

L'AFRIQUE DE L'OUEST SE RECHAUFFE

Françoise Guichard ⁽¹⁾

Laurent Kergoat ⁽²⁾, Frédéric Hourdin ⁽³⁾, Crystèle Léauthaud ⁽⁴⁾,
Jessica Barbier ⁽¹⁾

Eric Mougin ⁽²⁾, Birama DIARRA ⁽⁵⁾

(1): CNRM-GAME, Toulouse

(2): GET/OMP, Toulouse

(3): IPSL/LMD, Paris

(4): HSM, Montpellier

(5): DNM Mali, Bamako

29-30 janvier 2015



Réchauffement 1901-2012

(IPCC 2013)

Peu de données (zones blanches)

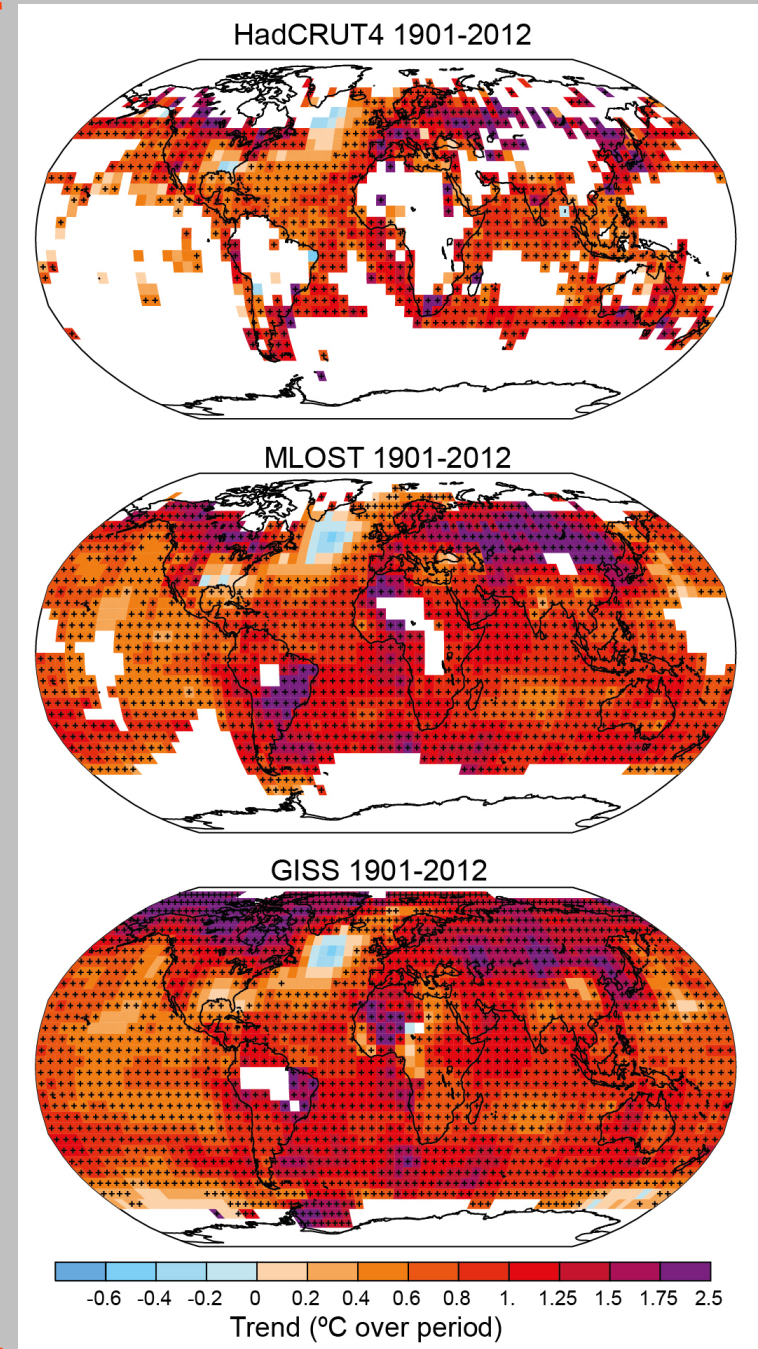
Afrique de l'Ouest: ~ 0.3 à 2.5 °C / 110 ans

⇒ Quand? cycles annuel, diurne
1950-2010

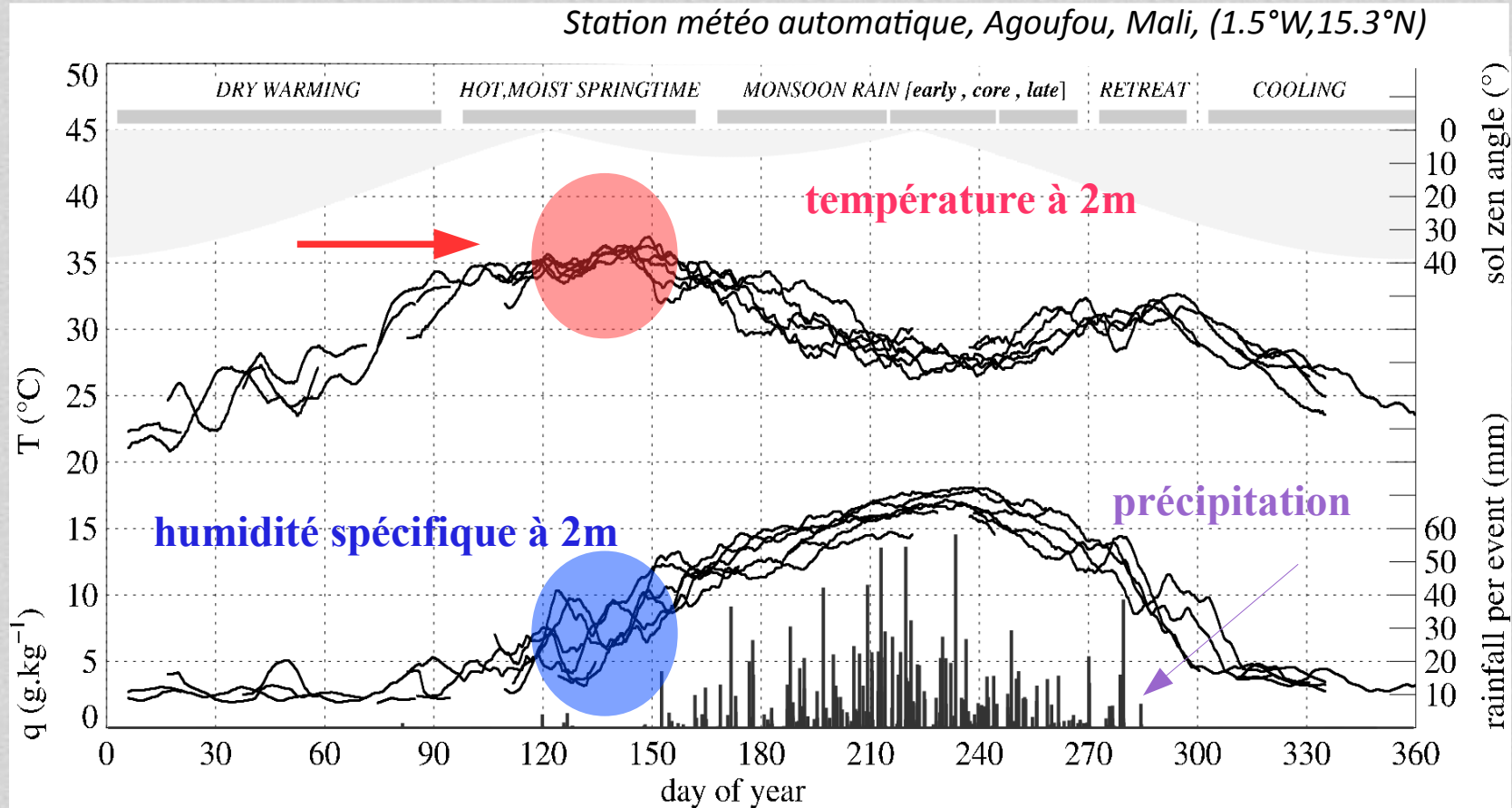
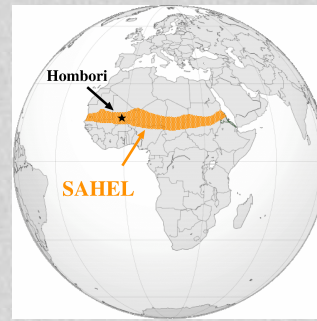
⇒ Questionnements suscités

⇒ Performances des modèles
modèles de climat (CMIP5)
réanalyses météorologiques

⇒ Pour commencer: quelques
éléments de climatologie



Cycle annuel en zone Sahélienne



⇒ Temperatures très élevées au printemps (climatique)

~ **35°C moyenne mensuelle en mai**

un maximum qui dure longtemps (plusieurs semaines), ~ plateau

⇒ fluctuations d'une année à l'autre varient suivant la saison (échelle de quelques années)

Données, produits, modèles

Données **SYNOP**

*Stations météo: données **journalières** (min et max), ou toutes les 6 ou 3h*

=> des données de qualité variable suivant les stations (trous, ruptures évidentes à l'oeil)

=> station SYNOP d'Hombori au Mali (1.5°W , 15.3°N)

longue série, vérifiée, peu de trous, arrêtée en février 2012

station SYNOP de Niamey au Niger (Leauthaud et al.)

Stations météo automatiques AMMA Catch (~ 10 ans)

Couplages (thermo)dynamic-radiative, interpretation des données SYNOP

Produits 'grillés'

=> CRU: 1901-2009, **pas de temps mensuel**, 0.5° deg x 0.5° deg

BEST (stations plus nombreuses), GHCN-CAMS

Modèles

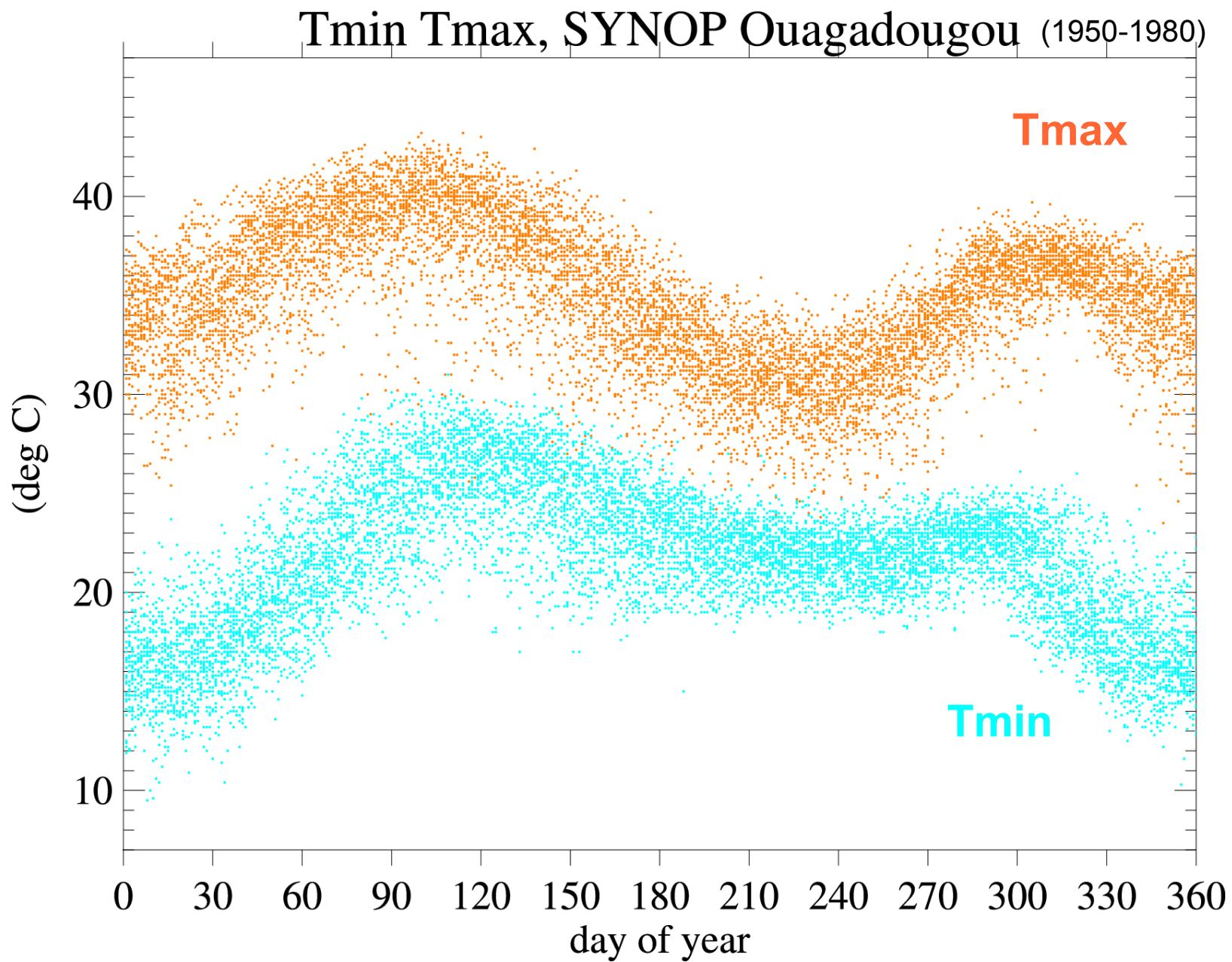
=> **reanalyses** météorologiques (*quasi les seuls produits à pas de temps journalier grillés*)

