

Le changement climatique et ses conséquences De l'échelle globale à la Normandie

Benoit Laignel, Professeur
UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen
benoit.laignel@univ-rouen.fr

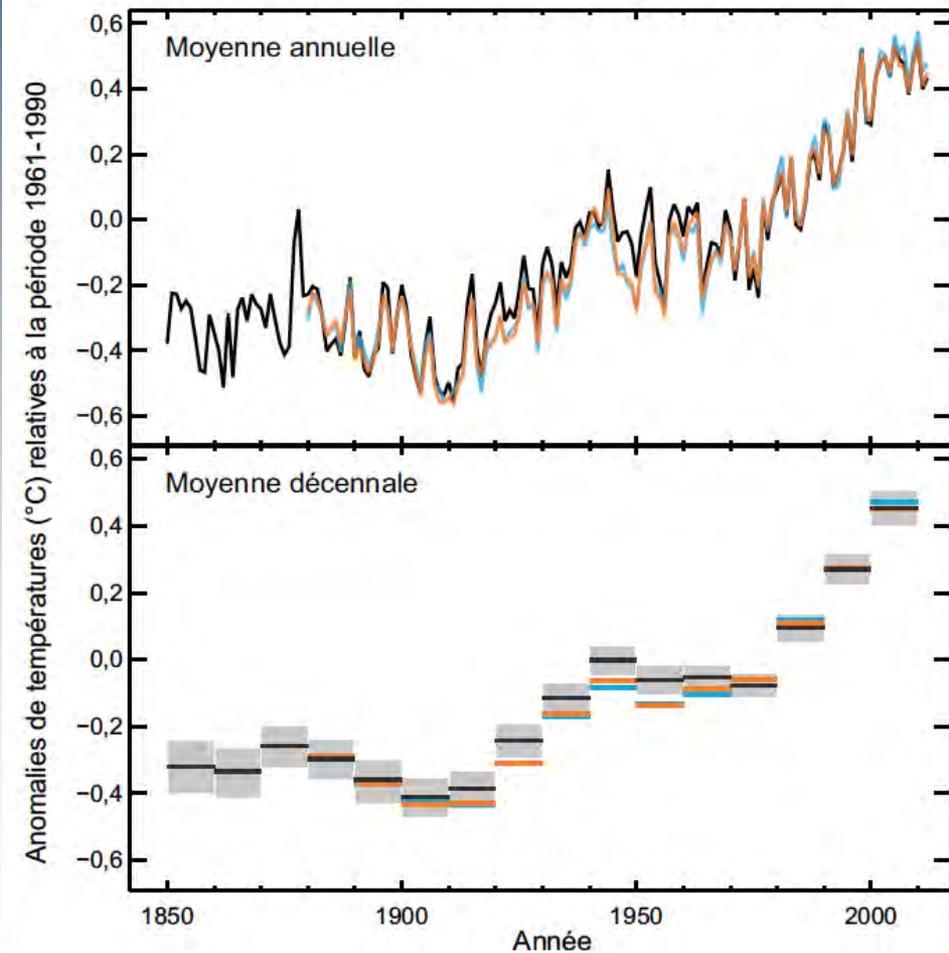
Co-Président du GIEC Normand
Président du GIEC Métropole de Rouen



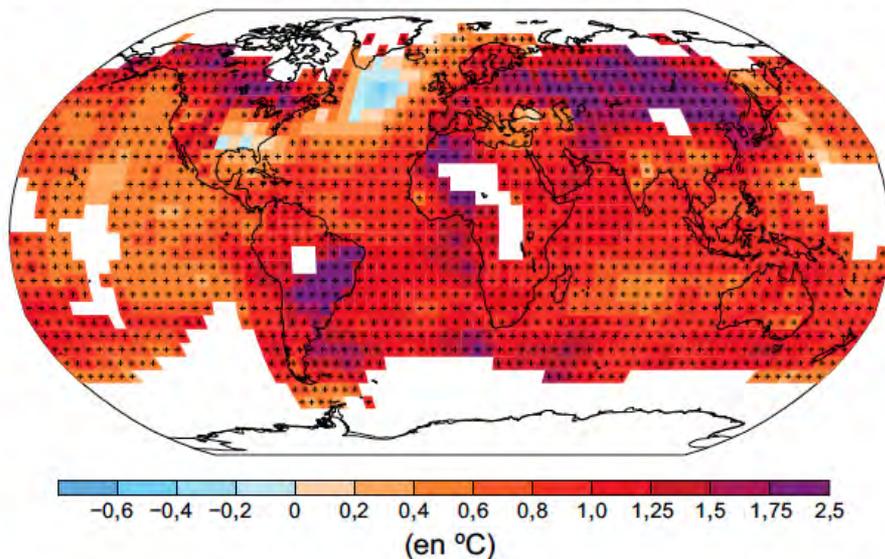
Evolution des températures atmosphériques

Anomalies observées de températures moyennes en surface, combinant les terres émergées et les océans, de 1850 à 2012

a)



Évolution de la température en surface observée entre 1901 et 2012

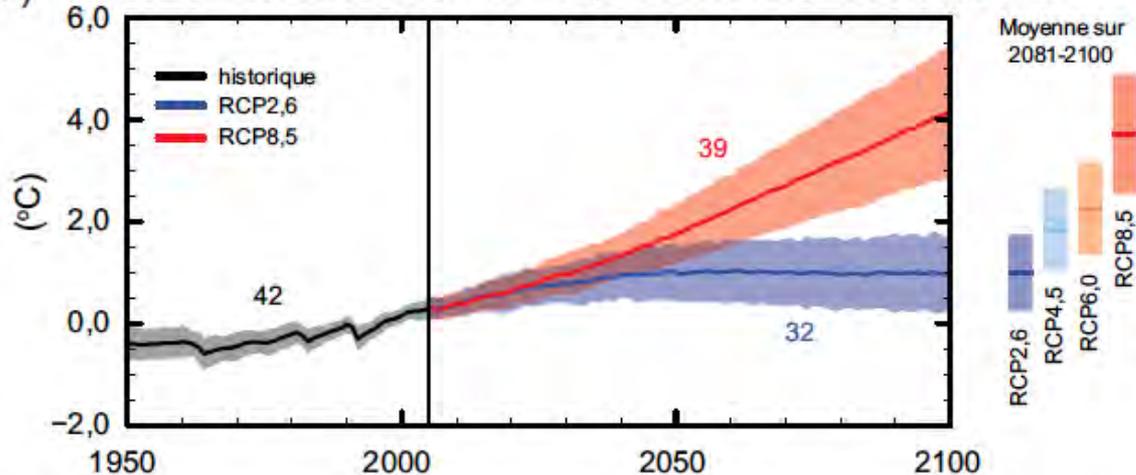


Elévation température moyenne du globe (combinant terres émergées et océans) de 1880 à 2012 :

+ 0,85 ° C [0,65 à 1,06]

Projection : Augmentation de température à l'échelle du globe

a) Évolution de la température moyenne à la surface du globe



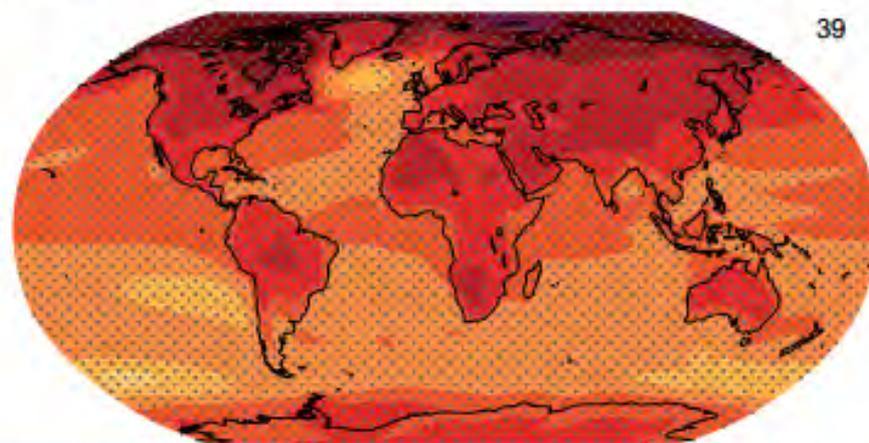
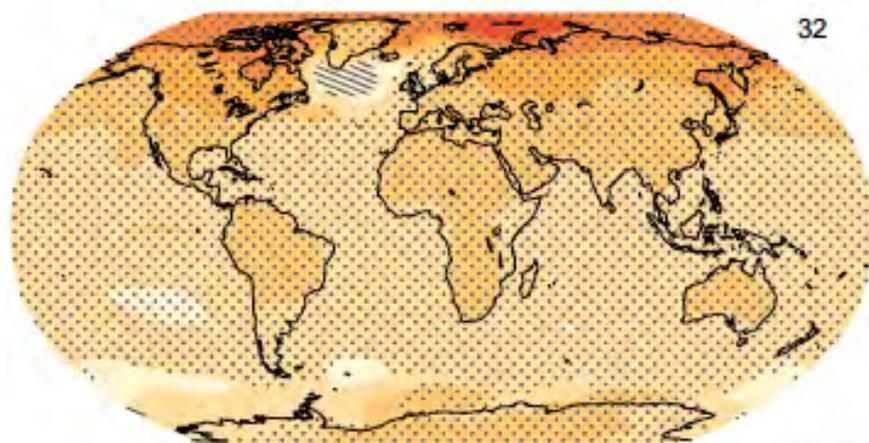
Élévation température moyenne du globe à l'horizon 2100 :

Entre +0,3 et + 4,8 ° C
(Modèles avec incertitudes)
Entre + 1 et + 4 ° C (Moyennes des modèles)

RCP 2,6

RCP 8,5

Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100)



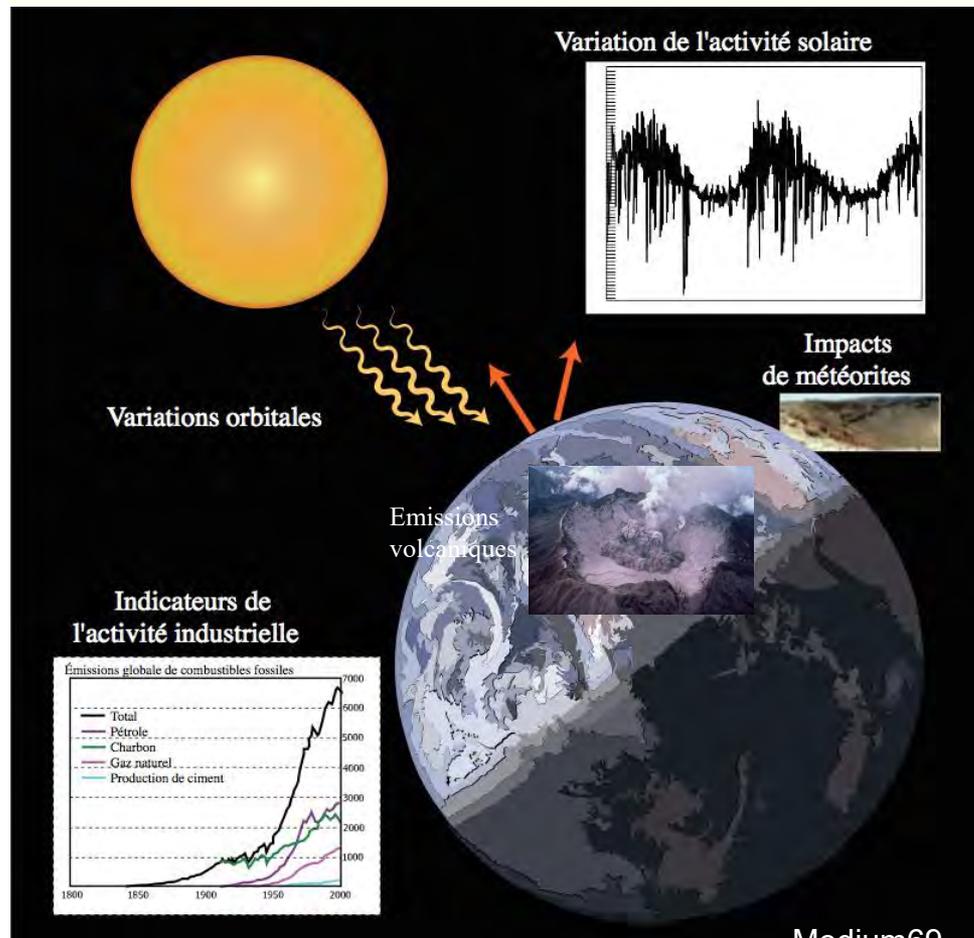
Origines du réchauffement planétaire

Rétention de la chaleur par l'atmosphère, amplifiée par les gaz à effet de serre

Causes astronomiques : variations orbitales et fluctuations de l'activité solaire

Variation de la réflectivité de la surface terrestre (Albedo)

