Royaume du Maroc

Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau et de l'Environnement

Direction de la Météorologie Nationale

Variabilité et changements climatiques au Maroc

Downscaling pour le nord-est (zone du projet ACCMA)

Driouech Fatima

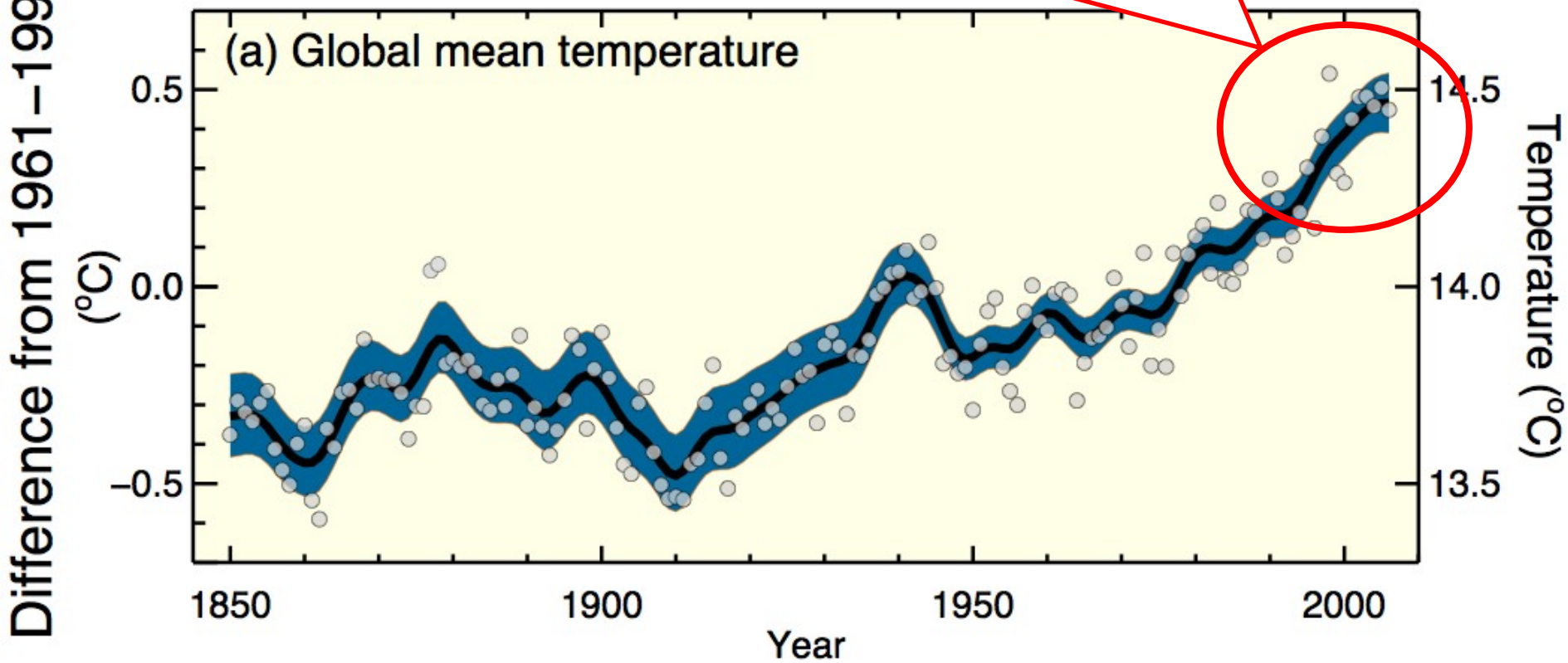
Kasmi Atika

Plan de l'exposé

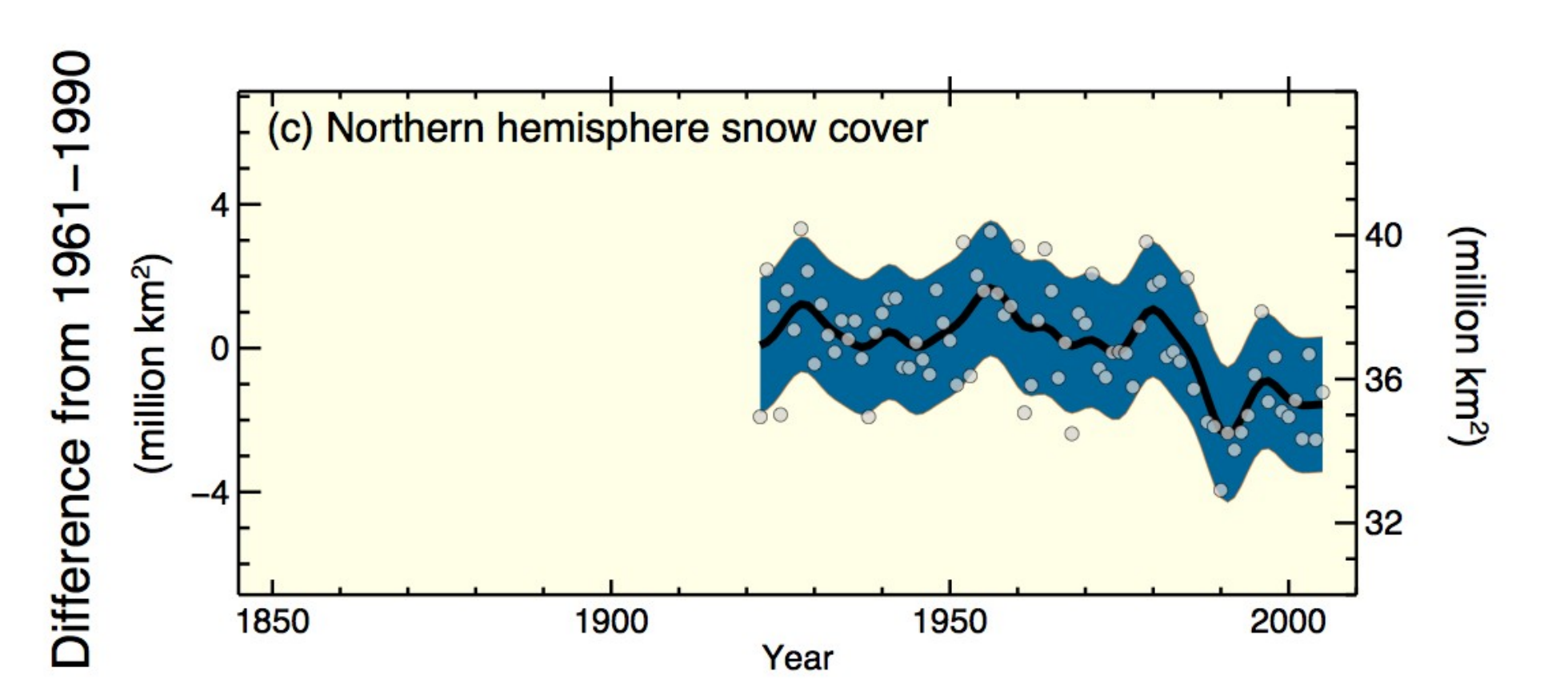
- Tendances et variabilités observées au niveau global
- Tendances et variabilités observées au Maroc
- Projections futures
- Downscaling pour la zone du projet ACCMA
- Conclusion

Les temperatures moyennes globales augmentent plus vite avec le temps

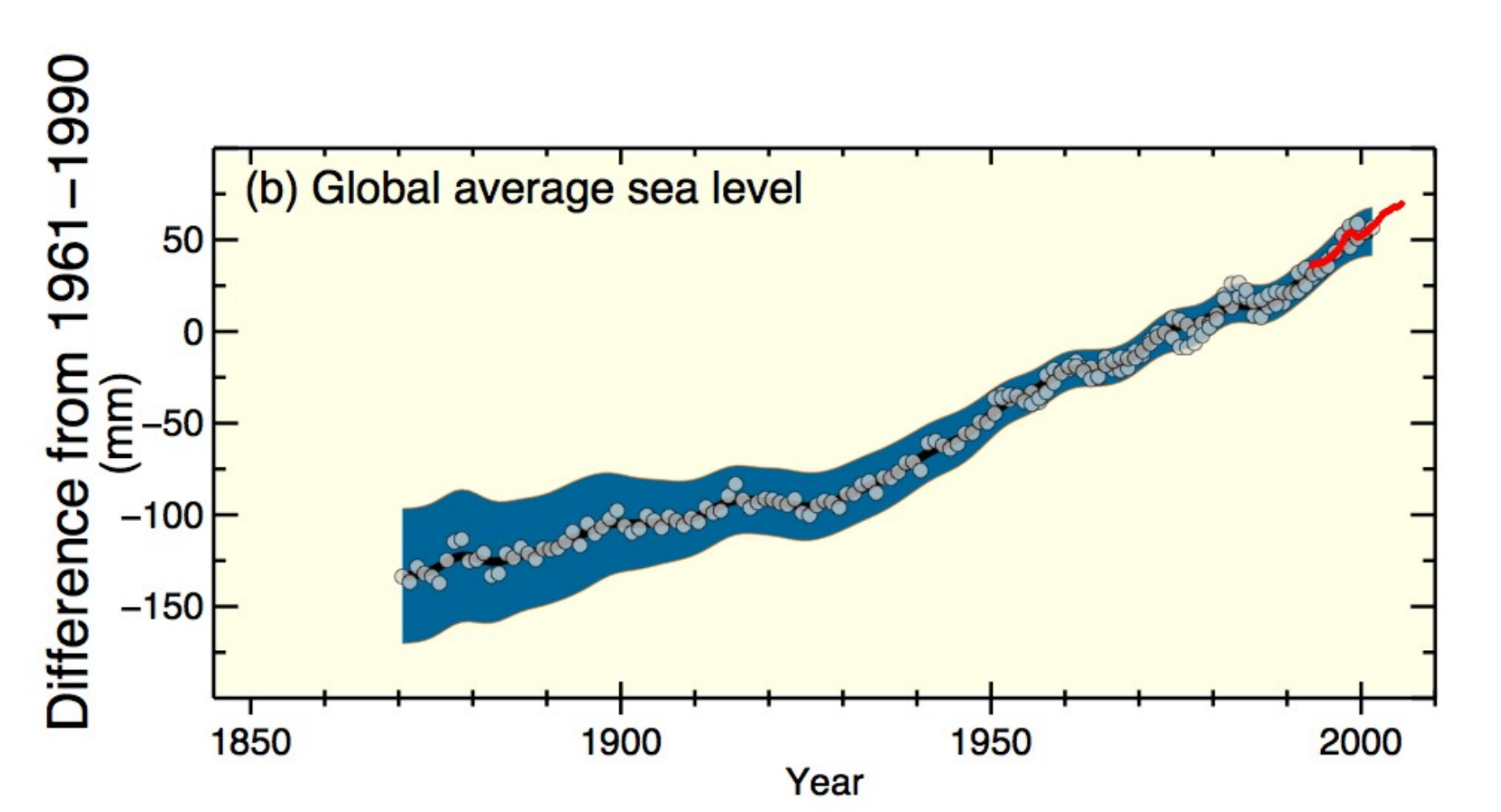
12 années les plus chaudes:
1998,2005,2003,2002,2004,2006,
2001,1997,1995,1999,1990,2000



Le manteau neigeux se réduit

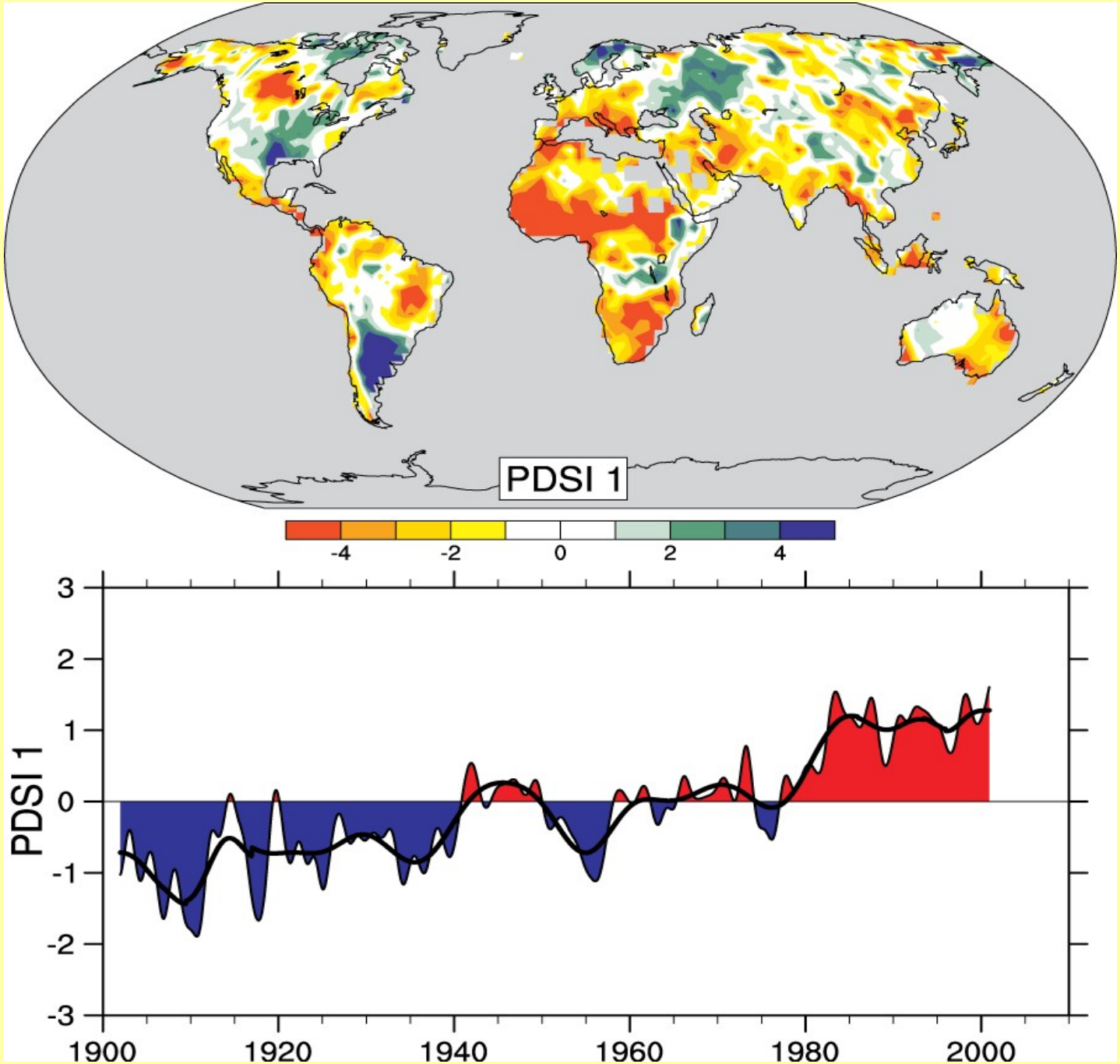


Le niveau de la mer augmente



- 1.8 + 0.5 mm /an, 1961-2003
- 1.7 + 0.5 mm /an, 20ième Siècle
- 3.1 + 0.7 mm /an, 1993-2003

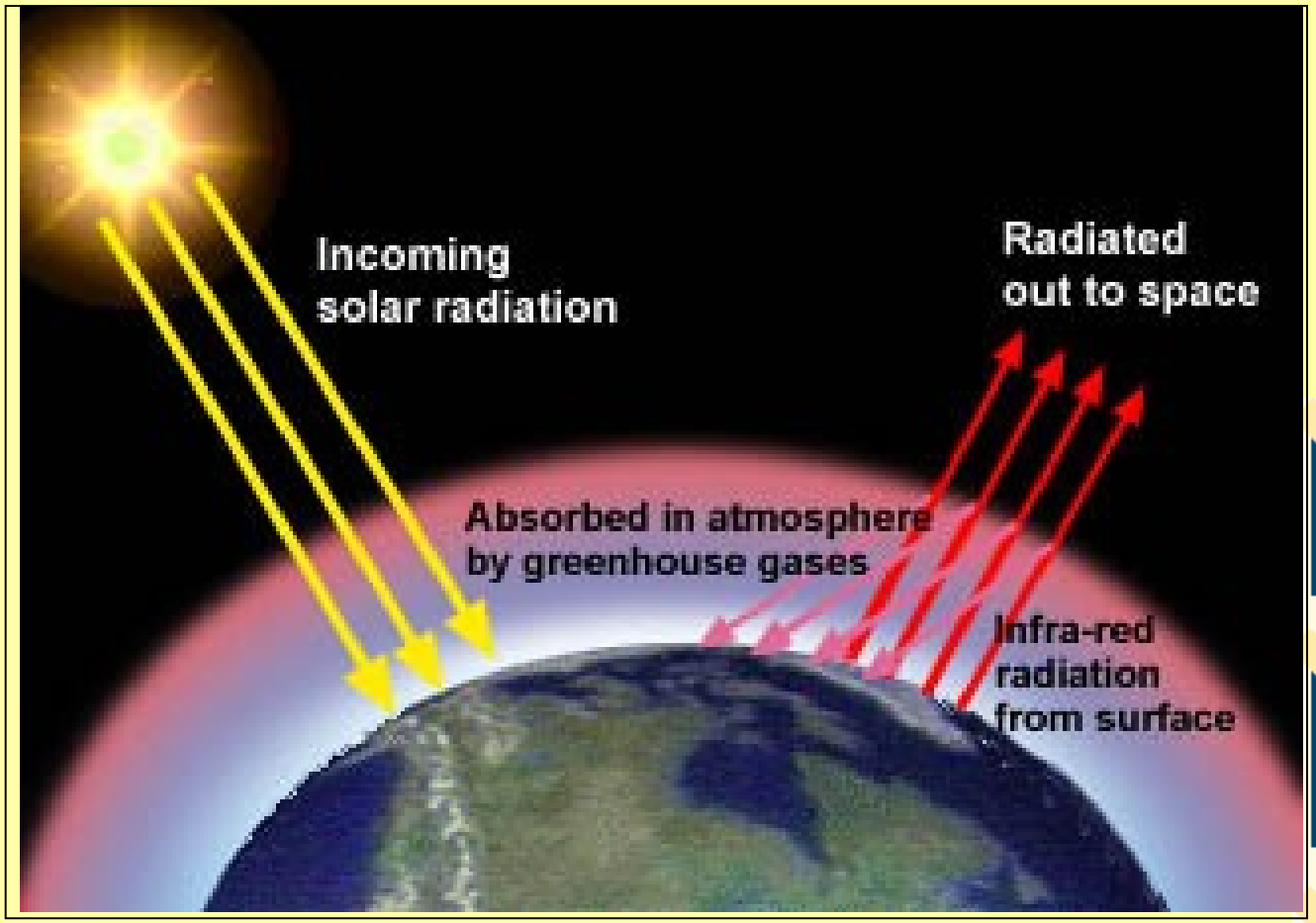
La sécheresse augmente dans la plupart des régions