ERA 40: 1958-2002

ERA-Interim, MERRA, NCEP2, NCEP-CSFR, all ~ 1979-2010

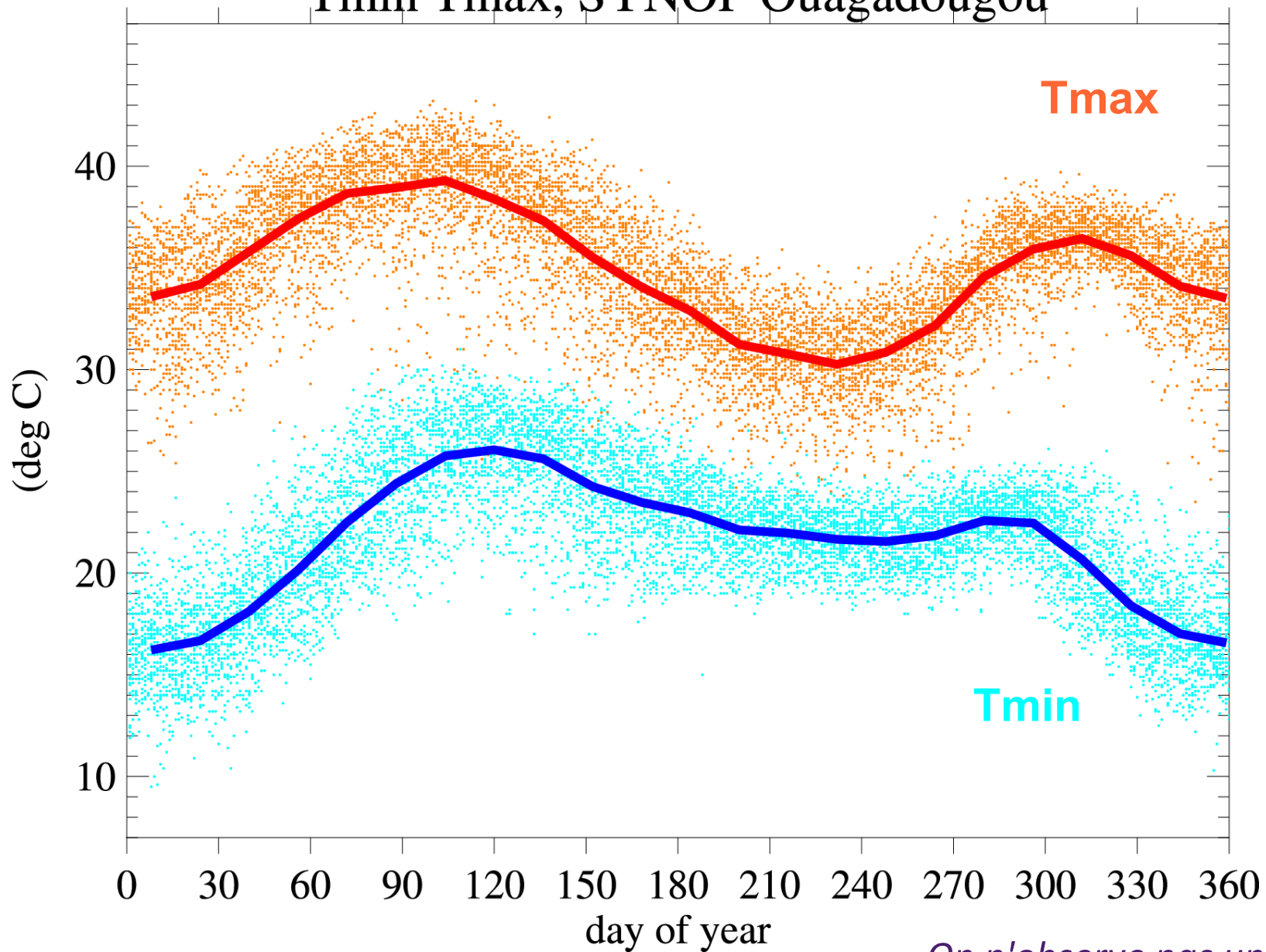
=> Modèles climatiques **CMIP5** (*simulations **amip**, **historical**, **historicalNat**, **piControl**; **cfSites***)

Analyses sur des boîtes ('Sahel'..) ou pour des sites précis (points cfSites), conclusions proches



Representatif du cycle annuel au Sahel, à l'est de 10°W [fct (latitude)]

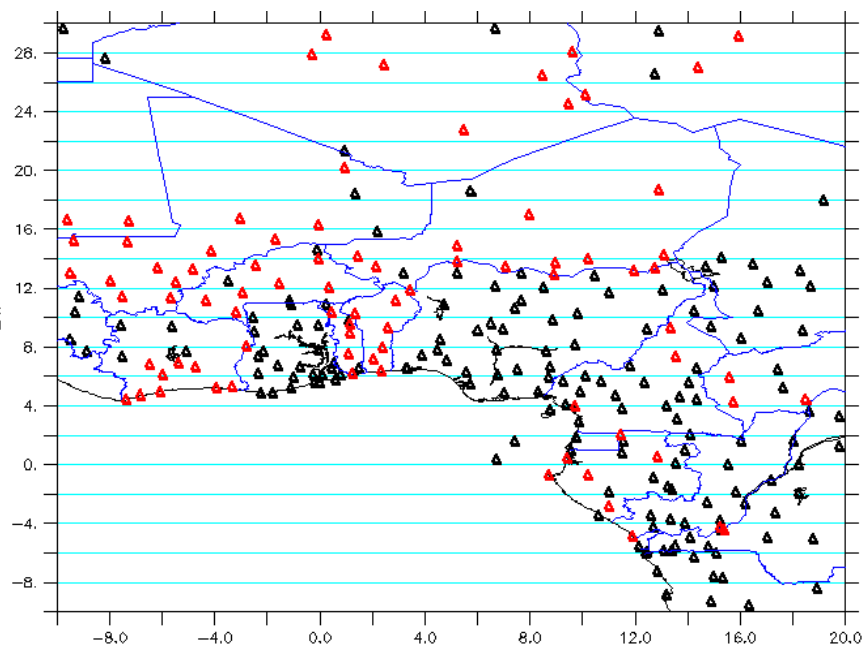
Tmin Tmax, SYNOP Ouagadougou



=> cycles annuels de Tmin et Tmax distincts
=> décalage des extrêmes de Tmin et Tmax

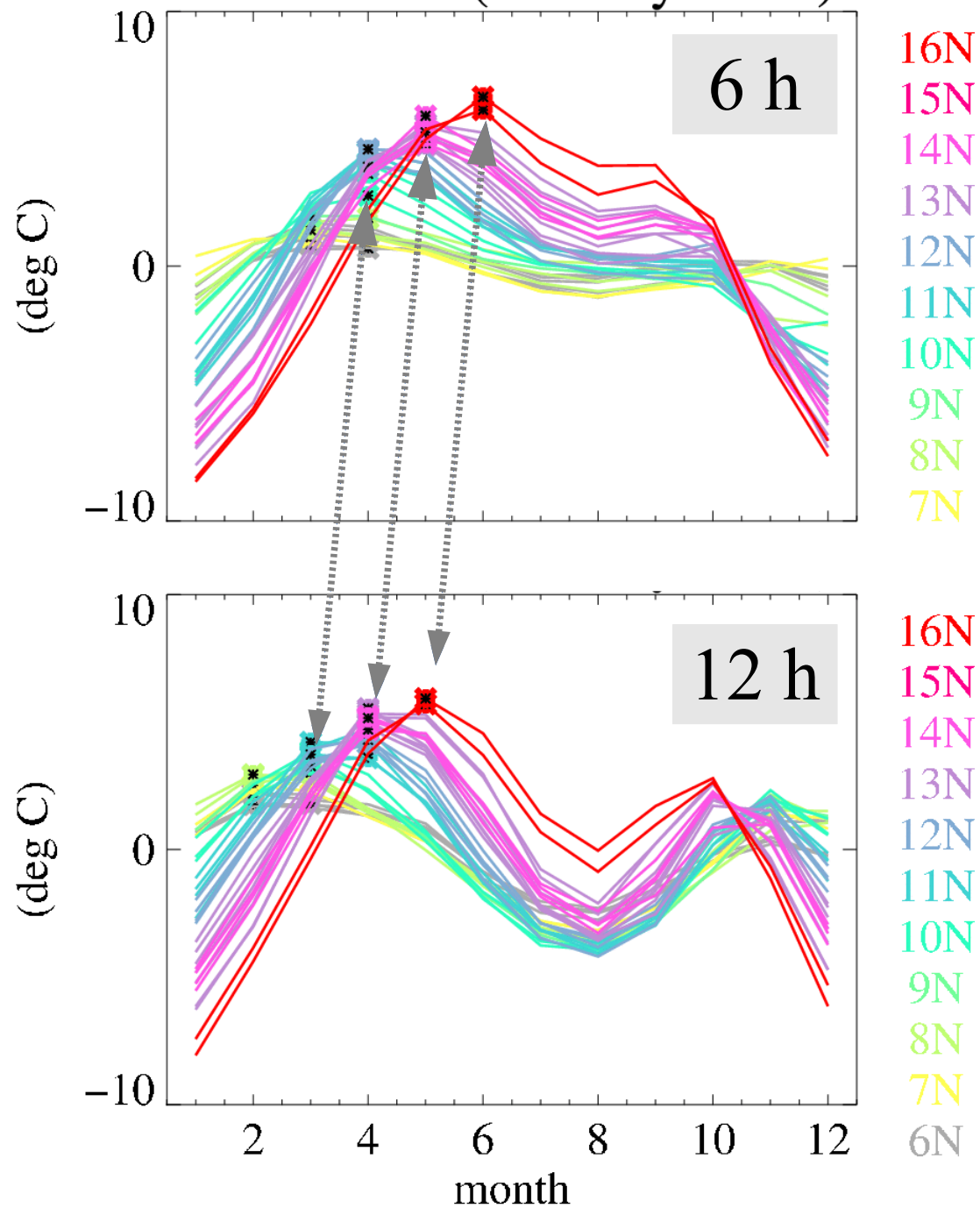
*On n'observe pas une variabilité
interannuelle de Tmin & Tmax
au printemps bcp plus faible
relativement au reste de l'année*

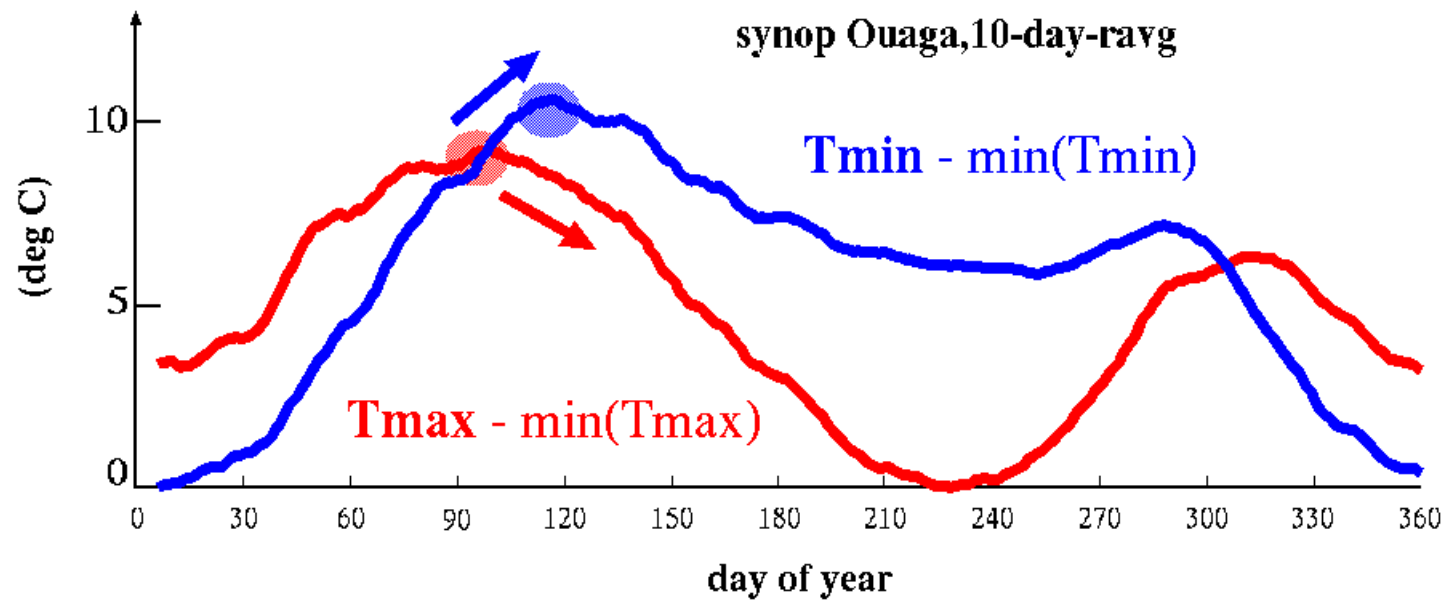
SYNOP data



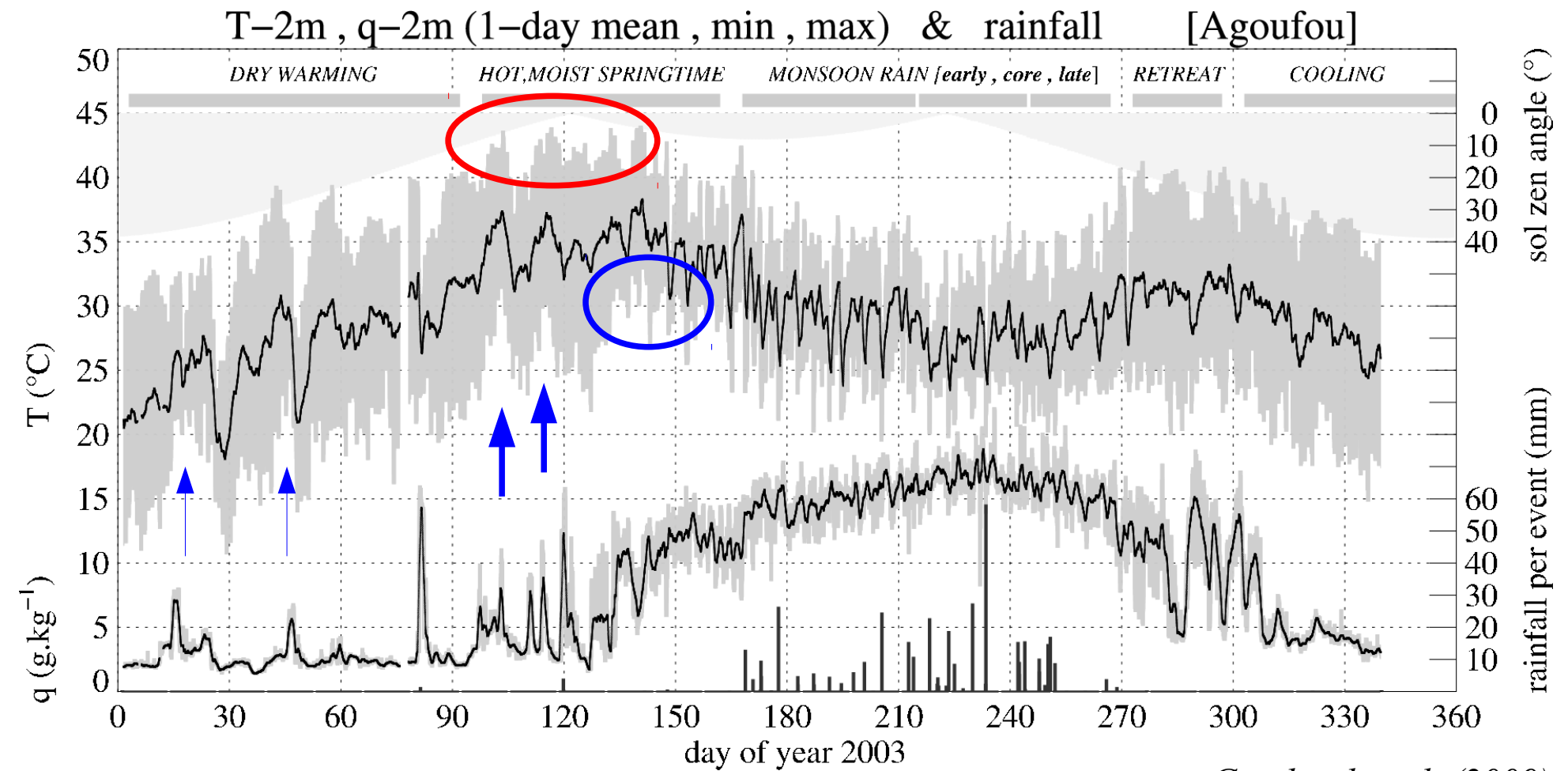
données sur ~ 25 ans ou plus [1980,2010]

