



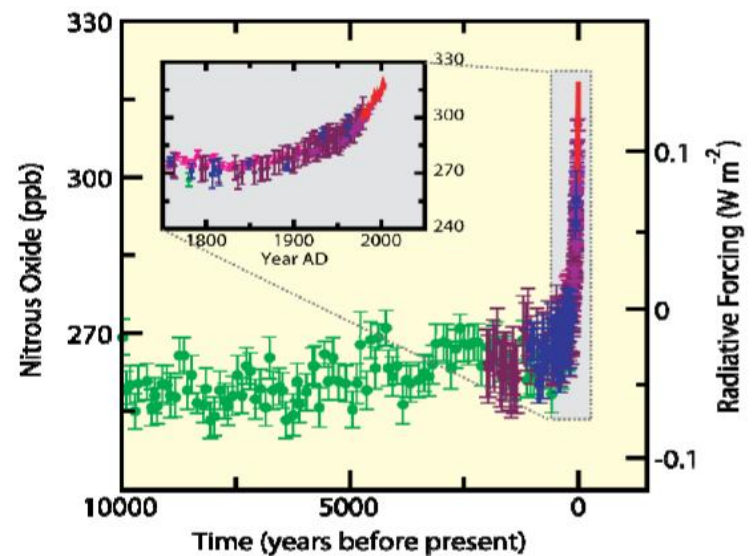
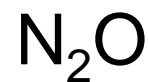
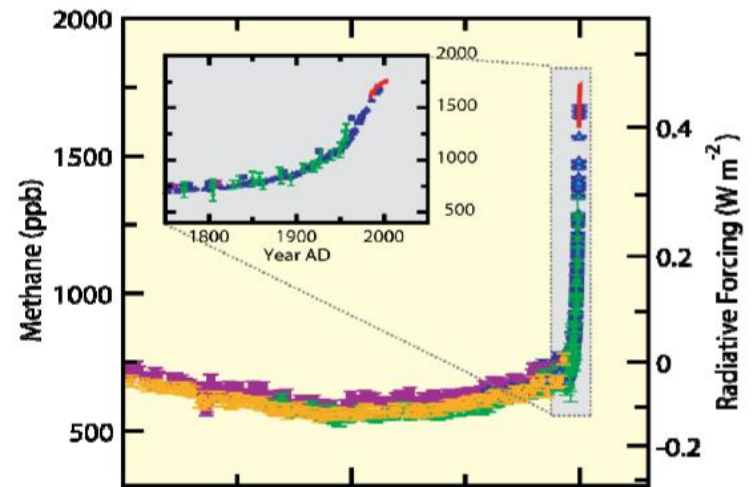
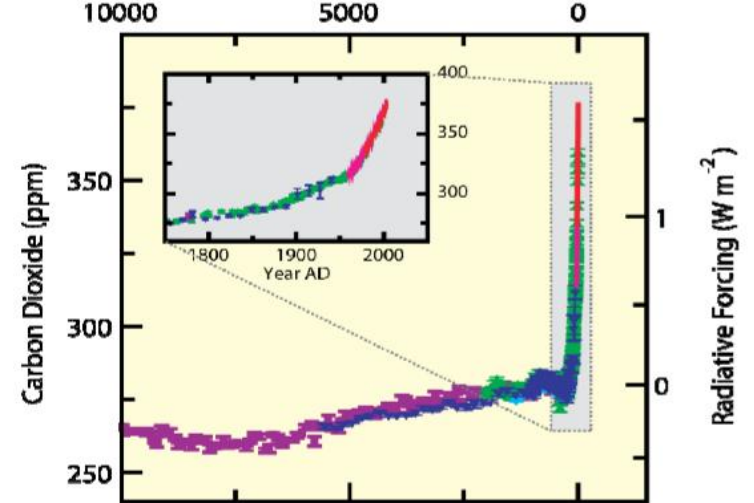
Prairies, élevages et changement climatique

Risques et opportunités

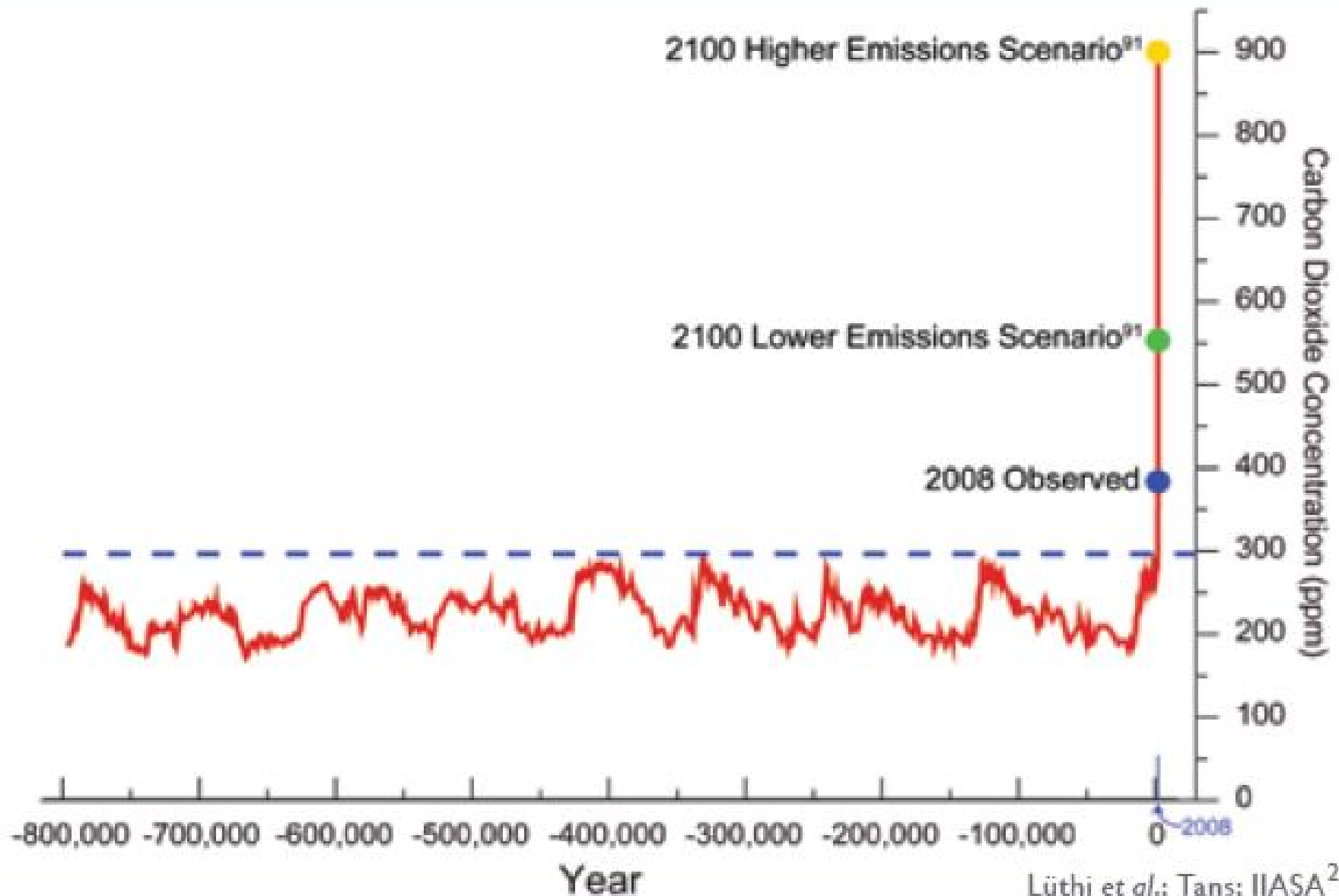
Jean-François Soussana
Directeur Scientifique « Environnement », Paris

L'action de l'homme sur l'effet de serre

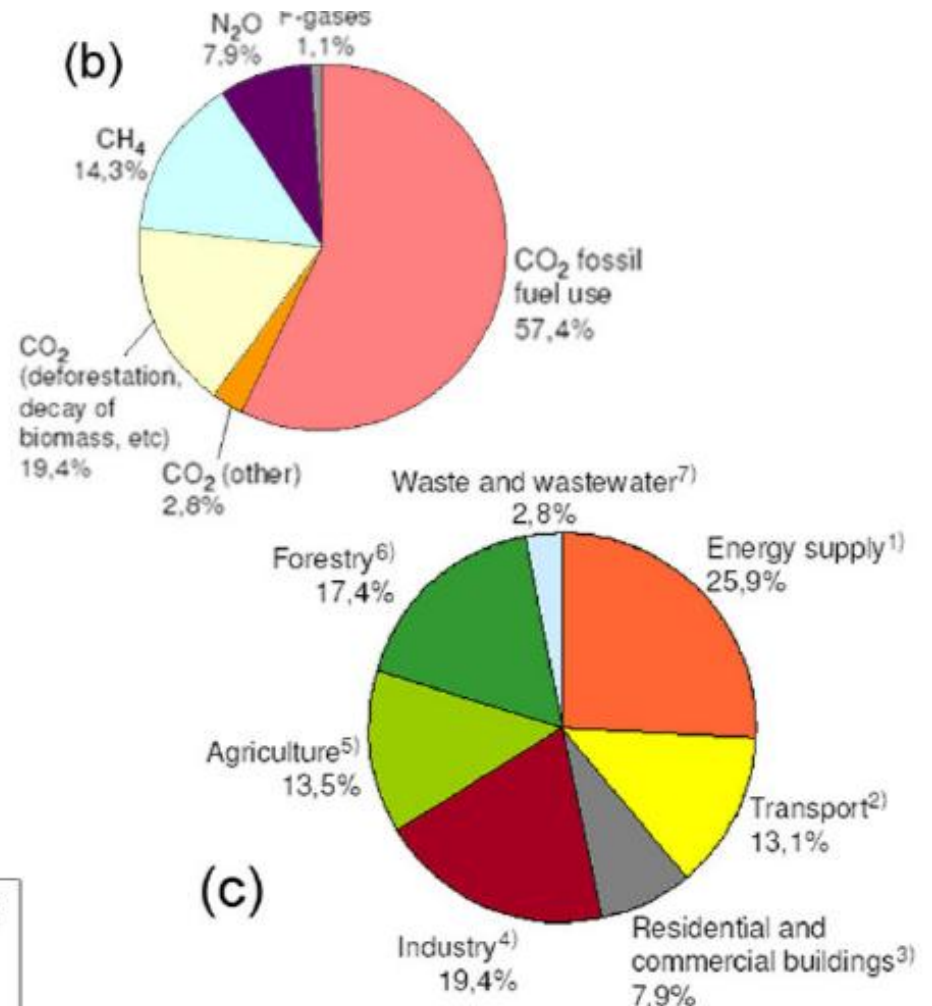
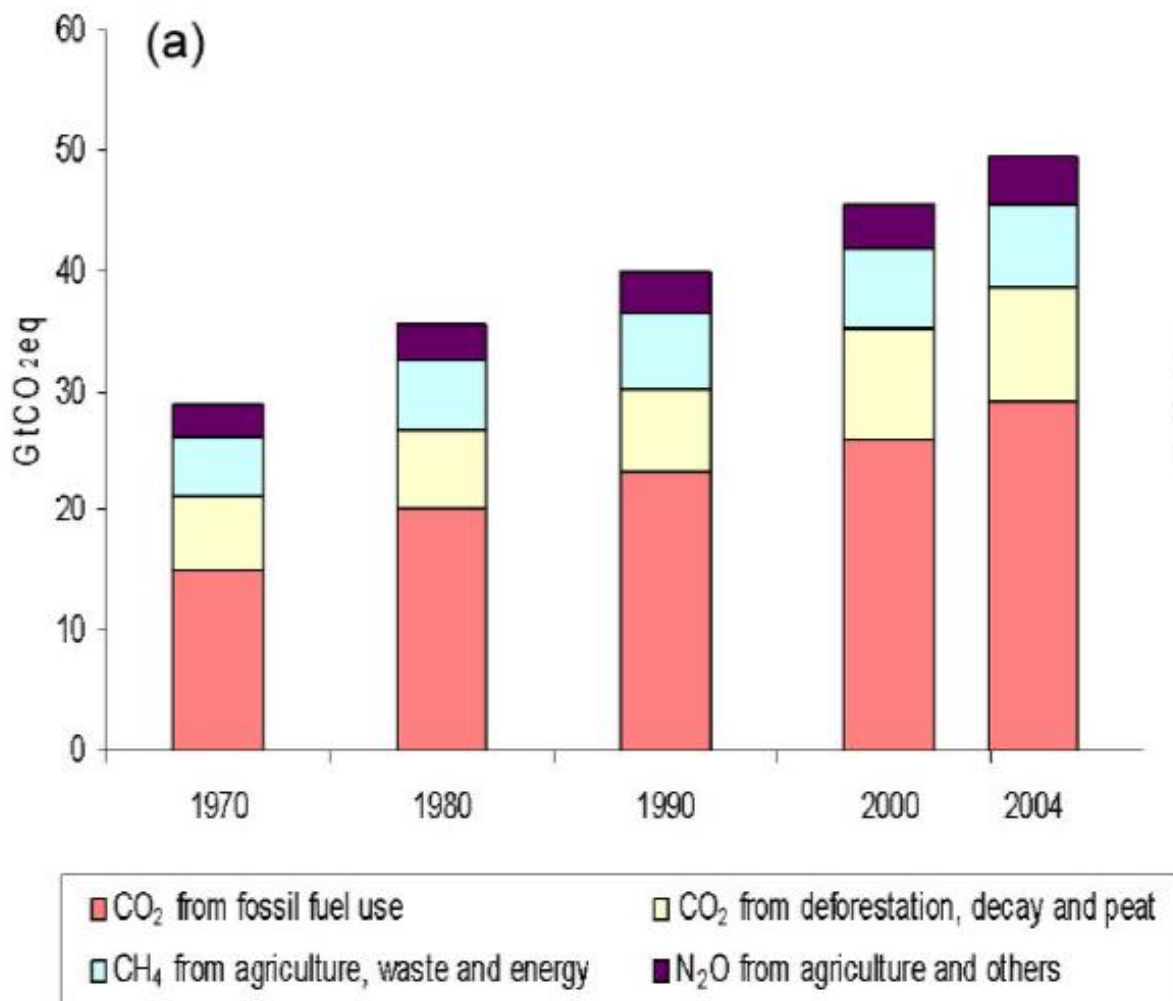
Augmentation exponentielle depuis la révolution industrielle de la concentration atmosphérique des trois gaz à effet de serre les plus importants.



