

Le changement climatique en Bourgogne

Observations (1961-2009), simulations (1970-2040) et impacts



**Yves Richard¹, Romain Marteau¹, Thierry Castel^{1,3}, Geoffrey Klein¹, Waltraud Wimmer¹,
Albin Ullmann¹, Quentin Pillet¹, Benjamin Bois^{1,2} et Cédric Cuccia¹**

¹ Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210, CNRS / université de Bourgogne, 6, Bd. Gabriel, 21000 Dijon

² IUVV (Institut Universitaire de la Vigne et du Vin), université de Bourgogne, 6, Bd. Gabriel, 21000 Dijon

³ Dpt D2A2E, Agrosup Dijon, 16, Bd. Dr Petitjean, BP 87999, 21079 Dijon Cedex

En partenariat avec Météo France, le BIVB et le CRPF Bourgogne



Programme « Adaptation au changement climatique » Alterre et ADEME Bourgogne



Plan

1. Les changements observés (partenariat Météo France)

1.1 Températures

1.2 Précipitations

2. Modélisation du climat à l'échelle d'un territoire

2.1 Méthode : le Modèle de Climat Régional (MCR) WRF

2.2 Aptitude à reproduire les caractéristiques du climat actuel

2.3 Quelques simulations pour 2031-2040 (scénario A2)

3. Impacts

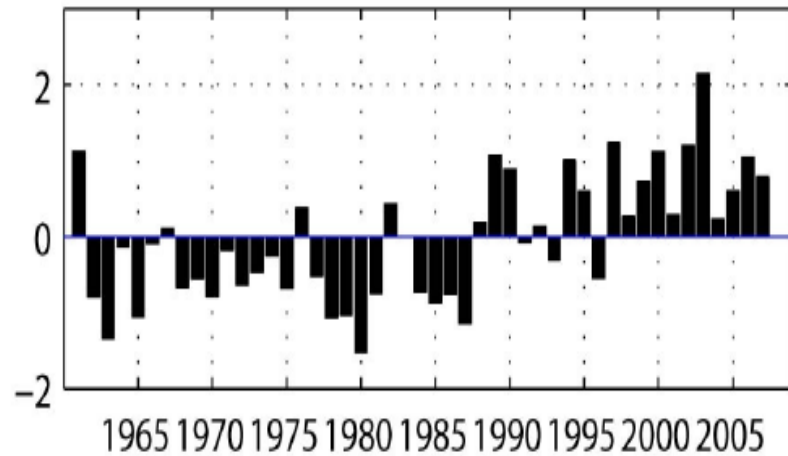
3.1 Vigne et phénologie (partenariat BIVB)

3.2 Hêtraies du châillonnais (partenariat CRPF Bourgogne)

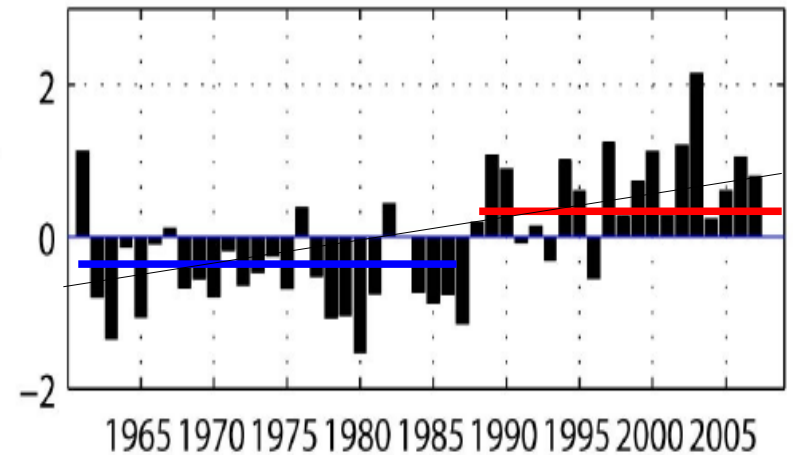
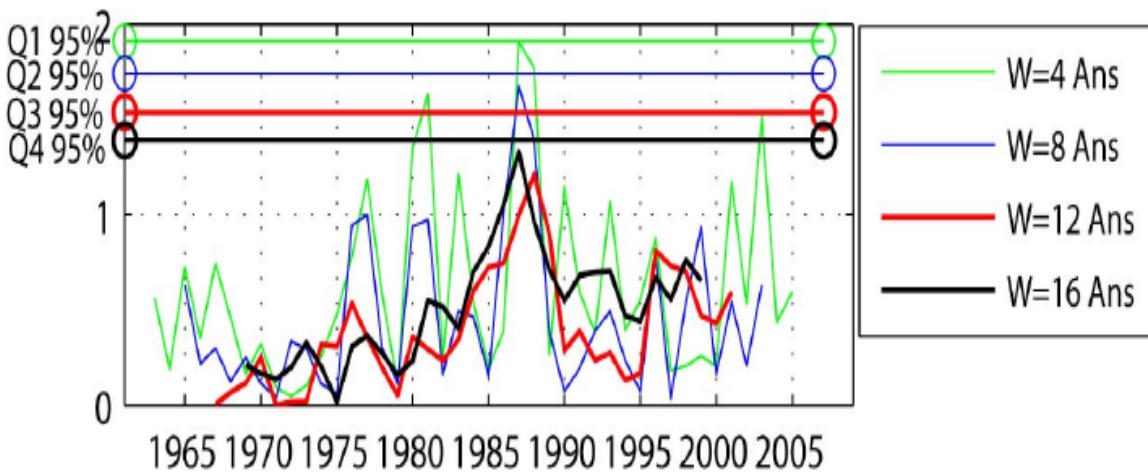
1.1 Depuis 50 ans : T° + élevées (partenariat Météo France)

T° (Moyenne des stations de Bourgogne) : une rupture vers 1987/1988

Anomalies de T° annuelles (1961-2007)



Recherche de rupture (SMWDA)



1961-1987

1988-20??

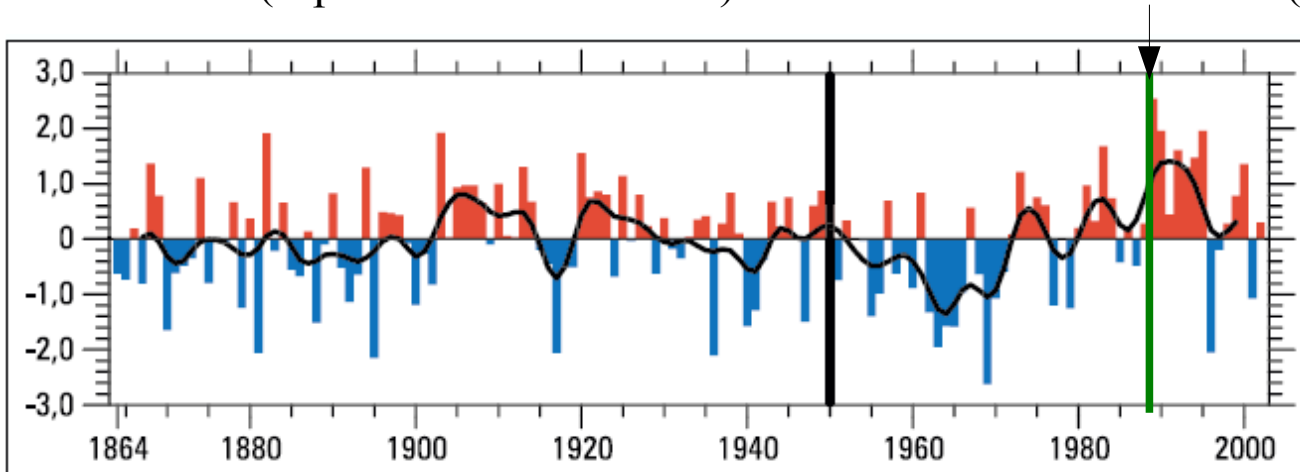
Source : Cuccia 2008

• Depuis 1961 un réchauffement doublé d'une rupture (1987-1988)

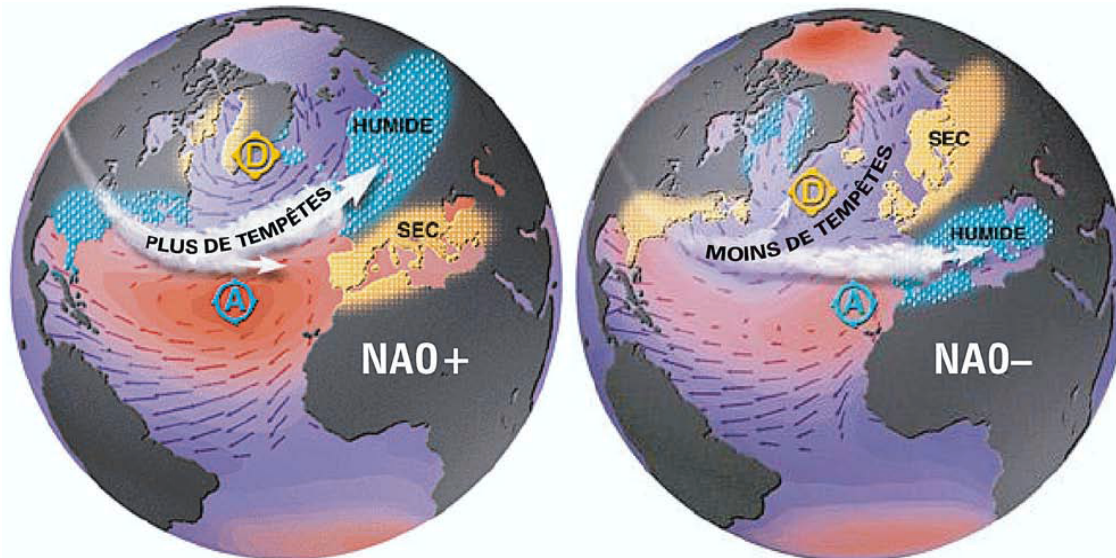
1.1 Depuis 50 ans : T° + élevées

Interprétation :

- Réchauffement (changement progressif) : Gaz à Effet de Serre → « **Changement climatique** »
- 1987/1988 (rupture de stationnarité) : North Atlantic Oscillation (NAO) → « **Variabilité décennale** »



NAO : série temporelle



Impacts associés aux deux phases de la NAO

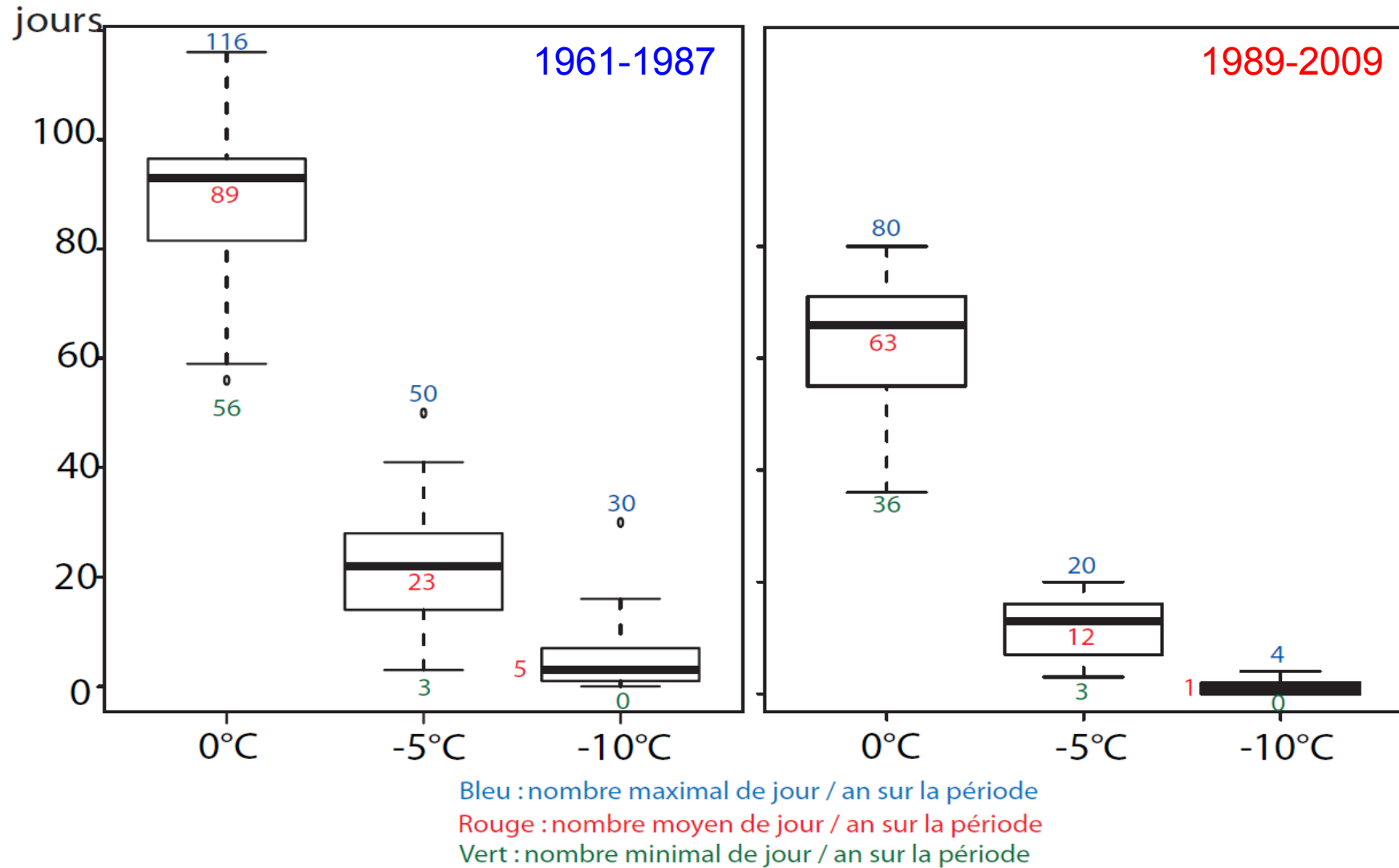
Source : Cassou (2004) Du changement climatique aux régimes de temps : l'oscillation nord-atlantique. La Météorologie, 45, 21-32.