ΔT_{2m} (monthly value)





=> cycles annuels de T_{min} et T_{max} distincts conduisent à une longue durée du maximum printanier de la température journalière



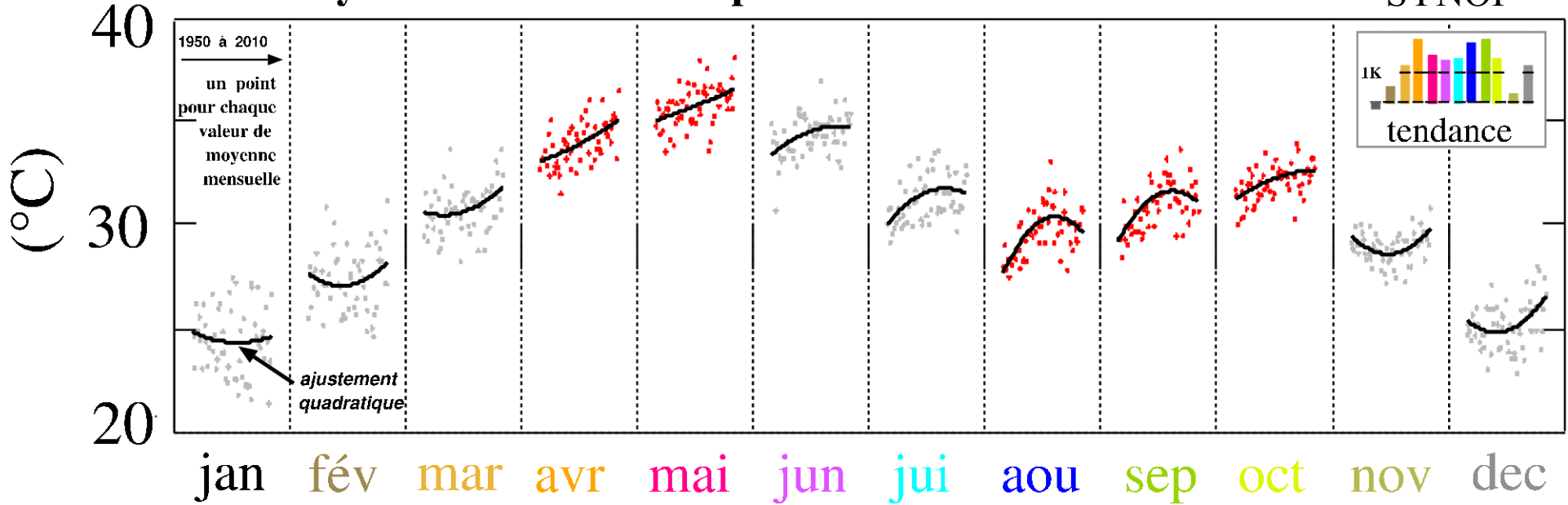
Guichard et al. (2009)

=> fortes augmentations de $T_{\min}$ au printemps, lors des incursions du flux de mousson avant les premières pluies

Variations multidécennales

Cycle annuel de la température au Sahel de 1950 à 2010

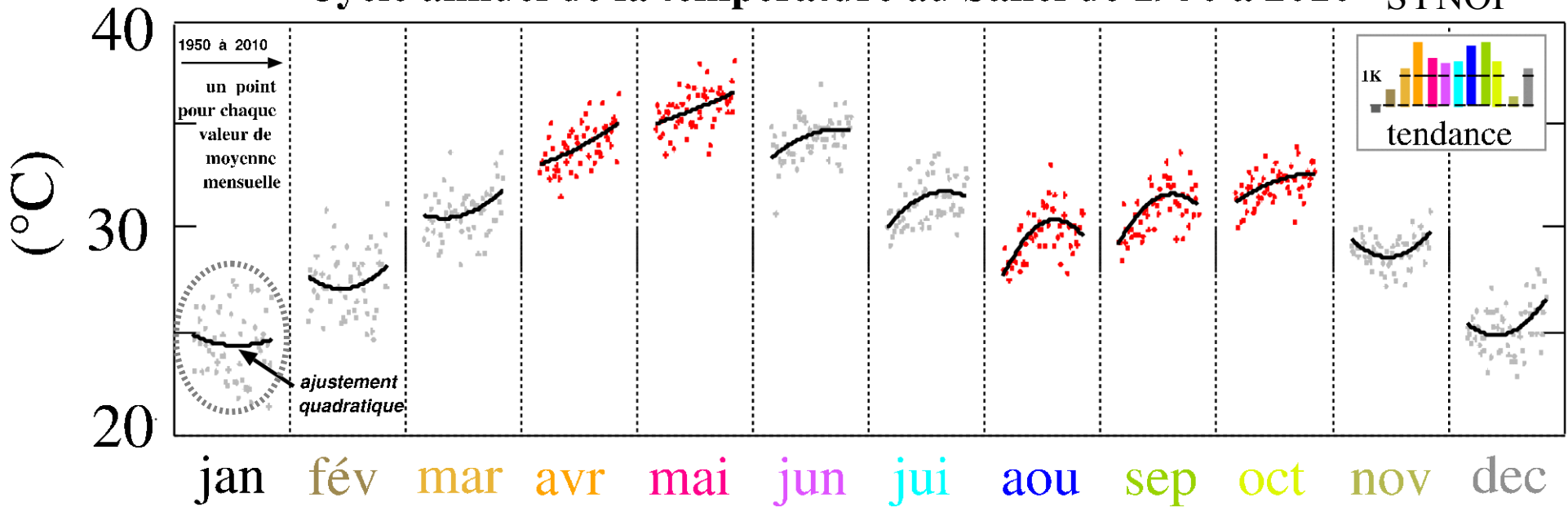
Hombori
SYNOP



Variations multidécennales

Cycle annuel de la température au Sahel de 1950 à 2010

Hombori
SYNOP

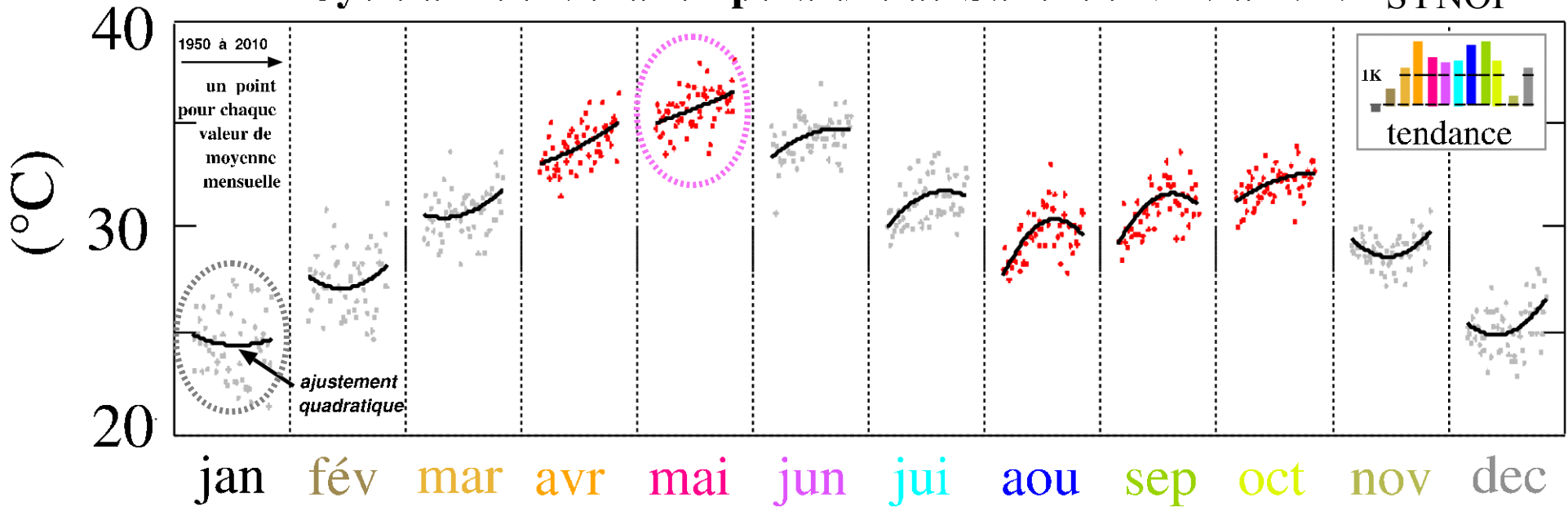


dominé par la
variabilité inter-
annuelle courte

Variations multidécennales

Cycle annuel de la température au Sahel de 1950 à 2010

Hombori
SYNOP



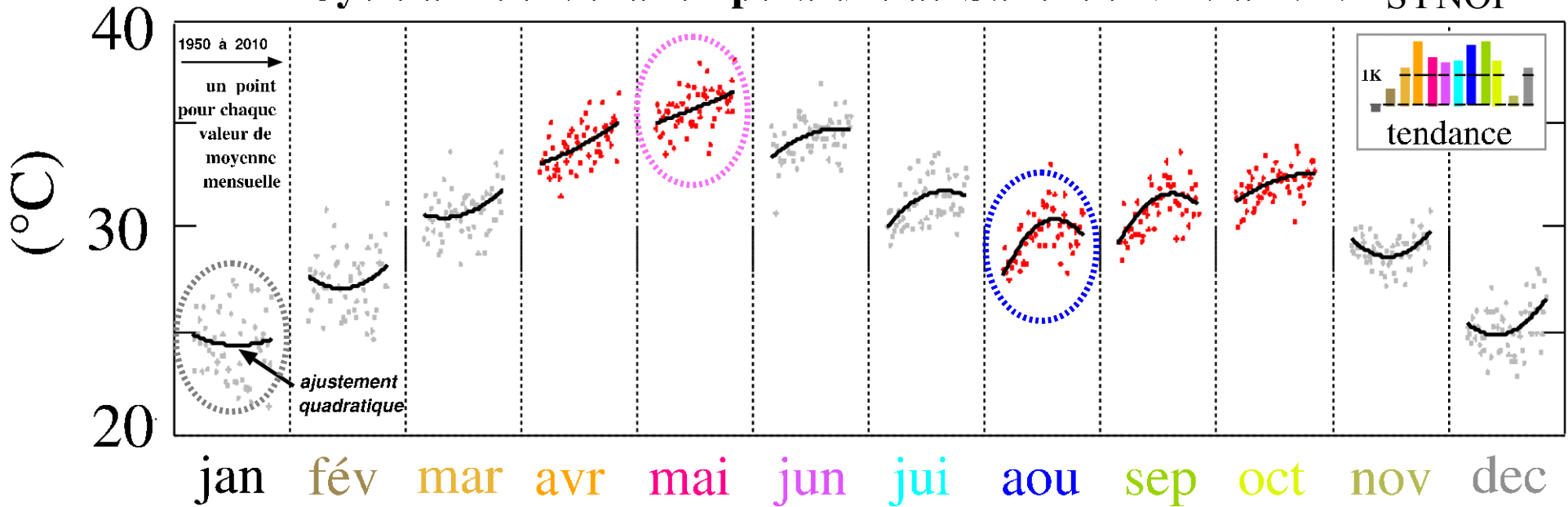
dominé par la
variabilité inter-
annuelle courte

Tendance
multidécennale
domine, forte!

Variations multidécennales

Cycle annuel de la température au Sahel de 1950 à 2010

Hombori
SYNOP



dominé par la
variabilité inter-
annuelle courte

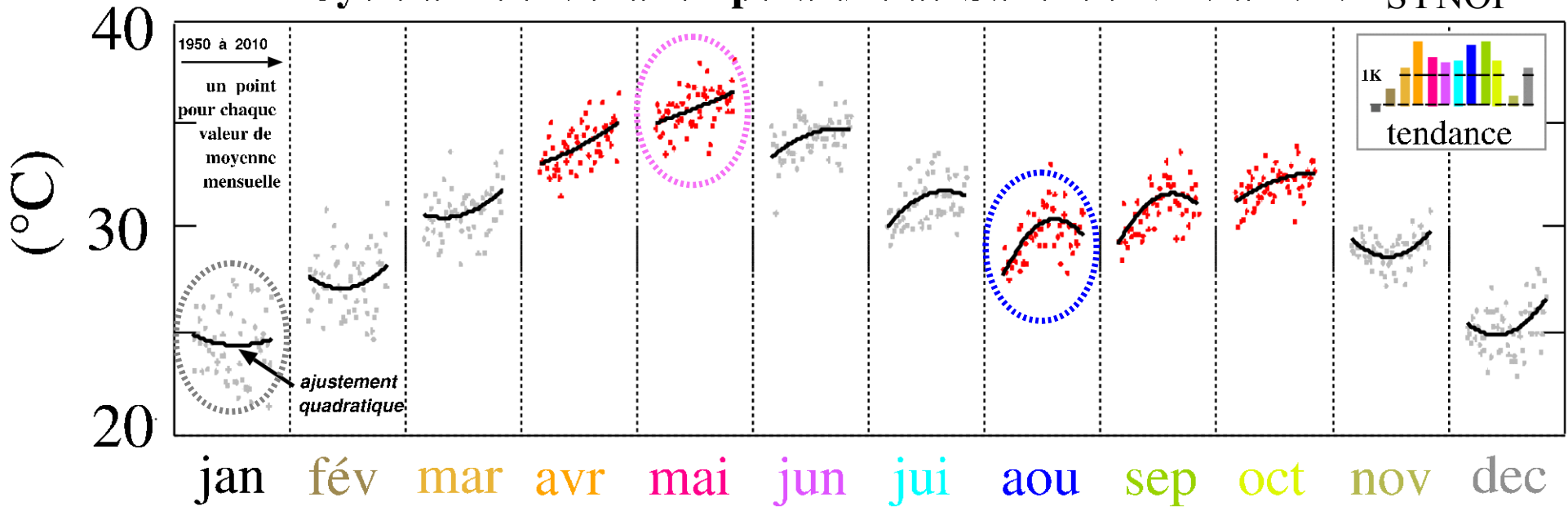
Tendance
multidécennale
domine, forte!

