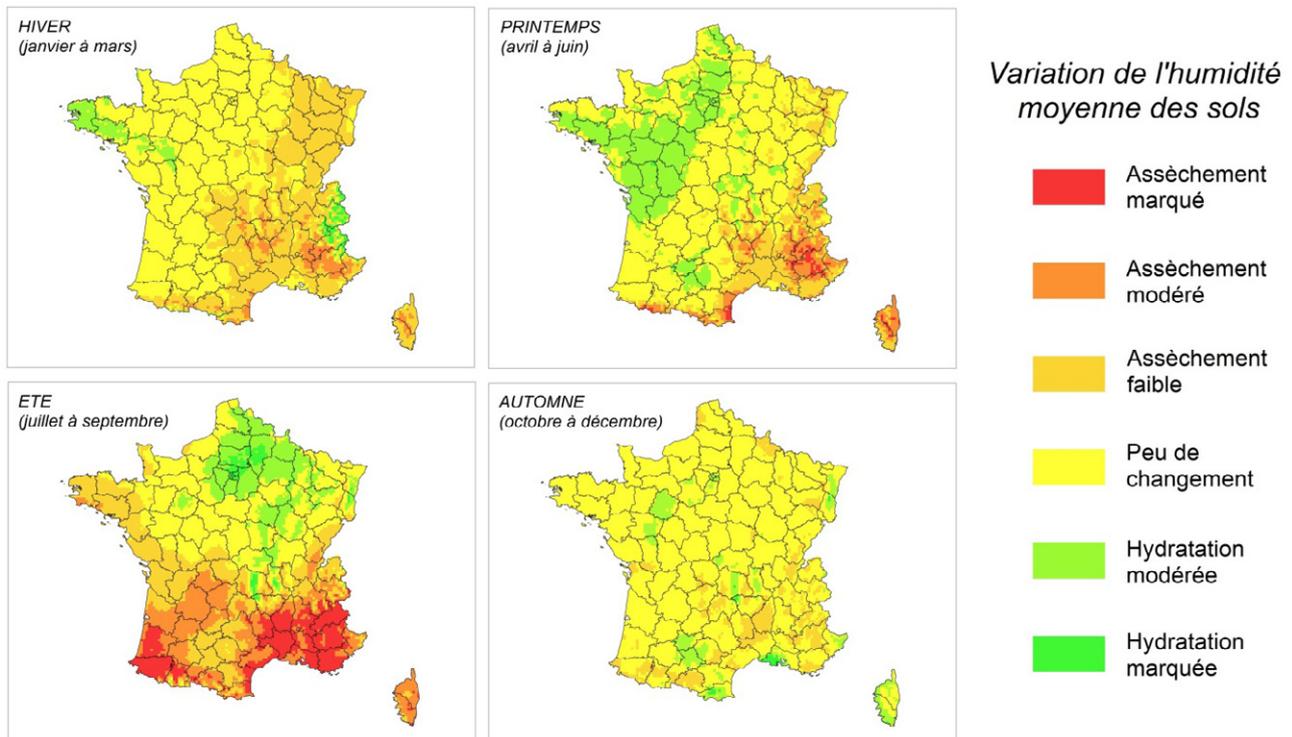


Figure 13. Variation de l'humidité des sols moyennée par trimestre dans le cadre du scénario climatique modélisé

Les coûts assurantiels à charge du régime Cat Nat pourraient augmenter à horizon 2050 annuellement en moyenne d'environ 114 % à l'échelle de la métropole (Figure 14). Cette augmentation importante tient essentiellement à celle de la vulnérabilité et notamment des valeurs assurées estimées des maisons qui sont presque exclusivement la seule typologie de risques touchée par la sécheresse.

Pour les maisons, l'évolution des valeurs assurées, incluant aussi implicitement l'évolution du nombre de maisons, est estimée à + 97% en moyenne d'ici 2050 pour la métropole et jusqu'à + 136 % dans certains départements. L'intensification de l'aléa dans le contexte du changement climatique ne pèserait que pour 3,1 % de l'augmentation des pertes annuelles moyennes à l'échelle de la métropole.

