

Séminaire Education au Développement Durable

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MARTINIQUE

Mars 2015

J-N DEGRACE – Météo-France Antilles-Guyane

Responsable Météo-France Martinique

P. PALANY - Météo-France Antilles-Guyane

Responsable Division études, Climat, Maîtrise Production

Finalisée



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Sommaire

- ▶ **Introduction : le GIEC (IPCC)**

- ▶ **Enquête sur le climat du passé**
 - Le constat mondial
 - Le constat régional

- ▶ **En quête du climat futur**
 - Les modèles climatiques globaux
 - Les scenarii et projections mondiales
 - Une technique de régionalisation des projections : la descente d'échelle
 - Quelques résultats « clés » pour la Martinique

- ▶ **Résumé synthétique**

- ▶ **De la R&D à l'action**



Le changement climatique : le GIEC (*IPCC en anglais*)

Le **GIEC** (*Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat*) est une organisation mise en place en 1988, à la demande du G7 (*USA, Japon, Allemagne, France, Grande Bretagne, Canada, Italie*), par l'Organisation Météorologique Mondiale (*OMM*) et le Programme pour l'Environnement des Nations Unies

Le GIEC (<http://www.ipcc.ch>) évalue et fait la synthèse des travaux de recherche faits dans le monde entier et publie des rapports sur les résultats faisant consensus. Le dernier rapport du GIEC a été publié en 2013 (AR5) et se décline en :

- Un rapport complet (en anglais)
- Un Résumé à l'intention des décideurs (en français)
- Un Résumé technique (en français)

Le GIEC comprend 3 groupes de travail :

- Physique et modélisation du climat (passé et futur)
- Vulnérabilité et adaptation des systèmes naturels et socio-économiques aux risques du changement climatique
- Scenarii et réduction des émissions



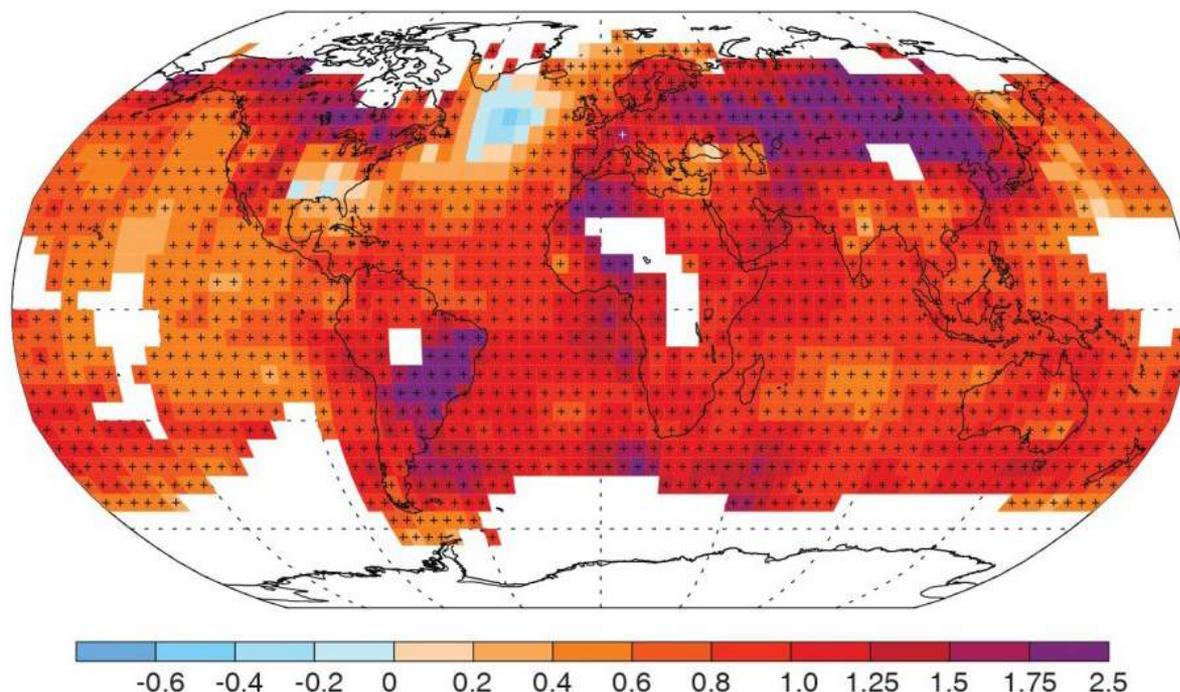
Participation du Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France

<http://www.cnrm.meteo.fr>

Le changement climatique : le constat mondial

Tendances mondiales linéaires de températures au cours de la période 1901 à 2012 estimées à la surface du globe. Le blanc indique les secteurs où les données sont incomplètes.

L'élévation de la température moyenne au cours de la période est plus importante sur les continents que sur les océans.



Tendance (en °C sur l'ensemble de la période)

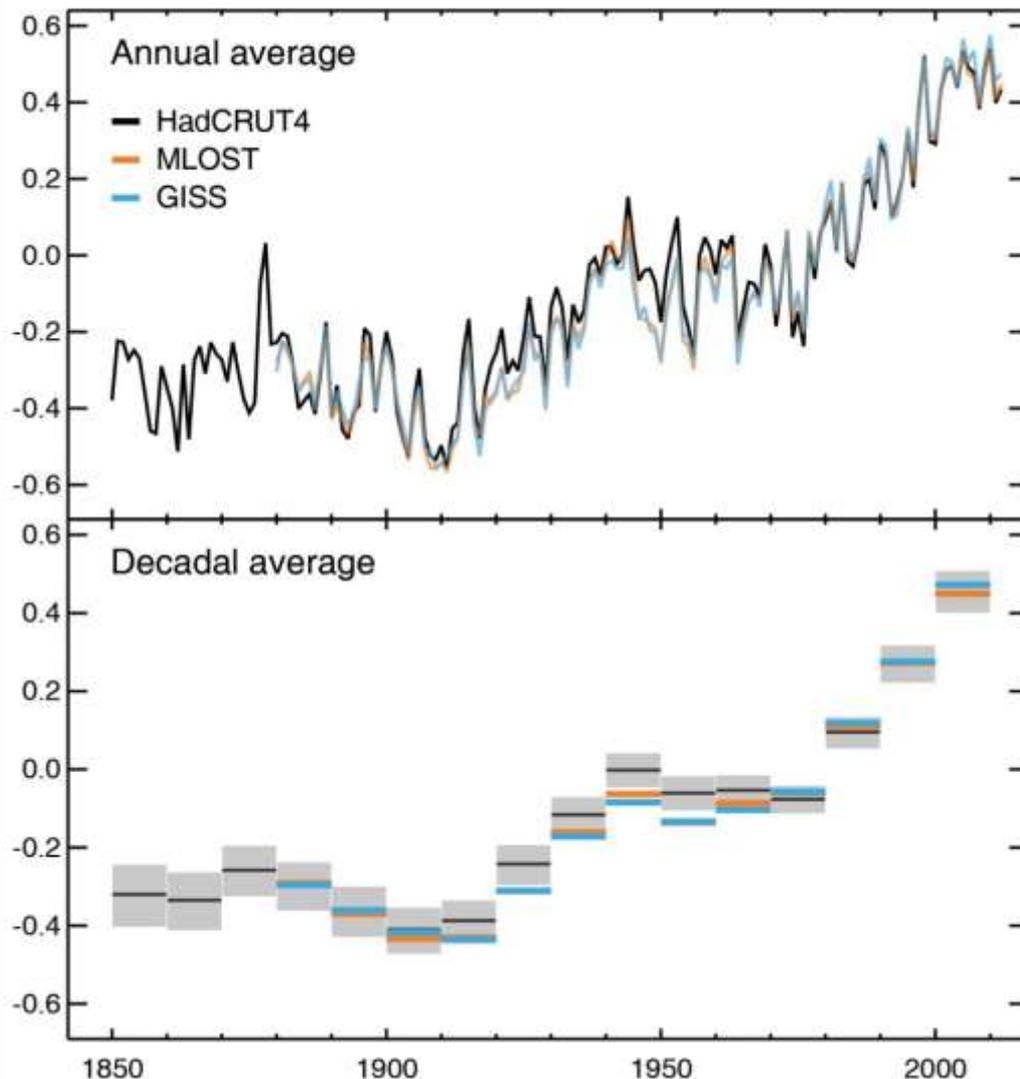
Evolution de la température moyenne de surface 1901-2012

Evolution des précipitations mondiales entre 1951 et 2010 : sur la plupart des terres émergées, il est probable qu'il y ait eu au cours de la période, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de précipitations abondantes.

Le changement climatique : le constat mondial

Température moyenne en surface

Anomalie en °C par rapport à la période 1961-1990



Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850.

Sur la période 1880-2012, la tendance linéaire globale des données de température indique un réchauffement moyen de **0.85 °C**.