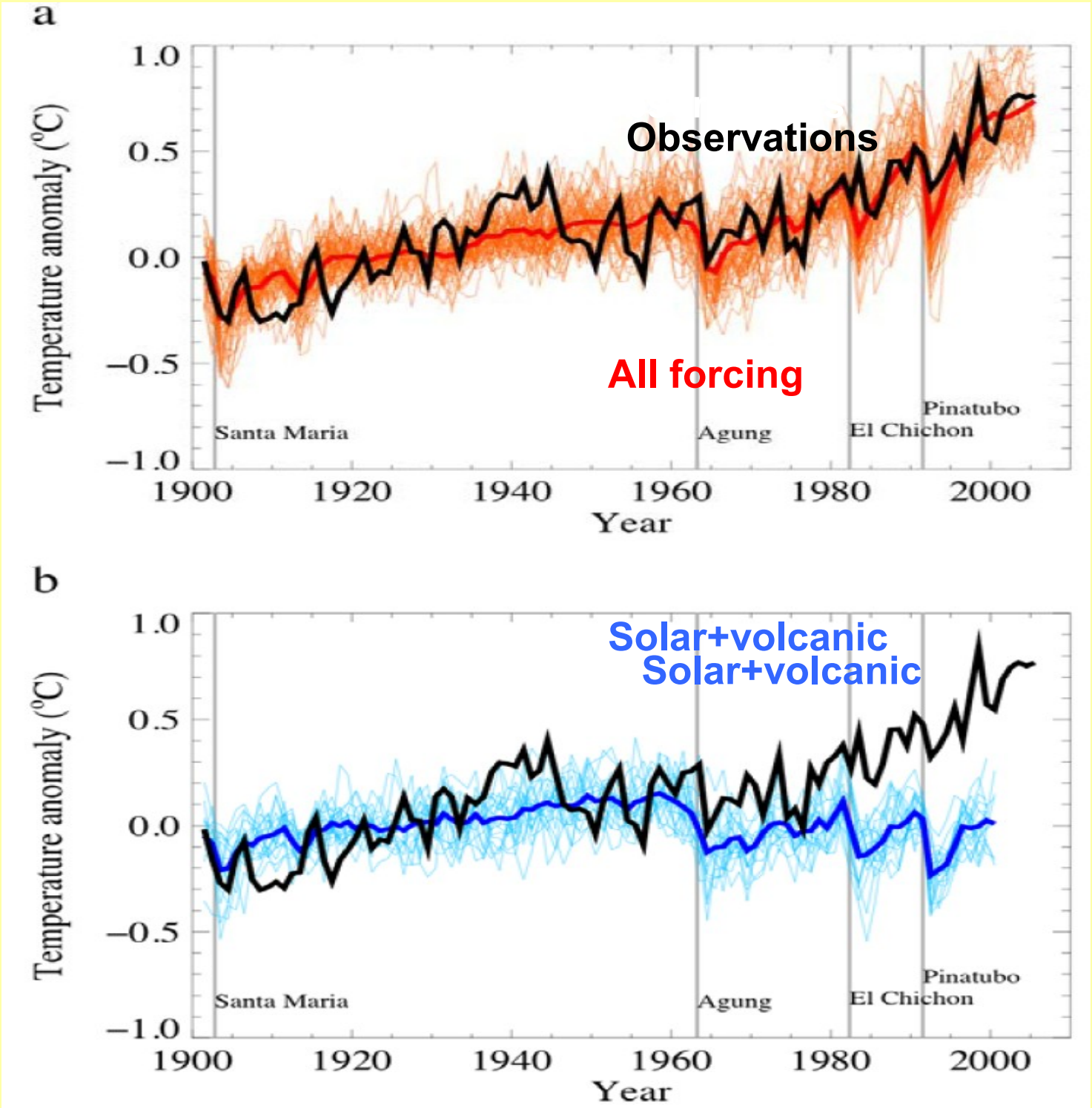
Composante spatiale la plus importante du PDSI mensuel pour 1900 - 2002.

Évolution temporelle ➡
La plus grande part de la tendance

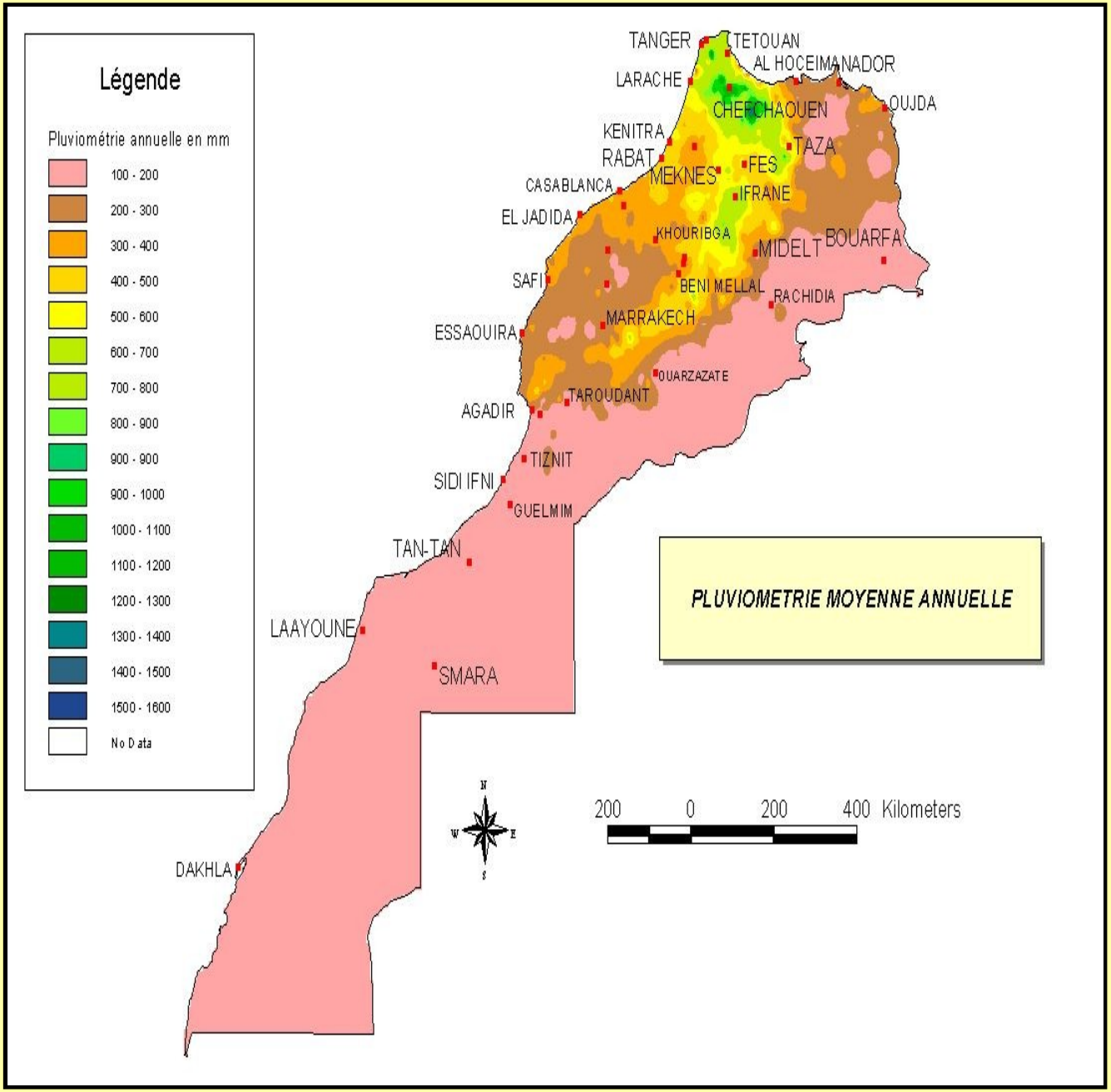
Causes les plus probables



Effet de serre

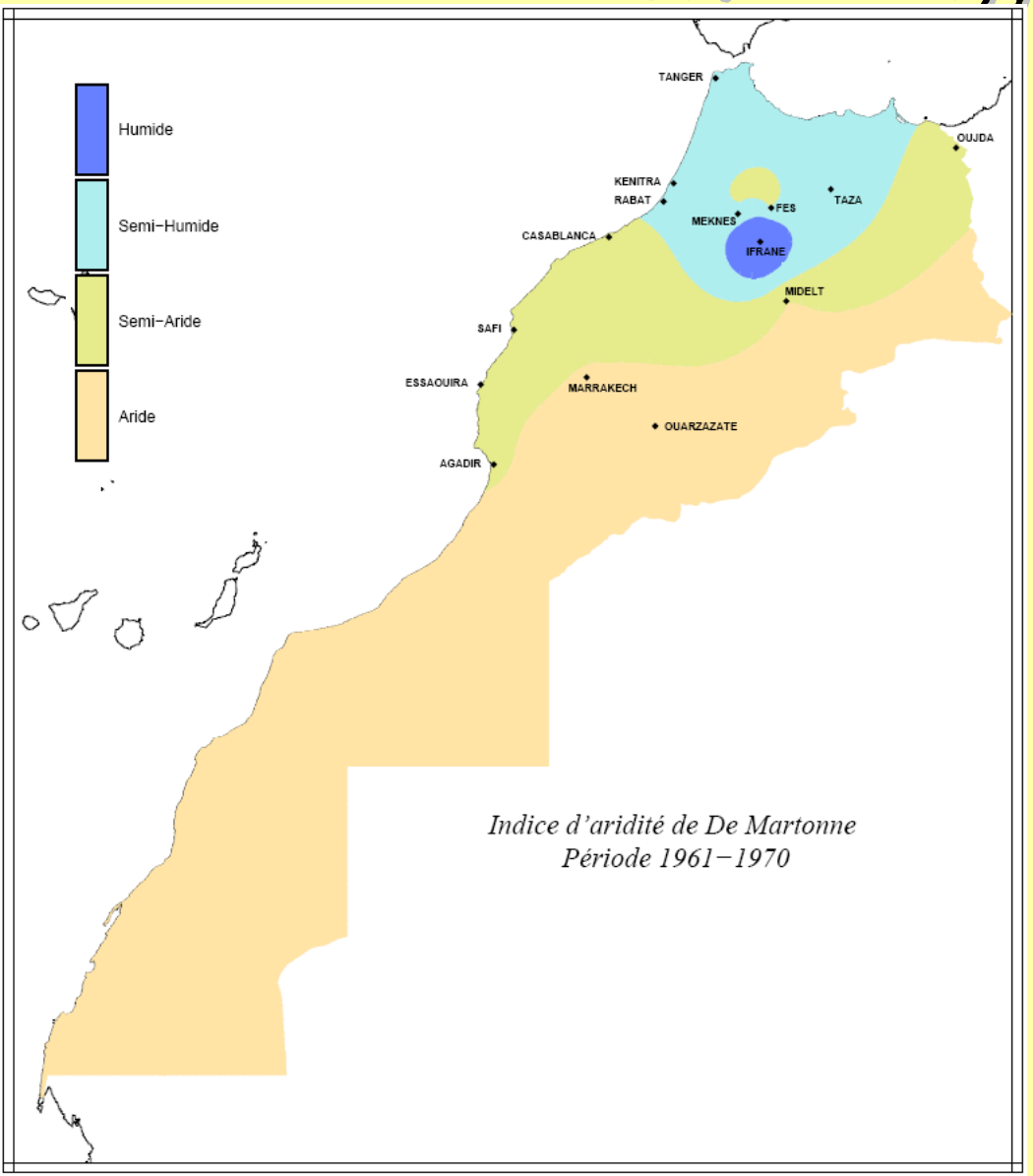

a
Observations
All forcing
Temperature anomaly (°C)
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
Santa Maria
Agung
El Chichon
Pinatubo
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Year
b
Solar+volcanic
Solar+volcanic
Temperature anomaly (°C)
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
Santa Maria
Agung
El Chichon
Pinatubo
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Year

- Nord semi-humide à semi aride
- Sud aride à désertique

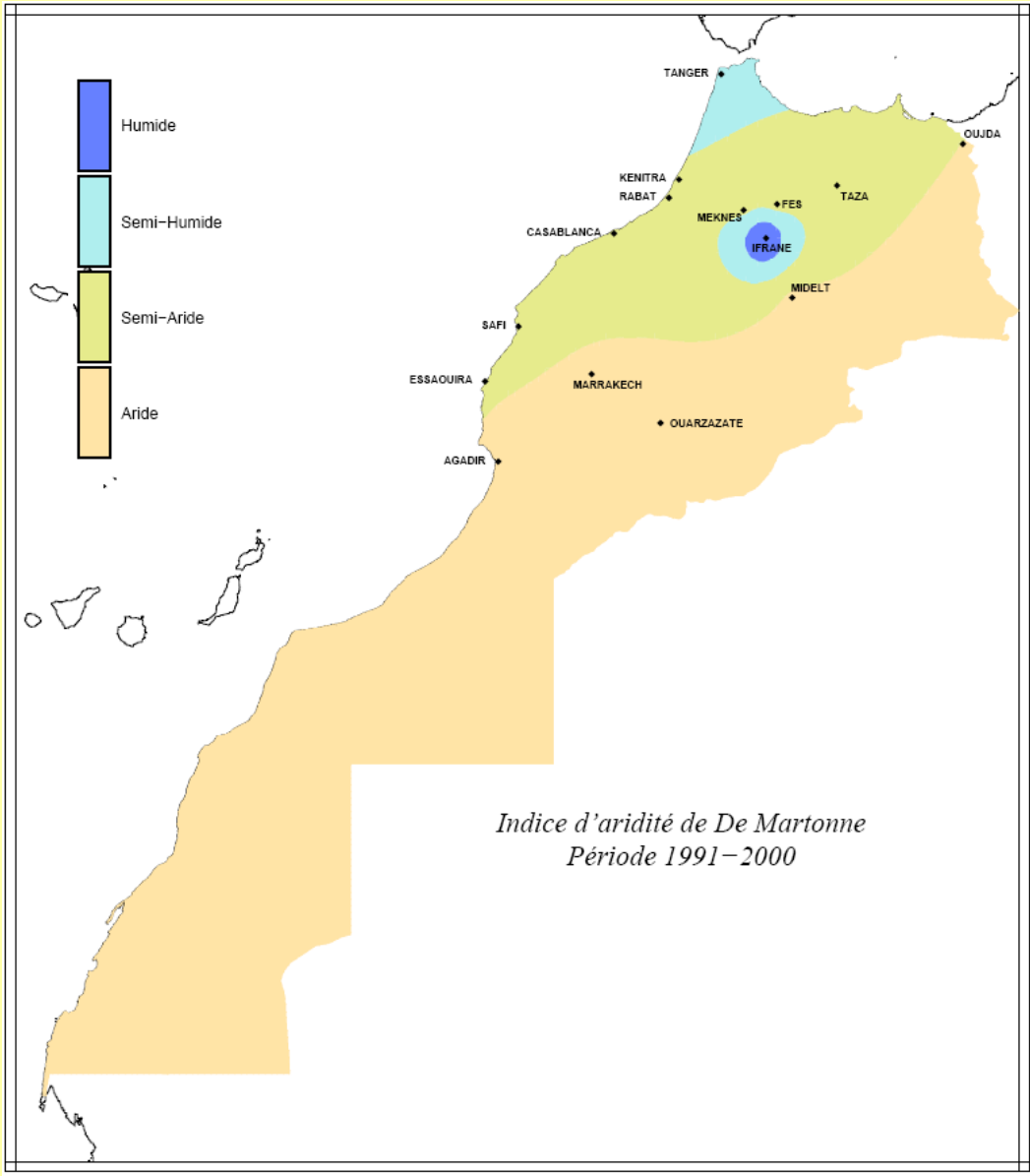


- *Variabilité temporelle et spatiale des précipitations*
- *Cumuls moyens à faibles*
- *Hivers relativement humides*
- *Étés chauds et secs*