En revanche, et abstraction faite de l'évolution de la vulnérabilité, il existe de forts contrastes régionaux (Figure 15) : la moitié Sud de la France est nettement plus exposée aux sécheresses futures et notamment les abords des Pyrénées et les Alpes.

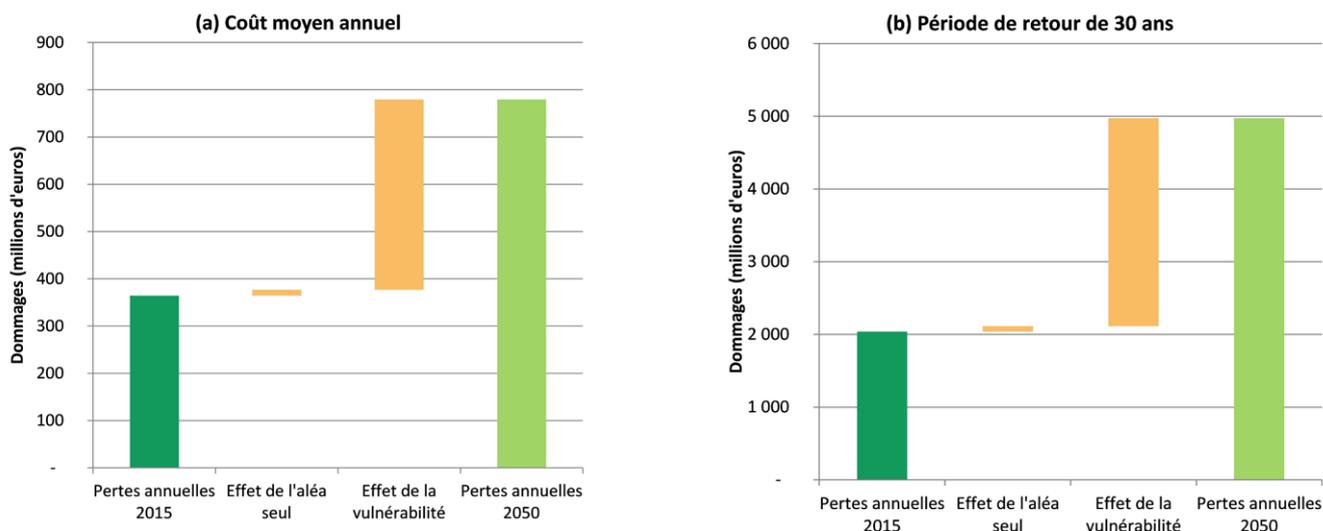


Figure 14. Sécheresse - évolution des pertes annuelles moyennes (a) et des pertes trentennales (b) pour la sécheresse - scénario RCP 4.5