Concentration atmosphérique en CO₂ depuis 800 000 ans



Croissance des émissions mondiales anthropiques de gaz à effet de serre (GES)

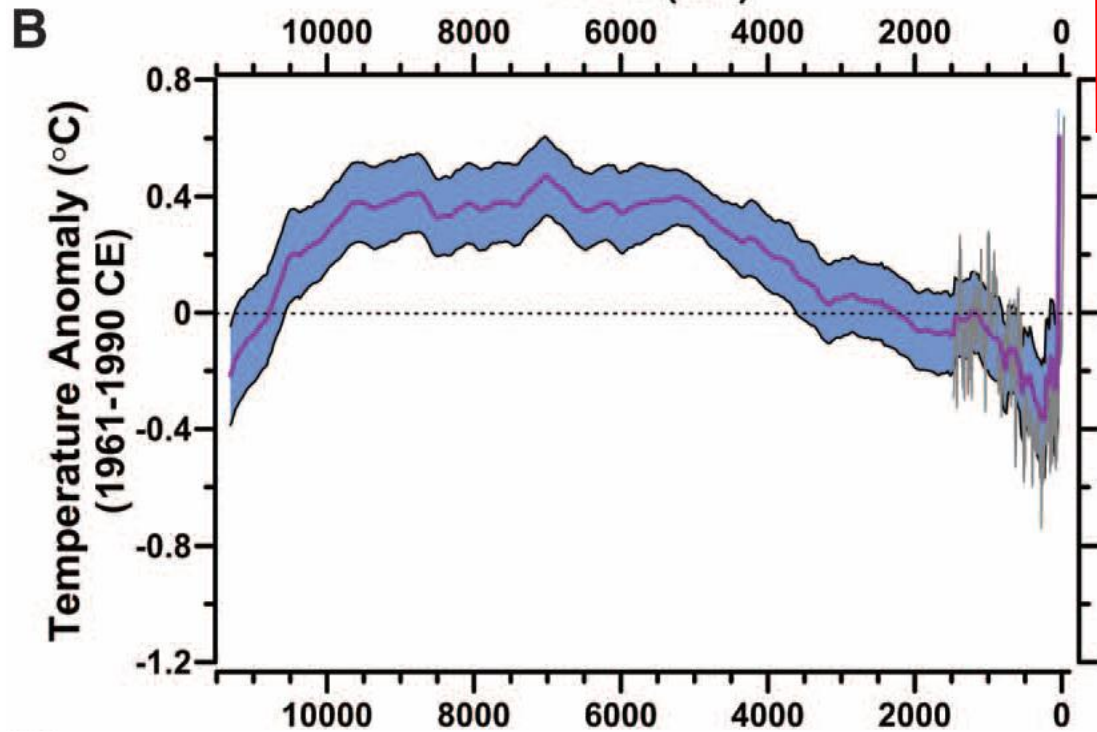


IPCC 2007

Les émissions de gaz à effet de serre couvertes par le protocole de Kyoto ont augmenté de 70 % de 1970 à 2004

Température moyenne durant l'Holocène

Début de l'agriculture



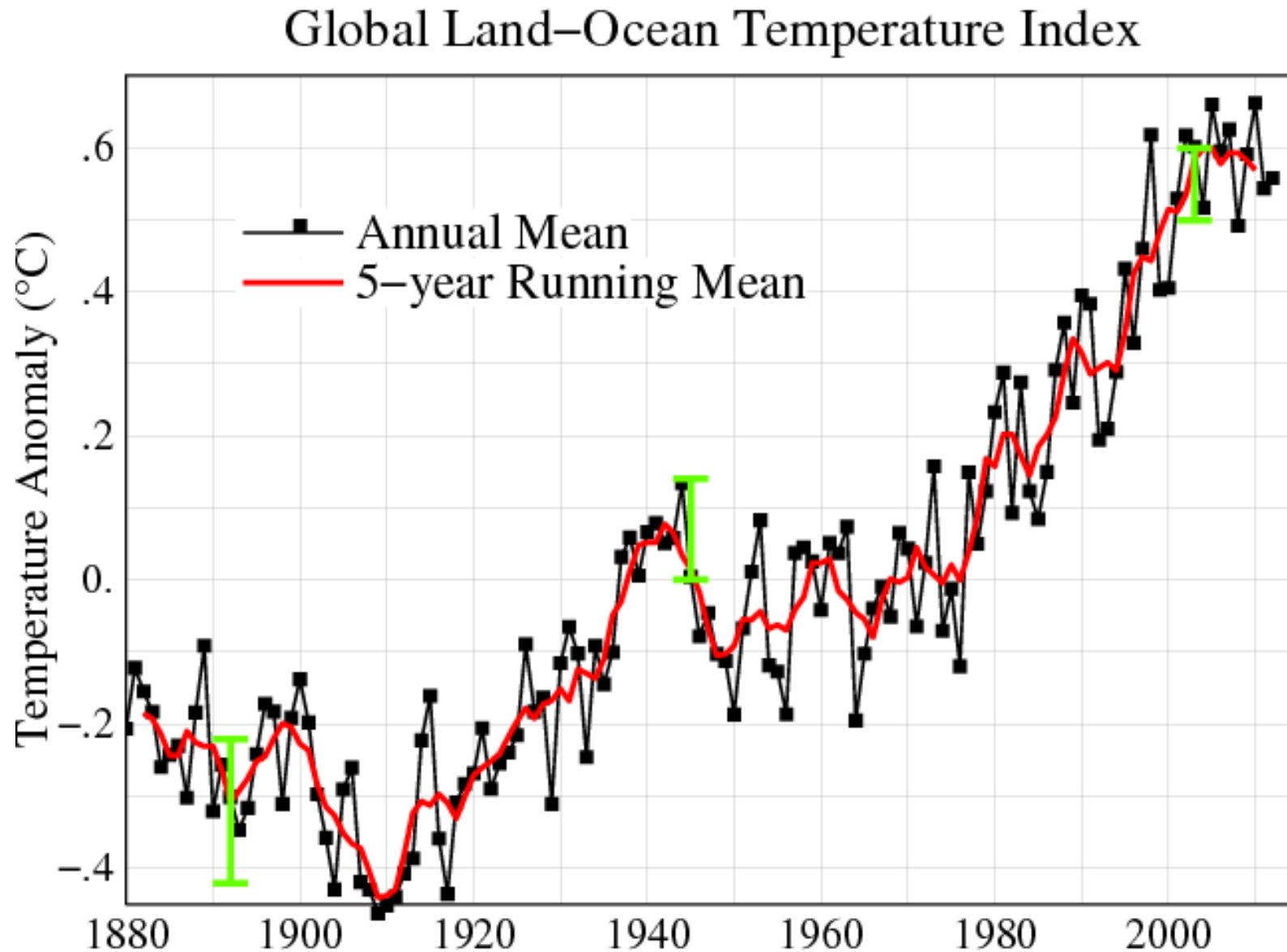
Scénario A1B, A2

Scénario B1

A la fin du siècle, le climat sera différent de celui dans lequel l'agriculture s'est développée

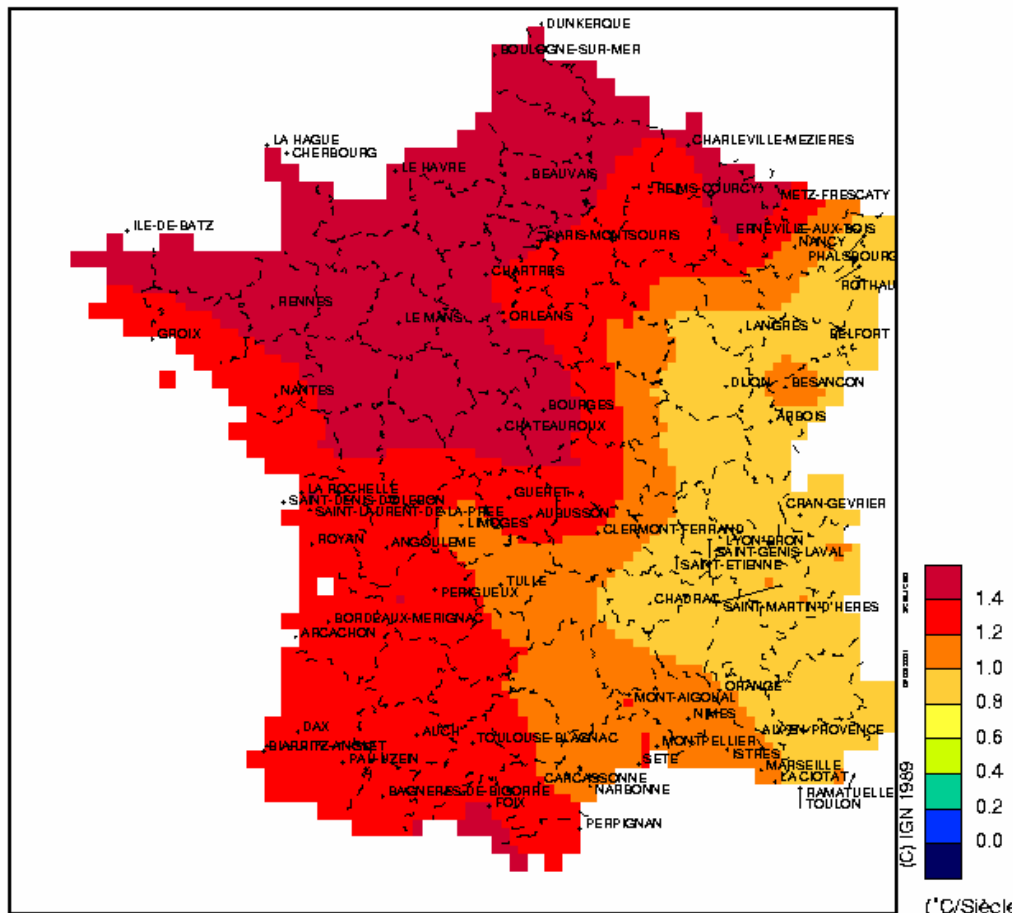
(Marcott et al., Science, 2013)

