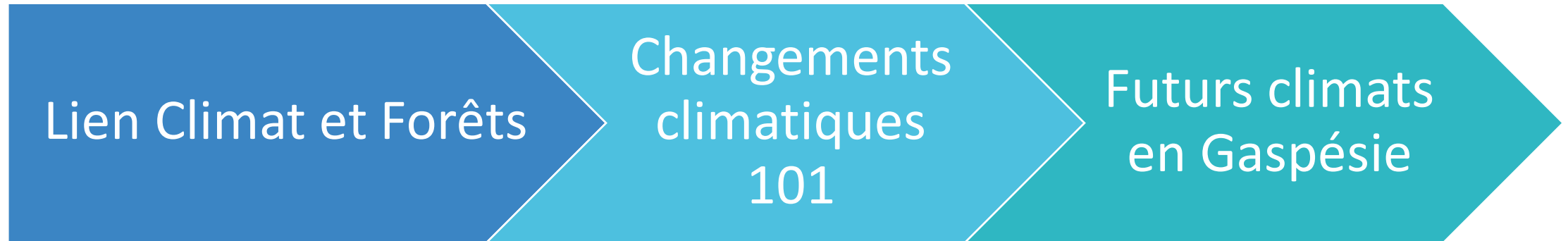


Portrait climatique et projections futures - Gaspésie

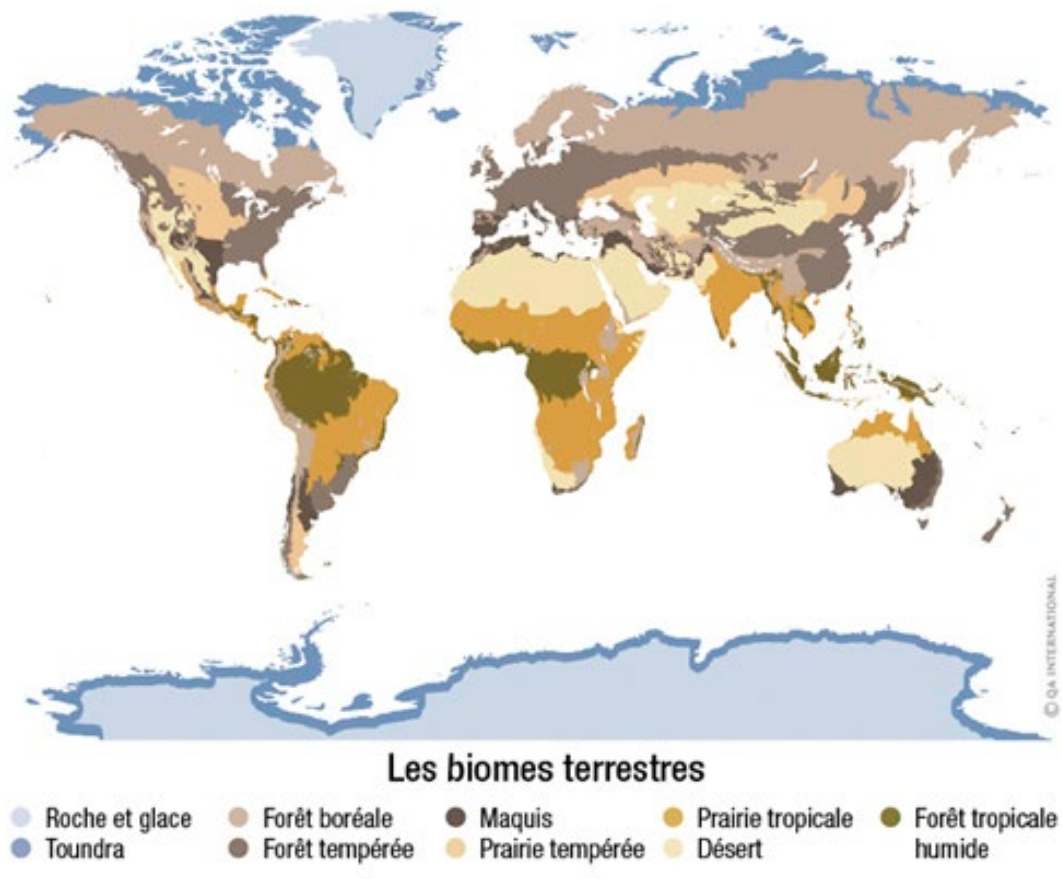
Catherine Périé (DRF, MRNF)



Plan de la présentation

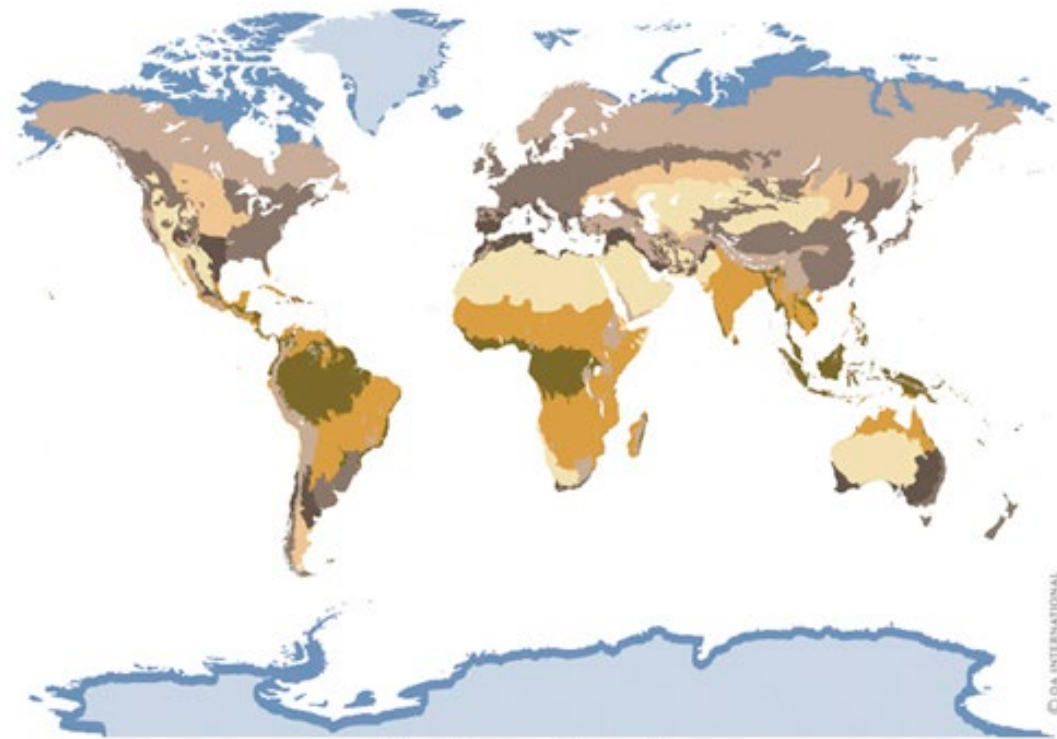


Les différents biomes terrestres



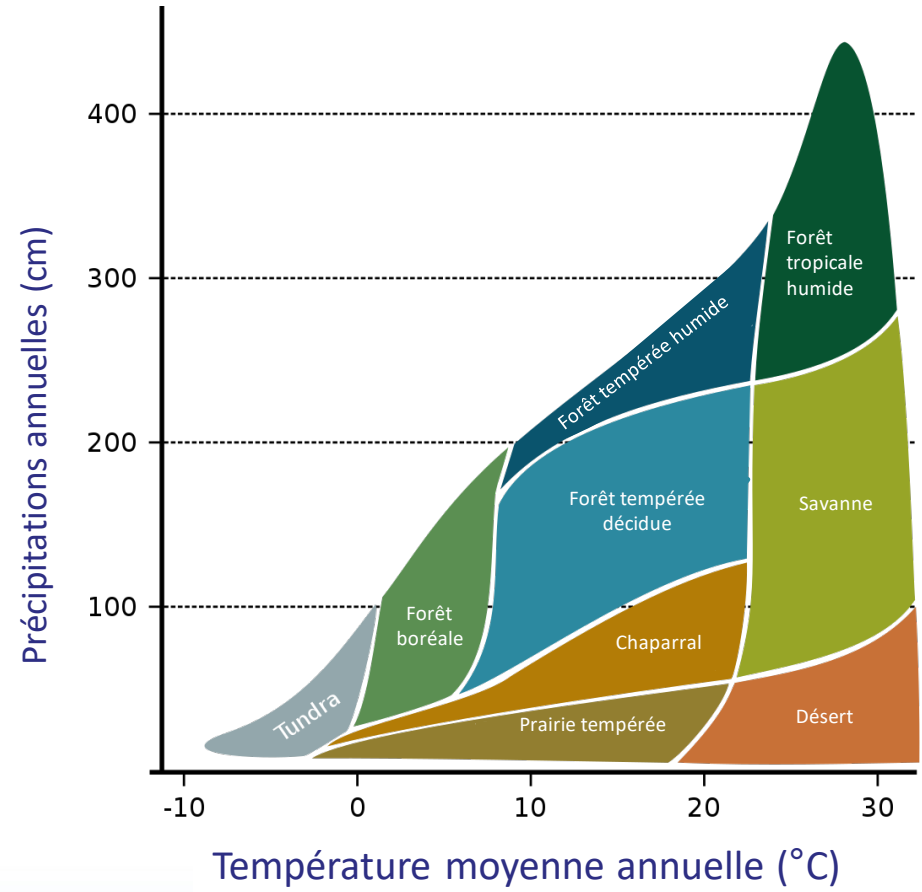
- Les biomes terrestres sont d'abord caractérisés par leur climat, en particulier par la température et la quantité de précipitation.
- Le climat détermine ensuite les espèces végétales pouvant coloniser un milieu, influençant du même coup les espèces animales pouvant habiter ce même milieu.

Les différents biomes terrestres

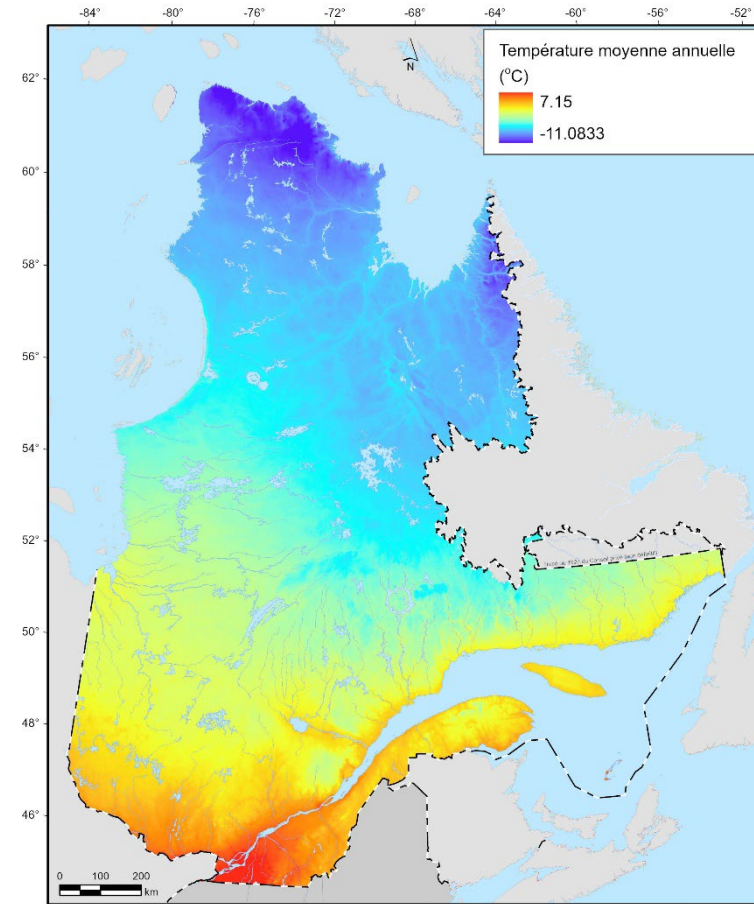
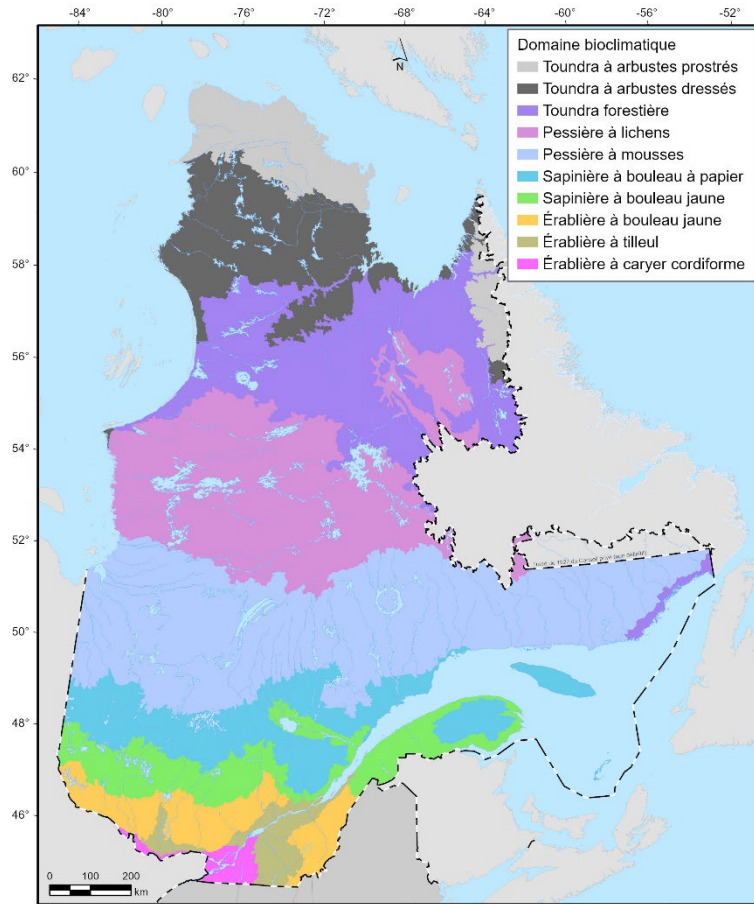


Les biomes terrestres

- Roche et glace
- Toundra
- Forêt boréale
- Forêt tempérée
- Maquis
- Prairie tempérée
- Prairie tropicale
- Désert
- Forêt tropicale humide



Au Québec, le système de classification écologique



Effets des changements climatiques sur les forêts

Impacts seront diversifiés et complexes

- Certains seront soudains et radicaux
- D'autres seront graduels et subtils
- Incidences directes sur la croissance, la mortalité, les régimes de perturbations naturelles et la répartition des espèces

Impacts seront cumulatifs et interreliés

- Dépérissement de certaines espèces peut accroître leur vulnérabilité aux insectes et/ou maladies
- Les dommages causés par les insectes peuvent accroître le risque de feux
- La sécheresse peut causer du stress aux arbres ce qui peut conduire à leur dépérissement

Le changement suit son cours au Canada

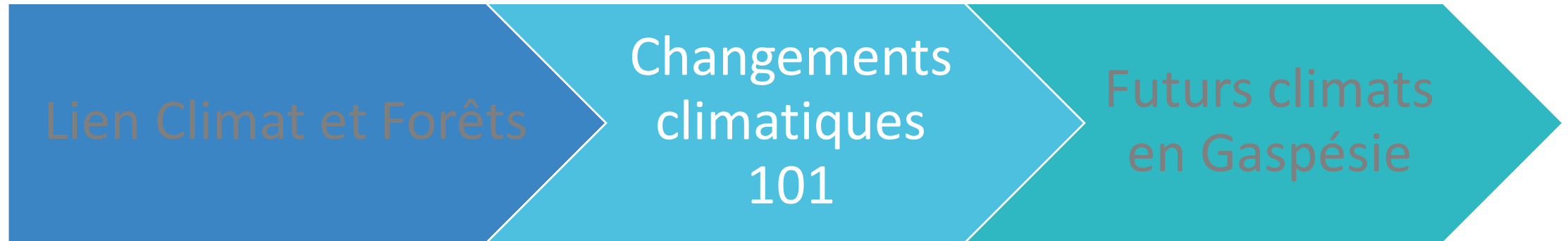
- Dendroctone du pin ponderosa en C-B
- Accroissement du nombre de feux de végétation particulièrement dans la forêt boréale de l'Ouest
- Dépérissement accru du peuplier faux-tremble dans les prairies
- Moins certain: modification de la phénologie des espèces