Emissions volcaniques



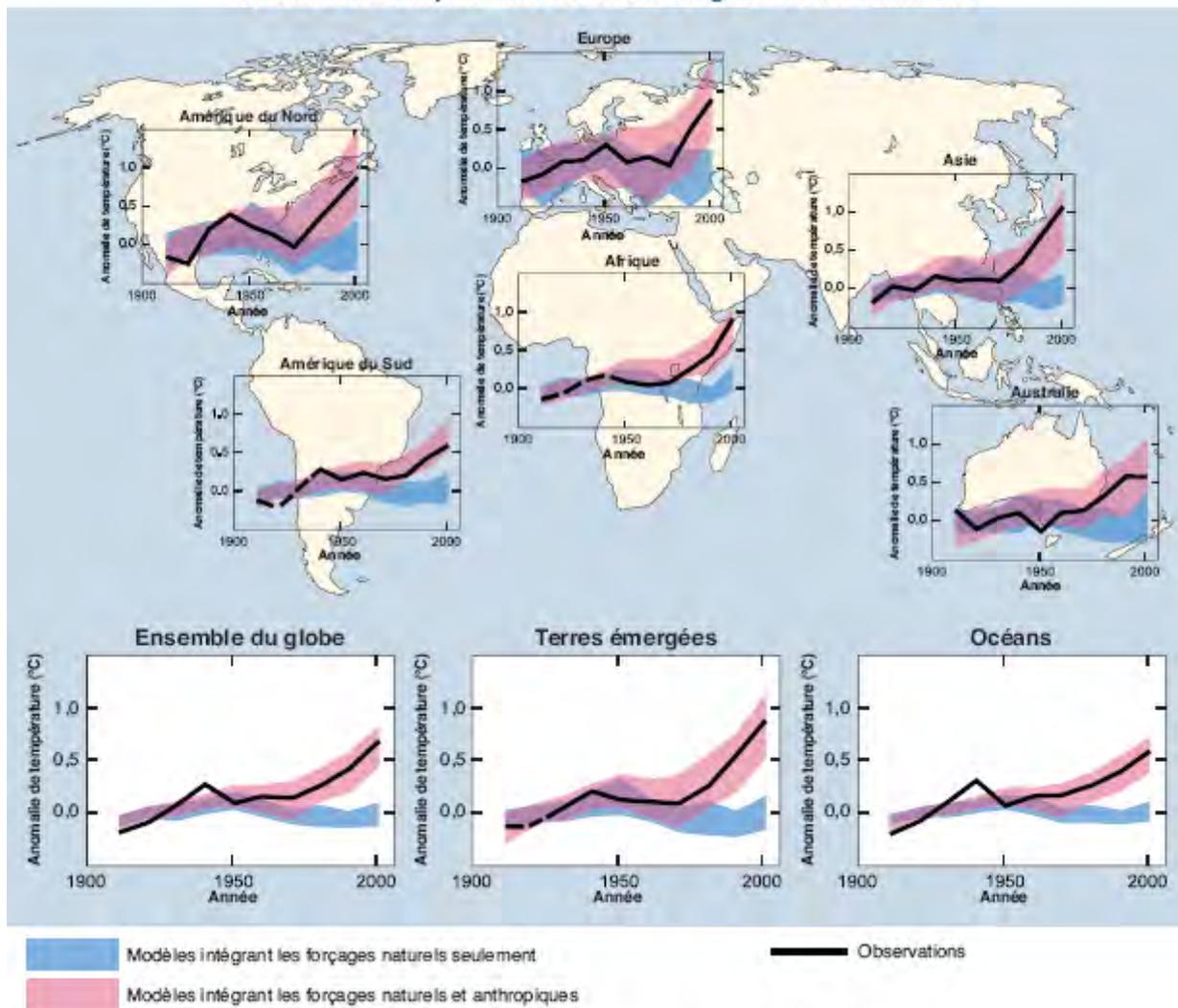
Effet de Serre

Phénomène naturel amplifié par l'homme

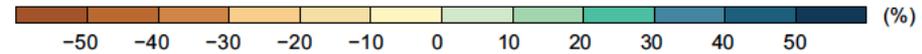
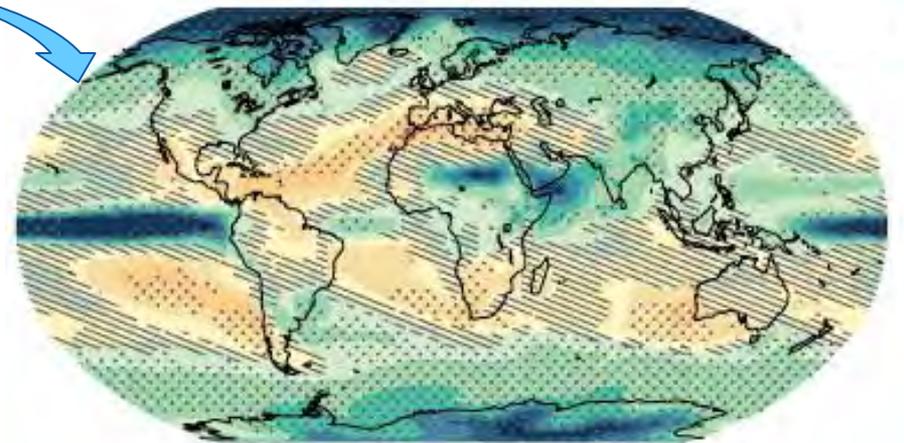
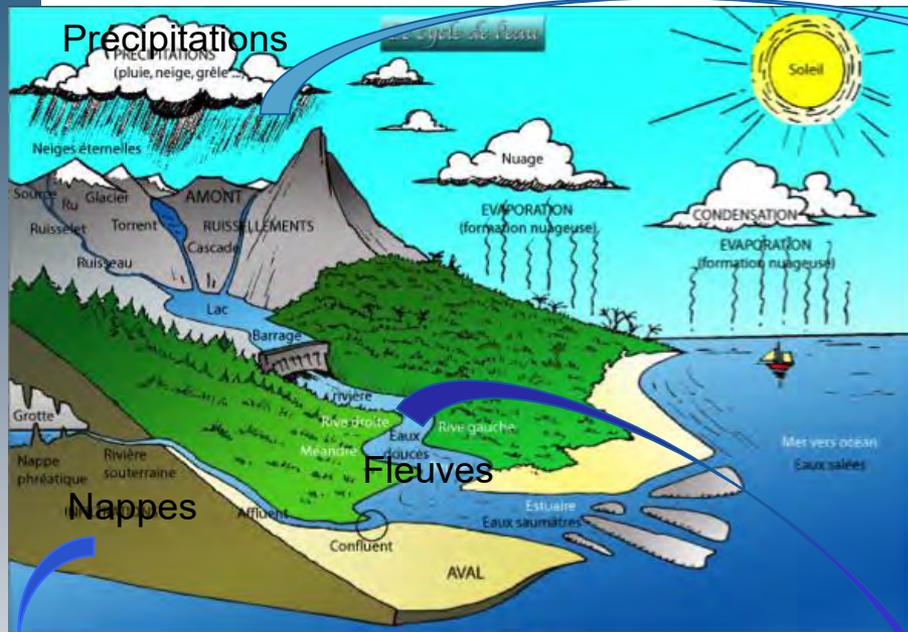
Sans ce phénomène, la température moyenne sur Terre de 14°C chuterait à -18°C

Forçages à l'origine du réchauffement climatique

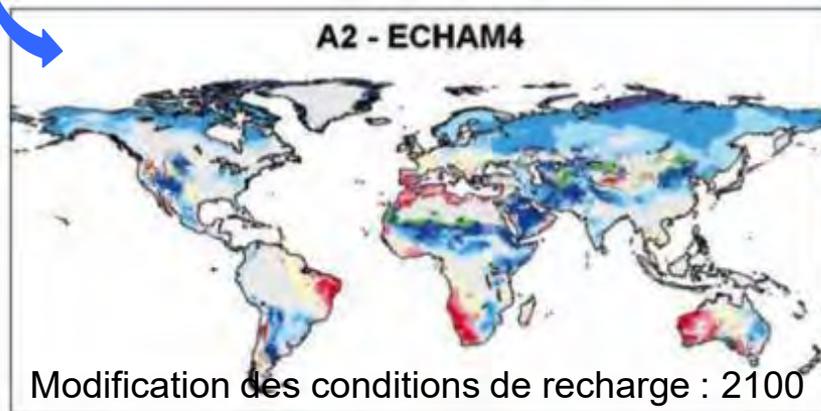
Variation des températures à l'échelle du globe et des continents



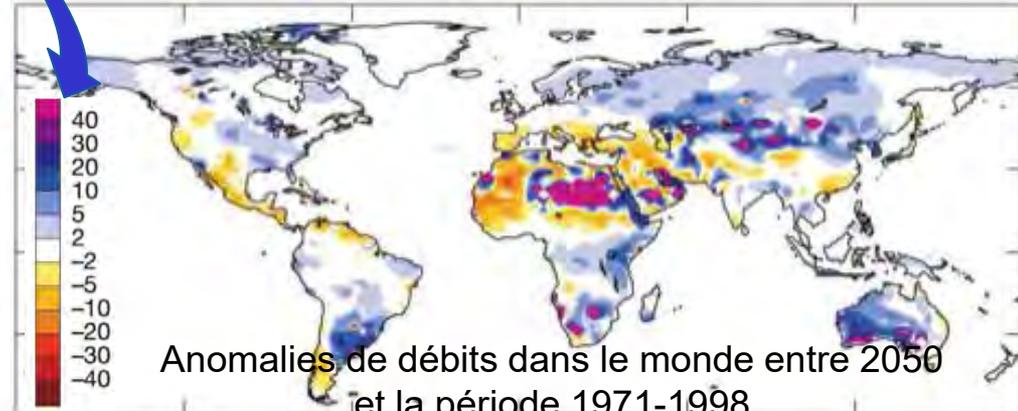
Conséquences du changement climatique sur le cycle de l'eau



Evolution des précipitations moyennes (entre 1986-2005 et 2081-2100)



Modification des conditions de recharge : 2100



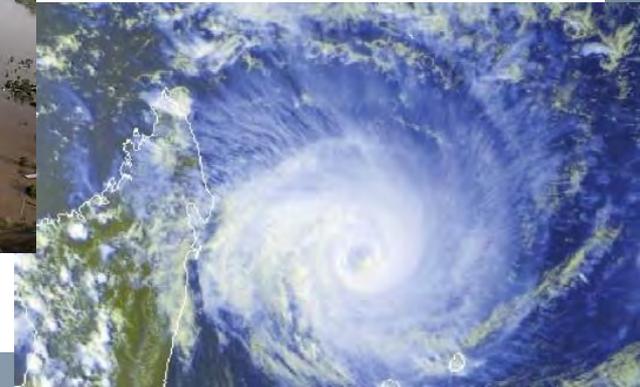
Anomalies de débits dans le monde entre 2050 et la période 1971-1998

- **Disparité spatiale des précipitations, des débits des fleuves, de la recharge des nappes**
- dans les zones équatoriales et au niveau des pôles
- zones méditerranéennes, tropicales sèches

Evénements extrêmes

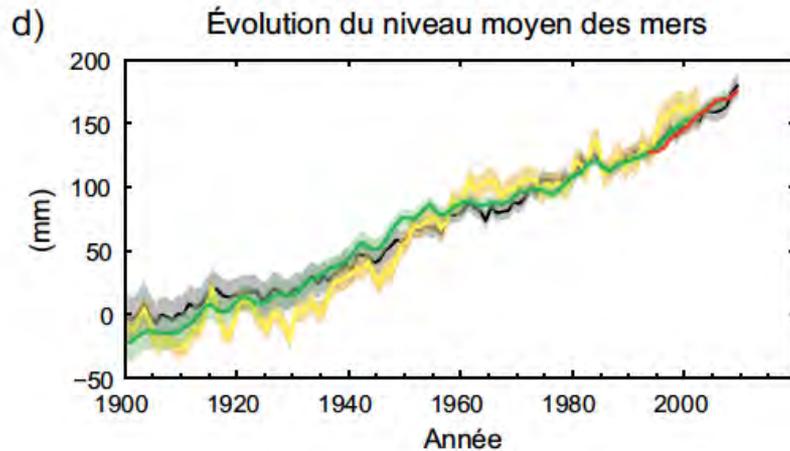
Sécheresse, Episodes de précipitations abondantes (orages), Cyclones, Tempêtes...

- Sécheresse : la fréquence des vagues de chaleur a augmenté sur une grande partie de l'Europe, de l'Asie et de l'Australie
- La fréquence ou l'intensité des épisodes de fortes précipitations a probablement augmenté dans les régions des latitudes moyennes (Amérique du Nord et Europe) et dans les régions tropicales
- L'activité des cyclones tropicaux intenses aurait augmenté dans l'Atlantique Nord et dans le Pacifique NW, mais forte incertitude

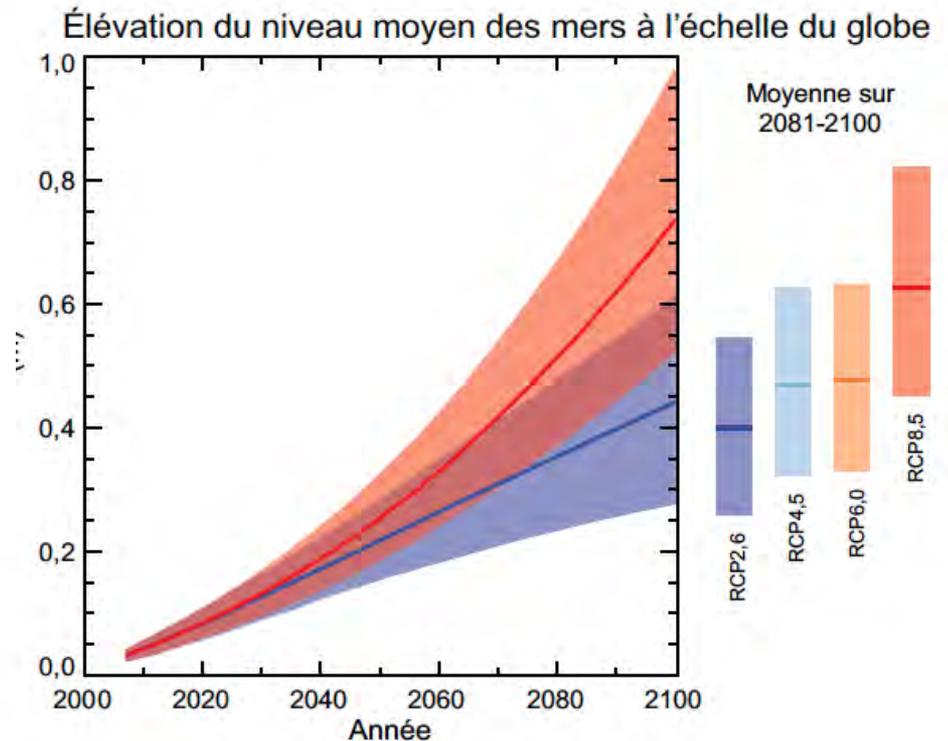


IPCC/GIEC, 2014

Élévation du niveau marin



A l'échelle globale, la vitesse moyenne d'élévation du niveau des mers 0,19 m [0,17 à 0,21] entre 1901 et 2010



Élévation moyenne du niveau des mers : entre 0,26 et 0,98 m, d'ici 2100

Zone côtières = zones particulièrement sensibles au Changement Climatique

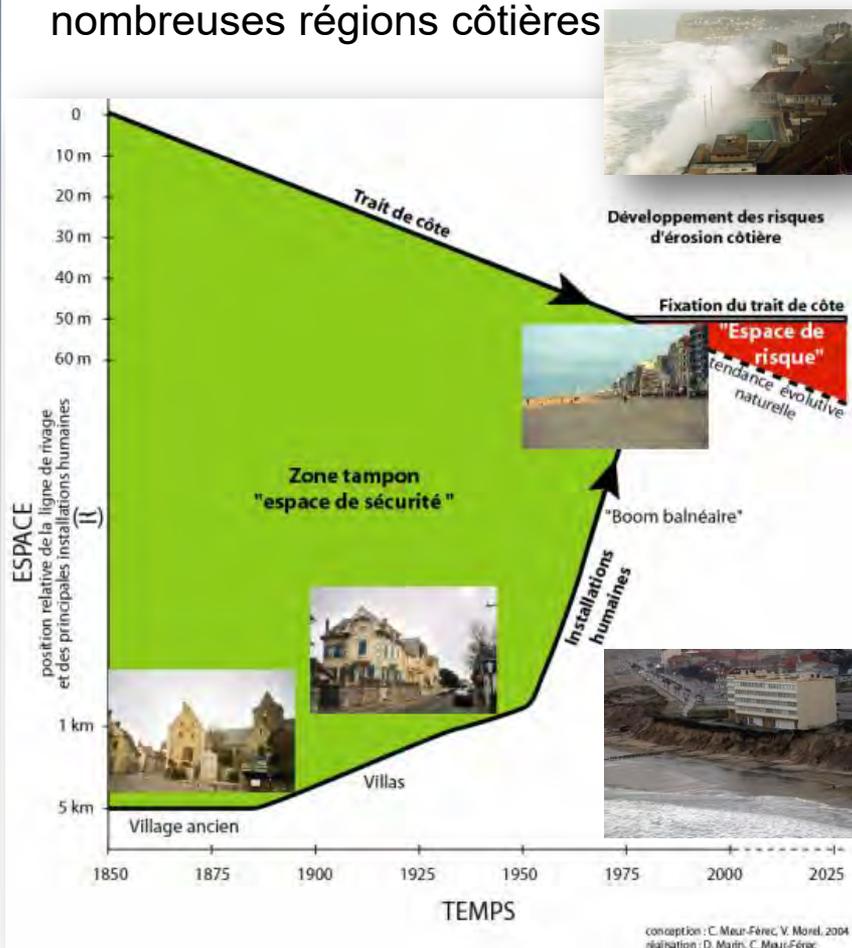
impact anthropique

Forte urbanisation & activités industrielles (portuaires...) et touristiques

➔ Profond changement des milieux (morpho., sédimento., hydro., bio.) et pollutions

Changement climatique

↗ niveau de la mer, ↗ événements extrêmes (tempêtes/ouragans et crues) dans de nombreuses régions côtières



= Zones multi-aléas/multi-risques

- Recul important du trait de côte
- Inondations (submersion de tempête, crue)
- Salinisation des aquifères côtiers
- Pollutions...