Réchauffement global depuis 1850



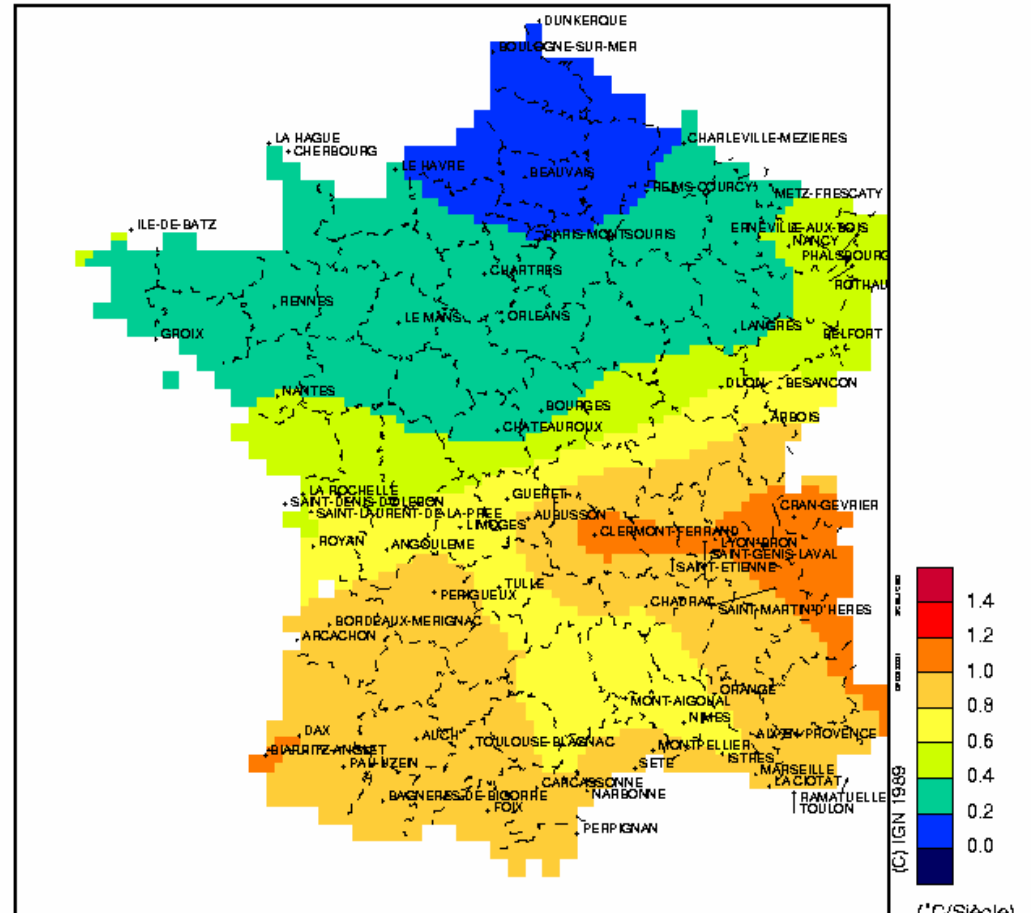
Le réchauffement climatique en France durant le XX^{ème} S.

Minima



130 km

Maxima



130 km

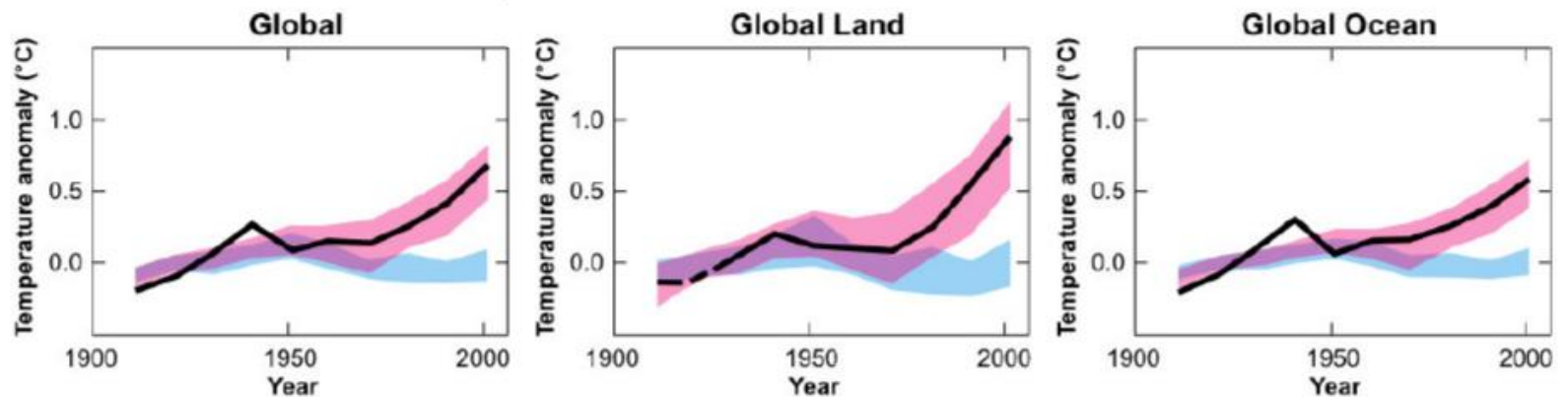
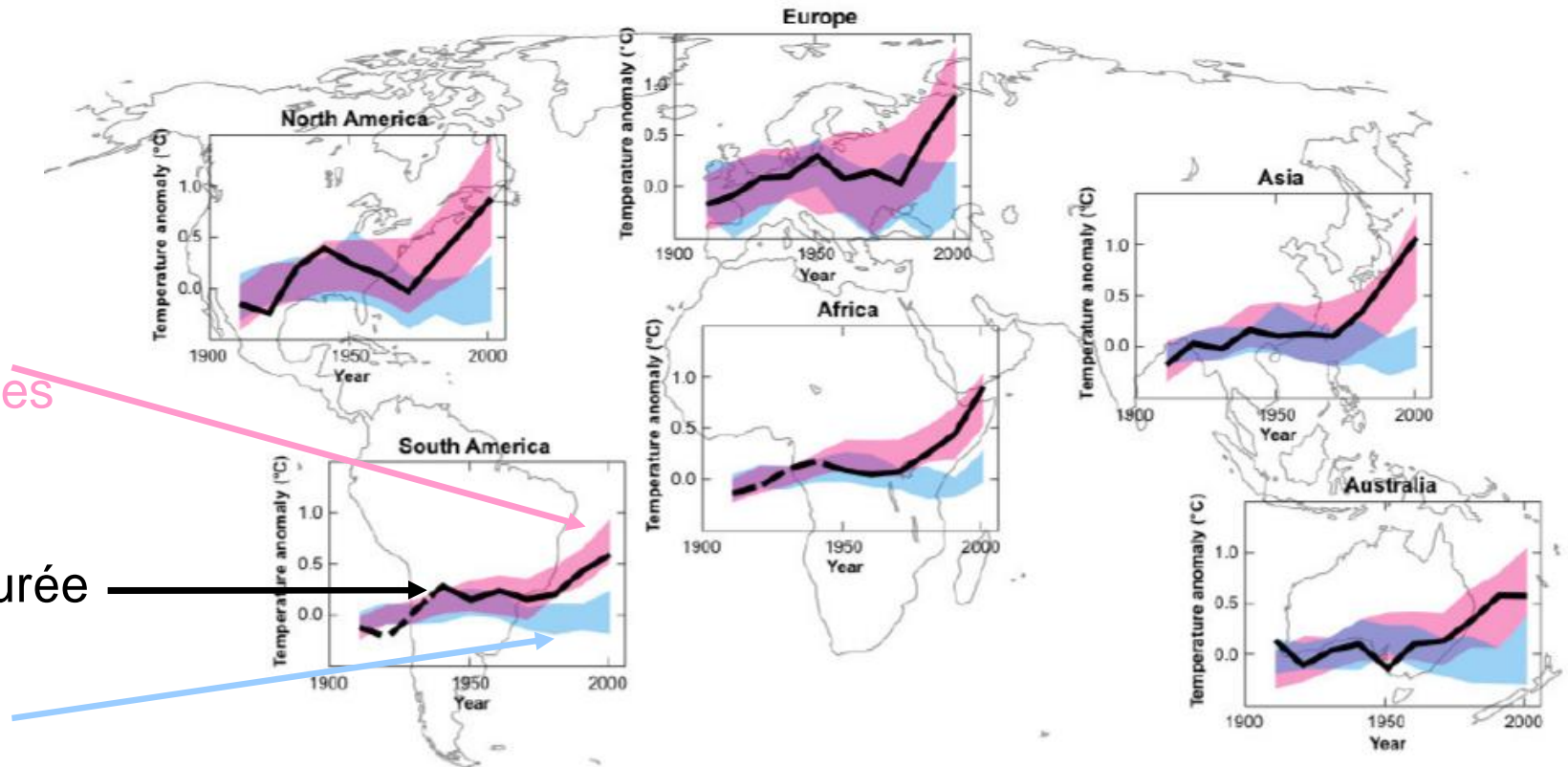
(d'après Bessemoulin et Mestre, 2001)

L'empreinte de l'homme sur le climat

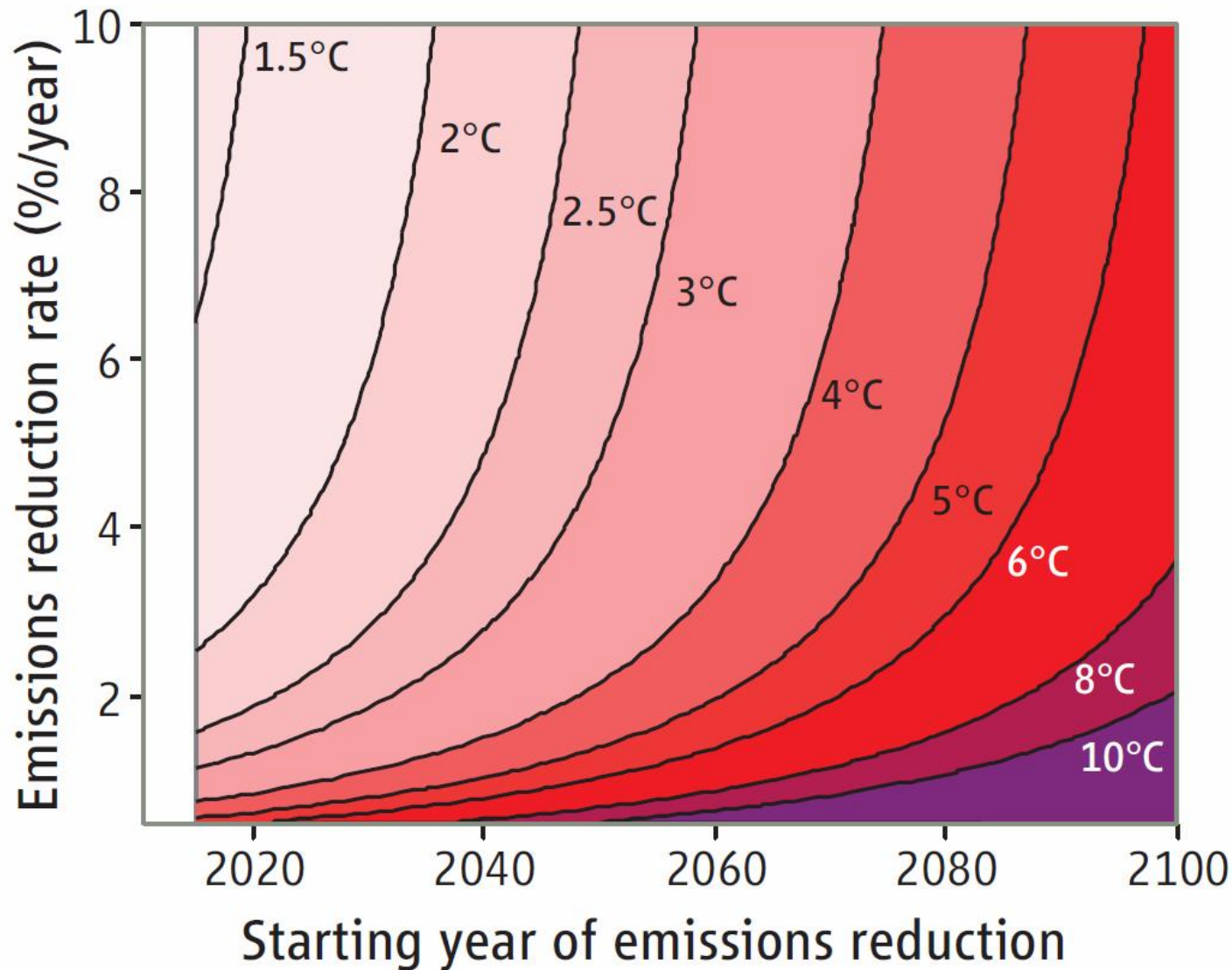
Modélisation :
causes anthropiques
et naturelles