L'intervalle de confiance à 90 % étant de **[0.65 à 1.06 °C]**

(Source : Résumé du 5^{ème} rapport du GIEC, 2013)

Le changement climatique :

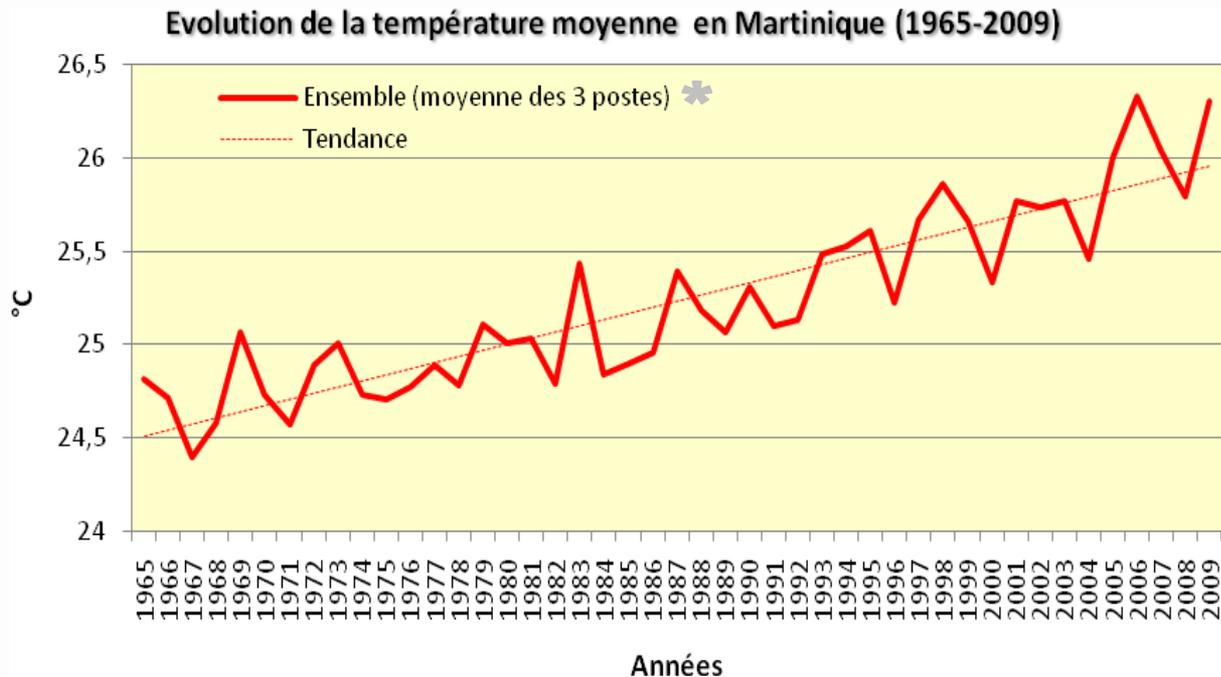
Le constat régional ...les challenges de l'observation

- ① De longues séries (50 ans ou plus) sont nécessaires pour étudier le changement climatique.
- ① L'homogénéisation des séries est fondamentale, afin de supprimer les variations liées au matériel, à l'environnement (constructions proches...) avant d'extraire les variations climatiques.
- ① Il faut enfin s'assurer de distinguer les variations naturelles cycliques et celles engendrées par le changement climatique

Le changement climatique : le constat régional pour les températures

Tendance significative à l'augmentation de la température moyenne en Martinique.

environ 1,47°C de la température moyenne entre 1965 et 2009 (soit environ 0,3°C par décennie).

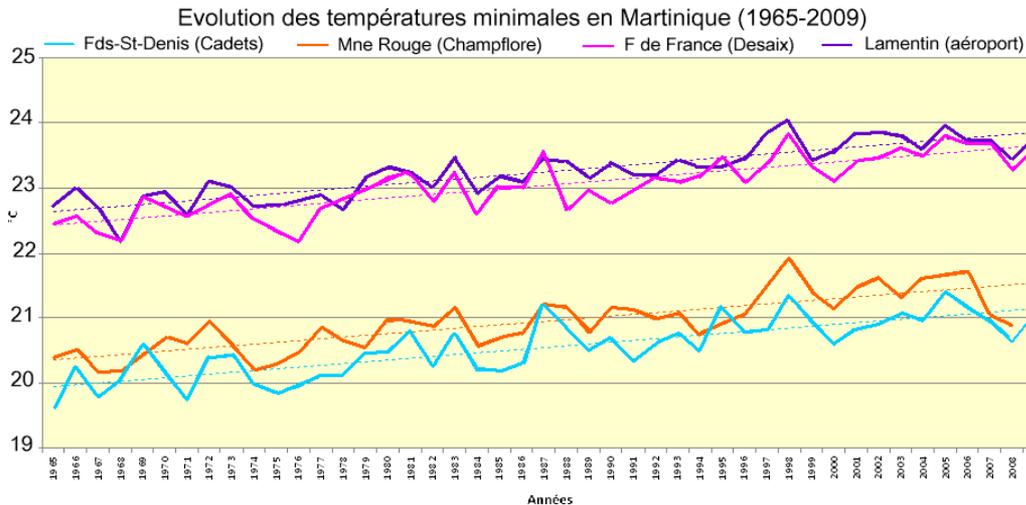
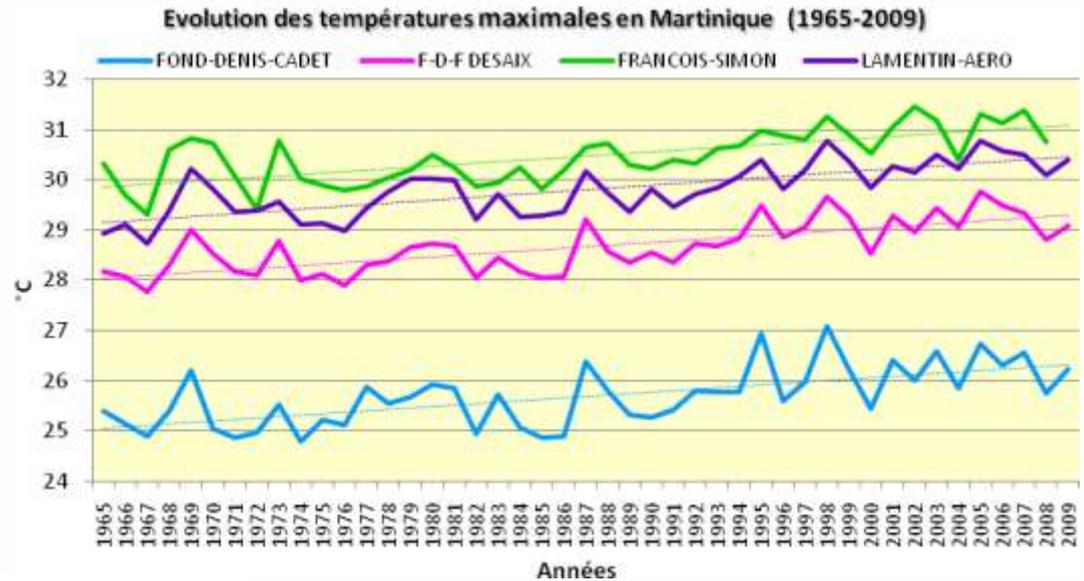


* Le Lamentin (aéroport), Fort de France (Desaix), Fond Saint Denis (M. des Cadets)

Le changement climatique : le constat régional pour les températures

▲ Température maximale quotidienne

→ Tendence semblable pour les différentes stations; en moyenne $+1,21^{\circ}\text{C}$ entre 1965 et 2009



▲ Température minimale quotidienne

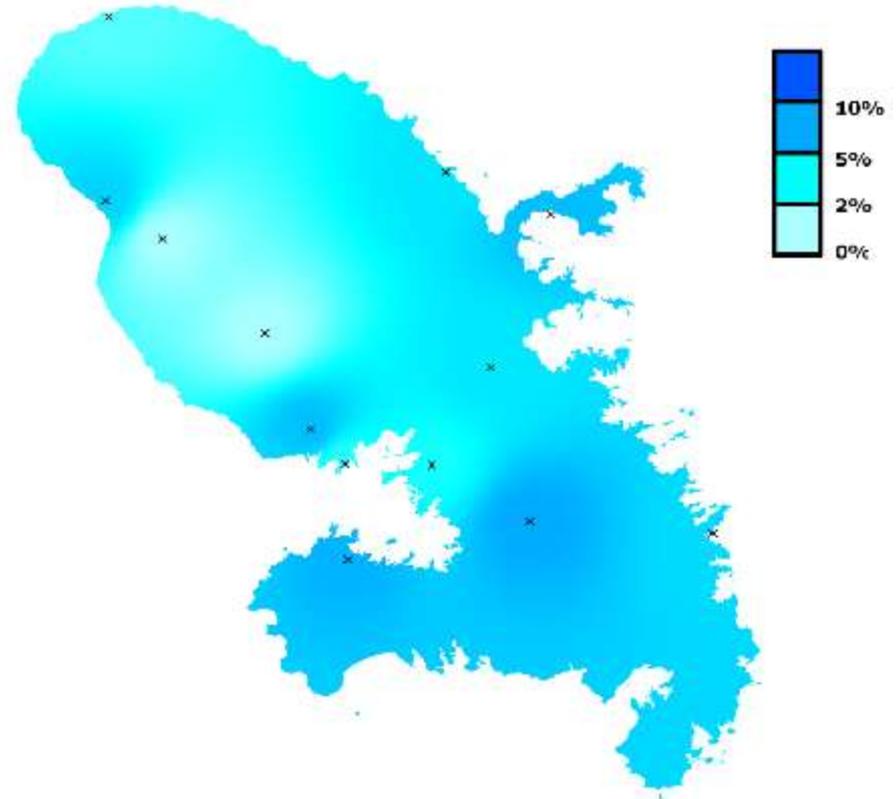
→ Tendence semblable pour les différentes stations; en moyenne $+1,26^{\circ}\text{C}$ entre 1965 et 2009

Le changement climatique : le constat régional pour les pluies

*La variation est faible et non significative ,
on ne peut pas identifier un signal lié au
changement climatique*