Trembles morts en Saskatchewan suite aux graves sécheresses de 2002





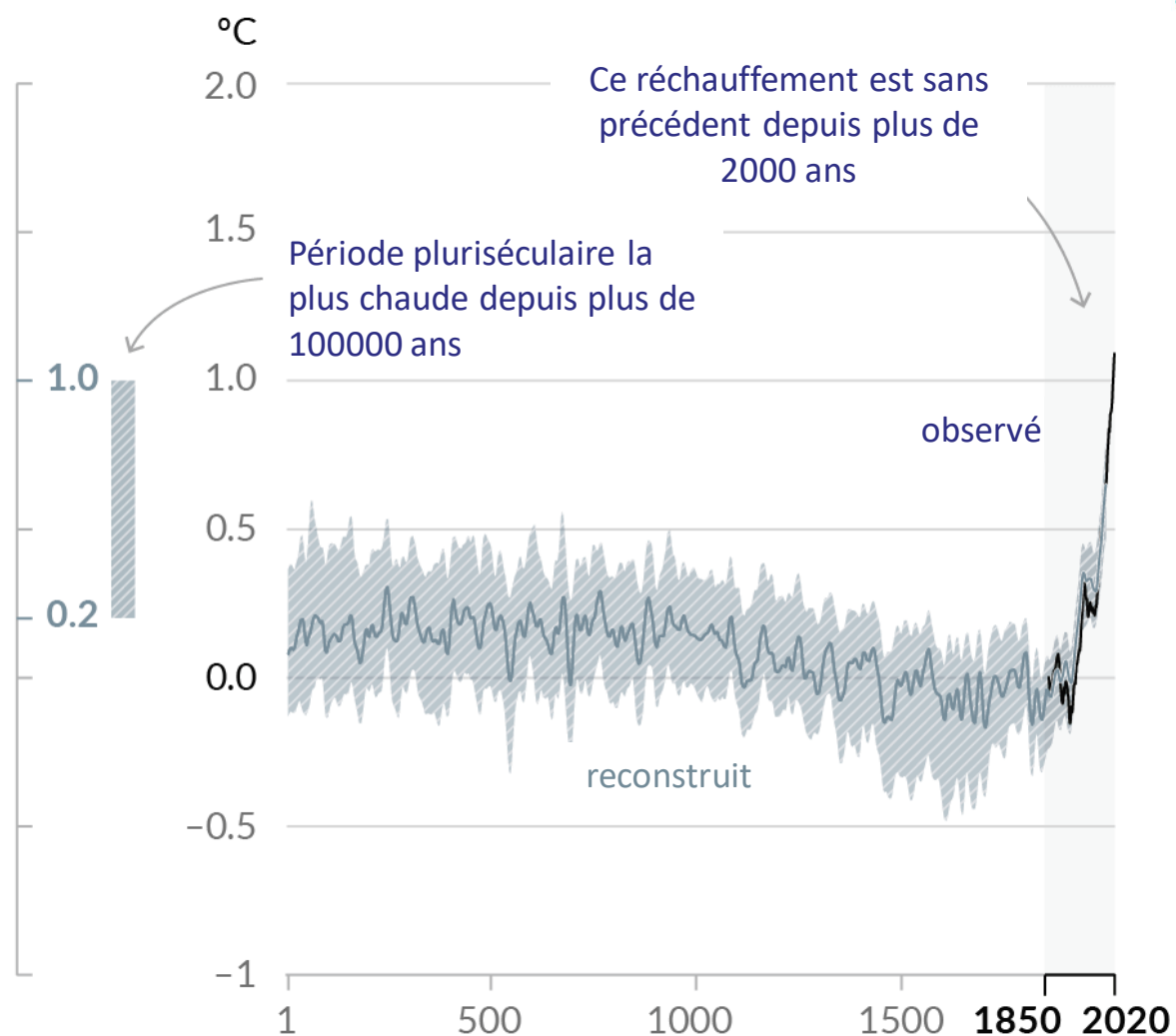
Plan de la présentation



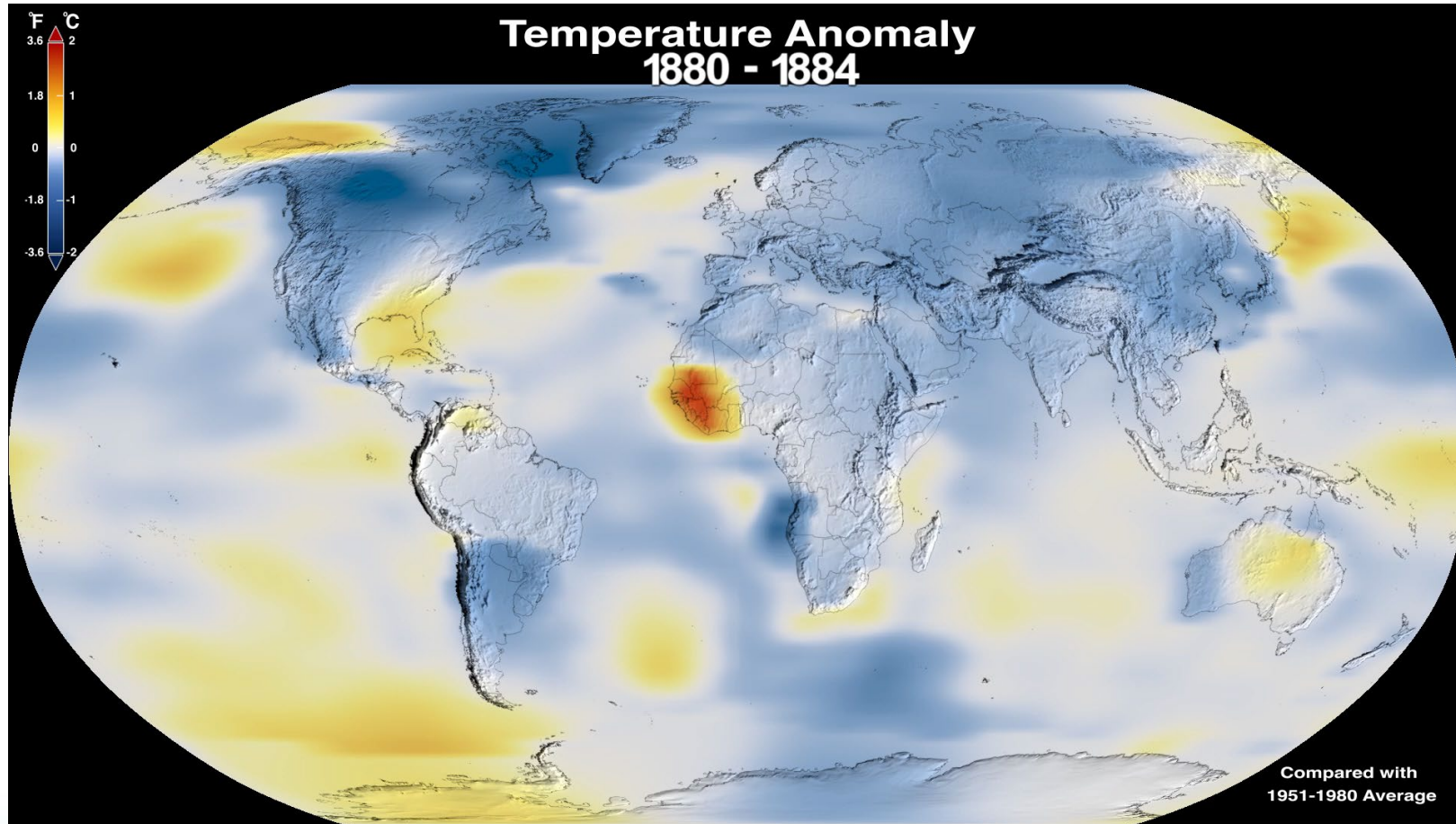
Un réchauffement sans précédent

Changement de température à la surface du globe par rapport à la période 1850-1900, reconstruit (1-2000) et observé (1850-2020)

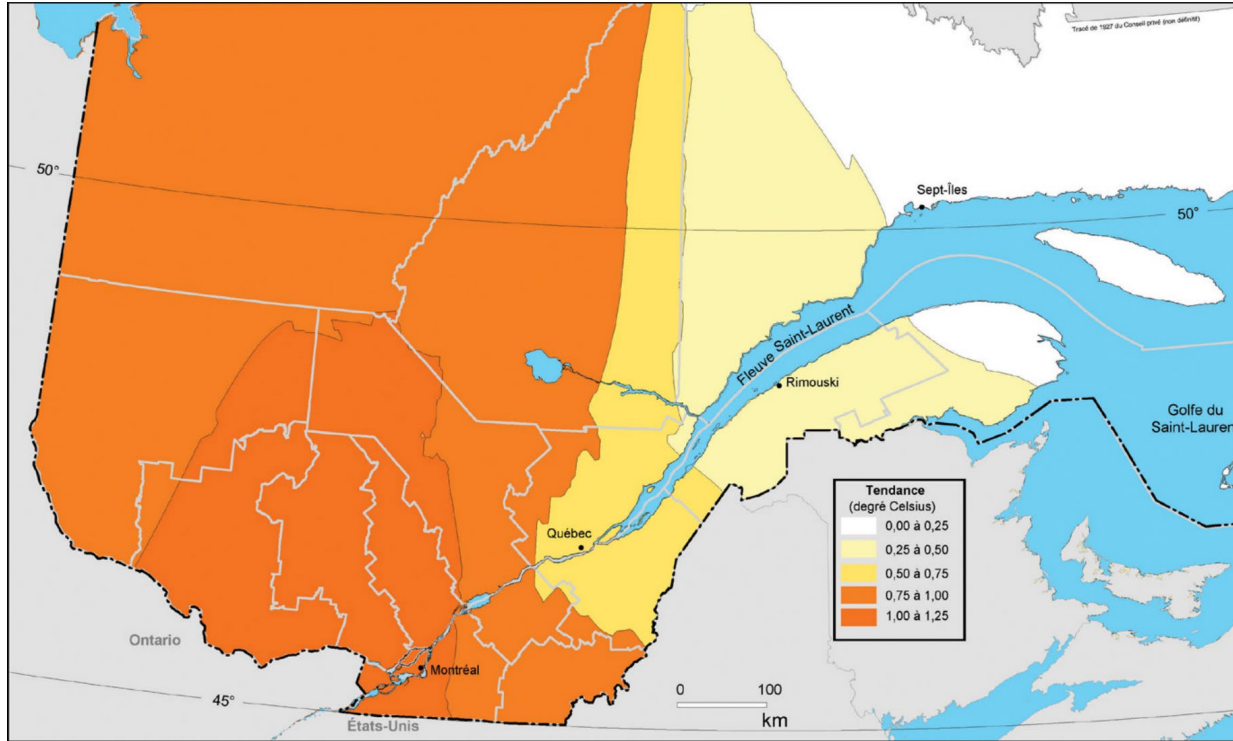
Figure SPM.1 in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi: [10.1017/9781009157896.001](https://doi.org/10.1017/9781009157896.001) .]



Les 9 dernières années ont été les plus chaudes depuis 1880



Déjà, notre climat s'écarte du climat historique... et ca va chauffer encore plus !



Les données climatiques historiques ne suffisent plus

- Le climat change rapidement
- Les conditions passées ne permettent plus d'anticiper le futur, même à court-terme (échelle de quelques décennies)
- Les **projections climatiques** sont nécessaires!

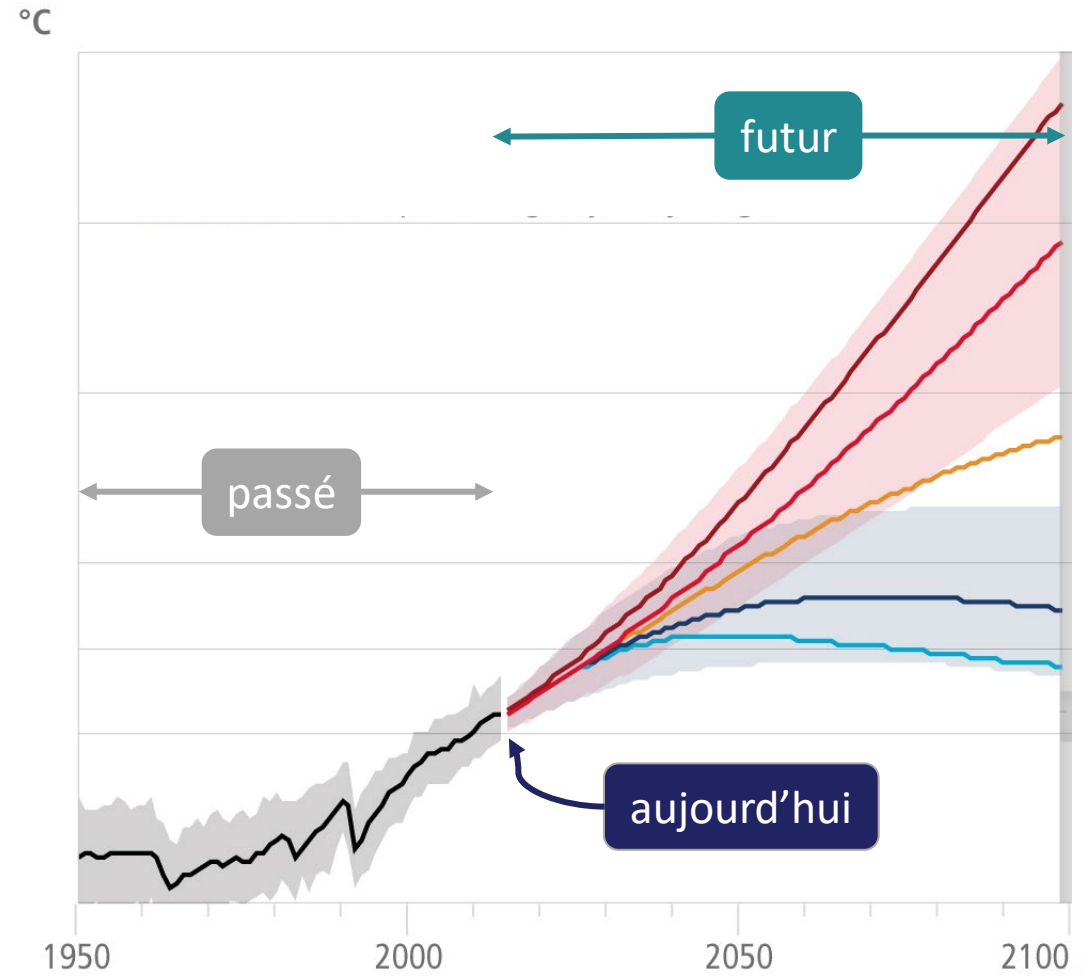
Évolution de la température annuelle moyenne au
Québec méridional entre 1960 et 2003

Utiliser les données futures

Le climat change

On en peut plus se baser seulement sur des données historiques pour planifier le futur

Il est nécessaire de se baser sur des projections pour mieux planifier l'avenir

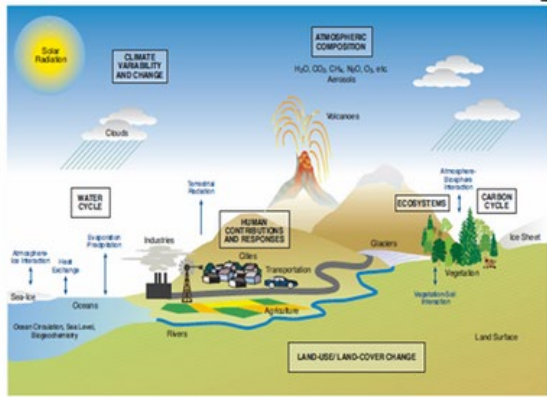
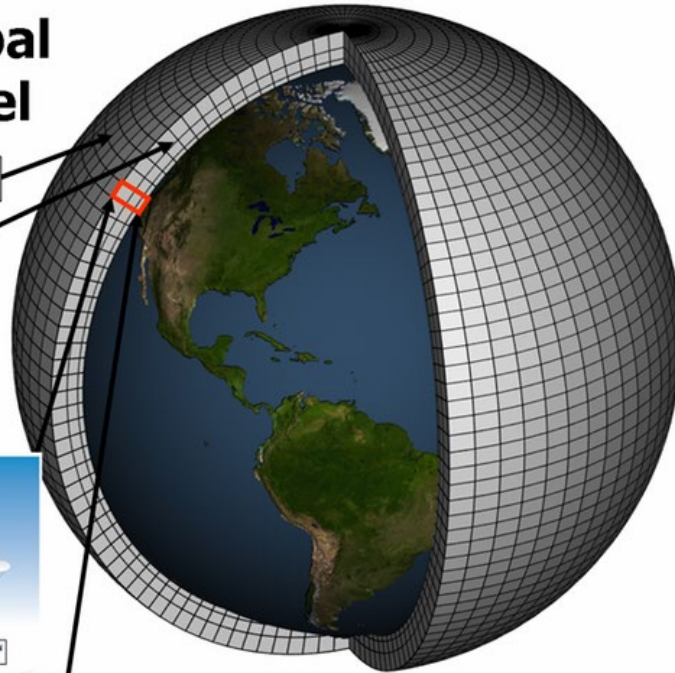


Au commencement étaient...les modèles climatiques

Schematic for Global Atmospheric Model

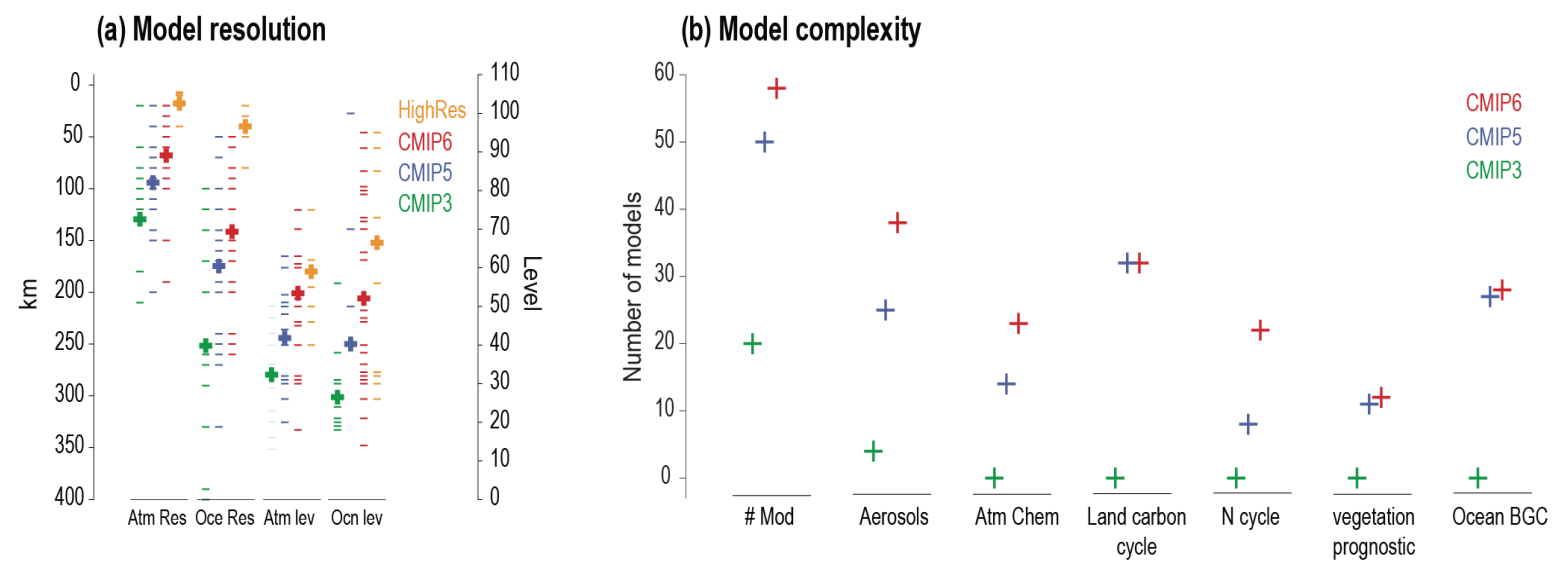
Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

Vertical Grid (Height or Pressure)

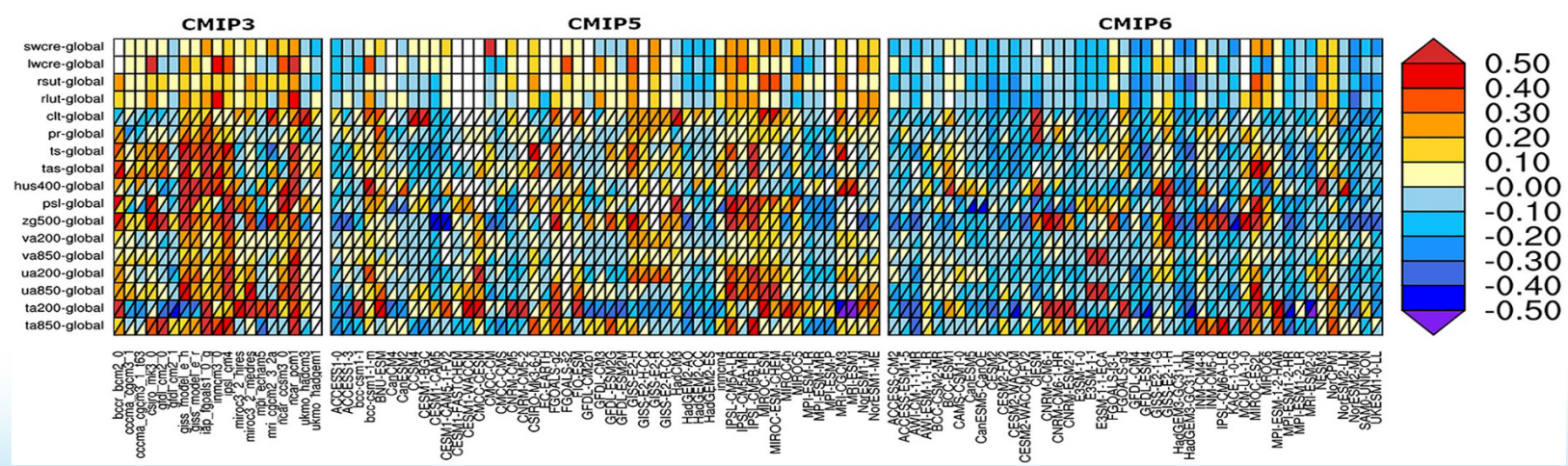


- Aujourd'hui, les modèles climatiques sont une représentation numérique des 4 composantes (atmosphère, océan, cryosphère et biosphère) du système climatique
- Plusieurs centres de modélisation du climat partout dans le Monde (CMIP6: 20 groupes, 40 modèles)
- Tous utilisent les mêmes équations primitives
- Ils ont des paramétrages différents

Au commencement étaient...les modèles climatiques



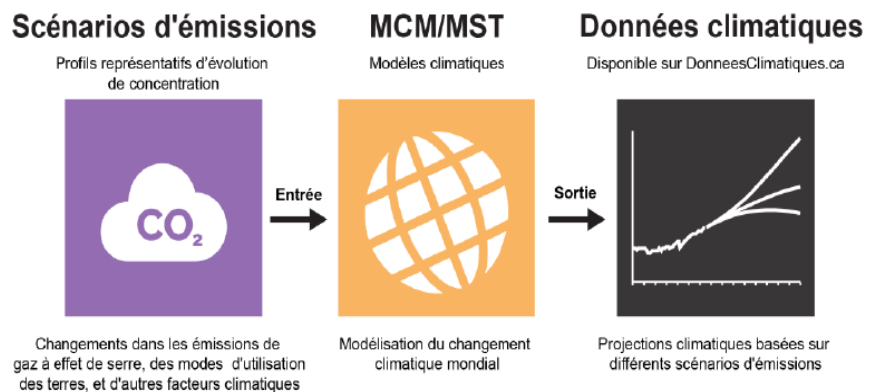
Avec le temps, la résolution spatiale diminue et la complexité des modèles augmente



Encore aujourd'hui, aucun modèle n'est le meilleur pour toutes les variables. Il est recommandé d'utiliser un ensemble de modèles



Projections futures – CMIP5



Séquence d'informations utilisées pour prévoir les niveaux futurs de changements climatiques.