Température mesurée

Modélisation :
causes naturelles



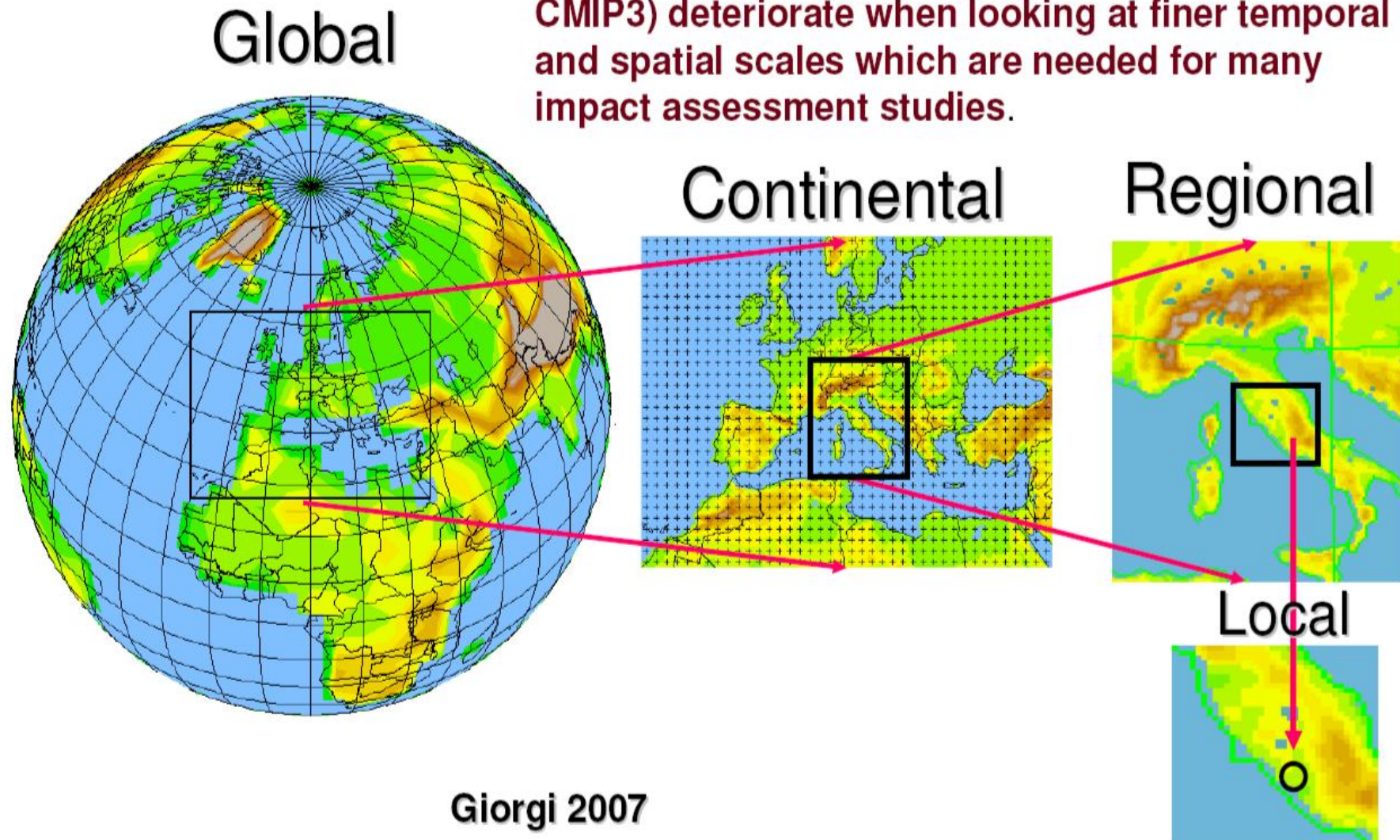
Est-il encore possible de limiter le réchauffement global à 2°C à la fin du siècle ?



(Stocker, 2013, Science)

Les prédictions régionales sont les plus incertaines

Performance of current AOGCMs (like those from CMIP3) deteriorate when looking at finer temporal and spatial scales which are needed for many impact assessment studies.

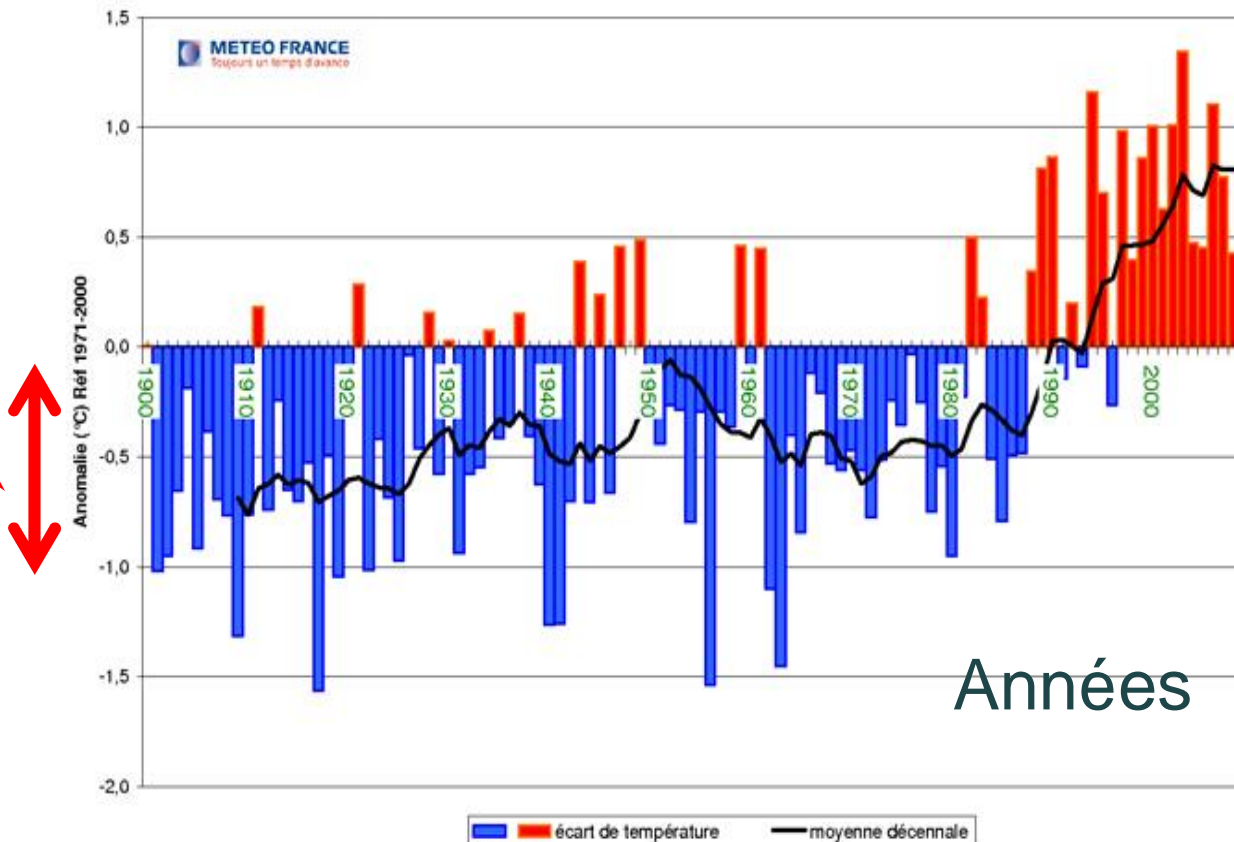


Variabilité du climat et Changement Climatique

Température moyenne annuelle en France depuis 1900
par rapport à la période 1970-2000 (indicateur ONERC)

Changement

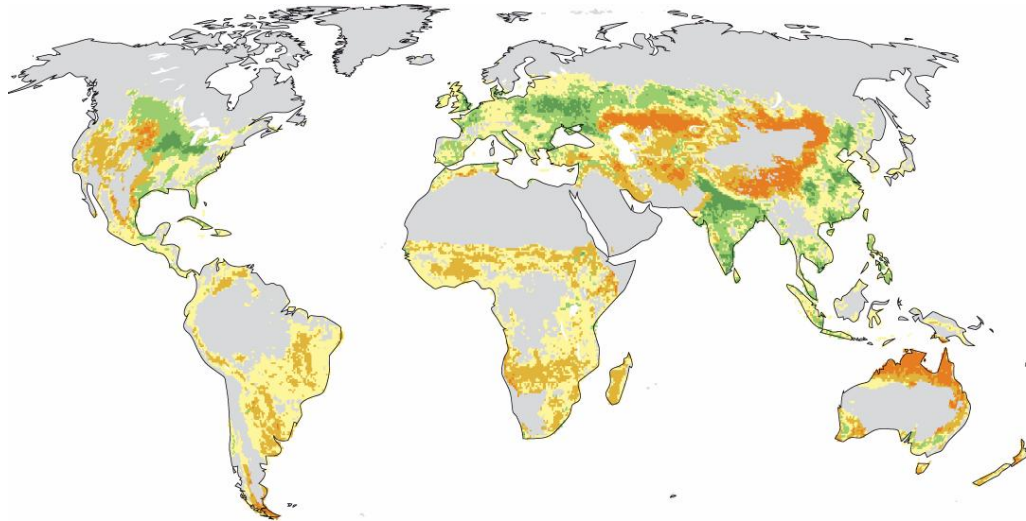
Variabilité



Années

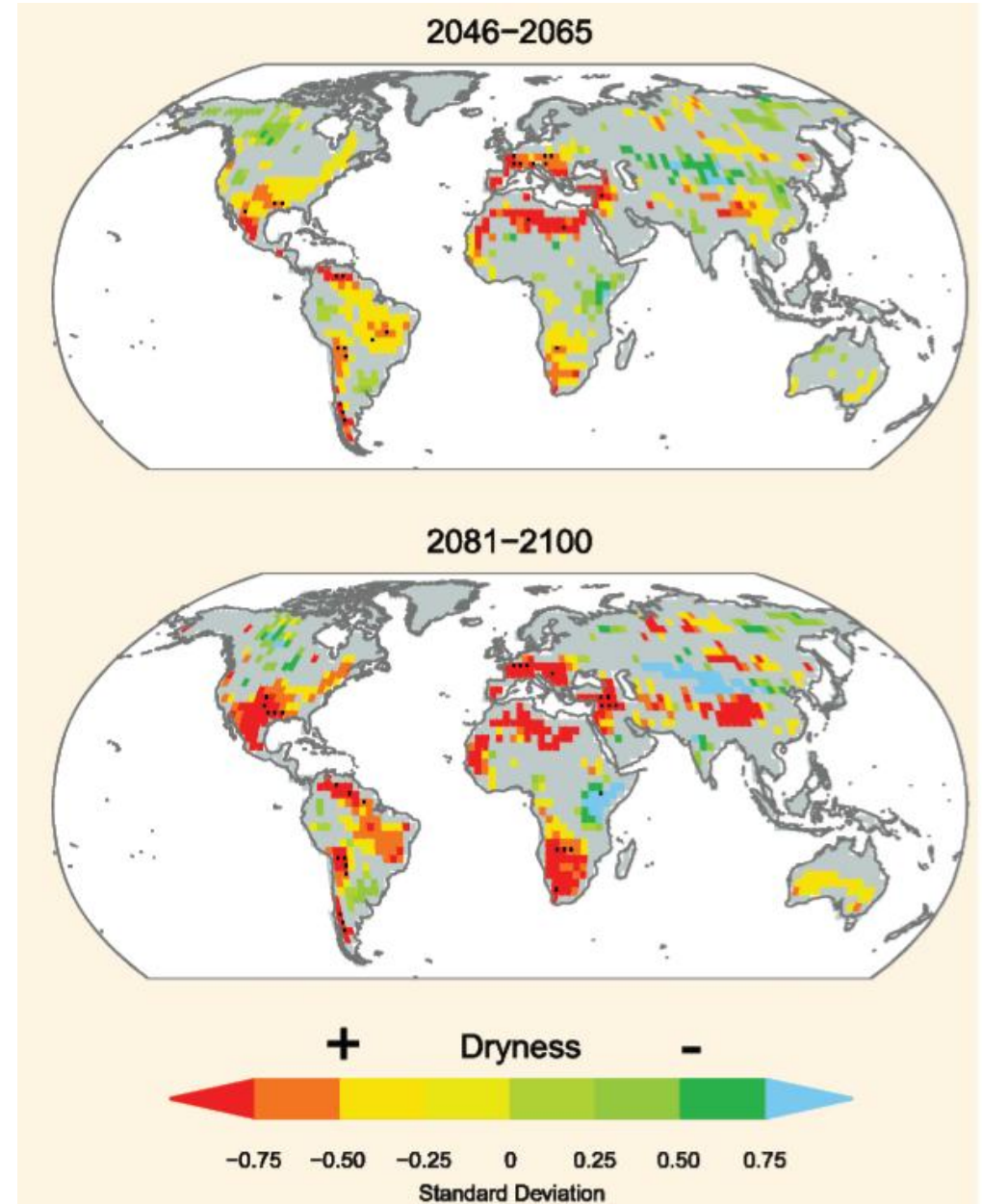
Des sécheresses extrêmes d'ici à la fin du siècle : cultures et élevages

