



Modélisation des périls climatiques

Impact des projections climatiques horizon 2050



Modélisation des périls climatiques

Les travaux de modélisation de CCR

- ▶ Principaux modèles Cat Nat développés par CCR :
 - Inondations (ruissellement et débordement),
 - Sécheresse géotechnique,
 - Submersions marines ,
 - Cyclones (Antilles et Réunion)
- ▶ Approches déterministes : estimation des dommages d'événements réels
- ▶ Approche probabiliste : estimation des pertes générées par un catalogue d'événements fictifs mais réalistes

Objectifs

Pourquoi coupler les modèles Cat Nat avec un modèle climatique ?

- ▶ Proposer une modélisation multi-périls à base physique
 - Aujourd'hui hypothèse d'indépendance des périls (inondations, sécheresses, submersions)
 - L'exposition aux risques naturels est multi-périls :
 - 1999 inondations de l'Aude et tempêtes (Lothar et Martin)
 - 2003 inondations du Rhône, sécheresse
 - 2010 inondations du Var et submersion marine Xynthia
 - Le modèle climatique permet de simuler conjointement les périls climatiques sans hypothèse préalable d'indépendance

- ▶ Prendre en compte l'hypothèse de changements dans le climat
 - Modélisation des impacts des scénarios du GIEC
 - Évolution de l'exposition en termes d'aléa
 - Couplage avec un modèle de projection sur la vulnérabilité

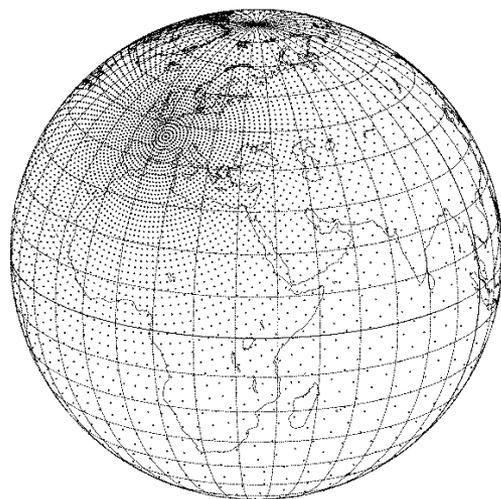
Le scénario de 2014 pour la CCR

- ▶ Le besoin de la Caisse Centrale de Ré-assurance en séries de données cohérentes entre elles implique la mise en oeuvre d'un modèle atmosphérique configuré à climat stationnaire
- ▶ Météo-France a donc préparé pour la CCR un nouveau scénario destiné à produire une double simulation sur une durée de 200 ans :
 - Une simulation à climat constant actuel
 - Une simulation à climat constant futur 2050
- ▶ Météo-France a déjà réalisé deux scénarios à climat constant actuel (en 2008 et 2012) pour des clients intéressés par la consommation d'électricité ou par la production d'énergie éolienne ou photovoltaïque
- ▶ 200 ans de données du scénario réalisé en 2012 ont été préparées pour la CCR comme données préliminaires, à climat actuel

La modélisation

Pour cette prestation, Météo-France met en œuvre son modèle climatique ARPEGE Climat.

ARPEGE Climat est un modèle atmosphérique climatique à grille étirable et basculable, c'est-à-dire qu'on peut fixer par ses coordonnées géographiques un point appelé « pôle » autour duquel la résolution est augmentée.

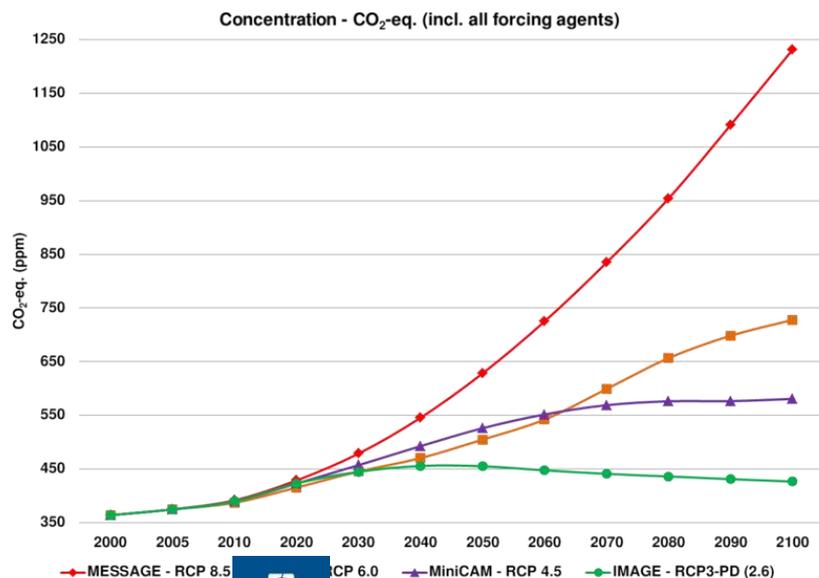


Scénario	2014	
	actuel	futur 2050
Climat simulé	actuel	futur 2050
Version ARPEGE-Climat	6.0	
Grille étirée modèle	181724 points	
Pôle	Point en Allemagne	
Niveaux verticaux	31	
Module de surface	SURFEX	
Pas de temps modèle	600 s (10 mn)	
SST de forçage (températures de surface de la mer)	Série 200 ans climat pré-industriel (GIEC) ramenée au climat actuel	Série 200 ans climat pré-industriel (GIEC) recalée sur 2050 (RCP 4.5)
Gaz à effet de serre	2010	2050 RCP 4.5
Longueur du scénario	200 ans	200 ans
Pas de temps archive	1 h	
Résolution sur l'Europe	20 km	
Paramètres archivés	83 sur Europe élargie 72 sur Afrique Nord 4 sur Atlantique Nord 9 sur Madagascar Disponible automne 2015	

Les hypothèses d'évolution RCP

RCP Representative Concentration Pathway. Hypothèses de changement climatique basées sur différentes évolutions des forçages radiatifs.