Couplage avec les précipitations

Variations multidécennales

Cycle annuel de la température au Sahel de 1950 à 2010

Hombori
SYNOP



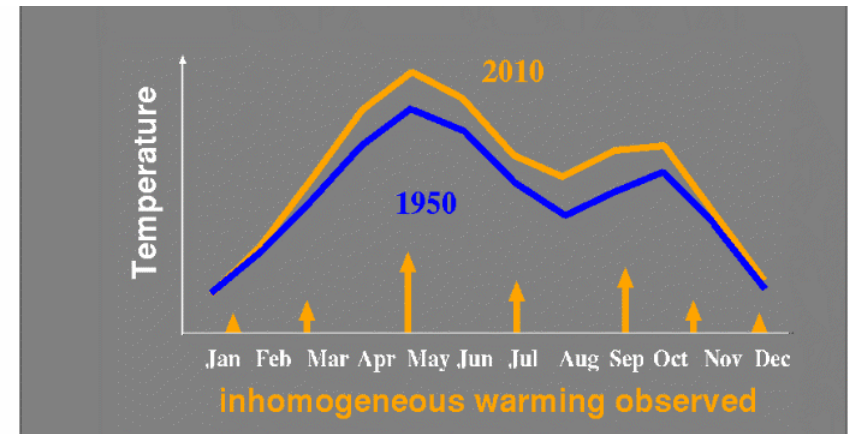
dominé par la
variabilité inter-
annuelle courte

Tendance
multidécennale
domine, forte!

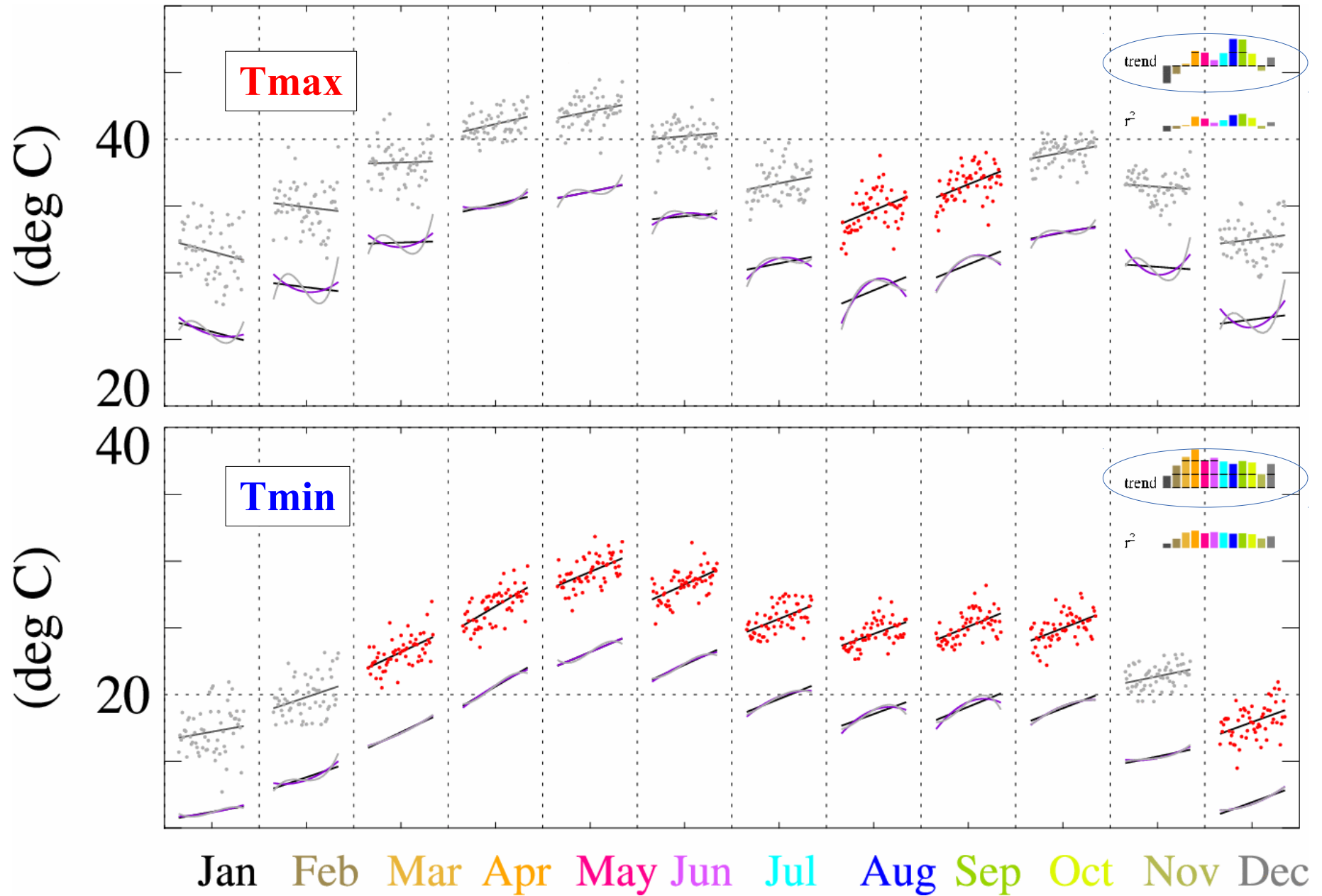
Couplage avec les précipitations

=> réchauffement non uniforme au cours
de l'année

(modification du cycle annuel)

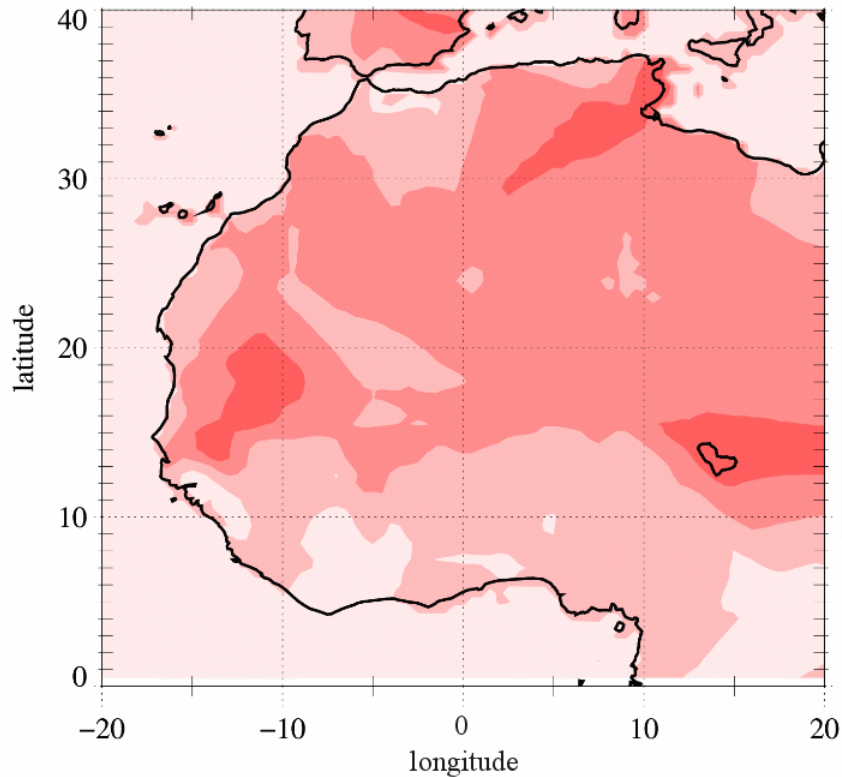
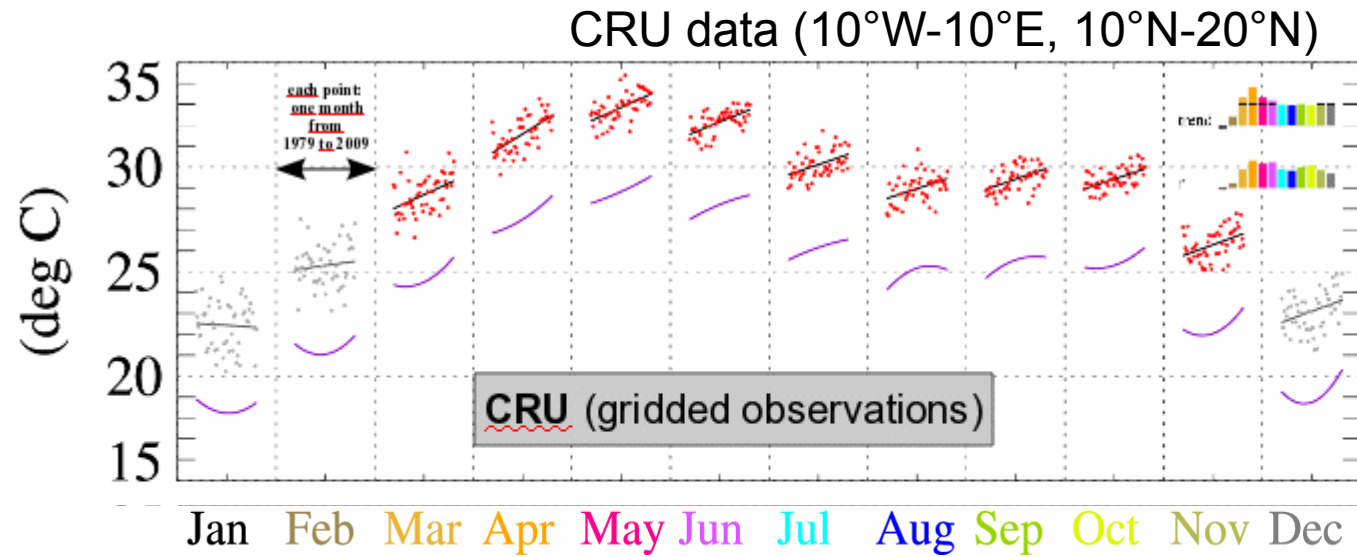


Hombori SYNOP data, 1950-2010



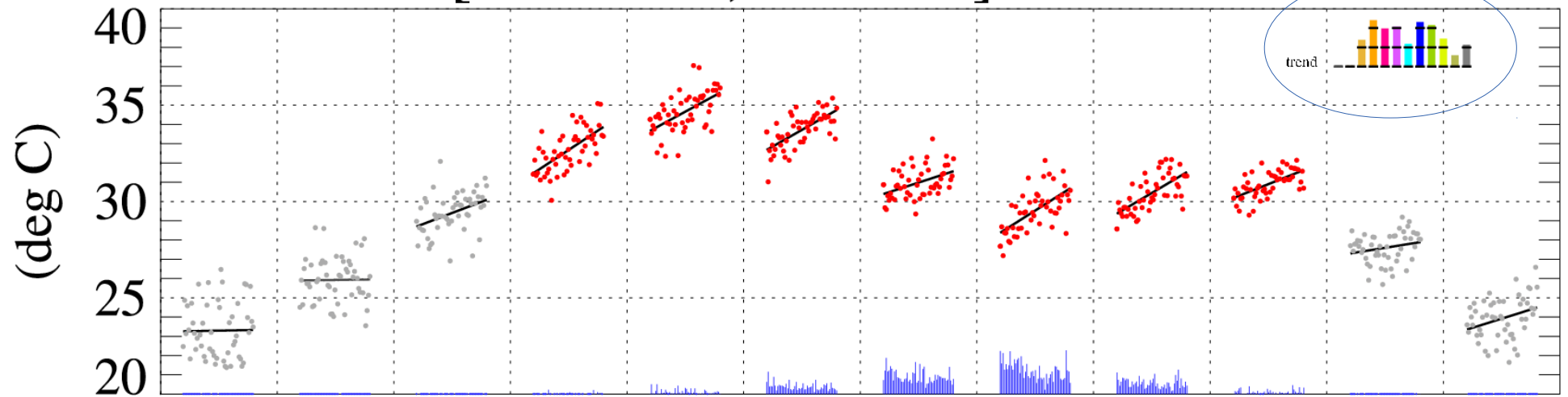
L'augmentation de température est plus importante la nuit

Variations multidécennales

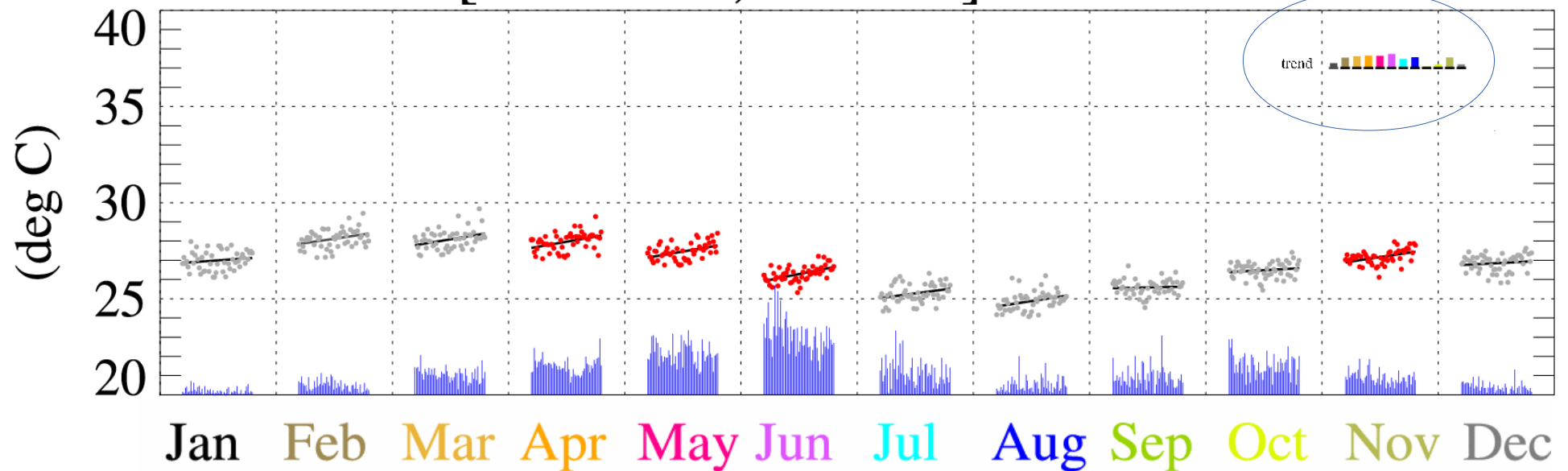


=> cohérence spatiale du réchauffement

[lon:-2.50,lat:15.25] Tair CRU



[lon:-2.50,lat: 5.25] Tair CRU



Réchauffement plus fort plus au nord, zone Soudanienne au Sahara

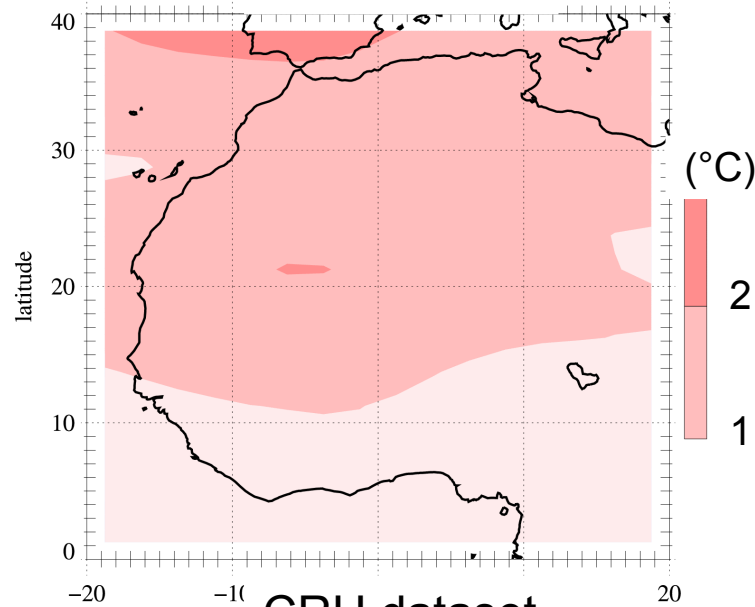
Tendances des températures 1980-2010 (pour le mois du maximum)