Répartition des cultures et des pâtures

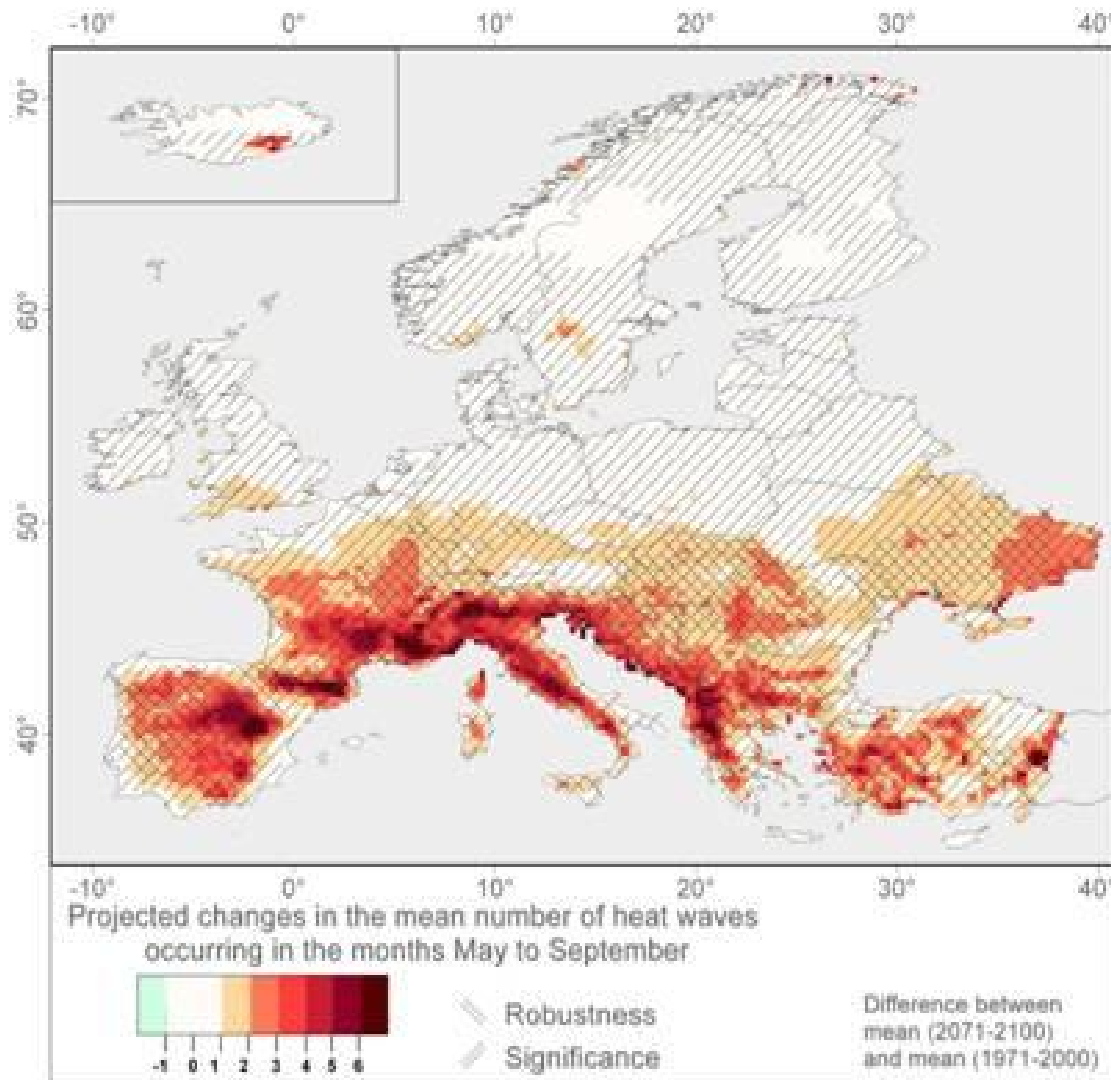


- Agriculture <20% of land area or no growing season
- Ratio of cropland vs grazing land
- Cropland/grazing land mosaic
- Cropland, > 50%
- Cropland, > 85%
- Grazing land, > 50%
- Grazing land, > 85%

Variation de la sécheresse édaphique



INRA Augmentation de la fréquence des canicules d'ici à la fin du siècle



Canicule :

5 jours consécutifs avec des températures maximales journalières excédant d'au moins 5°C la normale saisonnière.

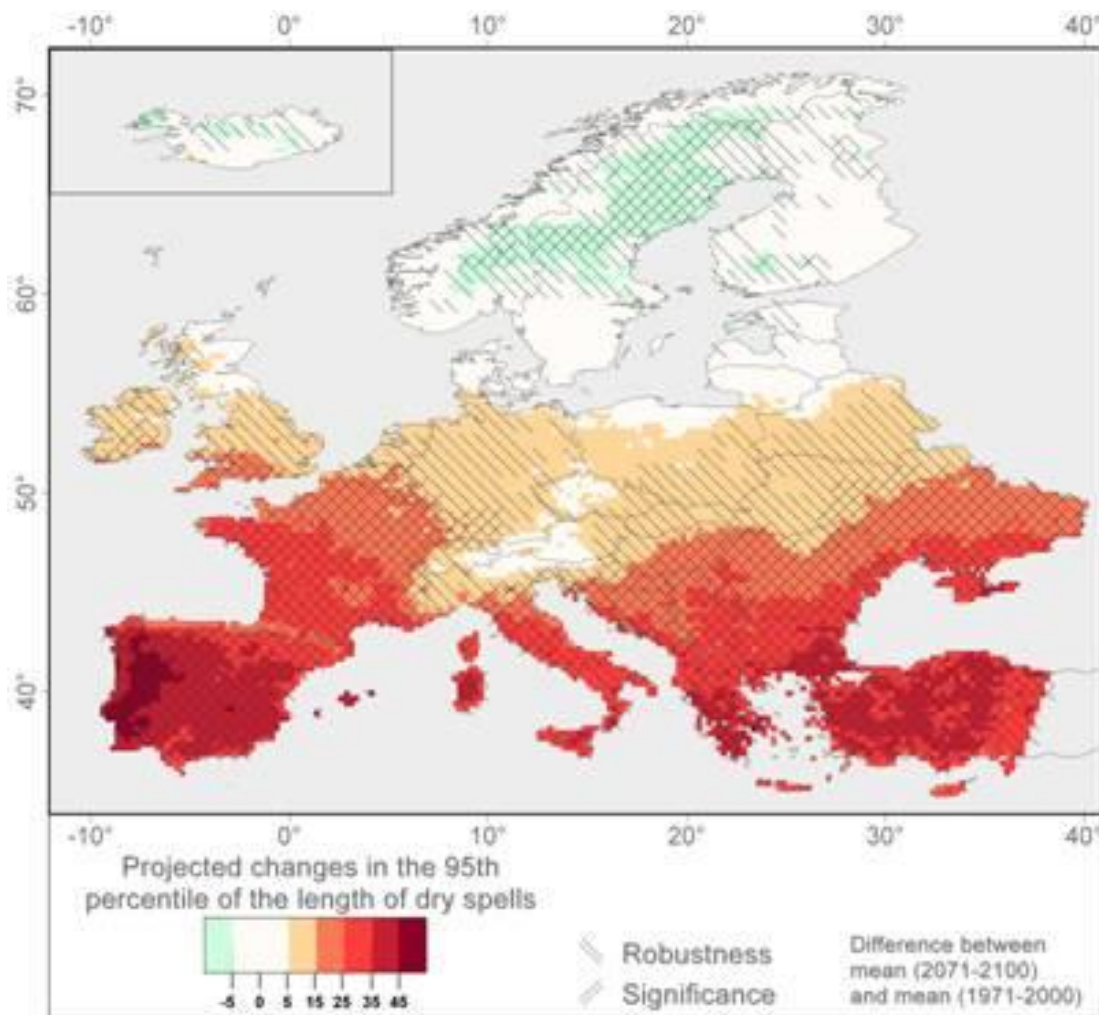
Nombre de canicules par saison (Mai à Sept.) en 2071-2100 comparé à 1971-2000.

**Moyenne de 9 modèles climatiques régionaux
Projet CE-ENSEMBLES
(CMIP3)**

////// Significatif ($P < 0.05$)

\\\\\\\\ Robuste (>2 modèles sur 3)

Augmentation de la fréquence des sécheresses d'ici à la fin du siècle



Sécheresse

Au moins 5 jours consécutifs avec des précipitations journalières inférieures à 1 mm.

Variation de la durée annuelle cumulée des sécheresses en 2071-2100 comparé à 1971-2000.

Moyenne de 20 modèles climatiques régionaux
Projet EC-ENSEMBLES (CMIP3)

////// Significatif ($P < 0.05$)

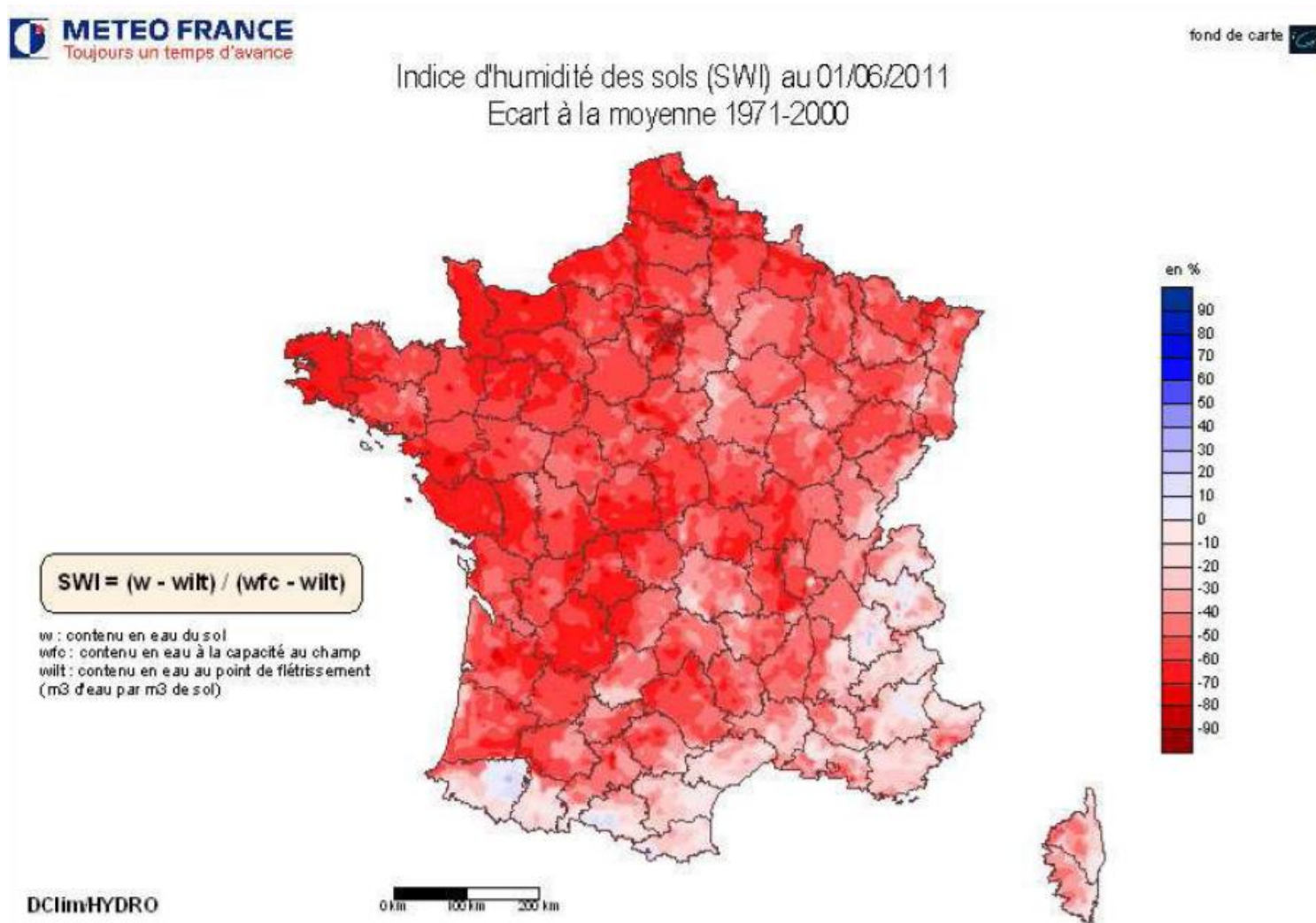
\\\\\\\\ Robuste (>2 modèles sur 3)

Impacts de la canicule et de la sécheresse estivale en 2003

- **Été le plus chaud depuis 1500 (au moins)**
- **Pour l'agriculture Française :**
 - Cultures d'été (maïs) : -30 %
 - Cultures d'hiver (ex. blé) : -21 %
 - Arbres fruitiers : -25 %
 - **Fourrages :** -**30 %**
- **Pour les écosystèmes Européens :**
 - Productivité : -25 %
 - Stocks de carbone : -0,5 Gt de carbone,

2011, sécheresse de printemps la plus forte depuis 1880

Anomalie de la teneur en eau des sols (1^{er} Juin 2011)



Impacts de la sécheresse de printemps 2011

- **Printemps le plus chaud et le plus sec depuis 1880**

- **Prairies : -25 %**

- **Céréales :**

Céréale	Rendement (q/ha)	Variation (%) / 2006-2010
Blé tendre	67,9	-1,6
Blé dur	47,8	-8,0
Orge, escourgeon	56,9	-19,6
Avoine	41,9	-25,6
Seigle	45,6	-1,2
Triticale	50,6	+9,9
Maïs grain	100,8	+5,4
Maïs semence	36,7	+12,6
Sorgho grain	62,8	-2,2
Riz	53,5	+7,5

- La principale préconisation de l'Expertise Sécheresse (INRA, 2006) reste valide :
 - Favoriser la diversité des systèmes de cultures tant de l'agriculteur que de l'éleveur (répartition des risques)

Veille agroclimatique



- Evaluer et pronostiquer l'impact du climat sur les cultures,
- Situer l'année en cours par rapport aux années antérieures sur des critères agrométéorologiques et agronomiques.