OCDE : dommages liés aux phénomènes hydro-météo-marins

en 2005 estimés à 3000 milliards \$
(5% PIB mondial annuel) ➔ x 10 en 2070

Conséquences sur les écosystèmes et la biodiversité

Jusqu'il y a peu :

- Réduction, morcellement, disparition des habitats naturels et pollution = principaux responsables de la perte de biodiversité,
- **Réchauffement du climat pourrait bien devenir la principale cause de d'ici la fin du 21^e siècle**

Conséquences sur la biodiversité :

- Distribution des espèces
- Phénologie des espèces

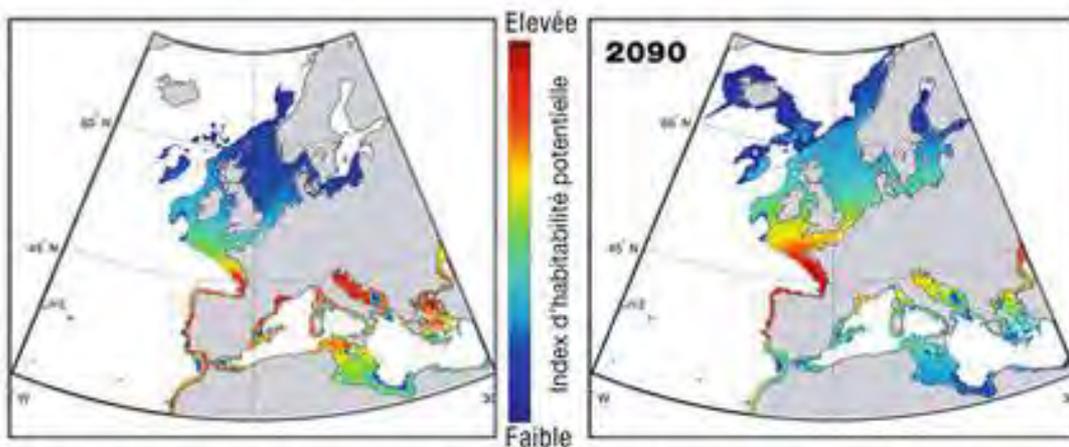
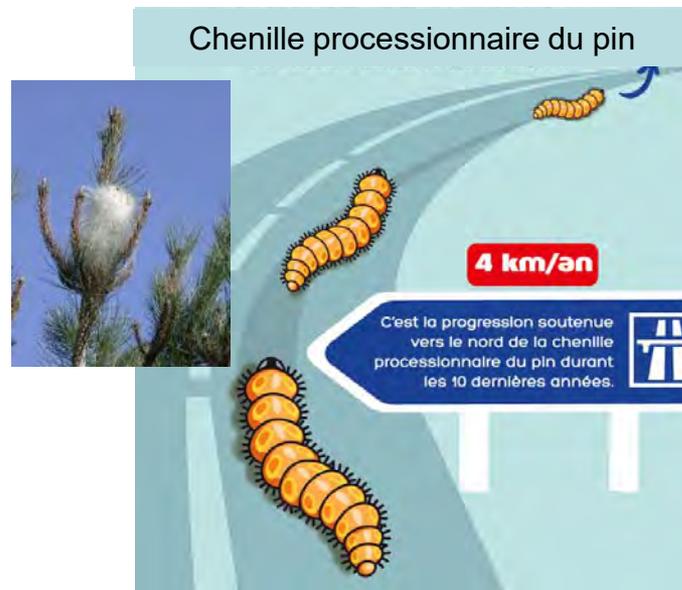


Conséquences sur la biodiversité : Distribution des espèces

Distribution des espèces

Modification des aires de répartition de nombreuses espèces animales et végétales vers le nord et/ou vers de plus hautes altitudes

Déplacement – Extension/Diminution/Disparition



En 2090, l'anchois pourrait avoir trouvé les meilleures conditions d'habitabilité (en rouge) sur la côte Atlantique Sciences et Vie, Nov. 2015



Projections du Plan Bleu :

Risques majeurs pour l'agriculture/agronomie de la zone méditerranéenne en lien avec le changement climatique et l'évolution socio-économique

- ☛ Dégradation des ressources en eau : quantité et qualité
→ diminution de la production agricole
- ☛ Perte de terres arables en lien avec augmentation des orages et inondations et érosion des sols → envasement rapide des retenues
- ☛ Croissance de la vulnérabilité aux risques d'incendies en lien avec les sécheresses → perte en terre arables
- ☛ Maintien ou renforcement de la pauvreté rurale au Sud et à l'Est
- ☛ Maintien ou renforcement de la désertification
- ☛ Exode rurale → pressions accrues sur les villes
Perte de plus de 1,5 million d'hectares de terres agricoles de qualité par l'urbanisation

Changement climatique à l'échelle régionale

Seine et son estuaire Littoral Normand-Picard Normandie Métropole Rouen-Normandie

Programme Seine aval

ROLNP

Projet RexHySS

DREAL

Projet LiCCo (Littoraux et Changements Côtiers)

Projet DRIAS (Donner accès aux scénarios climatiques régionalisés français pour l'impact et l'adaptation de nos sociétés et environnements)

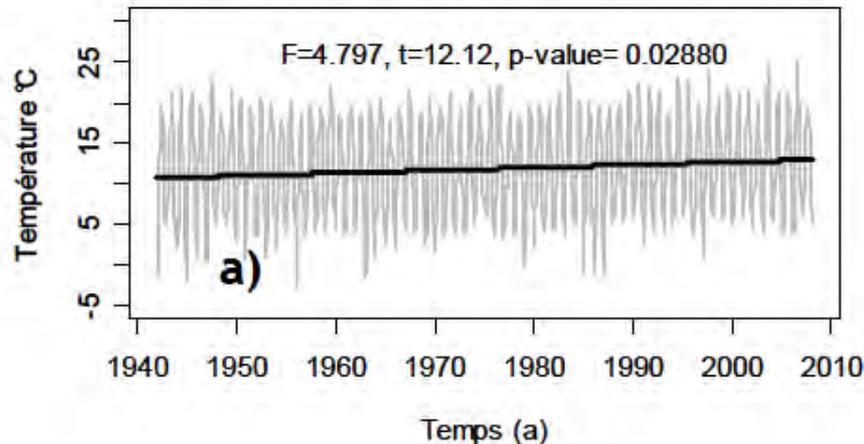
Synthèse :

GIEC Local Métropole Rouen Normandie

Anomalies de températures : 1970 à 2017

Métropole Rouen Normandie et Région Normandie

T° journalières à
Boos

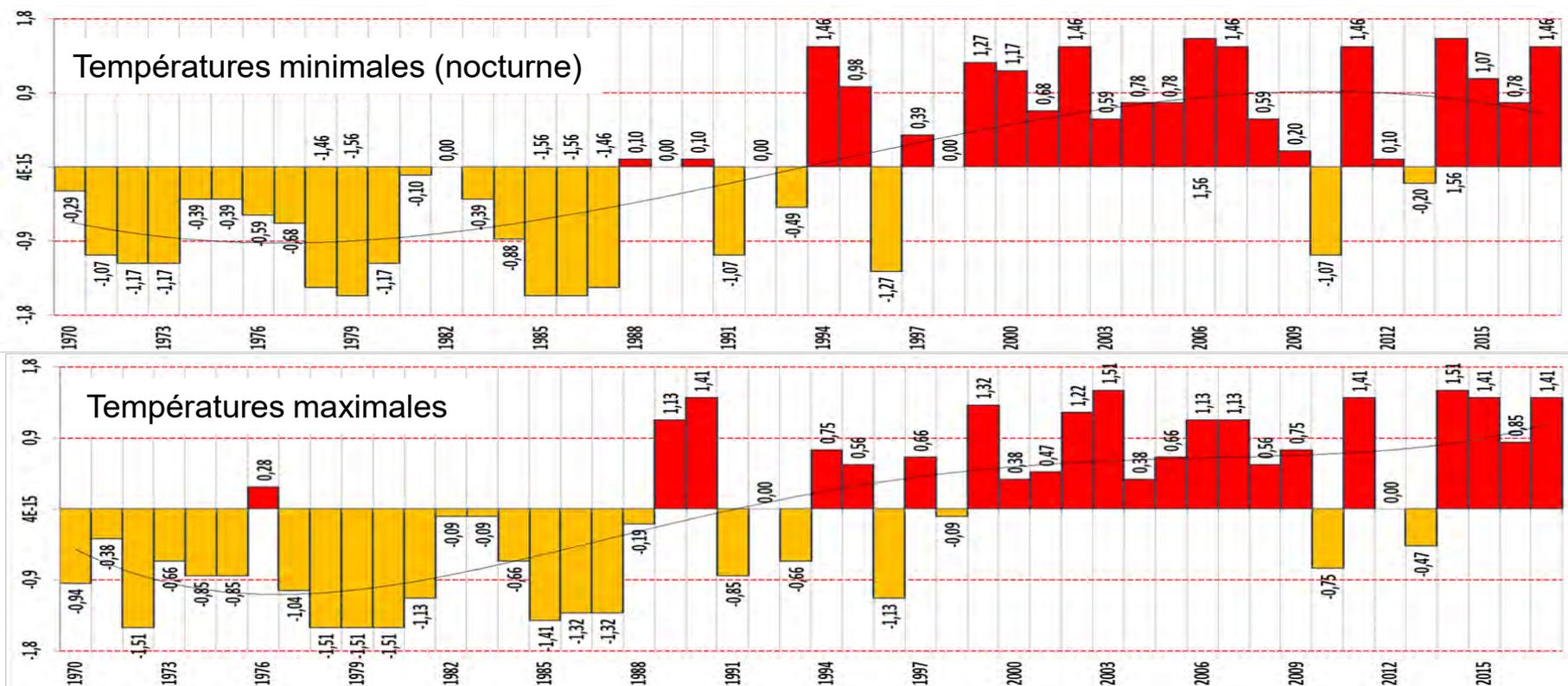


**Tendance statistiquement
significative à l'augmentation
+1,2 à +2,2° C**

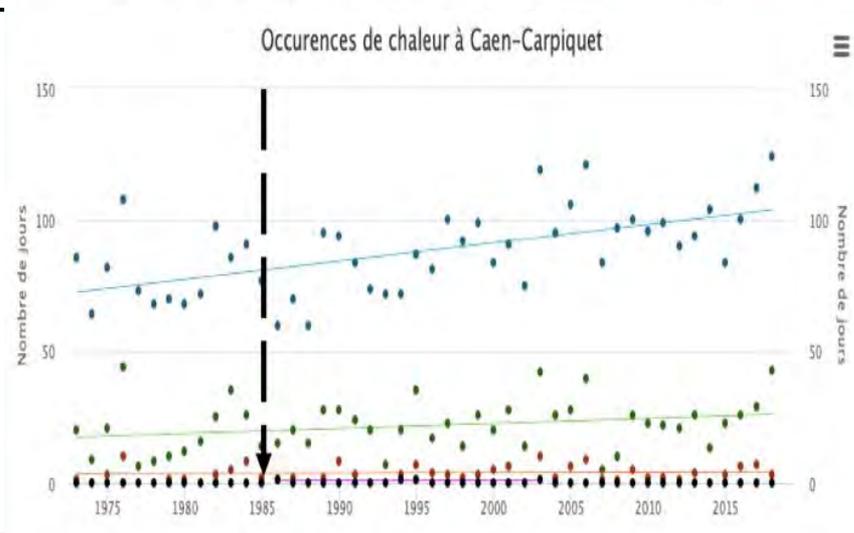
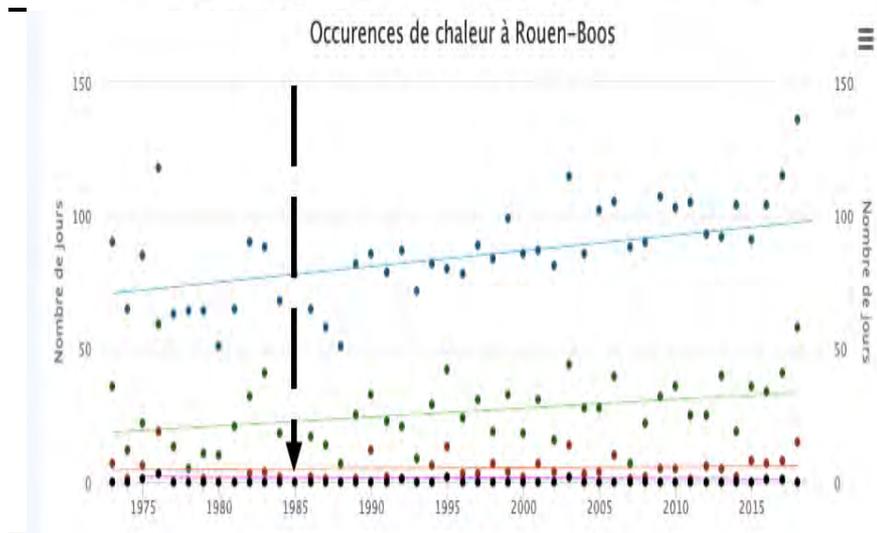
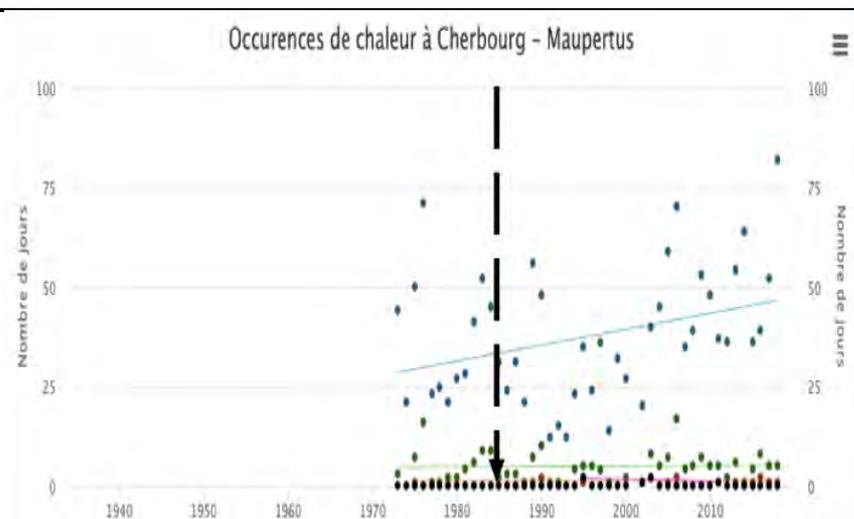
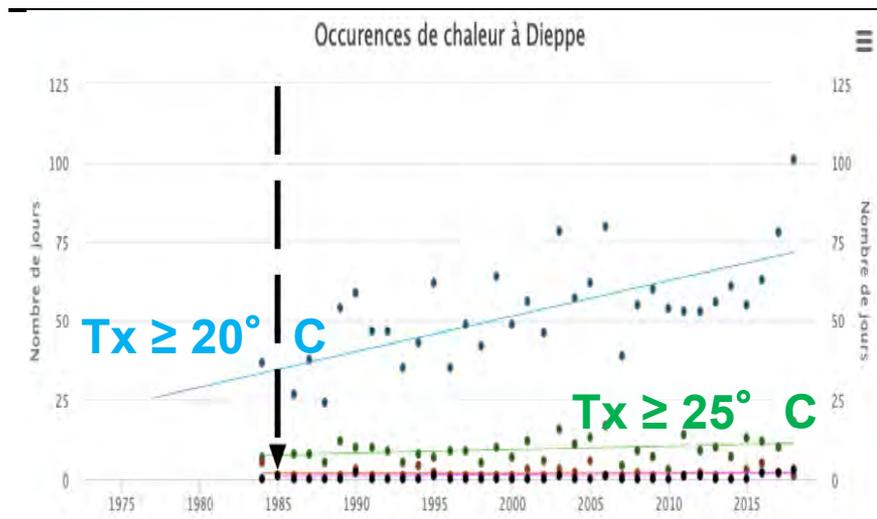
Anomalies de températures (1970-2017)