**Température
en basse
troposphère**

MSU: 0 à 8 km
ERA-I: 700 hPa

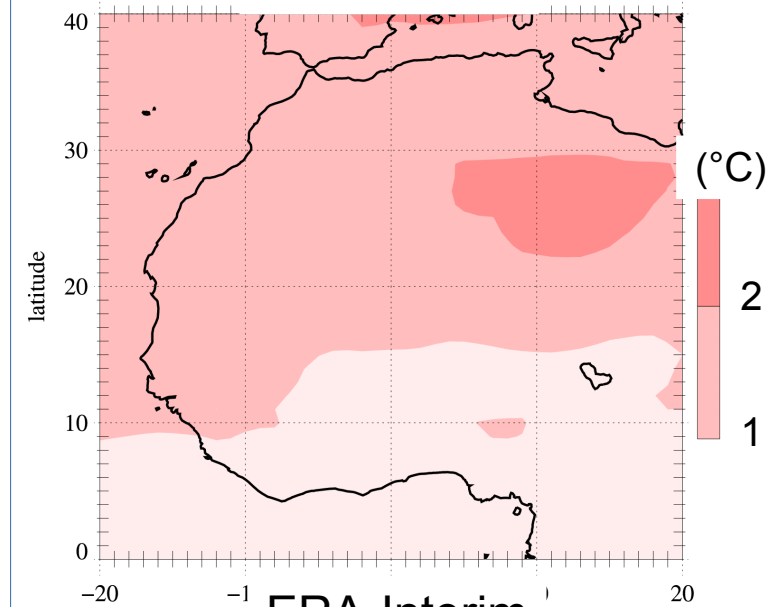
OBS

MSU dataset

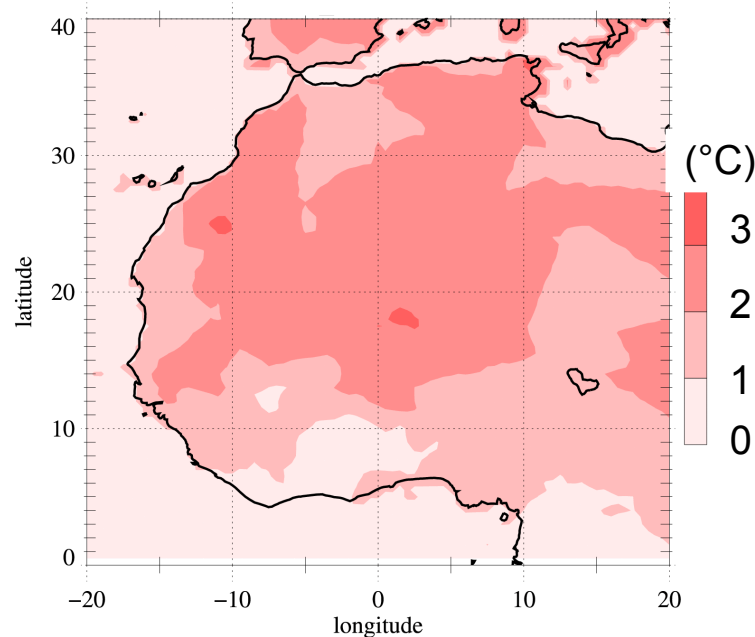


REANALYSE

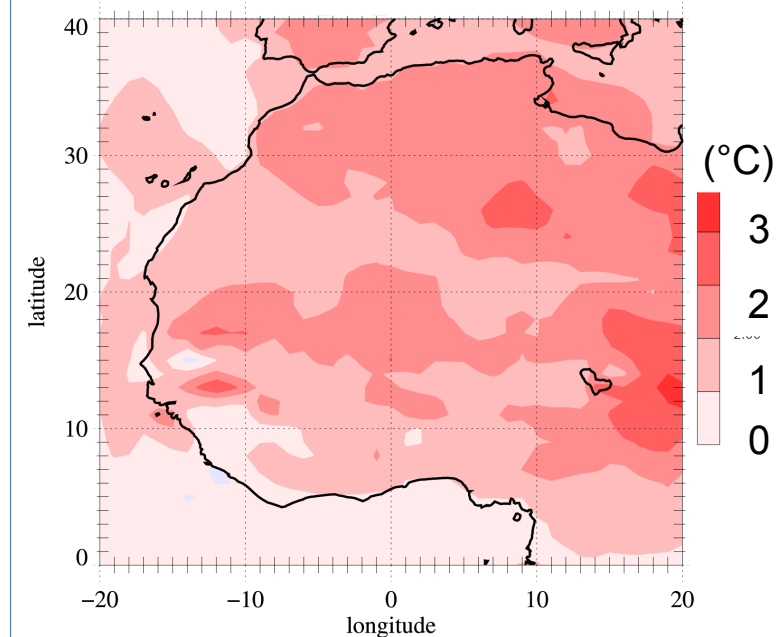
ERA-Interim



CRU dataset



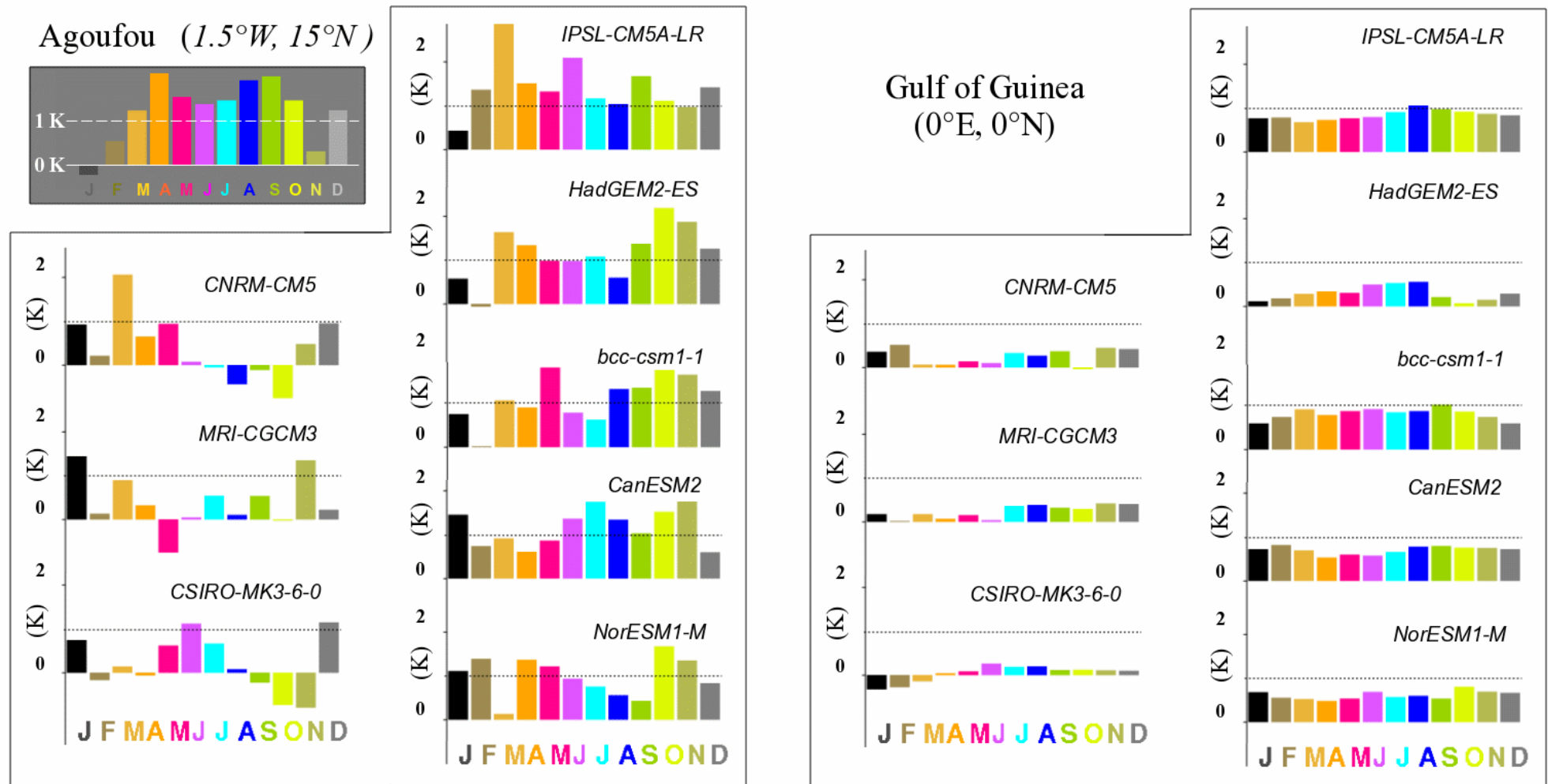
ERA-Interim



**Température
à 2m au dessus
de la surface**

*MSU: consistent
with Collins et al.
(2011)*

Modèles de climat, CMIP5 simulations historical, tendances 1950-2010 (cfSites)



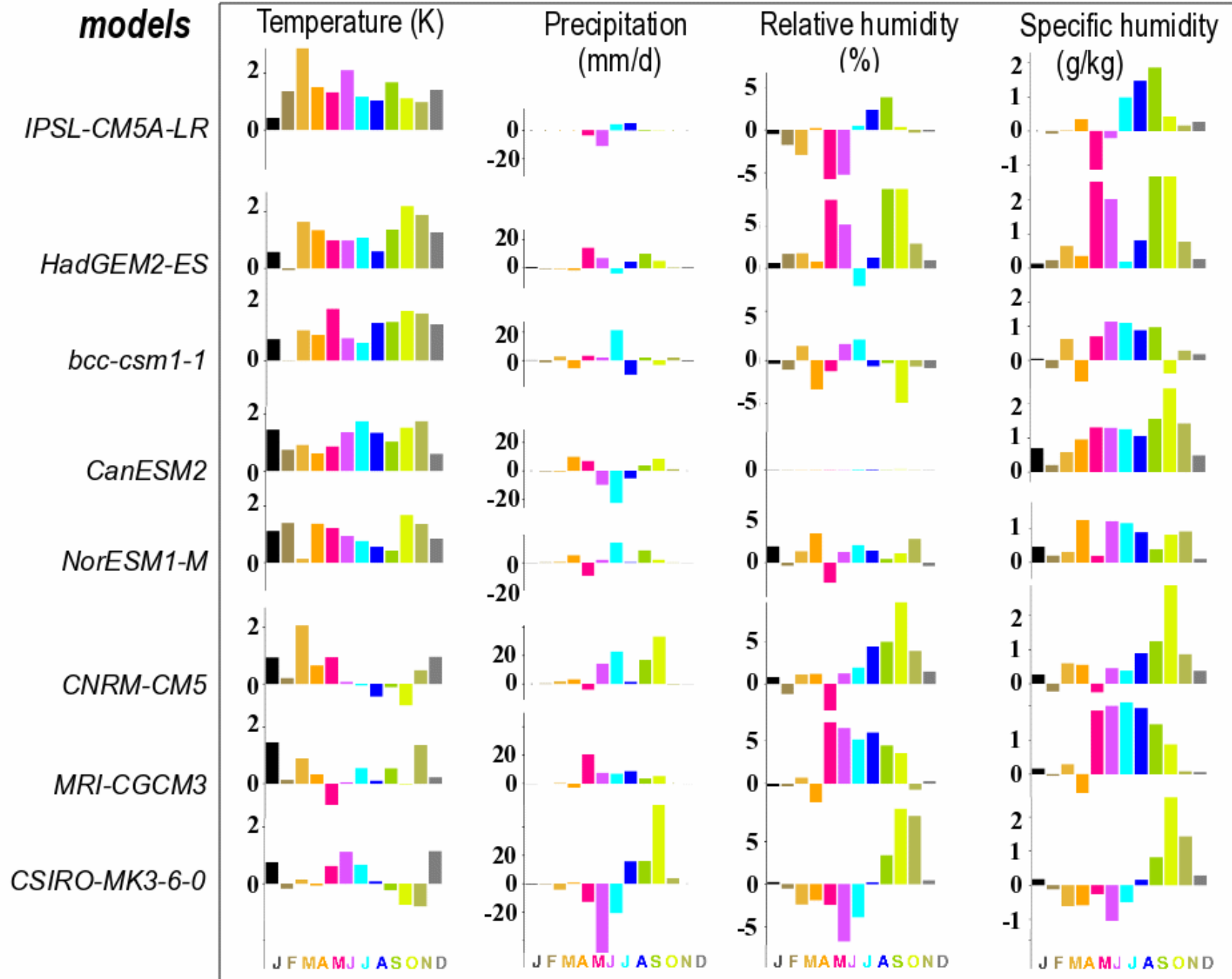
La température augmente généralement dans les modèles, mais de manière assez diverse
Avec des saisonnalités bien distinctes