Outil opérationnel depuis 2003.

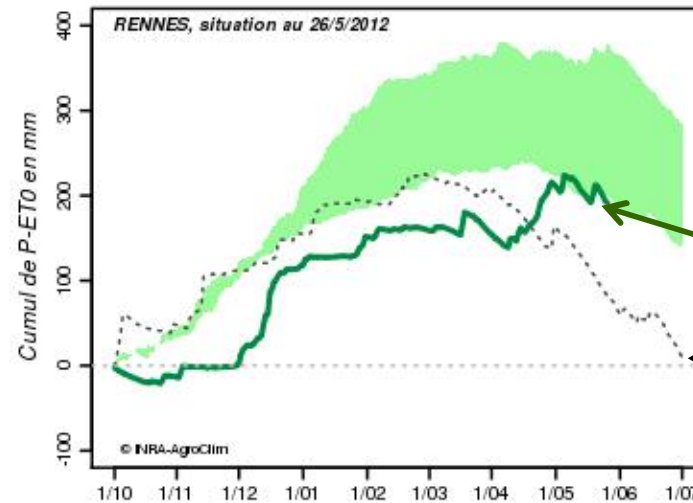
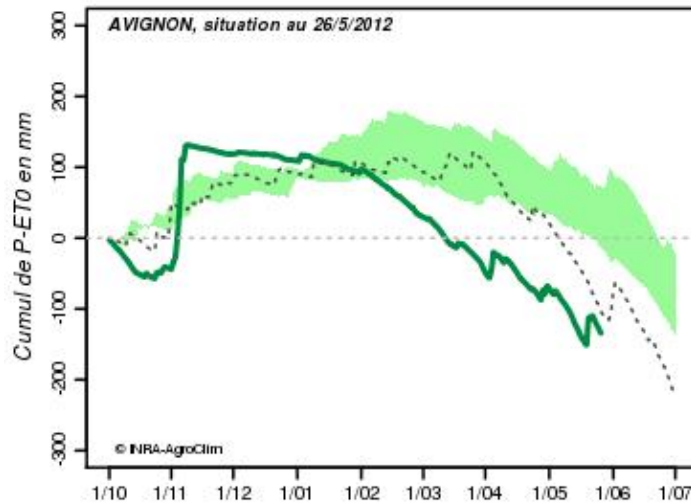
Site web mis à jour :

w3.avignon.inra.fr/veille_agroclimatique



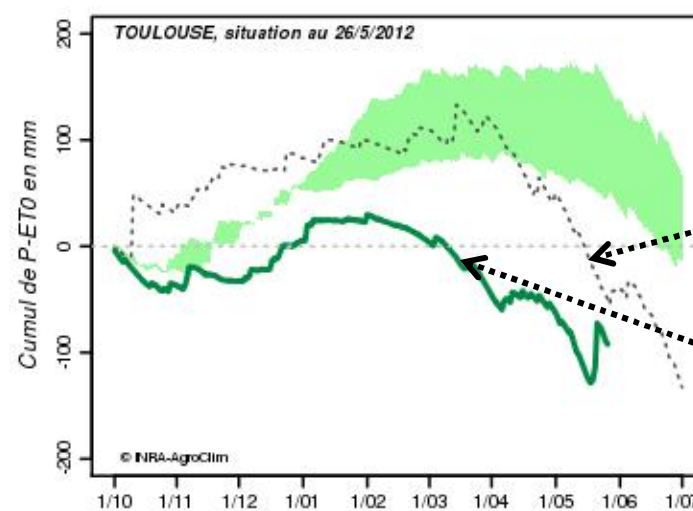
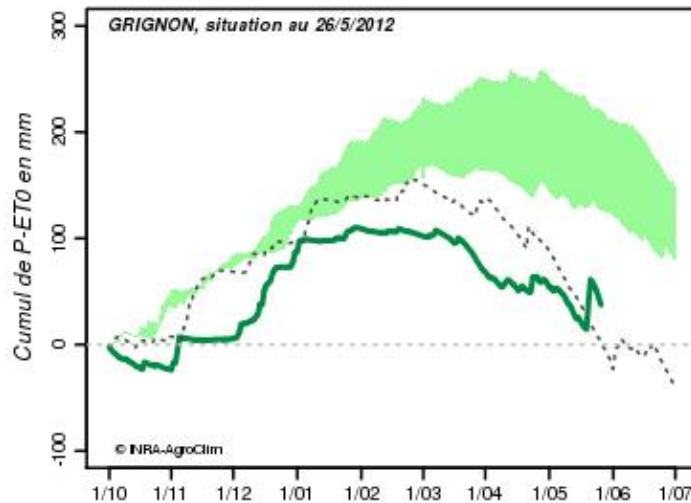
Veille agroclimatique 2011-2012

Cumul de la demande climatique P-ETP (cycle du blé)



Variabilité
30-40 ans
Quart [20% - 80%]
Année 2012

Année 2011

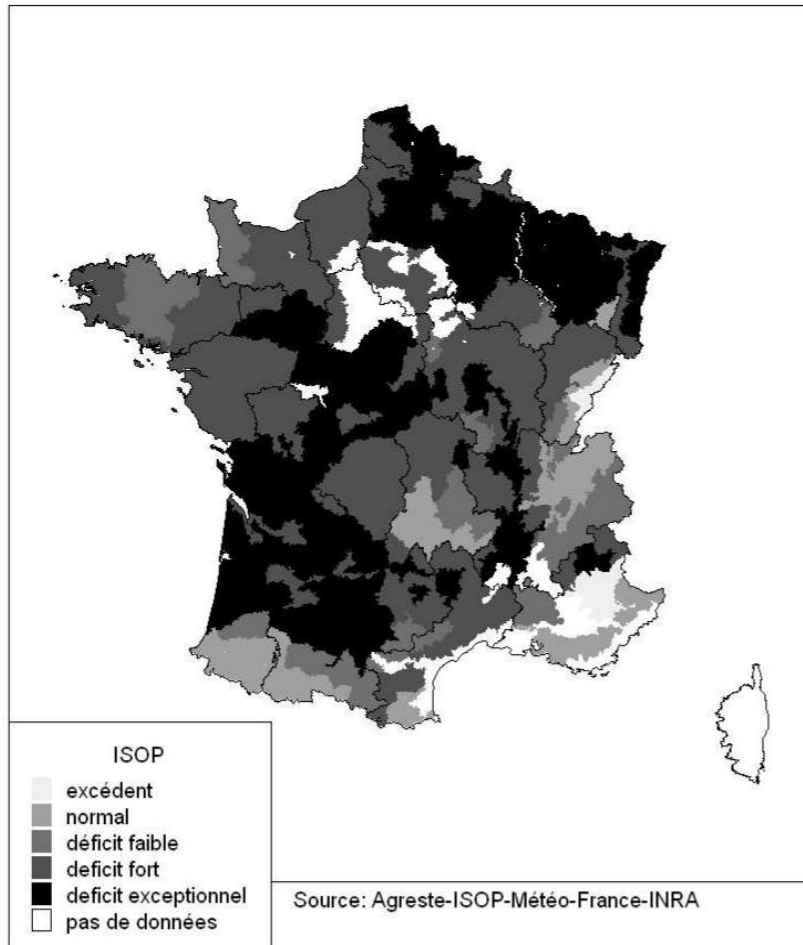


Déficit
Printemps
2011

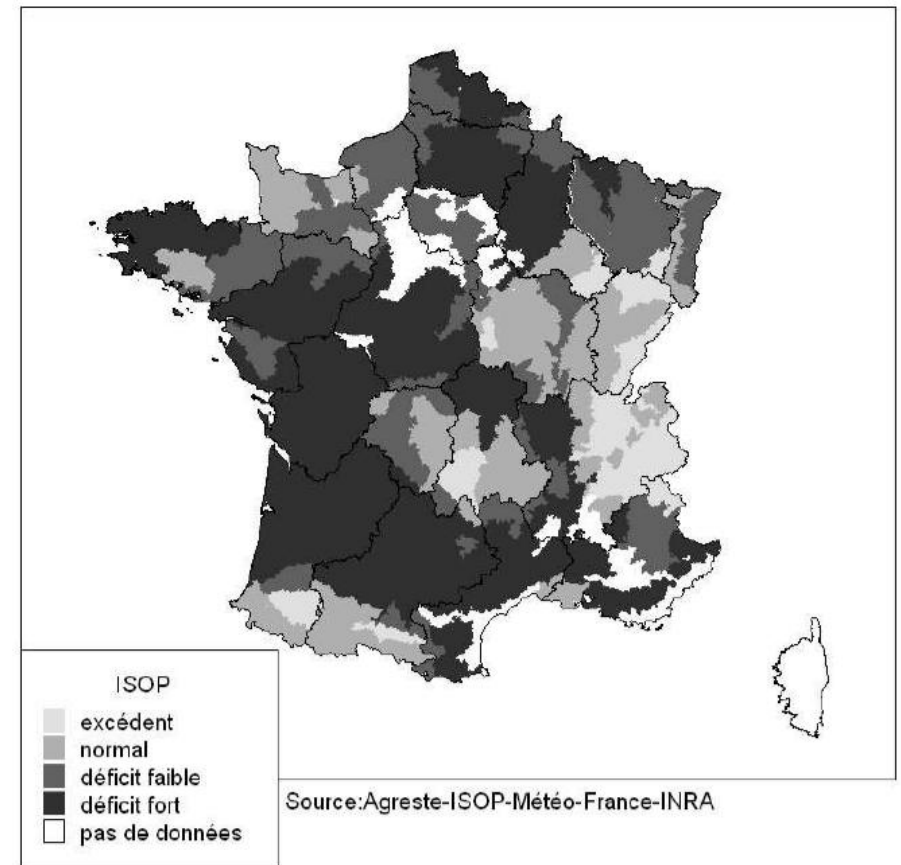
Déficit
Hiver
2012

Indicateur de suivi des prairies en 2011 (ISOP : Agreste - Météo France – INRA)