Stations de la métropole et à proximité de la Métropole (valeurs en °C)		Stations régionales (valeurs en °C)	
BUCHY	2,2	AUZBOSC	2
JUMIEGES	1,2	FORGES	1,8
LOUVIERS	1,5	DIEPPE	1,9
ROUEN-BOOS	1,9	CAP-DE-LA-HEVE	1,7
ROUEN-JARDIN	1,3	EVREUX-HUEST	1,8

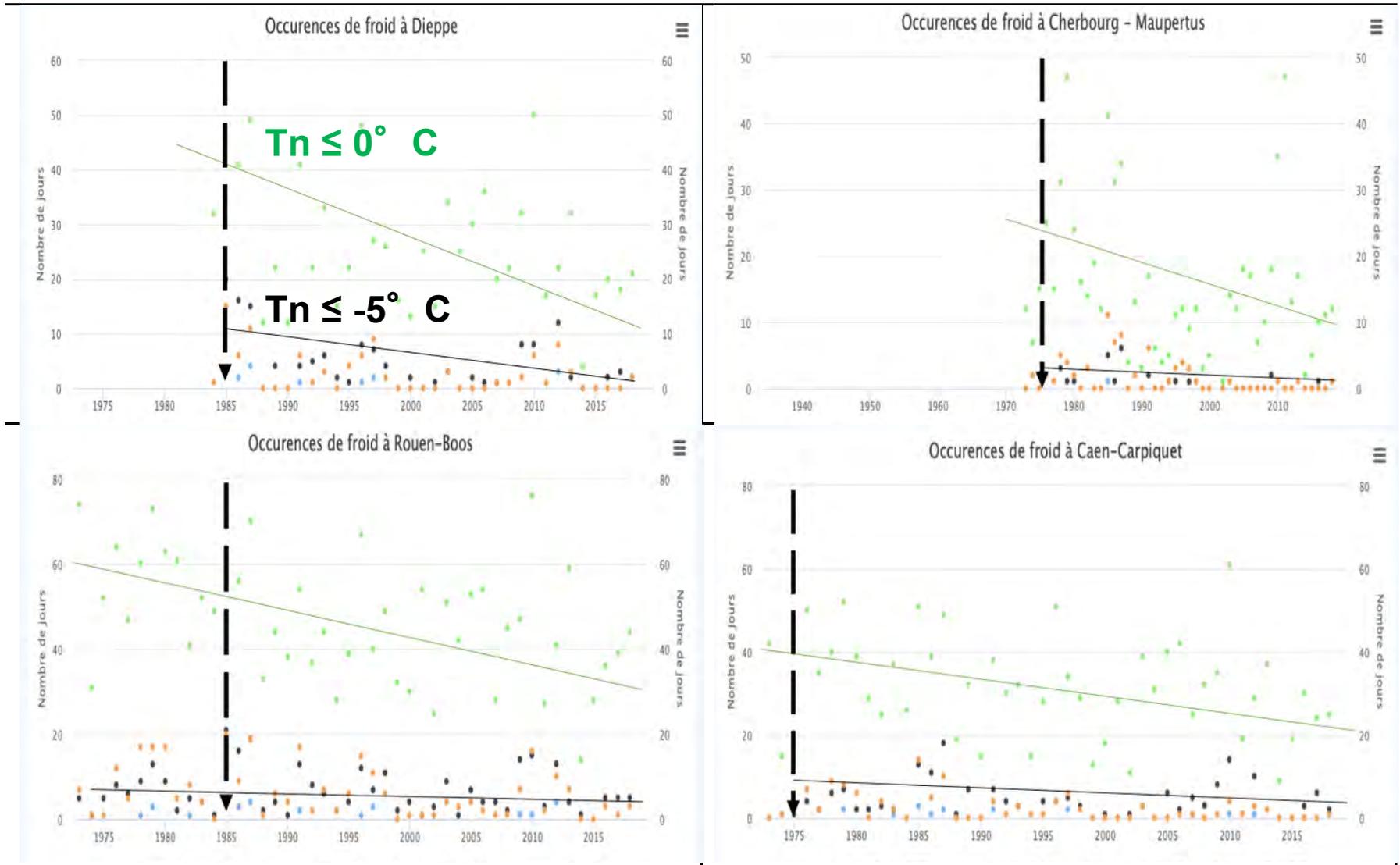
Indice régional des températures minimales et maximales annuelles en Normandie (1970 à 2016)



Occurrences des jours de chaleurs

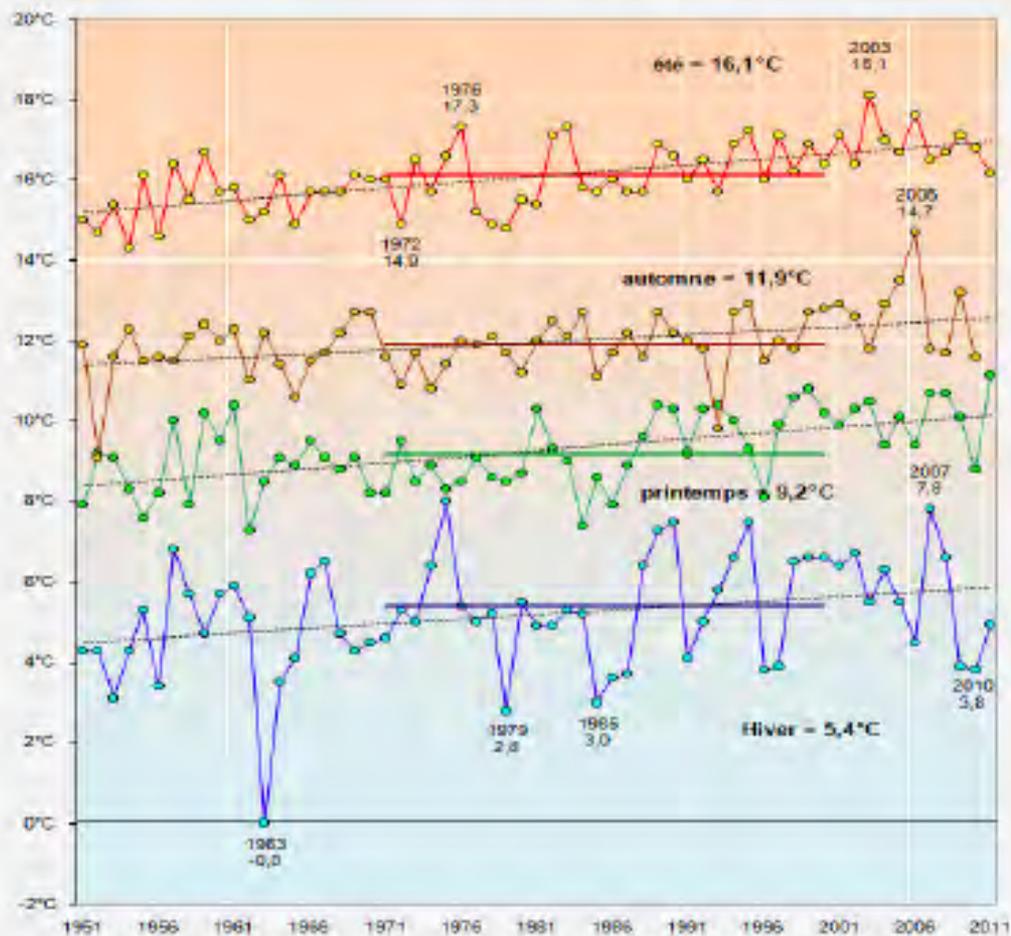


Occurrences des jours de froid/gel



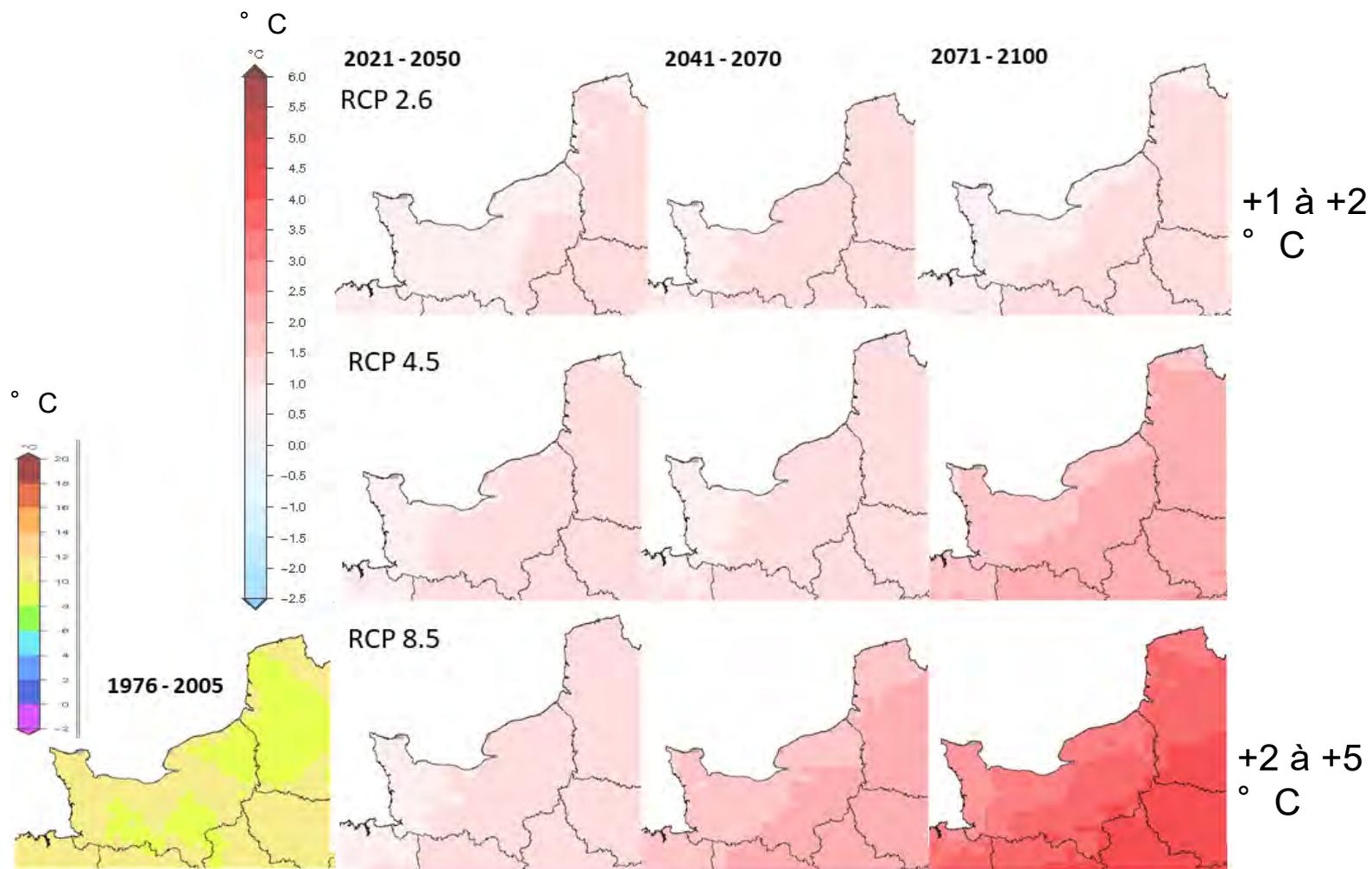
Exemples d'évolution des températures saisonnières sur le littoral normand

T° saisonnière à Dieppe



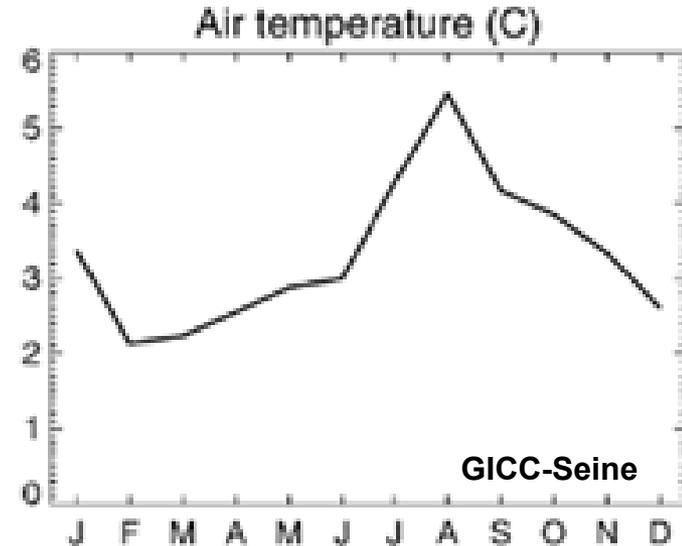
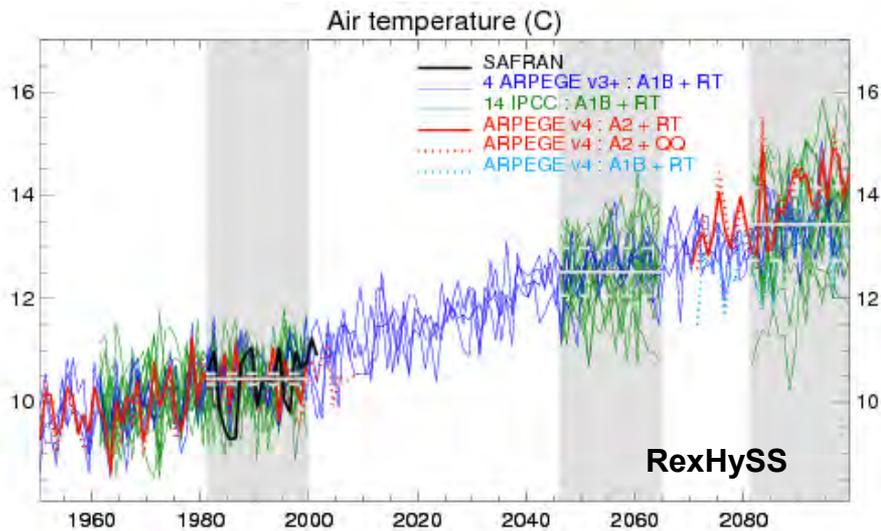
O. Cantat, UCBN, 2011, d'après données Météo-France