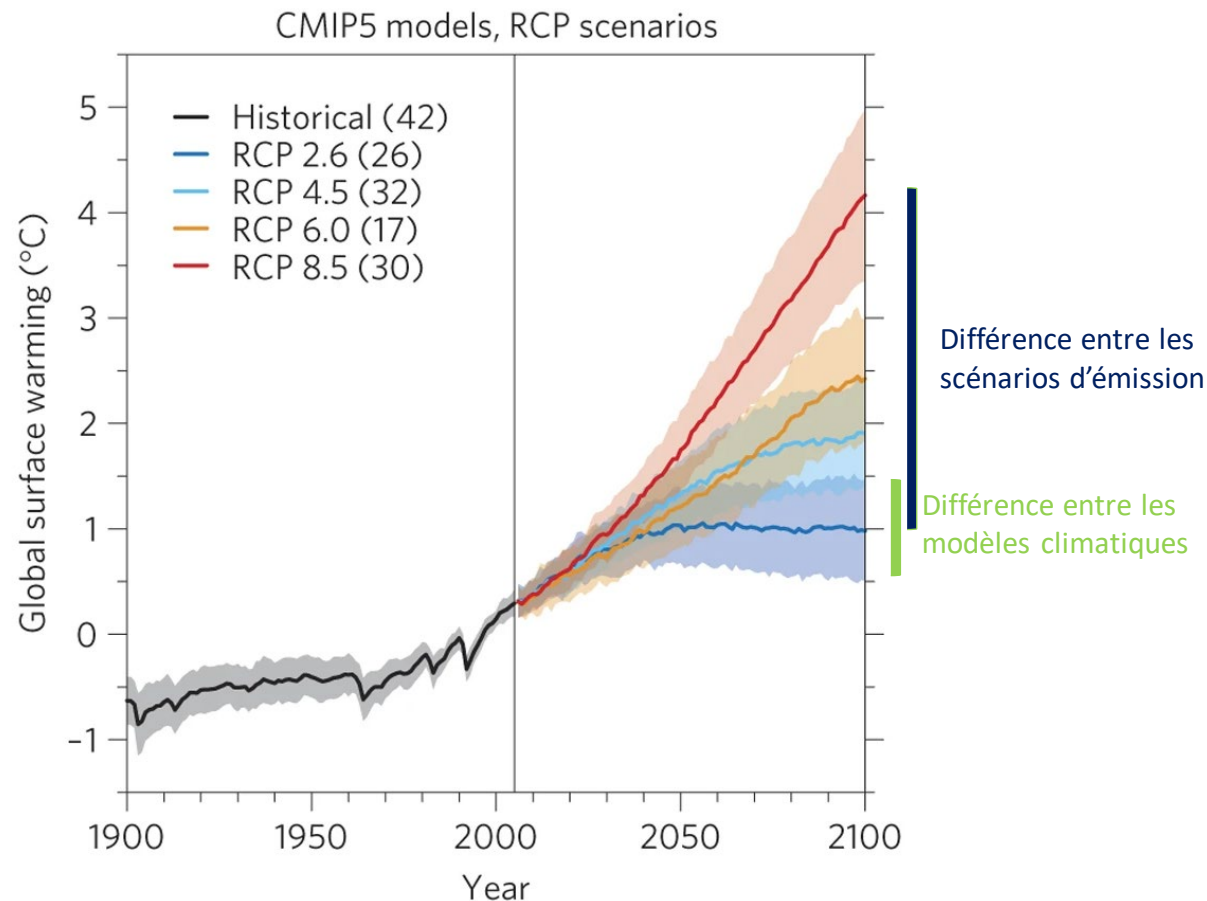
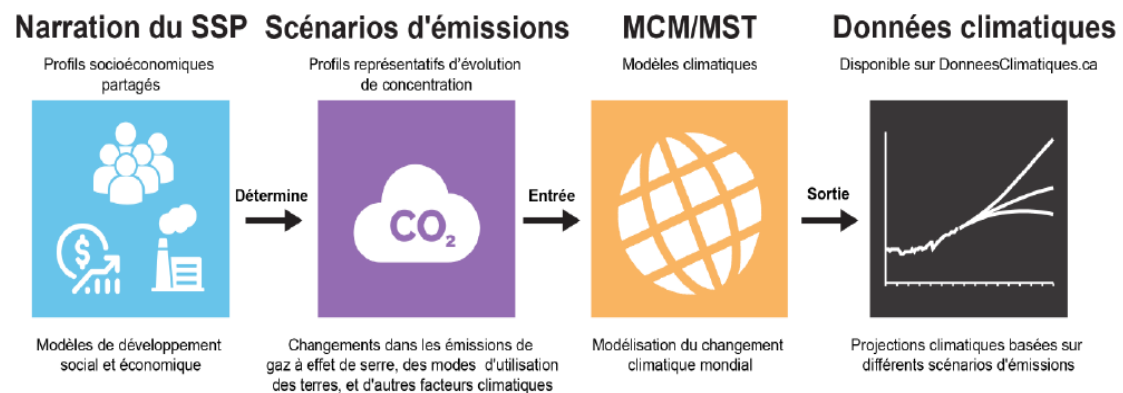


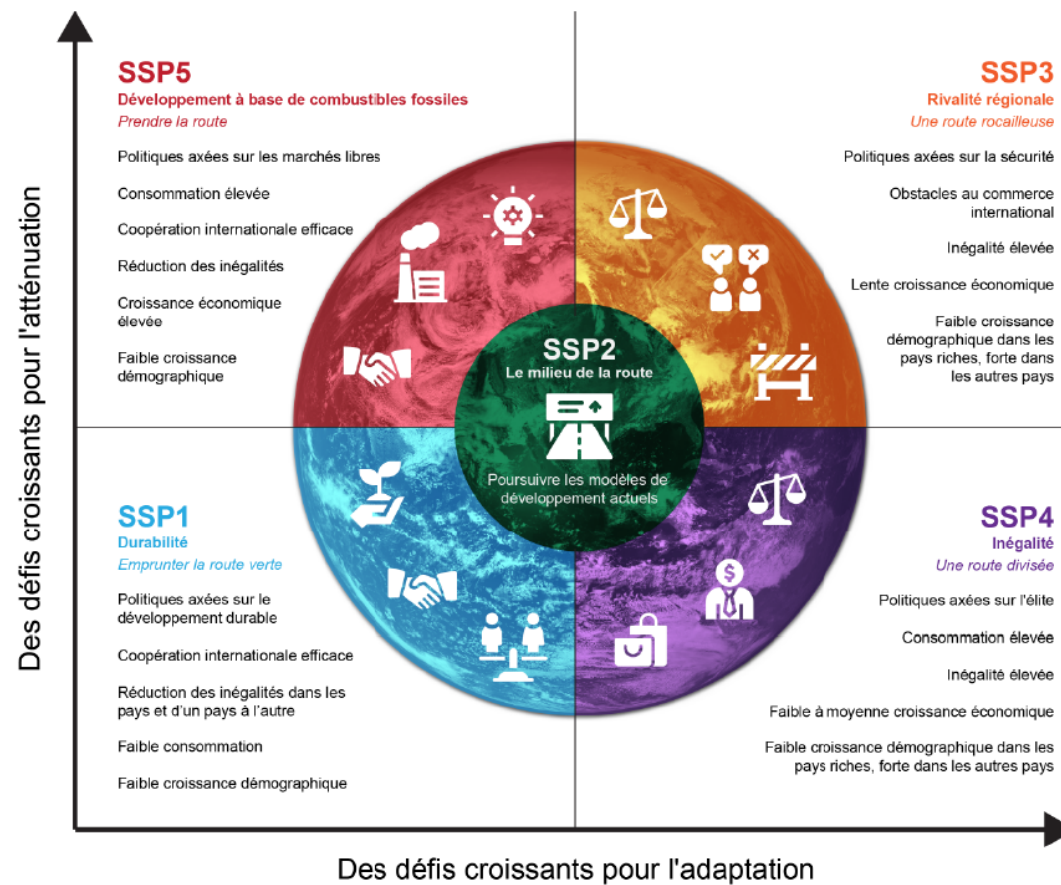
Figure 1 Global temperature change and uncertainty relative to 1986–2005 for the SRES scenarios run by CMIP3 and the RCP scenarios run by CMIP5

Knutti R, Sedláček J. Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. Nat Clim Change. 2013 Apr;3(4):369–73

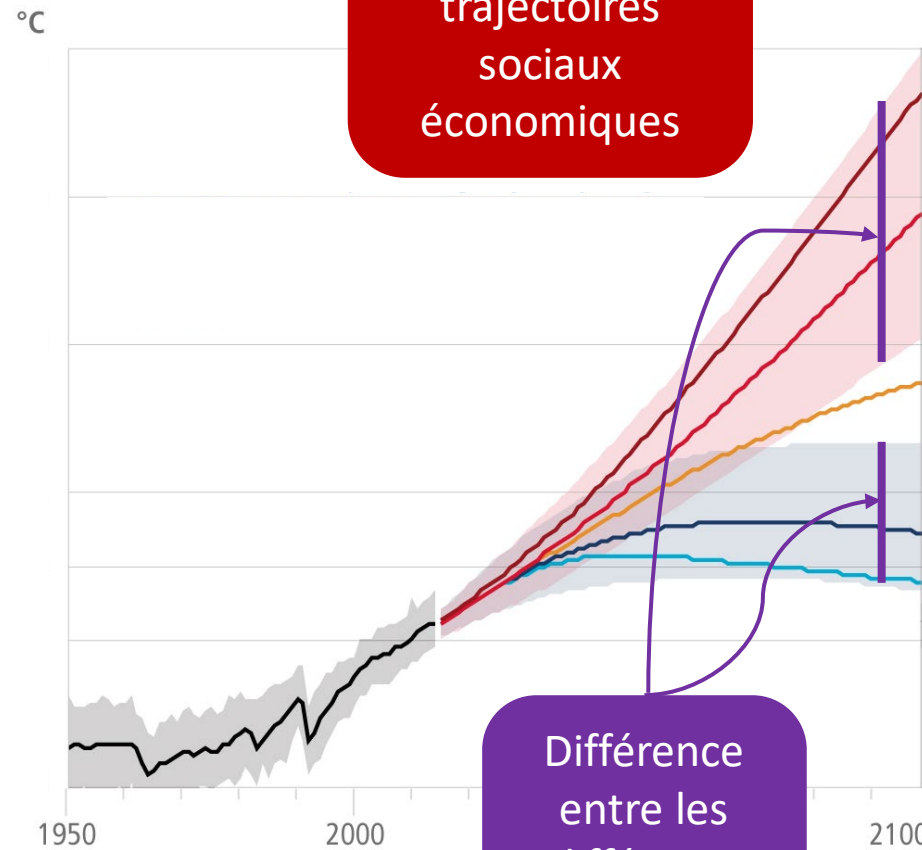
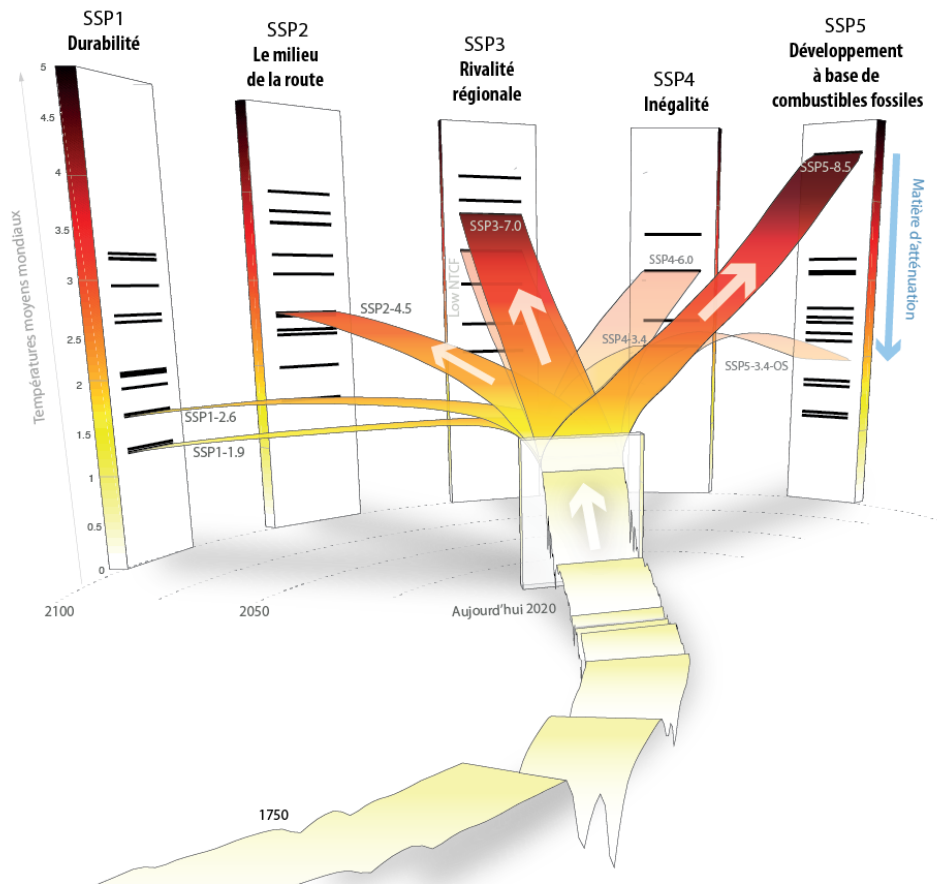
Projections futures – CMIP6



Séquence d'informations utilisées pour prévoir les niveaux futurs de changements climatiques

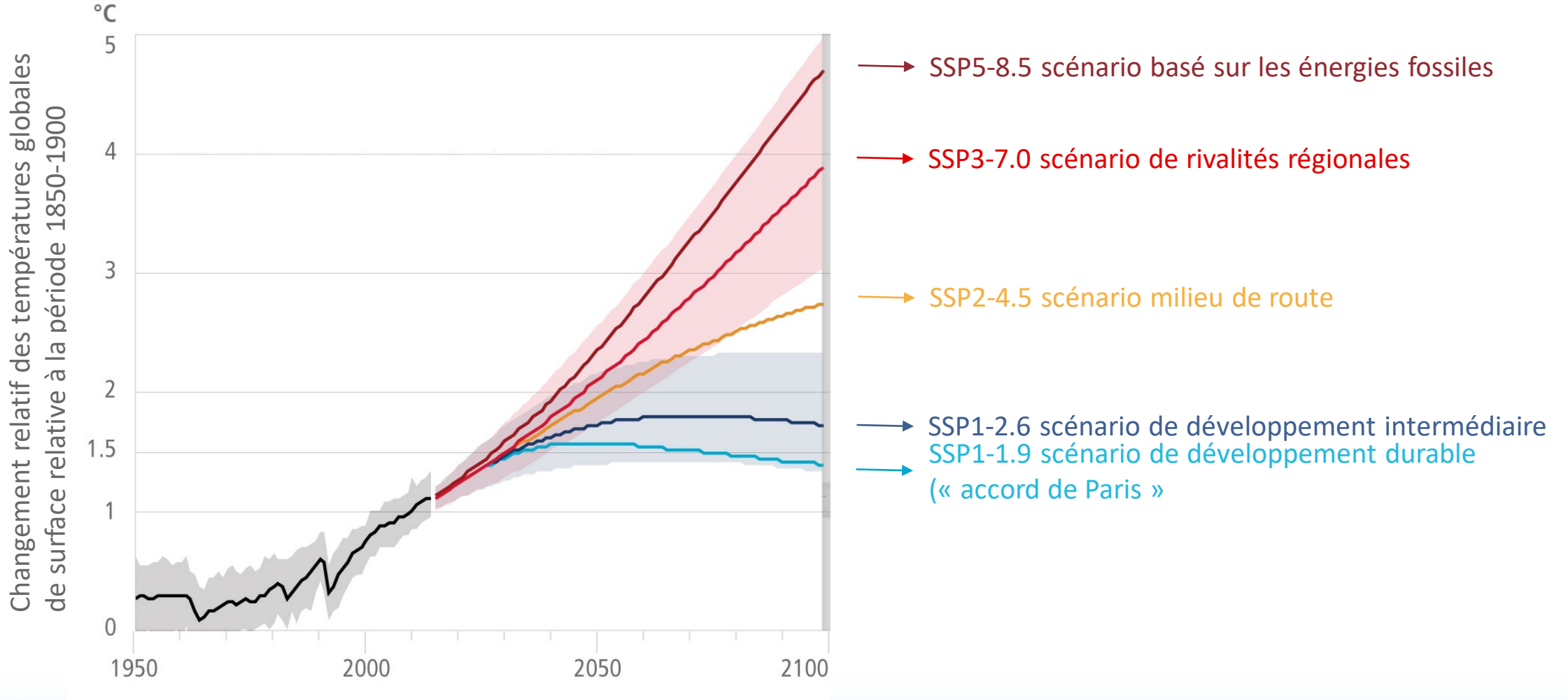


Projections futures – CMIP6





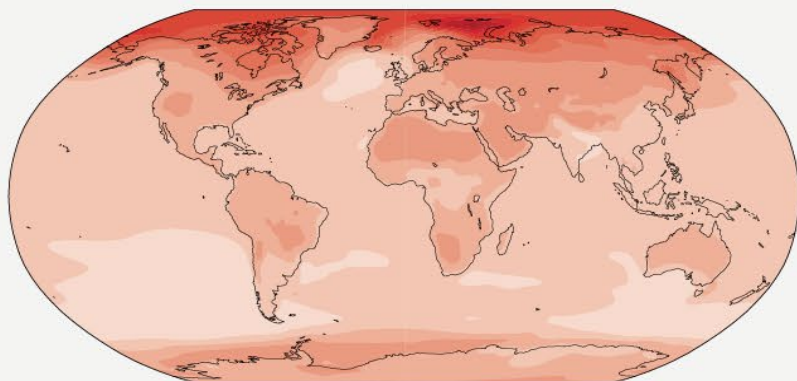
Le climat change. Quel sera le climat futur ?