Modèles de climat, CMIP5 simulations historical, tendances 1950-2010 (cfSites)

Les couplages entres tendances de température et d'humidité ne sont pas les mêmes d'un modèle à l'autre

Des tendances différentes de RH et qv au printemps

Les tendances de précipitations n'expliquent pas les tendances de température hors de la saison des pluie

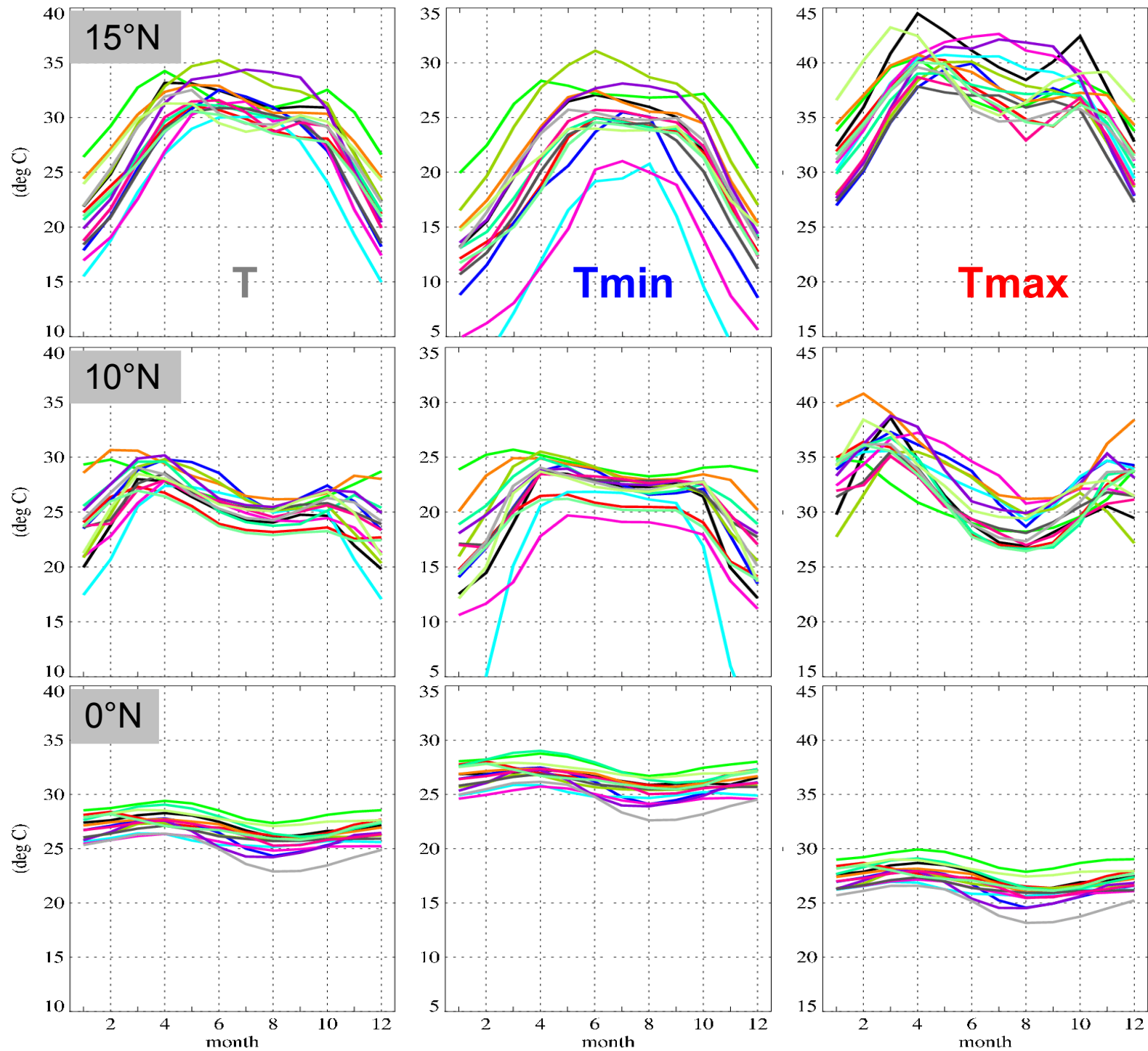


simulations climatiques CMIP5: cycle annuel de la température à 2m

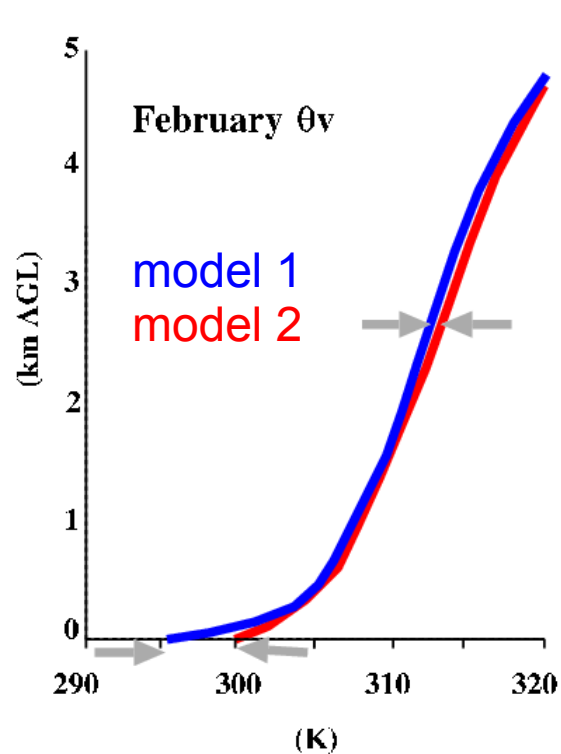
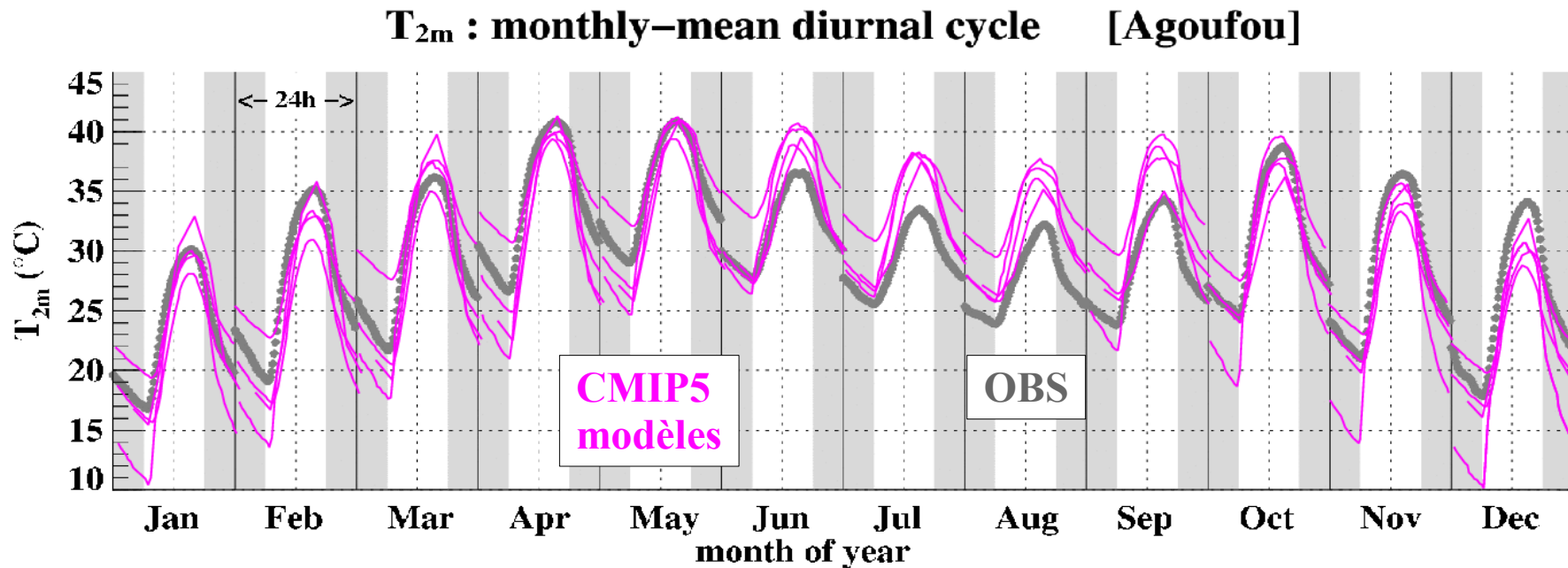
Des différences entre modèles + fortes que la sensibilité au scénario considéré (amip, historical, picontrol...)

Plus de dispersion en zones semi-aride et aride

Plus de dispersion hors de la saison de mousson, en particulier pour Tmin



simulations climatiques CMIP5: cycle diurne de la température à 2m



JFMA: biais froid la nuit
JJAS: biais chaud le jour

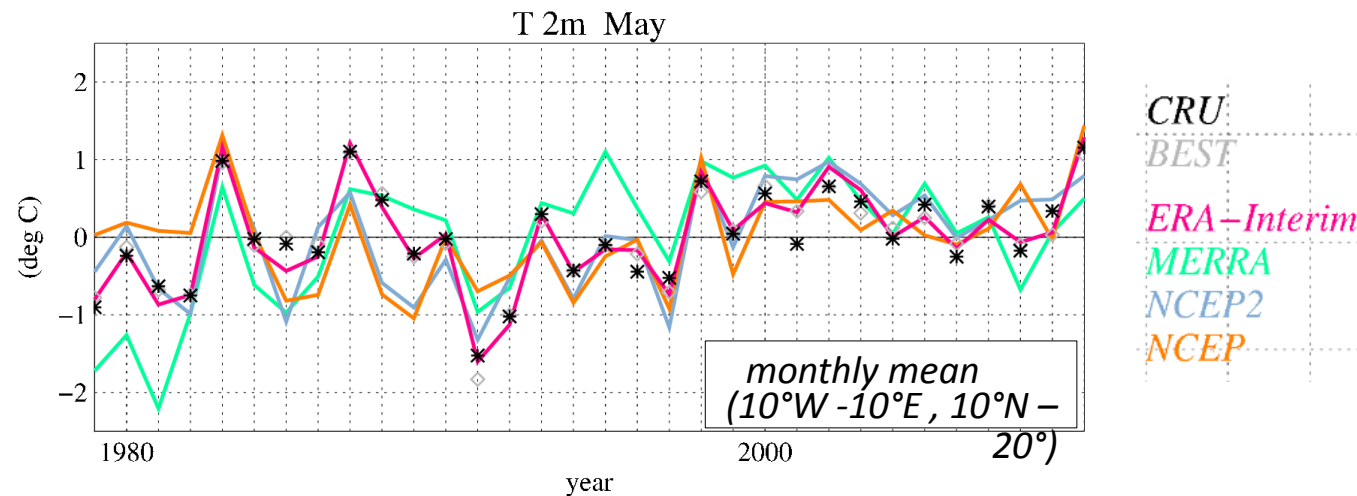
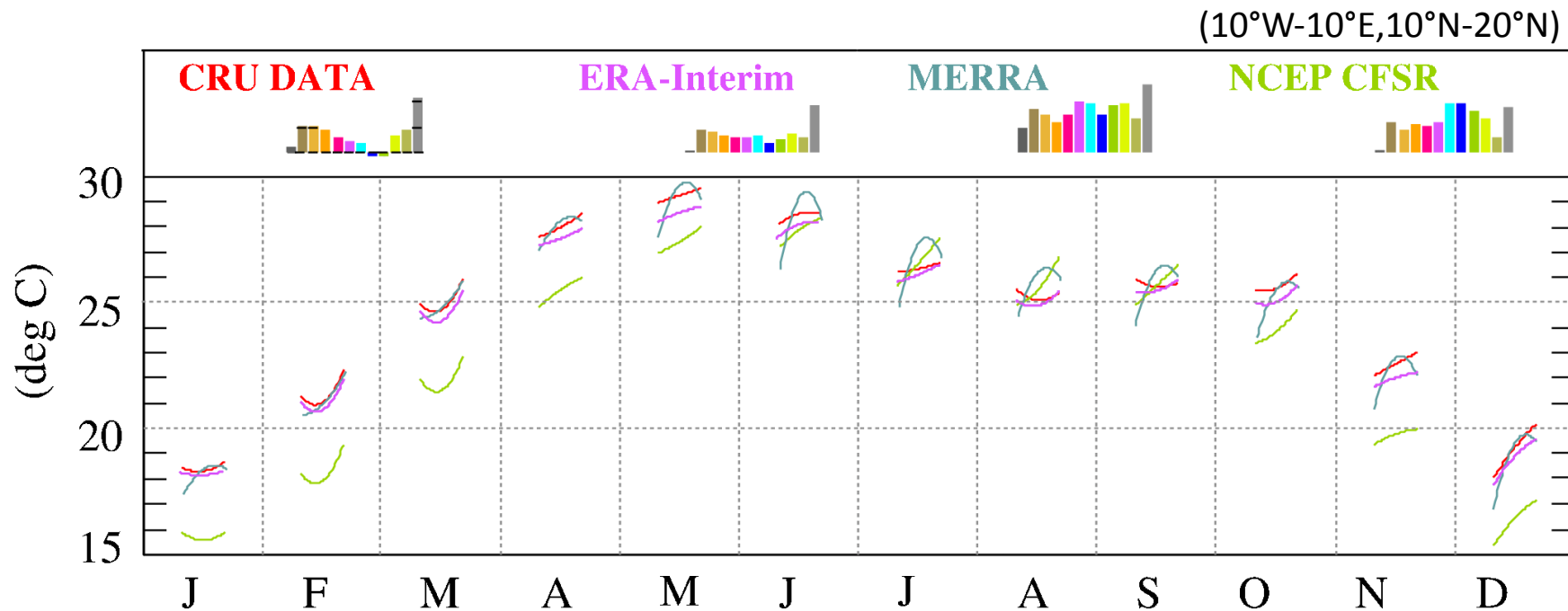
Hors de la saison de mousson, difficulté de simulation de la couche limite nocturne

- surface-turbulence-rayonnement + couplages avec les advections de basses couches
- pas un pb simple de biais de vapeur d'eau

Cycle annuel de la température à 2 m complexe

Importance des processus de surface et des basses couches atmosphériques

Réanalyses météorologiques, fluctuations et tendances 1980-2010



Les réanalyses ECMWF sont les seules réanalyses en bon accord avec les produits obs 'grillés'