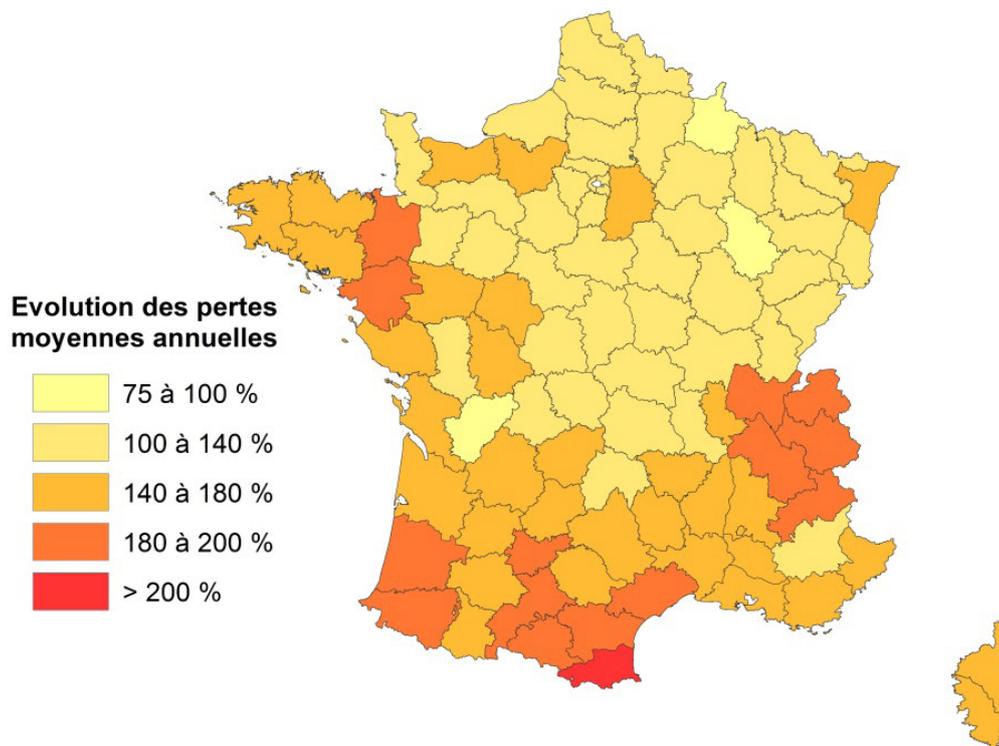


Figure 15. Évolution des pertes annuelles moyennes par département pour la sécheresse

Les régions les plus touchées par la sécheresse sont situées dans le Sud de la France. Dans cette région, nous modélisons également une augmentation des inondations. Ces résultats ne sont pas incompatibles, les précipitations intenses se produisant sur des périodes courtes (quelques jours) et la sécheresse, au contraire, sur des périodes plus longues.

### 3.4 Résultats multi-périls

L'une des spécificités du régime Cat Nat est de couvrir de nombreux périls d'origine climatique : inondations par débordement, par ruissellement, remontées de nappes, submersions marines, cyclones, sécheresse, etc.

La plupart des modèles Cat Nat existants sont développés par périls/territoires. Pour obtenir des résultats sur plusieurs périls, il est généralement admis de faire une hypothèse d'indépendance afin de sommer aléatoirement les dommages annuels.

L'originalité de la démarche présentée ici est de modéliser les impacts des trois périls étudiés à partir d'un même jeu de données climatiques issues du modèle Météo France. De ce fait, la survenance des événements répond à des conditions climatiques communes entre les périls.

Le graphe de la figure 16 montre l'effet cumulé de l'aléa, de l'élévation du niveau de la mer et de la vulnérabilité pour les trois périls modélisés. Le principal facteur d'augmentation des dommages annuels moyens, pour les trois périls climatiques, est l'augmentation de la vulnérabilité.

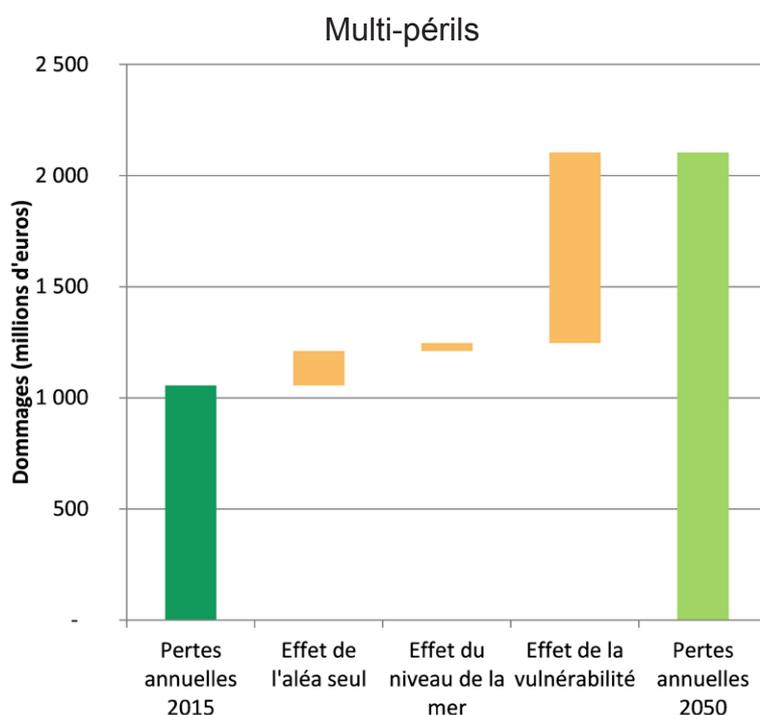


Figure 16. Évolution des pertes annuelles moyennes cumulées pour les trois périls modélisés - scénario RCP 4.5