Name	Radiative forcing	CO ₂ equiv (p.p.m.)	Temp anomaly (°C)	Pathway	SRES temp anomaly equiv
RCP8.5	8.5 Wm ² in 2100	1370	4.9	Rising	SRES A1F1
RCP6.0	6 Wm ² post 2100	850	3.0	Stabilization without overshoot	SRES B2
RCP4.5	4.5 Wm ² post 2100	650	2.4	Stabilization without overshoot	SRES B1
RCP2.6 (RCP3PD)	3Wm ² before 2100, declining to 2.6 Wm ² by 2100	490	1.5	Peak and decline	None



► Références adoptées par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC = IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change) pour son 5^{ème} rapport.

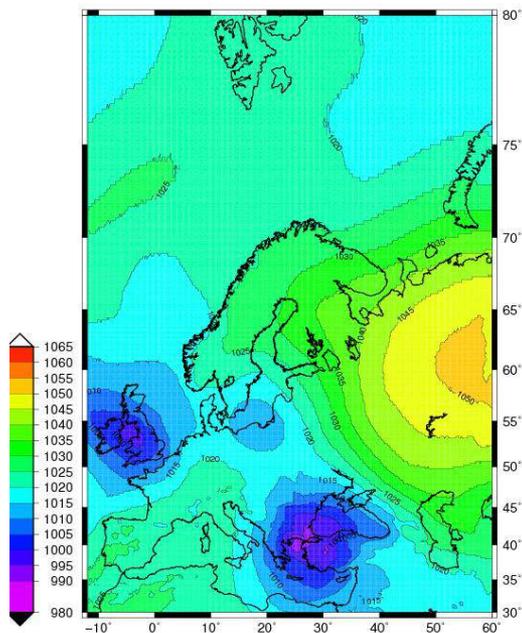
► Les rapports du GIEC synthétisent les travaux publiés de milliers de chercheurs analysant les tendances et prévisions mondiales en matière de changements climatiques.

(https://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml)

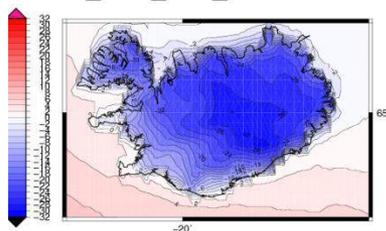
Les 4 domaines d'archivage

EUROPE 82 paramètres

EuM_PMER_Brut_2001010212



Is_T2M_Brut_2001010212



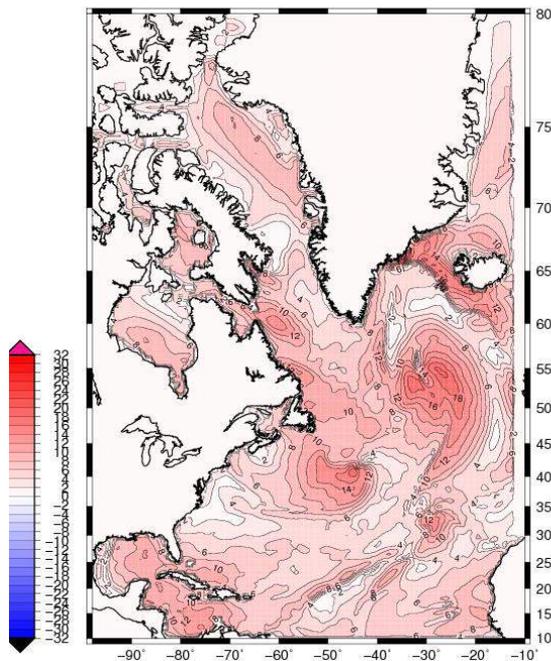
Exemples de sorties de modèle sur quelques paramètres.

Les domaines Europe, Atlantique nord et Afrique sont jointifs.

ATLANTIQUE NORD

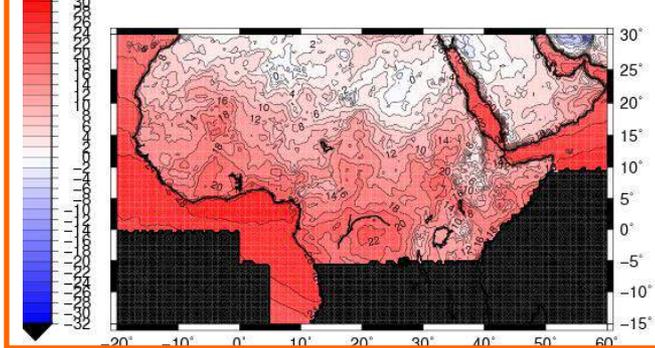
4 paramètres (sur domaine en rouge)

Atl_FF10_Brut_2001010221



AFRIQUE 73 paramètres

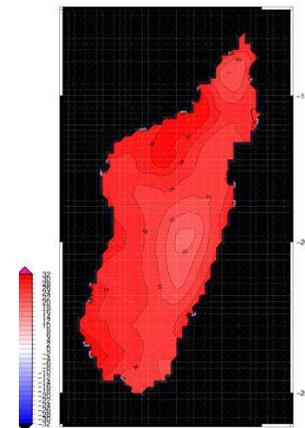
Afr_TMIN_Sc2050B_2001010206



MADAGASCAR

9 paramètres (sur domaine en rouge)

Mdg_T2M_Brut_2001010112



Les paramètres archivés

- ▶ La liste de paramètres archivés pour la CCR a été étendue pour répondre à d'autres besoins (besoins internes, usagers institutionnels et clients)
- ▶ Domaines Europe et Afrique :
 - Température à 2 m
 - Vent moyen à 10 m
 - Précipitations, humidité à 2 m, nébulosité
 - Pression à la surface et ramenées au de la niveau mer
 - Paramètres du sol : contenus en eau ou glace, température de surface et en profondeur, équivalent en eau de la neige accumulée ...
 - Flux à la surface du sol : rayonnements solaire et thermique, flux de chaleur
 - Températures minimale et maximale tri-horaires
 - Paramètres tri-horaires en 9 niveaux verticaux (vent, température, géopotentiel, humidité spécifique).
- ▶ Domaine Atlantique
 - Vent moyen et rafales à 10 m, température de surface de la mer, pression mer
- ▶ Domaine Madagascar
 - Température et humidité à 2 m, rayonnement, vent à 10 m, précipitations