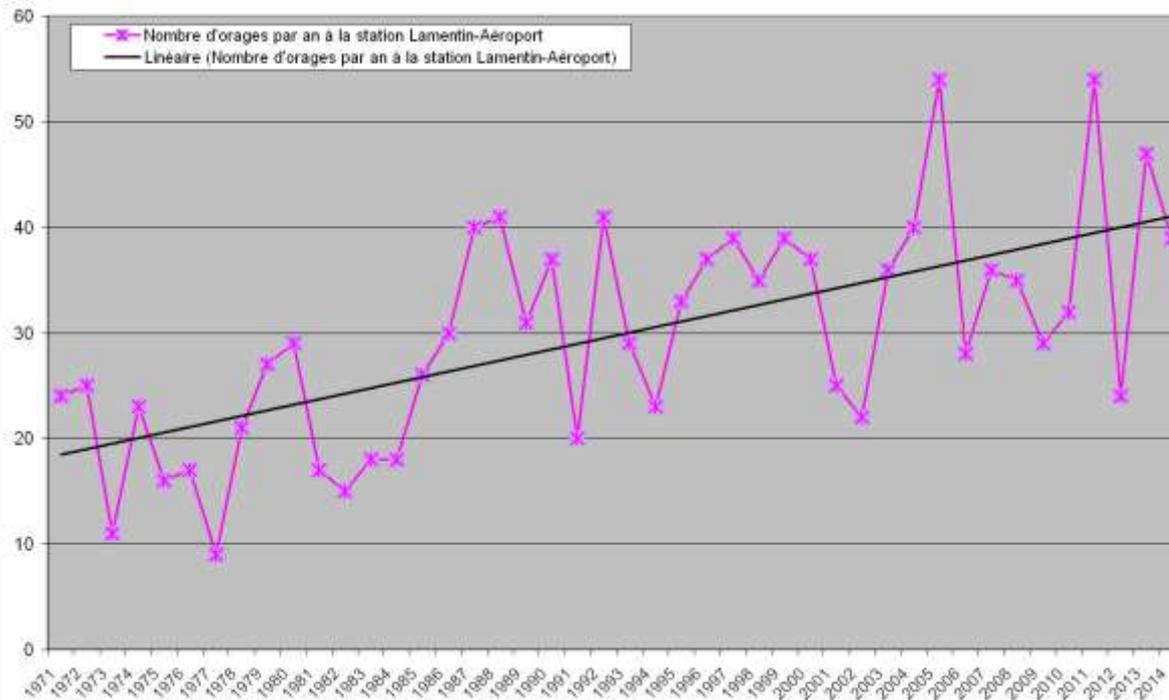
Précipitations annuelles *
Séries homogénéisées
Tendance sur 44 ans (%) de 1962 à 2005



- * À partir des 13 stations avec séries homogénéisées; les pluies sont mesurées à l'aide de pluviomètres électroniques (Météo-France utilise des augets basculeurs) ou manuels (bac-entonnoir et éprouvette)

Le changement climatique : le constat régional pour les orages

- ▲ L'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) définit précisément l'orage comme un météore caractérisé par deux bruits de tonnerre consécutifs et audibles de la surface terrestre. Les orages sont donc détectés à partir du son du tonnerre par un observateur humain.



Orage sur la commune de Scoëlcher en 2011, année record pour l'activité orageuse enregistrée à proximité de l'aéroport

- ▲ La moyenne sur la période 1971-2009 s'élève à 28,5 jours d'orages par an.

On note une tendance à l'augmentation du nombre de jours d'orages sur la période étudiée. Cette tendance est significative sans que nous puissions établir le lien avec le changement climatique.

Le changement climatique : le constat global pour les cyclones tropicaux

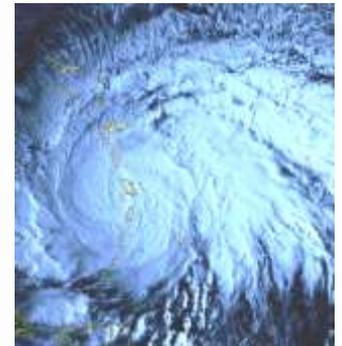


Il est actuellement très difficile de détecter un signal anthropique dans la climatologie des cyclones tropicaux.

→ bases de données compliquées à homogénéiser (évolutions des technologies, « monitoring » différent selon les bassins, manque de données in-situ, classification « subjectives »...)

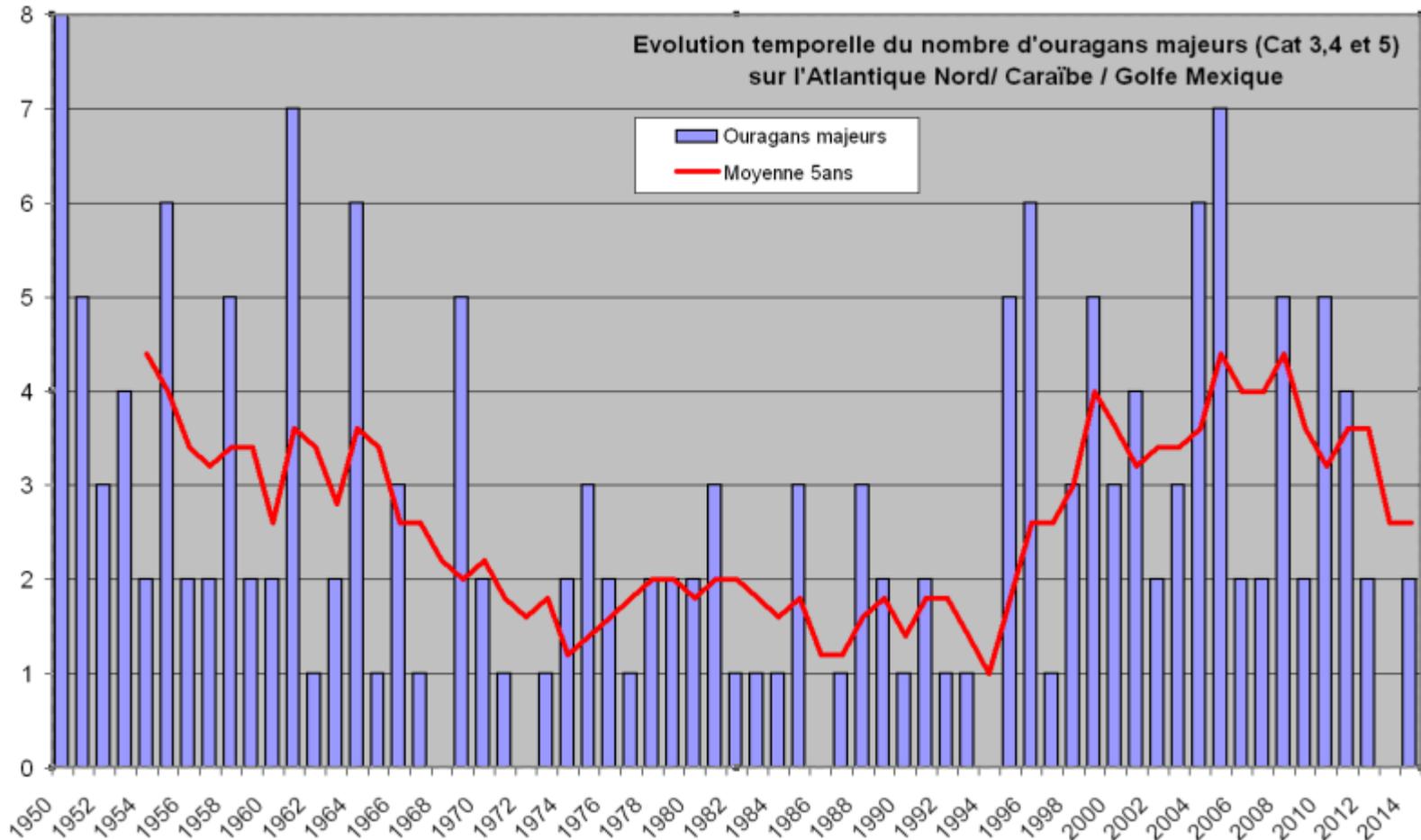
→ nombreux cycles naturels combinés rendant difficile l'isolement du seul signal anthropique

→ combinaison du signal anthropique « réchauffement de la planète » et d'autres signaux anthropiques (aménagement du territoire, migration des populations, ...)



Aucun ouragan pris comme entité unique, aussi dévastateur et inhabituel soit il, ne peut être attribué directement au changement climatique (ni Katrina, Irène et Sandy pour les USA, ni Dean pour la Martinique)

Le changement climatique : le constat global pour les cyclones tropicaux



Le changement climatique : le constat régional pour l'élévation du niveau de la mer

(Source ONERC 2012 et GIEC 2013)

En terme d'observation sur la période 1993-2011, le niveau marin a cru dans l'ensemble de l'outre-mer (mesures altimétriques, d'après Planton et al. 2012)

GIEC 2013 (résumé à l'intention des décideurs) :

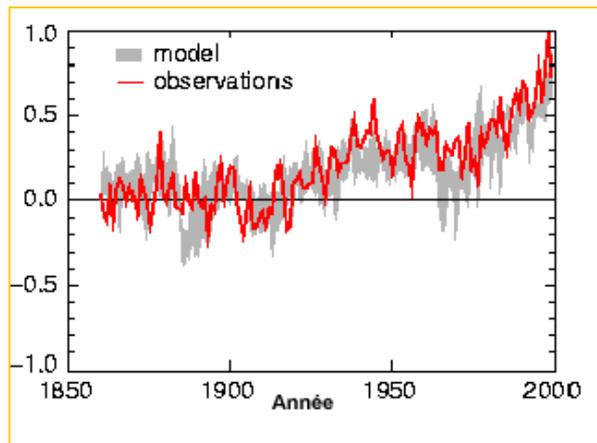
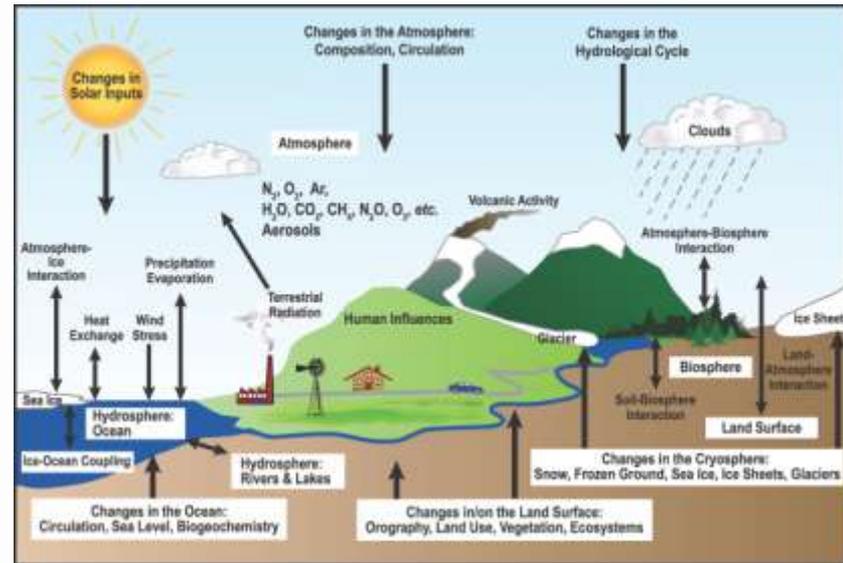
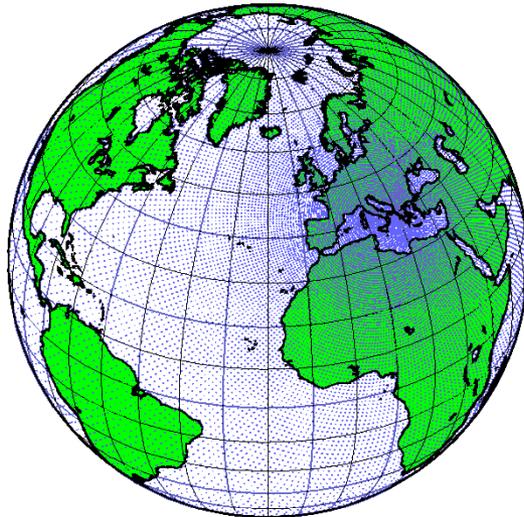
* élévation globale du niveau moyen des mers entre 1901 et 2010