Indicateur de rendement des prairies permanentes
au 20 juin 2011



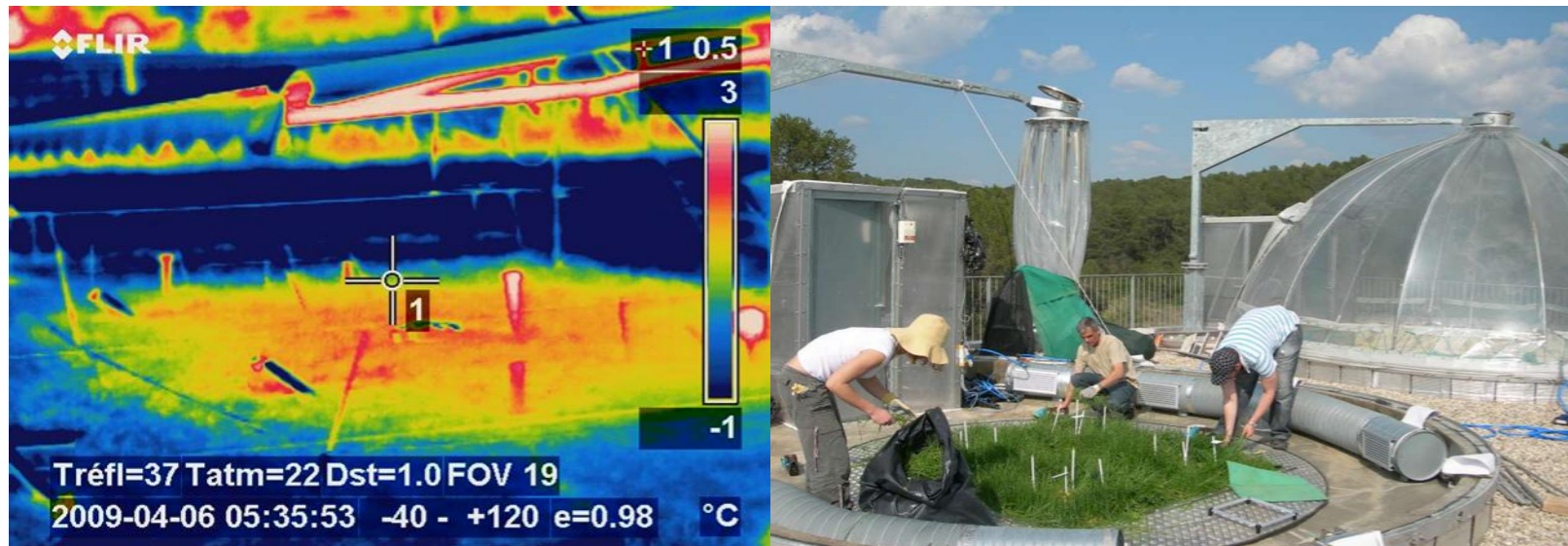
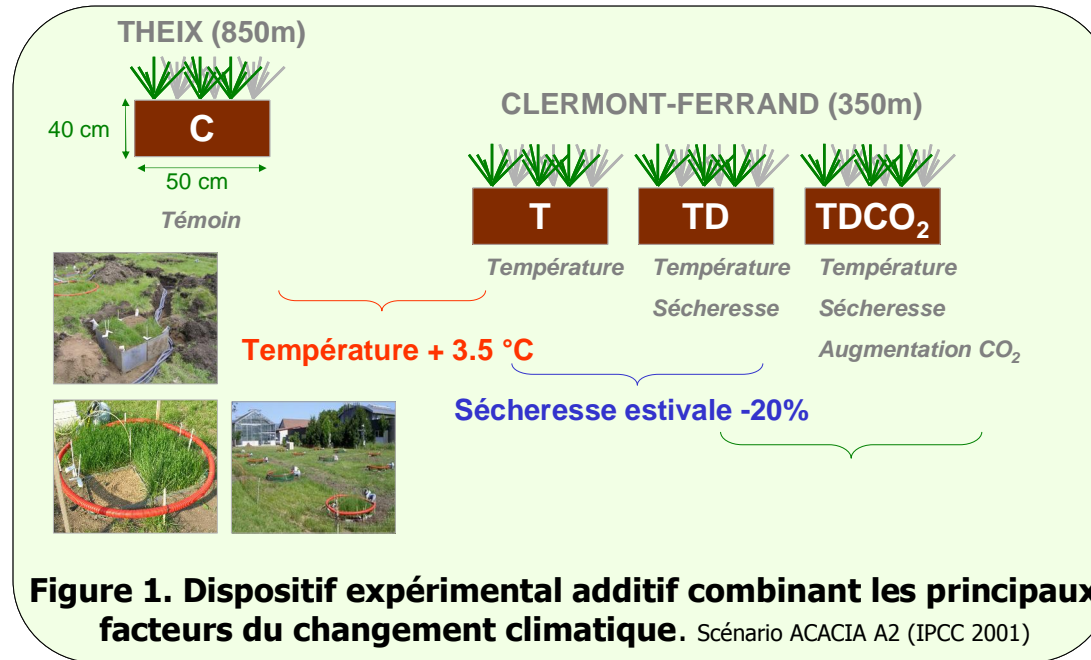
Indicateur de rendement des prairies permanentes
au 20 octobre 2011



- Mesures adoptées dans les élevages
 - Entame du stock de fourrage
 - Achat foin, paille, concentrés
 - Utilisation de substitution :
 - Maïs grain en fourrage-ensilage ; paille en fourrage
 - Création de nouvelles ressources :
 - Intercultures consommables ; cultures dérobées ; récolte des refus de pâturage ; sursemis
 - Modification du pâturage
 - Arrêt ; accroissement de surfaces pâturées ; distribution de fourrage au pré
 - Avancée de ventes d'animaux de réformes pour ajustement de la charge

Un projet sur les impacts de la variabilité climatique

- Le principal objectif du projet VALIDATE est de comprendre les impacts de la variabilité future du climat sur les prairies et les élevages herbagers et de tester des pistes d'adaptation.
- La vulnérabilité des élevages herbagers a été étudiée à partir de scénarios climatiques, en combinant plusieurs approches :
 - 1, expérimentation,
 - 2, modélisation biophysique
 - 3, modélisation socio-économique.



Est-ce que l'augmentation du CO₂ peut supprimer les effets d'une vague de chaleur et de sécheresse ?



12 macrocosmes (4 m²)

2050 Scénario A2

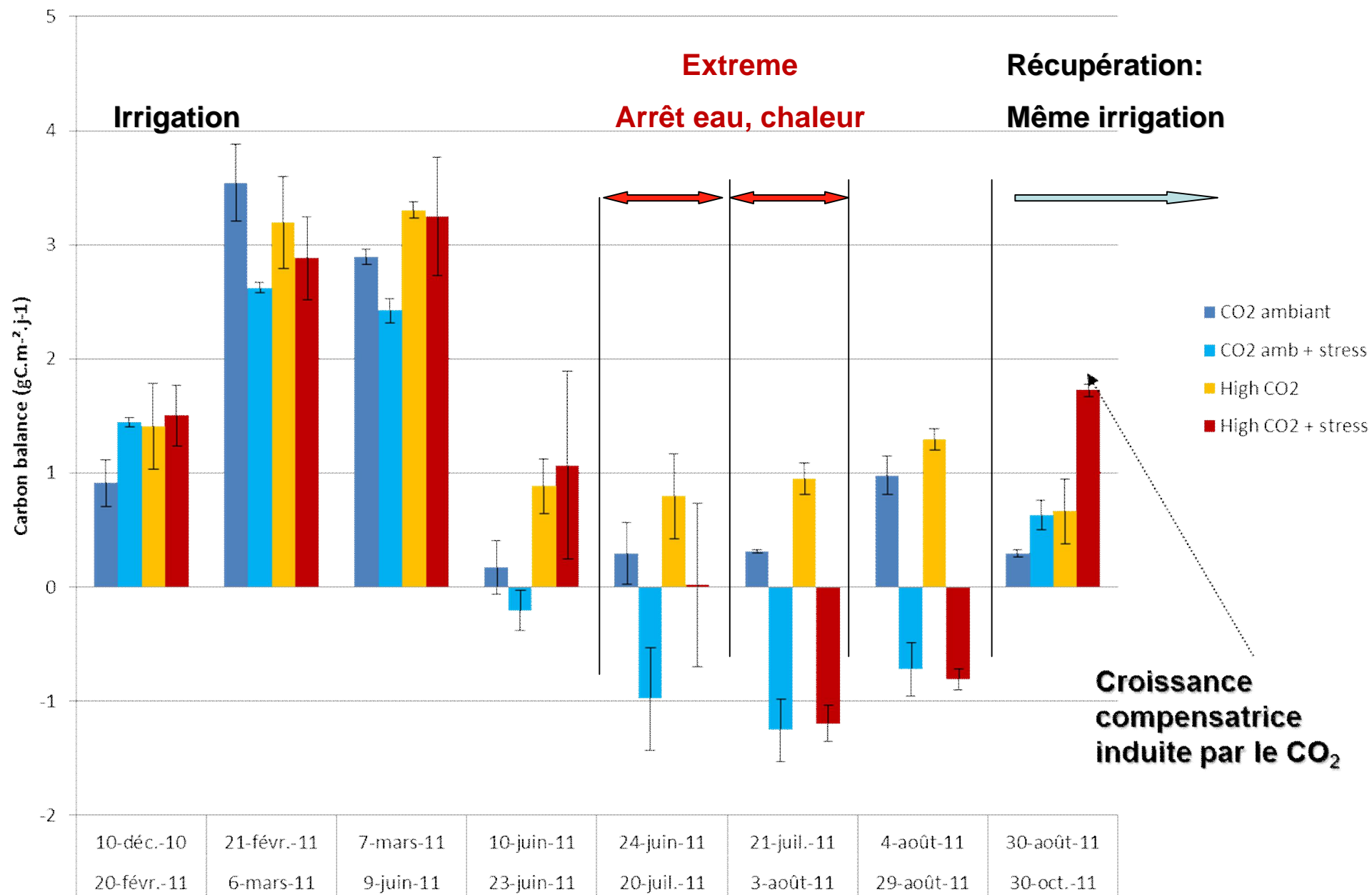
Avec/sans **extrême**

Avec/sans **CO₂ élevé (580 ppm, scénario '2050')**

Bilan carbone et eau



L'augmentation du CO₂ induit une croissance compensatrice après la fin de l'extrême



Résultats expérimentaux

- Massif-Central (prairie permanente)
 - Production annuelle : -20 à -30 % (y compris sous CO₂ enrichi)
 - Moindre sensibilité de la production de la prairie aux canicules et sécheresse après acclimatation
 - Perte des légumineuses fixatrices d'azote (trèfle blanc)
 - Effet positif de l'augmentation du CO₂ atmosphérique
- Ouest et Languedoc (prairie temporaire)
 - Les variétés semées (Dactyle et Fétuque élevée) d'origine méditerranéenne ont été plus résilientes à la canicule et à la sécheresse que celles d'origine tempérée.
- Alpes (col du Lautaret)
 - Aucun impact significatif d'une canicule et d'une sécheresse sur l'espèce dominante de graminée (Fétuque paniculée)

Production

- Risques accrus de perte de production en été
 - Production d'herbe et de lait au pâturage
- Baisse de la qualité (teneur en protéines)
- Opportunités pour valoriser une production accrue d'herbe au printemps et à l'automne
- Potentiel élevé d'adaptation du calendrier d'exploitation de la prairie
- Potentiel d'adaptation, voire de reconception, du système fourrager et du système d'élevage (méthode participative)
- Potentiel d'optimisation économique des exploitations d'élevage

Environnement

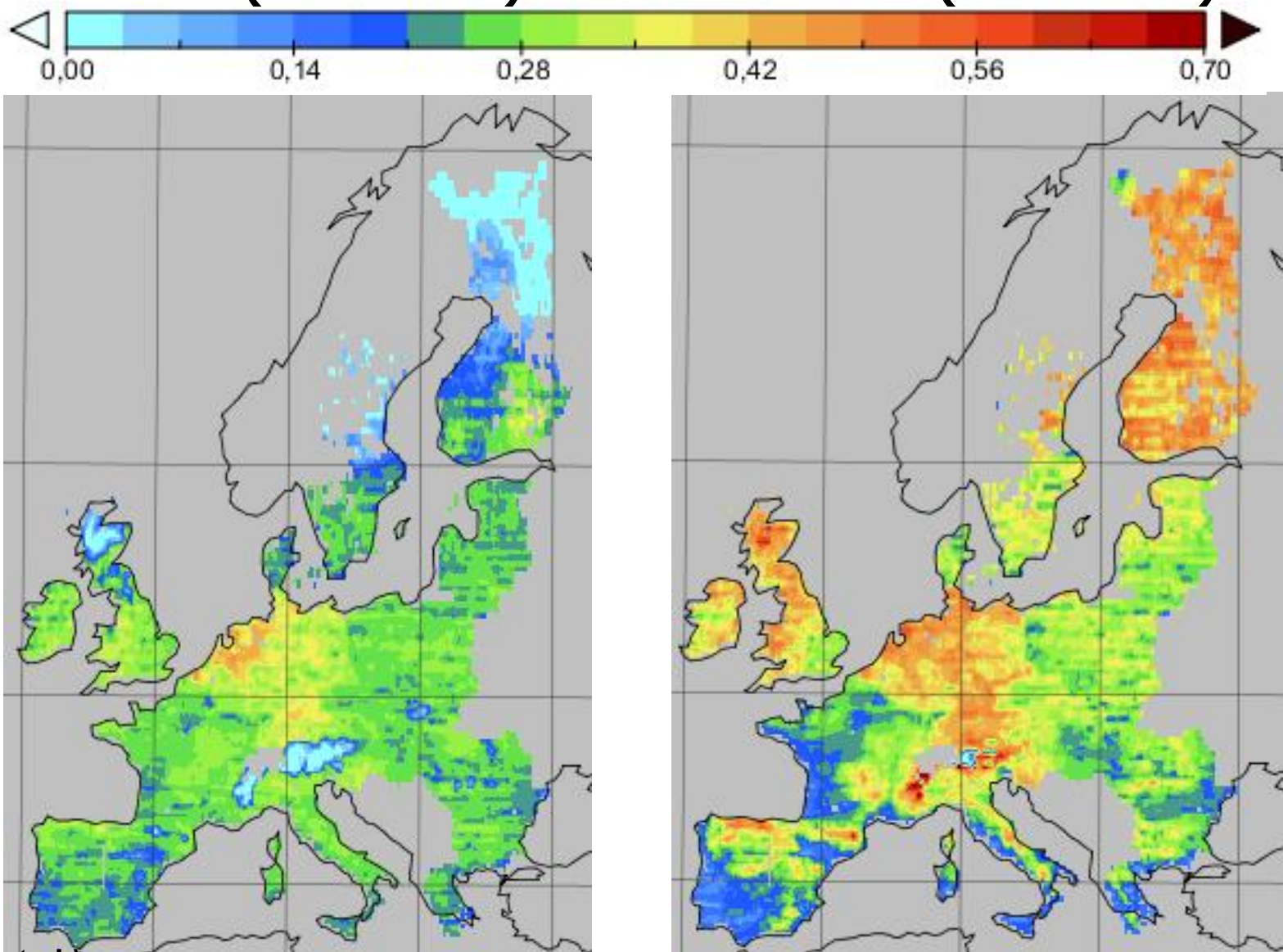
- Réduction du drainage hivernal et de la réalimentation des aquifères
- Augmentation fréquente des émissions de N₂O
- Peu d'effets sur les émissions de méthane par animal
- Peu d'effets sur le stock de carbone et de matière organique du sol (sauf en cas de forte disponibilité initiale en eau)