● **Hausse des T° en Bourgogne : changement climatique (GES) + variabilité décennale (NAO)**

1.1 Depuis 50 ans : T° + élevées (partenariat Météo France)

Nombre de jours de gel

Nombre de jours / an avec températures minimales inférieures à X°C dans au moins 2 des 4 stations principales Météo France de Bourgogne (Châtillon-sur-Seine, Château-Chinon, Mâcon et Auxerre)

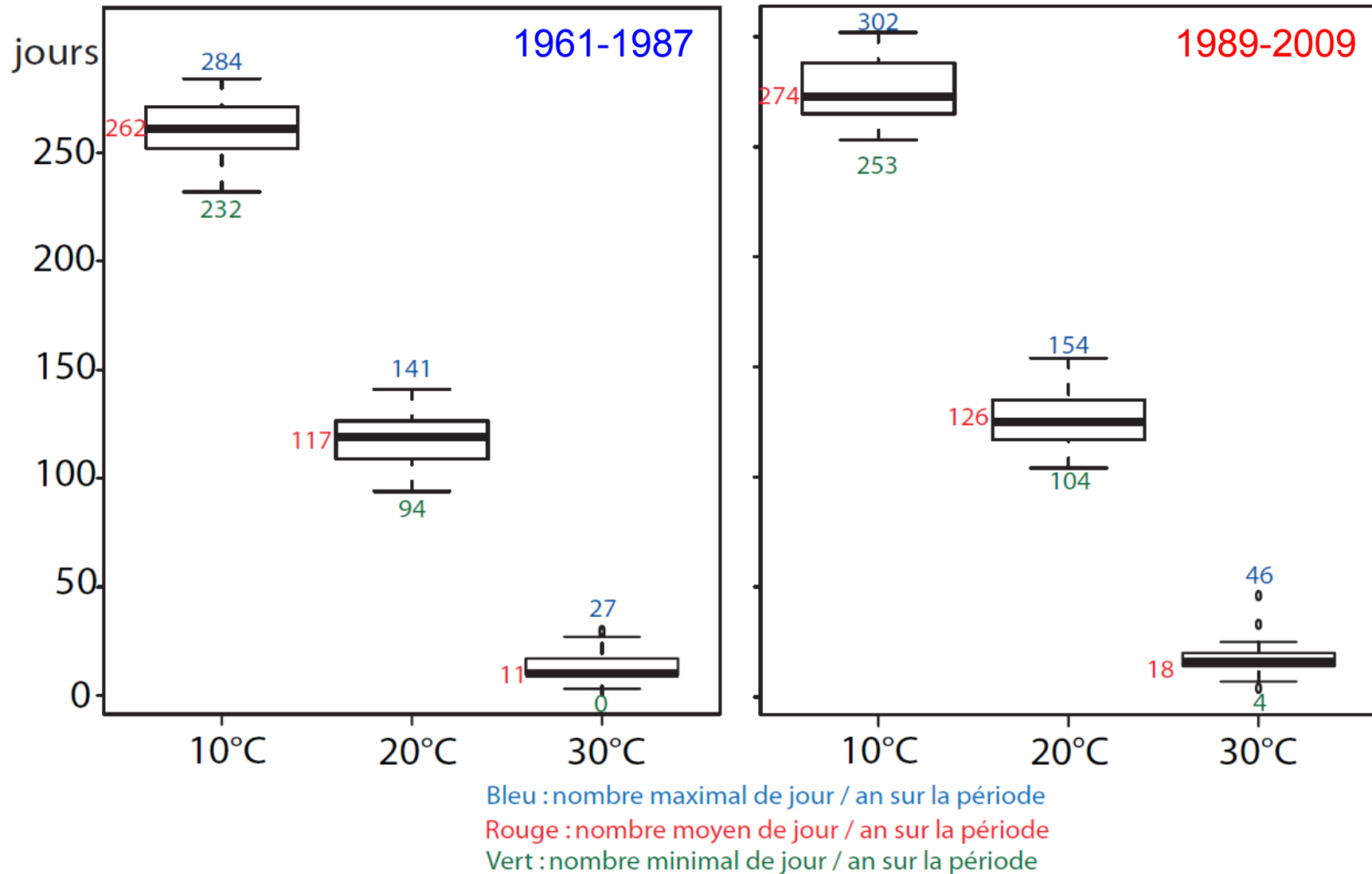


● **Climat actuel (1989/2009) / climat antérieur (1961-1987) : gelées - fréquentes et - fortes**

1.1 Depuis 50 ans : T° + élevées (partenariat Météo France)

Nombre de jours chauds

Nombre de jours / an avec températures maximales supérieures à X°C dans au moins 2 des 4 stations principales Météo France de Bourgogne (Châtillon-sur-Seine, Château-Chinon, Mâcon et Auxerre)



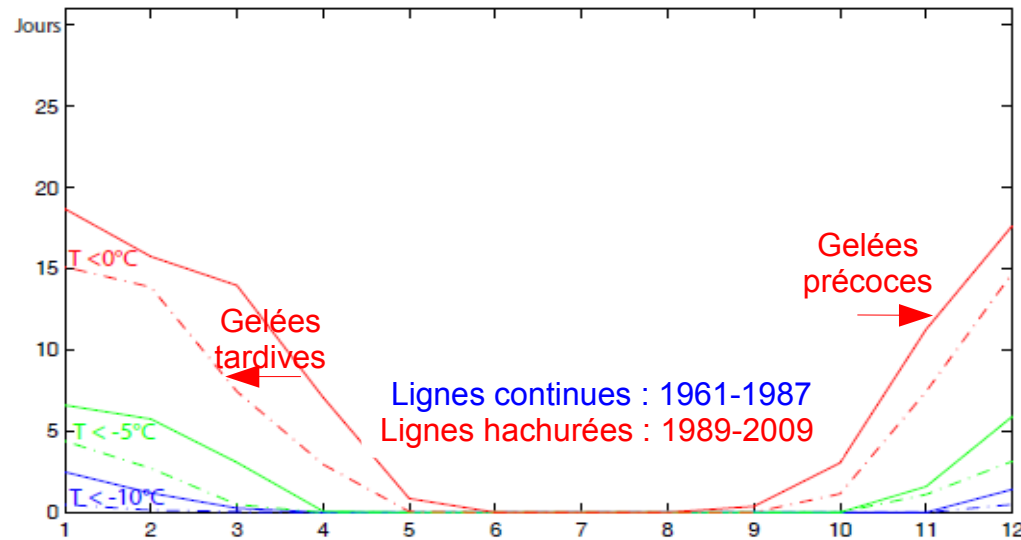
● **Climat actuel (1989/2009) / climat antérieur (1961-1987) : chaleurs + fréquentes et + intenses**

1.1 Depuis 50 ans : T° + élevées (partenariat Météo France)

Nombre mensuel de jours de gel et de jours chauds - Evolutions 1989-2009 / 1961-1987

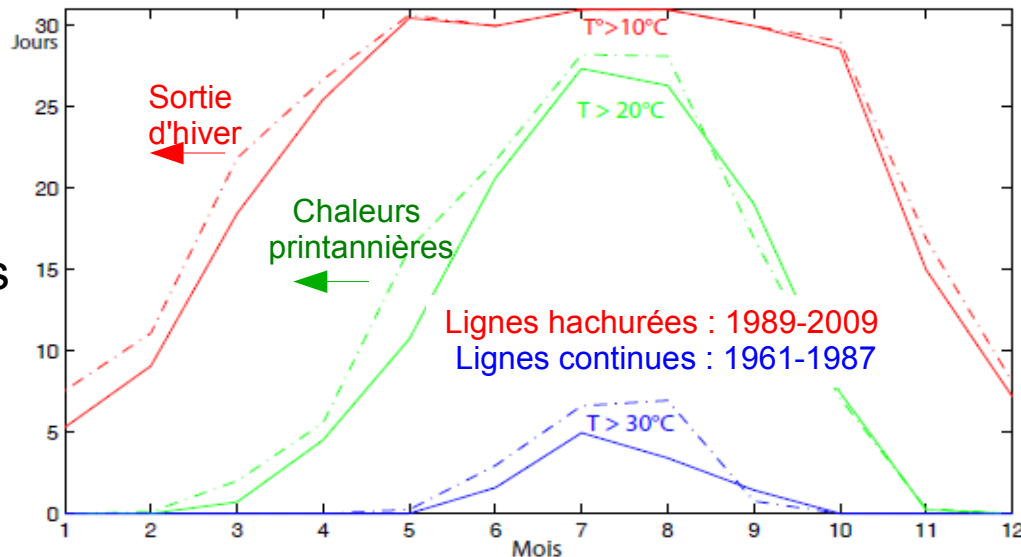
a) Gelées dans au moins 2 des 4 stations principales (Châtillon-sur-Seine, Château-Chinon, Macon et Auxerre)

Nombre de jours de gel



b) Chaleur dans au moins 2 des 4 stations principales (Châtillon-sur-Seine, Château-Chinon, Macon et Auxerre)