La préparation des données

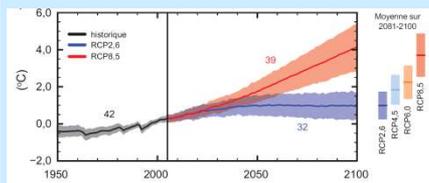
- ▶ Les scénarios à climat constant doivent être interprétés comme des ensembles de réalisations possibles de 200 années sous un même climat stationnaire. Ce ne sont ni des ré-analyses de situations passées ni des prévisions
- ▶ Les données brutes de sortie de modèle ne peuvent être exploitées sans la correction de biais éventuels
- ▶ Pour corriger les biais dus à la modélisation, on se base sur un historique de données climatologiques observées, et on donne aux données à climat actuel les mêmes caractéristiques statistiques que celles de l'historique
- ▶ On applique aux données au climat futur la même correction que celle utilisée pour les données à climat actuel

Couplage modèles CAT / modèle climatique Météo France

Inondations et submersions marines

Travaux Météo France

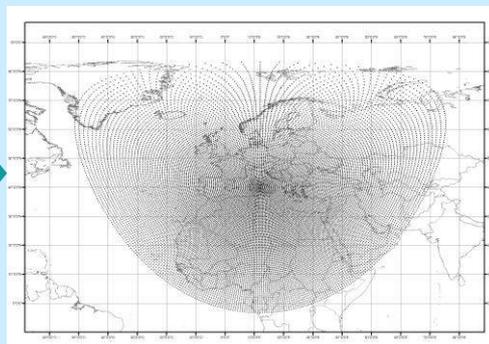
Paramètres



Climat actuel

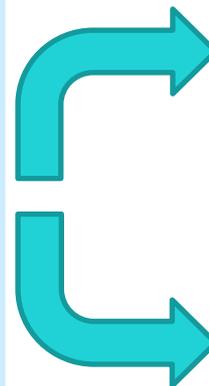
Climat 2050 scen. 4.5

Modèle ARPEGE Climat



200 ans

Précipitations horaires
Grille SAFRAN 8km



Vent à 10m
Pression au niveau de la mer
3h grille de 0,5°

Travaux CCR



Modèle inondations



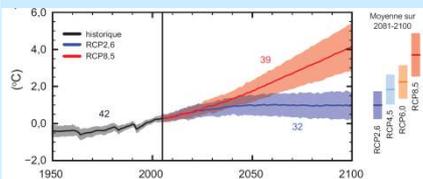
Modèle submersions

Couplage modèles CAT / modèle climatique Météo France

Sécheresse

Travaux Météo France

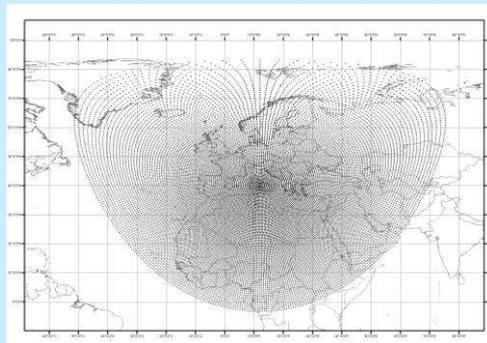
Paramètres