→ entre 1,5 – 1,9 mm/an

* De 0 à +3 mm/an en Martinique et Guadeloupe



En quête du climat futur : Les Modèles Climatiques Globaux



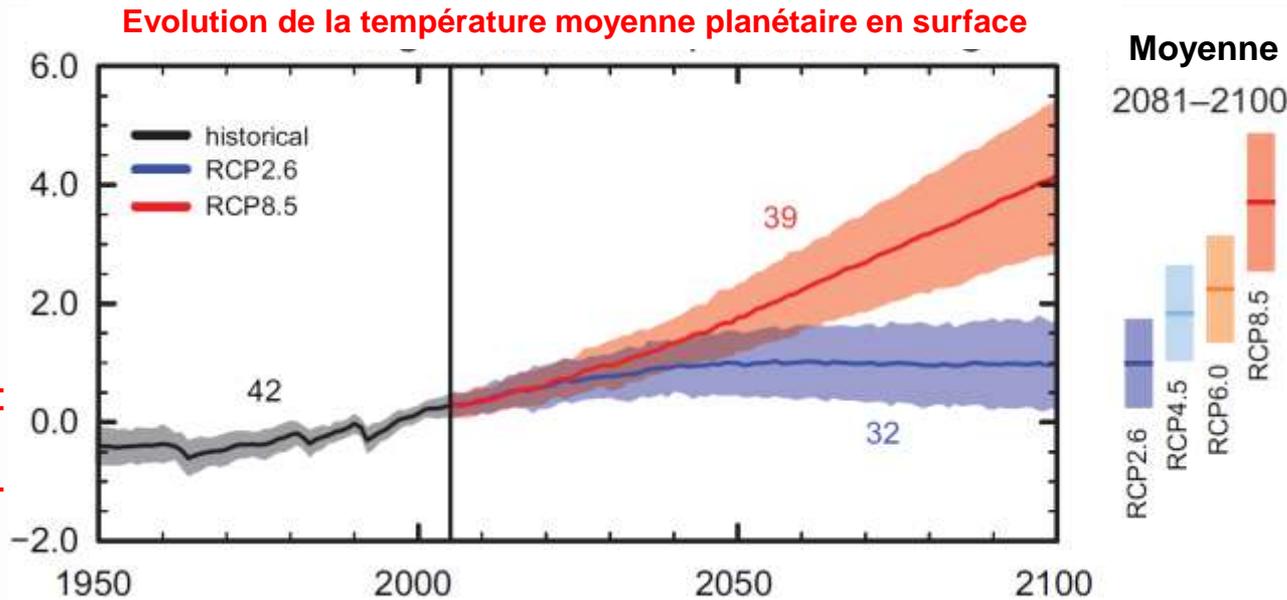
❑ Représenter les équilibres et la variabilité climatique sur de longues échelles de temps

❑ Principales difficultés:

- ✓ Quantifier le bilan énergétique global.
- ✓ Prendre en compte des modes de variabilité longs, qui intègrent de nombreuses échelles temporelles et spatiales.
- ✓ Tenir compte de facteurs difficilement prévisibles (*évolution démographique, développement social et économique, évolution technologique, politiques environnementales,...*)

En quête du climat futur : les Scénarii du GIEC

Ecart en °C par rapport à la référence 1986-2005



Le GIEC définit différents scénarii (*RCP : Representative Concentration Pathways*).

Les RCP correspondent à différents taux d'émission de GES et d'aérosols associés à des hypothèses socio-économiques sur le XXI^e siècle à l'échelle globale.

Le nombre correspond au forçage radiatif supplémentaire en 2100 (2.6 W/m²...8.5 W/m²).

Le RCP 2.6 est le plus « vertueux » : en 2100, le forçage est à 2.6 W/m² après avoir atteint un pic de 3 W/m², la concentration en GES ayant atteint un pic de 490 équivalent CO₂.

Le RCP 8.5 correspond à des rejets de GES en hausse ; la concentration atteint 1370 équivalent CO₂ en 2100 et continue à croître.

Nota : la concentration d'équivalent CO₂ en 2005 est de 455 ppm (0,0455%)

En quête du climat futur : les Scénarii du GIEC

RCP 8.5 : en 2100, on atteint un forçage radiatif de 8,5 W/m², ce qui correspond à une concentration équivalente en CO₂ autour de 1370 ppmv. Le forçage radiatif est en pleine augmentation en 2100.

RCP 6 : en 2100, on atteint un forçage radiatif autour de 6 W/m², ce qui correspond à une concentration équivalente en CO₂ autour de 850 ppmv. La stabilisation se fait après 2100.

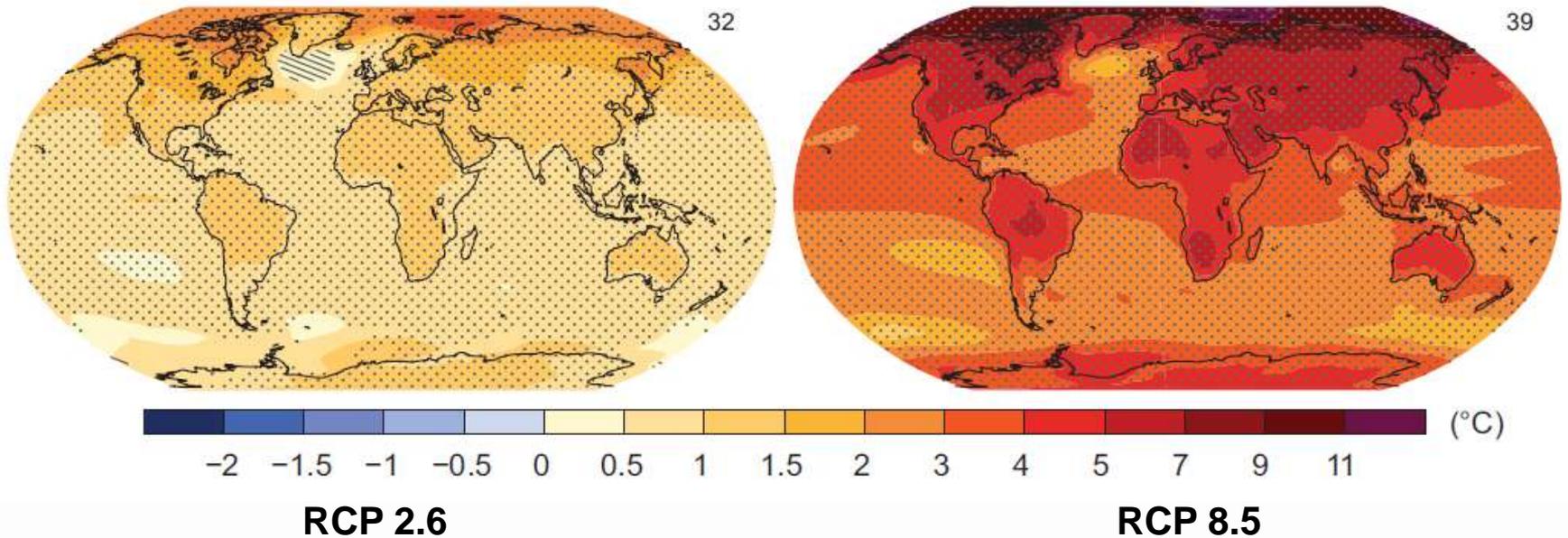
RCP 4.5 : en 2100, on atteint un forçage radiatif autour de 4,5 W/m², ce qui correspond à une concentration équivalente en CO₂ autour de 650 ppmv. La stabilisation se fait après 2100, mais commence vers 2060.

RCP 2.6 : Le forçage radiatif atteint un pic de 3 W/m² (concentration équivalente en CO₂ autour de 490 ppmv) avant 2100 et diminue ensuite. Il sera autour de 2,6 W/m² en 2100. Ce scénario est aussi appelé RCP 3-PD, pour 3 W/m² puis « Peak-decline ». C'est ce scénario qui permettrait de garder une hausse des températures globales en dessous de 2°C.