Nombre de jours chauds

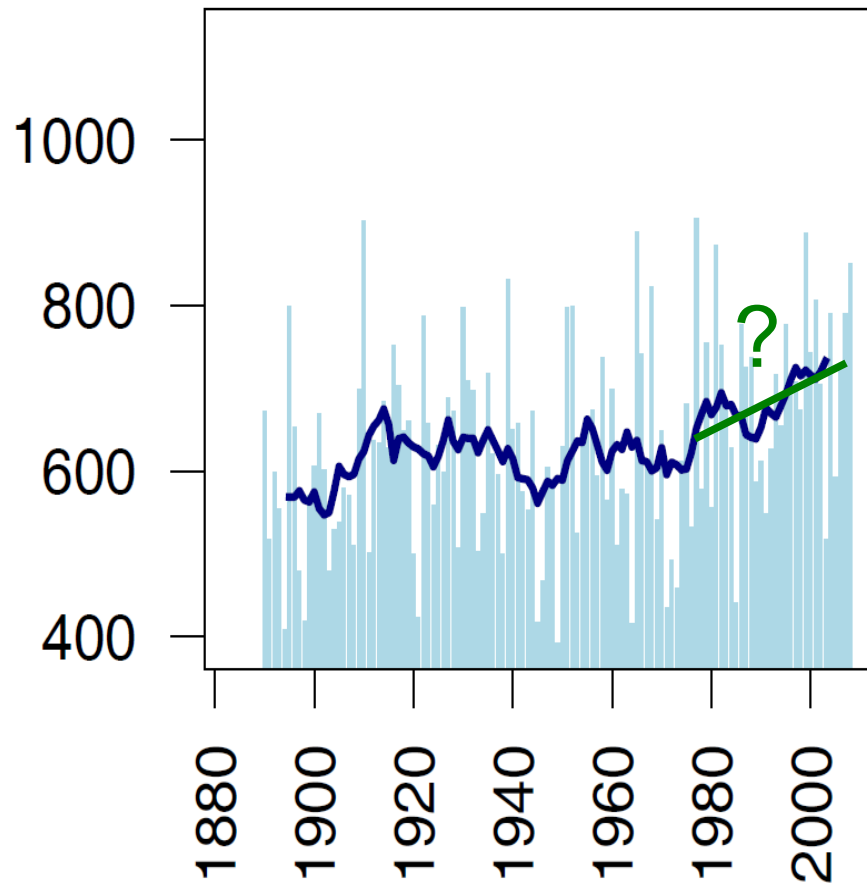


Lignes continues : 1961-1987, lignes hachurées : 1989-2009

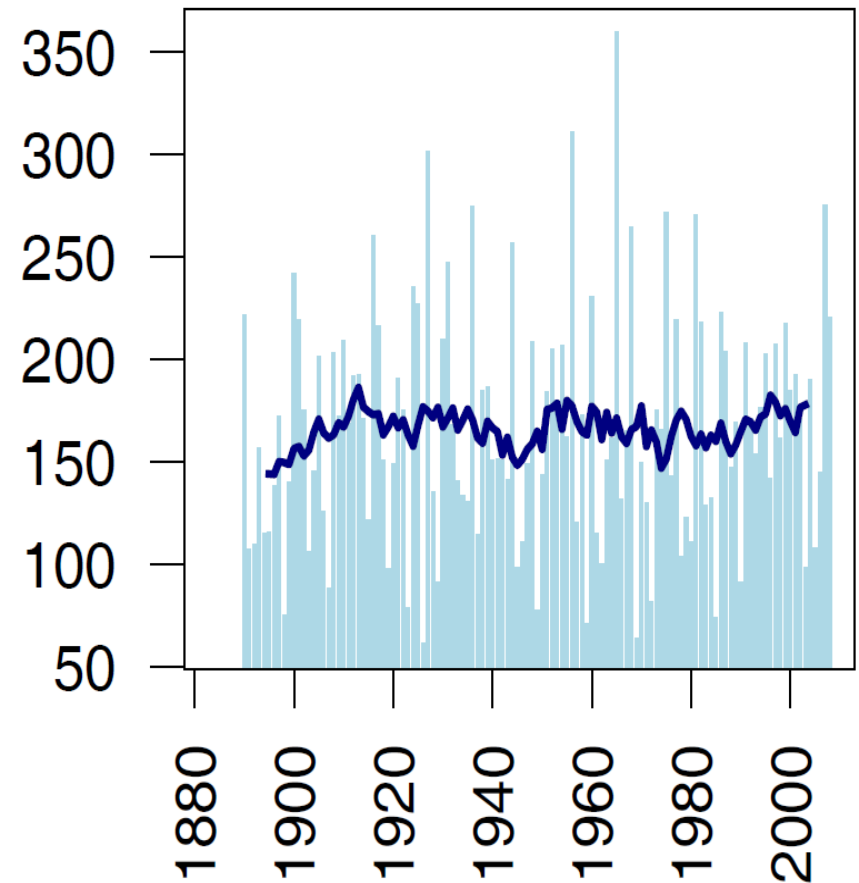
● Climat actuel (1989/2009) / climat antérieur (1961-1987) : hiver + court, saison végétative + longue

1.2 Précipitations évoluant peu (partenariat Météo France)

Précipitations « Dijon homogénéisées »



a) Précipitations annuelles



b) Précipitations d'été

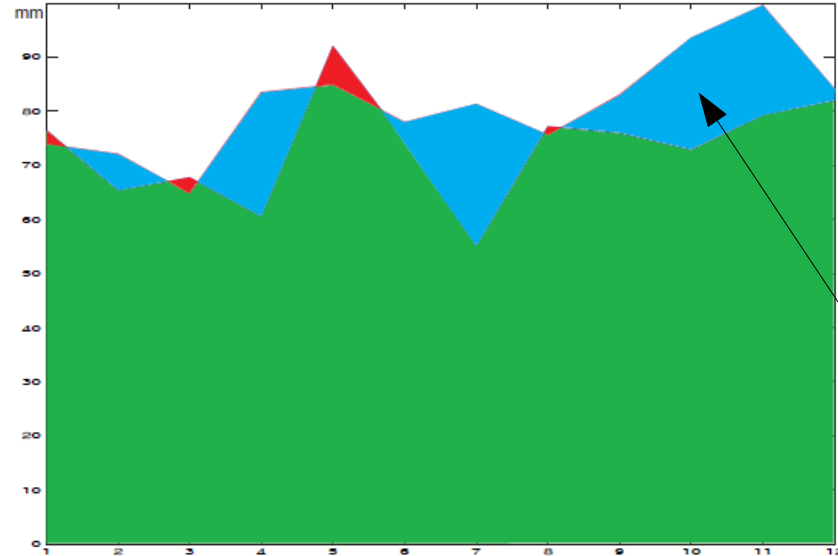
Source : Bois 2009

● Climat actuel / climat antérieur : précipitations + abondantes en saison froide ?

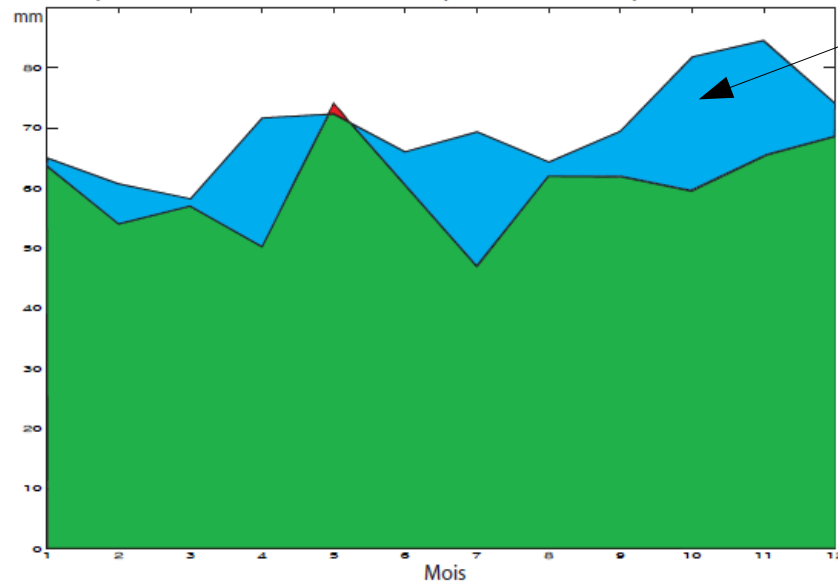
1.2 Précipitations évoluant peu (partenariat Météo France)

Précipitations moyennes mensuelles - Evolutions 1989-2009 / 1961-1987

a) Moyennes sur 4 stations principales (Dijon-Longvic, Château-Chinon, Macon et Auxerre)



b) Moyennes sur l'ensemble des stations complètes (72 1961-1987 puis 128 1989-2009)



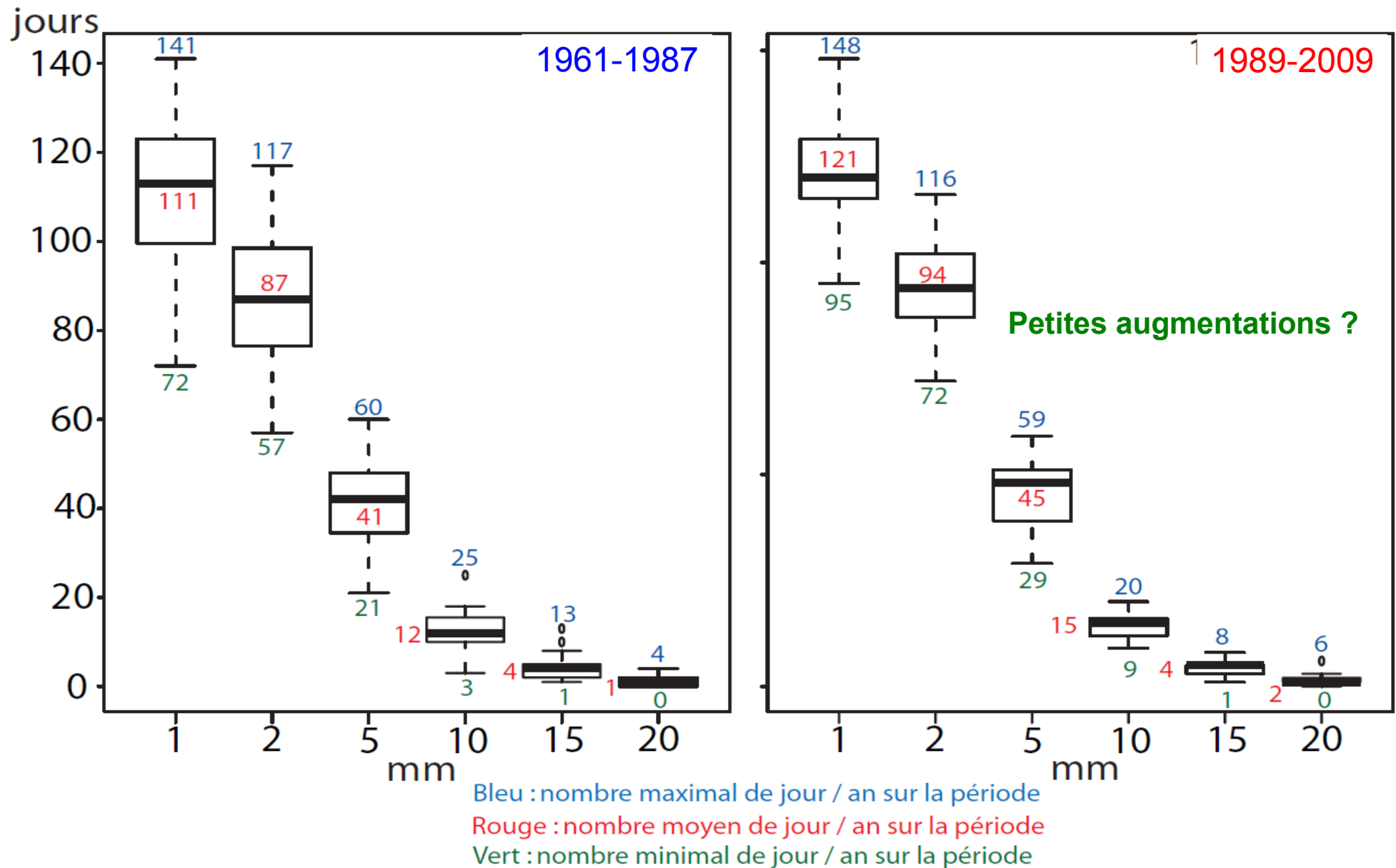
Précipitations
+
abondantes
en
automne ?

Vert : sans changement
Bleu : augmentation (1989-2009 > 1961-1987)
Rouge : diminution (1989-2009 < 1961-1987)

● Climat actuel / climat antérieur : précipitations + abondantes en automne ?

1.2 Précipitations évoluant peu (partenariat Météo France)

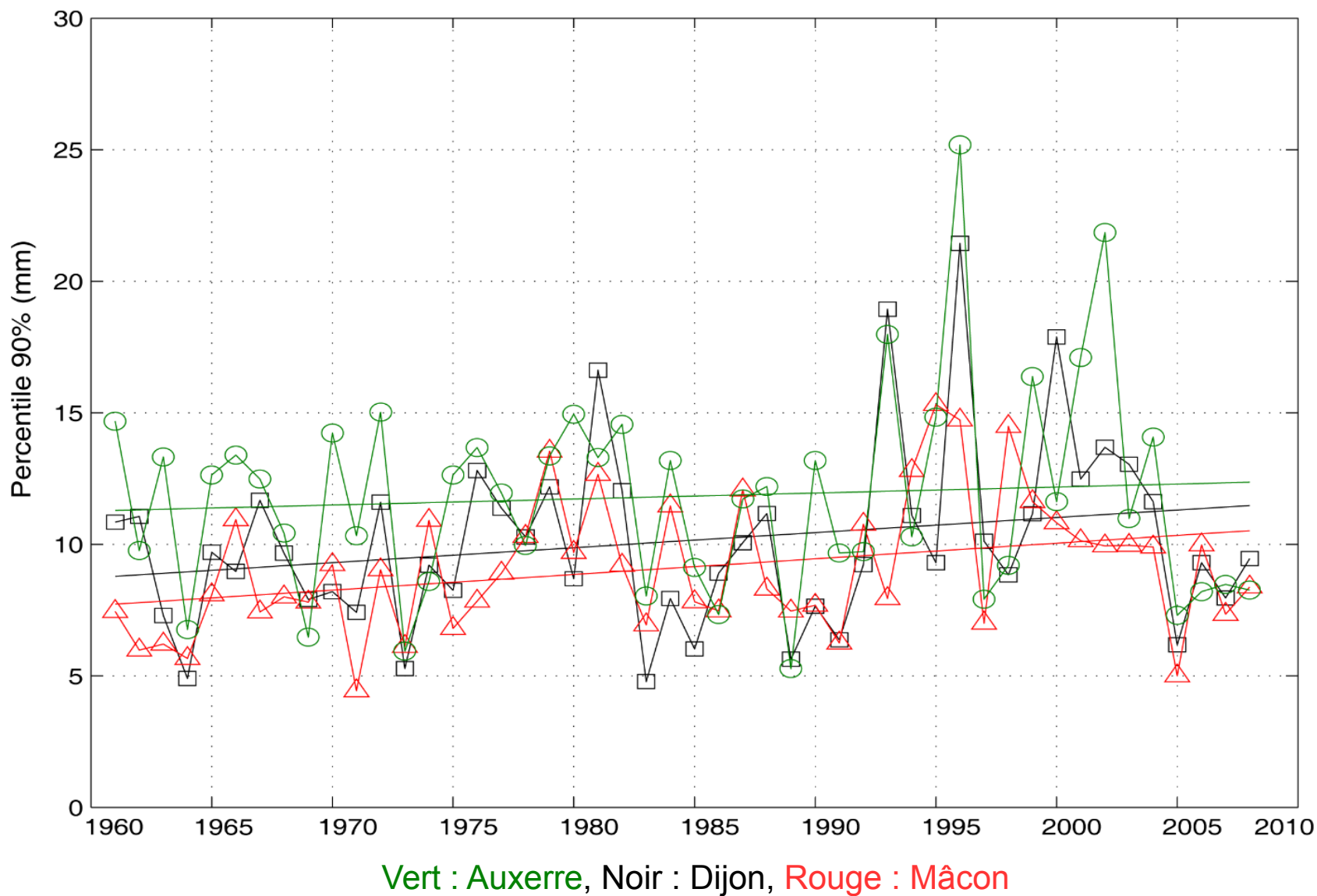
Nombre de jours / an avec précipitations supérieures à X mm dans 50% des stations de Bourgogne



● Climat actuel / climat antérieur : intensité et fréquence des pluies évoluent peu

1.2 Précipitations évoluant peu (partenariat Météo France)

Evénements pluviométriques extrêmes de saison froide (octobre-mars) évolution de la valeur en mm du percentile 90



Source : Ullmann et Pillet 2011

● Petite intensification (surtout à Mâcon) des précipitations hivernales ?