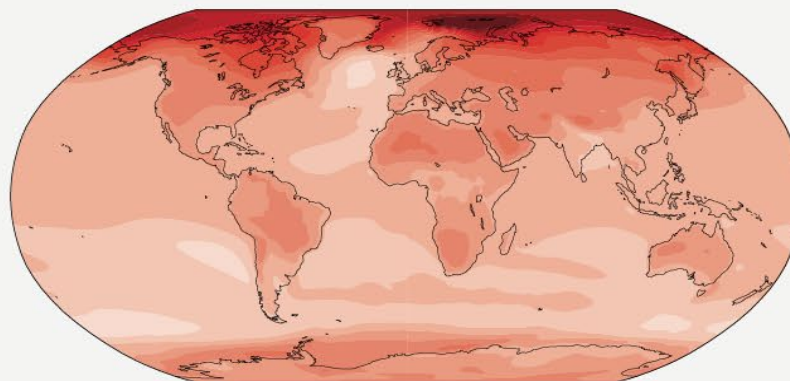
Avec chaque degré de réchauffement, les changements régionaux s'accroissent

Changement de la température moyenne annuelle (°C) par rapport à 1850-1900

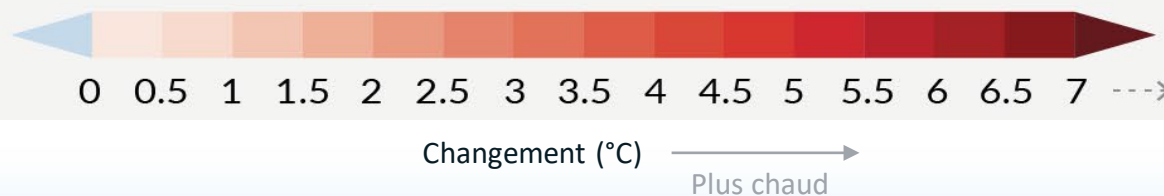
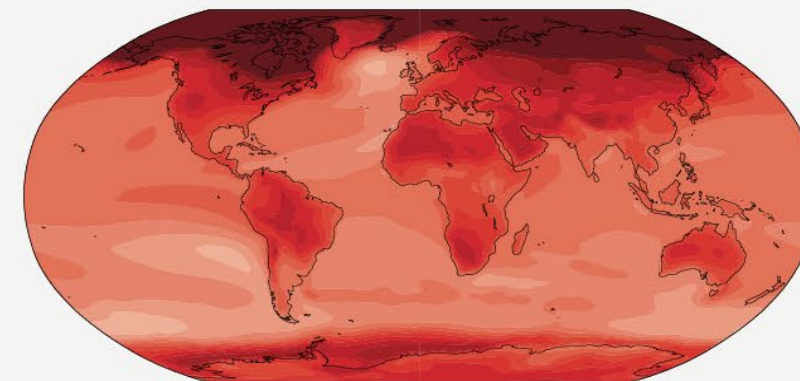
Changement simulé pour **1,5°C** de réchauffement planétaire



Changement simulé pour **2°C** de réchauffement planétaire

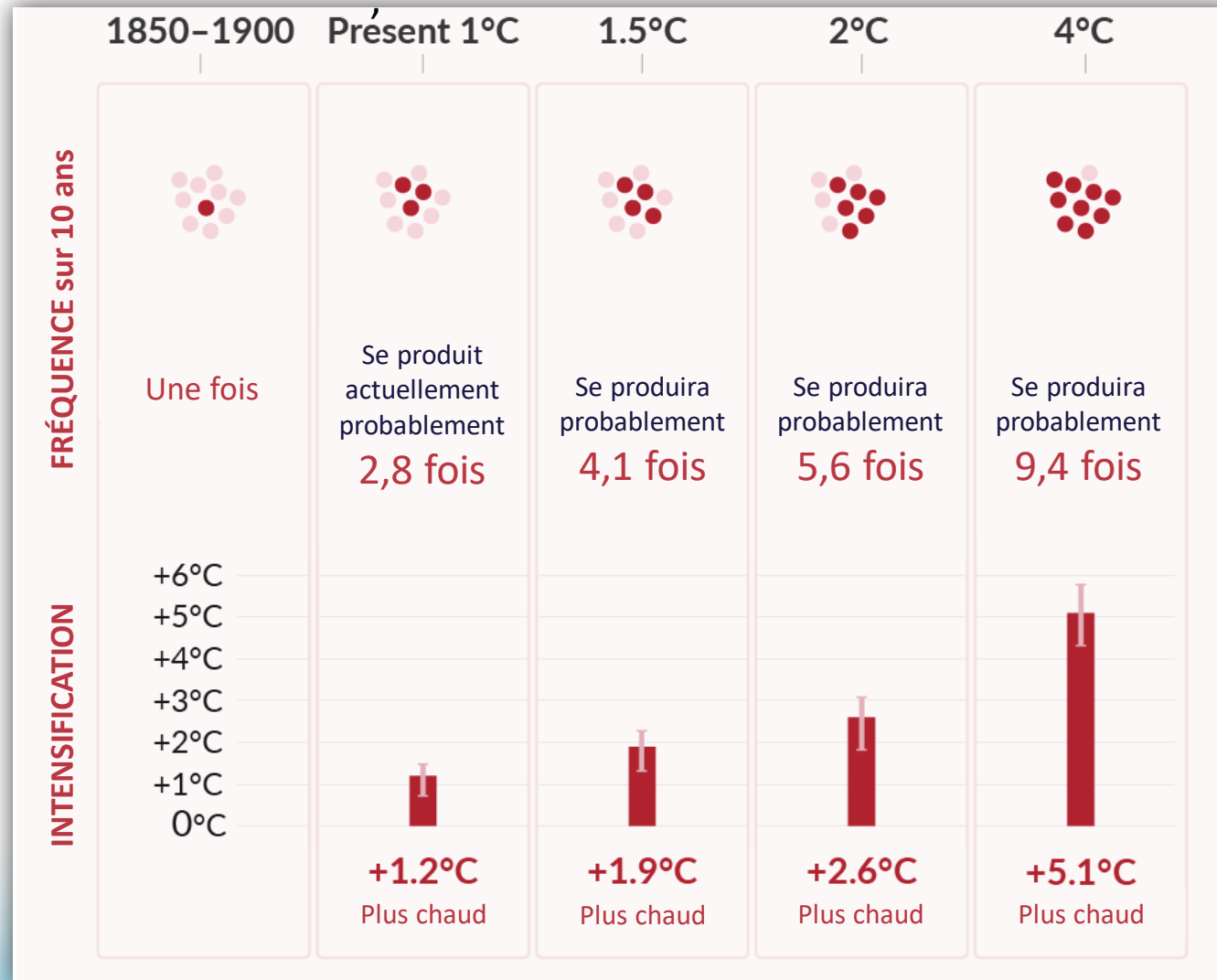


Changement simulé pour **4°C** de réchauffement planétaire



Avec chaque degré de réchauffement, l'exception devient de moins en moins...exceptionnelle!

GIEC, 2021 : Résumé à l'intention des décideurs. In: Changement climatique 2021: les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [publié sous la direction de Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, et B. Zhou]. Cambridge University Press.



Plusieurs centaines de simulations climatiques – lesquelles choisir?

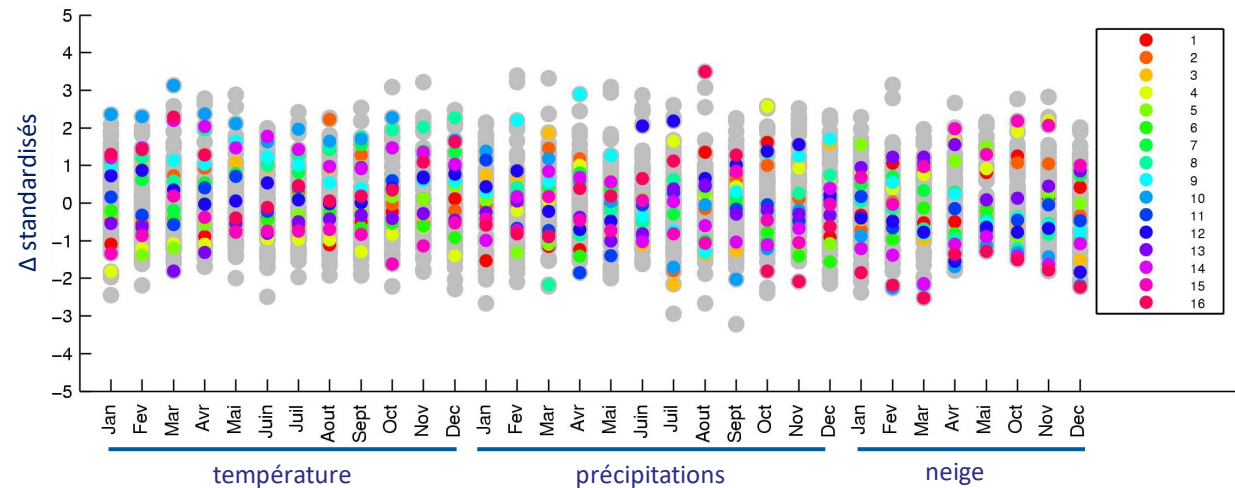
- On sélectionne des un sous-ensemble de simulations de manière à couvrir la variabilité de l'ensemble des simulations

RESEARCH ARTICLE

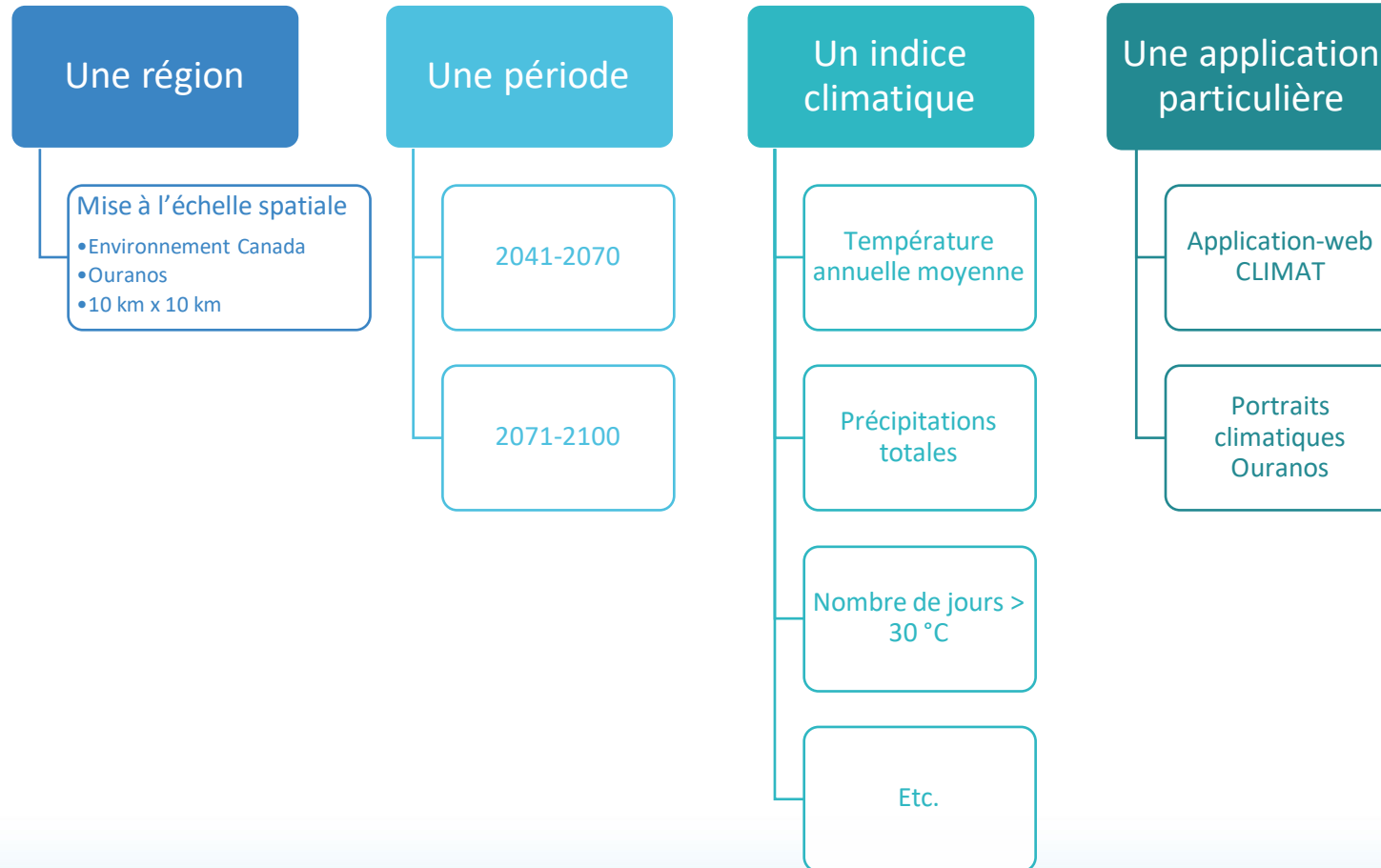
An Objective Approach to Select Climate Scenarios when Projecting Species Distribution under Climate Change

Nicolas Casajus^{1*}, Catherine Périé², Travis Logan³, Marie-Claude Lambert², Sylvie de Blois⁴, Dominique Berteaux^{1*}

16 simulations couvrent > 90% de la variance de 70 simulations



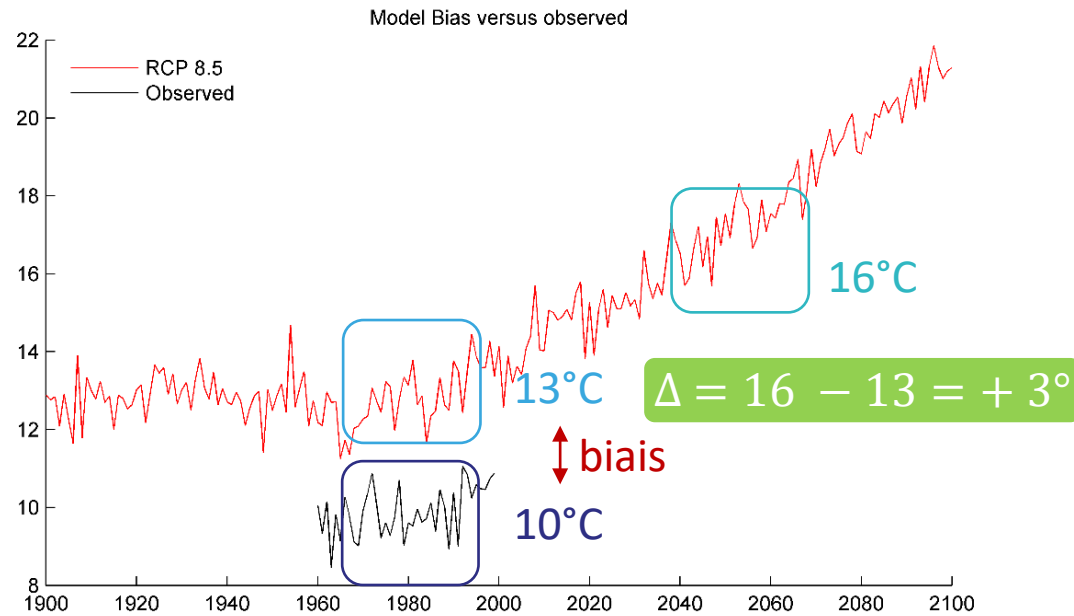
Les scénarios climatiques: une personnalisation des simulations climatiques



2 méthodes pour calculer le changement climatique

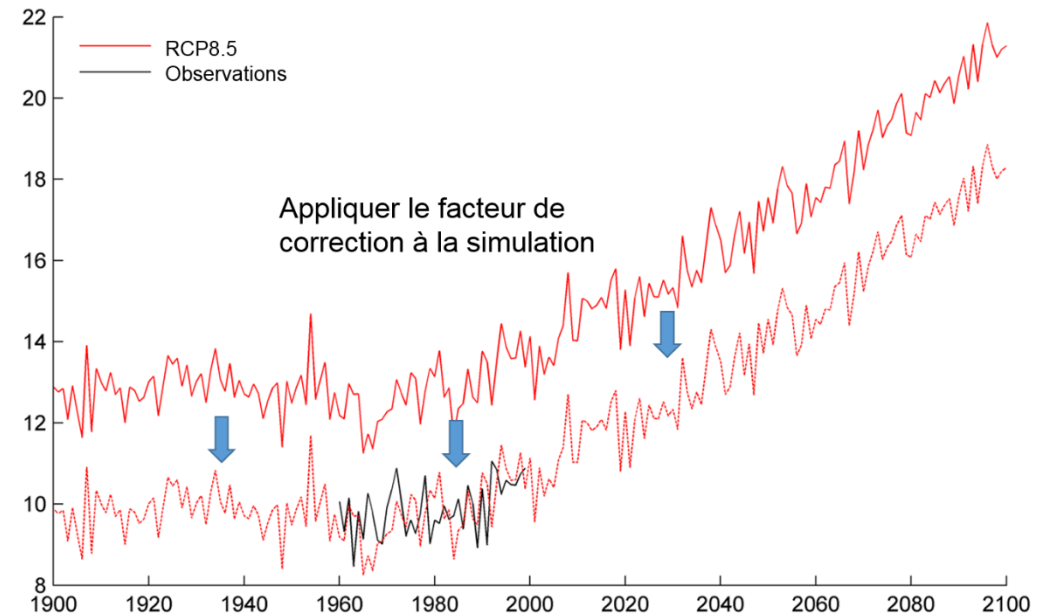
Méthode dite « delta »

Le changement est calculé entre le futur simulé et le passé simulé



Méthode dite « correction de biais »

La série temporelle au complet de chaque simulation est corrigée





Attention à la période de référence

- Normales climatiques calculées selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de Météorologie
- Les périodes sont renouvelées au début de chaque décennie
- OMM
 - 1961-1990
 - 1971-2000
 - 1981-2010
 - 1991-2020
- GIECC
 - CMIP3: 1961-1990
 - CMIP5: 1986-2005
 - CMIP6: 1850-1900



Quelques messages clé

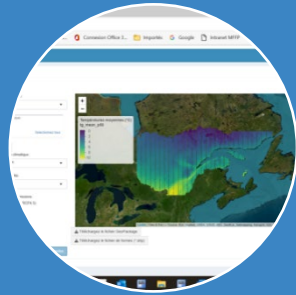
- Le climat change et le climat futur sera différent des climats récents
- Plusieurs dizaines de simulations climatiques, aucune n'est meilleure que les autres → il faut travailler avec des **ensembles** de simulations
- 3 grandes sources de variabilité : variabilité naturelle, modèles climatiques, scénarios d'émission des GES
- Le changement climatique est calculé à partir de valeurs simulées: attention à la façon de le calculer et à la période de référence
- Un outil de visualisation des changements à venir : l'application web Climat



L'application-web Climat

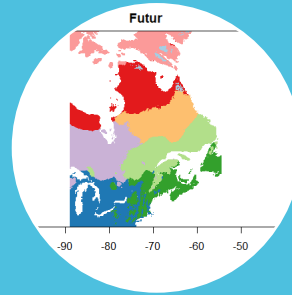
- Développée en partenariat avec OURANOS
- Accessible à tous les employés du MRNF
- CLIMAT permet de visualiser l'ampleur des changements à venir pour le territoire forestier québécois. Les résultats, sous forme de cartes, de graphiques ou de tableaux se déclinent en fonction de différentes échelles spatiales (p. ex. les multiples niveaux du système de classification écologique du territoire, des régions forestières, des unités d'aménagement, etc.).