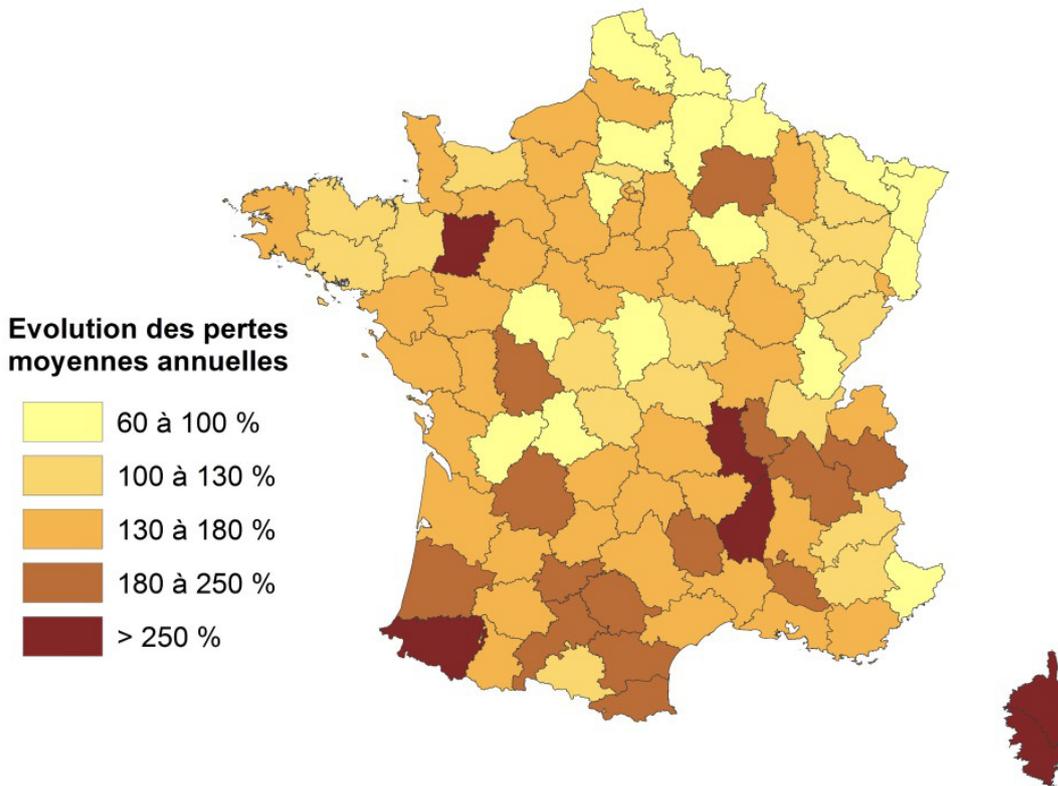


Figure 17. Évolution des pertes annuelles moyennes cumulées pour les trois périls modélisés

### 3.5 Effet de la répartition géographique des biens assurés en 2050

A partir des résultats de modélisation, nous avons étudié la part que représente l'évolution de la répartition géographique des valeurs entre 2015 et 2050.

La figure 18 montre l'augmentation des pertes annuelles moyennes, selon les différents périls, due à cette évolution. Ces chiffres reflètent l'augmentation de la population et du nombre de risques professionnels dans les zones exposées.