2.1 Un tout petit peu de méthode..... (promis pas trop!!!!)

Observations
In situ XX^e

Entre ces deux types de données

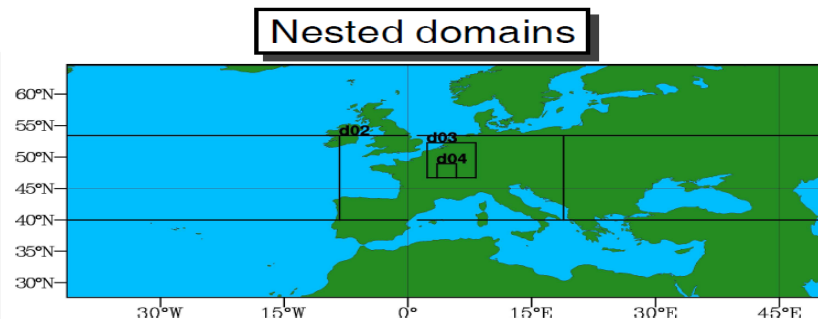
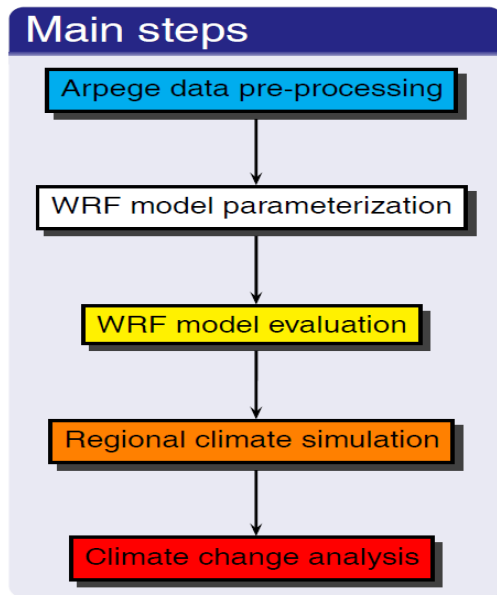
Simulations
GIEC XXI^e

Mesuré, local, fiable !!!

Simulé, global, fiable ???



ERA Interim et ARPEGE (CNRM) en amont du Modèle de Climat Régional WRF (implanté au CRC)



Physics schemes

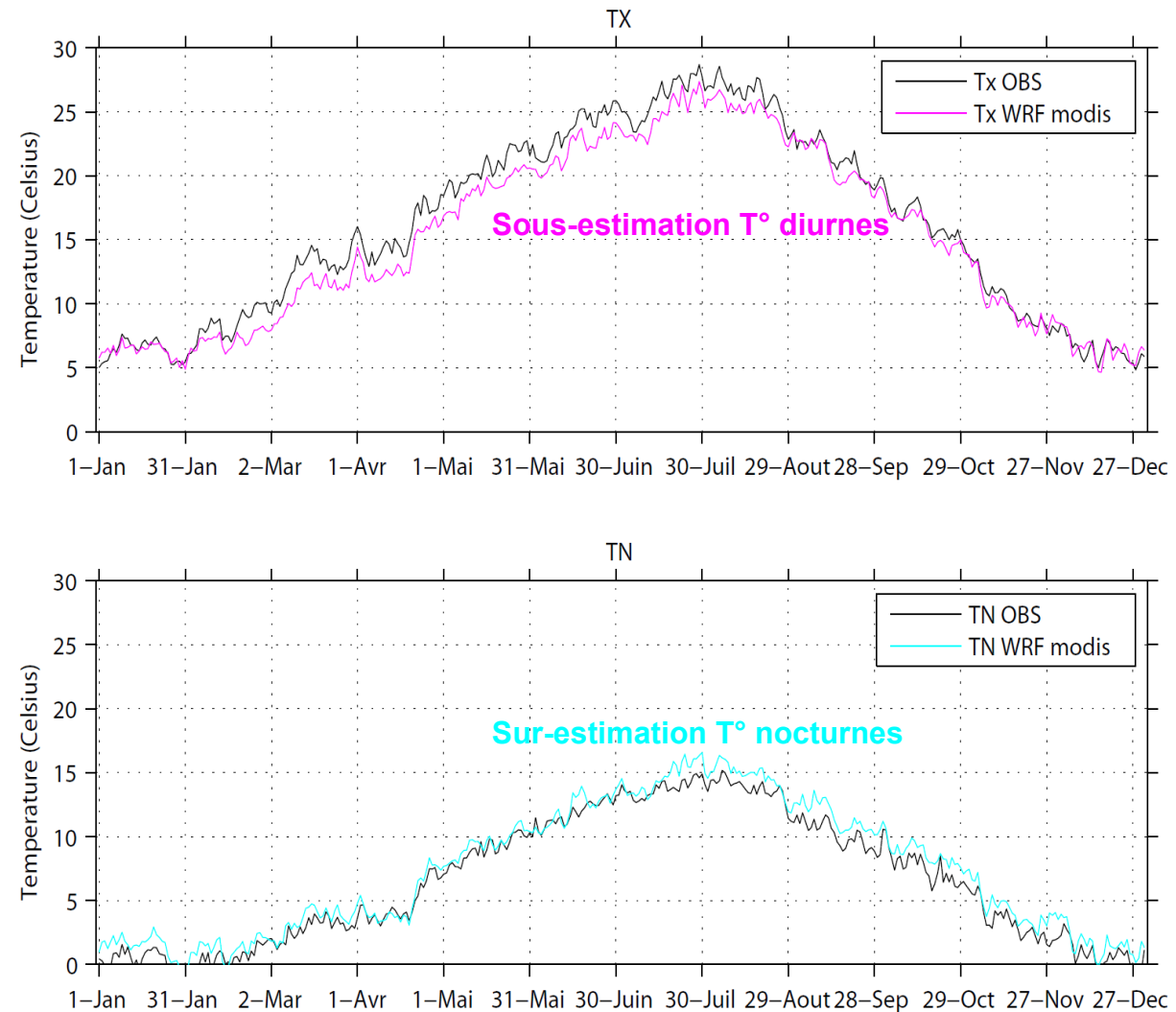
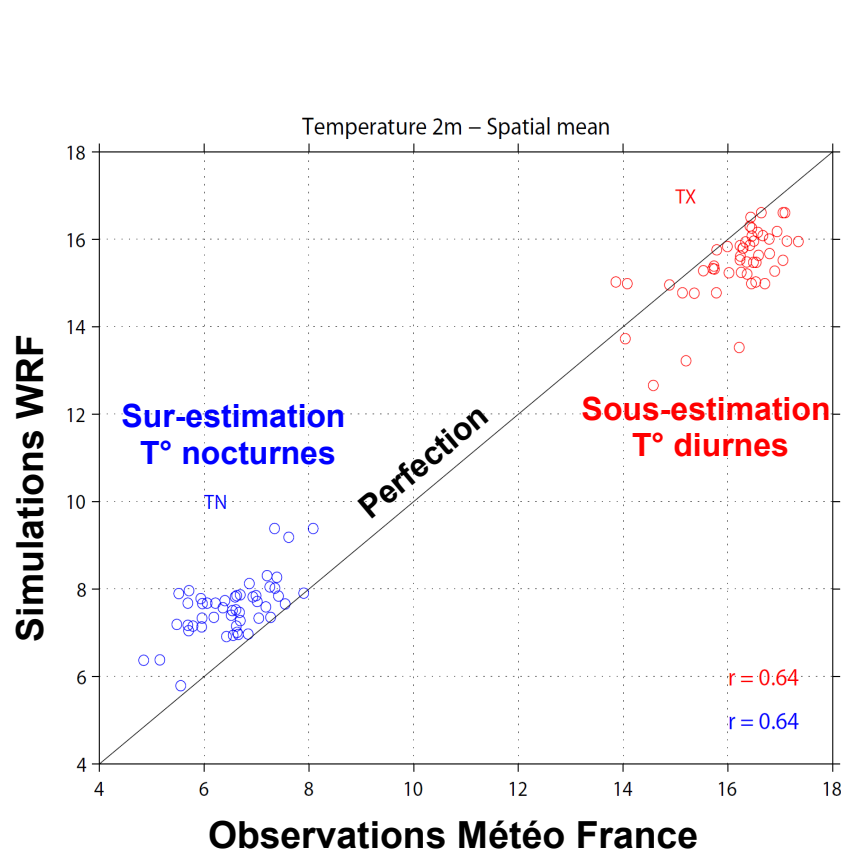
Physics	Scheme (Skamarok et al. 2008)
Microphysics	Graupel process
Long wave radiation	Radiative Transfer
Short wave radiation	Downward Integration
Surface flux	Monin-Obukov
Land surface	NOAH LSM
Planetary Boundary Layer	YSU-PBL
Cumulus	Kain-Fritch

Source : Xu, Castel et al., 2010

● **Simulations avec WRF forcé par ERA Interim (1989-2009) et ARPEGE scénario A2 : 1971-80 et 2031-2040**

2.2 Aptitude de WRF à reproduire les caractéristiques du climat actuel

Températures quotidiennes minimales et maximales (1989-2009)

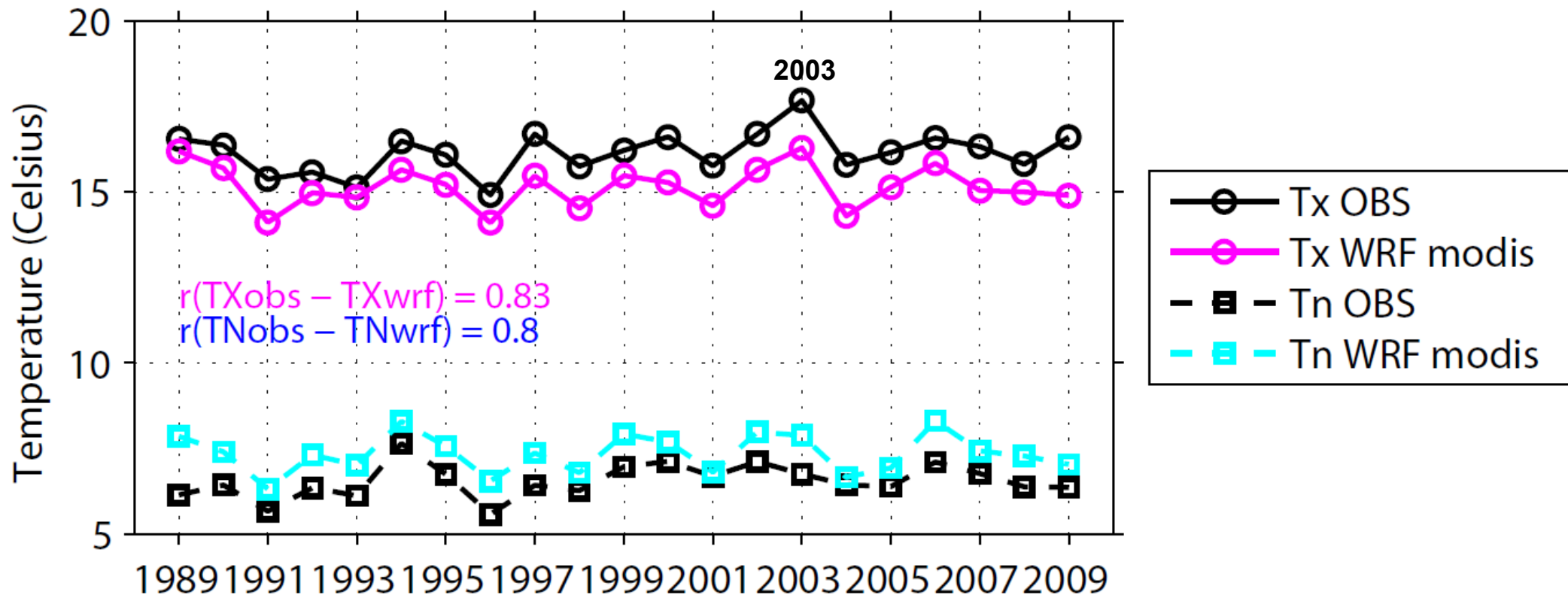


Source : Marteau 2011

● Nobody is perfect but ...