Limites des approches de modélisation

- Nous n'avons pas réussi à simuler les changements de composition botanique et leurs effets,
- Difficultés du passage de la parcelle au système d'élevage, puis du système d'élevage à la dimension économique.

Risque climatique : production des prairies en année sèche (1 année sur 4)

Scénario A1B, modèle climatique ARPEGE, modèle prairies : PASIM
(1961-2010) **(2011-2060)**



Méta-Programme

Adaptation de l'Agriculture et de la Forêt au Changement Climatique (ACCAF)

Observation

Expérimentation et
modélisation

Evaluation des
coûts et bénéfices

Diffusion et
Innovation

1. Résilience
de
l'agriculture
à moyen
terme

Réseau d'observation de la phénologie
Adaptation de la viticulture
Adaptation de la qualité des fruits et des graines
Utilisation de la diversité spécifique

2. Projections et
scénarisations
régionalisées et
sectorielles à
long terme

AGMIP, modélisation impacts
Fonctionnement des sols (Russie)
Projections couplées hydrologie-agronomie

3. Options d'
adaptation à long
terme

Gestion adaptative de l'eau (Inde, *KIC Climat*)
Génétique et adaptation des arbres forestiers (*Noveltree*)
Génétique et adaptation des bovins et porcins
Génétique et adaptation du blé et du maïs (Breedwheat, Amazing)
Génétique et adaptation des fourrages
Adaptation et atténuation élevage (*AnimalChange*)

En italiques : autres sources de financement



European Research Institutes / Universities



1. Institut National de la Recherche Agronomique – (France)



2. Aarhus University (Denmark)



3. Teagasc-Irish Agriculture and Food Development Authority (Ireland)



4. Universidad Politécnica de Madrid (Spain)



5. Aberystwyth University - Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences (United Kingdom)



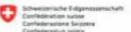
6. Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (The Netherlands)



7. Institute of Botany and Ecophysiology, Szent Istvan University (Hungary)



8. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (France)



9. Federal Department of Economic Affairs - Agroscope Swiss Federal Research Station (Switzerland)



10. Scottish Agricultural College (United Kingdom)



11. Commissariat à l'Énergie Atomique (France)



12. International Institute for Applied Systems Analysis (Austria)



13. INRA Transfert (France)

Animal production industries



14. PROVIMI (The Netherlands)



15. FertiPrado (Portugal)

Institutions from ICPCs and international organisations



16. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brazil)



17. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brazil)



18. Institut National de Recherches Agronomiques de Tunisie (Tunisia)



19. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (Senegal)



20. University of Pretoria (South Africa)



21. International Livestock Research Institute (Kenya)



22. AgResearch New Zealand – GHG Research Centre (New Zealand)



23. European Federation of Animal Science (Italy)



24. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Italy)



25. European Commission - DG Joint Research – Institute for Environment and Sustainability (Belgium)

AnimalChange

Elevage et changement climatique



Programmation conjointe de la recherche (21 pays Européens)

Agriculture, Sécurité Alimentaire et Changement climatique



FACCEJPI

www.faccejpi.com



Agriculture Food Security and Climate Change

Une complexité croissante des modèles climatiques

(IPCC, 2007)

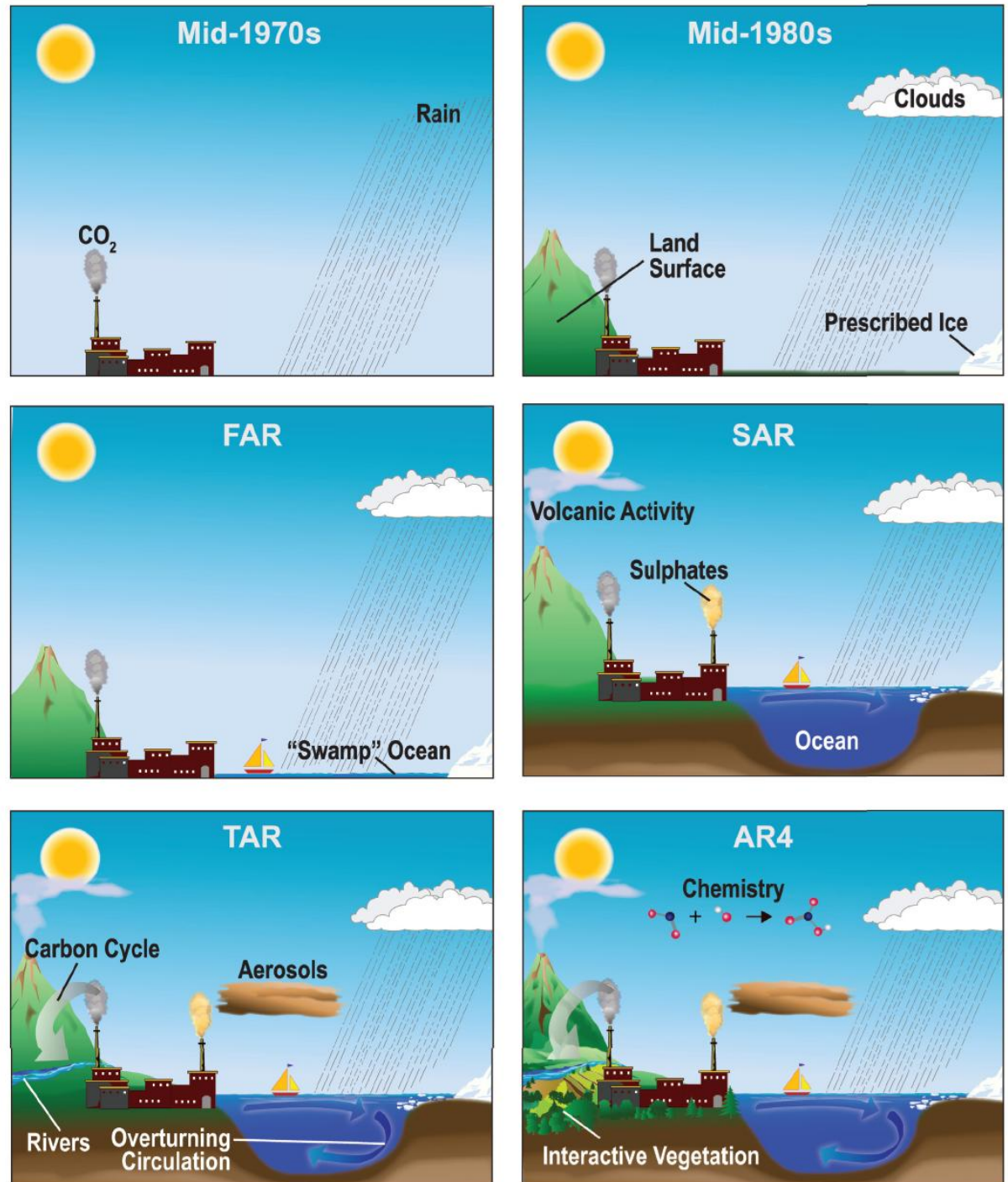
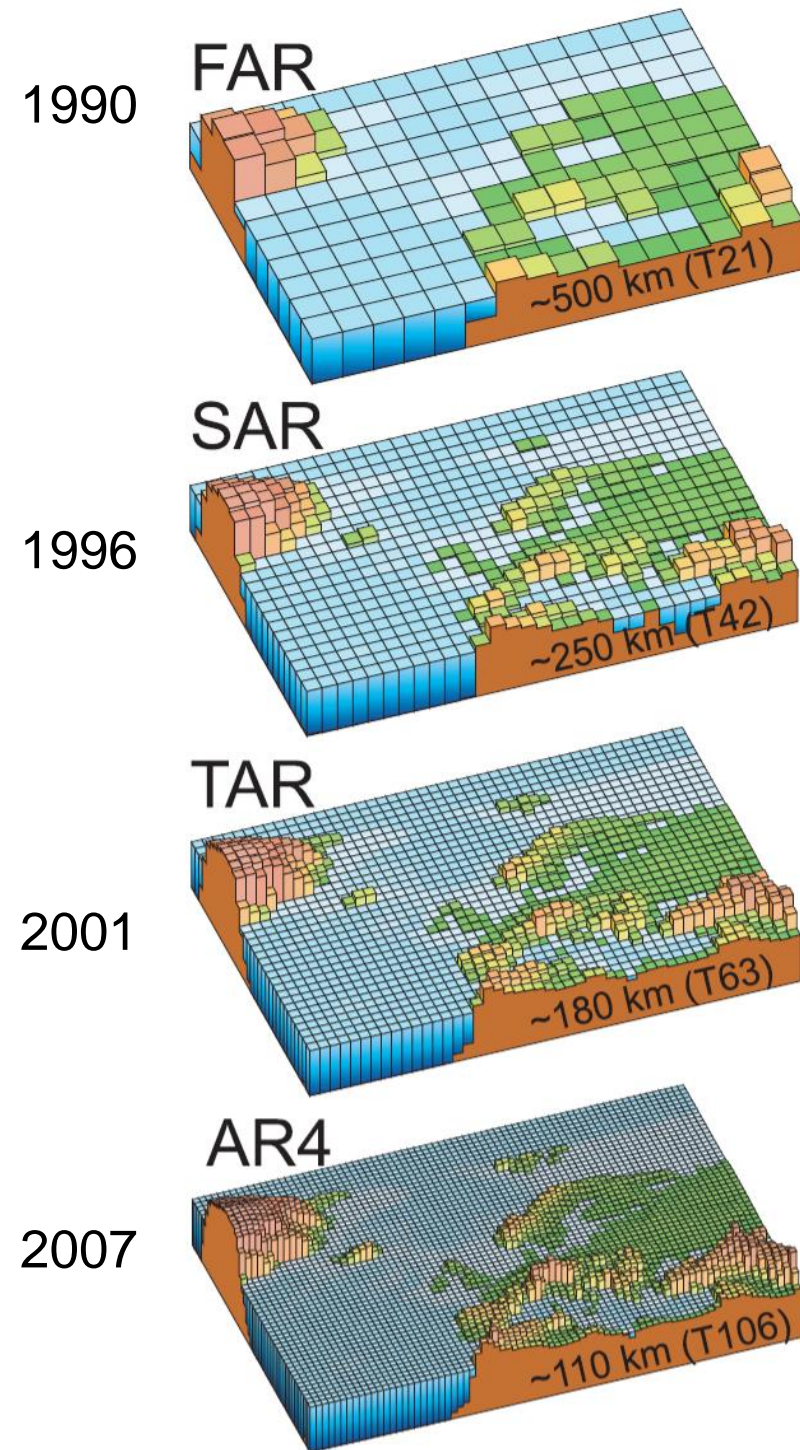


Figure 1.2. The complexity of climate models has increased over the last few decades. The additional physics incorporated in the models are shown pictorially by the different features of the modelled world.

Une résolution spatiale croissante



(IPCC, 2007)