Projection : Evolution des températures atmosphériques moyennes annuelles en Normandie - Horizon 2100



Multi-scénarios / 1 indice / 1 expérience-modèle

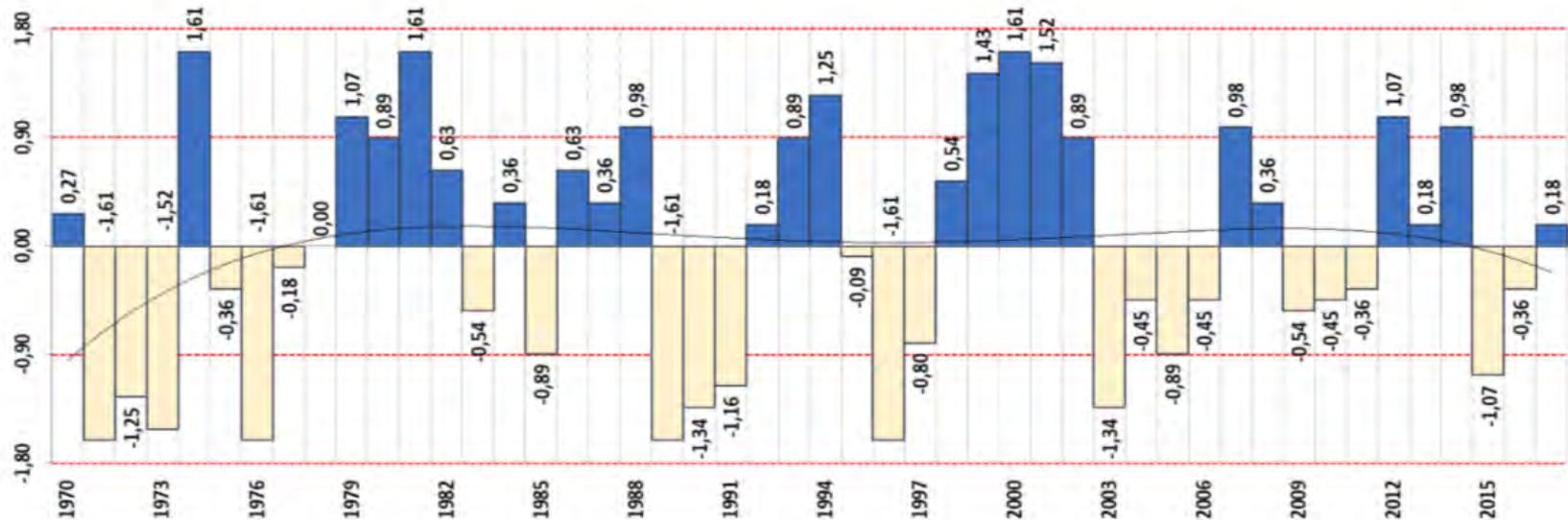
Evolution des températures atmosphériques sur le bassin de la Seine - Horizon 2100



Différents modèles utilisés dans le cadre du projet ReXHySS concordent :

- ↗ T° atmosphérique d'ici 2100 : +2 à +4° C
- Quelque soit le mois, ↗ T° atmosphérique régionale comprise entre 2° C pour le mois de Février et 5,5° C pour le mois d' Août

Indice régional des cumuls annuels de pluviométrie en Normandie (1970 à 2016)



Pas de tendance significative

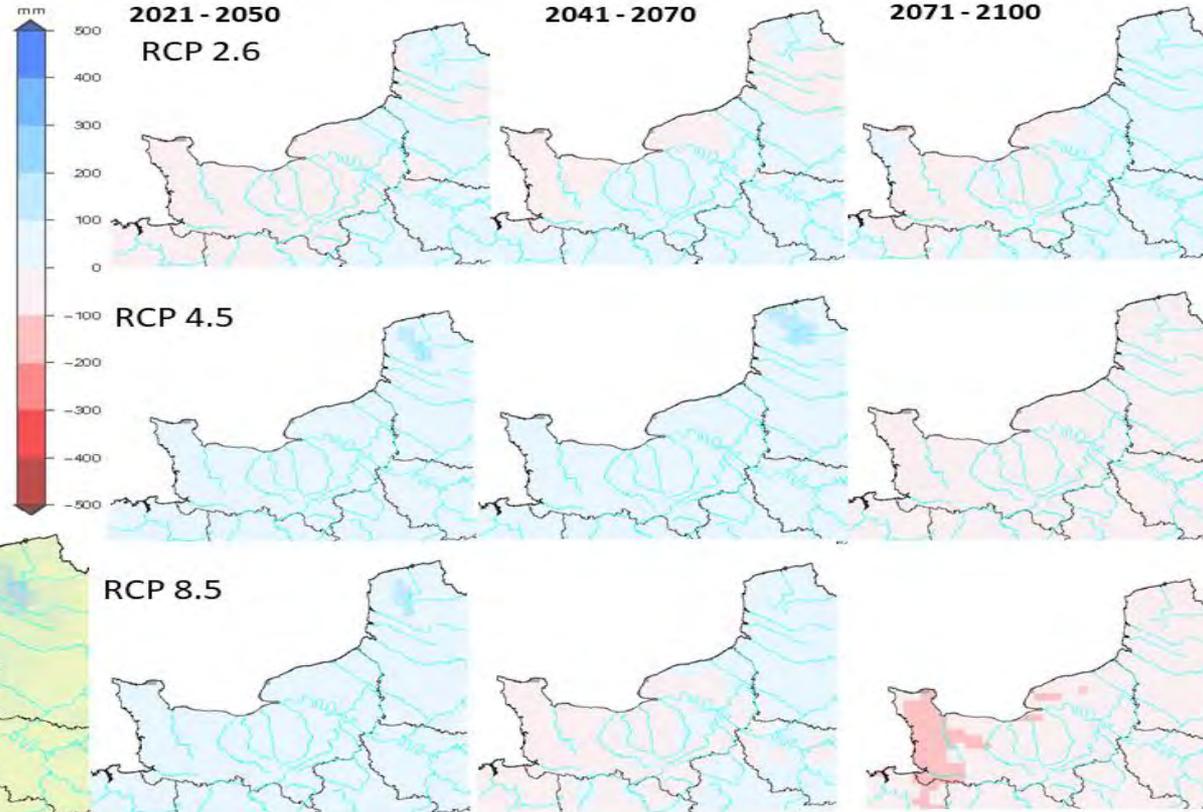
Alternance de périodes sèches et humides

Avec cependant davantage d'années sèches à partir de 2003, mais sans dépasser 4 années consécutives

Anomalie du cumul de précipitations annuelles en Normandie (mm)

Horizon 2100

mm

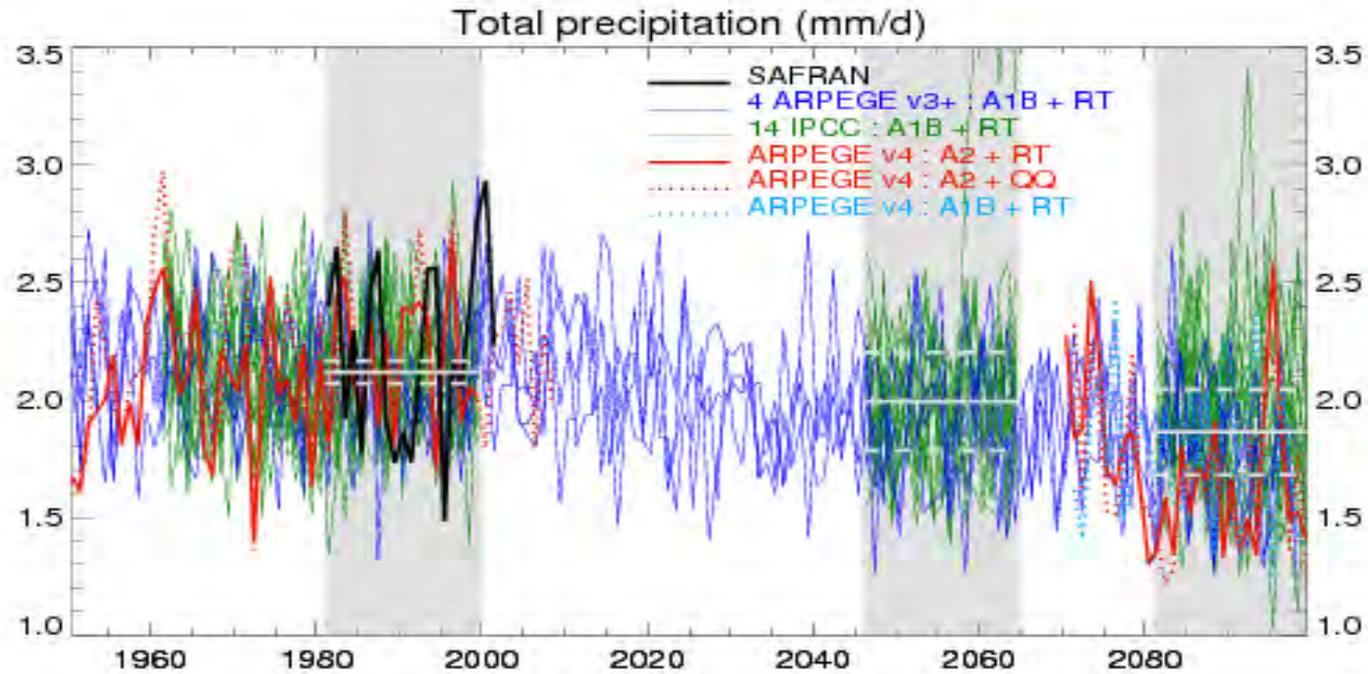


Stabilité
Déficit 100mm

Déficit
100 à 200 mm

Multi-scénarios / 1 indice / 1 expérience-modèle

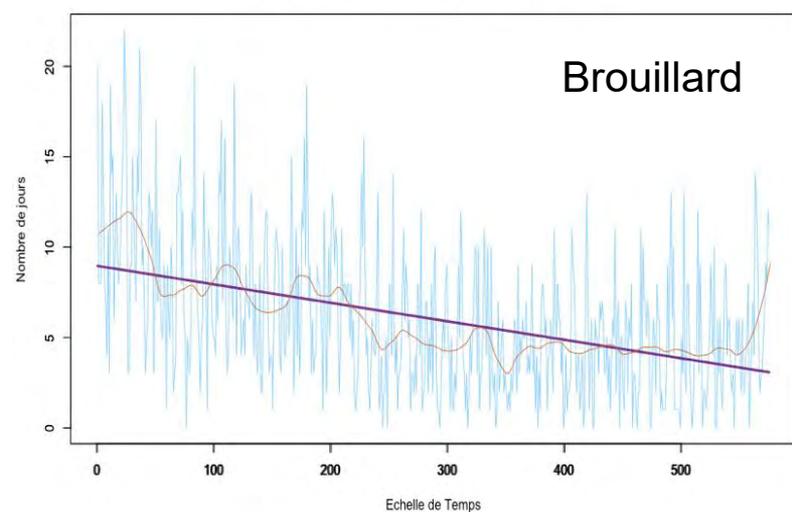
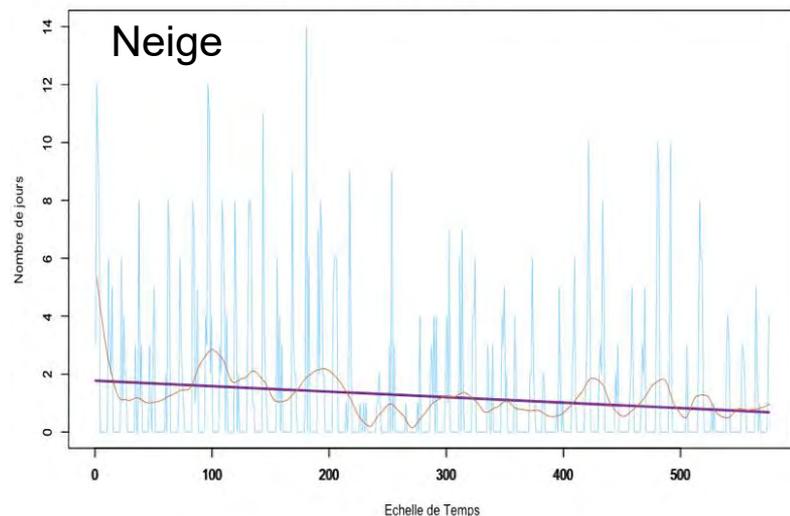
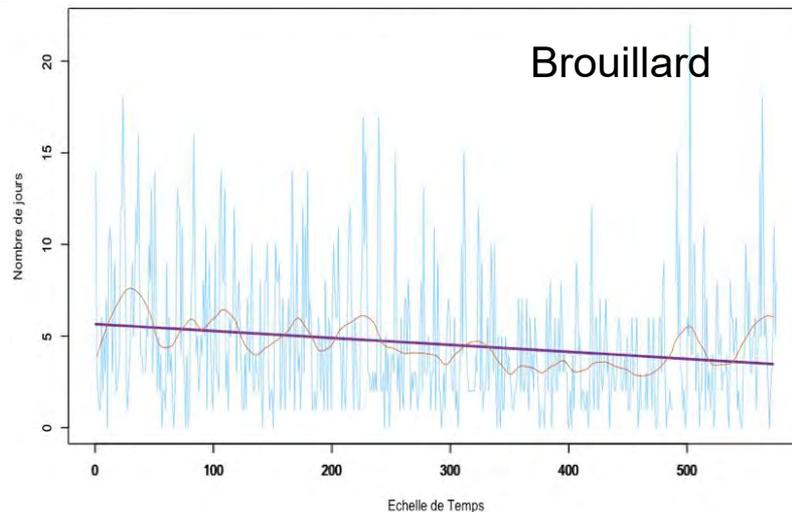
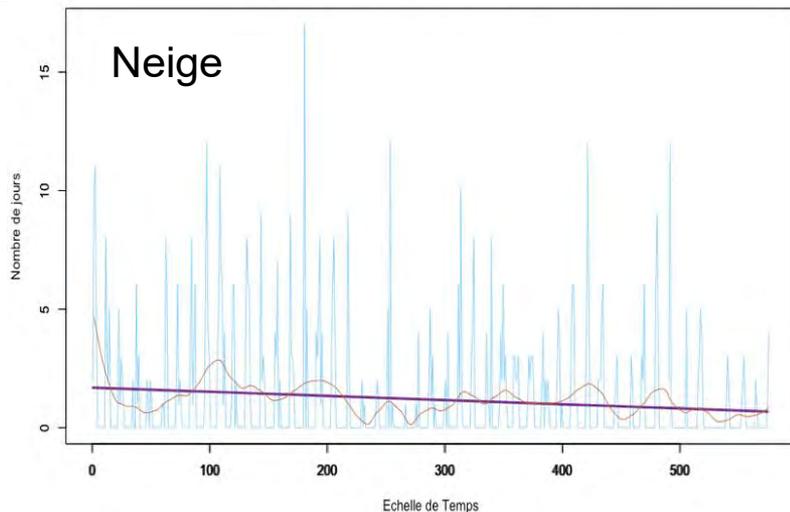
Evolution des précipitations à l'horizon 2100 - bassin de la Seine