2.2 Aptitude de WRF à reproduire les caractéristiques du climat actuel

Températures : variabilité interannuelle



Noir : Observations Météo France

Rose : Simulations WRF (jour)

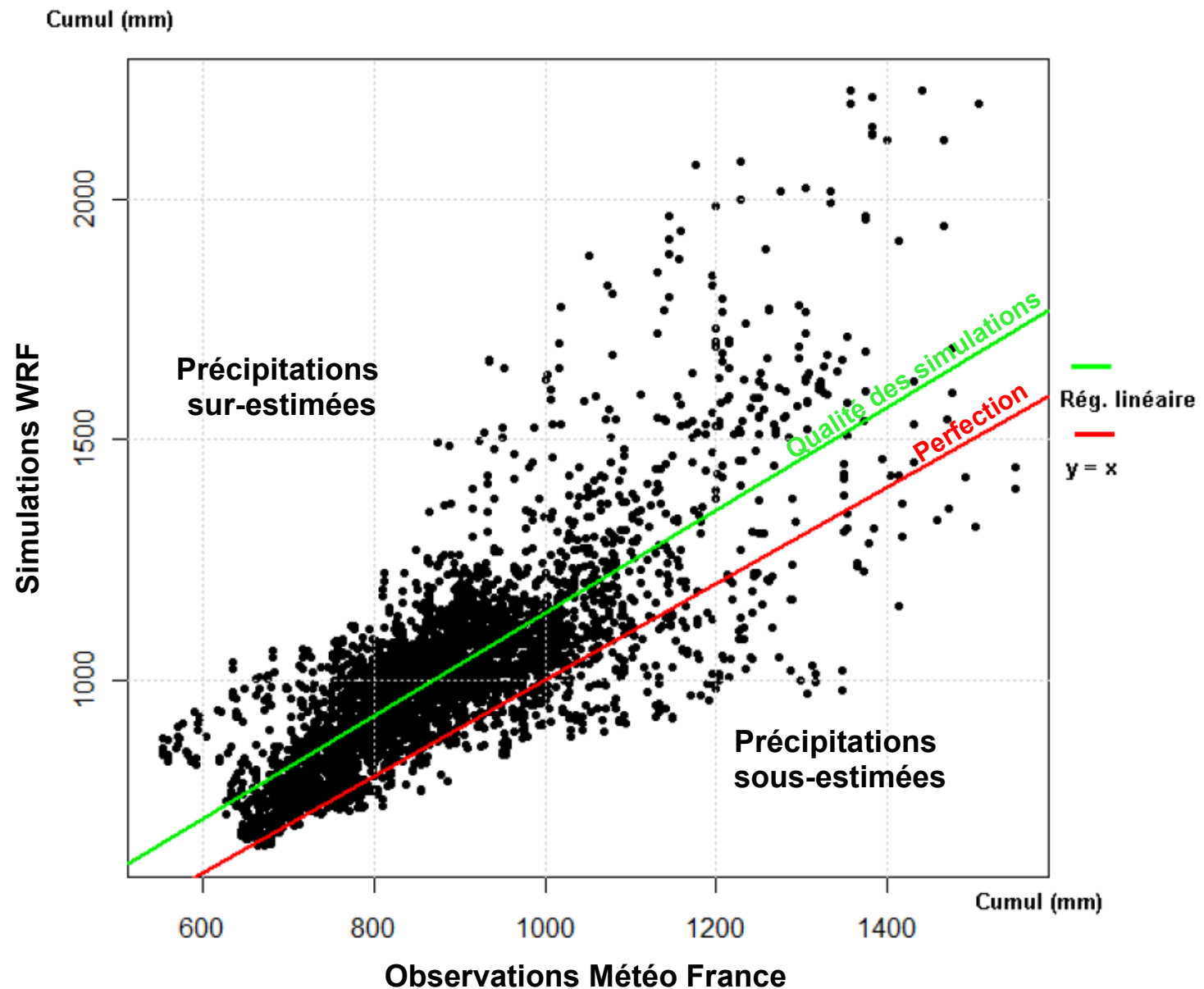
Bleu : Simulations WRF (nuit)

Source : Marteau 2011

• Simulations WRF reproduisent très correctement la variabilité interannuelle des T°

2.2 Aptitude de WRF à reproduire les caractéristiques du climat actuel

Précipitations 1989-2009 : 4000 mailles 5km x 5km (espace bourguignon)



Note : chaque point
représente une des
4000 mailles

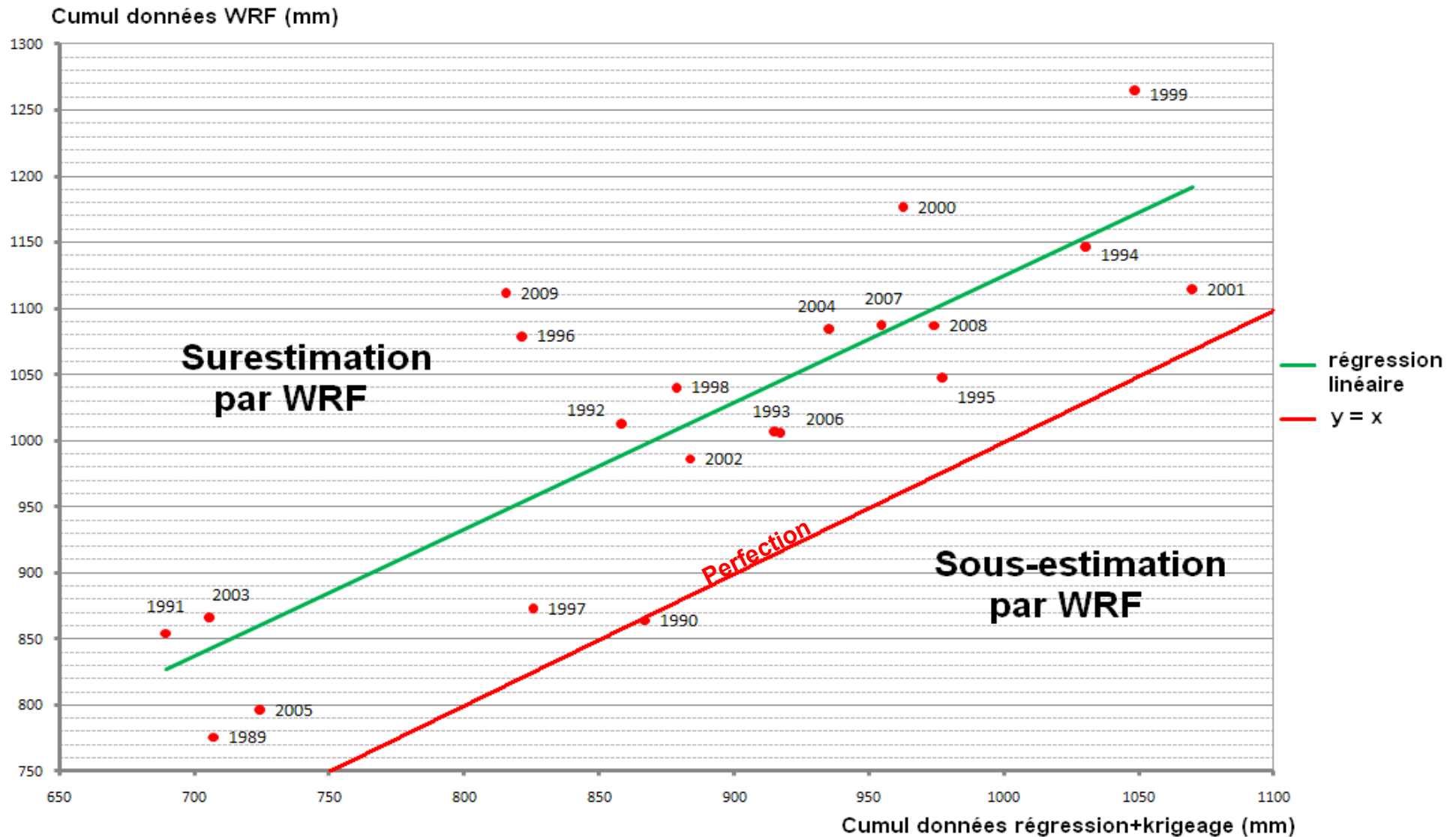
Source : Klein 2011

● Précipitations presque partout sur-estimées

2.2 Aptitude de WRF à reproduire les caractéristiques du climat actuel

Précipitations annuelles observées (Météo France) et simulées (WRF)

Moyenne spatiale Bourgogne (1989-2009)



Source : Klein 2011

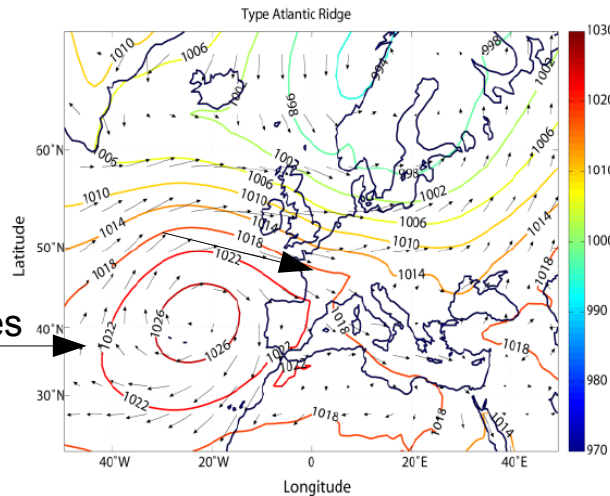
● Précipitations annuelles sur-estimées (environ 15%) mais variabilité interannuelle bien reproduite

2.2 Aptitude de WRF à reproduire les caractéristiques du climat actuel

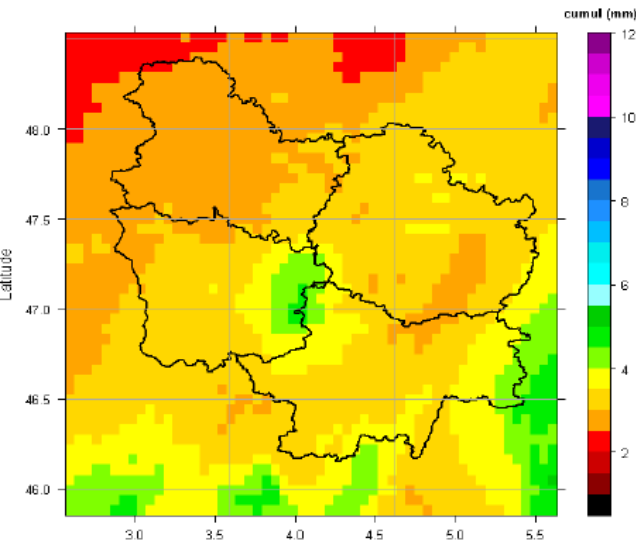
Précipitations par régime de Nord-Ouest (Atlantic Ridge)

Vent de Nord-Ouest
(2026 jours sur les 7300 de 1989-2009)

Anticyclone des Açores
à sa place !