Quelles conséquences sur les études plus fines, e.g. identification extrêmes (vagues de chaleur)? (i.e. le choix de la réanalyse ne semble pas neutre)

Conclusion, perspectives

Les observations indiquent un réchauffement non-uniforme au Sahel au cours des 60 dernières années

(Tmin, Tmax) et aussi amplitude du cycle annuel plus important

- saison sèche et froide ~ JFM, ND : pas de tendance nette
(sec: peu de vapeur d'eau, et non pas peu pluvieux)
- Printemps ~ AMJ, mois les plus chauds: fort réchauffement
- Pendant la mousson ~ JAS: réchauffement plus modéré

Humidité: pb de cohérence des ≠ données/réanalyses, humidification versus assèchement, *pas très clair...*

*impact radiatif de la vapeur d'eau accru au printemps?
(quel rôle du flux de mousson)*

*en été, impact atténué par les précipitations?
(via un refroidissement de la surface)*

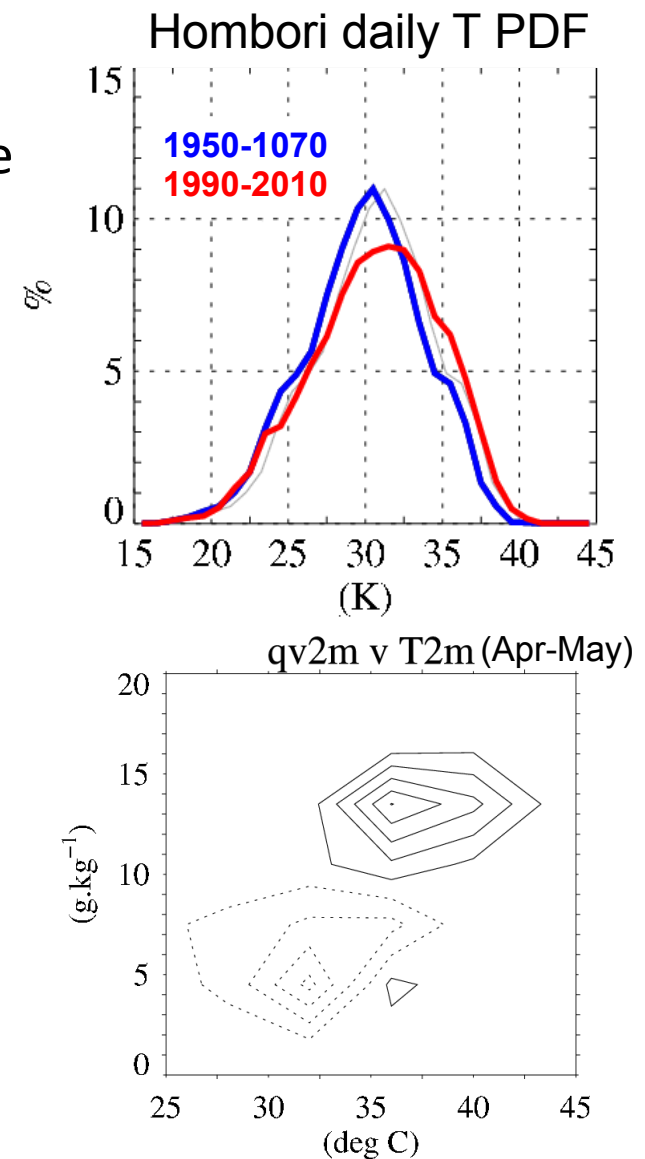
couplages émergents / température, humidité, DTR, flux rad., précip., nuages & aérosols (obs v modèles)

Questions...

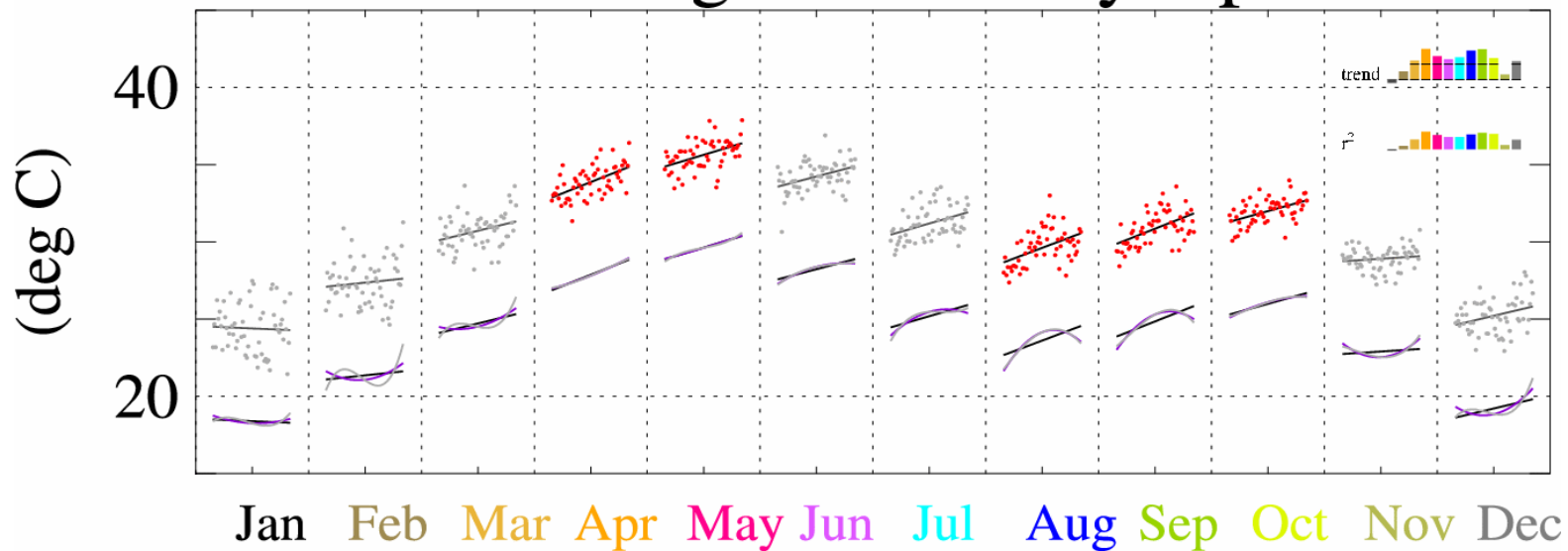
*quel impact du réchauffement printanier sur l'arrivée des pluies, le saut de mousson?
considérations locales et à plus grande échelle (e.g. gradient meridional)*

impact sur l'intensité des précipitations pendant la mousson?

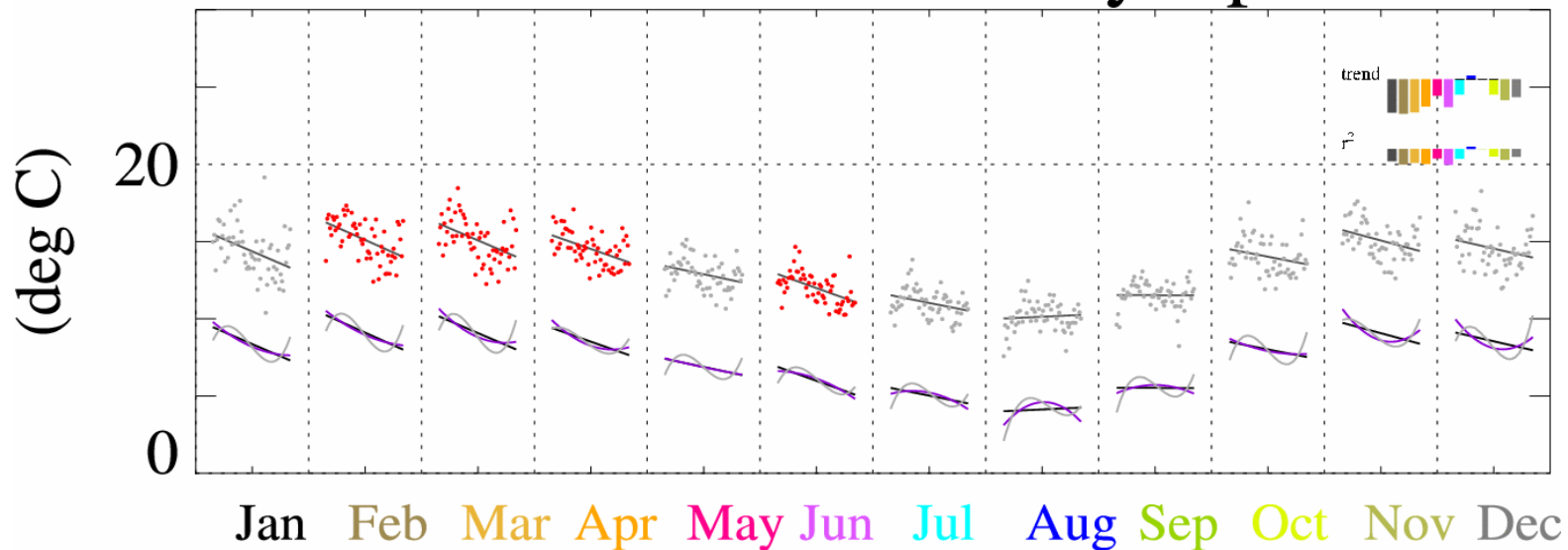
au delà: conséquences pour la végétation, impact sociétaux, santé (ACASIS)...