En quête du climat futur :

Les projections mondiales de température

Ecarts des températures moyennes en °C pour la période 2081-2100 par rapport à la période 1986-2005



Augmentation* de la température moyenne à la surface du globe

2046-2065 : 0.4 à 1.6 °C

2081-2100 : 0.3 à 1.7°C

2046-2065 : 1.4 à 2.6 °C

2081-2100 : 2.6 à 4.8°C

* Par rapport à 1986-2005

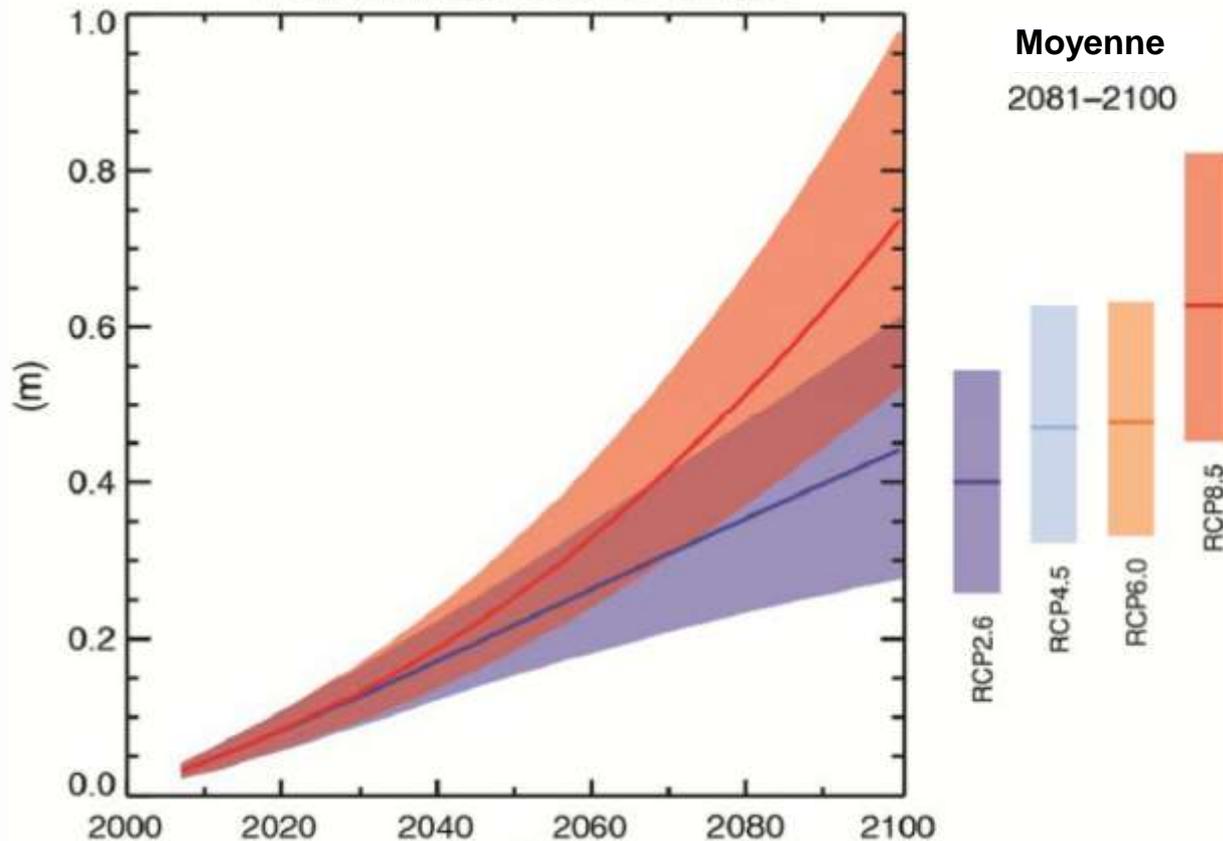
Pour les 2 scenarii, le réchauffement est maximal dans les régions arctiques.

Il est plus marqué sur les continents que sur les océans

En quête du climat futur :

Les projections mondiales pour le niveau des océans

Evolution du niveau moyen des océans



Élévation* prévue au milieu du XXI^{ème} siècle (période 2046-2065):

-RCP 2.6 : entre 17 et 32 cm.

-RCP 8.5 : entre 22 et 38 cm.

Élévation* prévue à la fin du XXI^{ème} siècle (période 2081-2100):

-RCP 2.6 : entre 26 et 55 cm.

-RCP 8.5 : entre 45 et 82 cm.

* Par rapport à la période 1986-2005

(Source : Résumé du 5^{ème} rapport du GIEC, 2013)

En quête du climat futur :

Les projections globales pour les cyclones tropicaux

A l'heure actuelle, les études sur la relation entre activité cyclonique et réchauffement climatique ne sont pas évidentes et convergentes et demandent encore beaucoup de travail.

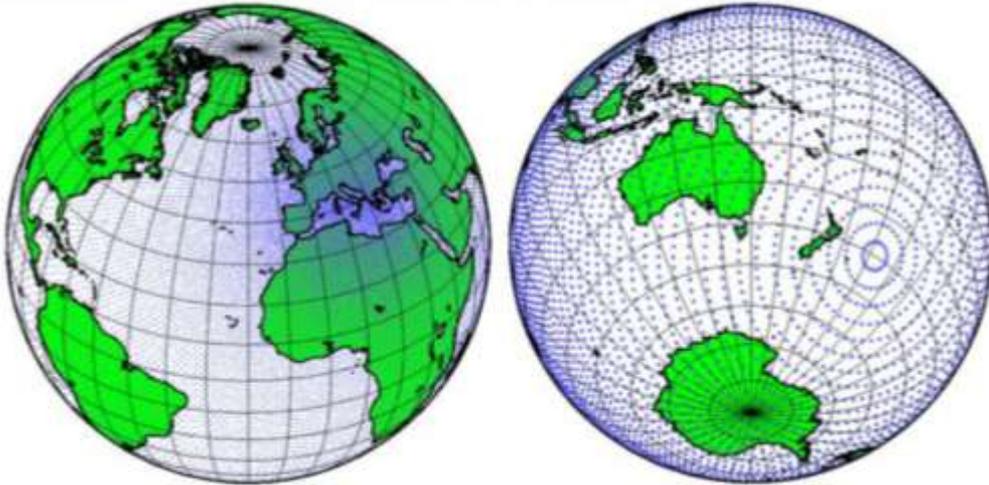
Expertise figurant dans les chapitres 11 et 14 du volume 1 du 5^{ème} rapport du GIEC

En début de siècle : un faible de degré de confiance est accordé à l'évaluation des fréquences d'occurrence des cyclones tropicaux. Quelques études seulement montrent une augmentation de l'intensité des cyclones ainsi qu'une augmentation de la fréquence des cyclones de catégorie 4 et 5 dans le bassin nord-atlantique



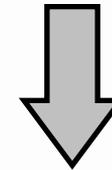
Changement Climatique :

Modèles Climatiques Régionaux



Les Modèles Climatiques Globaux (GCM) donnent de bonnes informations en moyenne sur des territoires de grandes superficies.

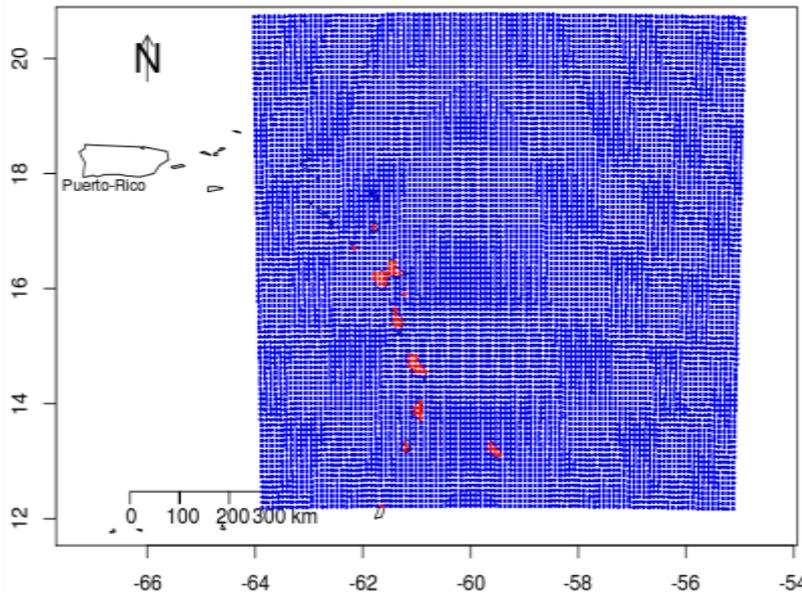
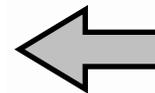
Ces informations restent cependant insuffisantes pour décrire avec précision ce qui pourrait se passer à des échelles plus petites.



Modèles Climatiques Régionaux (RCM)

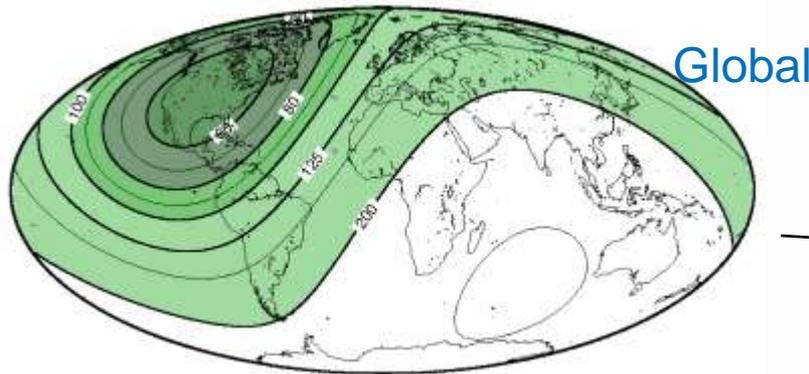
ALADIN-Climat

- Modèle à aire limitée
- Maille horizontale : 10 km
- Physique identique à celle du modèle ARPEGE-Climat.