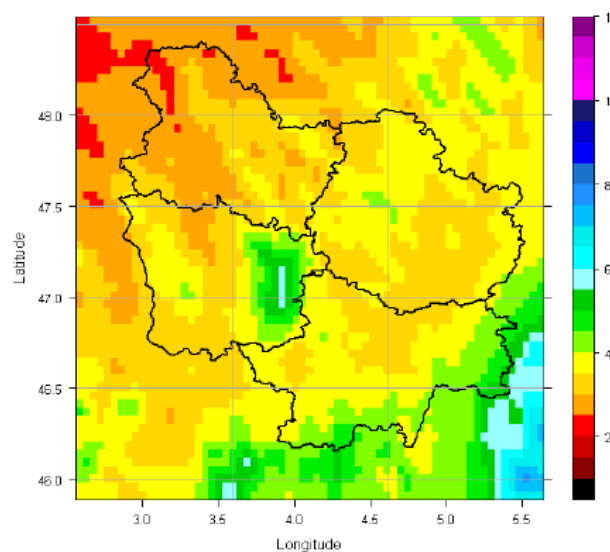


Observations Météo France

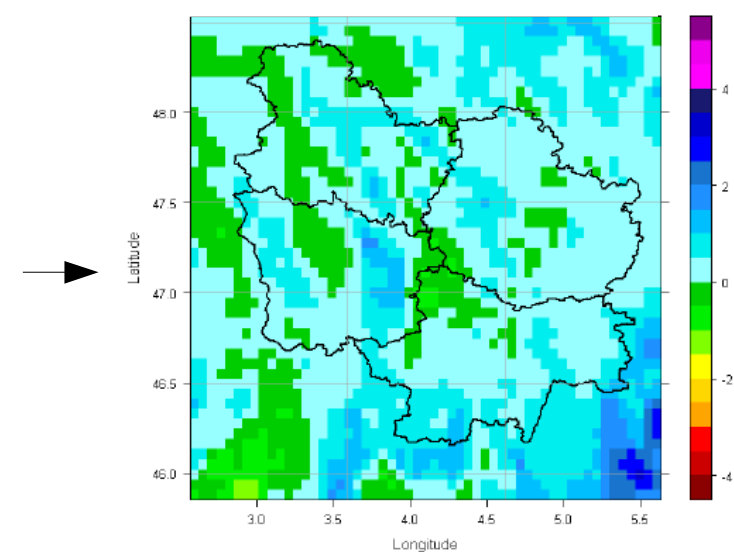


?

Simulations WRF



Simulations - Observations



Source : Klein 2011

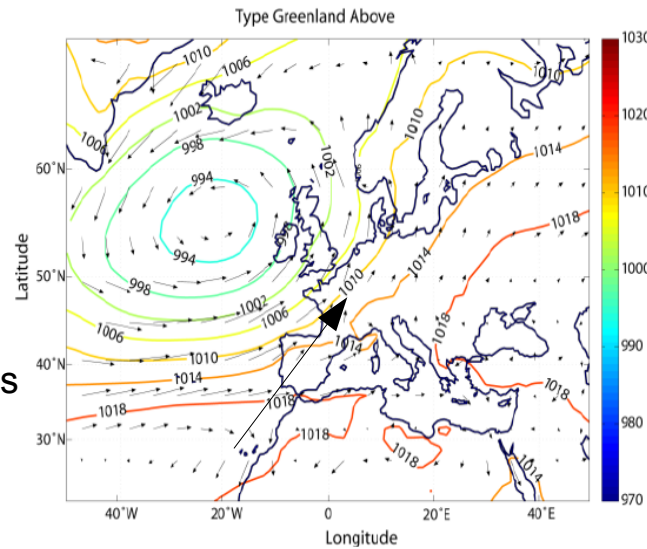
● Excellente simulation des pluies par régime de Nord-Ouest (très fréquent)

2.2 Aptitude de WRF à reproduire les caractéristiques du climat actuel

Précipitations par régime de Sud-Ouest (Greenland Above)

Vent de Sud-Ouest
(1225 jours sur les 7300 de 1989-2009)

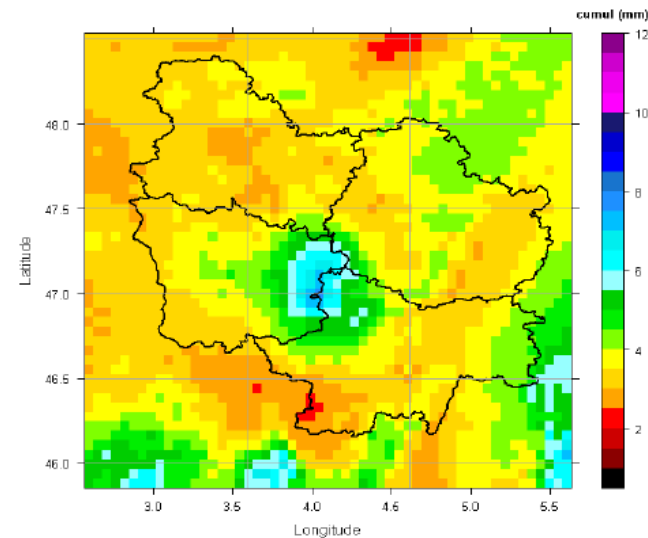
Anticyclone des Açores
affaibli



Observations Météo France

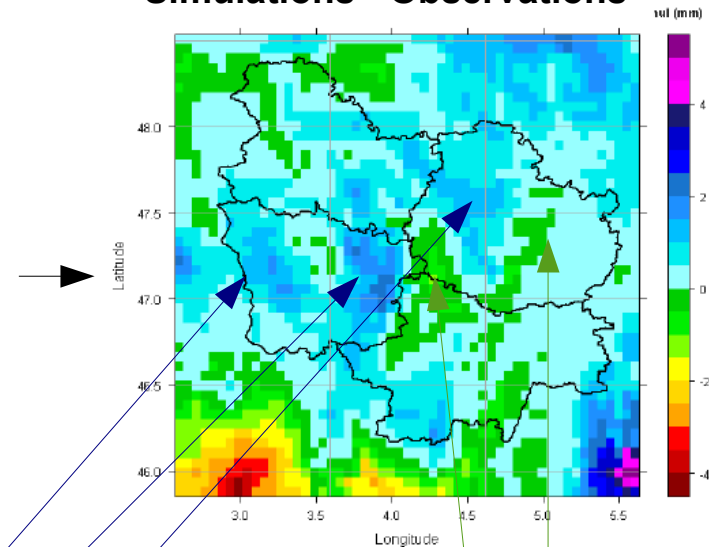
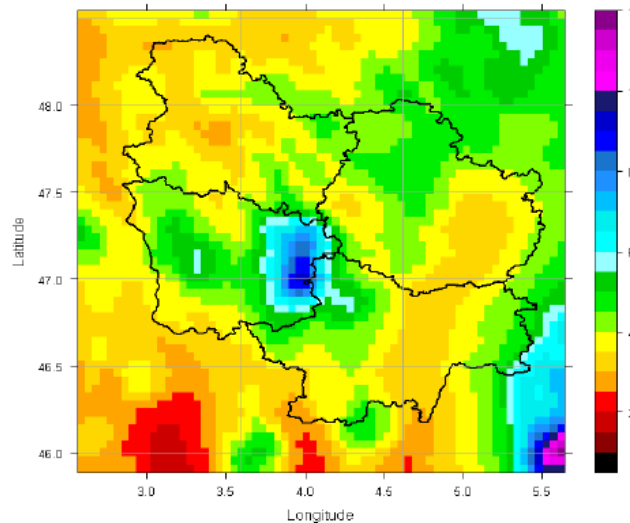
Simulations WRF

Simulations - Observations



?

||



Bleu : sur-estimation versants au vent

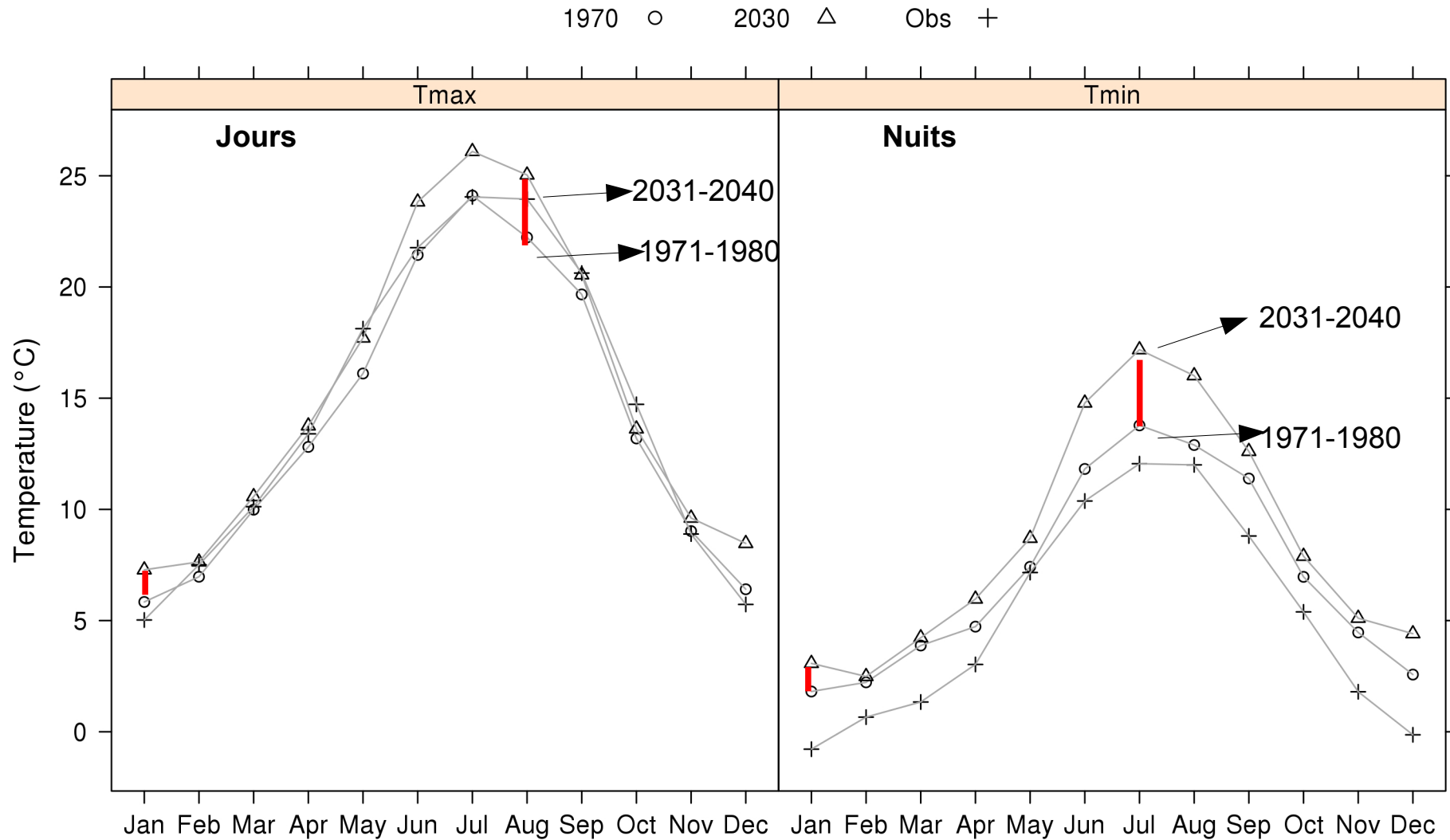
Vert : sur-estimation versants sous le vent

Source : Klein 2011

● **Problème versants au vent / sous le vent par régime de Sud-Ouest (- fréquent mais très pluvieux)**

2.2 Quelques simulations pour 2031-2040 (scénario A2)

Températures mensuelles observées (1971-1980) et simulées (1971-1980 et 2031-2040)