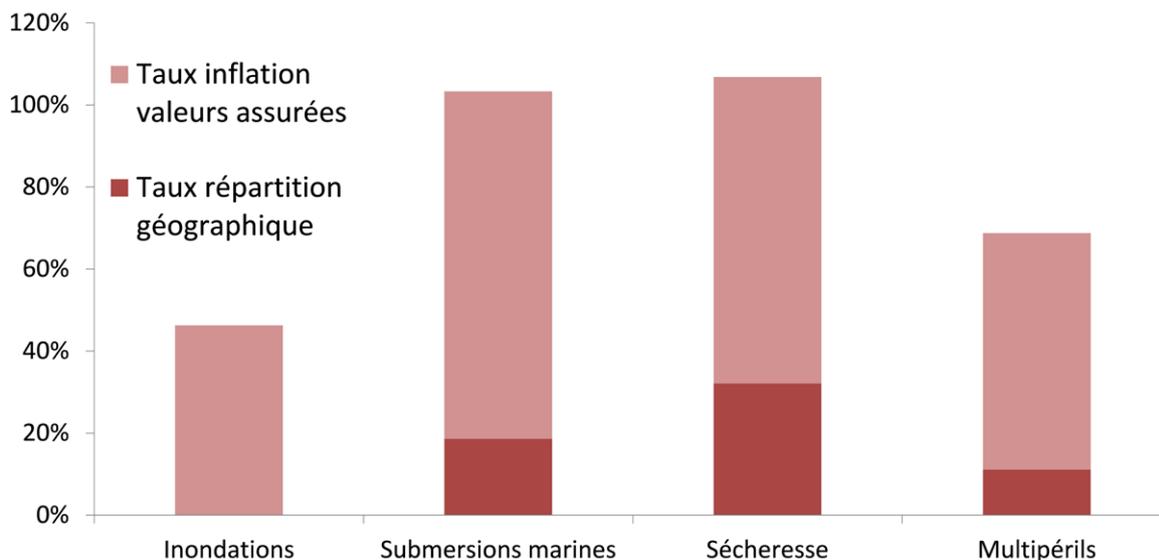


Figure 18. Effet de la répartition géographique des biens assurés sur les dommages annuels moyens en fonction des périls climatiques simulés

L'évolution de la répartition géographique des biens a surtout un impact pour les périls sécheresse et submersions marines. En effet, la croissance des valeurs assurées est surtout concentrée dans les régions littorales ou dans le Sud de la France, fortement touchés par ces deux périls. En ce qui concerne les inondations, les évolutions géographiques des valeurs assurées se compensent sur l'ensemble du territoire.

## 4 Conclusion et perspectives

Les travaux menés par CCR au cours de l'année 2015, en collaboration avec Météo France, pour évaluer l'impact financier du changement climatique sur le régime Cat Nat, sur la base du scénario RCP4.5 du GIEC, ont donc permis d'aboutir à de premières tendances.

Au global, la sinistralité Cat Nat en métropole causée chaque année par les principaux phénomènes climatiques couverts devrait **doubler d'ici 2050**.

Cette hausse est majoritairement liée à l'évolution des **valeurs assurées** et de leur répartition géographique (**de l'ordre de 80% de l'augmentation prévue**).

Les résultats de cette étude montrent que **le changement climatique** aurait également un impact sur la sinistralité, puisque celui-ci explique **environ 20%** de l'augmentation prévue à horizon 2050.

Si l'on s'intéresse, pour chaque péril, à l'augmentation des pertes annuelles moyennes dues à l'effet du changement climatique, en dehors de la hausse de la vulnérabilité, on aboutit aux résultats suivants :

- Inondations par débordement et ruissellement : hausse de 20% principalement liée à l'augmentation des phénomènes cévenols ;
- Submersions marines : hausse de plus de 60%, essentiellement liée à l'élévation du niveau de la mer (+20 cm à horizon 2050 selon le scénario du GIEC retenu) ;
- Sécheresse : les dommages resteraient constants au niveau national mais de fortes **disparités régionales sont mises en évidence par l'étude à fine échelle**.

L'étude des submersions marines ne porte aujourd'hui que sur le littoral atlantique. Il sera par la suite nécessaire d'étendre la modélisation au littoral méditerranéen.

D'un point de vue méthodologique, ce projet a permis de coupler pour la première fois un modèle climatique global à grande échelle à plusieurs modèles d'impacts fonctionnant à une résolution spatiale très fine.

Le choix de l'année « cible » pour l'étude est primordial. Il a porté sur 2050 : en effet, au-delà du changement climatique et des incertitudes inhérentes aux projections à long terme, la question de la vulnérabilité était un point bloquant. Il y a en effet trop d'incertitudes dans les projections de population et de la variation des valeurs des biens assurés au-delà de 35 ans.

Le choix du scénario est également un point clé. Sur les conseils de Météo France, nous avons opté pour un scénario médian (le RCP 4.5) permettant d'envisager de manière optimiste un effet positif des négociations en cours sur le climat.

Le nombre d'années simulées reste un facteur prépondérant de stabilité des résultats. La moyenne est sensible au nombre d'années, mais encore plus les valeurs extrêmes (pertes décennales, pertes cinquante-annales, etc.). La modélisation porte ici sur 200 années climatiques.