Scénarios du CC désagrégés dans le projet RExHySS concordants - 2100 :

- Cumuls annuels -12% en moy
- Echelle saisonnière :
 - baisse importante et systématique des précipitations estivales
 - évolution hivernale est plus faible en amplitude, incertaine sur le signe
- ↘ précipitations se traduit par une ↗ du nombre de jours sans précipitations et une persistance plus importante des épisodes secs

Evolution des jours de neige et de brouillard depuis 1970

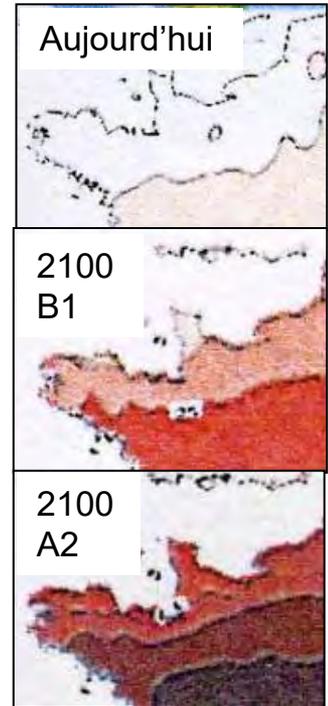
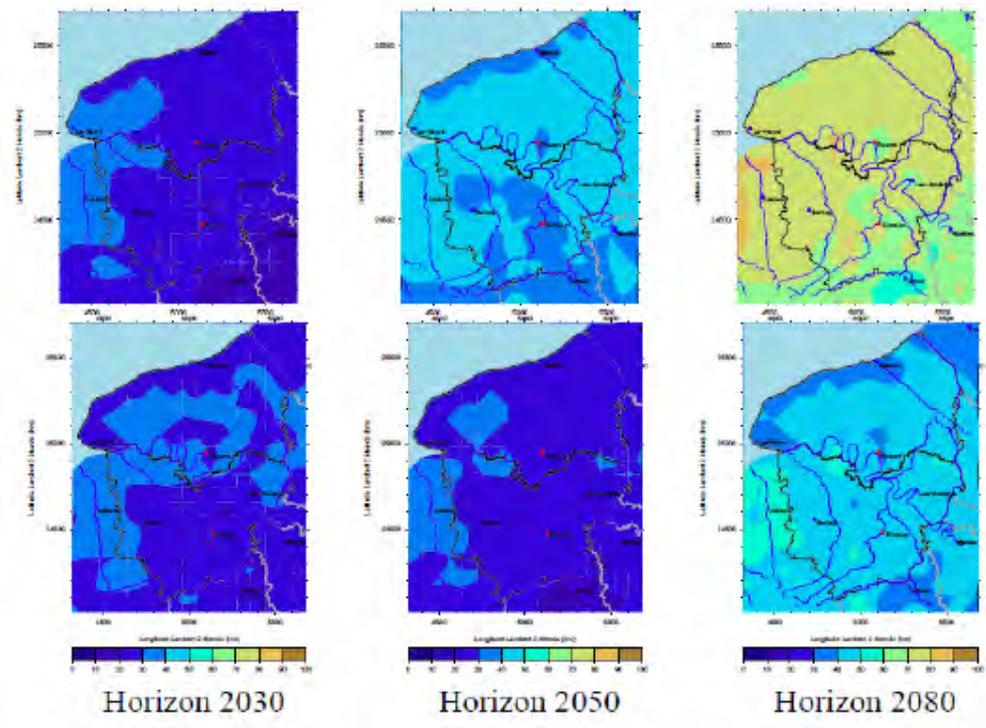
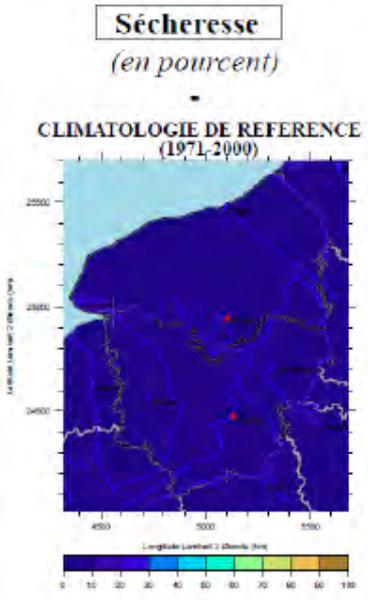


Evolution de l'indicateur Sécheresse (%) et Canicule (nb jours)

Canicule de l'été 2019 rend visible et concrète cette évolution aux yeux des normands :

25 juillet 2019 records de températures :

Boos 41,1° C (38,1° C août 2003)
Le Havre 38,5° C (37,3° C en 2003)

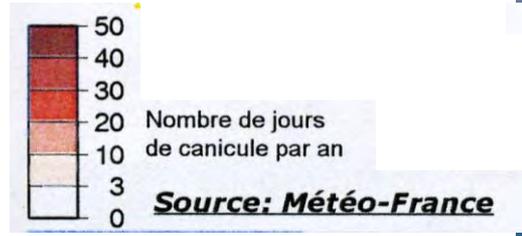


Sources : Météo-France

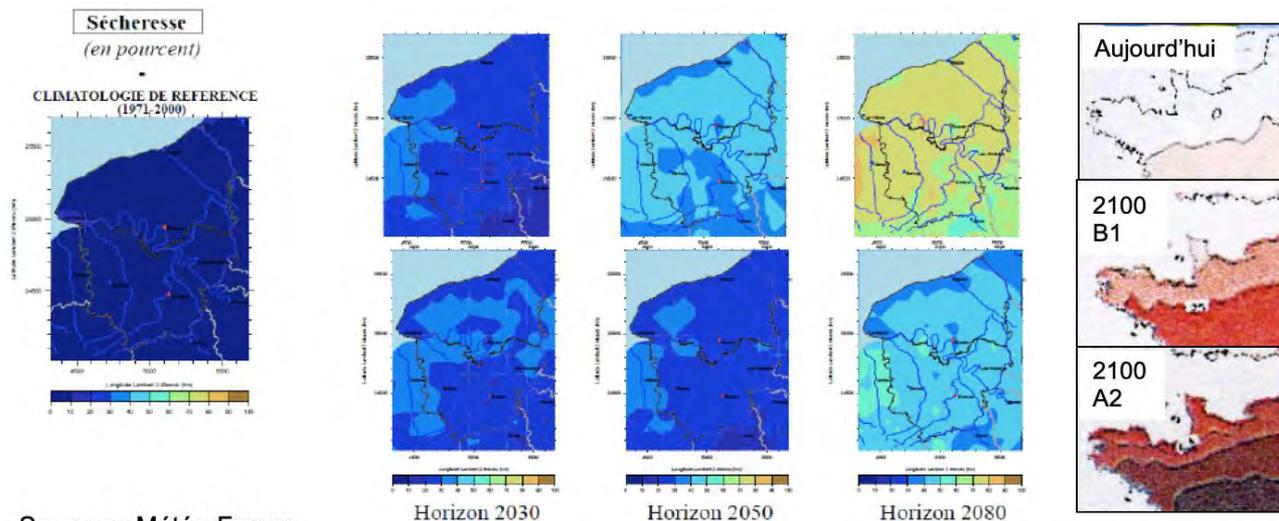
Nombre de jour de canicule en Normandie

Aujourd'hui : 0 – 10 j → 2100 : 10 – 30 j

En 2050 : T° année 2003 sera inférieure à la moyenne



Conséquences de l'augmentation des sécheresse et canicules

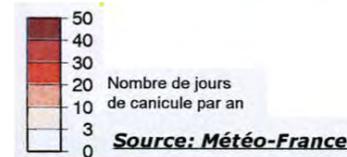


Sources : Météo-France

Nombre de jour de canicule en Normandie

Aujourd'hui : 0 – 10 j ➔ 2100 : 10 – 30 j

En 2050 : T° année 2003 sera inférieure à la moyenne



Risques d'incendies accrus :

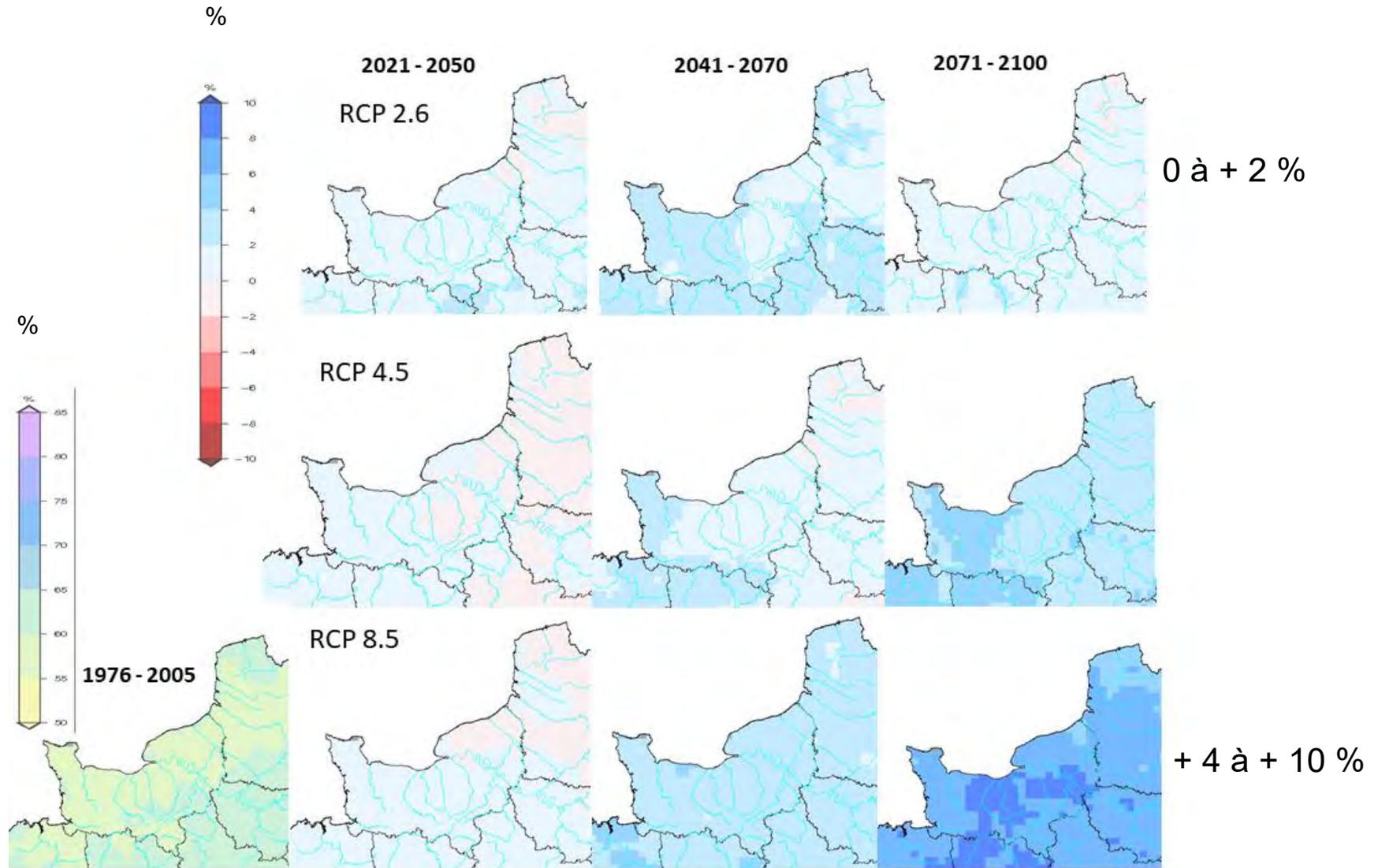
Été 2019 en Seine-Maritime : 299 feux de broussailles et 131 feux de récoltes

Risques sanitaires accrus :

Chaleurs torrides le jour ➔ synonymes de forte déshydratation

+ Nuits étouffantes ➔ réduction de la durée et de la qualité de la récupération physiologique (INVS, 2003 ; Besancenot, 2004 ; Cantat, 2010)

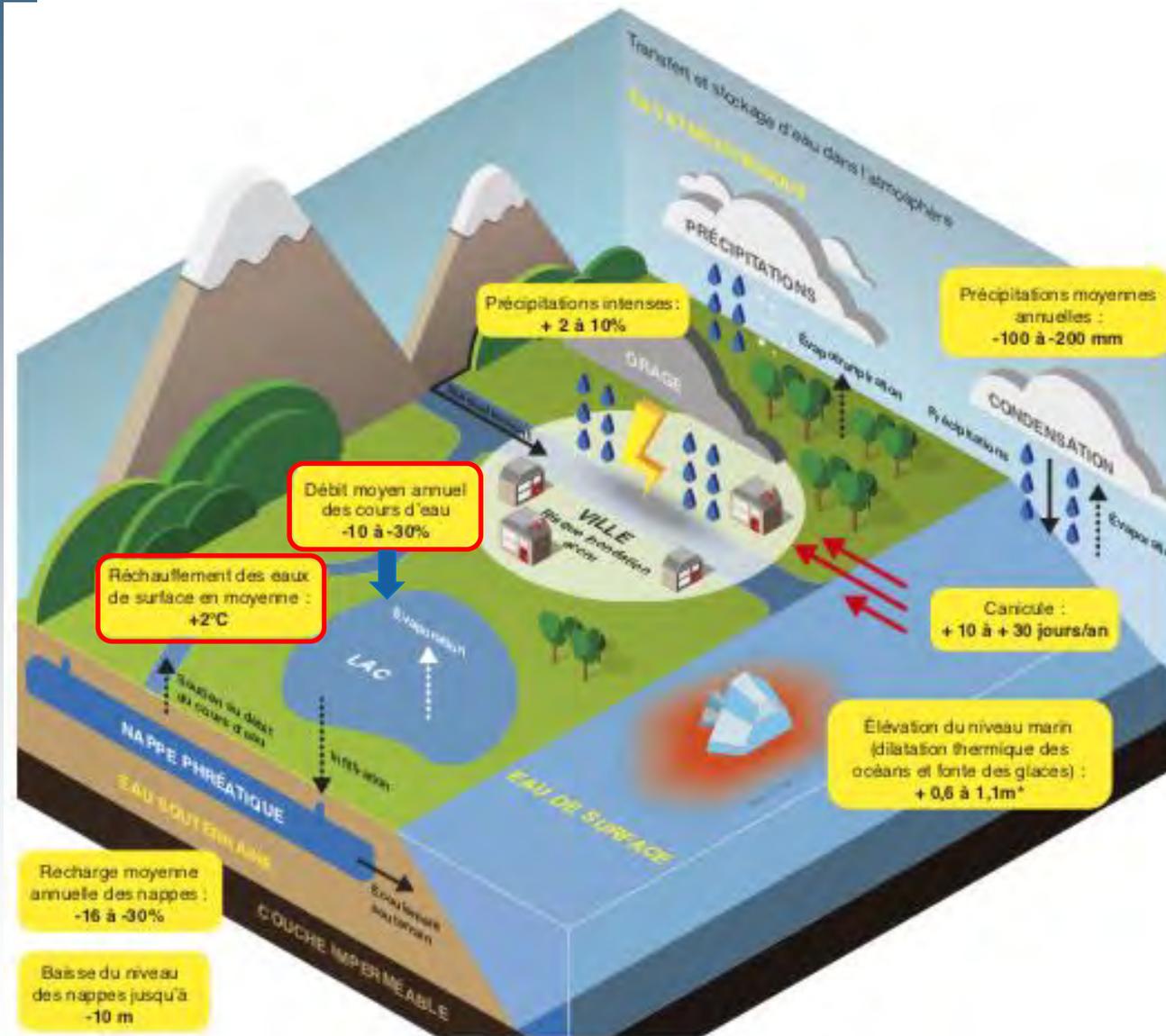
Evolution du pourcentage de précipitations extrêmes en Normandie - Horizon 2100



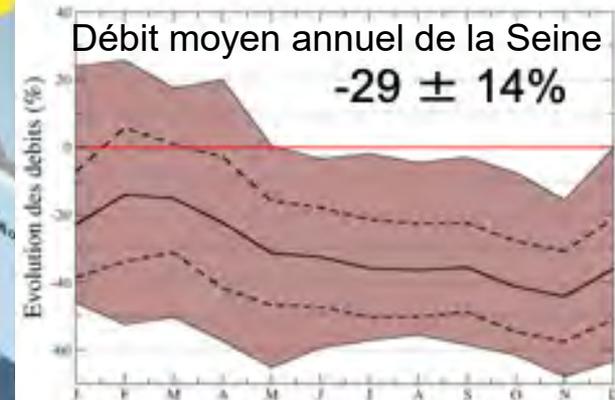
Multi-scénarios / 1 indice / 1 expérience-modèle

DRIAS, 2018

Changement climatique et ressources en eau : cours d'eau



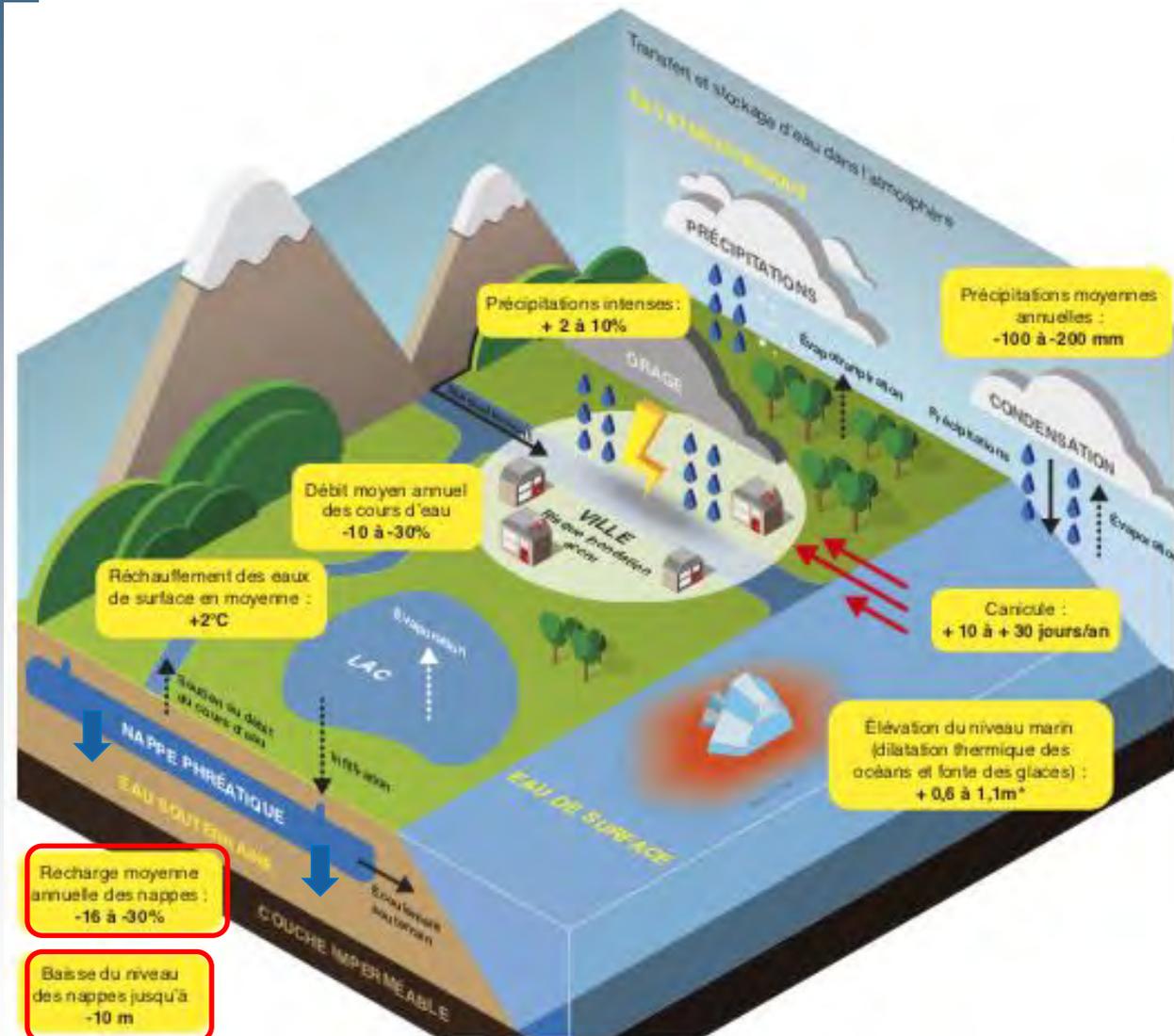
Projet RexHySS
12 scénarios CC désagrégés
+ 5 modèles hydrologiques



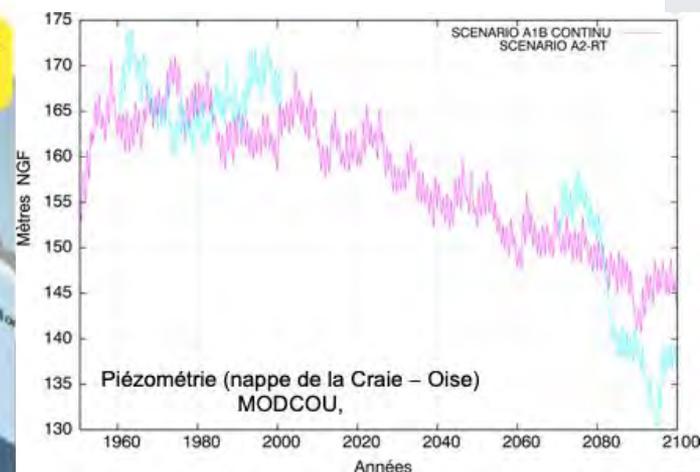
➤ débit quasiment en toutes saisons, mais essentiellement l'été

Ducharne et al., 2009

Changement climatique et ressources en eau : nappe souterraine



Evolution de la nappe de la craie du bassin de la Seine - 2100



- = Ressource en Eau potable
- ⚡ Recharge des aquifères -2700 Mm3/a
- = Même ordre de grandeur que volumes actuellement prélevés sur bassin Seine

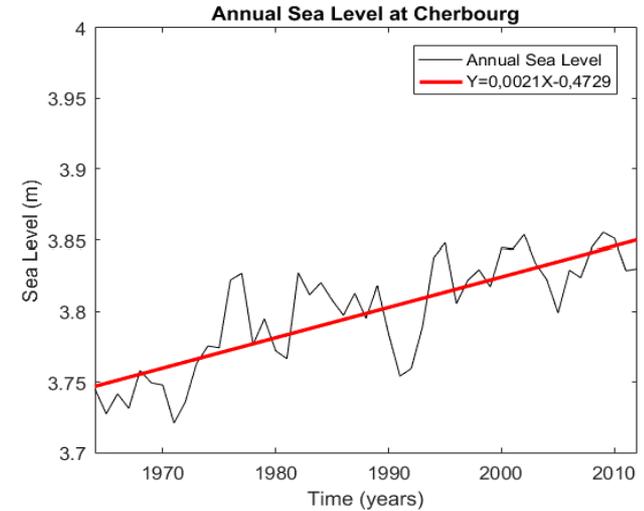
Ducharne et al., 2009

Elévation du niveau marin en Normandie

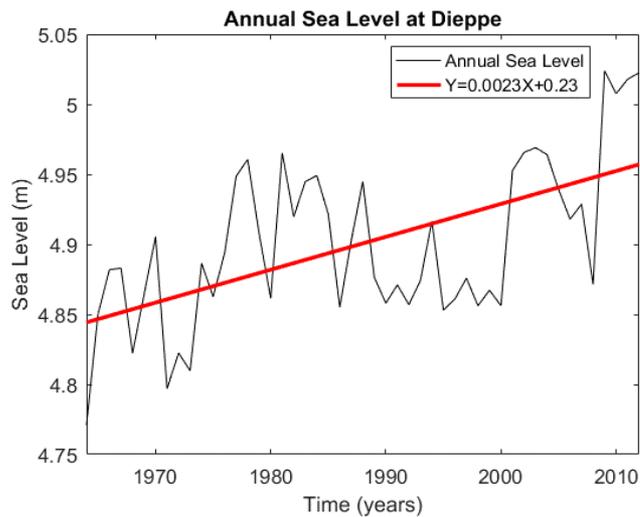


Elevation moy : $2,2 \pm 0,1$ mm/an

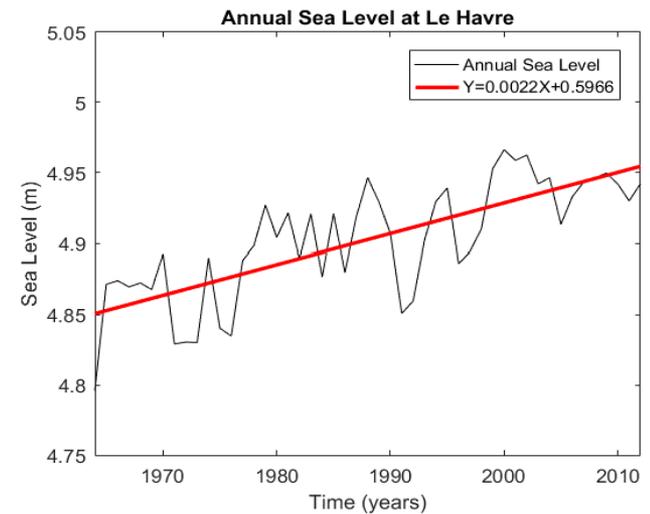
Cherbourg



Dieppe



Le Havre



Conséquences élévation du niveau de la mer sur le littoral

Littoral = zone multi-aléas, multirisques

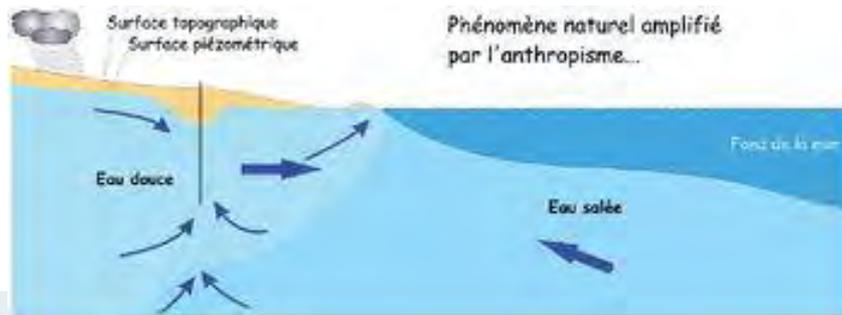
➤ Inondations

(Elévation du niveau de la mer dans le cadre du CC, Grandes marées, Submersions de tempêtes et Précipitations abondantes et crues des rivières)

➤ Recul du trait de côte

➤ Salinisation des aquifères côtiers

➤ Modification de la zonation des estuaires (Niveaux d'eau, salinité, température,



Effets des tempêtes sur le littoral

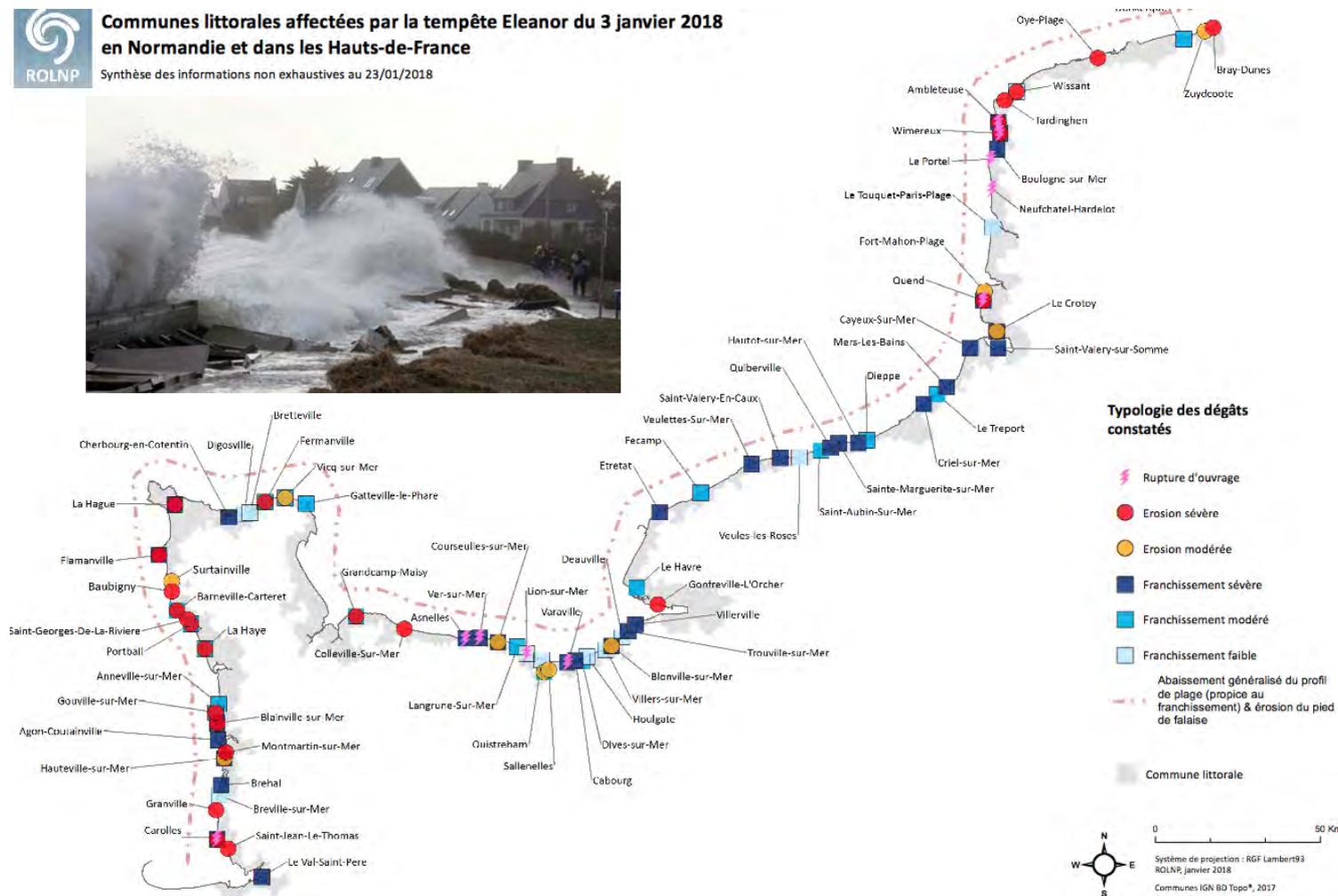
Ex : Eléonor 3 janvier 2018

Effet des tempêtes majeures :
érosion/recul du trait de côte, franchissement/inondation

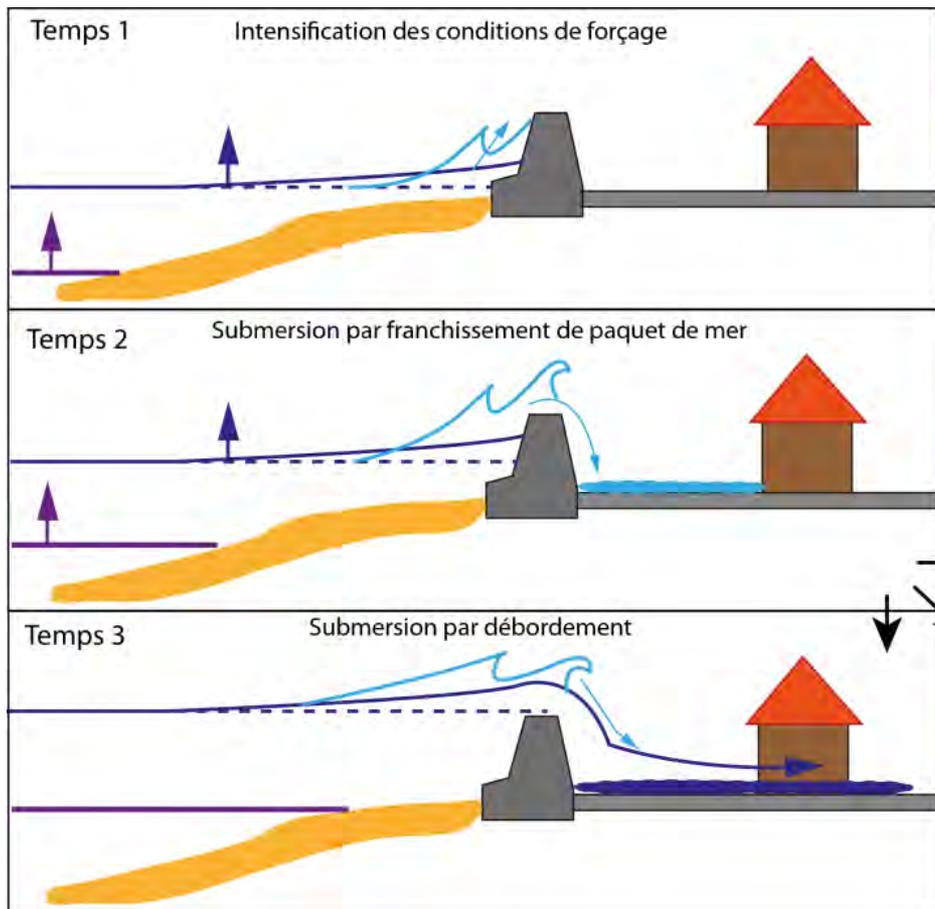


Communes littorales affectées par la tempête Eleanor du 3 janvier 2018
en Normandie et dans les Hauts-de-France

Synthèse des informations non exhaustives au 23/01/2018



Projection : Effet combiné de l'élévation du niveau des mers et des submersions de tempêtes sur les inondations



Franchissement, submersion et inondation : lors des surcotes de fortes tempêtes

Conséquence élévation du niveau marin
Plus besoin de forte tempêtes pour franchissement, submersion et inondation

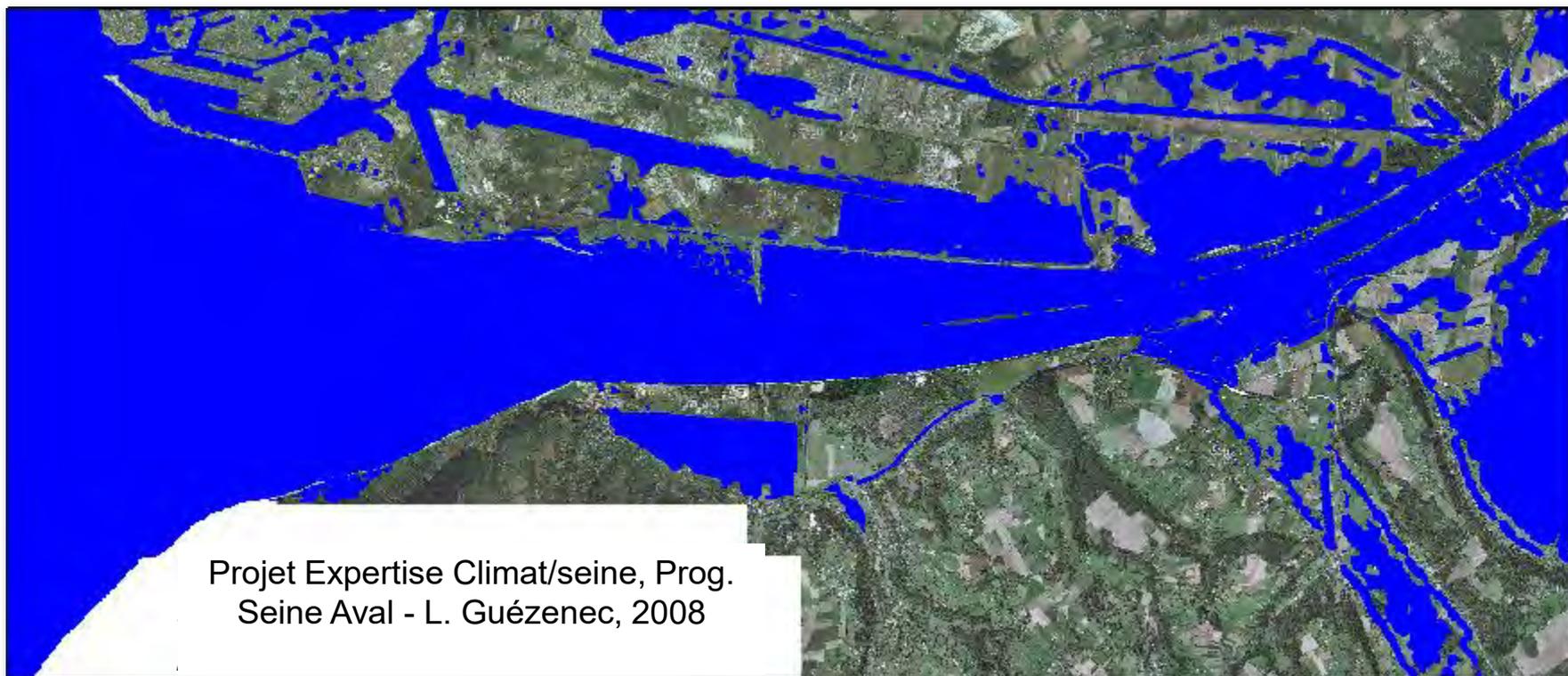
Elévation du niveau marin + Augmentation intensité des tempêtes



Augmentation fréquence et intensité des submersions par franchissement et inondations

Impact élévation du niveau marin : projection zones inondées en Seine

Image obtenue en se basant sur les données de P. Pirazzoli
Cote 8 CMH \approx niveau moyen de pleine mer de vive eau \Rightarrow si 9 CMH
+ 1m appliqué sur MNT : 60 cm élévation niveau marin + 40 cm surcote



Nombreuses zones inondées, modification de la zonation actuelle de l'estuaire
(Niveaux d'eau, salinité, température, régime fluvial...)

Réflexion sur les zones à protéger et sur les actions de restauration...

+ Inondations ponctuelles par phénomène de blocage de l'écoulement fluvial par la marée, renforcé par l'élévation du niveau marin

Quelques exemples d'évolution de la biodiversité en Normandie

Exemple de travail de l'Observatoire des saisons

- les martinets et les hirondelles reviennent de leur migration dix jours plus tôt qu'en 1970



- la germination des plantes est plus précoce chaque année
- le lilas fleurit un mois plus tôt qu'il y a 30 ans...



Conclusion : Accord sur la réalité du Changement Climatique

Les différentes études mettent en avant que :

- ☛ même s'il existe des différences dans la variabilité (type et degré) de l'impact du CC sur le système terre en fonction des régions étudiées et des outils utilisées

- ☛ sont en accord sur le principe qu'il existe un CC

observable dans ↗T° , ↗contraste précipitations

- ☛ Et que ce CC a eu, a et aura des conséquences importantes sur le fonctionnement des écosystèmes terrestres et aquatiques, quelque soit l'échelle (globe, nationale, régionale, locale)

sur les stocks d'eau : ↘glace, ↗contraste fleuve + nappe, ↗mer

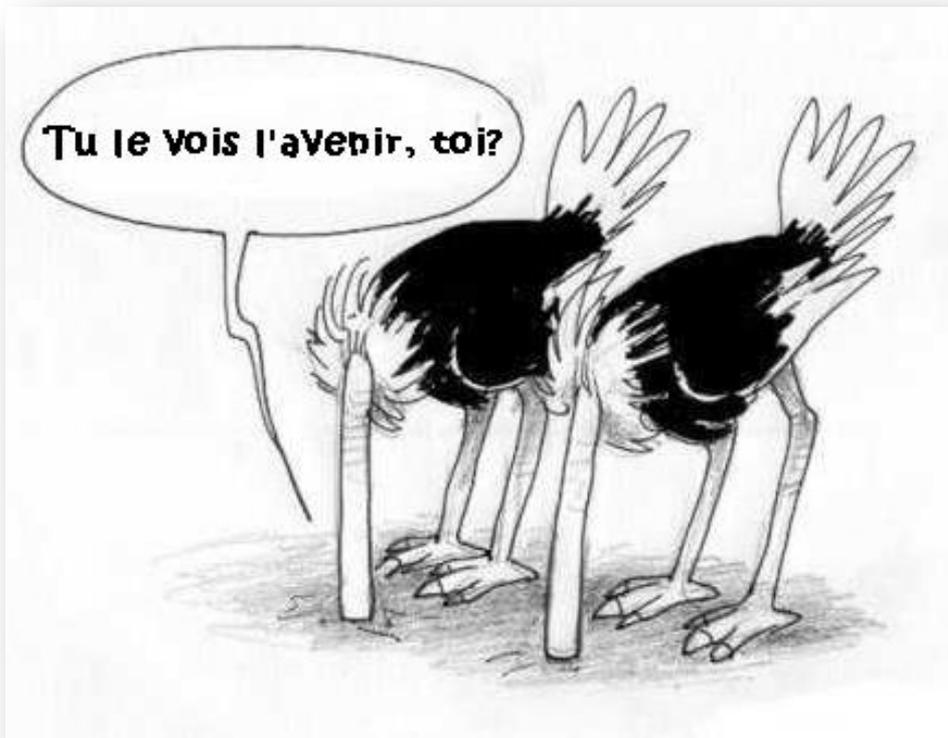
↗T° eau, ↗inondations, dégradation qualité de l'eau,

Modification distribution des espèces et ↘biodiversité,

Modification activités humaines et économie (industrie, agriculture...),

santé....

L'urgence climatique : C'est maintenant



Il nous reste très peu de temps pour réagir :

Que fait-on ?

↳ **Atténuation, Adaptation**

À l'échelle internationale, national, régionale, locale et du citoyen

Des solutions existent à l'échelle régionale...



Atténuation : quelques exemples

- Promouvoir davantage les énergies renouvelables (solaire, géothermie, éolien, hydraulique...) → implantation de nouveaux quartiers autonomes en énergie dans les villes...
 - Mobilité : plateforme de co-voiturage, transport en commun accessible au plus grand nombre avec tarif raisonnable ou gratuité, vélo en ville...
 - Rénovation du bâtiment public et privé
 - Place de la nature en ville
 - Industrie raisonnée plus propres et moins consommatrices en énergie...
 - Agriculture durable et soutenable
- S'appuyer sur des technologies innovantes et accélérer leur développement (ne doivent pas rester à l'état de brevet...)

+ Sobriété (Economie : Energie, Ressources en Eau,...)
= pas synonyme de privations



Des solutions existent à l'échelle régionale...

Adaptation : ex zones à risques

.... 3 questions se posent :

- . Sur-dimensionner nos ouvrages ?
- . Accepter les dommages éventuels ?
- . Recul stratégique/relocalisation ?



Mais ces solutions/mesures doivent être partagées par tous les acteurs de manière raisonnée et structurée, avec une réflexion globale de l'échelle régionale à locale, en lien avec les contextes locaux et ne doivent pas être perçues comme anxiogènes

☞ Adaptation au changement climatique

et la protection de l'environnement en général doivent être intégrés dans un projet global de territoire intégrant les risques + les innovations pour améliorer la qualité de la vie de tous et soutenir l'attractivité

= Projet faisant des contraintes une opportunité de dynamisation ou redynamisation du territoire

Efforts à consentir

Communication = Prise de conscience des enjeux par tous les acteurs de la société et la population

Le GIEC et le changement climatique peut apparaitre à une échelle lointaine de nos préoccupations, mais notre territoire est directement concerné

Concertation et structuration entre acteurs et collectivités à l'échelle régionale

Manque de connaissance et de structuration entre les différentes initiatives menées par les collectivités, les associations, la recherche, l'éducation, les industries, le monde agricole...

Les résultats de ces différentes initiatives que se soit un échec ou une réussite doivent être connus du plus grand nombre pour savoir ce qui est transposable et/ou adaptable à tout le territoire ou à certains secteurs

Besoin d'un socle scientifique solide

Il ne suffit pas de dire qu'il faut s'adapter, mais s'adapter à quoi ?

Connaissance scientifique = base qui doit servir à la formation et à la prise de conscience de chacun et aux mesures que nous devons et devront prendre

Besoin d'initiatives telles que celles de la Région Normandie et de la Métropole de Rouen perdurent (GIEC local métropole et GIEC Normand), avec une démarche alliant des engagements forts (COP 21 local), s'appuyant sur une approche scientifique pluri-disciplinaire