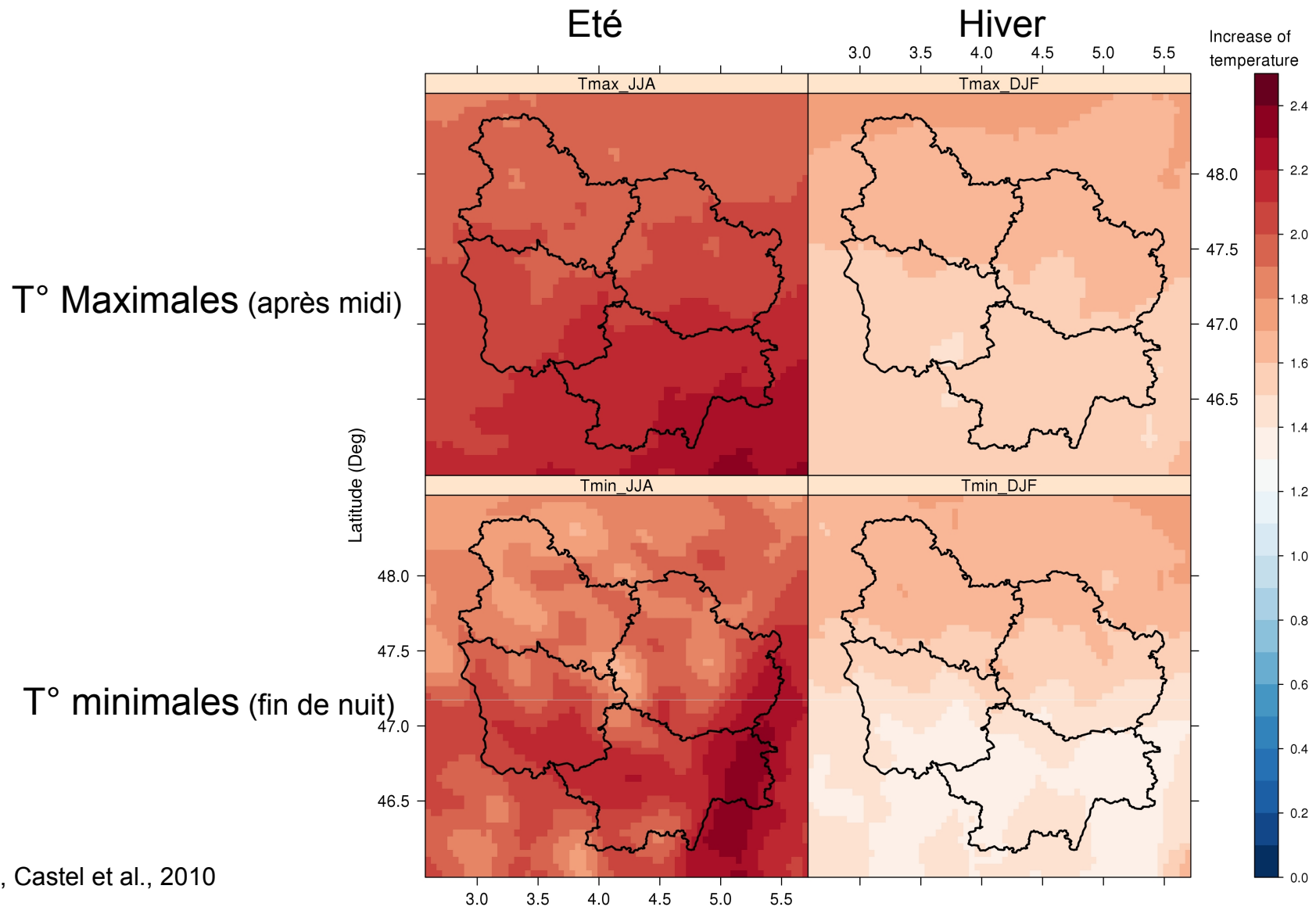
Source : Xu, Castel et al., 2010

Augmentation de T°

- WRF simule bien le rythme saisonnier des T°
- T° estivales augmentent beaucoup, et ce dès 2031-2040

2.2 Quelques simulations pour 2031-2040 (scénario A2)

Températures : (2031-2040) - (1971-1980)

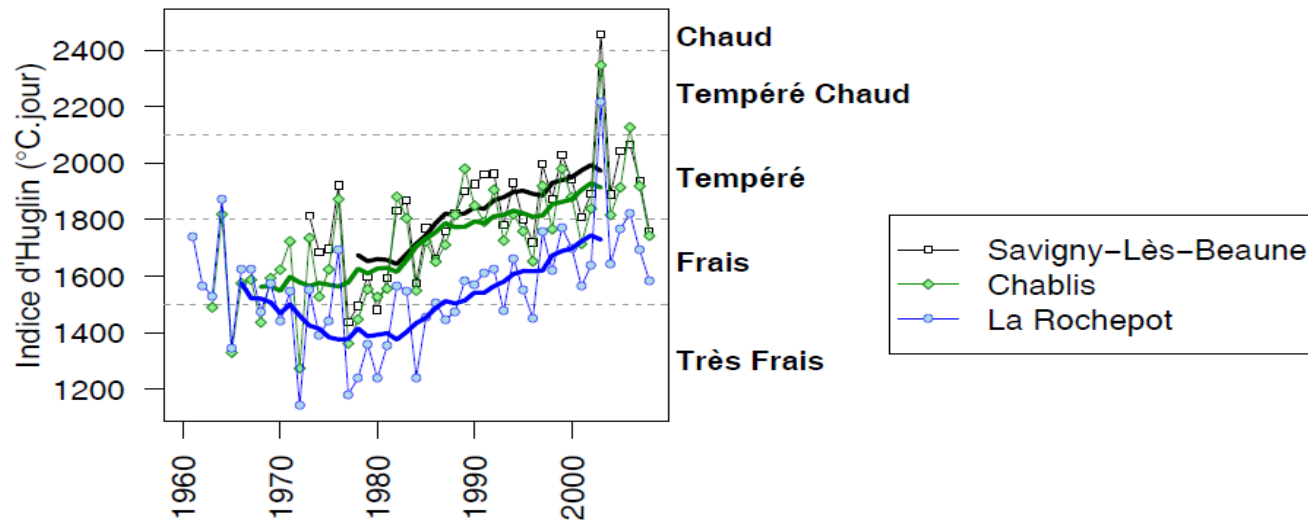


Source : Xu, Castel et al., 2010

- Réchauffement 2031-2040 : toute la Bourgogne, surtout en été
- + marqué le jour (T Max) que la nuit (T min)
- Eté : réchauffement moindre au nord (Sennonnais) et maximal au sud (Bresse)
- Hiver : le contraire ! Réchauffement maximal au Nord (Sennonnais) et minimal au sud (Bresse).

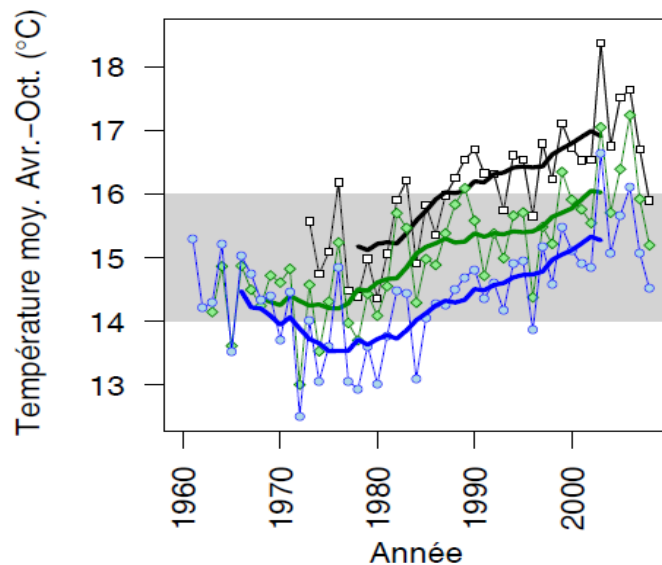
3.1 Vigne et phénologie (partenariat avec le BIVB)

Evolution des T et de l'indice de Huglin

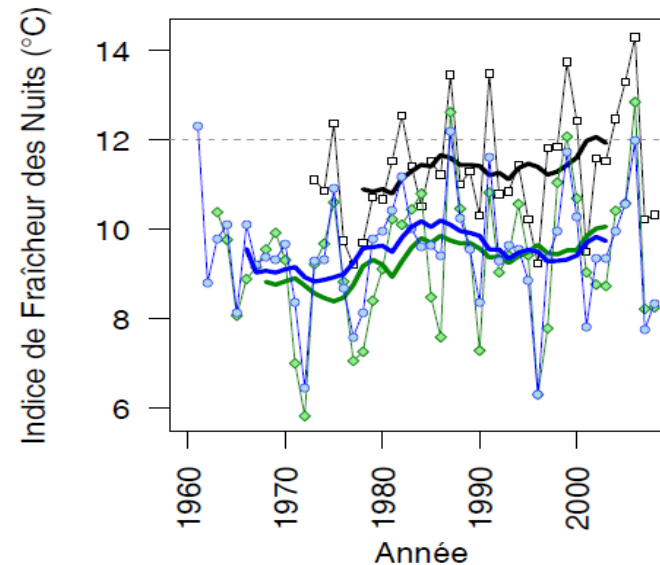


a

Conditions thermiques actuelles des Hautes Côtes = Conditions 1961-1987 Côte viticole



b



c

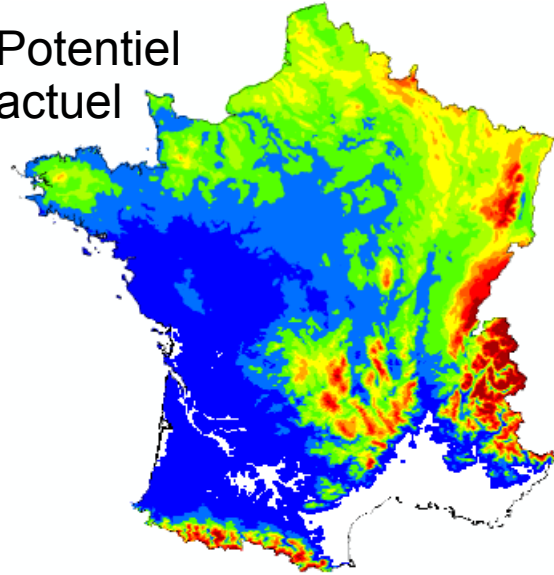
Source : Bois 2009

- Des potentialités viticoles qui suivent les évolutions des T°

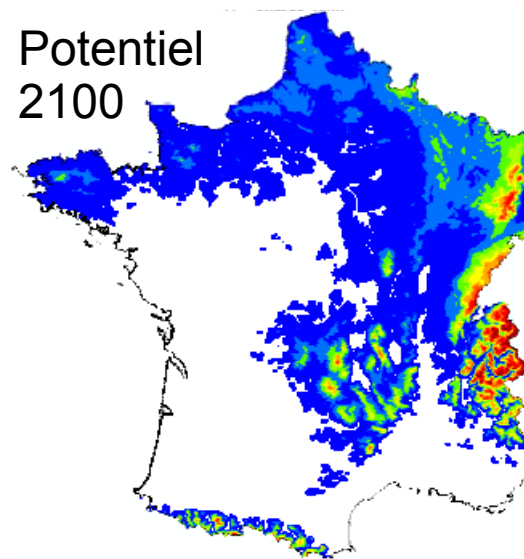
3.2 Hêtraies du chatillonnais (partenariat CRPF Bourgogne)

Les hêtraies : de France..... et du Chatillonnais

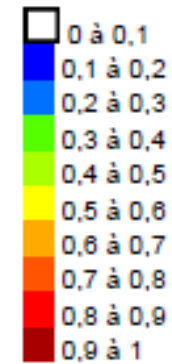
Potentiel
actuel



Potentiel
2100



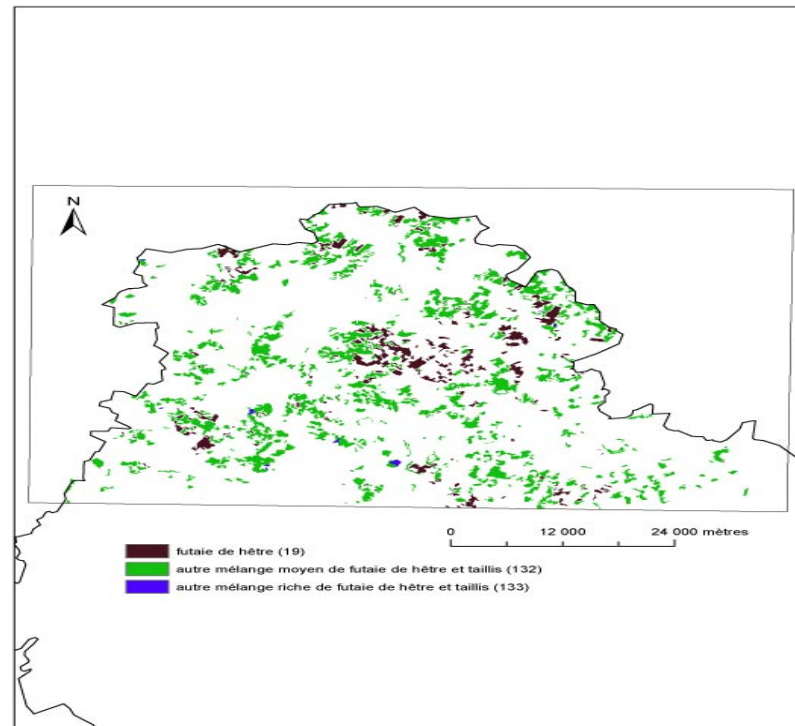
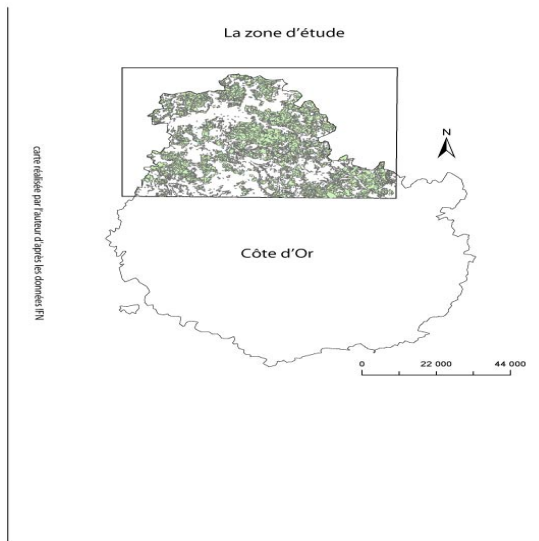
Légende des probabilités