Cette étude va donc se poursuivre en 2016, en prenant en compte un plus grand nombre d'années simulées ainsi que d'autres scénarios climatiques.

Le modèle ne prend pas en considération l'évolution des mesures de prévention et la mise en place des plans de prévention des risques dans le futur. Ainsi, cette étude considère les ouvrages de protection constants.

Une fois clairement évalué l'apport des simulations climatiques, un élargissement de la base de données déjà disponible est envisageable selon plusieurs orientations :

- prolongation des simulations déjà effectuées avec la même configuration du modèle : une extension des simulations déjà effectuées permettrait d'étendre l'échantillon d'évènements extrêmes avec plus de variété dans les configurations de conditions atmosphériques.
- réalisation d'une simulation complémentaire avec l'hypothèse d'évolution climatique RCP6.0 intégrant un forçage radiatif plus sévère (+6,0W/m<sup>2</sup> en 2100).
- mise en œuvre d'une nouvelle version d'ARPEGE Climat, incluant la physique pronostique permettant de mieux représenter la nébulosité et la convection, à la résolution verticale de 91 niveaux et horizontale de 12 km sur l'Europe.

L'exploitation des données fournies par les simulations peut être développée en alimentant le modèle ISBA (non uniforme) pour la production de nouveaux paramètres indicateurs des risques de sécheresse agricole, comme l'évapotranspiration potentielle et les réserves en eau du sol.

### **Quels sont les enseignements de cette étude pour le régime Cat Nat ?**

Ces résultats montrent une augmentation probable et notable du coût de la sinistralité liée aux événements climatiques, que ce soit du fait d'une augmentation des valeurs assurées ou du changement climatique. La question de la capacité d'adaptation du régime Cat Nat à ce surcoût peut légitimement se poser.

Même si les dommages indemnisés au titre des périls climatiques sont amenés à croître dans le futur, l'équilibre du régime n'est pas fondamentalement modifié, car les primes évolueront de manière similaire aux valeurs assurées, dont l'évolution explique la majeure partie de la hausse attendue de la sinistralité.

Ce système d'indemnisation des catastrophes naturelles, unique en son genre, a, jusqu'à présent, fait preuve de son efficacité. Il a permis d'indemniser l'ensemble des événements survenus depuis plus de 30 ans, connaissant des années particulièrement impactées par les catastrophes naturelles : citons par exemple les années 1999, 2003 et 2010. Ces années de sinistralité exceptionnelle prouvent sa solidité et démontrent qu'il pourra faire face au changement climatique. Des ajustements tarifaires modérés pourraient s'avérer nécessaires mais ils seront d'autant plus contenus que l'on développera la prévention sous toutes ses formes, et avec le concours de tous les acteurs.

# Références

Guillou N., Chapalain G., 2011 : *Effects of the coupling between TELEMAC2D and TOMAWAC on SISYPHE modelling in the outer Seine estuary*. Presented at the XVIIIth TELEMAC & MASCARET User Club, p. 51–58

Hervouet J.-M., Van Haren L., Electricité de France, 1996 : *TELEMAC-2D Version 3.0 principle note*. Rapport EDF HE-4394052B, Chatou, p. 1-98

IPCC Climate Change, 2013 : *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

Moncoulon, D., Labat, D., Ardon, J., Leblois, E., Onfroy, T., Poulard, C., Aji, S., Rémy, A., Quantin, A., 2014 : *Analysis of the French insurance market exposure to floods: a stochastic model combining river overflow and surface runoff*. Natural Hazards and Earth System Science 14, p. 2469–2485

Naulin J.-P., Moncoulon D., Le Roy S., Pedreros R., Idier D., Oliveros C., 2015 : *Estimation of insurance related losses resulting from coastal flooding in France*. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussion., 3, p. 2811-2846

ONERC, 2014 : *Le climat de la France*, Volume 4. Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d’Outre-Mer, 64 p.

ONERC, 2015 : *Le climat de la France*, Volume 5. Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises, 70 p.