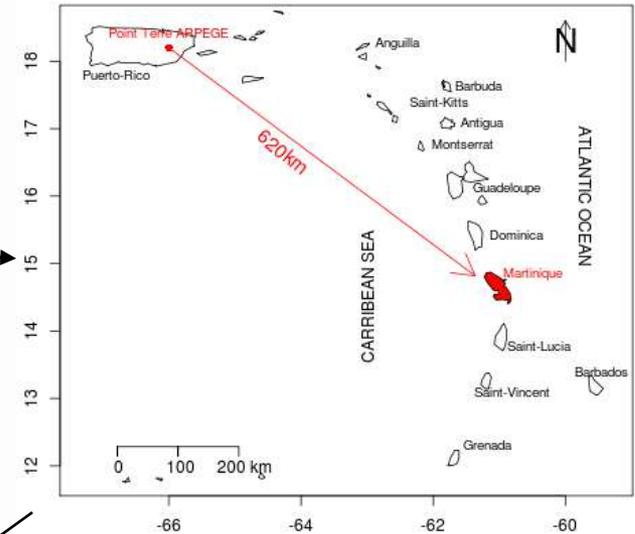


Changement Climatique : Modèles Climatiques Régionaux

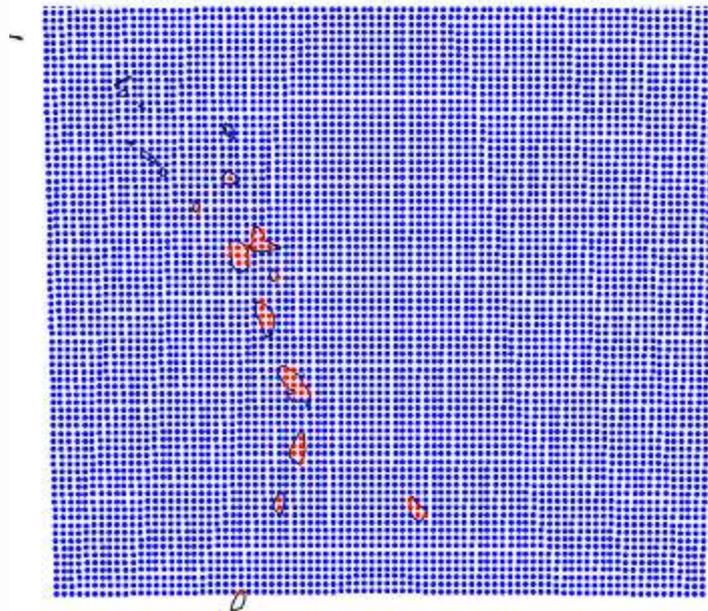
Descente d'échelle dynamique



ARPEGE Climat - Scénario RCP 4.5 (ex B1) , 8.5 (ex A2)



Régional

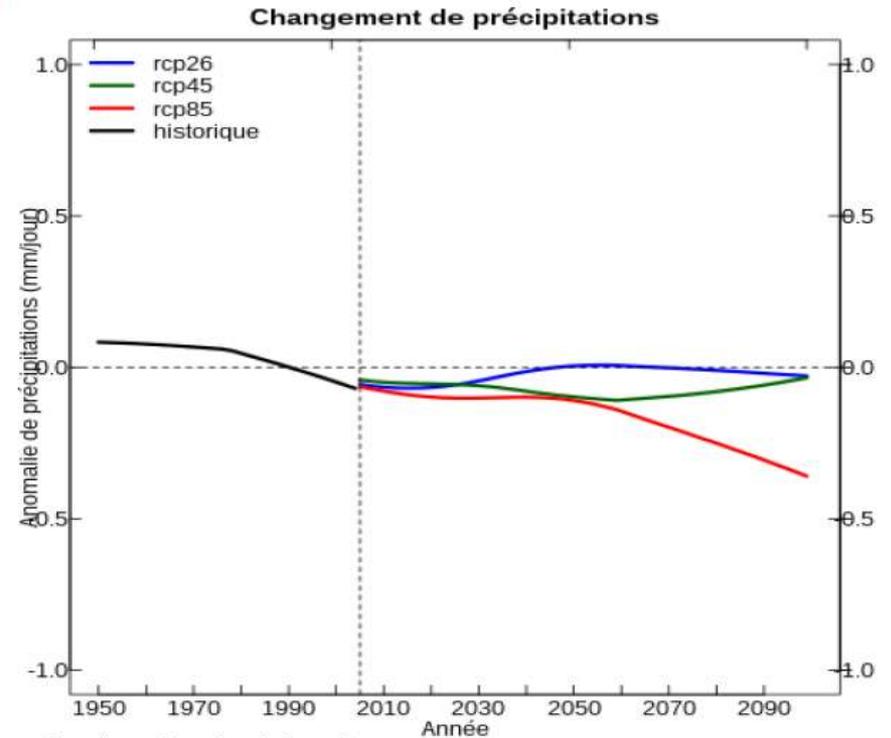
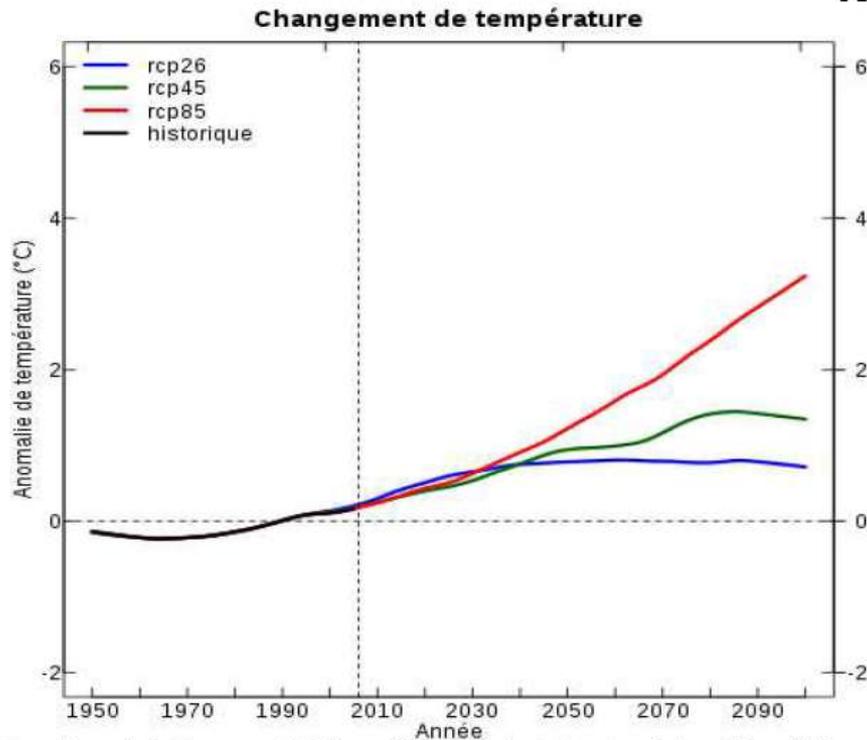


ALADIN Climat - Scénario RCP 4.5 (ex B1) , 8.5 (ex A2)

Convention R&D Météo-France/DEAL Martinique
Travaux post doc Philippe Cantet

Descente d'échelle dynamique

ANTILLES



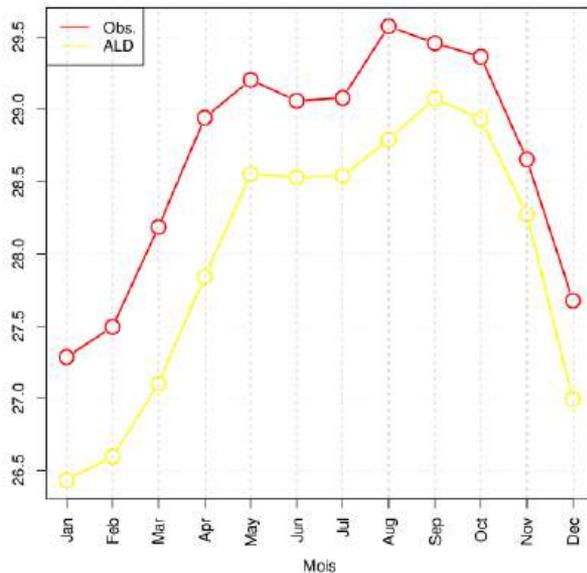
* Le climat de la France au XXIème siècle (Vol 4) . Scénarios régionalisés : édition 2014 pour l métropole et les régions d'outremer
(Jouzel, Ouzeau, Déqué, Jouini, Planton, Vautard)

Changement Climatique : Modèles Climatiques Régionaux

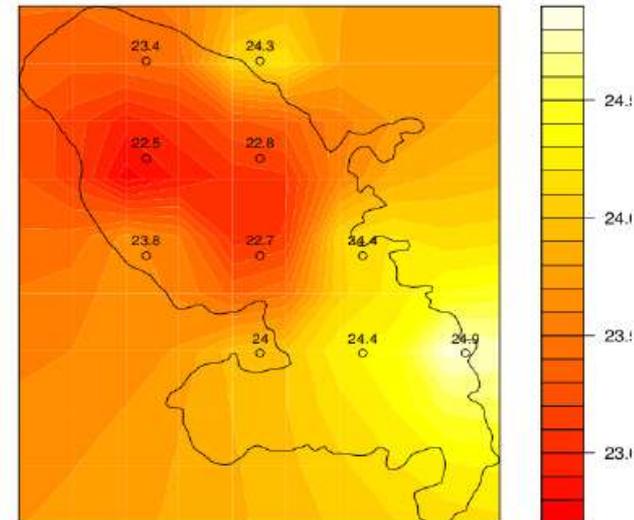


Le modèle doit reproduire le plus possible les variables moyennes du climat (annuelle, saisonnière)

Moyenne Mensuelle de tasma_x (°C)



Moyenne Annuelle de ts (°C)



→ Incertitudes clés :

- La résolution du modèle
- Les méthodes de correction
- La spatialisation des données

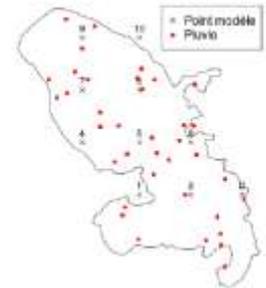
Descente d'échelle statistique

1. Application d'une correction quantile-quantile aux projections climatiques

Chroniques quotidiennes de précipitations sur 37 postes de la Martinique

Cohérence ordre de grandeur

Respect saisonnalité des observations



2. Spatialisation des données pour applications aval

Connaître les normales mensuelles de précipitations à des points « non-observés » dans le présent et dans le futur

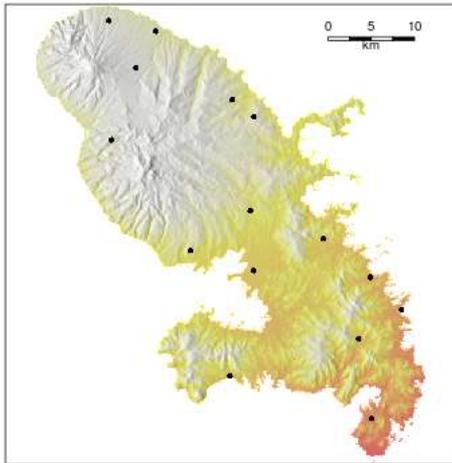
Plusieurs méthodes testées : [Morel, 2012], [Baillargeon, 2005]