Une plateforme interactive et collaborative, en perpétuel développement



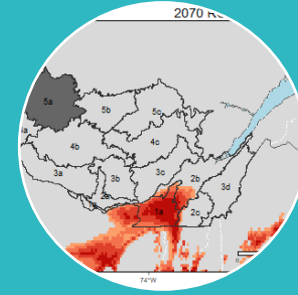
Portraits
climatiques

Maintenance et mises à jour



Classification
climatique

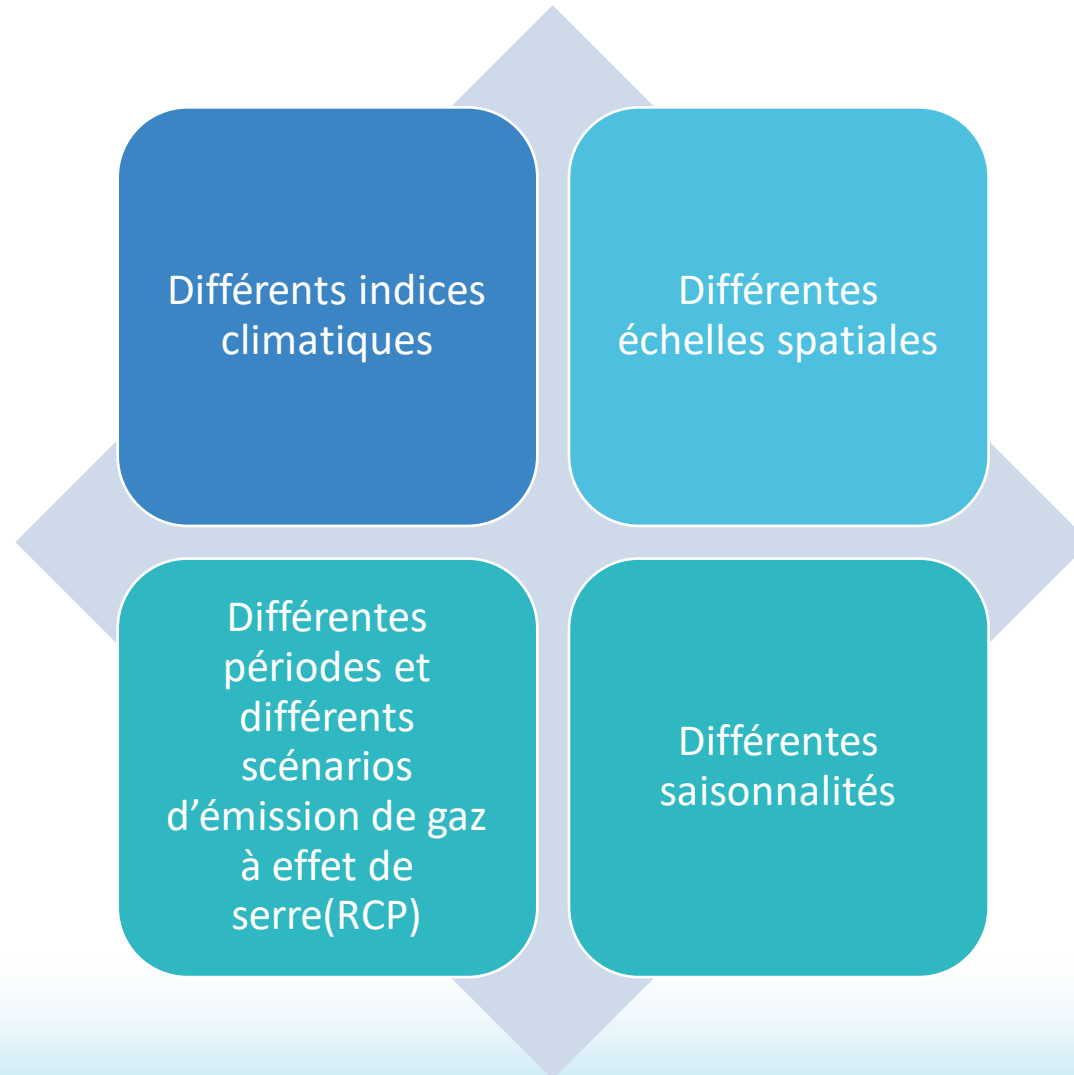
En développement



Analogues
climatiques



Portraits climatiques





Plan de la présentation



Indice
climatique
(unité)

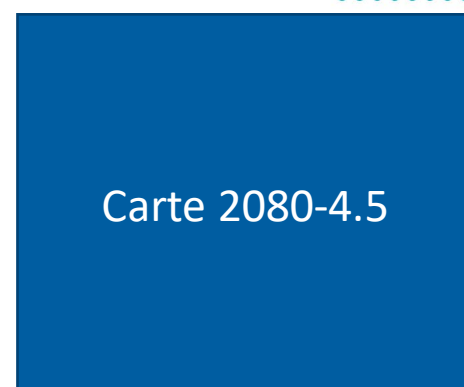
l
é
g
e
n
d
e



1990



2050



2080



r
c
p
4
.5

r
c
p
8
.5

Ces cartes présentent les valeurs médianes calculées à partir d'un ensemble de 11 [simulations climatiques globales](#) pour la période de référence (1990; 1981-2010) et projetées (panneaux centraux et droits) pour l'horizon 2050 (2041-2070) et 2080 (2071-2100) selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, le scénario *modéré* (RCP 4.5) et le scénario *élevé* (RCP 8.5).

Le tableau présente les changements projetés selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, le scénario *modéré* (RCP 4.5) et le scénario *élevé* (RCP 8.5). Les valeurs représentent des moyennes calculées à partir d'un ensemble de [simulations climatiques globales](#) pour la période de référence 1981-2010 et les périodes futures 2041-2070 (l'horizon 2050) et 2071-2100 (l'horizon 2080). L'intervalle dans le tableau indique les 10^e et 90^e percentiles des 11 simulations climatiques forcées avec chacun des RCPs.

OBS	RCP 4.5			RCP 8.5		
1990	1990	a2050	a2080	1990	a2050	a2080

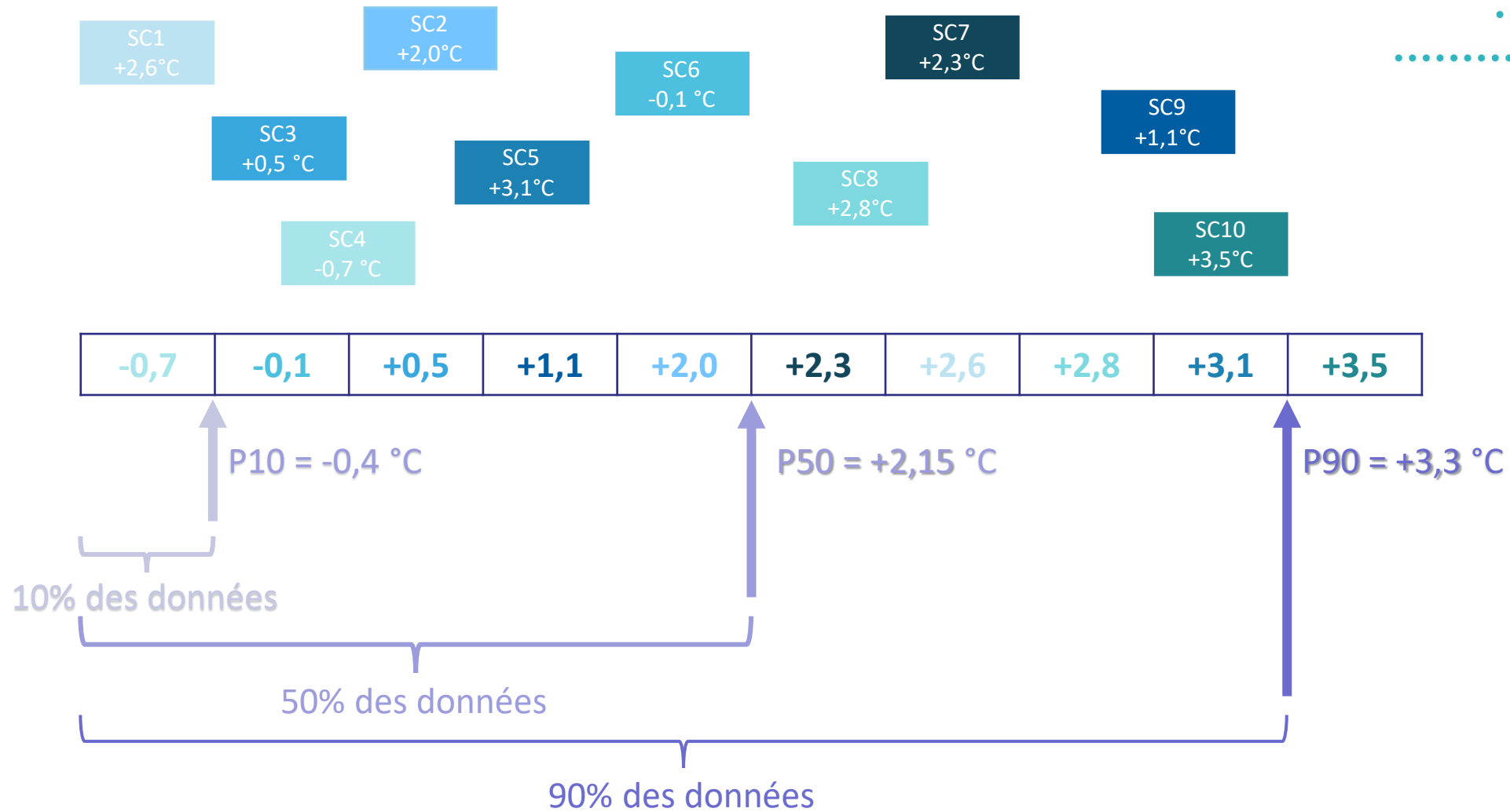


Le tableau présente les changements projetés selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, le scénario *modéré* (RCP 4.5) et le scénario *élevé* (RCP 8.5). Les valeurs représentent des moyennes calculées à partir d'un ensemble de [simulations climatiques globales](#) pour la période de référence 1981-2010 et les périodes futures 2041-2070 (l'horizon 2050) et 2071-2100 (l'horizon 2080). L'intervalle dans le tableau indique les 10^e et 90^e percentiles des 11 simulations climatiques forcées avec chacun des RCPs.



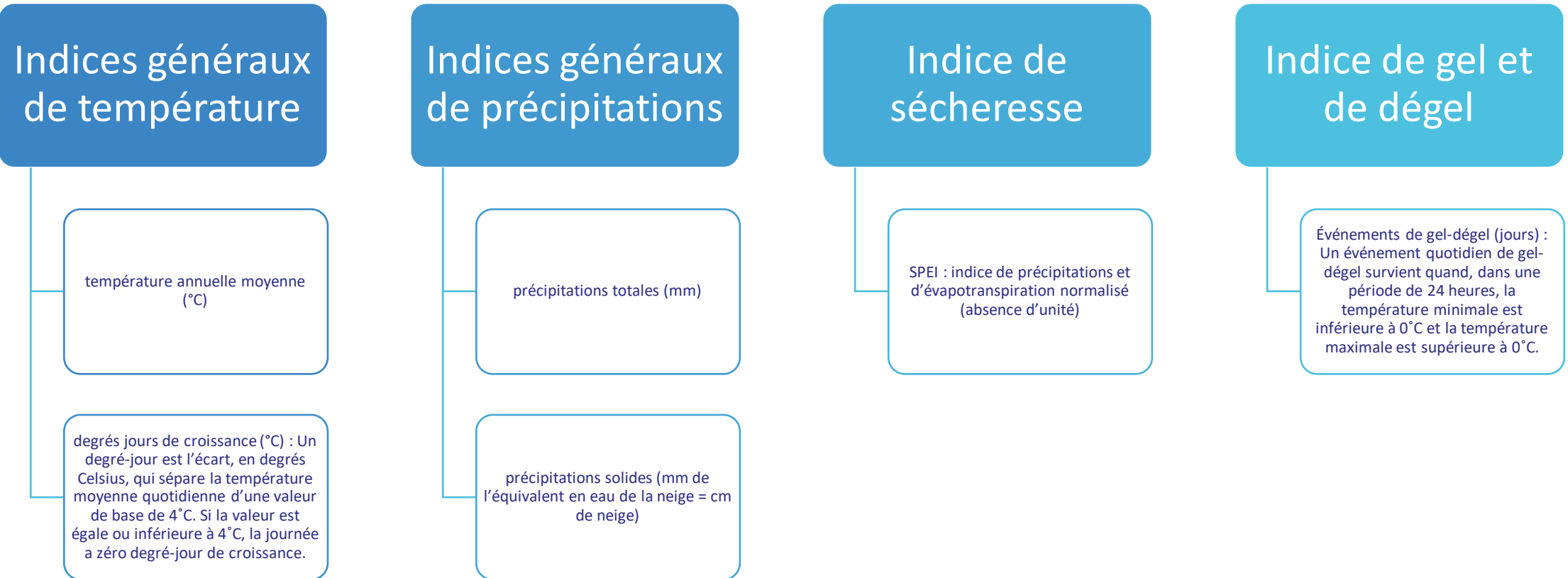
10^e percentile, médiane et 90^e percentile...

Qu'est-ce que c'est ?

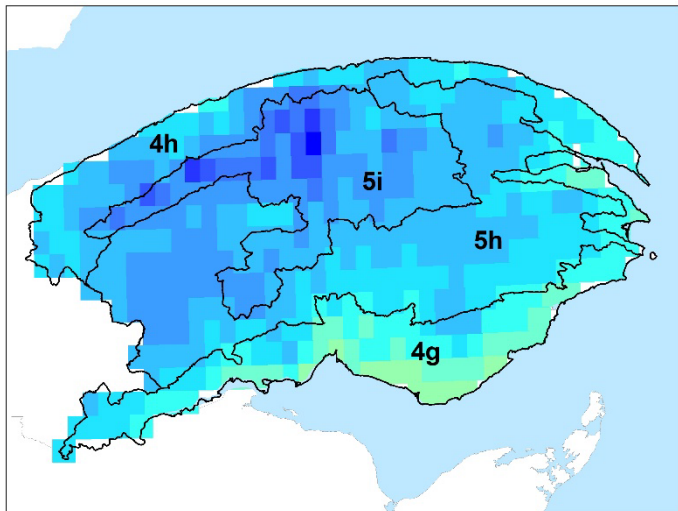
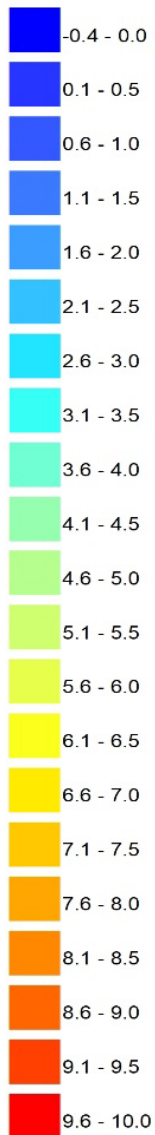


Ainsi, les 10^e et 90^e percentiles représentent la sensibilité des différents modèles climatiques aux émissions de gaz à effet de serre utilisées comme forçage ainsi qu'à la variabilité naturelle du climat.