← Potentiel
France

Source : Badeau et al. 2004

La zone d'étude



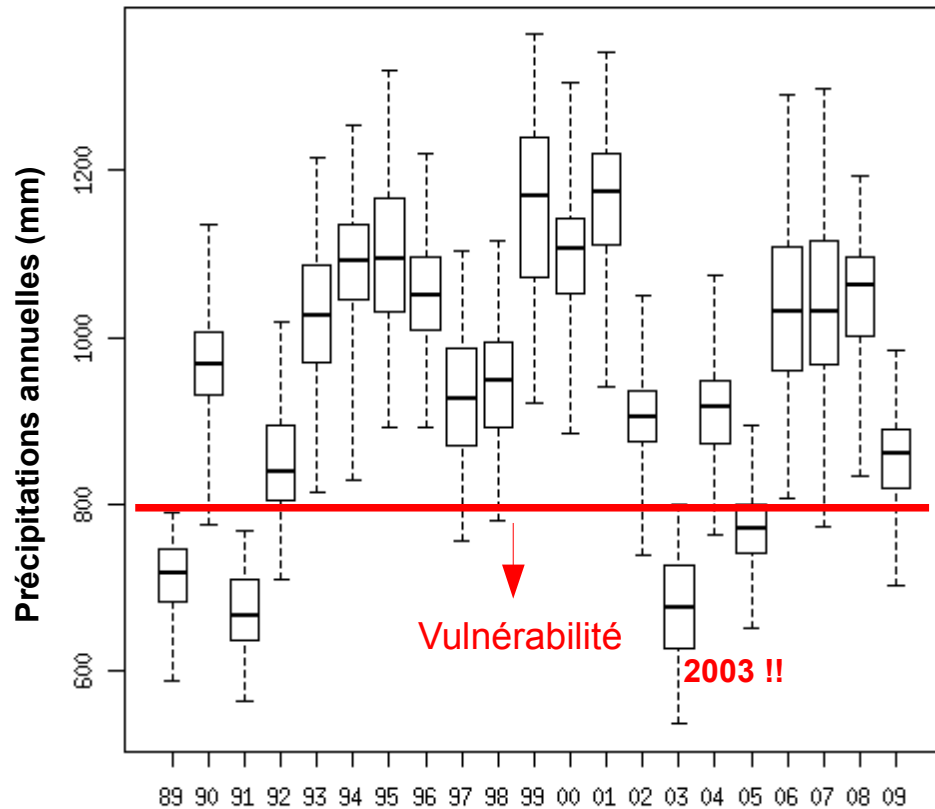
← Réalité
Chatillonnais

Source : Wimmer 2011

3.2 Hêtraies du chatillonnais (partenariat CRPF Bourgogne)

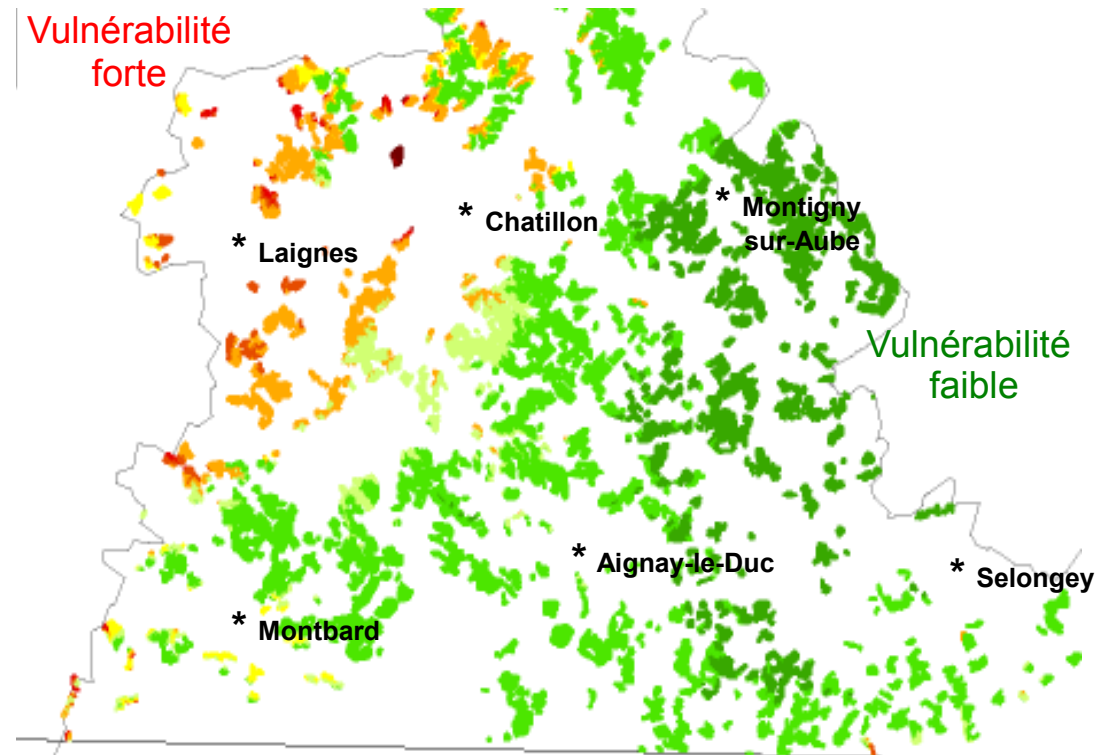
Vulnérabilité des hêtraies du Chatillonnais : Précip annuelles insuffisantes

Variabilité interannuelle



Source : Wimmer 2011

Cartographie de la vulnérabilité

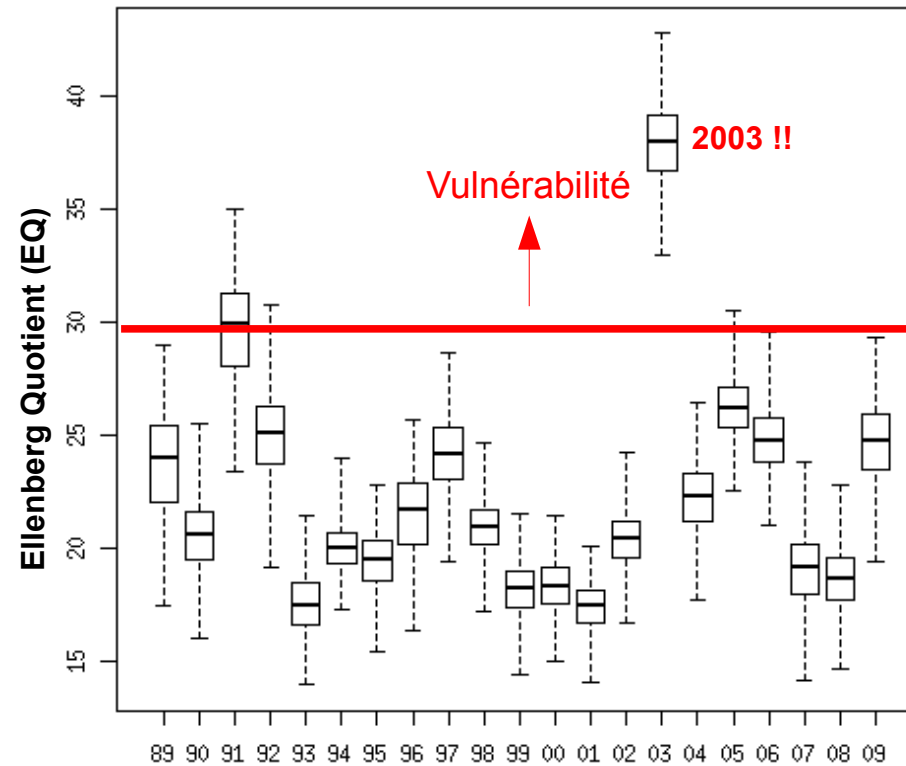


- Hêtraie vulnérable aux Précip. annuelles insuffisantes au Nord-Ouest de la Côte-d'Or

3.2 Hêtraies du chatillonnais (partenariat CRPF Bourgogne)

Vulnérabilité des hêtraies du Chatillonnais : T°/Précip trop élevé

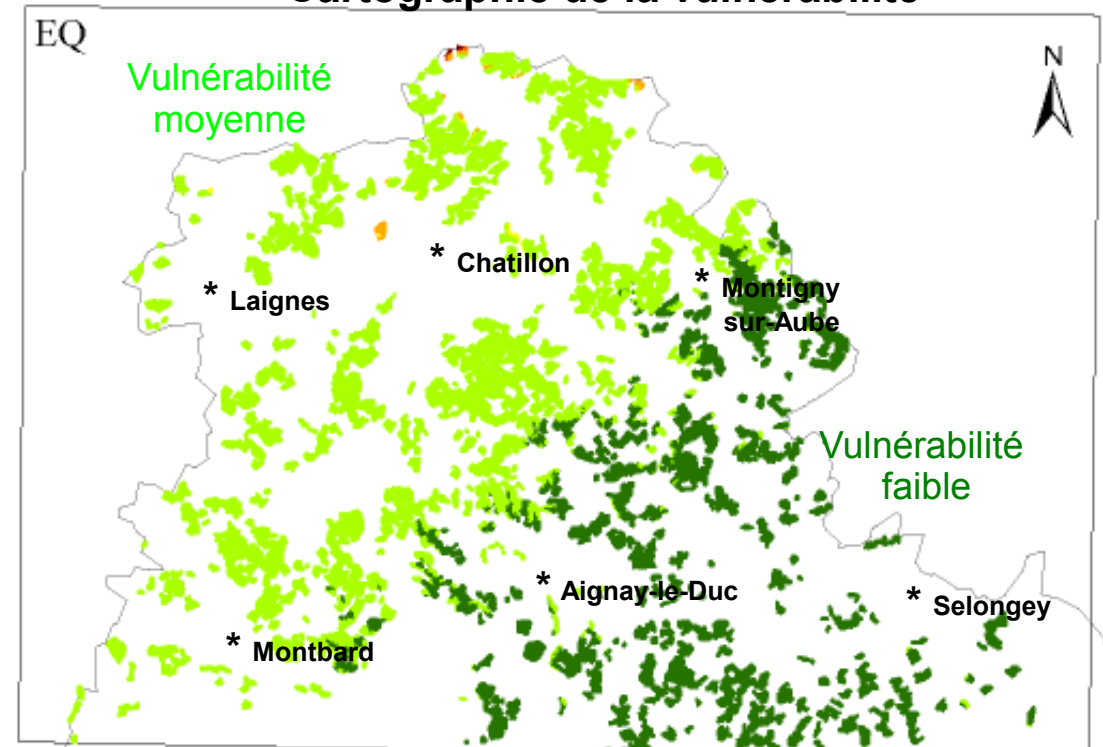
Variabilité interannuelle



EQ = T° mois + chaud / précipitations annuelles

Source : Wimmer 2011

Cartographie de la vulnérabilité



- Hêtraie vulnérable aux T° trop élevées / Précipitations, ce au Nord-Ouest de la Côte-d'Or

Conclusion

Le changement climatique à l'échelle d'un territoire : la Bourgogne

Déjà observé (1989-2009) données Météo-France, traitements CRC

- Augmentation des températures > moyenne planétaire
- Augmentation brutale des températures (1987-1988) en relation avec la NAO ?
- Réduction du nombre de jours de gel et de fortes gelées ($< -5^{\circ}$ et -10°C) et contraction de la saison où gel possible
- Allongement de la saison végétative ($T^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$) et augmentation des jours chauds ($> 20^{\circ}\text{C}$) ou très chauds ($> 30^{\circ}\text{C}$)
- Modification (non significative) du régime des pluies

Simuler le climat actuel (1989-2009)

- WRF implanté au CRC : possibilité de simuler le climat actuel à l'échelle du territoire : maille de 5km de côté
- T° : Simulations et observations quasi conformes (simulations : nuits un peu douces et jours un peu frais)
- Précipitations : 15% trop élevées : surtout sur versant au vent par vent de Sud-Ouest

Simuler le climat futur (2031-2040)

- T° en forte hausse en été, selon un gradient nord-ouest / sud-est. Donc différentiel maximal en Bresse Bourguignonne
- Hausse modérée des T° d'hiver. Gradient inverse / été.

Quelques impacts demandant des adaptations

- Stades phénologiques et calendriers agricoles + précoces (2 à 3 semaines)
- Vulnérabilité des hêtraies du Parc National « Entre Champagne et Bourgogne » : maximale vers Laignes

Schéma Régional Climat Air Energie

Le point de vue des climatologues  : 2 priorités :

1) Atténuer les émissions de GES

Effort planétaire où chaque territoire a des cartes en mains pour que le changement climatique soit le moins fort et le moins rapide possible

2) Dès aujourd'hui anticiper sur les adaptations

Gestion des écosystèmes et mutations sociétales prenant en compte les simulations climatiques pour le siècle à venir

L'adaptation doit être au coeur des stratégies des territoires