Climat actuel

Climat 2050 scen. 4.5

Modèle ARPEGE Climat

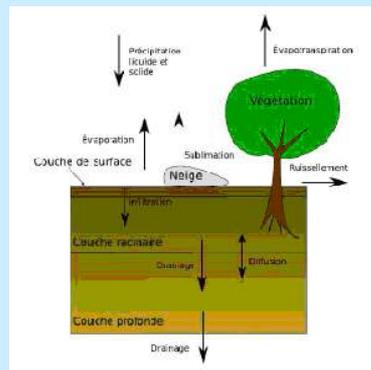


200 ans

Paramètres en entrée d'ISBA

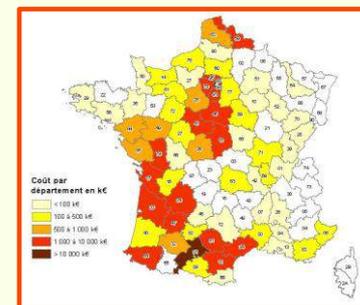


Modèle ISBA



Travaux CCR

Modèle sécheresse



Soil Wetness Index



Premiers résultats

Modélisation des inondations sur un échantillon de 30 ans de données

Climat actuel / climat 2050

Les données de précipitations

Données annuelles France entière

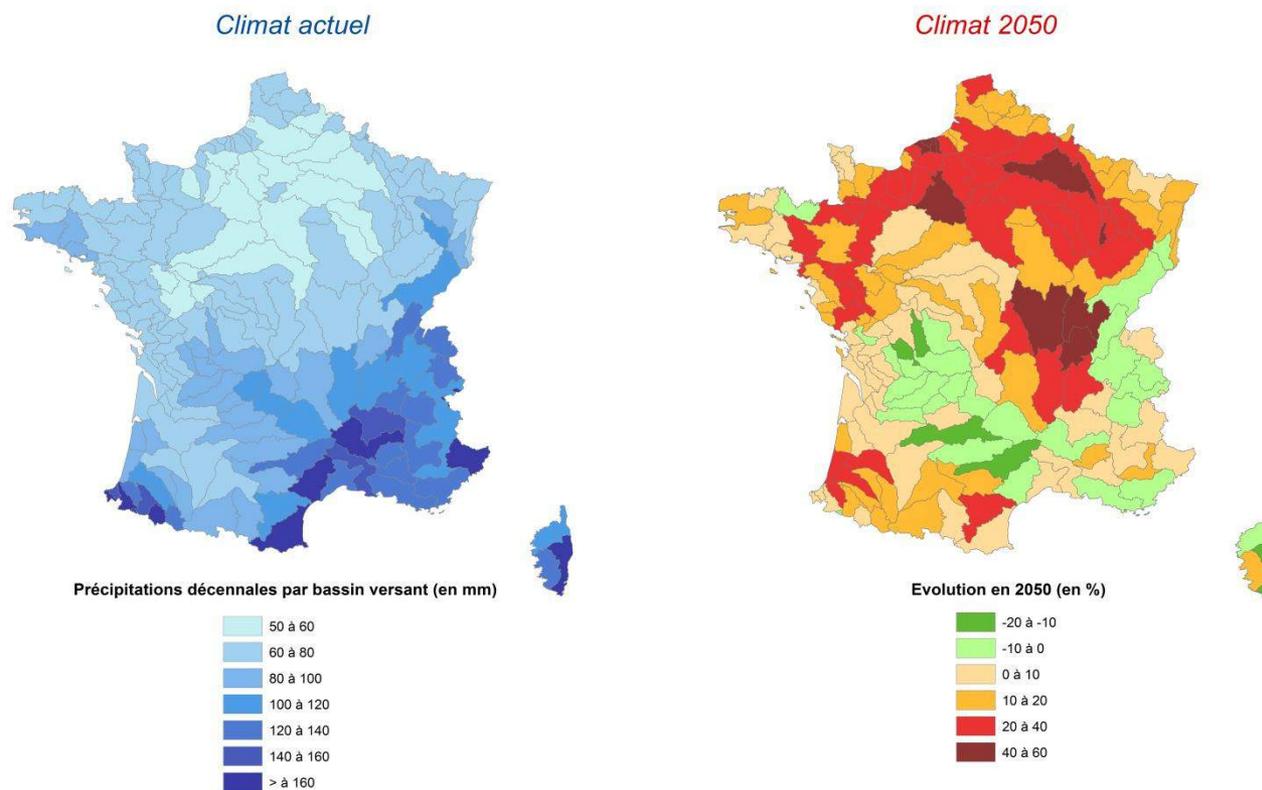
- ▶ Évolution des indicateurs agrégés des précipitations
- ▶ Évolution modérée des précipitations

Indicateur	Climat actuel	Climat 2050	Évolution (%)
Moyenne (mm)	952	996	+4,6%
Écart-type (mm)	294	298	+1,5%
Min (mm)	502	454	-1,0%
Max (mm)	2455	2502	+1,9%

Création d'un catalogue d'événements

Calcul des seuils décennaux de cumuls 72h par bassins versants

- ▶ Les cumuls les plus élevés se trouvent dans le sud-est
- ▶ L'évolution est plus significative dans le nord

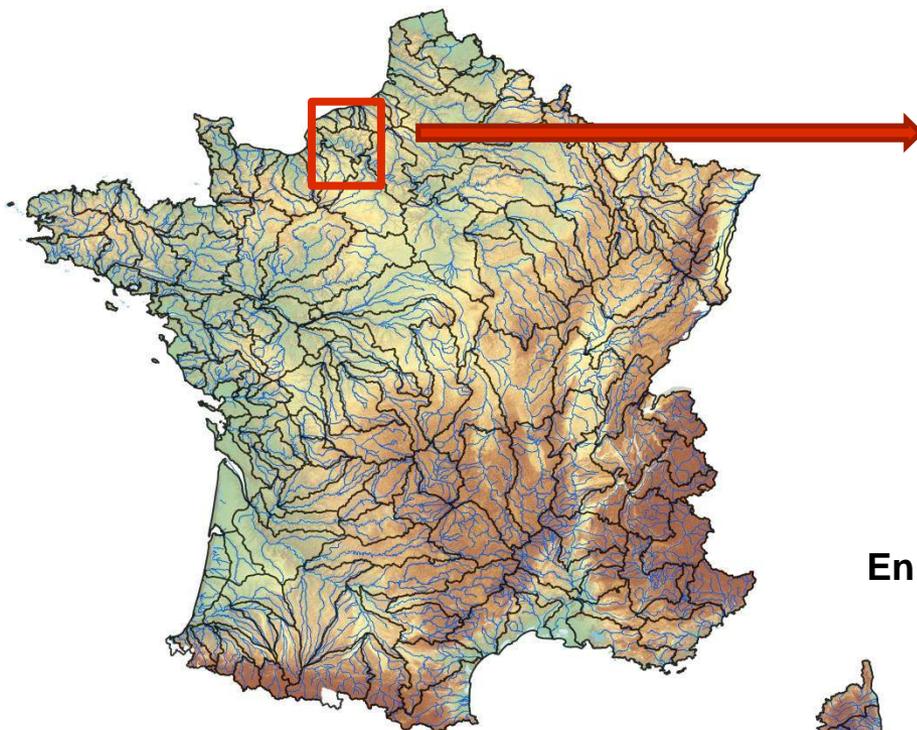


Méthode de détection d'événements

Analyse de 30 ans de données de précipitations

► Méthodologie de détection d'événements : exemple la Seine aval

Hydrographie principale en France métropolitaine



Sélection d'un bassin versant

1. Calcul des cumuls de pluies sur 72h
2. Comparaison au seuil décennal
 - **seuil actuel**
 - **seuil 2050**
3. Détection d'événements