Évolutions et Tendances observées au Maroc: types de climats



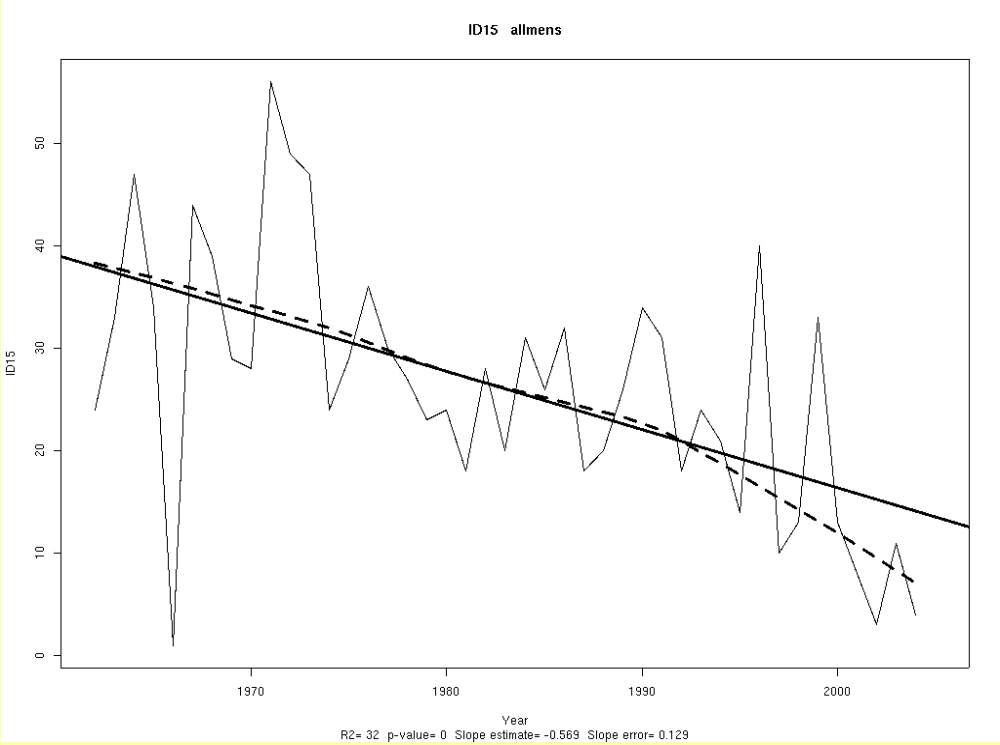
1961-1970



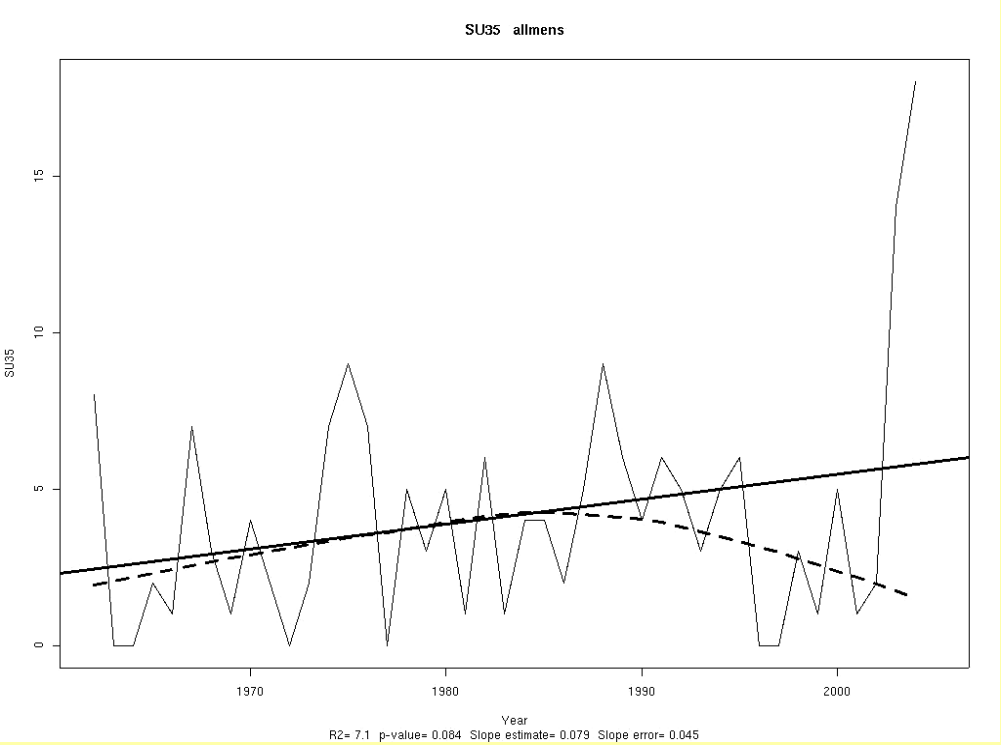
1991-2000

Paramètres	Indices de changements climatiques	Définitions
Température	SU35	Nombre total annuel de jours chauds : Tx > 35°C
	ID15	Nombre total annuel de jours frais : Tx < 15°C
	WSDI	Nombre total annuel de jours avec au moins 6 jours consécutifs de Tx > percentile 90
	CSDI	Nombre total annuel de jours avec au moins 6 jours consécutifs de Tn < percentile 10
Précipitation	CDD	Nombre maximal de jours consécutifs de sécheresse : RR < 1mm
	R95p	Cumul des précipitations quand RR > percentile 95
	R99p	Cumul des précipitations quand RR > percentile 99

Évolutions et Tendances observées indices de CC



Total annuel de jours frais (Maroc)

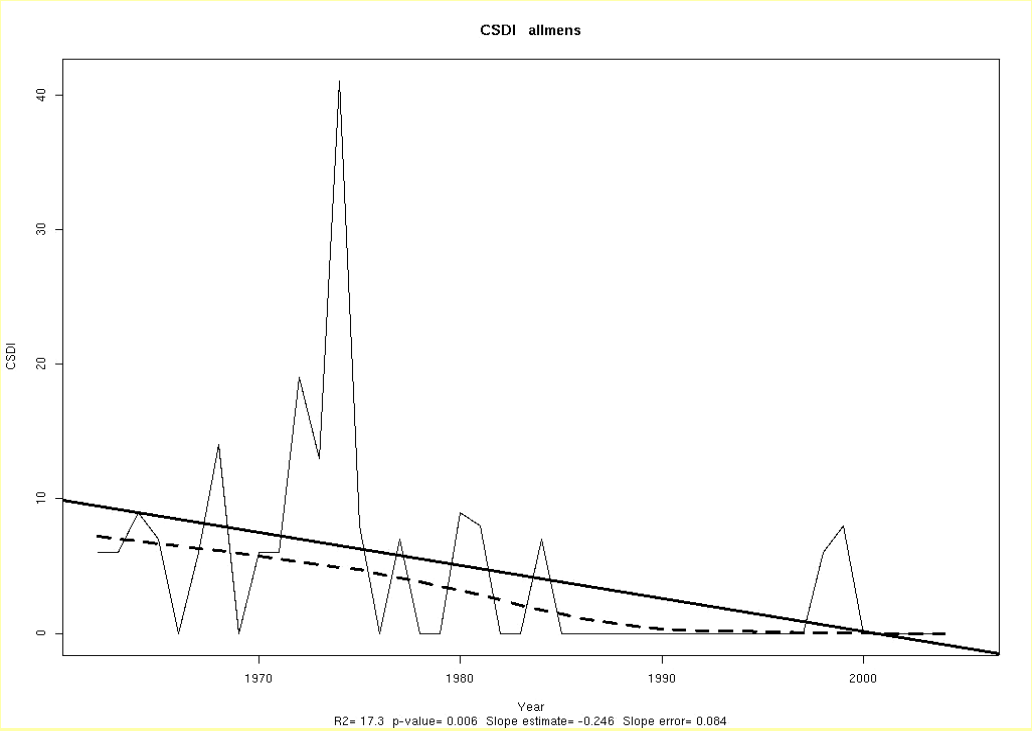


Total annuel de jours chauds (Maroc)

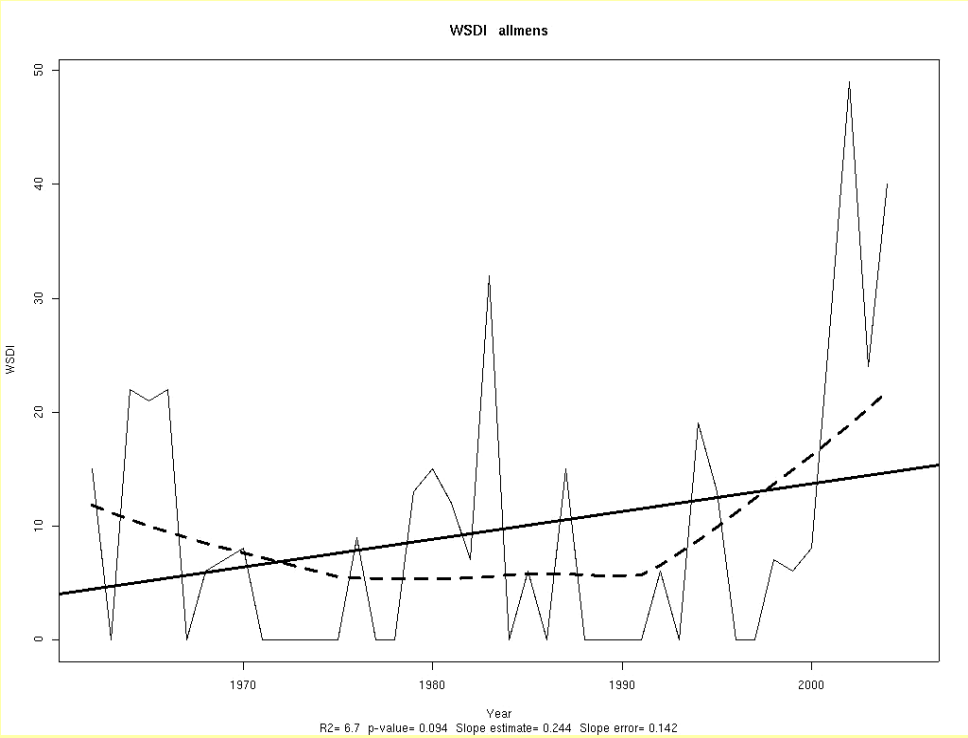
→Jours frais: Nette tendance à la baisse à l'échelle nationale diminution de l'ordre 25 jours en 45 ans

→ Jours chauds: Tendances positives mais relativement faibles et statistiquement non significatives

Évolutions et Tendances observées indices de CC



Vagues de froid (Maroc)

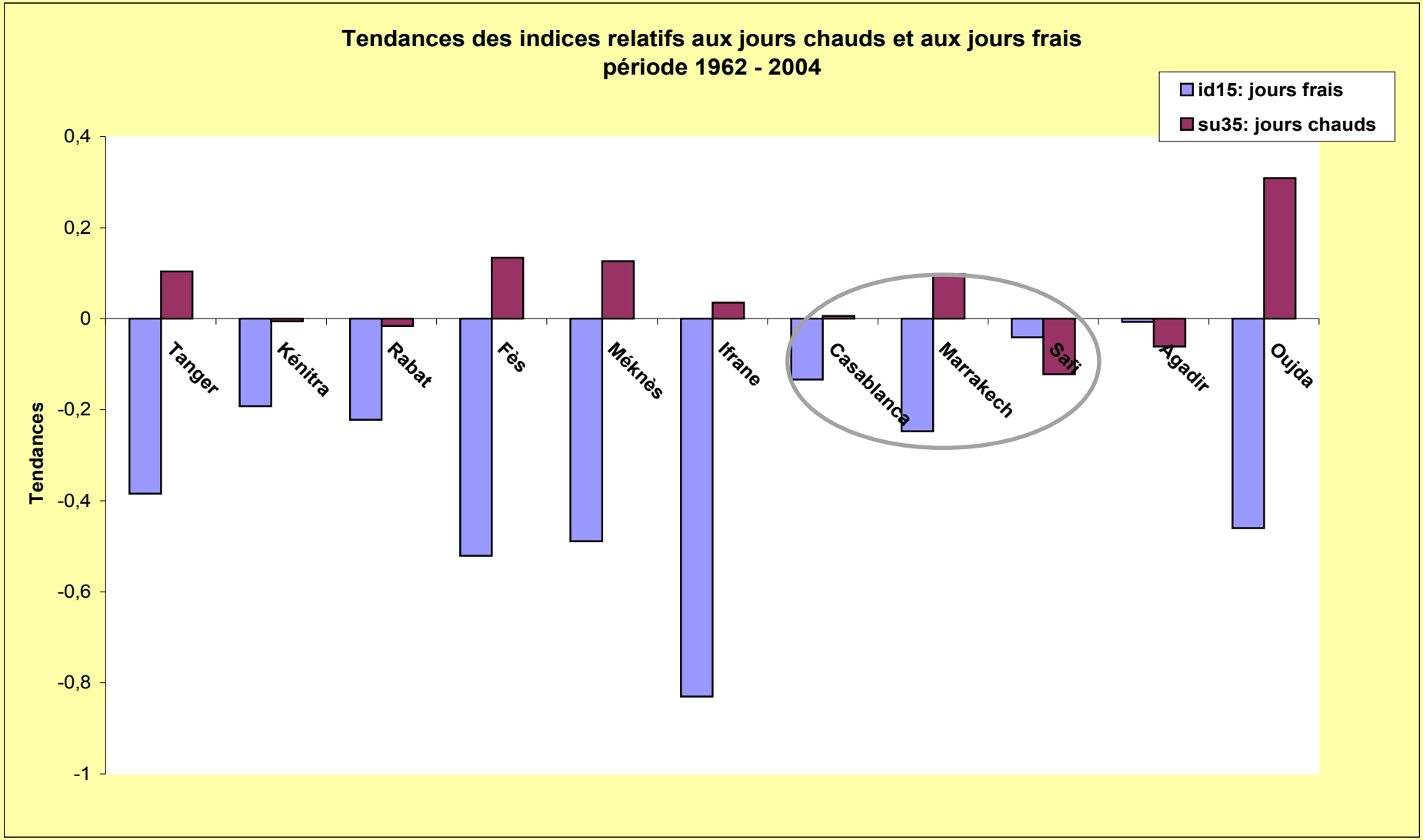


Vagues de chaleur (Maroc)

-Vagues de froid: Tendances à la baisse significatives de -0.25 j/an pour le Maroc; i.e diminution de 11 jours en 45 ans

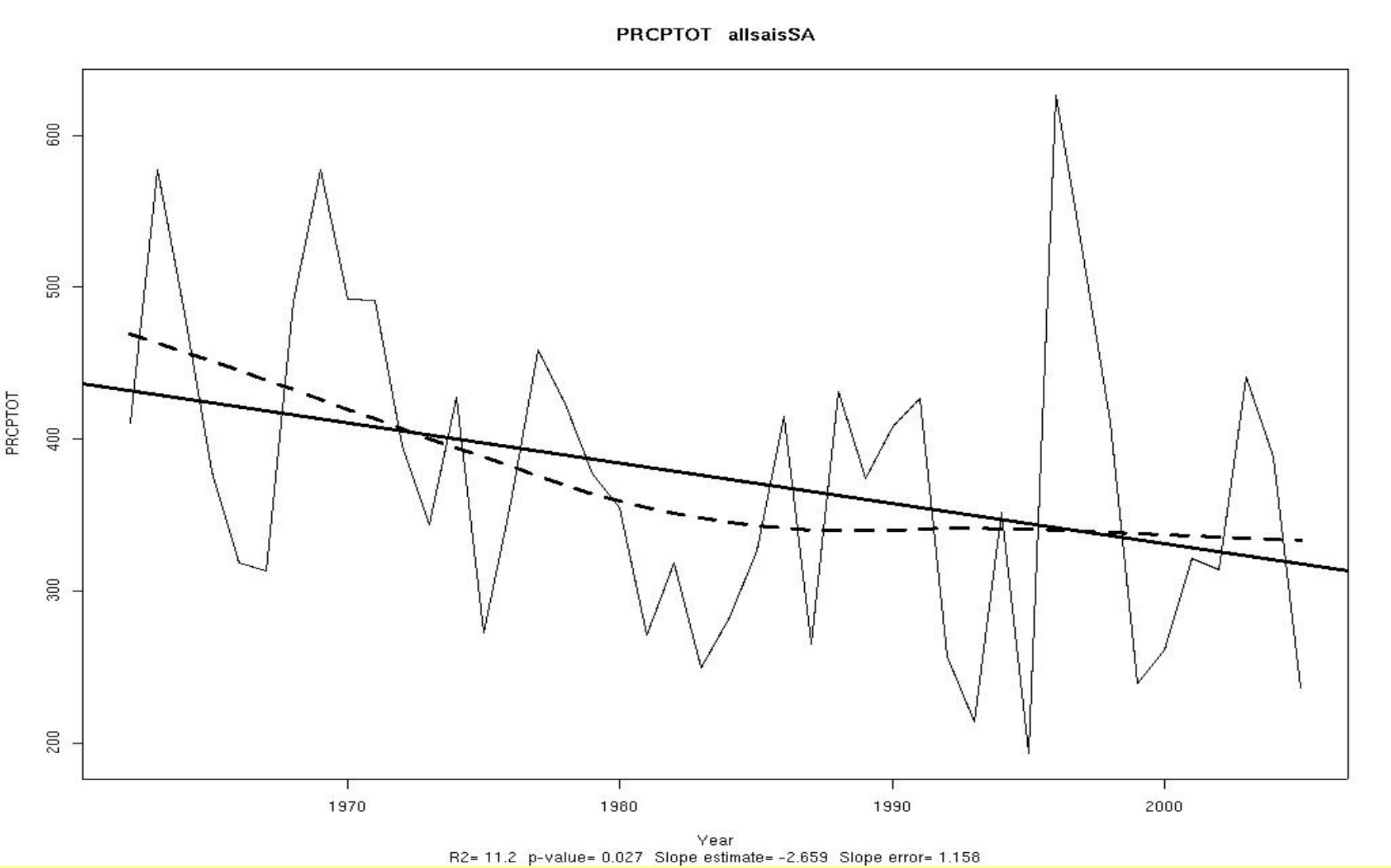
- Vagues de chaleur: Tendance à la hausse de même ordre de grandeur que les vagues de froid mais statistiquement non significatives