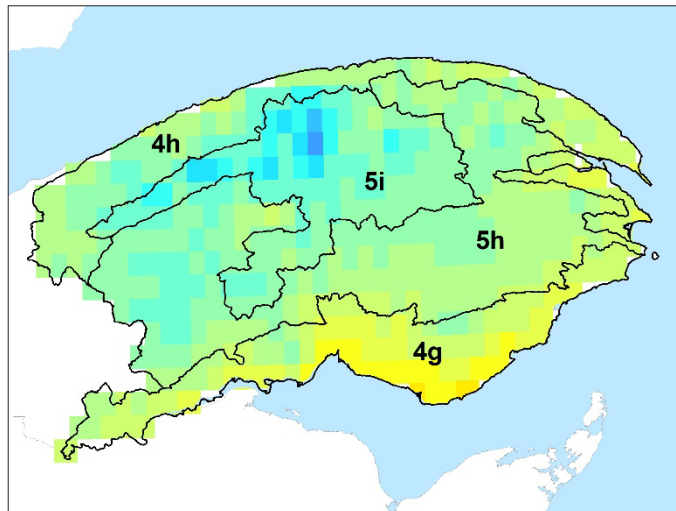
Les indices climatiques présentés



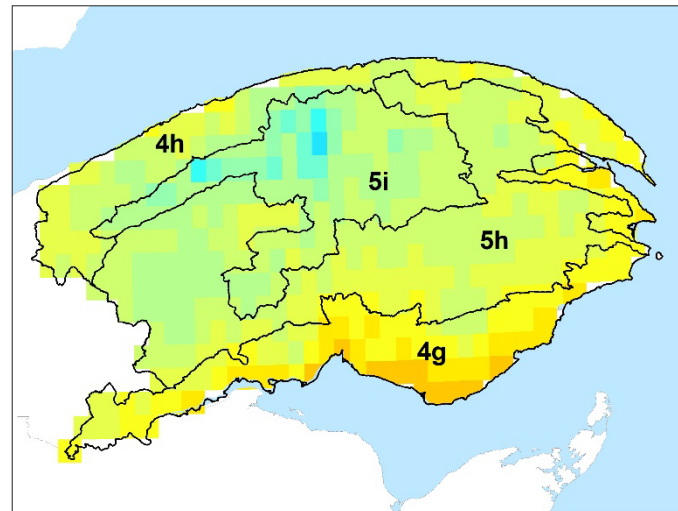
température
annuelle
moyenne
(°C)



1990

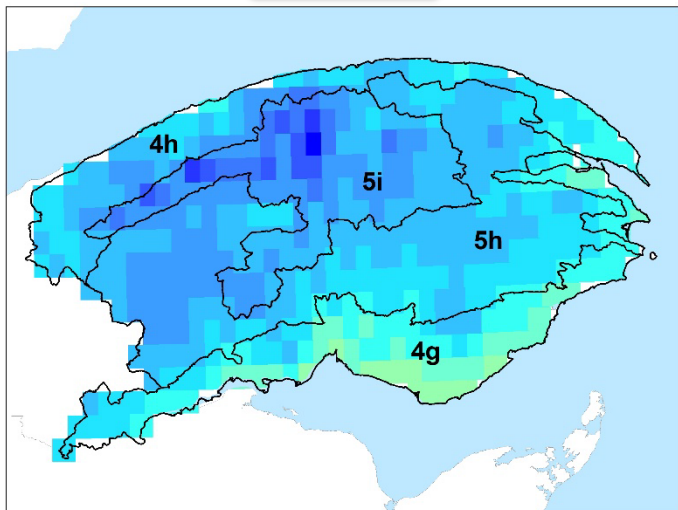


2050

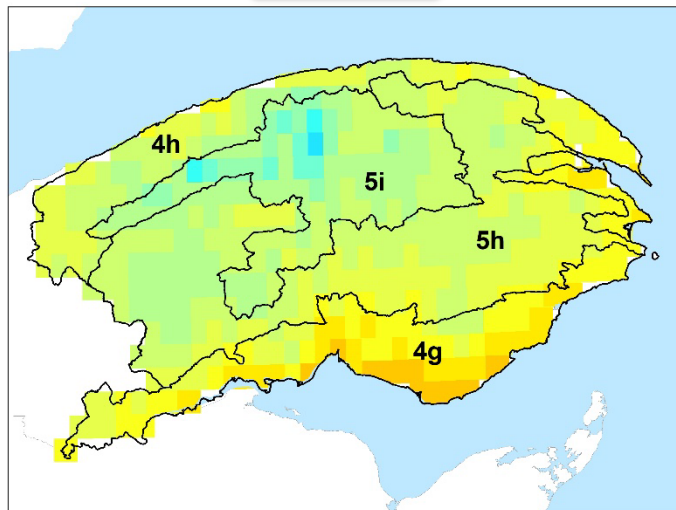


2080

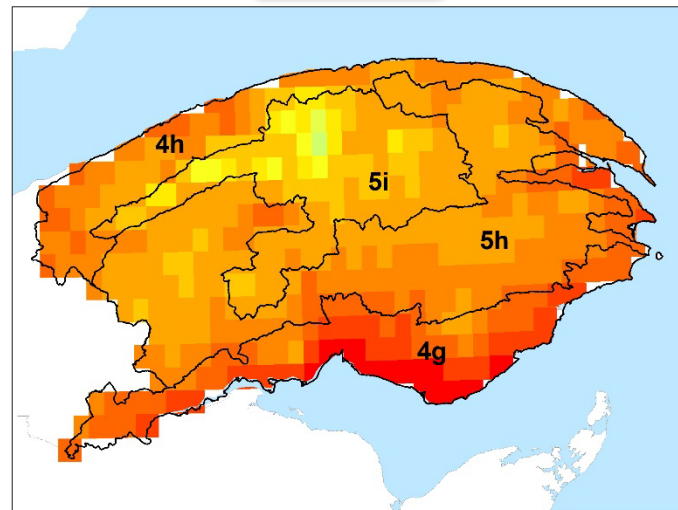
rcp 4.5



OBS
1990
2,5



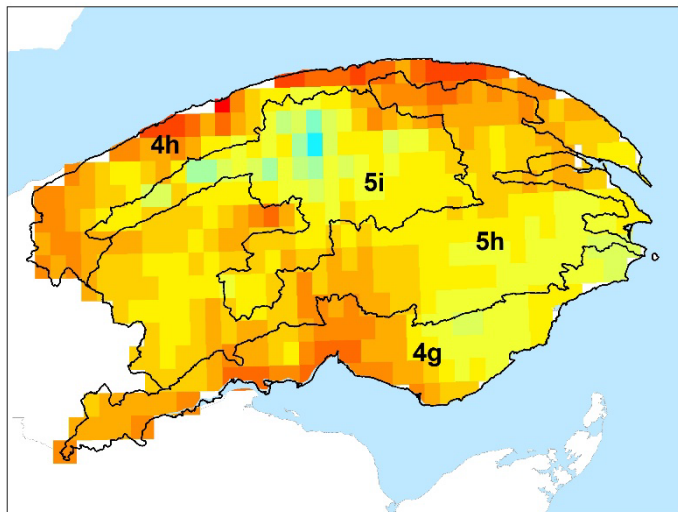
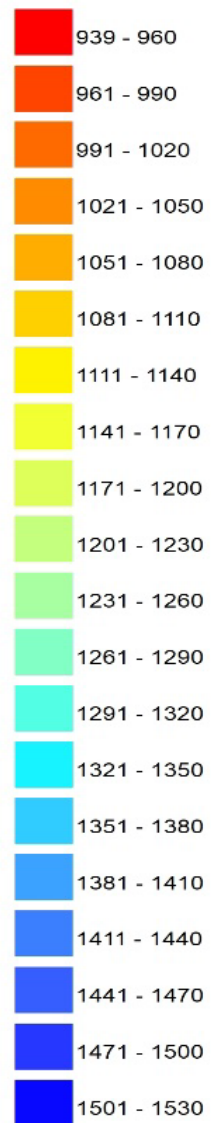
RCP 4.5		
1990	a2050	a2080
2,5	+2,1 (-1,4 à +3,2)	+3,0 (-1,6 à +3,9)



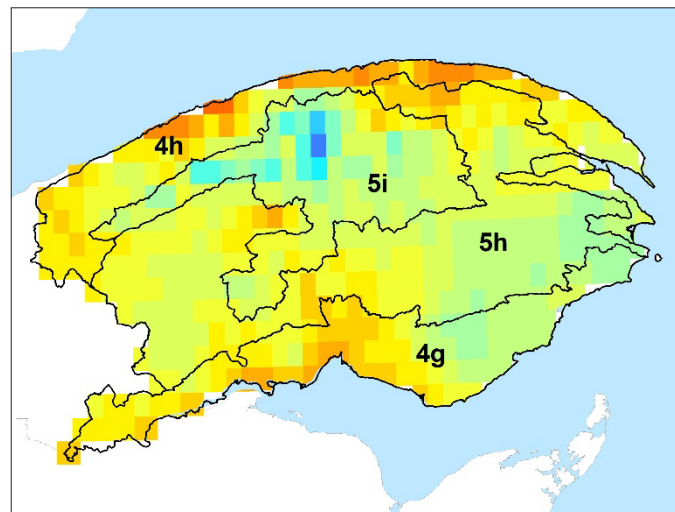
RCP 8.5		
1990	a2050	a2080
2,5	+3,0 (+2,4 à +3,9)	+5,6 (+3,6 à +6,8)

rcp 8.5

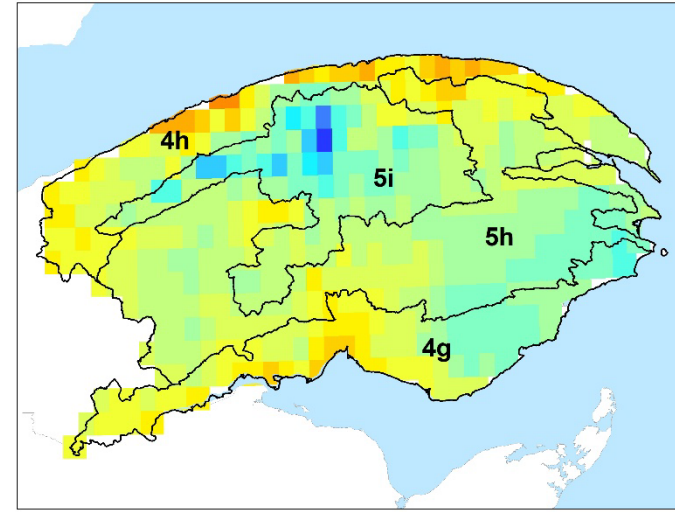
précipitations
annuelles
(mm)



1990

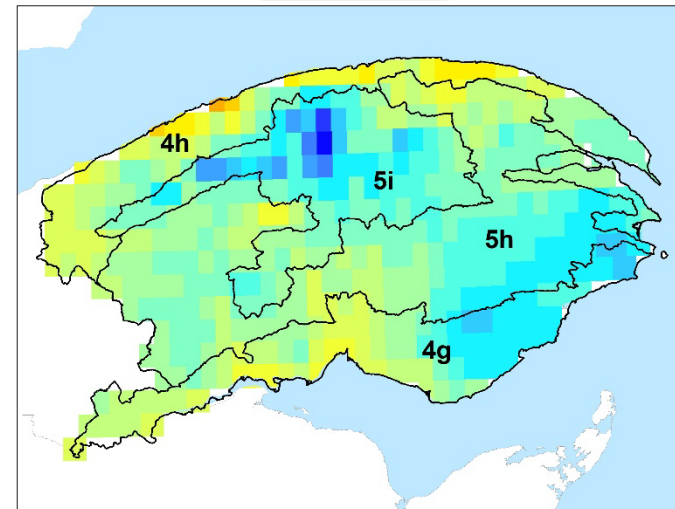
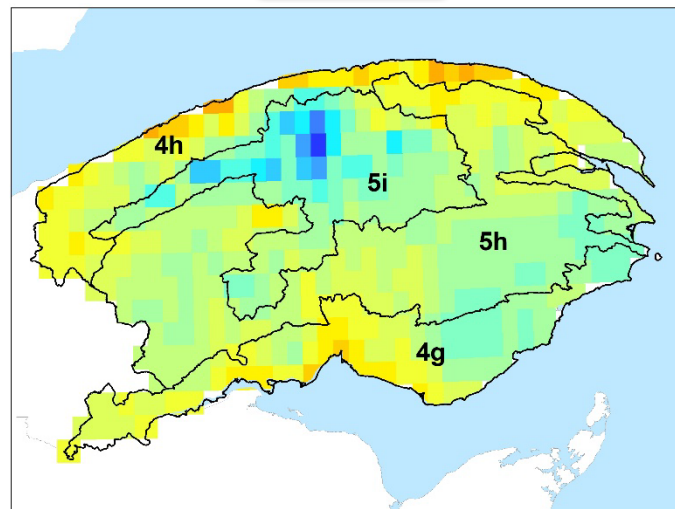
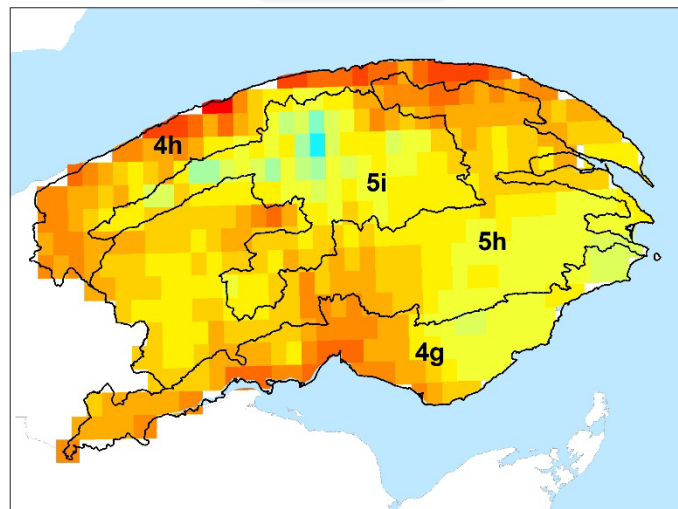


2050



2080

rCP 4.5



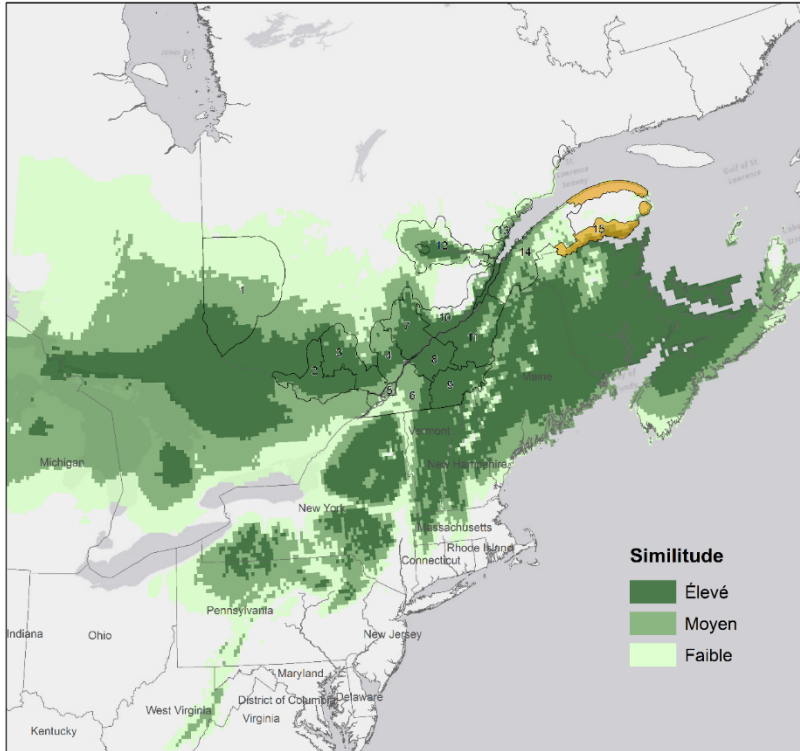
rCP 8.5

OBS	RCP 4.5			RCP 8.5		
1990	1990	a2050	a2080	1990	a2050	a2080
1075	1099	+6 (+3 à +11)	+10 (+7 à +11)	1101	+10 (+7 à +12)	+14 (+10 à +17)



Analogues spatiaux

Analogues spatiaux 2041-2070 (avril à octobre)



- | | | |
|--------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 1. Abitibi-Témiscamingue | 6. Montérégie | 11. Chaudière-Appalaches |
| 2. Outaouais | 7. Mauricie | 12. Saguenay - Lac-Saint-Jean |
| 3. Laurentides | 8. Centre-du-Québec | 13. Côte-Nord |
| 4. Lanaudière | 9. Estrie | 14. Bas-Saint-Laurent |
| 5. Montréal/Laval | 10. Capitale-Nationale | 15. Gaspésie |



Logan, T. 2017

Analogues climatiques (température mensuelle moyenne et précipitations totales mensuelles) pour la région agricole de la Gaspésie selon les RCPs 4.5 et 8.5 combinés, Horizon 2050 (2041-2070).

Variabilité saisonnière

Température annuelle moyenne

(1990 en °C et anomalies également; valeurs médianes; période de référence 1981-2010)

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	1990	a2050	a2080	1990	a2050	a2080
An	2,5	+2,1	+3,0	2,5	+3,0	+5,6
MAM	0,9	+1,7	+2,4	1,0	+2,6	+4,8
JJA	15,2	+2,2	+2,8	5,3	+2,7	+5,3
SON	4,3	+2,3	+2,6	4,4	+2,9	+5,1
DJF	-10,8	+2,5	+3,6	-10,8	+3,7	+6,6

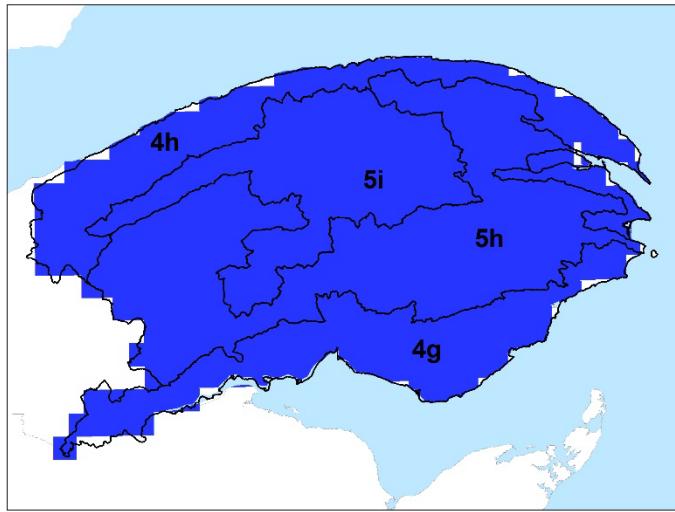
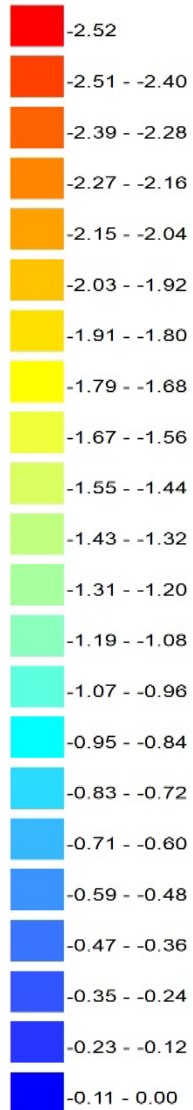
Précipitations totales annuelles

(1990 en mm et anomalies en %; valeurs médianes; période de référence 1981-2010)