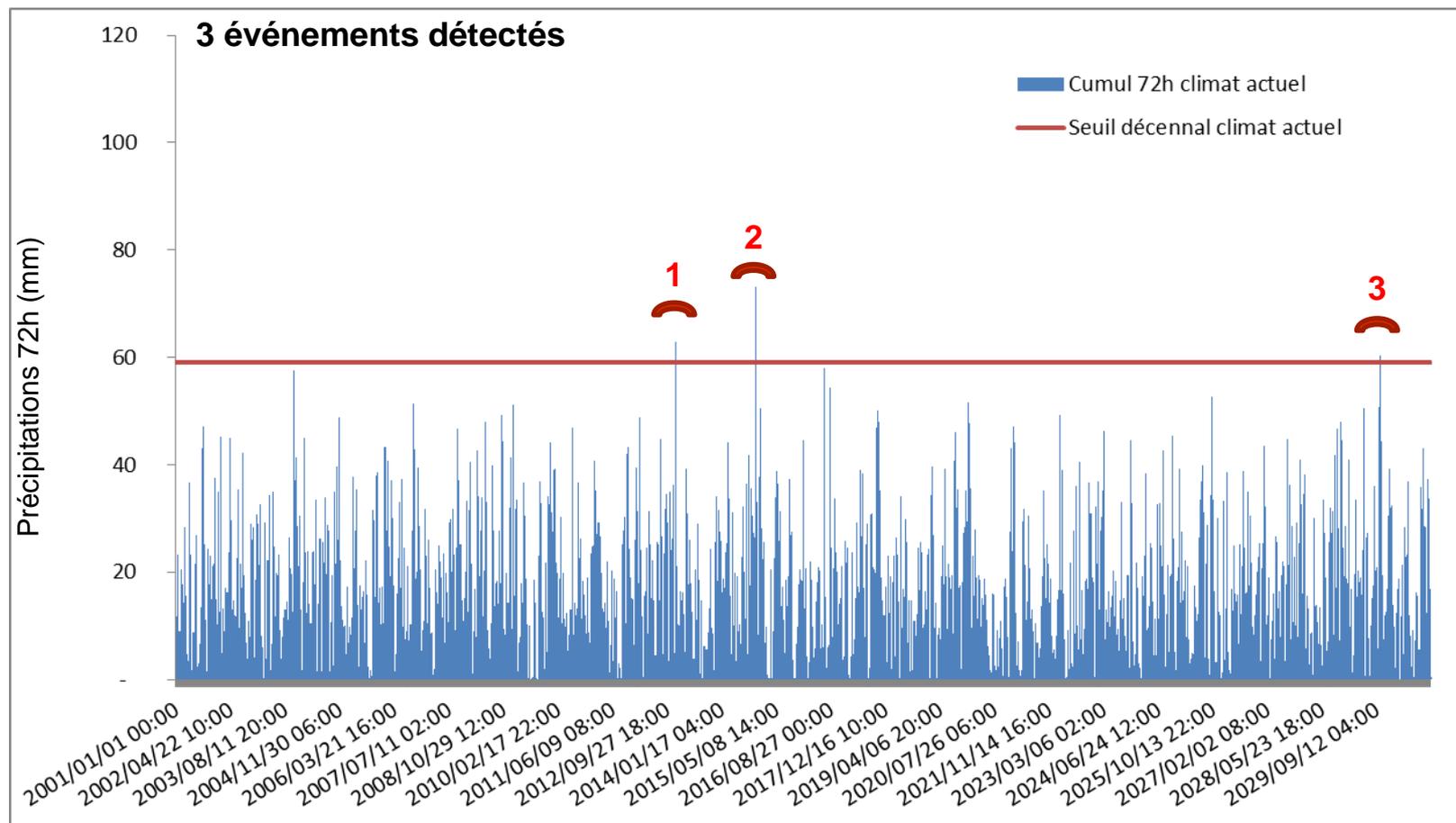
En moyenne 3 événements par bassin versant en 30 ans

□ Aires hydrographiques de 2ème ordre: Les secteurs hydrographiques
— Tronçons hydrographiques principaux

Méthode de détection d'événements

Analyse de 30 ans de données de précipitations

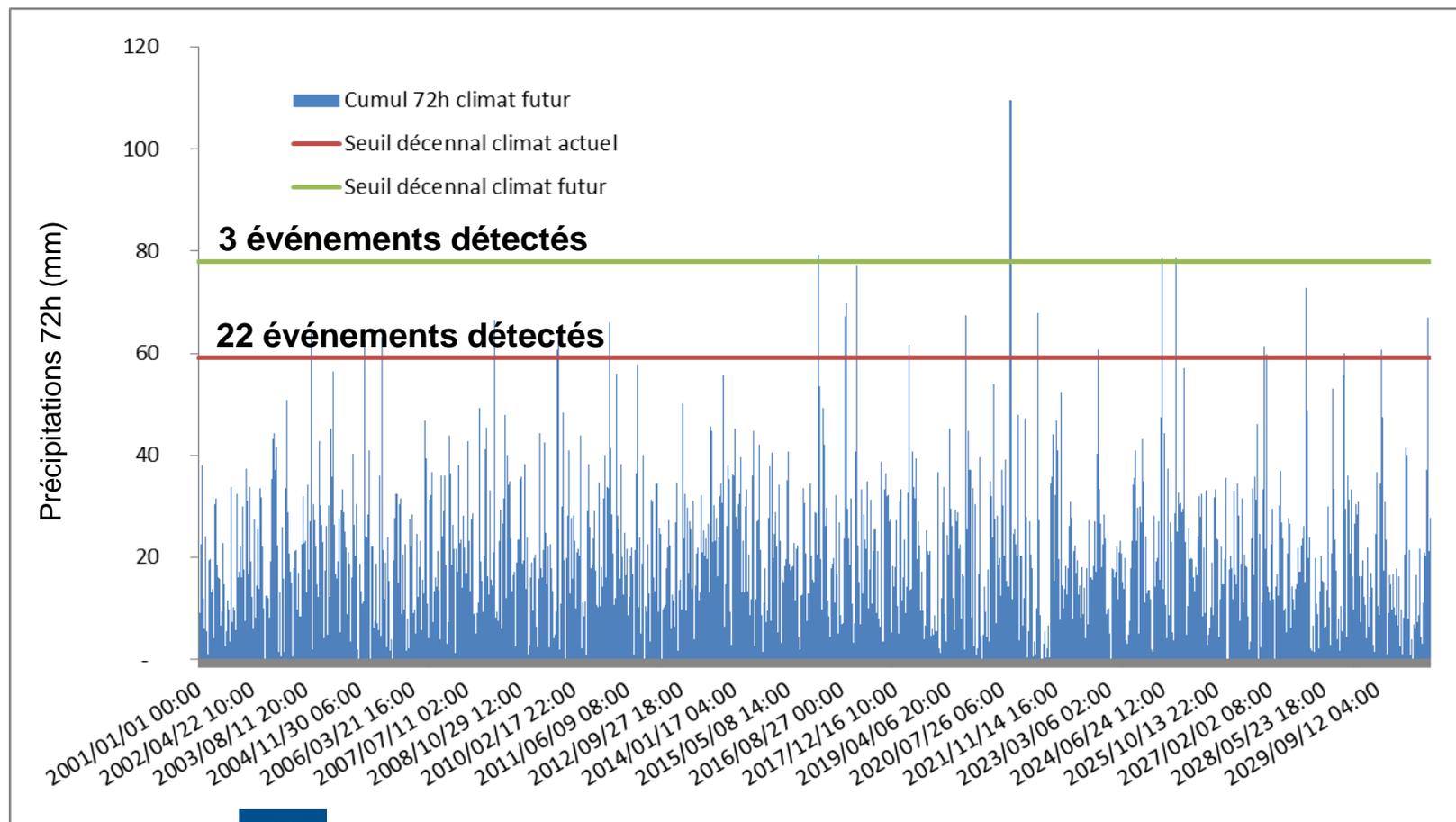
► Méthodologie de détection d'événements **données à climat actuel**



Méthode de détection d'événements

Analyse de 30 ans de données de précipitations

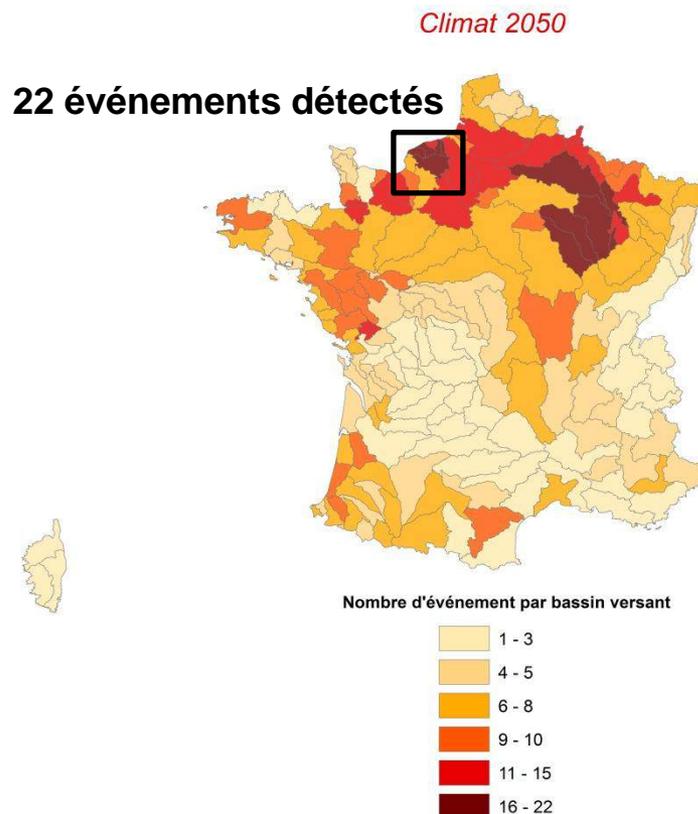
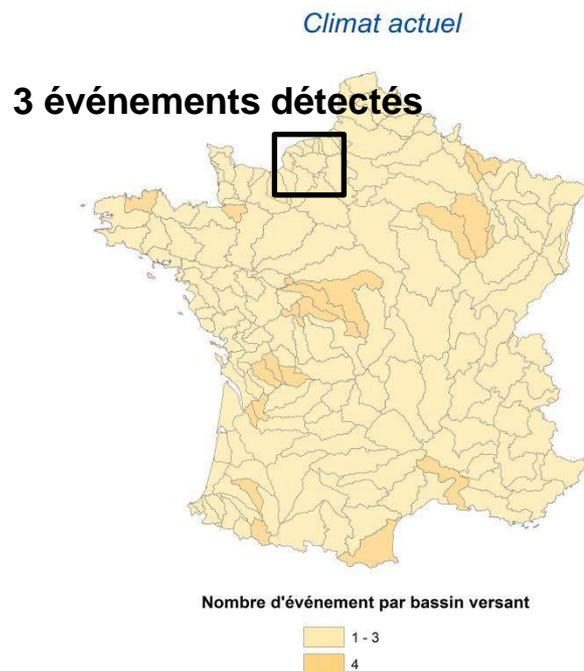
► Méthodologie de détection d'événements **données à climat futur**



Création d'un catalogue d'événements

Si l'on utilise un seuil décennal constant

- ▶ Plus grand nombre d'événements détectés dans le nord
- ▶ Peu d'évolution dans le Sud



Simulation du catalogue d'événements

Impact des événements simulés marché France entière

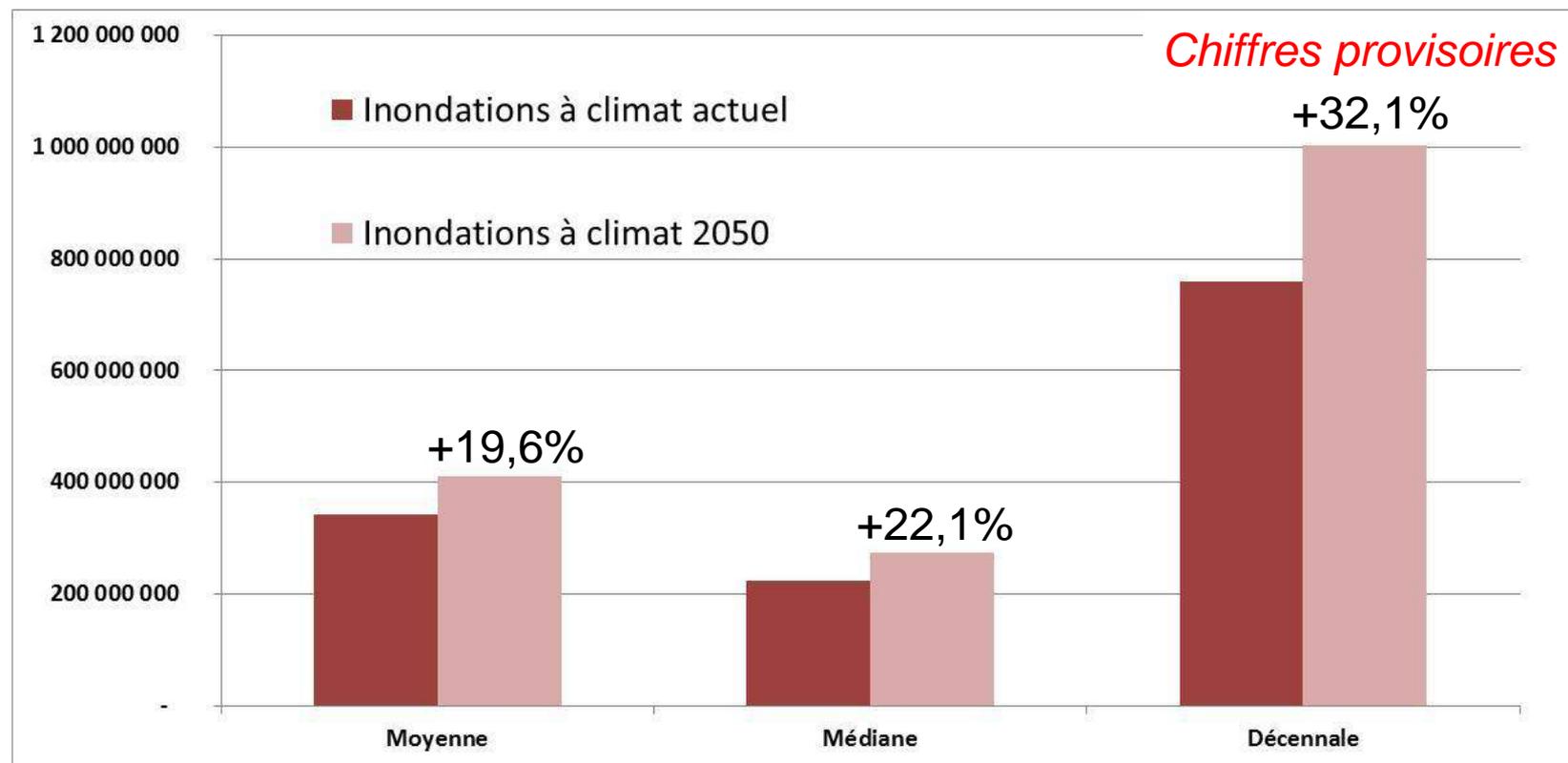
- ▶ Perte annuelle moyenne plus faible que l'historique des 30 dernières années
 - Travaux exclusivement sur des bassins versants de taille moyenne
 - Le modèle climatique sous-estime les événements cévenols

Pertes annuelles France entière <i>(M€ non auto – portefeuille marché 2014)</i>	Climat actuel	Sinistralité historique as-if 2014
Moyenne	342,1	529,7
Écart-type	275,3	396,6
Période de retour 2 ans	223,7	400,8
Période de retour 10 ans	758,8	1103,3

Simulation du catalogue d'événements

Impact des événements simulés marché France entière

- ▶ Échantillon de 30 ans sur les 200 années du projet final (possible effet de sélection)
- ▶ Portefeuille constant : effet du changement des précipitations uniquement



Pertes annuelles marché France

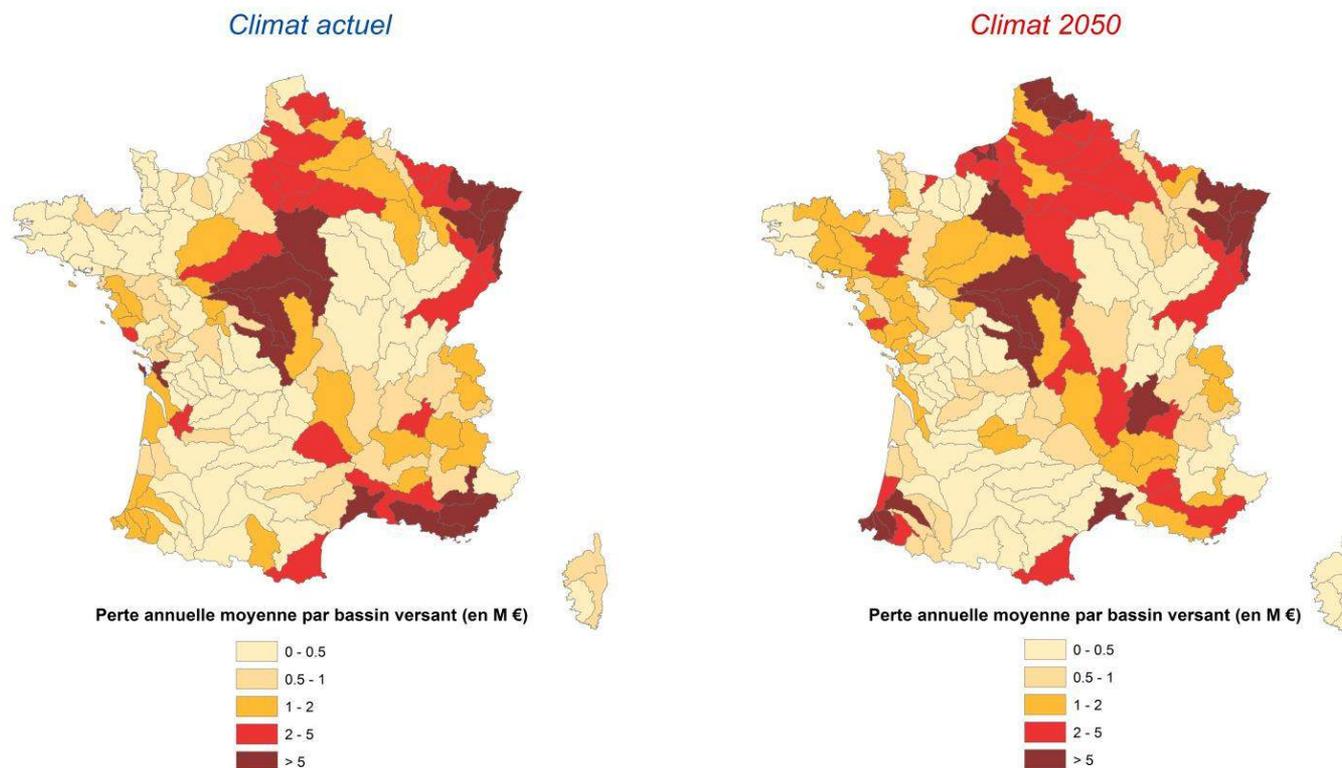
Modélisation des périls climatiques

Simulation du catalogue d'événements

Spatialisation des variations de pertes annuelles moyennes

Données climatiques Météo-France

Perte annuelle moyenne par bassin versant

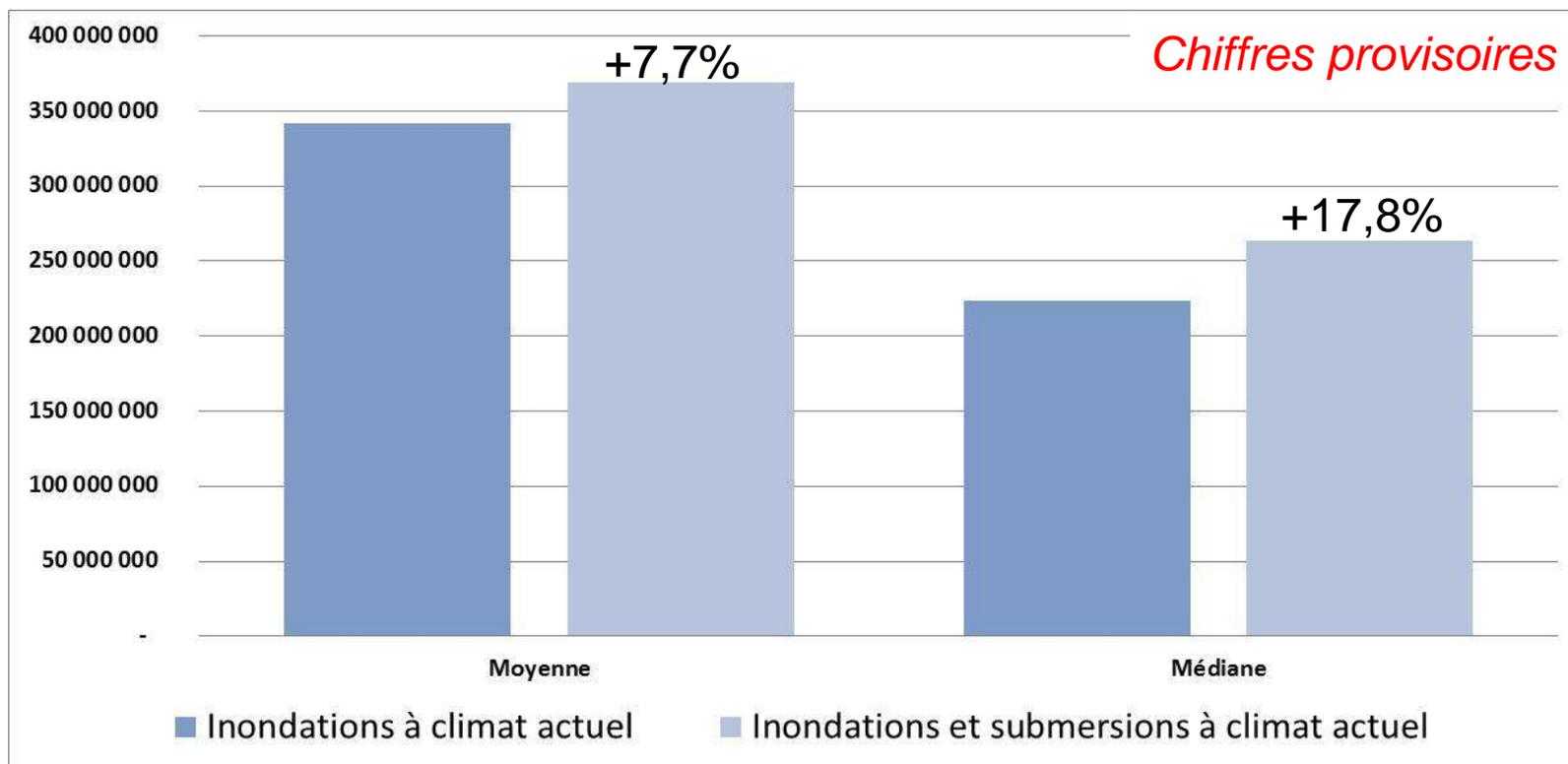


Modélisation conjointe inondations et submersions marines sur un échantillon de 30 ans de données

Analyse conjointe inondations / submersions marines

30 années à climat actuel

- ▶ Inondations seules
- ▶ Inondations et submersions marines conjointes



Pertes annuelles marché France

Conclusion

Intérêt de l'approche, limites et perspectives

► Principales conclusions de l'approche

- Augmentation globale des précipitations (5% environ), des disparités régionales sont constatées
- Augmentation de la fréquence des événements dans certaines régions (le Nord principalement)
- Augmentation des dommages, en moyenne de près de 20% entre le climat actuel et 2050

► Seulement 30 années simulées !

► Perspectives

- Analyse sur 200 années
- Intégration de la vulnérabilité du territoire (évolution à 2050)
- Extension de l'étude à la sécheresse géotechnique
- Intégration des travaux de l'IRSTEA (*E. Leblois et al.*) pour améliorer la simulation d'un grand nombre de situations météorologiques à partir des 200 ans issus du modèle climatique

Merci de votre attention

David Moncoulon

Équipe projet :

Jérémy Desarthe, Jean-Philippe Naulin, Thomas Onfroy et Zi-Xiang Wang

Météo France – Direction des Services Météorologiques

Martine Veysseire

martine.veysseire@meteo.fr

Cette présentation et tous les éléments qu'elle contient (notamment les textes, publications, images, photographies et éléments graphiques ou cartographiques) sont la propriété exclusive de CCR ou de tiers l'ayant expressément autorisée à les utiliser.

Toute reproduction, représentation ou utilisation intégrale ou partielle de la présentation, est interdite, sauf autorisation préalable et écrite de CCR.

Le contenu de la présentation est strictement informatif et n'a aucune valeur contractuelle.

CCR décline toute responsabilité pour tous dommages directs ou indirects, quelles qu'en soient la cause ou la nature, en lien avec la présentation et subis notamment à raison de l'utilisation ou de l'éventuelle inexactitude des éléments contenus dans la présentation.