Évolutions et Tendances observées indices de CC



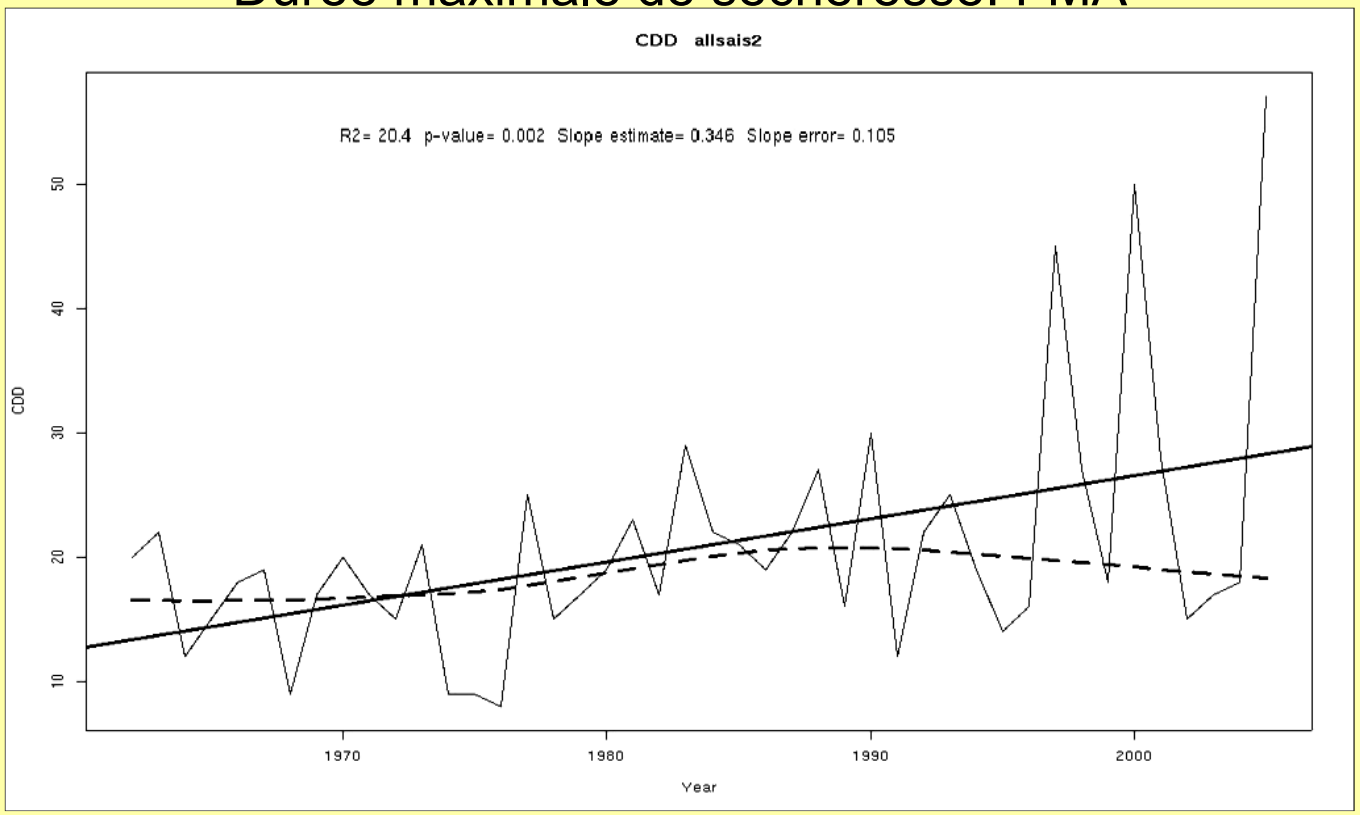
Évolutions et Tendances observées: pluviométrie

Précipitations moyennes nationales cumulées sur la saison pluvieuse



Évolutions et Tendances observées indices de CC

Durée maximale de sécheresse: FMA



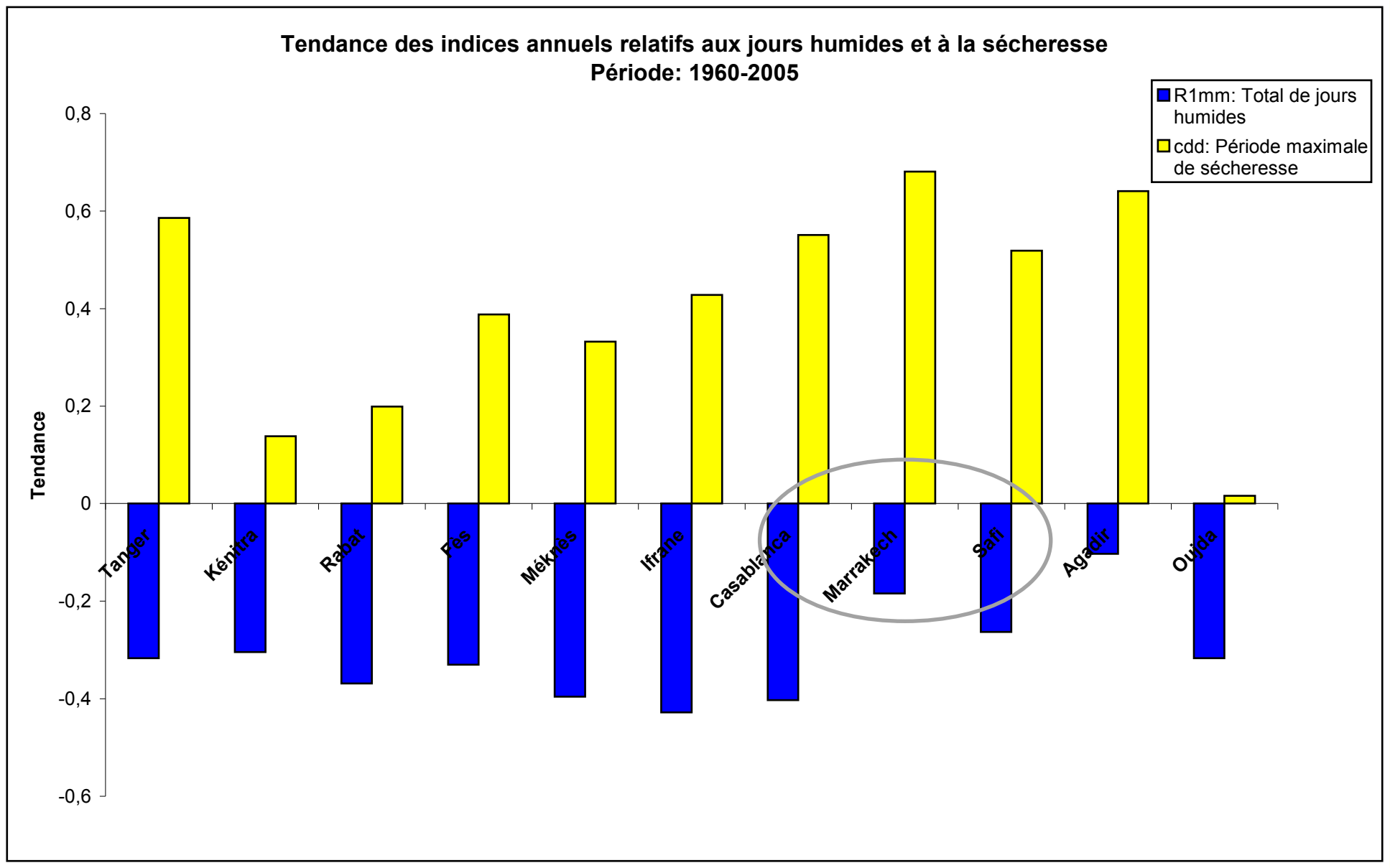
-Tendances positives pour saison pluvieuse

-Mais importantes et significatives en fin de saison pluvieuse où en 45 ans: allongement de 15 jours

-Fortes variabilités interannuelles depuis 1995

-Début de saison pluvieuse (SO): Tendances négatives mais faibles et non significatives

Évolutions et Tendances observées indices de CC



En termes d'évolutions et tendances observées au Maroc:

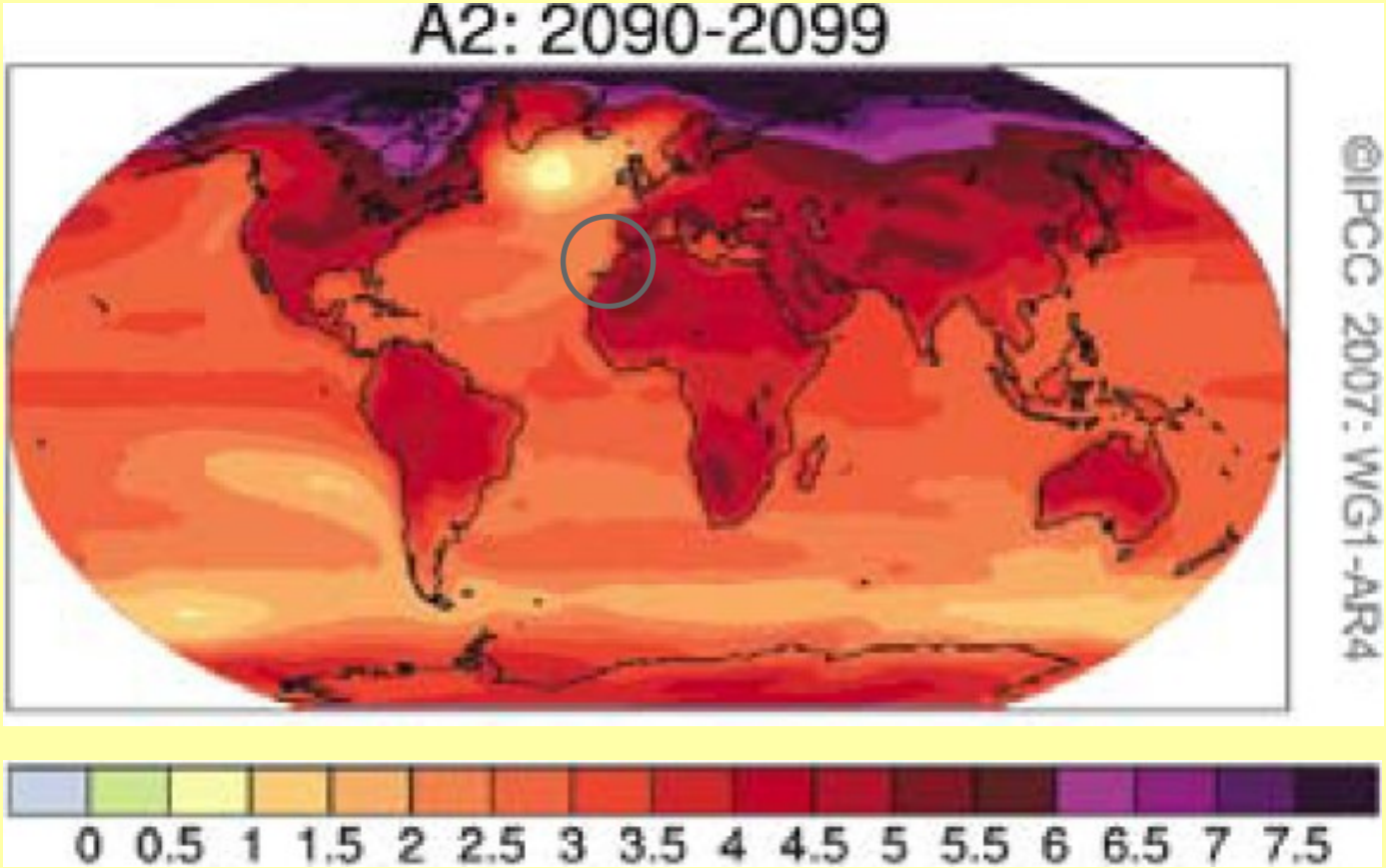
- L'évolution des indices thermiques indique une tendance vers le réchauffement

- Celle des indices pluviométriques une tendance vers l'assèchement surtout en fin de la saison pluvieuse ; période importante pour l'agriculture

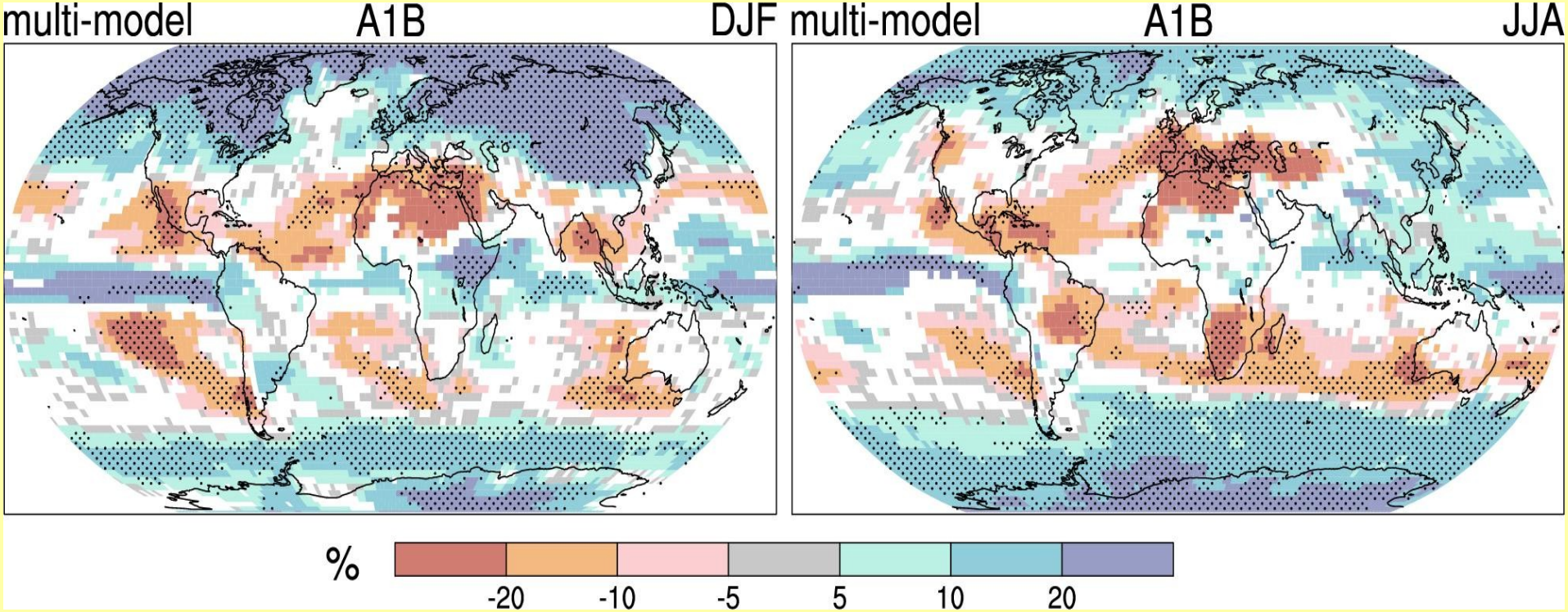
- Tendance vers la migration du climat à caractère semi-aride vers le nord

Projections futures

Projections futures



Projections futures



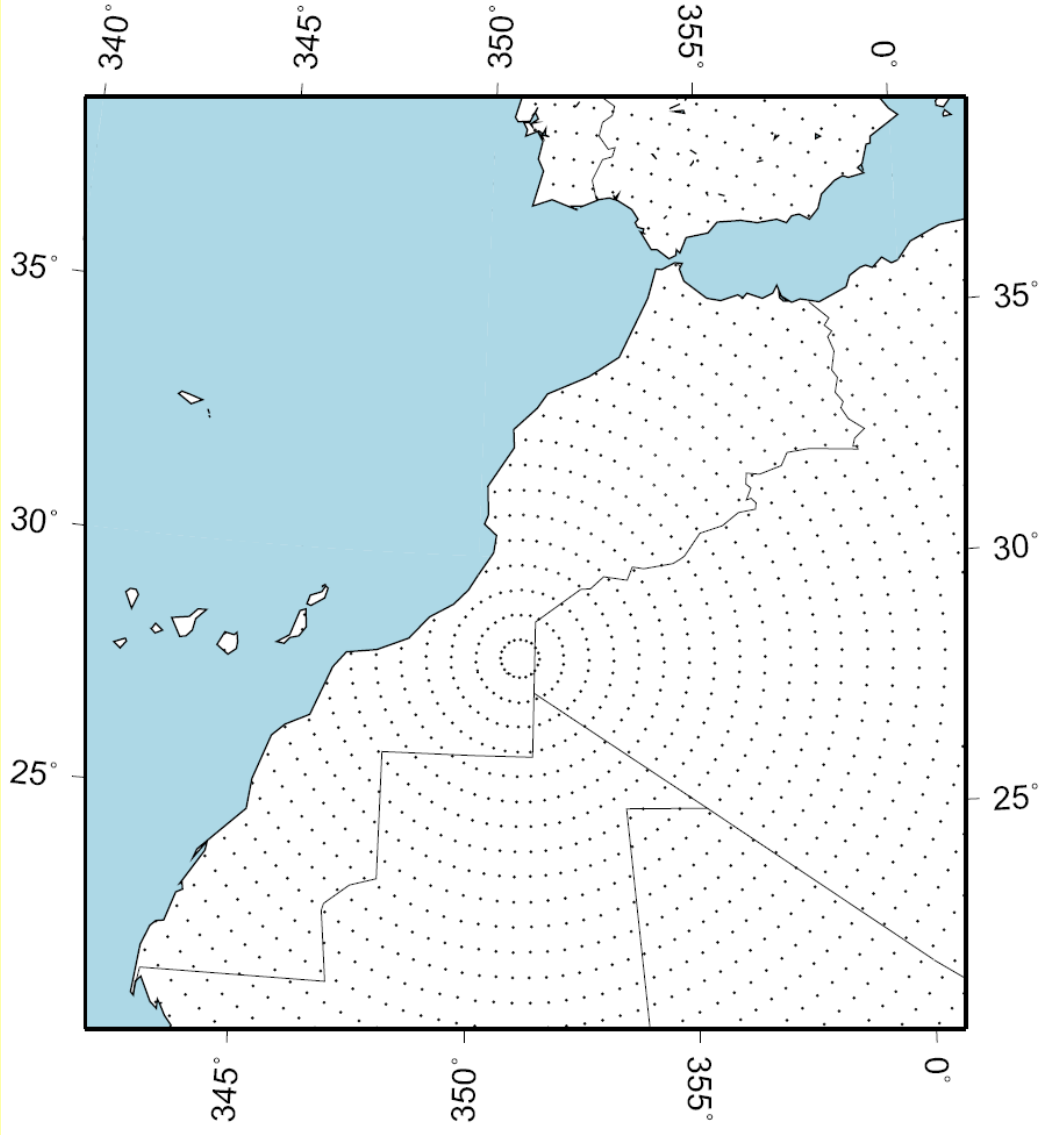
Pour réaliser des études d'impacts de changements climatiques sur les secteurs il faut disposer de scénarios à haute résolution

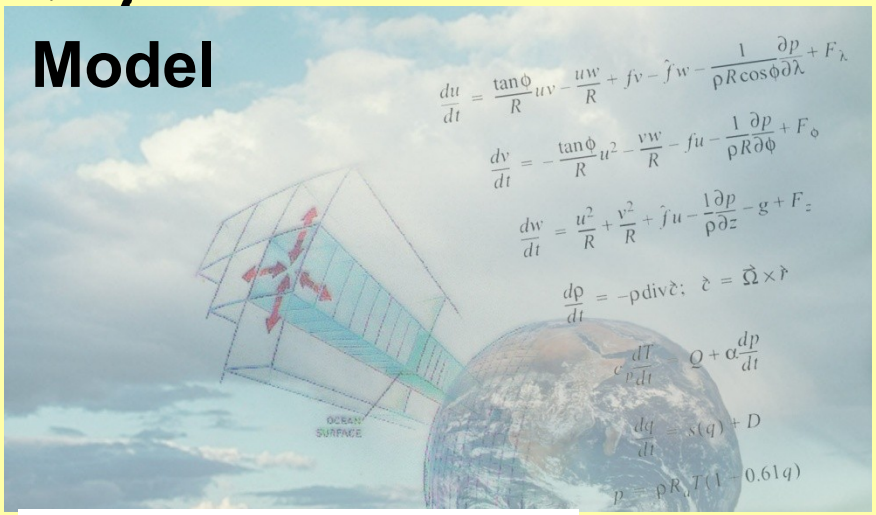
Utilisation de méthodes de downscaling → statistique ou dyamique

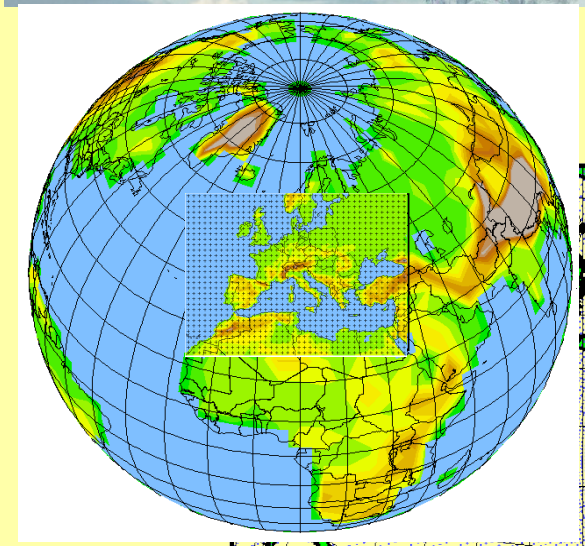
- Downscaling statistique:
  - besoin de longues séries de données observées
  - peu couteuse
  - validité de la relation statistique

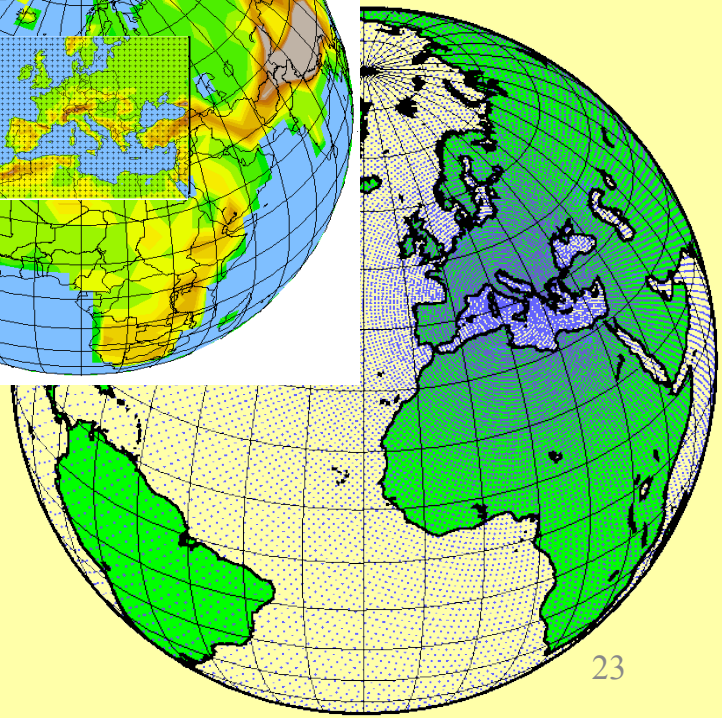
- Downscaling dynamique:
  - nécessité de moyens informatiques importants
  - dépendance du modèle coupleur (en cas de RCM)
  - méthodologie robuste

Modélisation climatique

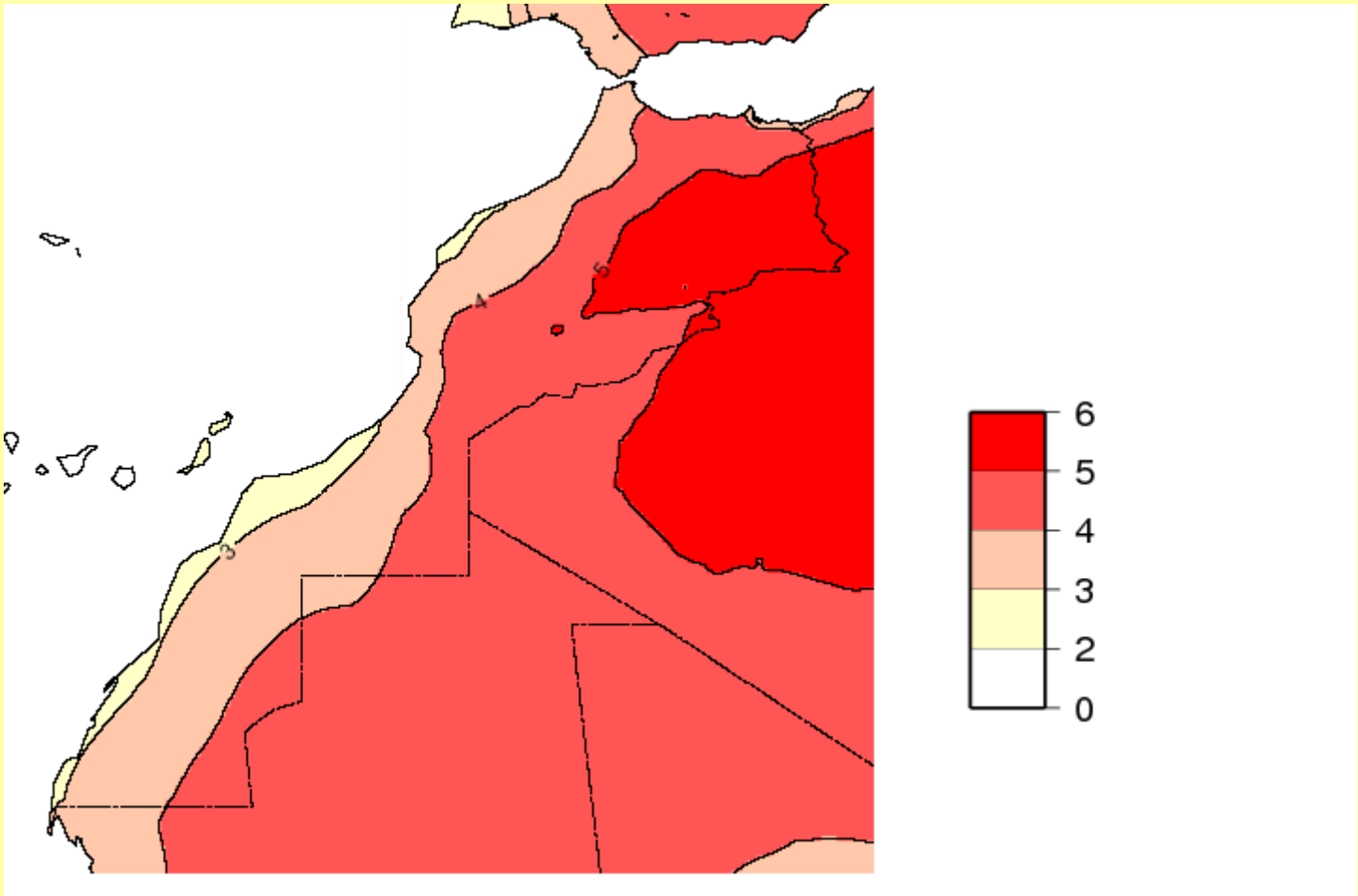




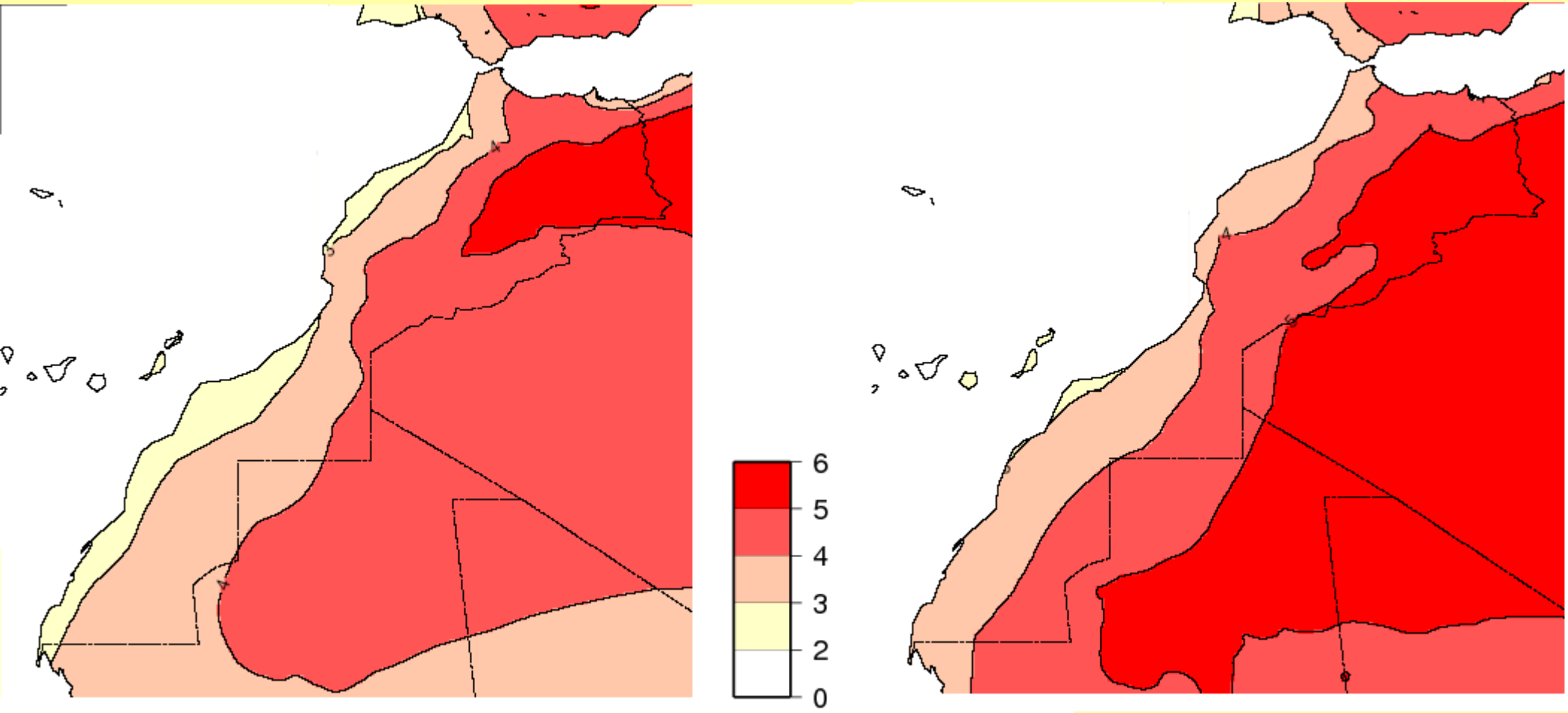




Changements projetés pour les températures moyennes estivales (IPCC - A2)
ARPEGE-Climat

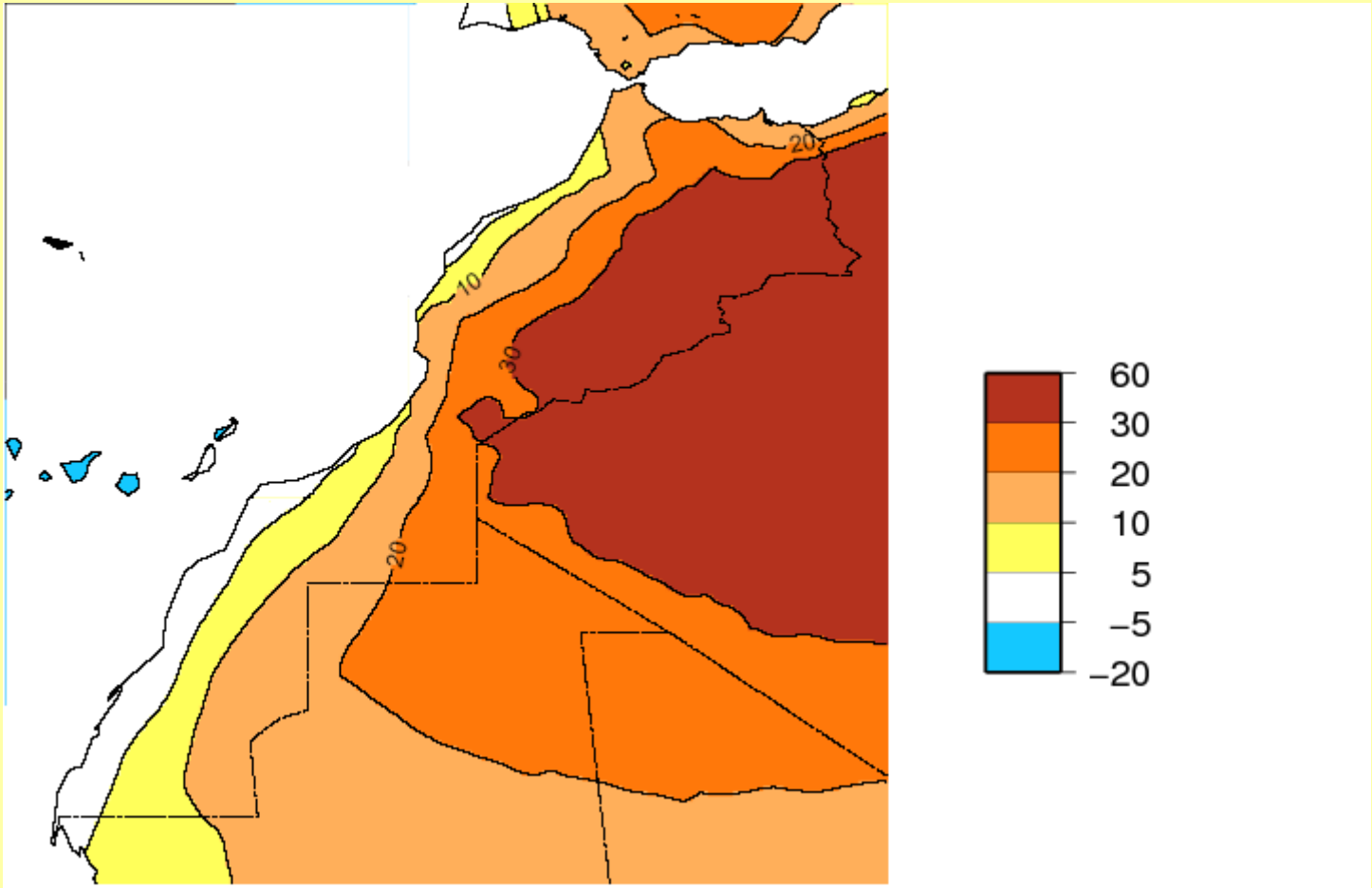


Changements projetés pour les températures minimales et maximales estivales (IPCC - A2) ARPEGE-Climat

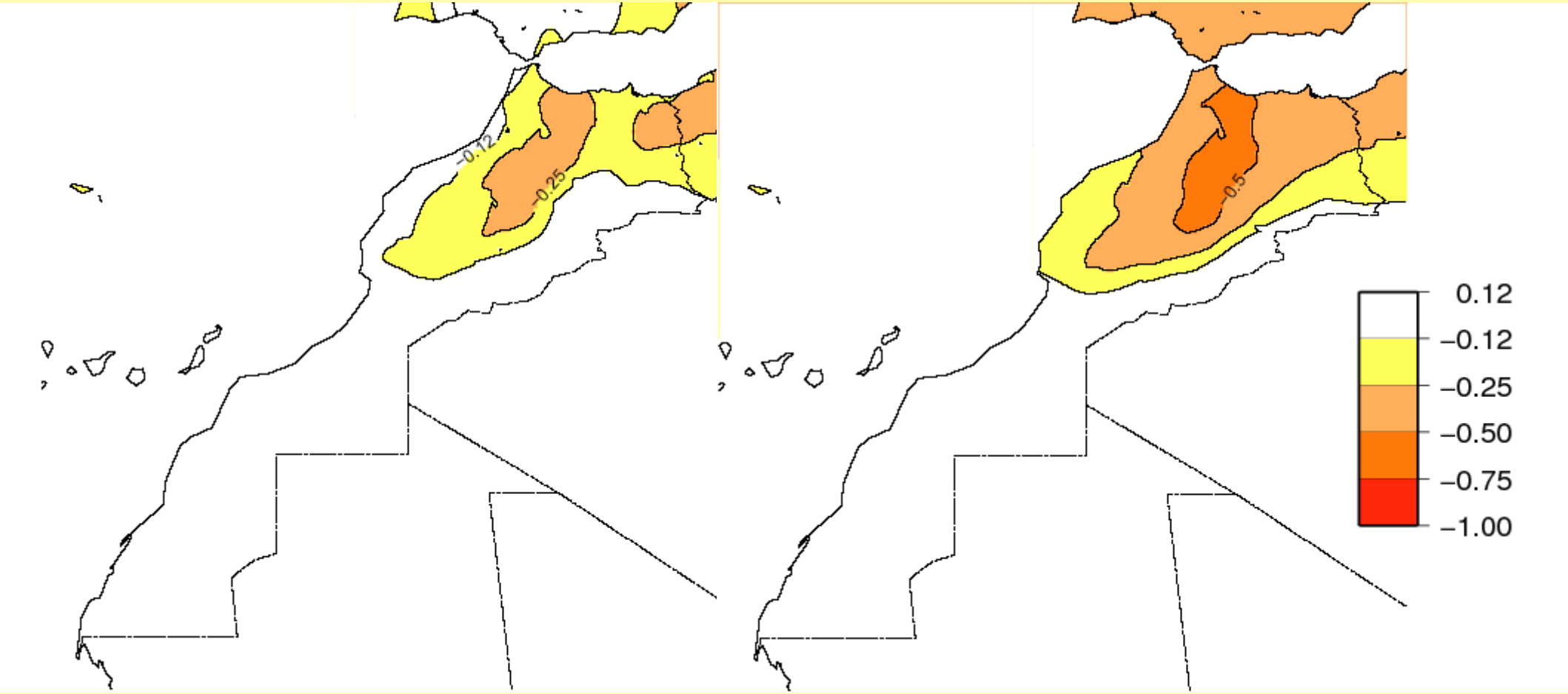


Tmax **Tmin**

Changements projetés pour le nombre de vagues de chaleur estivales (IPCC - A2)
ARPEGE-Climat



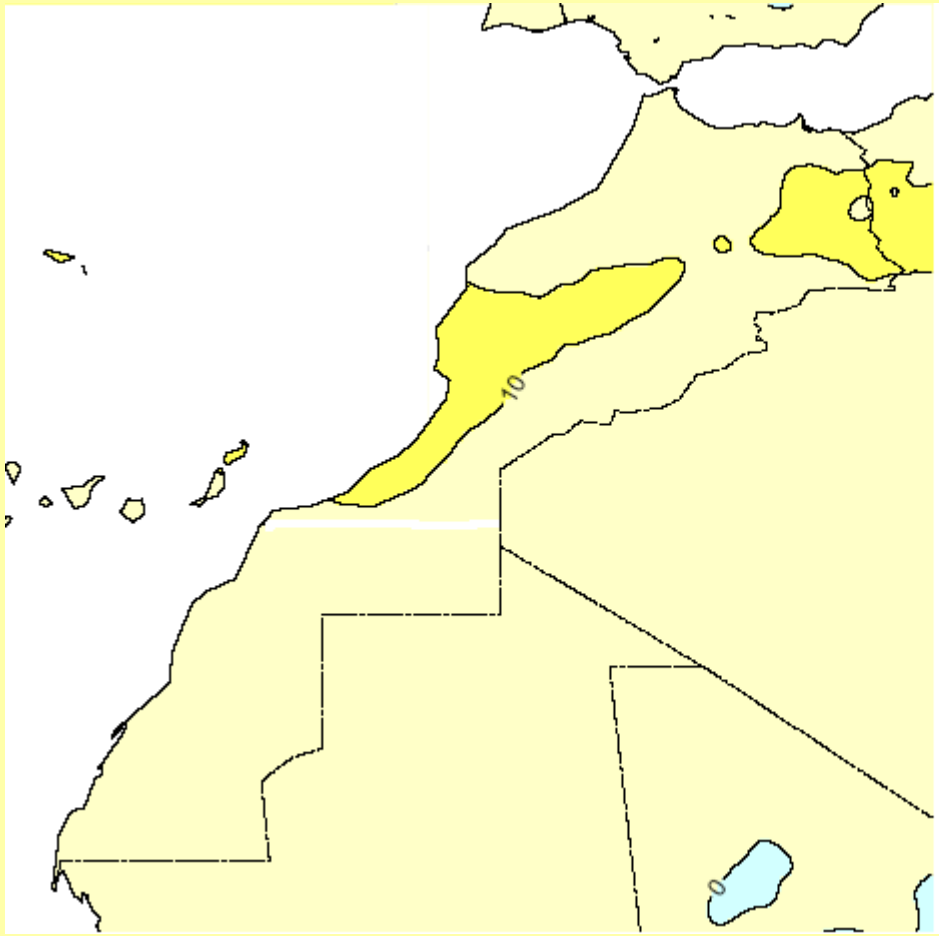
Changements projetés pour les cumuls pluviométriques d'hiver et du printemps (IPCC - A2) ARPEGE-Climat

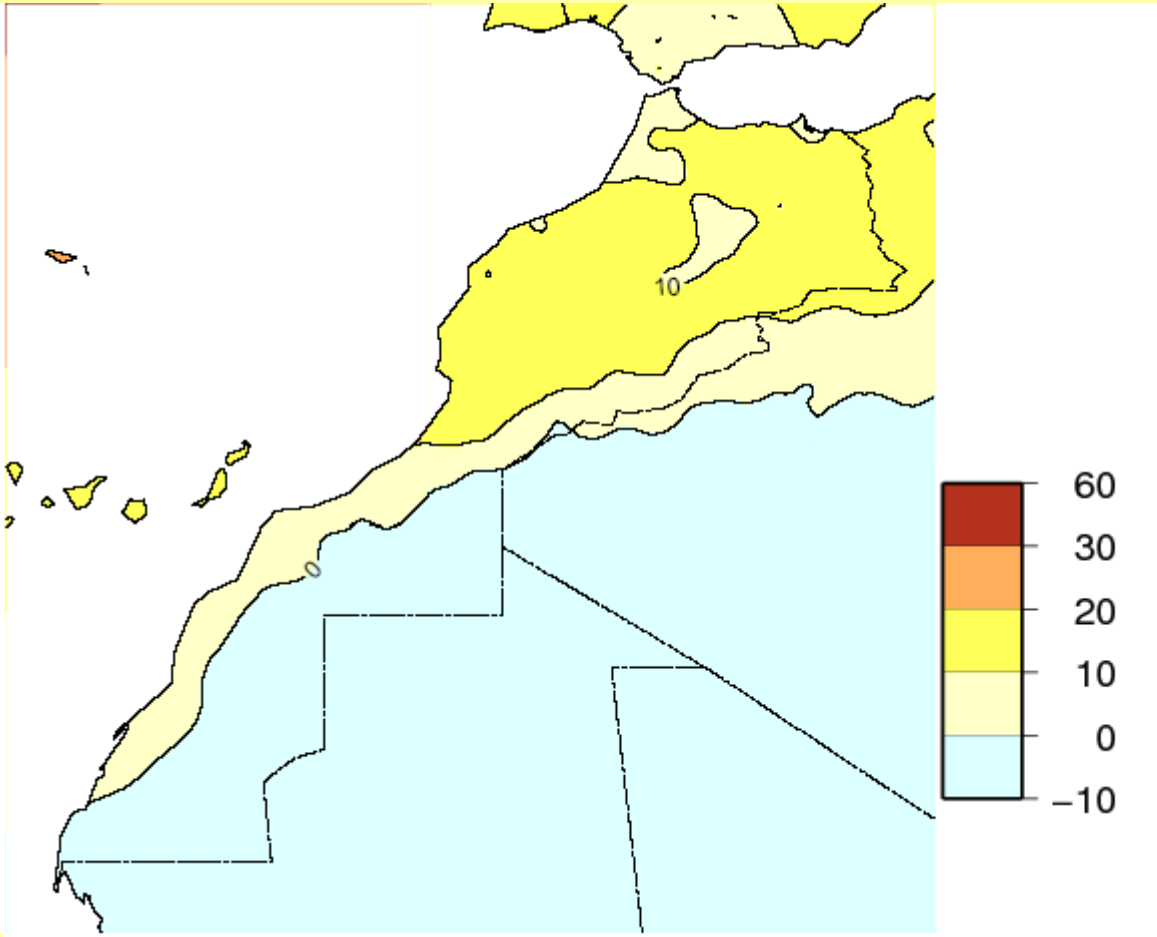


Hiver

Printemps

Changements projetés pour la période maximale de sécheresse
Hiver et printemps (IPCC - A2)





Hiver

Printemps

Downscaling pour le nord-est zone du projet ACCMA

Downscaling statistique avec SDSM

Observations locales

Données de grande échelle Analyses

Période 1961- 2000

Choix des prédicteurs
et
Calibrage modèle
(SDSM)

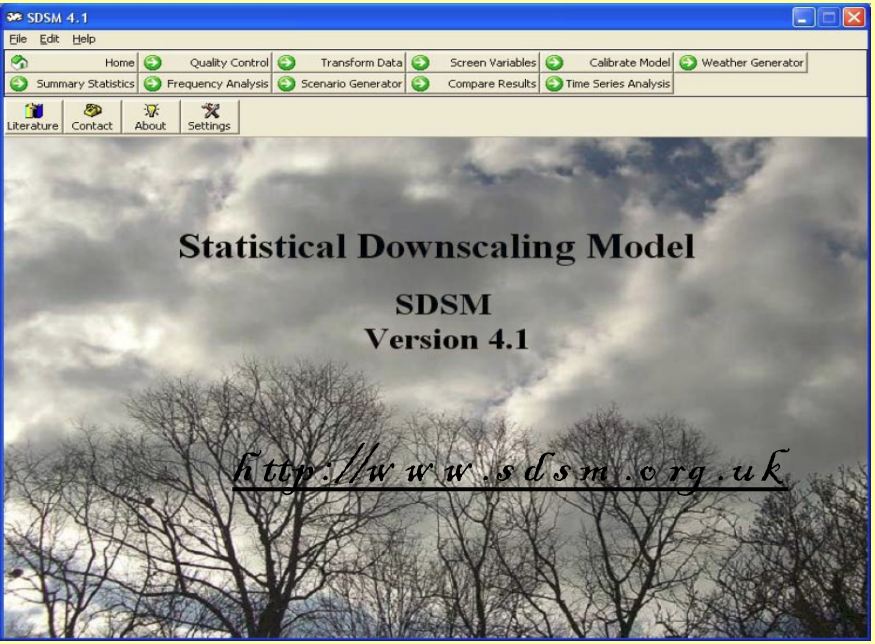
Modèle calibré

Période 1961-2000

Scénarios de CC issus de modèles climatiques (A2, A1F1, B2, …)

Projections futures

Période 2011-2099

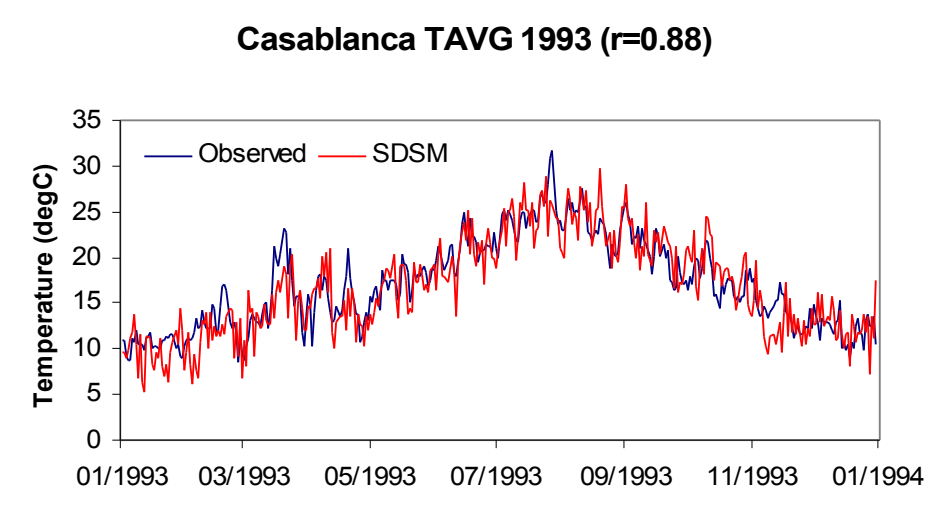


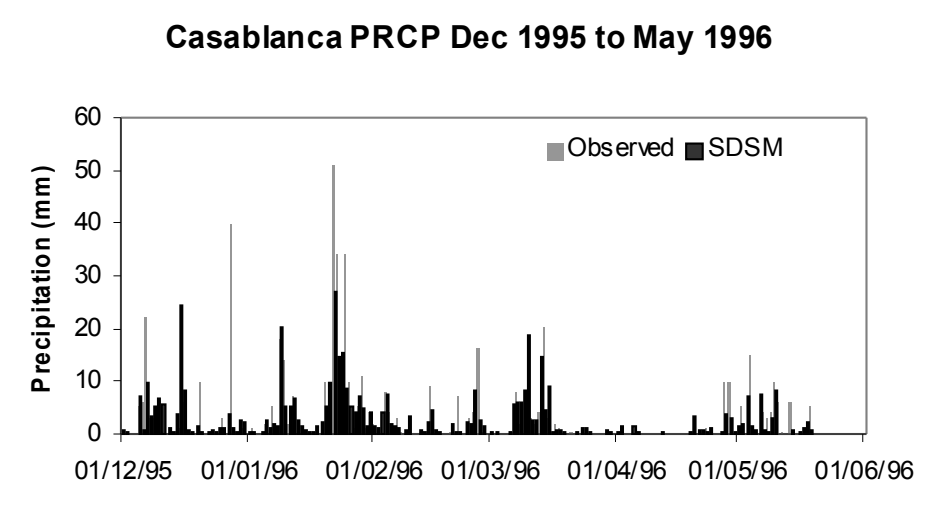
Données utilisées

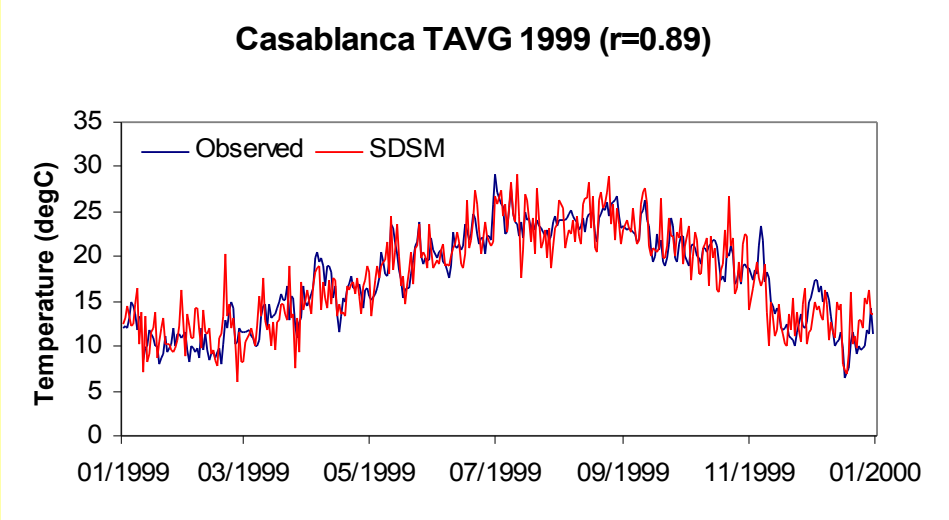
- Données observées issues de la DMN
- Analyses NCEP
- Sorties du modèle HadCM3

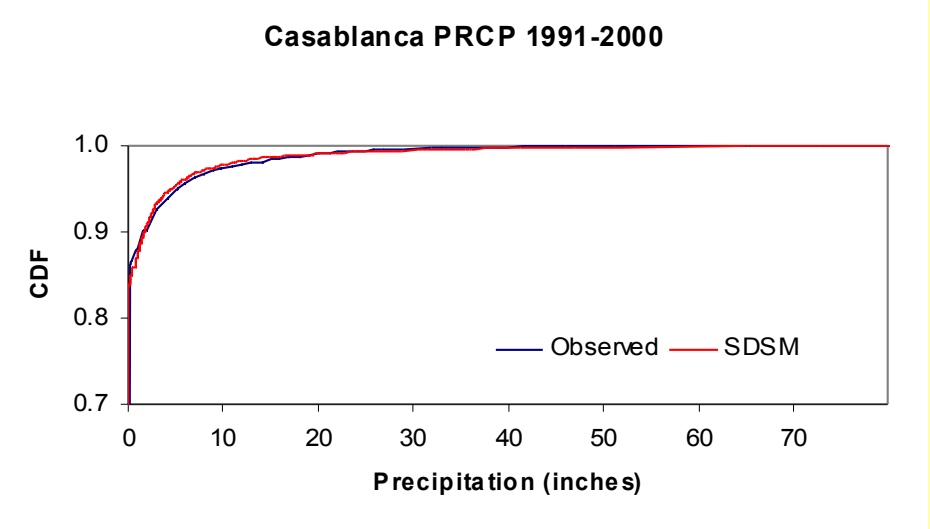
⇨ **Champs de grande échelle sur grille à faible résolution**
→ prédicteurs

Températures moyennes quotidiennes observées et prévues à Casablanca



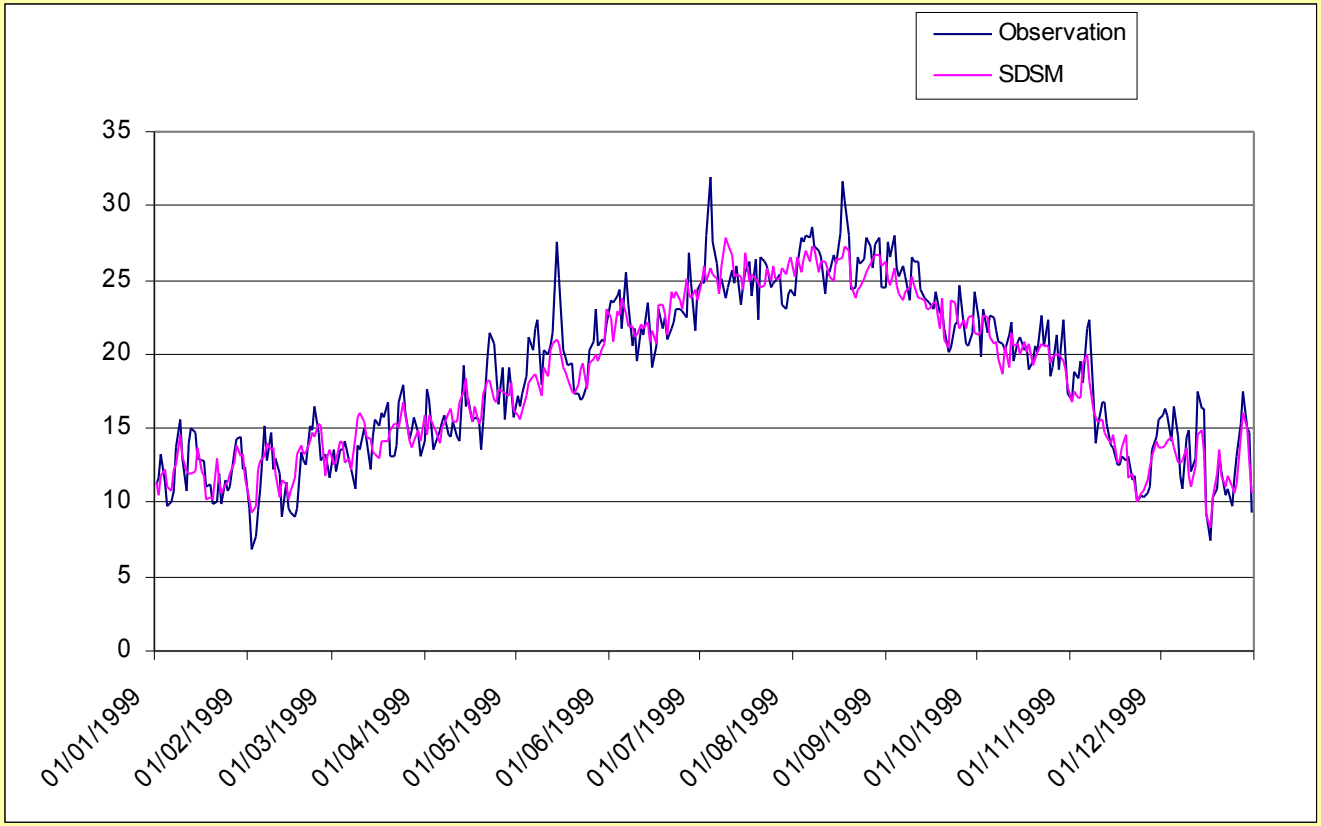


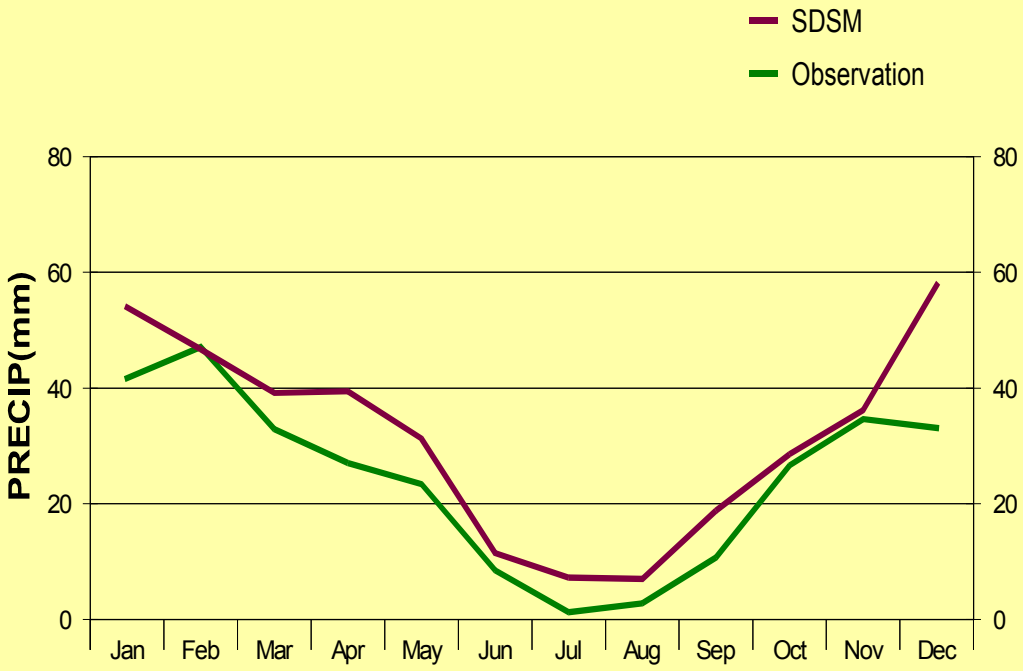




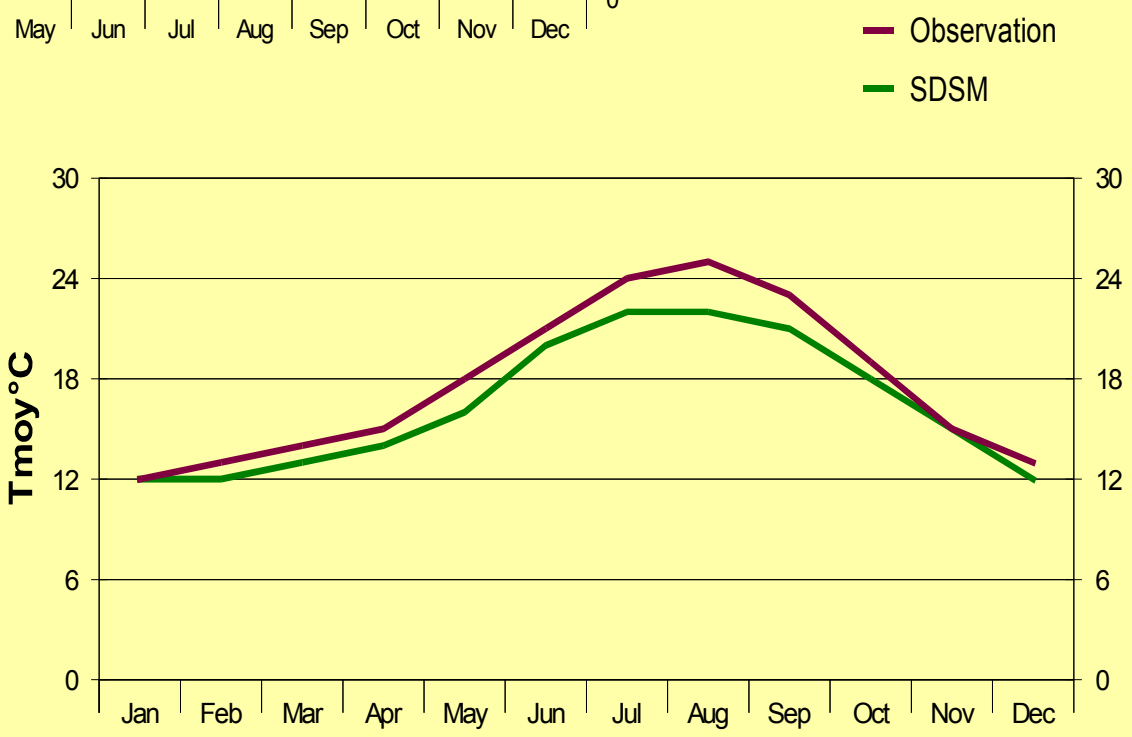
Thanks to Rob Wilby

Températures moyennes quotidiennes observées (courbe bleue) et prévues par SDSM (courbes rose) à Nador pour l'année 1999

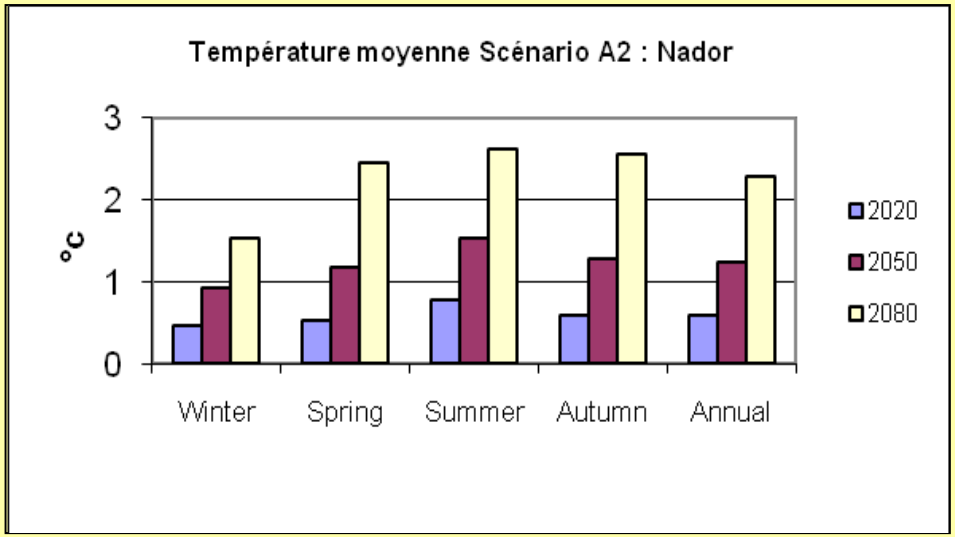


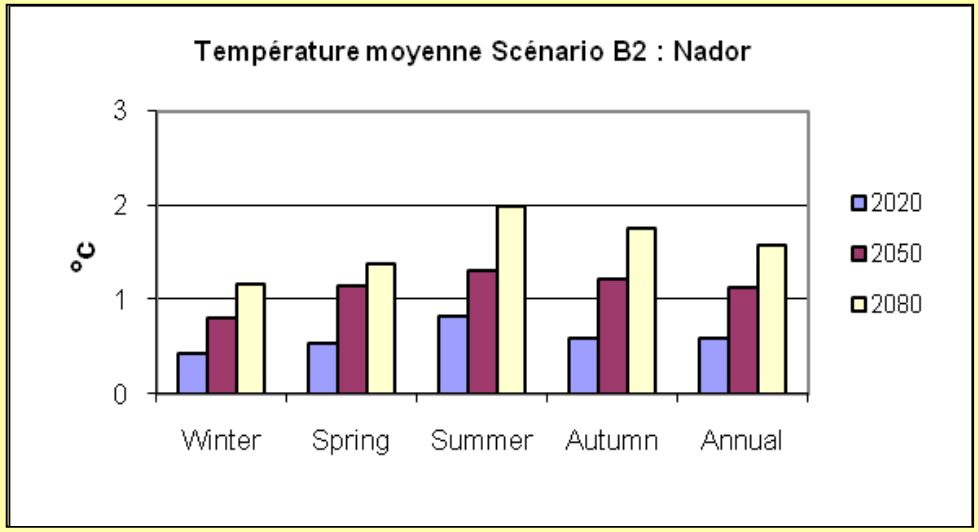


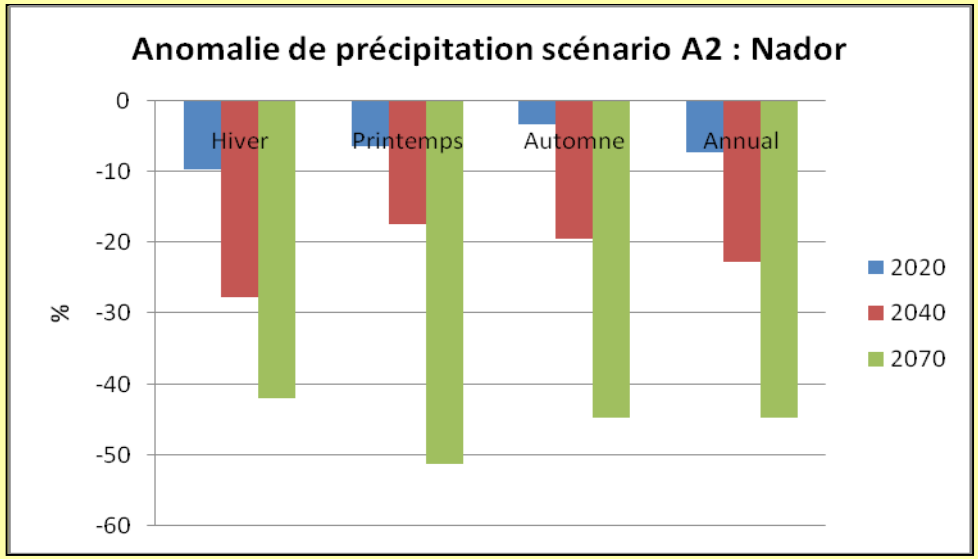
Précipitations et températures moyennes mensuelles observées (courbes rouges) et prévues par SDSM (courbes vertes) à Nador
pour la période 1990 - 2000.

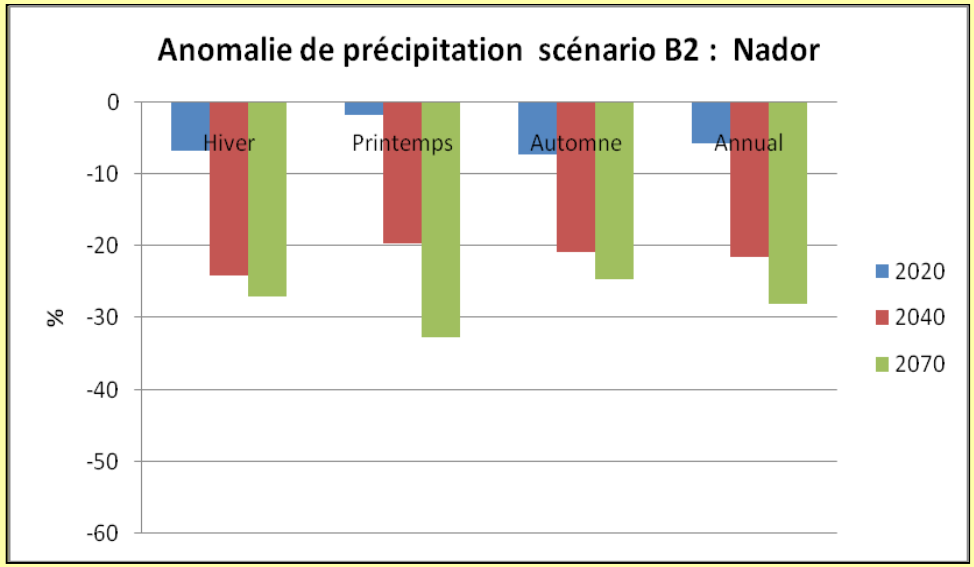


Anomalies projetées pour la température moyenne et les cumuls pluviométriques à Nador



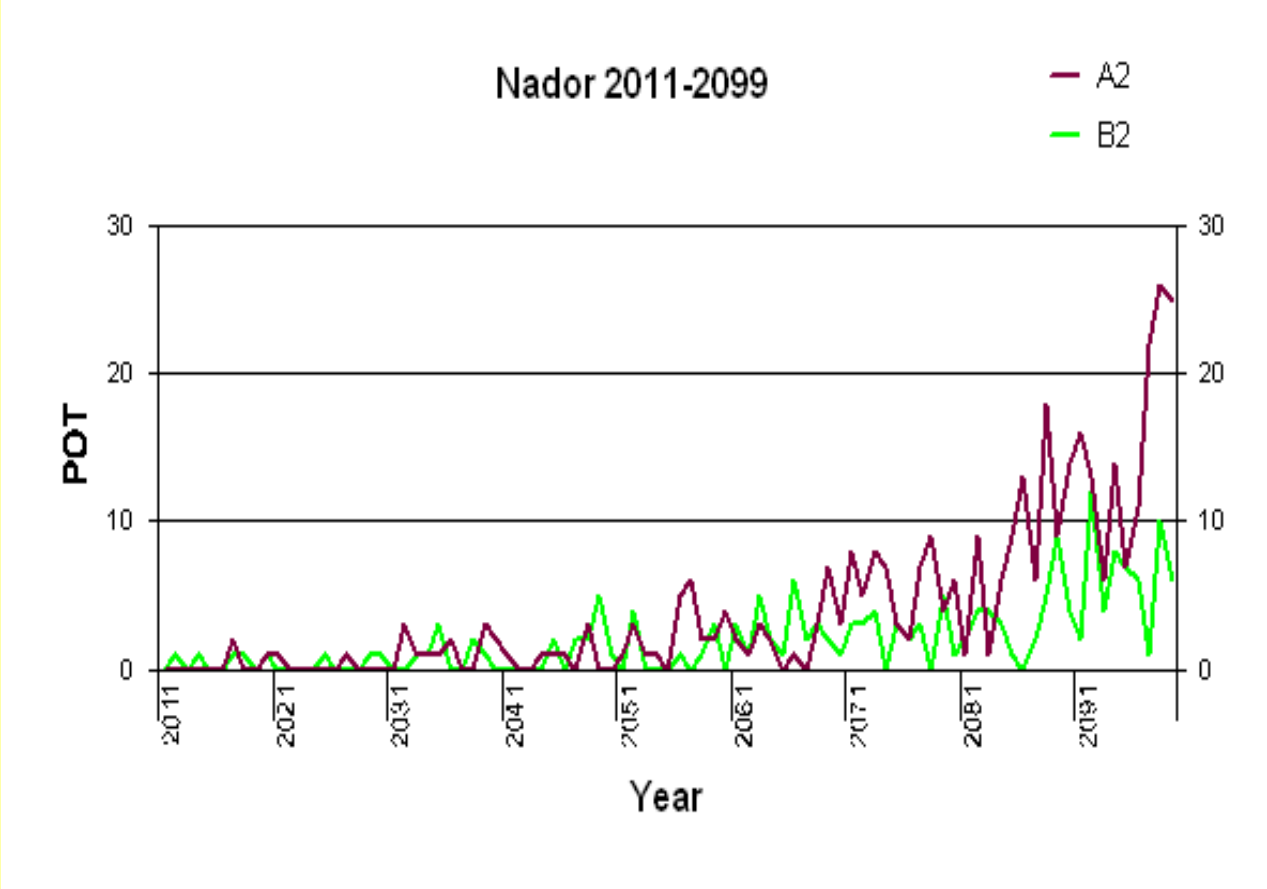




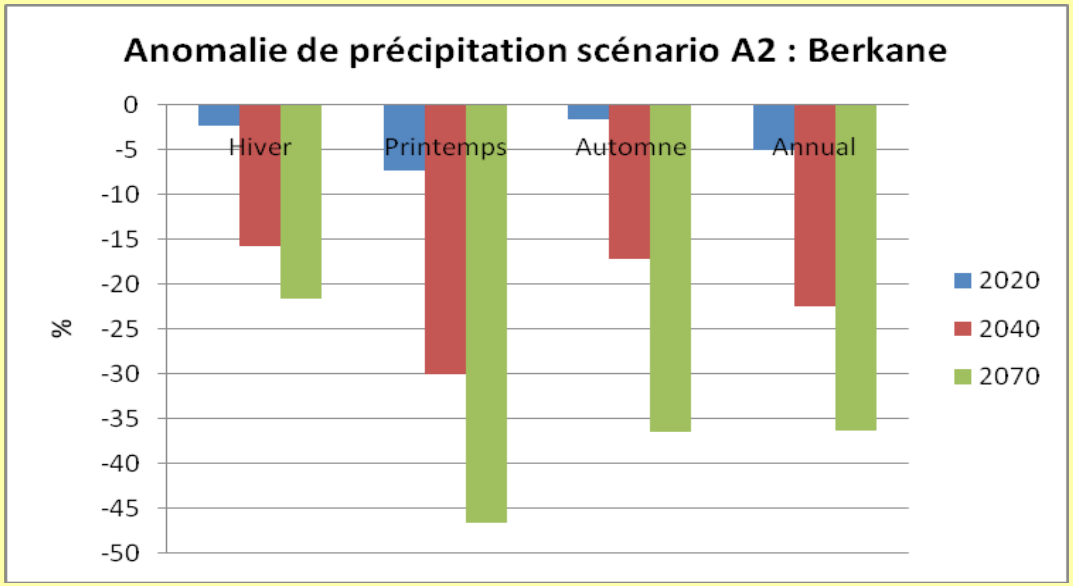


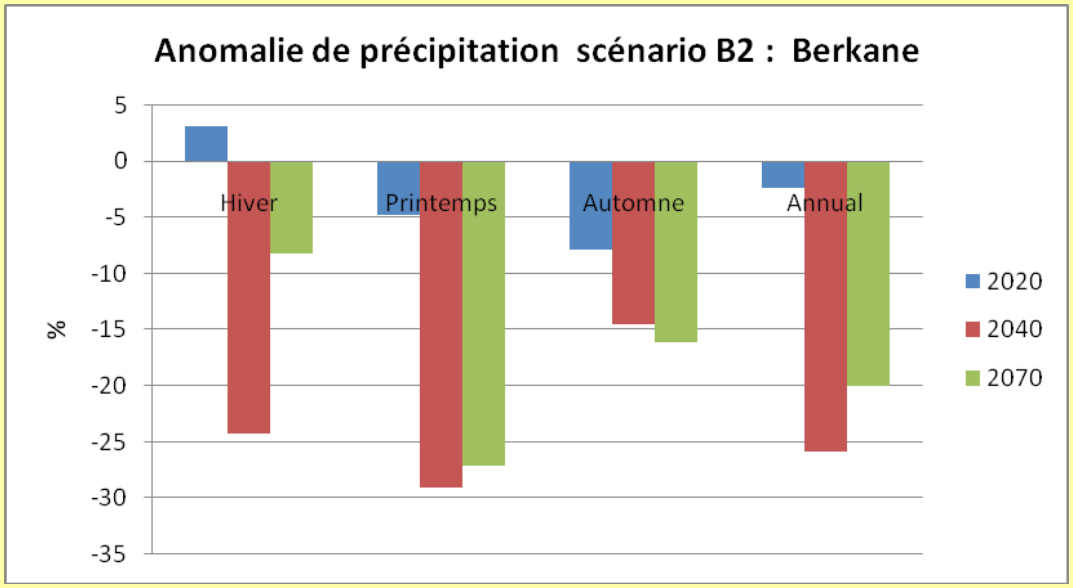
2020 = 2011-2040
2050 = 2041-2070
2080 = 2071-2099

Evolution projetée du nombre annuel de jours chauds pour 2011-2099



Anomalies projetées pour les cumuls pluviométriques à Berkane pour les 4 saisons et l'échelle annuelle. Scénarios IPCC-A2 et IPCC-B2.



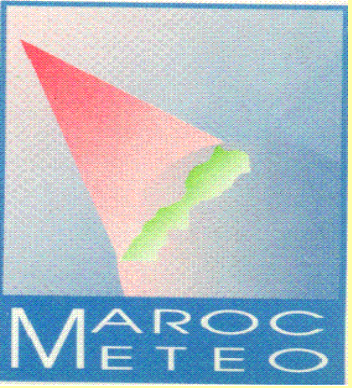


Downscaling dynamique avec le modèle ARPEGE-Clim at.

Scénario IPCC-A2. 2070-2099 / 1961-2000

Winter (DJF)	Mean temperature (°C)	Maximum temperature (°C)	Minimum temperature (°C)	Cold wave duration (day)
Nador	3.4	3.3	3.5	-0.3
Berkane	3.7	3.8	3.6	-0.2
Oujda	3.8	4.2	3.5	-0.2

Summer (JJA)	Mean temperature (°C)	Maximum temperature (°C)	Minimum temperature (°C)	Heat wave duration (day)
Nador	3.8	3.7	3.9	12
Berkane	4.2	4.1	4.3	17
Oujda	4.9	5	3.9	28



Royaume du Maroc
Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Énergie,
des Mines, de l'Eau et de l'Environnement,
Chargé de l'Eau et de l'Environnement
Direction de la Météorologie Nationale

MERCI DE VOTRE ATTENTION

IDRC CRDI DFID Department for International Development
Adaptation
Adaptation aux changements climatiques en Afrique

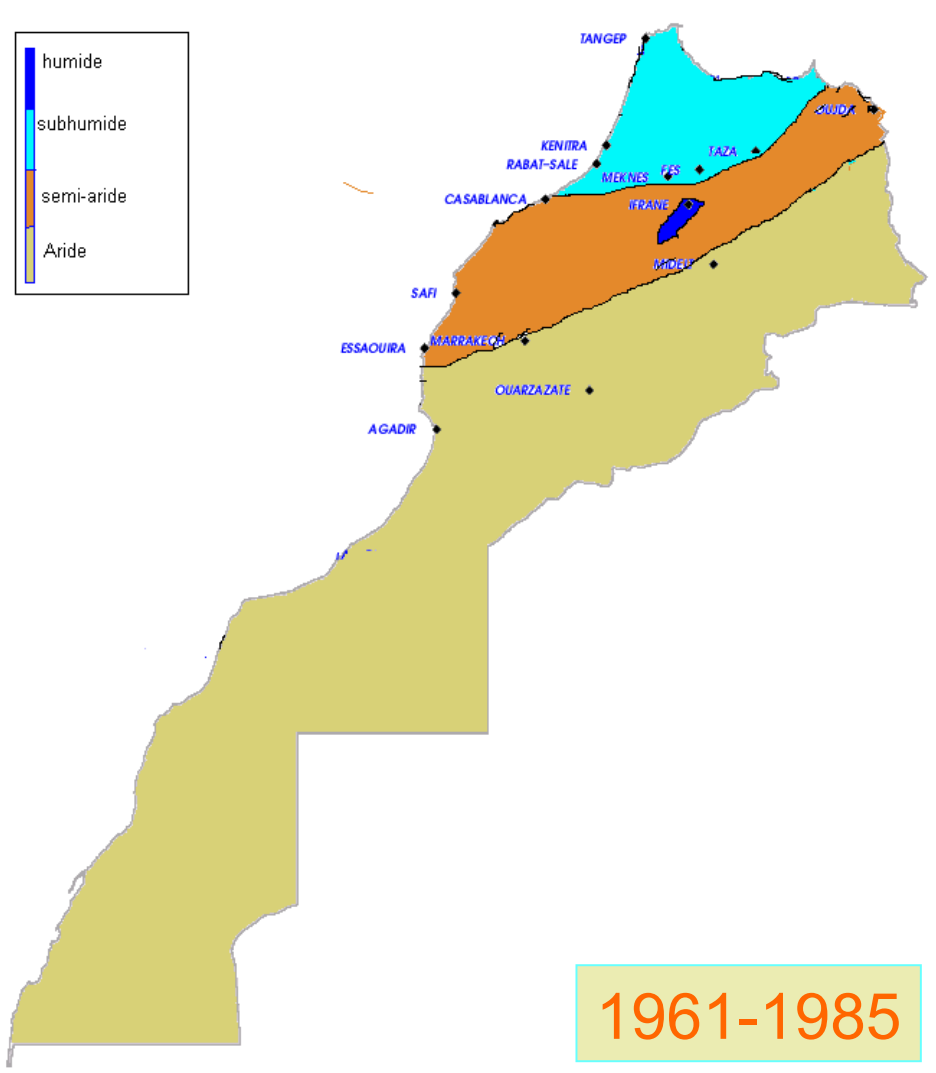
ACCMA أكما

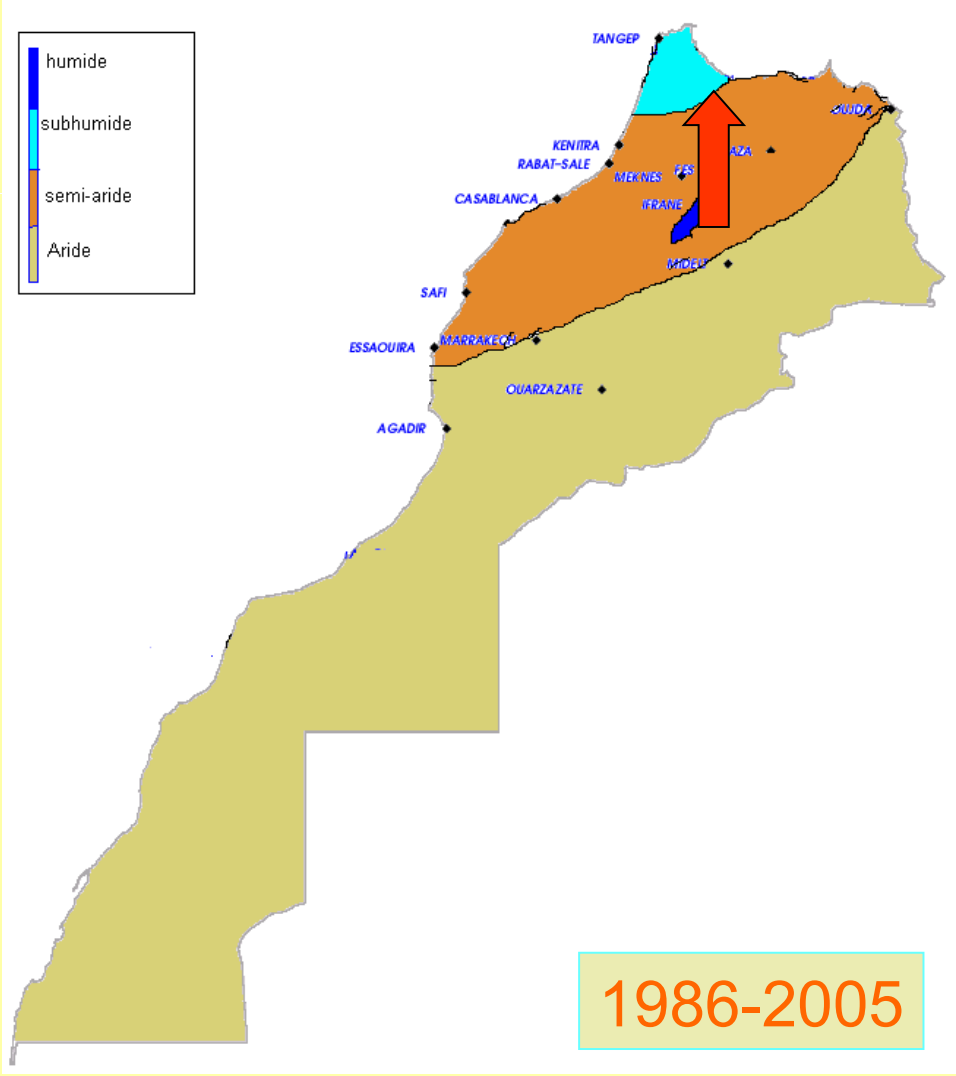
Indice de De Martonne

Indice_Martonne	**CLIMAT**
>60	Très humide
60-30	Humide
30-20	Semi-humide
20-10	Semi-aride
10-0	Aride à extrêmement aride

$$I=P/(T+10)$$

Évolutions et Tendances observées au Maroc: types de climats





Scénarios de CC : GIEC

Quatre groupes : A B C et D avec des variantes :

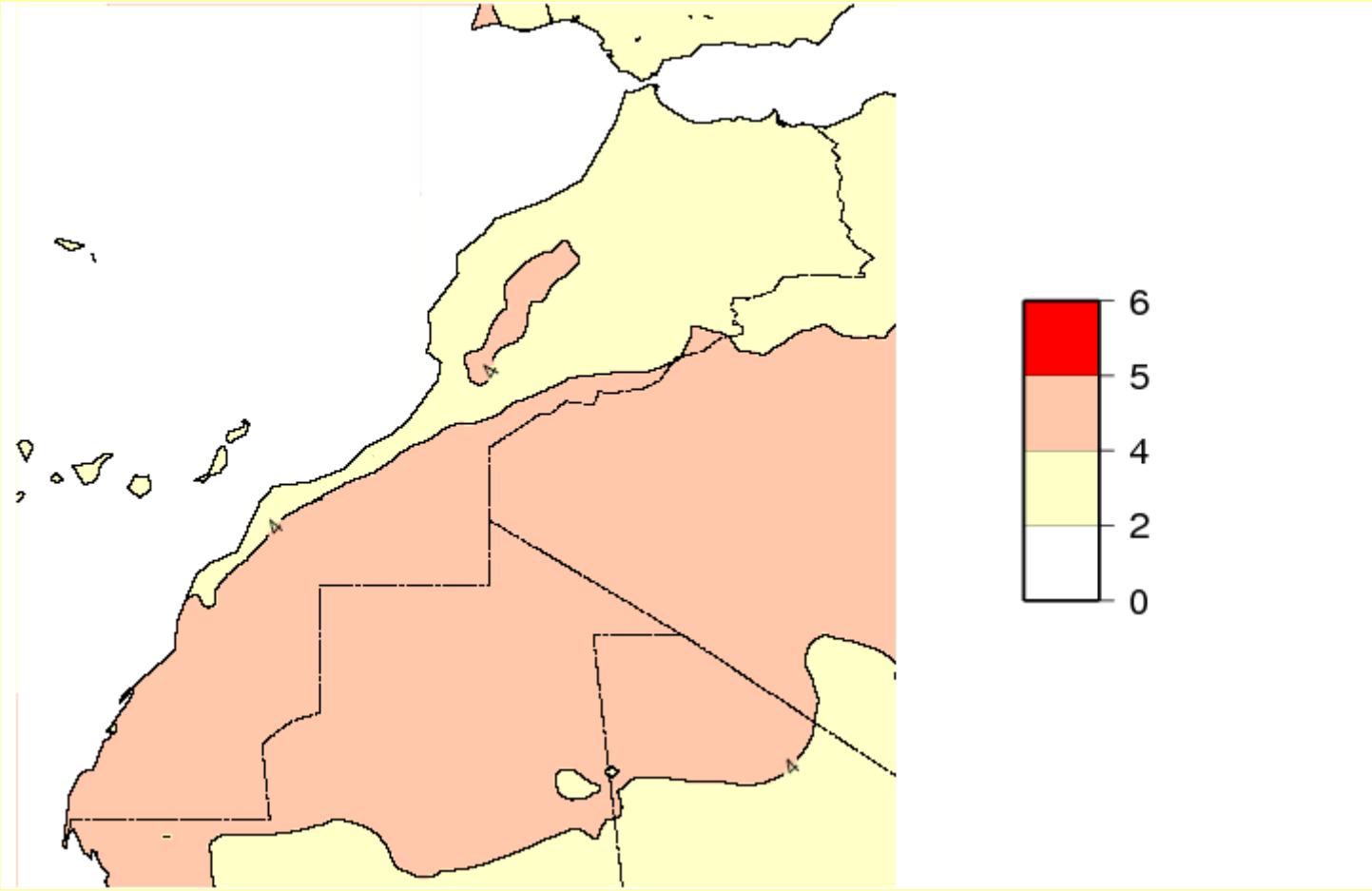
A1 et A2 : continuité de la situation des dernières décennies avec des émissions de CO_2 qui continuent à croître.

A1 : émissions en croissance extrême de 2%, doublement du CO_2 vers 2045

A2: croissance réduite à 1% par an, doublement atteint vers 2065 (actuellement le plus vraisemblable)

B: stabilisation des émissions aux taux de 1990, (recommandé par les climatologues), doublement retardé d'au moins un siècle

C1 et C2 : diminution des émissions respectivement de 1% et de 2% par an

D : Arrêt total des émissions et montre qu'il faudrait déjà, même dans ce cas, plusieurs siècles pour que le taux de CO_2 revienne à sa valeur d'avant la révolution industrielle (valeur scientifique uniquement)

Changements projetés pour les températures minimales hivernales (IPCC - A2)
ARPEGE-Climat