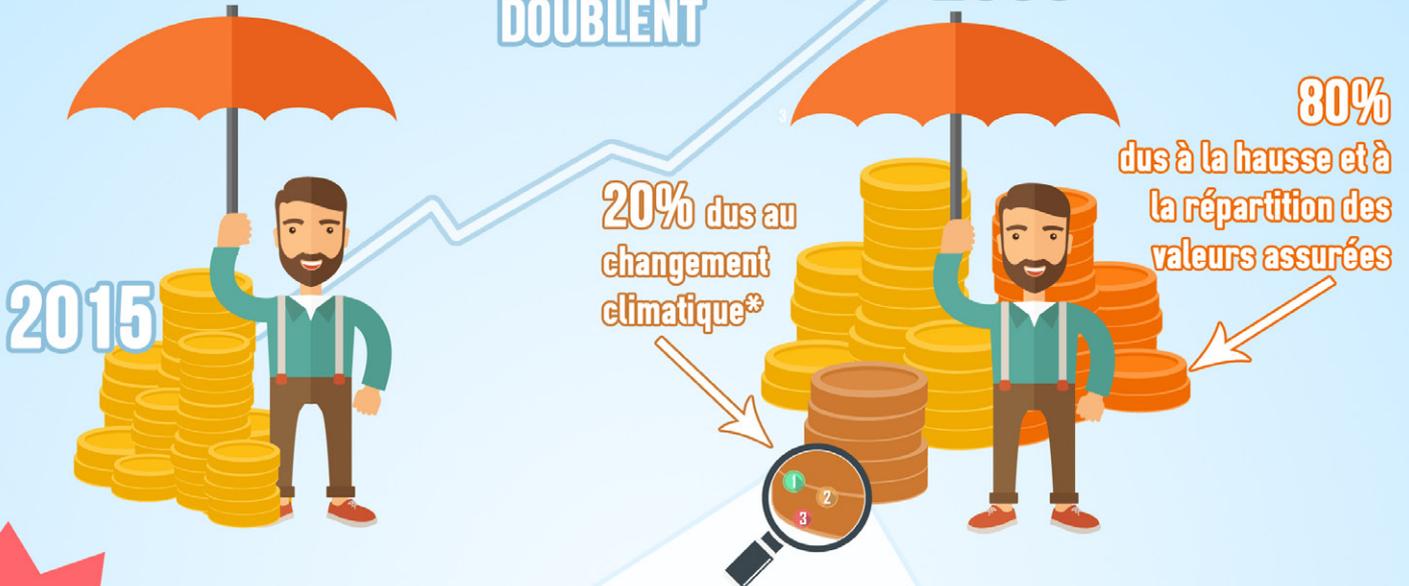
# IMPACT FINANCIER DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

sur le régime français d'indemnisation des catastrophes naturelles

Les dommages annuels assurés consécutifs  
aux événements climatiques

**DOUBLENT**

**2050**



d'après une étude  
CCR/Météo  
France

Inondations :

**+20%** du fait des événements  
cévenols

Submersions marines :

**+60%**  
liés à l'élévation du  
niveau de la mer

Sécheresses : inférieur à **+5%**  
Aggravation dans le Sud de la  
France

**3**

\*Selon le scénario RCP 4.5 du GIEC : +2° à l'horizon 2100 compatible avec les objectifs de la COP21

CCR









## Pilotage de l'étude

David Moncoulon (CCR)  
dmoncoulon@ccr.fr

Martine Veysseire (Météo France)  
martine.veysseire@meteo.fr

## Équipe projet

Jean-Philippe Naulin (modélisation des submersions marines), Pierre Tinard (modélisation de la sécheresse), Zi-Xiang Wang (modélisation des inondations)

Jérémy Desarthe, Chadi Hajji (projections de vulnérabilité en 2050)

Fabienne Régimbeau (modélisation ISBA Météo France)

Thomas Onfroy (Géomatique - cartographie)

## Contact Presse

Isabelle Delval  
idelval@ccr.fr  
Tél : +33 (0) 1 44 35 37 01



@CCR\_Reassurance



CCR Réassurance

CCR <sup>TM</sup>

Caisse Centrale de Réassurance  
157 boulevard Haussmann 75008 Paris - France  
Tél. : +33 1 44 35 31 00 - www.ccr.fr  
SA au capital de 60 000 000 € - 388 202 533 RCS Paris