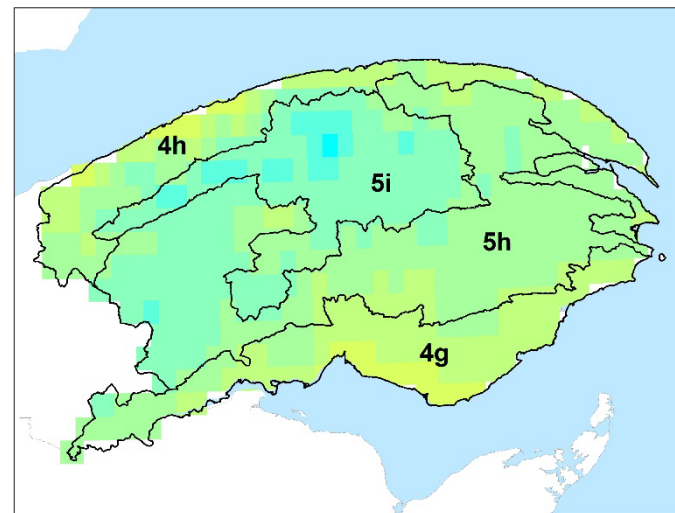
	RCP 4.5			RCP 8.5		
	1990	a2050	a2080	1990	a2050	a2080
An	1099	+6	+10	1101	+10	+14
MAM	245	+9	+15	248	+11	+22
JJA	297	+4	+7	306	+7	+4
SON	287	+3	+7	296	+8	+4
DJF	246	+10	+15	250	+17	+26

SPEI (MJJAS)

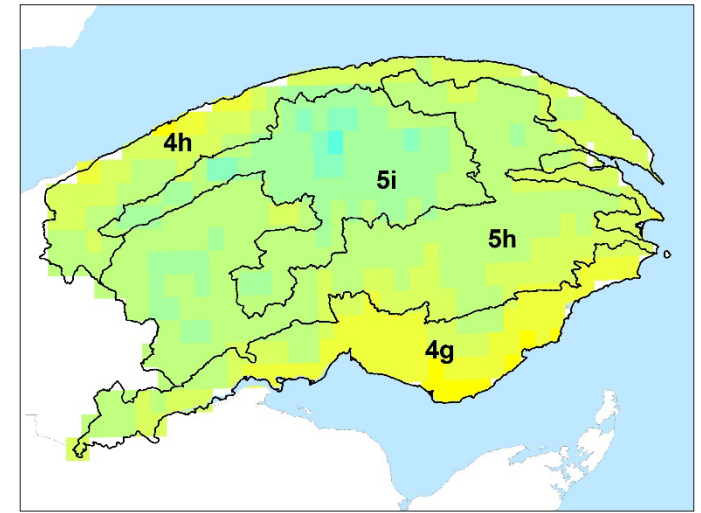
Indice de précipitations
et d'évapotranspiration
potentielle normalisé



1990

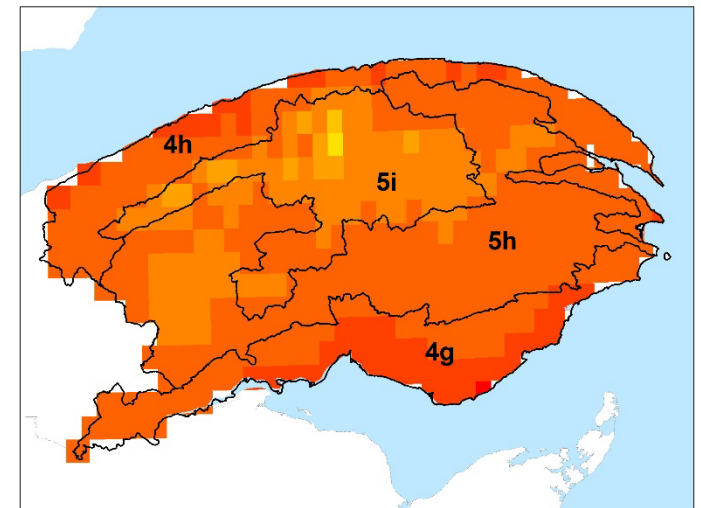
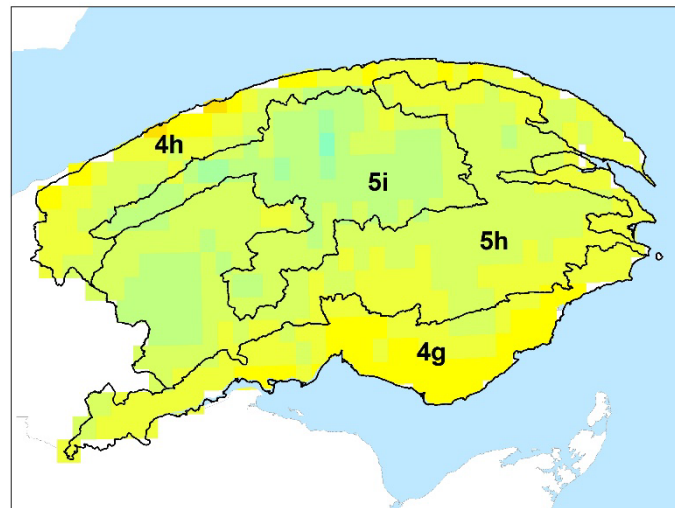
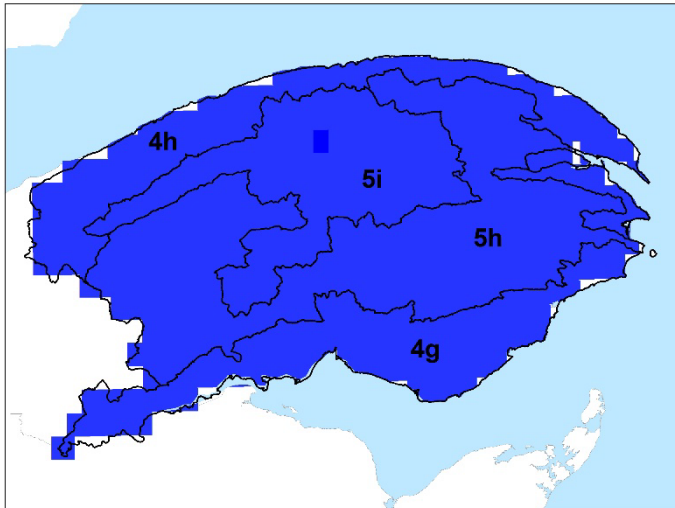


2050



2080

rcp 4.5



rcp 8.5

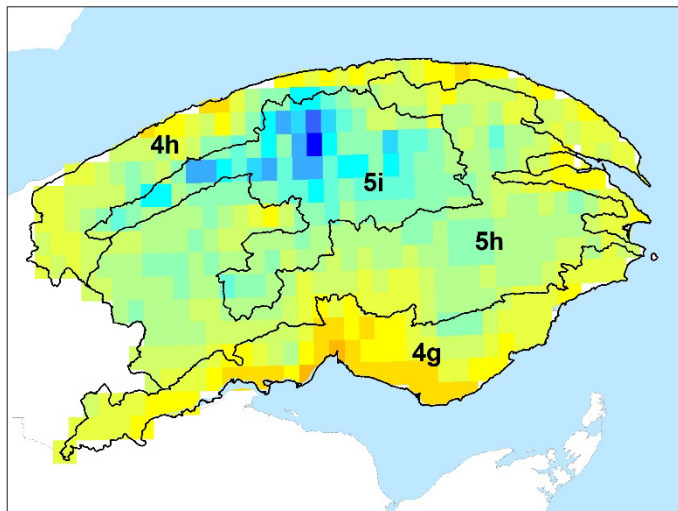
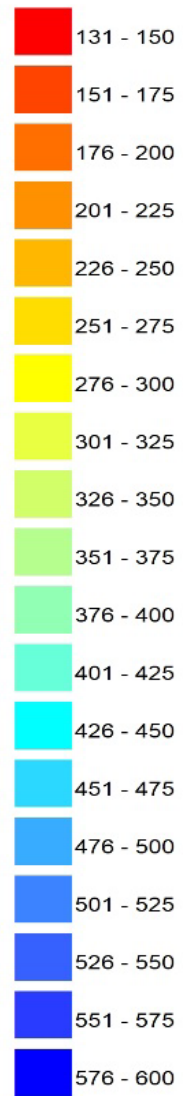
Le SPEI (en français l'Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé) est une forme de bilan hydrique.

$SPEI = \text{précipitations} - \text{évapotranspiration potentielle}$

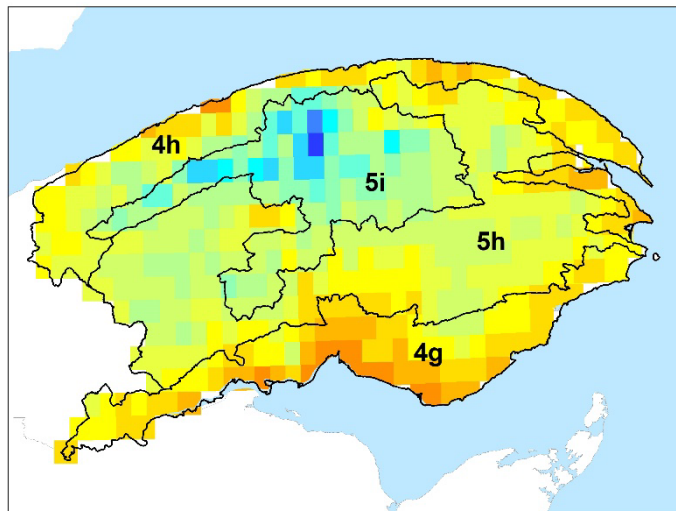
Il comporte une échelle d'intensité pour calculer les valeurs positives et négatives, qui signalent les épisodes humides et secs (varie de +3 à -3)

Ex : -1 représente un épisode sec qui se distingue négativement d'un écart-type de la moyenne de la période de référence.

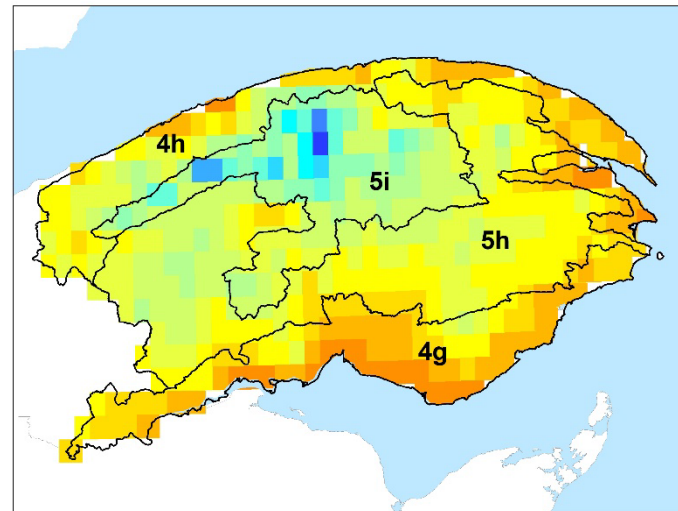
hauteur neige
(cm)



1990

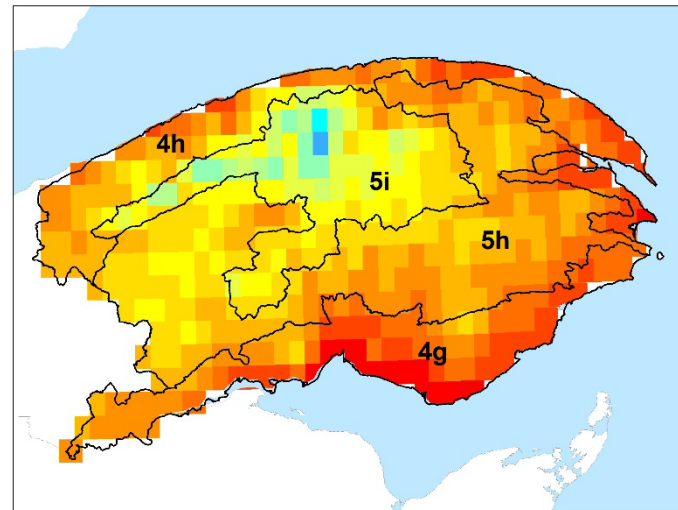
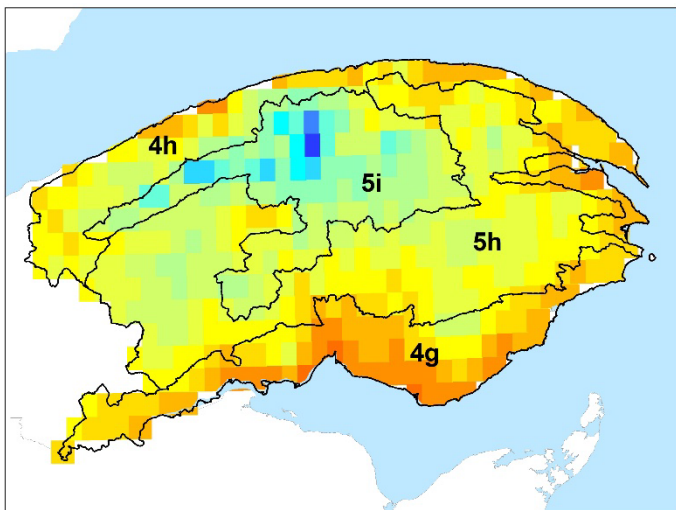
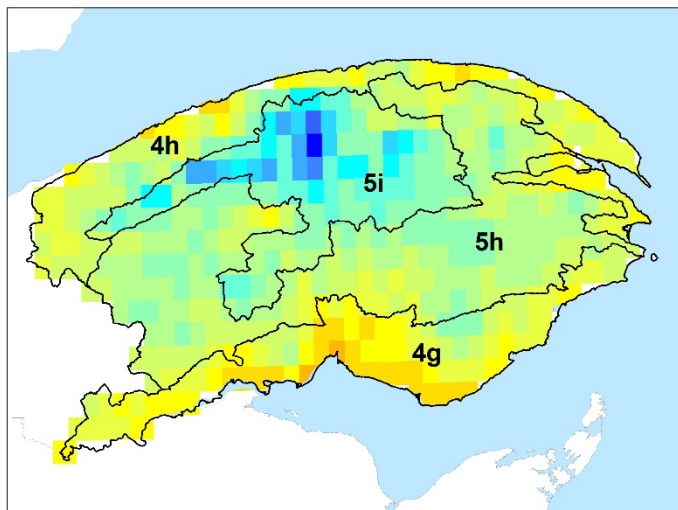


2050



2080

rcp 4.5



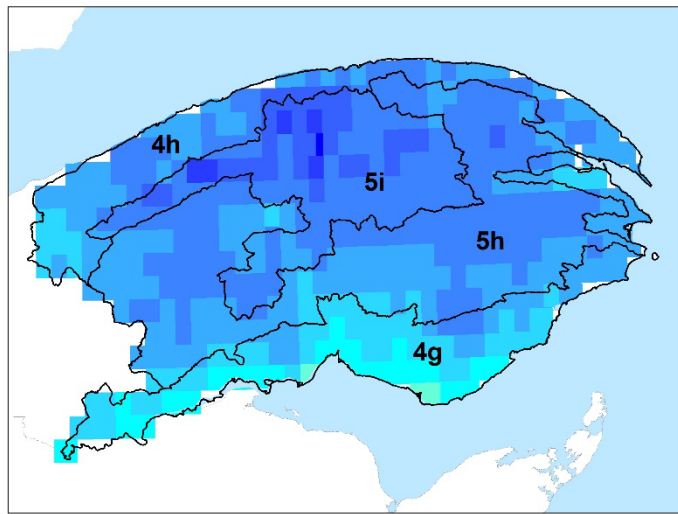
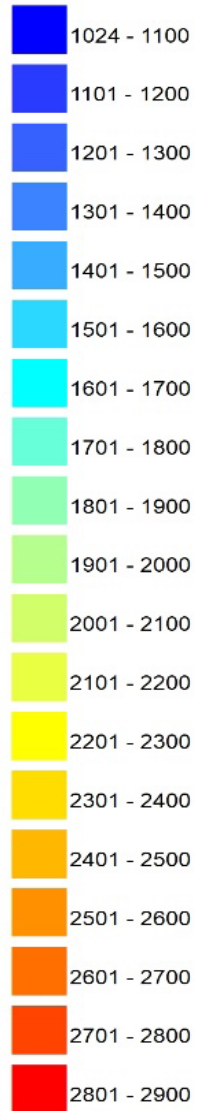
rcp 8.5

OBS
1990
400

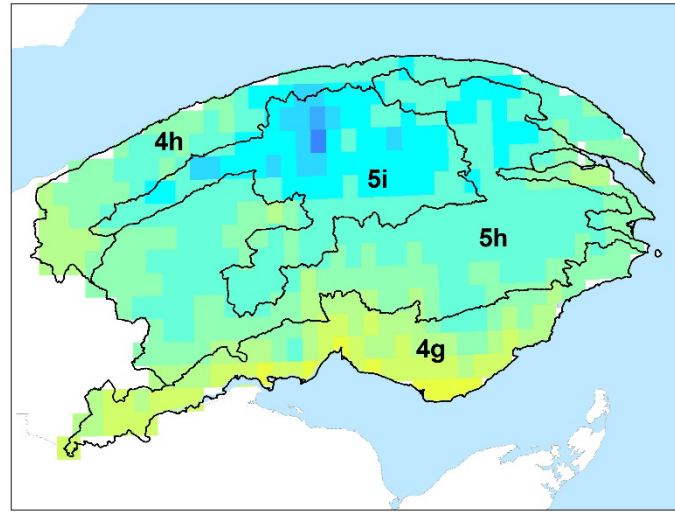
RCP 4.5		
1990	a2050	a2080
348	-33 (-26 à -43)	-45 (-39 à -63)

RCP 8.5		
1990	a2050	a2080
350	-47 (-38 à -65)	-113 (-103 à -131)

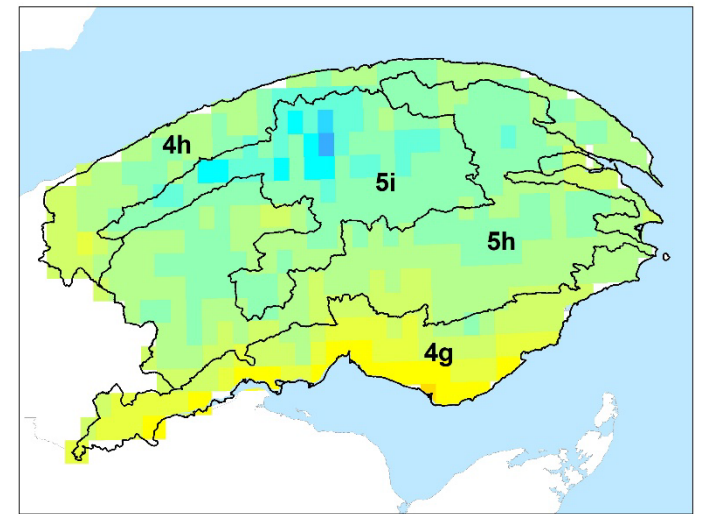
degrés-jour de croissance
($\geq 4^\circ\text{C}$)