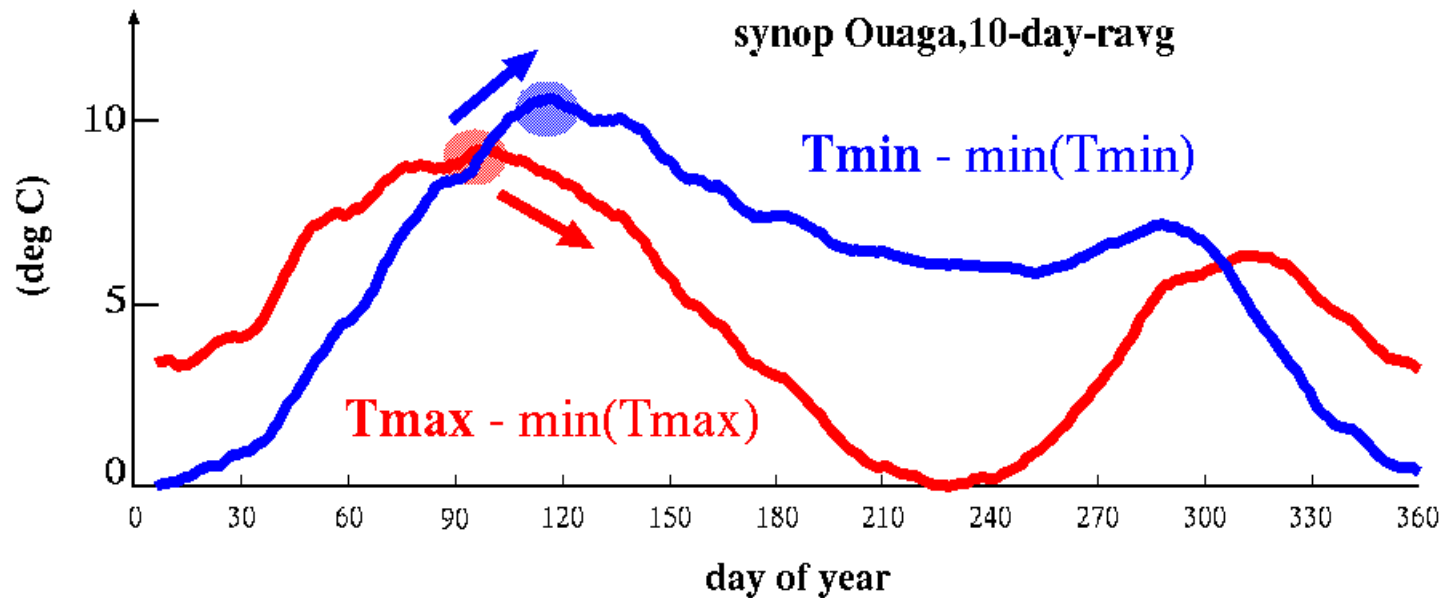


15.3N Tavg Hombori synop EM



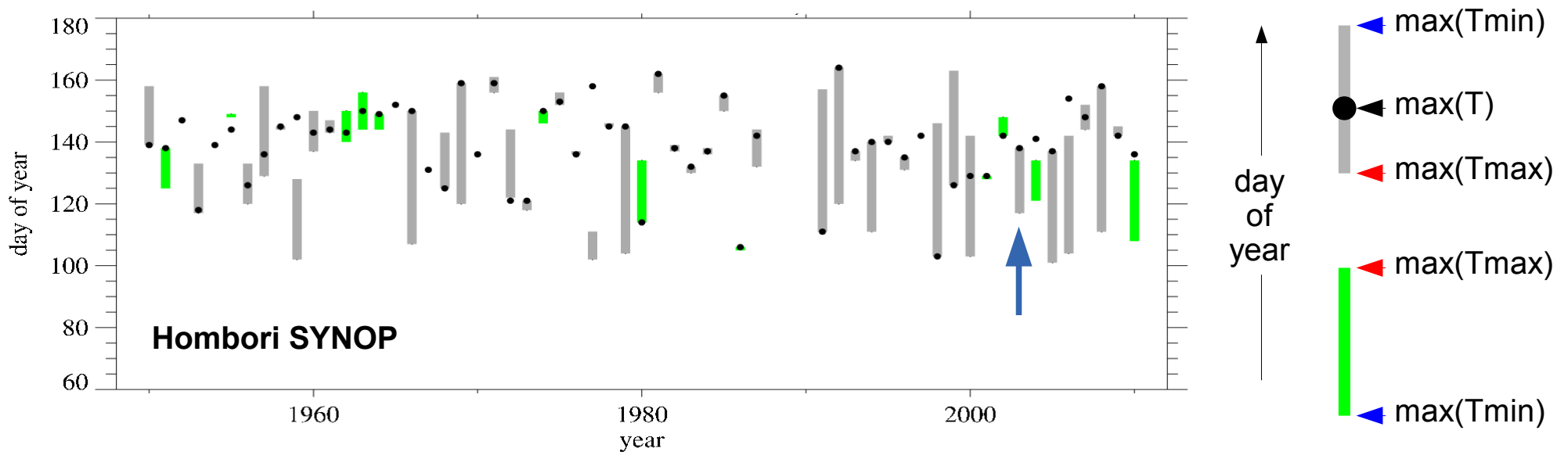
15.3N DTR Hombori synop EM





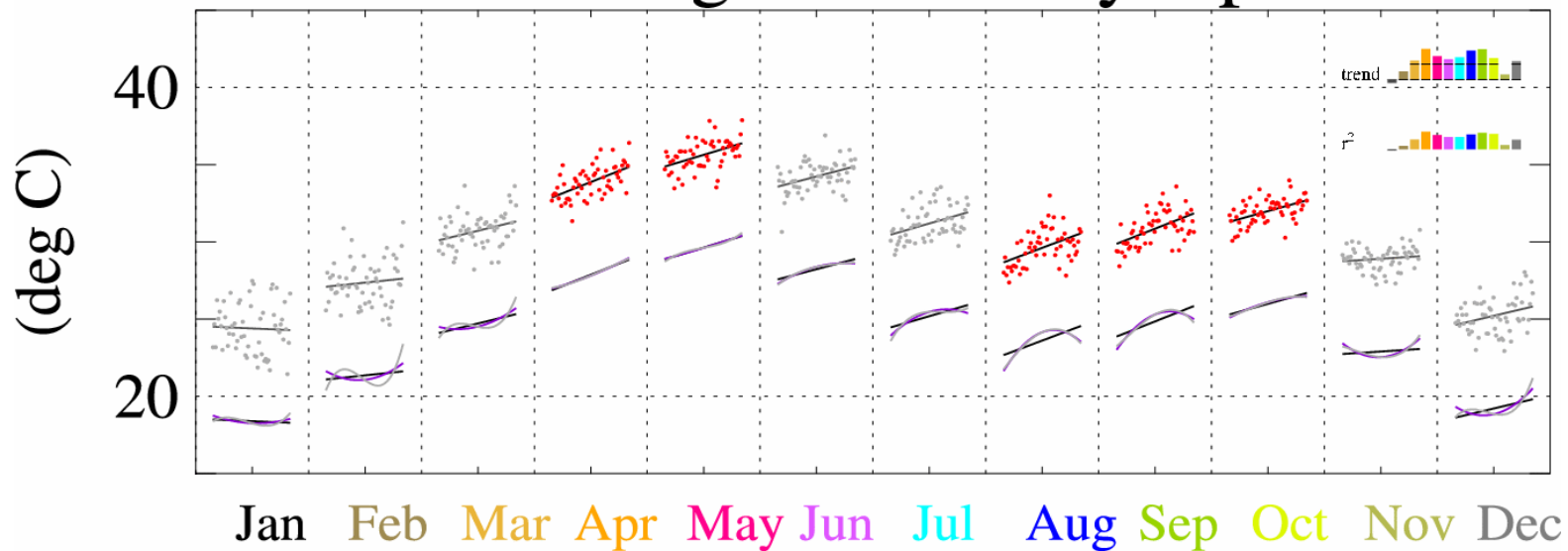
=> cycles annuels de T_{min} et T_{max} distincts conduisent à une longue durée du maximum printanier de la température journalière

Variabilité interannuelle des dates de maximum de T_{min} , T_{max} , $T_{journalier}$

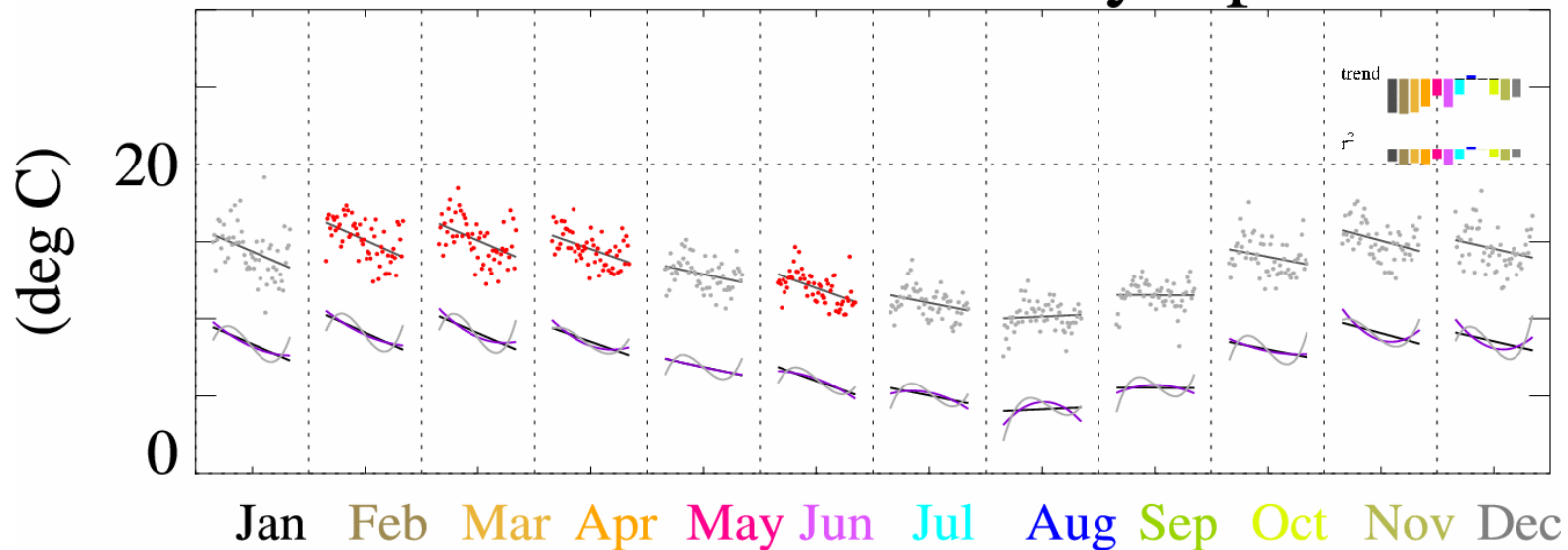


$$DTR_{RAD} = (-4\sigma T^3) / LW_{net}$$

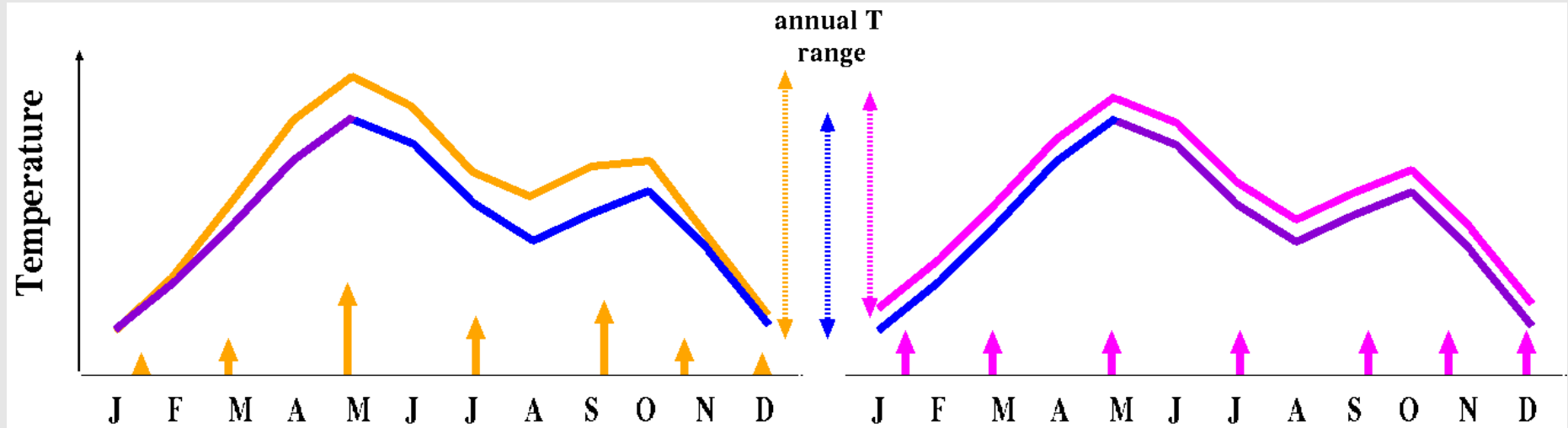
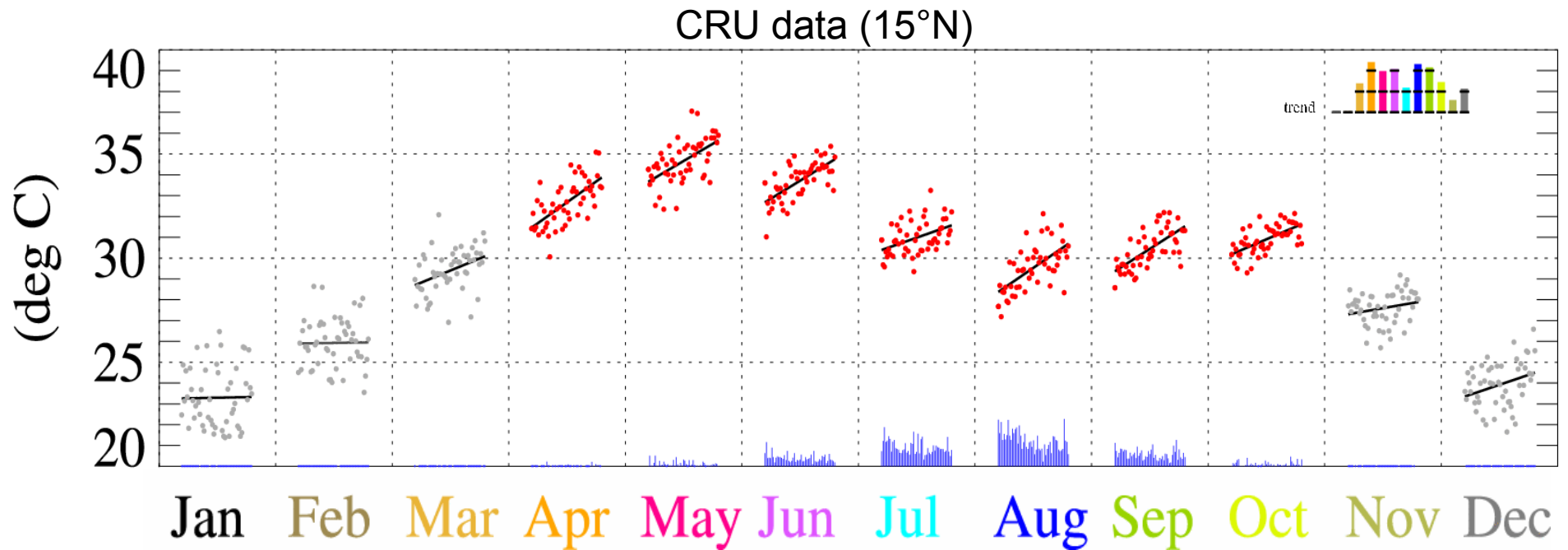
15.3N Tavg Hombori synop EM



15.3N DTR Hombori synop EM



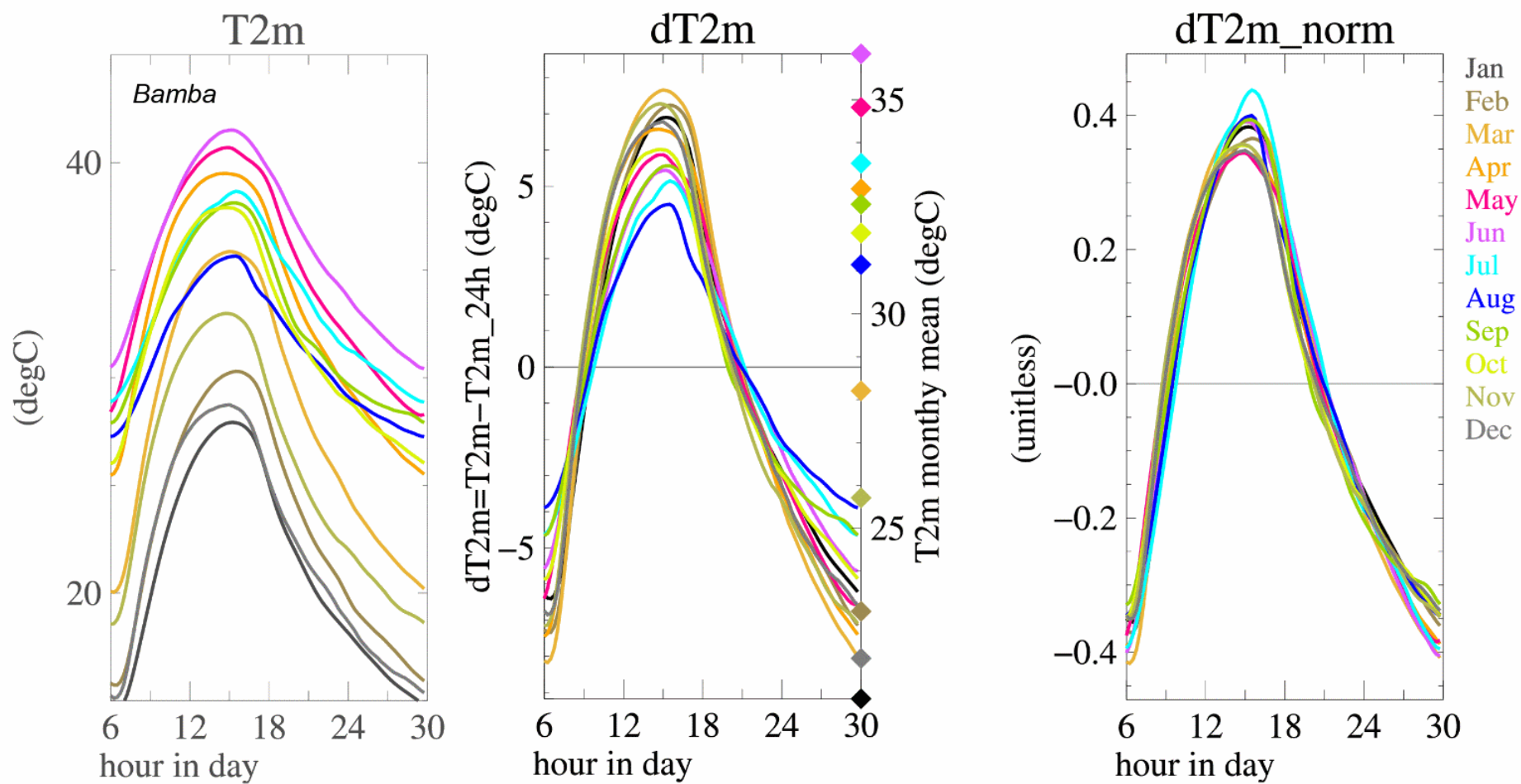
Variations multidécennales



modification de la structure du cycle annuel

Par opposition à une augmentation uniforme, qui n'est pas observée

$$DTR_{RAD} = (-4\sigma T^3) / LW_{net}$$



DTR v DTR_rad (monthly)