Variables prédictives : altitude, voisinage, distance à la mer, topographie terrain



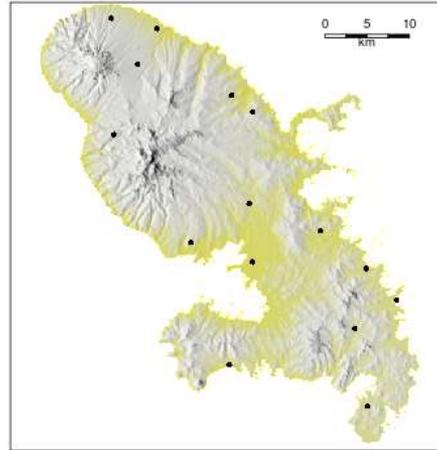
Les projections climatiques régionalisées pour la Martinique projection (2071-2100) des températures

Nombre de jours où $T_{min} > 25^{\circ}\text{C}$ (Moyenne annuelle)
RUN = HIST



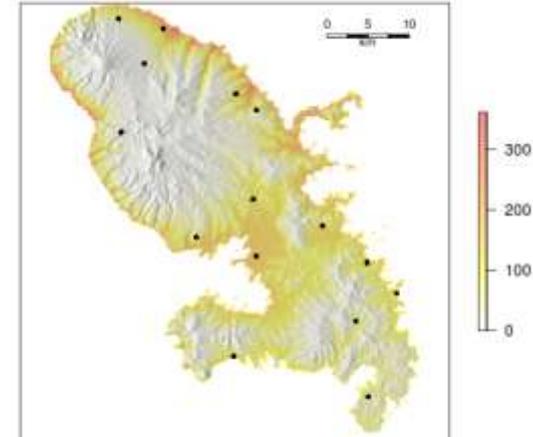
(a) 1971-2000 : HIST

Delta du Nombre de jours où $T_{min} > 25^{\circ}\text{C}$ (Moyenne annuelle)
RCP45 - HIST



(b) 2071-2100 : RCP 4.5

Delta du Nombre de jours où $T_{min} > 25^{\circ}\text{C}$ (Moyenne annuelle)
RCP85 - HIST



(c) 2071-2100 : RCP 8.5

Une augmentation très forte du nombre de jours “chauds” ($T_x > 32^{\circ}\text{C}$):

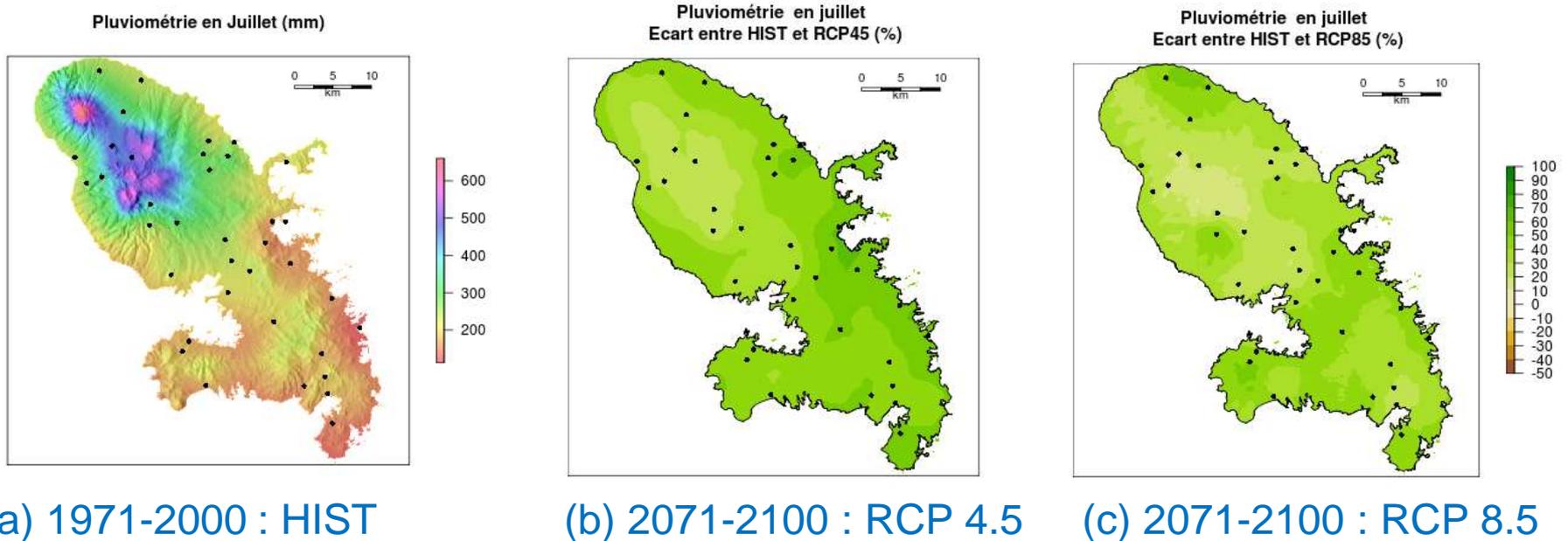
→ Pour le scénario RCP 4.5, il y aurait des jours chauds en plaine et sur la frange littorale la moitié de l'année (entre 100 et 200 jours par an au lieu de 30 à 60 dans le climat actuel)

→ Pour le scénario RCP 8.5 il y aurait des jours chauds en plaine et sur la frange littorale tout au long de l'année. (entre 200 et 300 jours par an au lieu de 30 à 60 dans le climat actuel)

Une augmentation du nombre de nuits “chaudes” ($TN > 25^{\circ}\text{C}$):

→ Pour le scénario RCP 8.5 des nuits chaudes seraient observées quasiment toute l'année en plaine et sur la frange littorale.

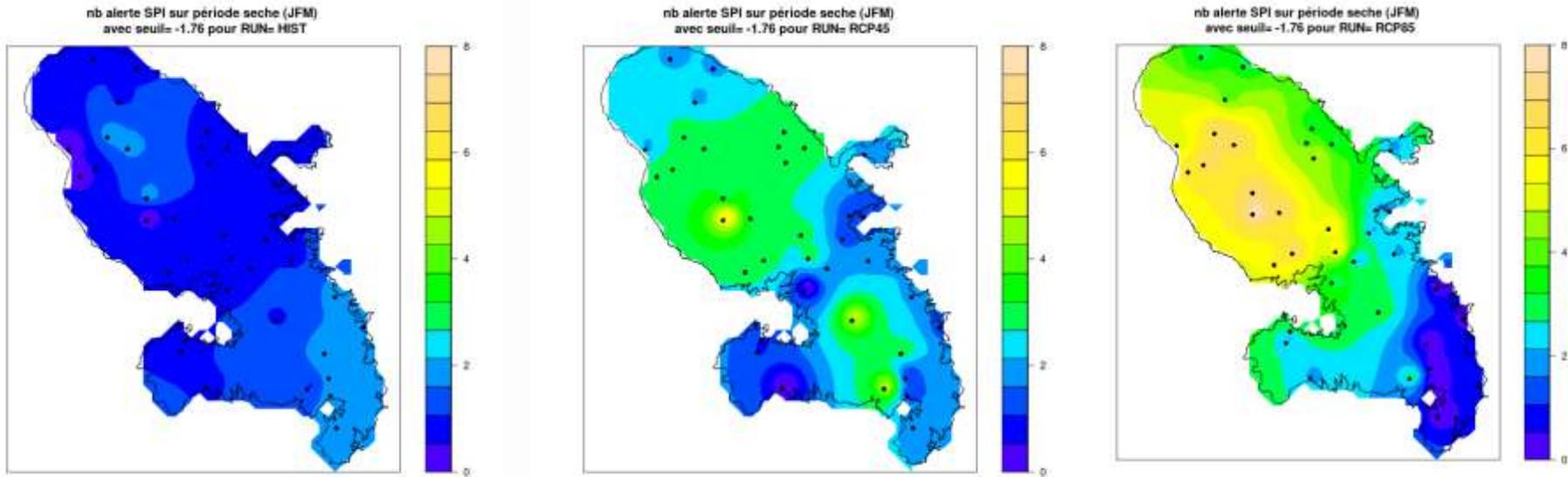
Les projections climatiques régionalisées pour la Martinique projection (2071-2100) des précipitations



Evolution des hauteurs de pluie (en %) sur l'île de la Martinique aux mois de juillet, selon les scénarios GIEC RCP 4 .5 (au centre) et GIEC RCP 8.5 (à droite) comparées aux valeurs climatologiques (à gauche).

→ Le modèle marque une nette augmentation de la pluviométrie en début de saison des pluies.