1990

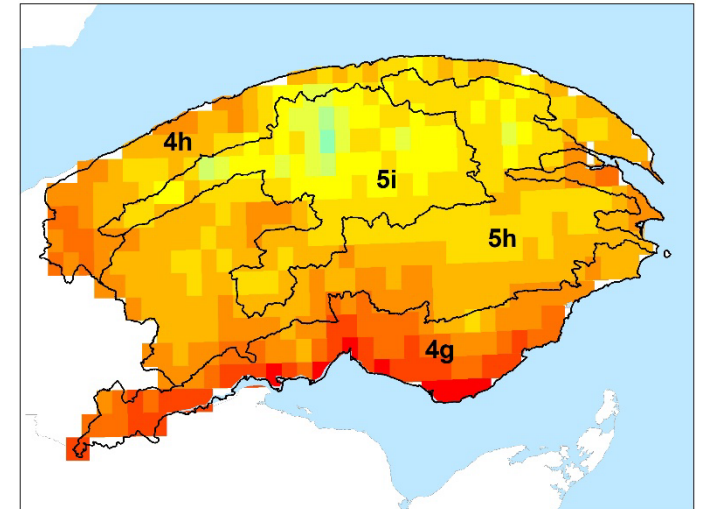
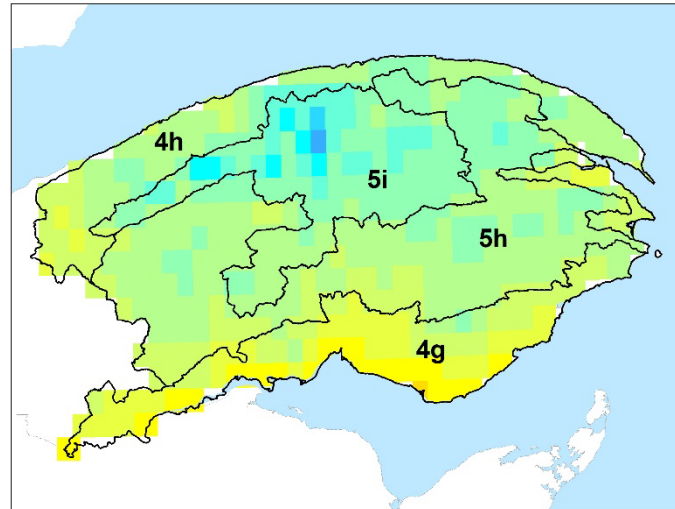
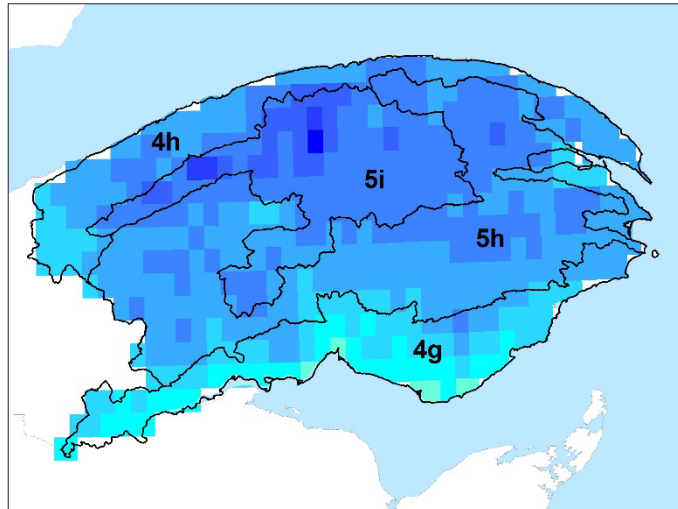


2050



2080

rnp 4.5



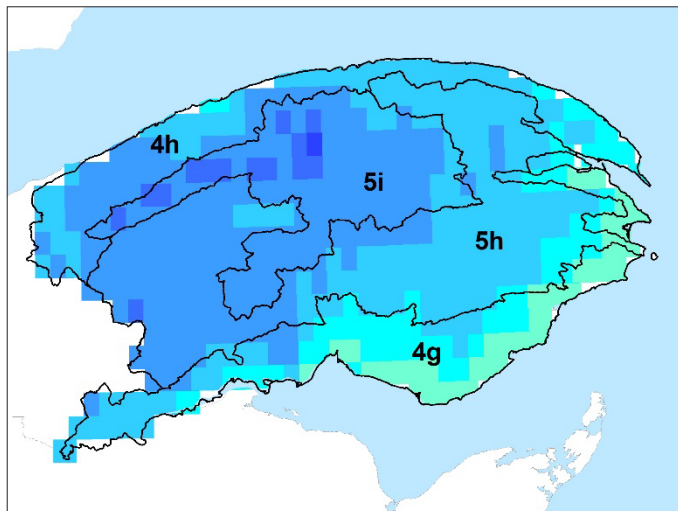
rnp 8.5

OBS
1990
1410

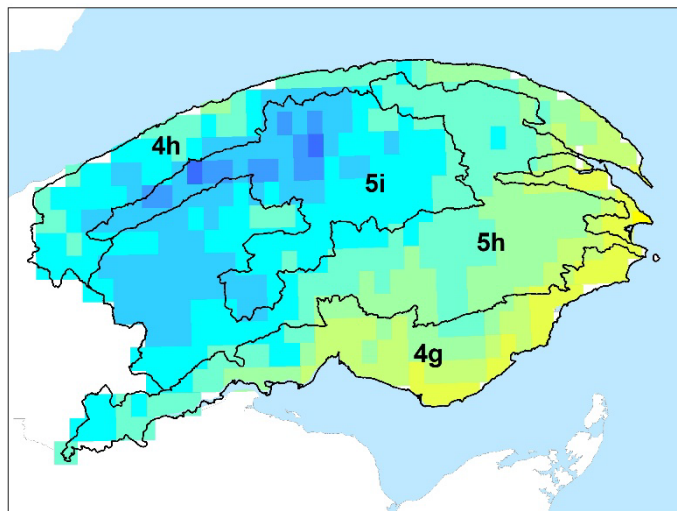
RCP 4.5		
1990	2050	2080
1148	384 (293 à 476)	520 (299 à 674)

RCP 8.5		
1990	2050	2080
1162	526 (437 à 731)	1011 (662 à 1432)

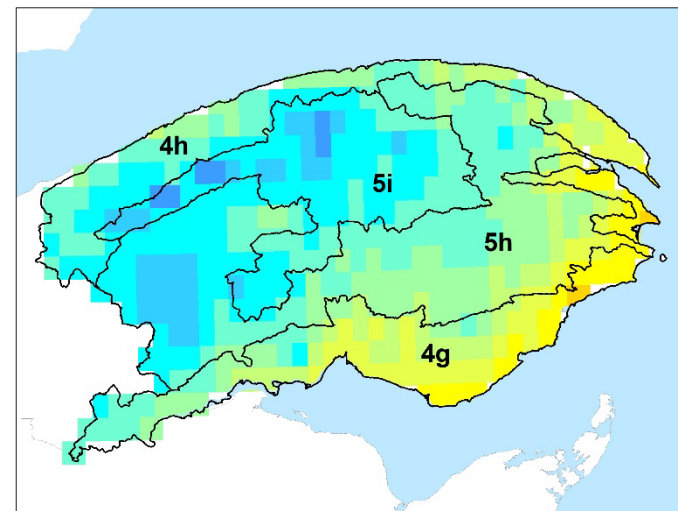
événements de gel-dégel (DJF; jours)



1990

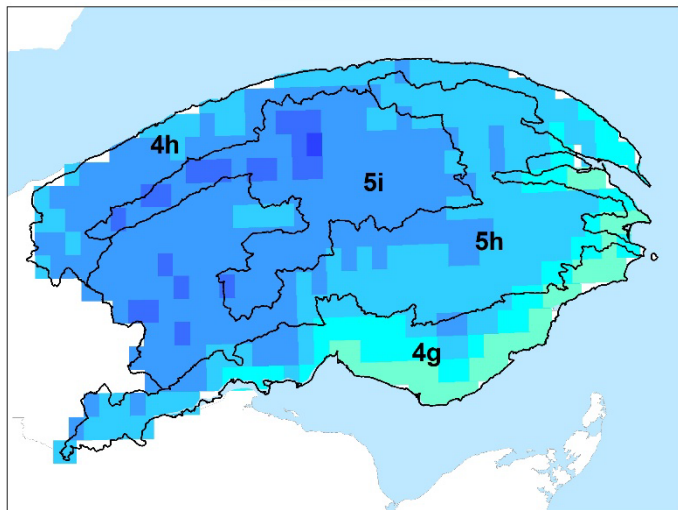


2050

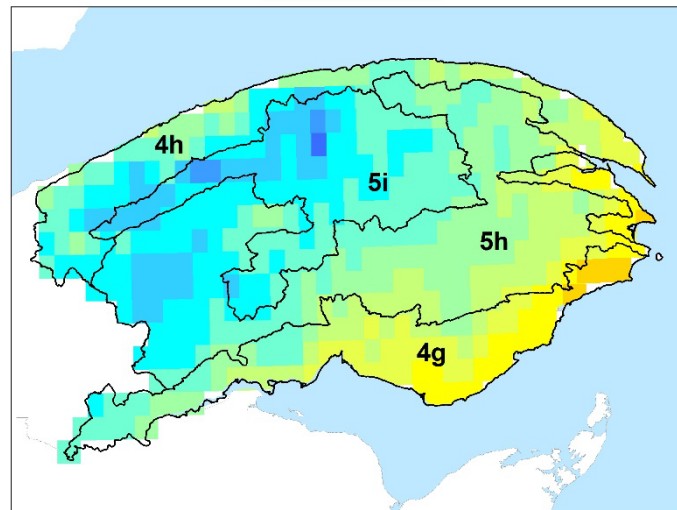


2080

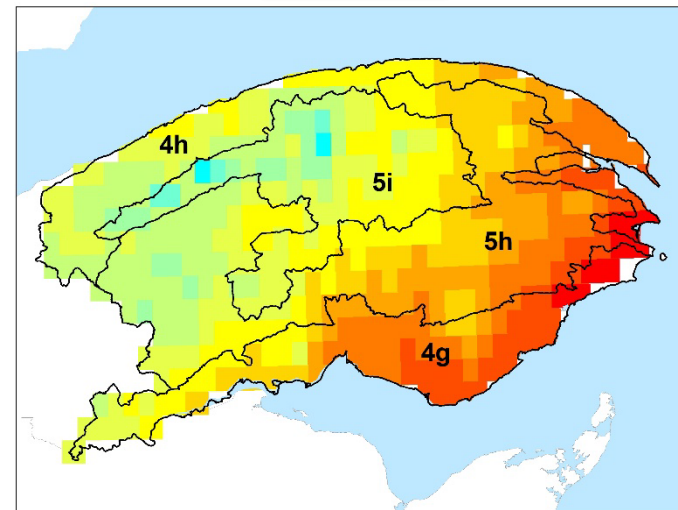
rcp 4.5



OBS
1990
13



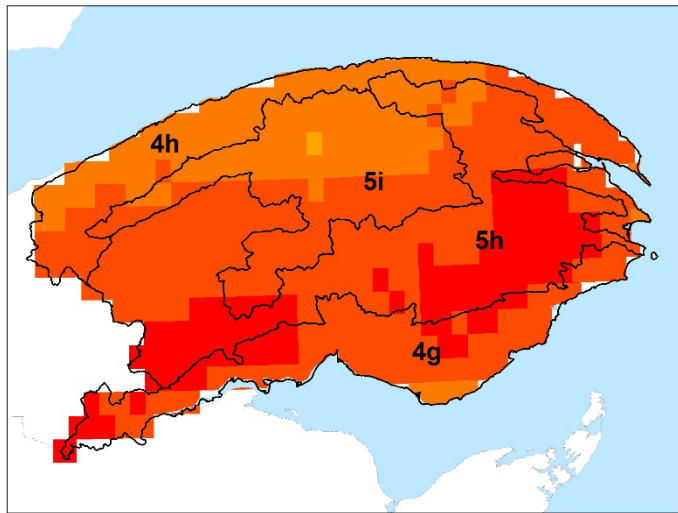
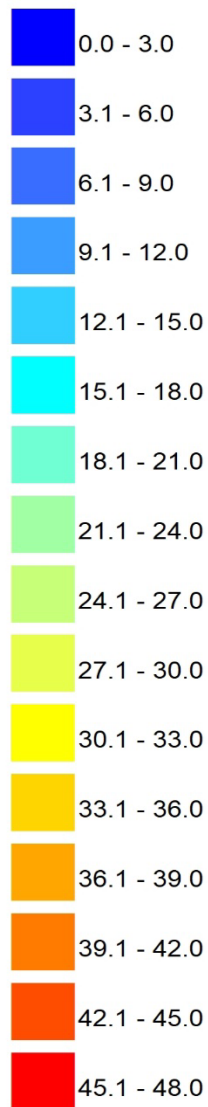
RCP 4.5		
1990	a2050	a2080
12	6 (1 à 8)	8 (3 à 11)



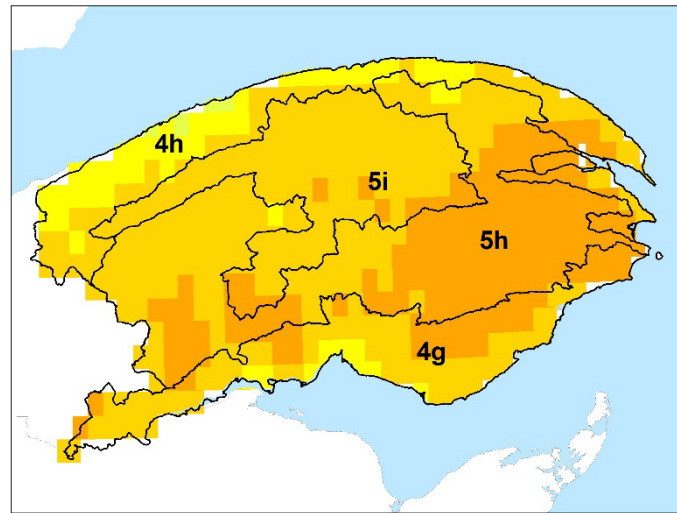
RCP 8.5		
1990	a2050	a2080
11	9 (4 à 11)	20 (10 à 24)

rcp 8.5

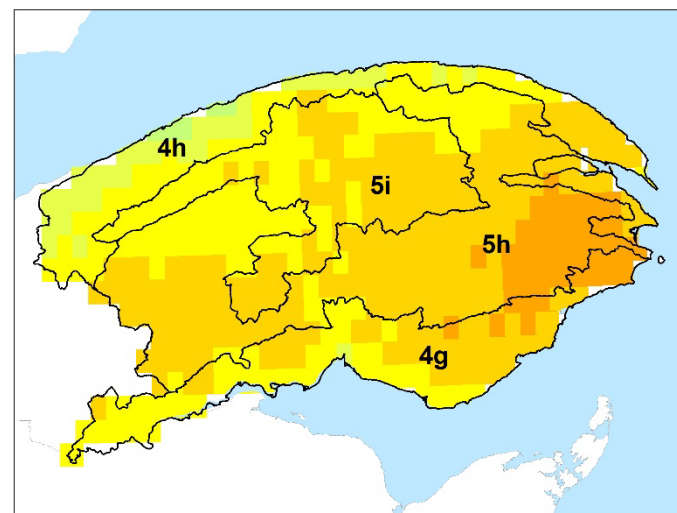
événements de gel-dégel (MAM; jours)



1990

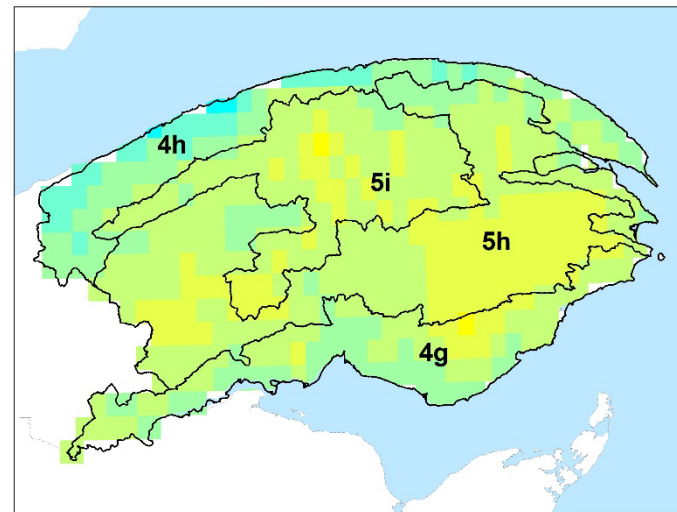
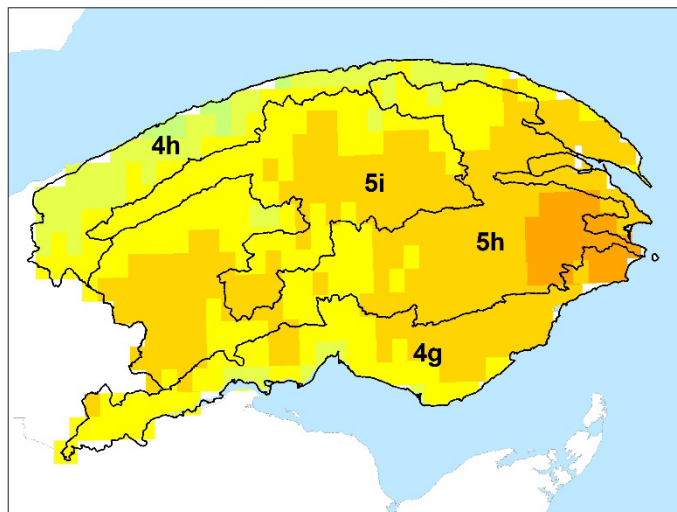
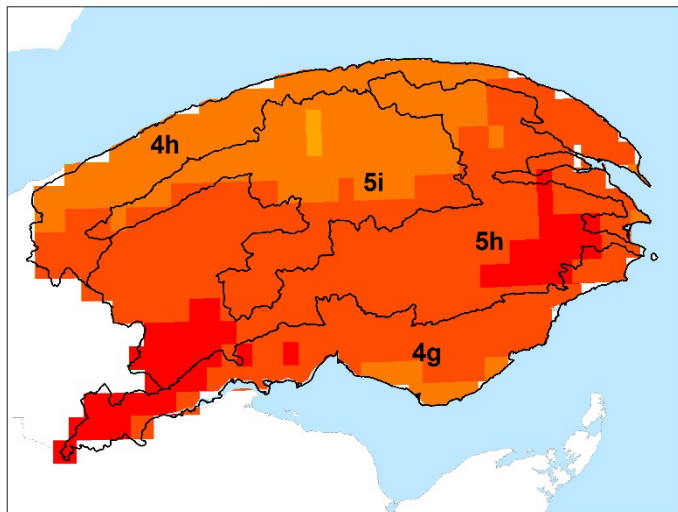


2050



2080

rcp 4.5



rcp 8.5

OBS	RCP 4.5			RCP 8.5		
1990	1990	a2050	a2080	1990	a2050	a2080
43	43	-8 (-7 à -10)	-10 (-8 à -13)	43	-10 (-9 à -12)	-18 (-14 à -20)