Les projections climatiques régionalisées pour la Martinique projection (2071-2100) des indices de sécheresse météorologique



(a) 1971-2000 : HIST

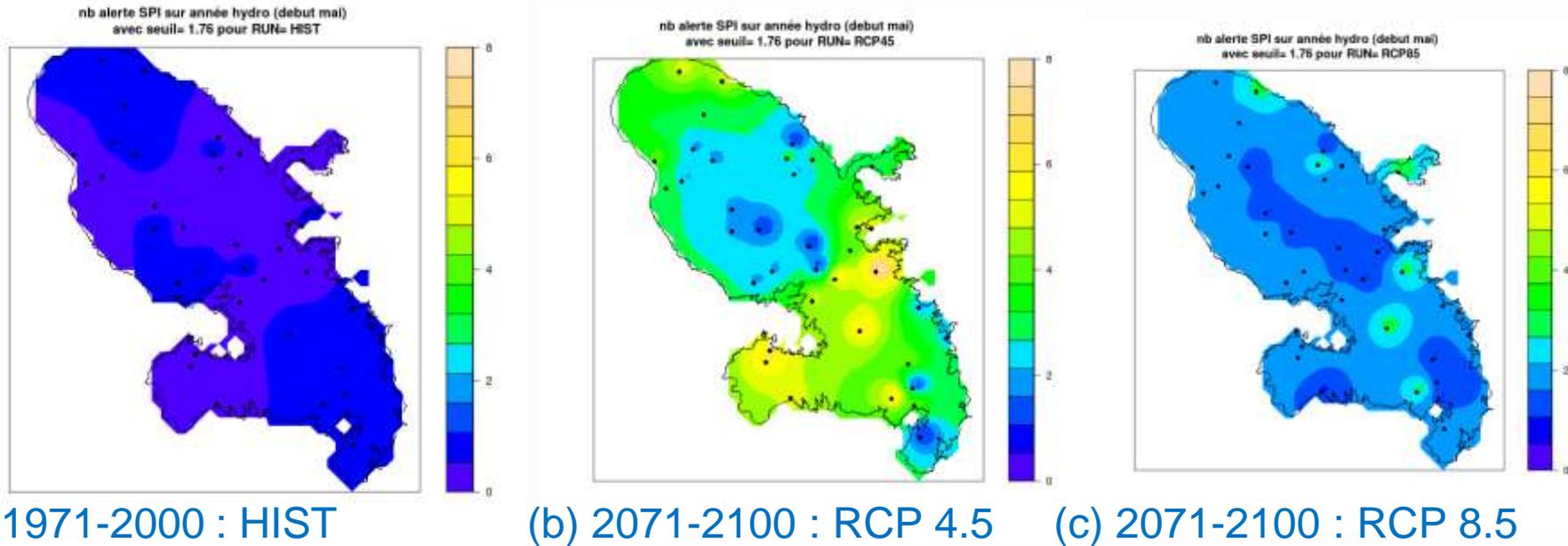
(b) 2071-2100 : RCP 4.5

(c) 2071-2100 : RCP 8.5

Evolution du nombre de saisons sèches extrêmement sèches (janvier à mars)

→ **Augmentation des alertes de « saison sèche (janvier à mars) extrêmement sèche »** notamment dans le nord-ouest de l'île.

Les projections climatiques régionalisées pour la Martinique projection (2071-2100) des indices de sécheresse météorologique



Evolution du nombre d'alertes «année hydrologique extrêmement pluvieuse » (Mai à Avril)

→ **Augmentation des alertes d'« année hydro extrêmement pluvieuse».** Plus forte pour le scénario RCP4.5

En résumé : les observations

<i>Paramètre</i>	<i>Globe</i>	<i>Incertitudes</i>	<i>Antilles</i>
Température	Réchauffement de 0,85°C sur la période 1880-2012 (<i>source GIEC 2013</i>)	[0,65°C – 1.06°C]	<p>Martinique : à partir des séries homogénéisées, Augmentation de la température moyenne de +1,47°C sur la période 1965-2009.</p> <p>Guadeloupe : pas de tendance calculée. Homogénéisation des données en cours.</p>
Précipitations	Entre 1901 et 2010, augmentation des précipitations dans certaines zones (notamment Europe du Nord, Amérique du Sud,..) et diminution dans d'autres (Méditerranée, Sahel,..). (<i>source GIEC 2013</i>)		<p>Martinique : Pas d'évolution statistiquement significative des précipitations moyennes annuelles sur la période 1965-2005.</p> <p>Guadeloupe : Pas d'évolution statistiquement significative des précipitations moyennes annuelles sur la période 1968-2012.</p>
Niveau des mers	Le niveau moyen de la mer s'est élevé de 2 mm /an entre 1971 et 2010, de 3,2 mm /an entre 1993 et 2010. (<i>source GIEC 2013</i>)	<p>Depuis 1971 : [1,7 mm - 2,3 mm]</p> <p>Depuis 1993 : [2,8 mm - 3,6 mm]</p>	Elévation plutôt inférieure que supérieure à l'élévation moyenne sur la période 1950-2009 (<i>Palanisamy et al., 2009</i>)

En résumé : les projections climatiques

<i>Paramètre</i>	<i>Globe</i>	<i>Antilles</i>
Température	<p>Une tendance à l'augmentation des températures à la fin du XXI^{ème} siècle pour tous les scénarios.</p> <p>Hausse de 2.6 à 4.8°C pour le scénario RCP le plus sévère RCP 8.5, de 0.3 à 1.7°C pour le plus optimiste RCP 2.6-. (source GIEC 2013)</p>	<p>Forte augmentation du nombre de jours en plaine dépasse 32°C. <i>De 30 à 60 pour le climat actuel, on passerait à 100 à 200 pour le RCP 4.5 et 200 à 300 pour le RCP 8.5.</i> (résultats établis pour la Martinique)</p>
Précipitations	<p>En accord avec les conclusions du 5^{ème} rapport du GIEC, les deux modèles français réaffirment Une augmentation significative des précipitations annuelles aux hautes latitudes ainsi que sur l'Océan Pacifique équatorial</p> <p>Une diminution dans les latitudes subtropicales (source GIEC 2013)</p>	<p>Il n'y a pas d'évolution de la pluviométrie annuelle dans les deux scénarios étudiés.</p> <p>Néanmoins, signal existant pour des saisons sèches « plus sèches » et des saisons des pluies « plus arrosées »</p> <p><i>Par exemple : Juillet plus arrosé de 10 à 60%, Février plus sec de 10 à 40% ; (résultats établis pour la Martinique)</i></p>
Niveau des mers	<p>Poursuite de l'élévation du niveau des mers (26 à 82 cm au cours du XXI^{ème} siècle selon les scénarii) – source GIEC 2013</p>	<p>Il n'est pas encore possible de proposer des hypothèses solides d'élévation du niveau de la mer au niveau régional (Mais attention, la littoralisation de la population augmente la vulnérabilité et donc accroît le risque par rapport à l'élévation du niveau de la mer aux Antilles)</p>

1. Les réserves à ces travaux : incertitude modélisation, correction, spatialisation
 2. Reste à faire (entre autres) : interaction élévation niveau de la mer et submersion marine (houle, surcote, déferlement à la côte), dynamique cyclonique, études d'impact (veille sanitaire, biodiversité ...etc.) - Ex. : impact du changement climatique sur la ressource en eau (BRGM)
1. Rôle des scientifiques : clarifier les enjeux, évaluer l'état des connaissances

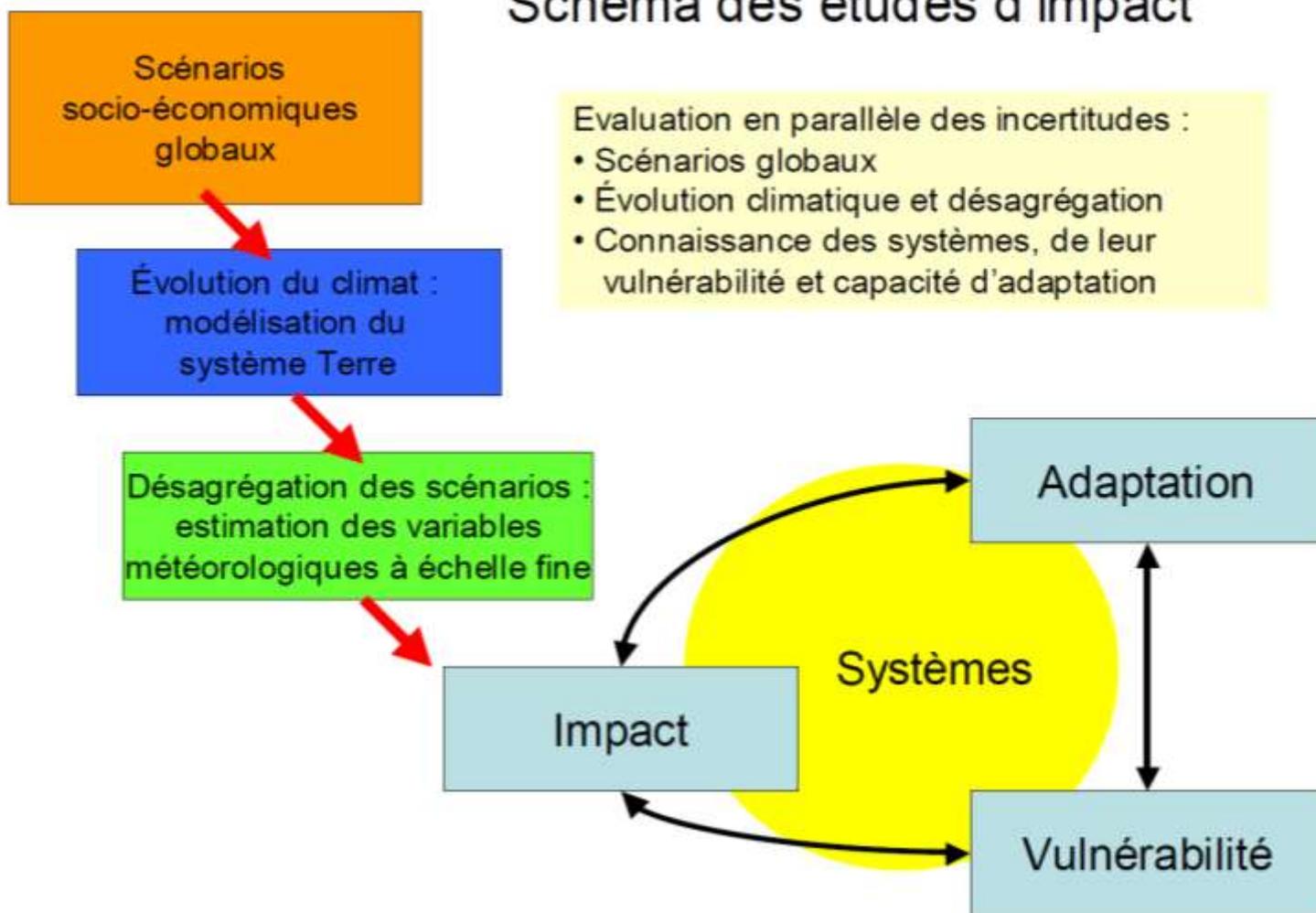


Passer à une phase de préparation/anticipation régionale des changements climatiques.

Rôle clé des échanges et de la coopération.

De la R&D à l'action : études d'impact

Schéma des études d'impact





Merci de votre attention



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance