

Impact du changement climatique sur les régimes hydrologique et thermique des cours d'eau du bassin de la Loire : horizons milieu et fin du siècle

Florentina Moatar

Professeur, Université François-Rabelais de Tours
Laboratoire EA 6293 Géo-Hydrosystèmes continentaux



Impact du CC au XXIème siècle

2046-2066 (milieu du siècle) et 2081-2100 (fin du siècle)
par rapport au temps présent 1975-2007

- Régimes hydrologiques (saisonniers, étiages et crues)
- Régimes thermiques (saisonniers, dépassement de seuils thermiques)
- Flux annuels biogéochimiques (azote, phosphore, silice, biomasse algale, oxygénation)
- Avec prise en compte des incertitudes liées aux scénarios climatiques utilisés



Impact du CC au XXIème siècle

Incertitudes

Scénarios d'émission
de gaz à effet de serre
et d'aérosols

Modèle climatique
global

Désagrégation
Climat régional

Modèles d'impact

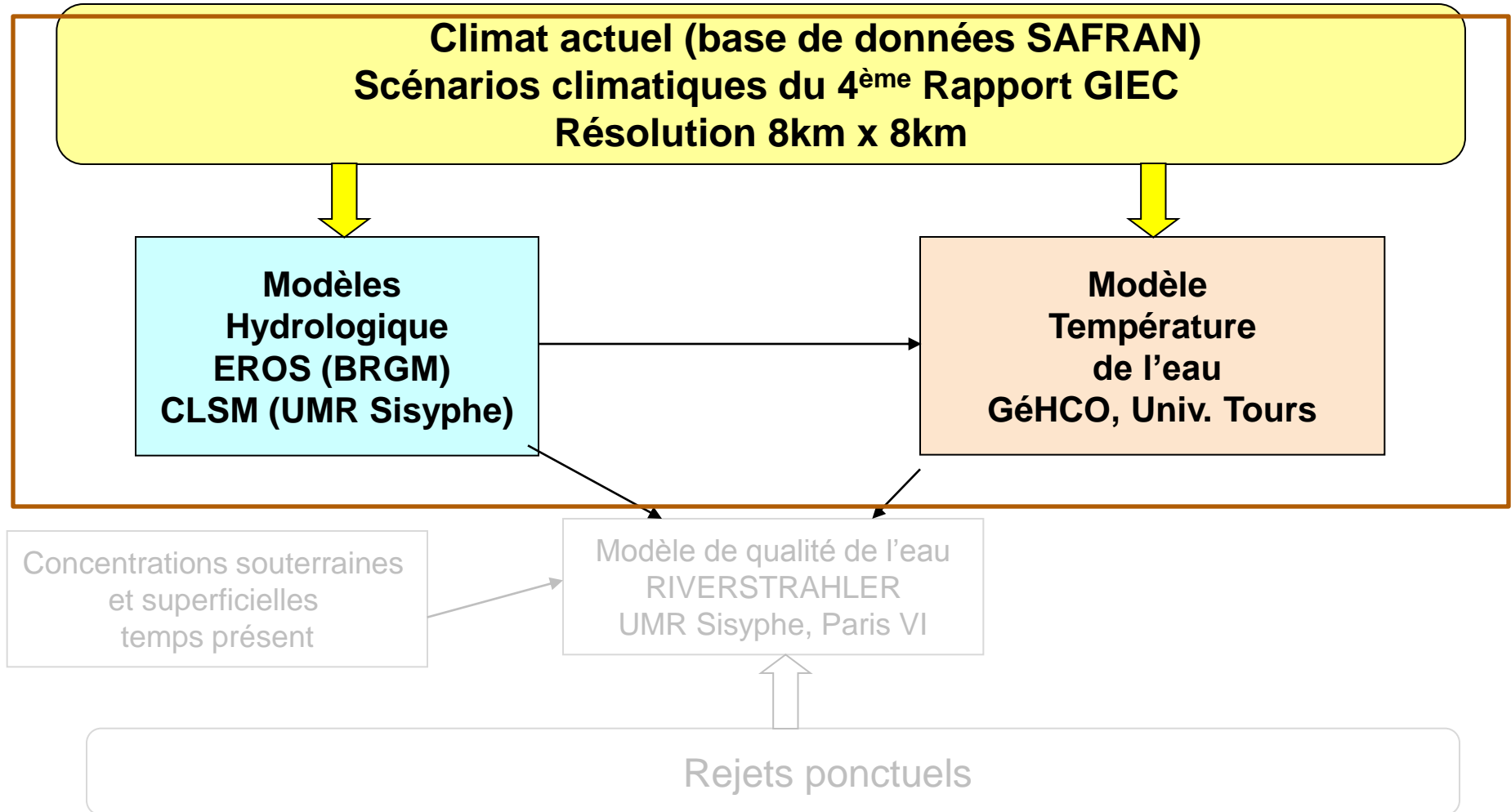
Analyse des impacts
et
des incertitudes

Débits des
cours d'eau

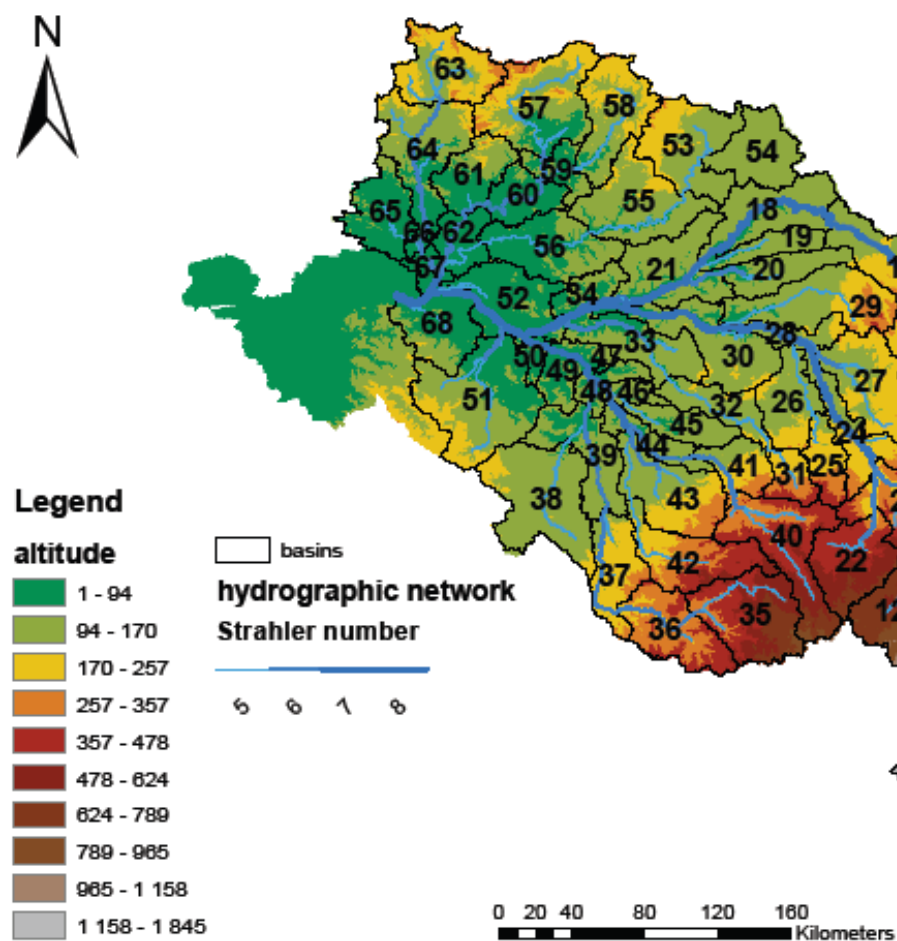
Température de
l'eau

Flux d'azote,
Phosphore
Matière organique

La chaîne de modélisation



- 1) Deux modèles hydrologiques
- 2) Un modèle de température de l'eau
- 3) Un modèle de qualité biogéochimique



Bassin de la Loire
110 000 km²

Pour l'hydrologie
68 sous-bassins de calcul

Pour la température
68 sous-bassins et
8 ordres de Strahler

Climat
Océanique
et océanique
dégradé

Climat
continental

Secteur
Massif Central
Montagne Limousine
Mont du cantal

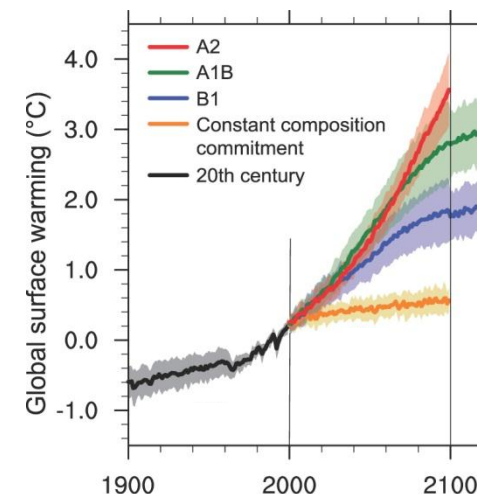
Climat
cévenol

Projections climatiques

Modèles de circulation générale (MCG)

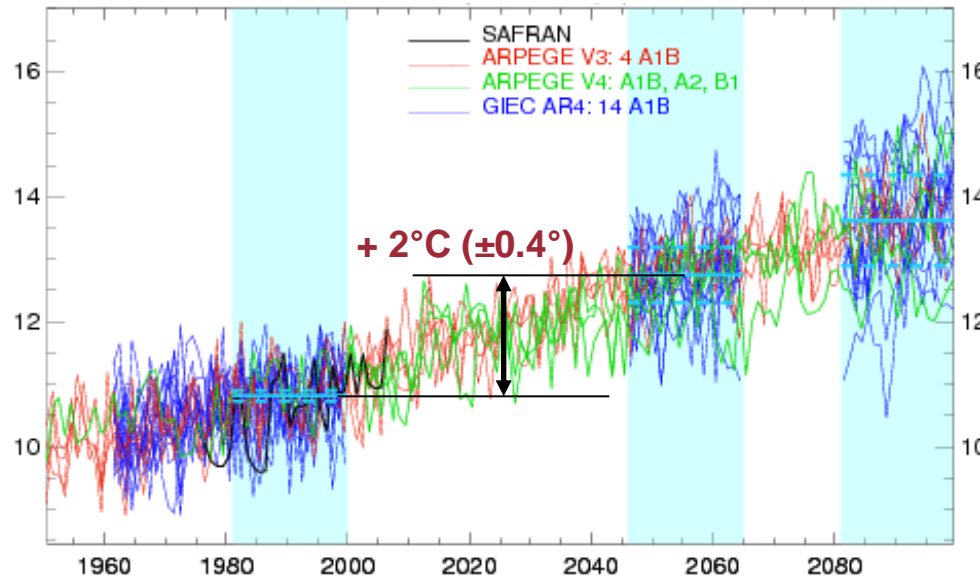
► 16 modèles utilisés dans le 4^e rapport du GIEC

Nom	Pays	A1B	A2	B1
CCCMA CGCM3.1 T63	Canada	✓		
CNRM-CM3	France (Météo-France)	✓		
CSIRO-MK3.0	Australie	✓		
GFDL-CM2.0	États-Unis (NOAA/GFDL)	✓		
GFDL-CM2.1	États-Unis (NOAA/GFDL)	✓		
GISS-AOM	États-Unis (NASA/GISS)	✓		
GISS-ER	États-Unis (NASA/GISS)	✓		
INGV ECHAM4	Italie	✓		
IPSL CM4 IPSL	France (IPSL)	✓		
MIROC 3.2 MEDRES	Japon (Université de Tokyo)	✓		
MIUB ECHO-G	Allemagne/Corée	✓		
MPI-ECHAM5	Allemagne	✓		
MRI CGCM 2.3.2a	Japon (MRI)	✓		
NCAR CCSM3	États-Unis (NCAR)	✓		
ARPEGE V4	France (Météo-France)	✓	✓	✓
ARPEGE V3+	France (CERFACS)	✓ (x4)		



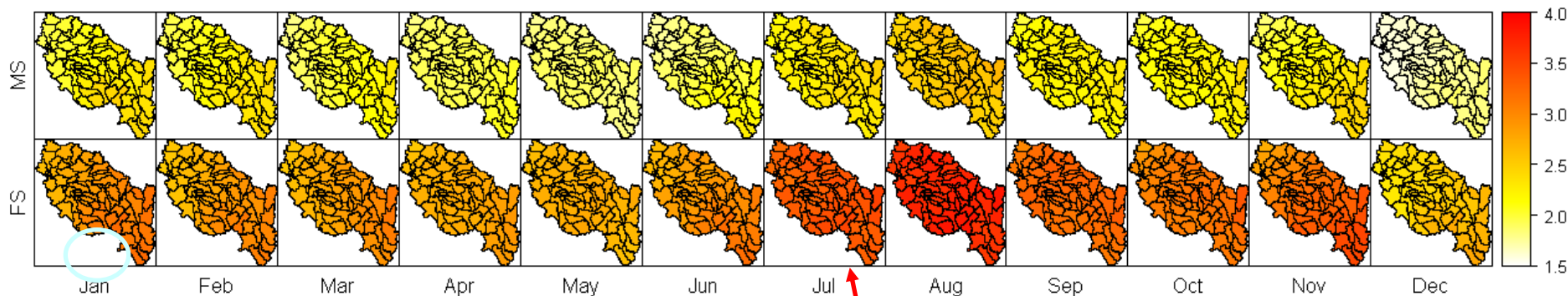
Évolution sur le bassin total de la Loire

Température



Un réchauffement de l'ordre de 2°C (±0.4°) en moyenne annuelle au milieu du siècle

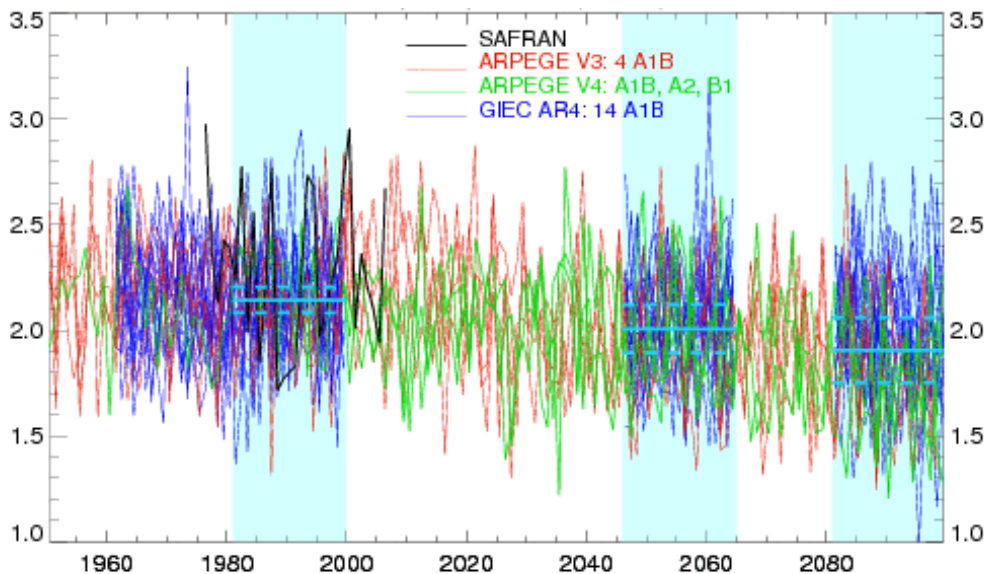
et de l'ordre de 2.8 °C (±0.7°) en fin du siècle



Près de 4°C en août en fin de siècle

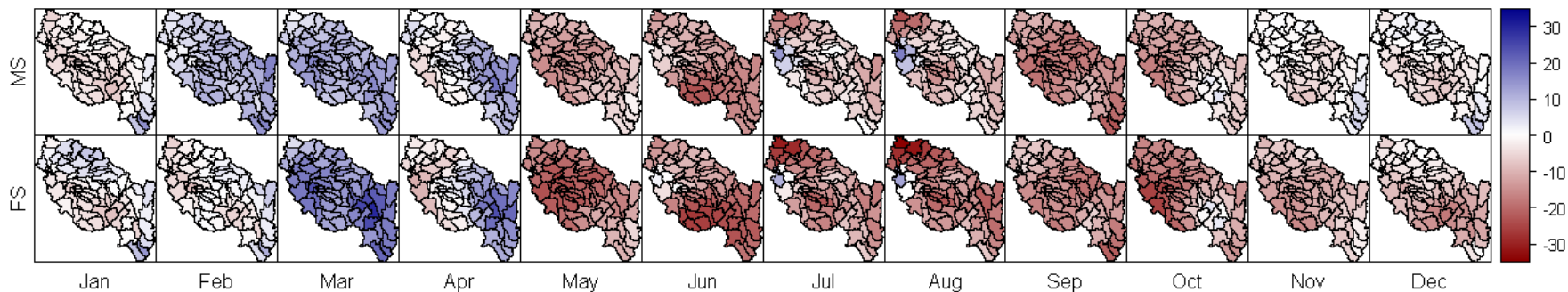
Évolution sur le bassin total de la Loire

Précipitations totales

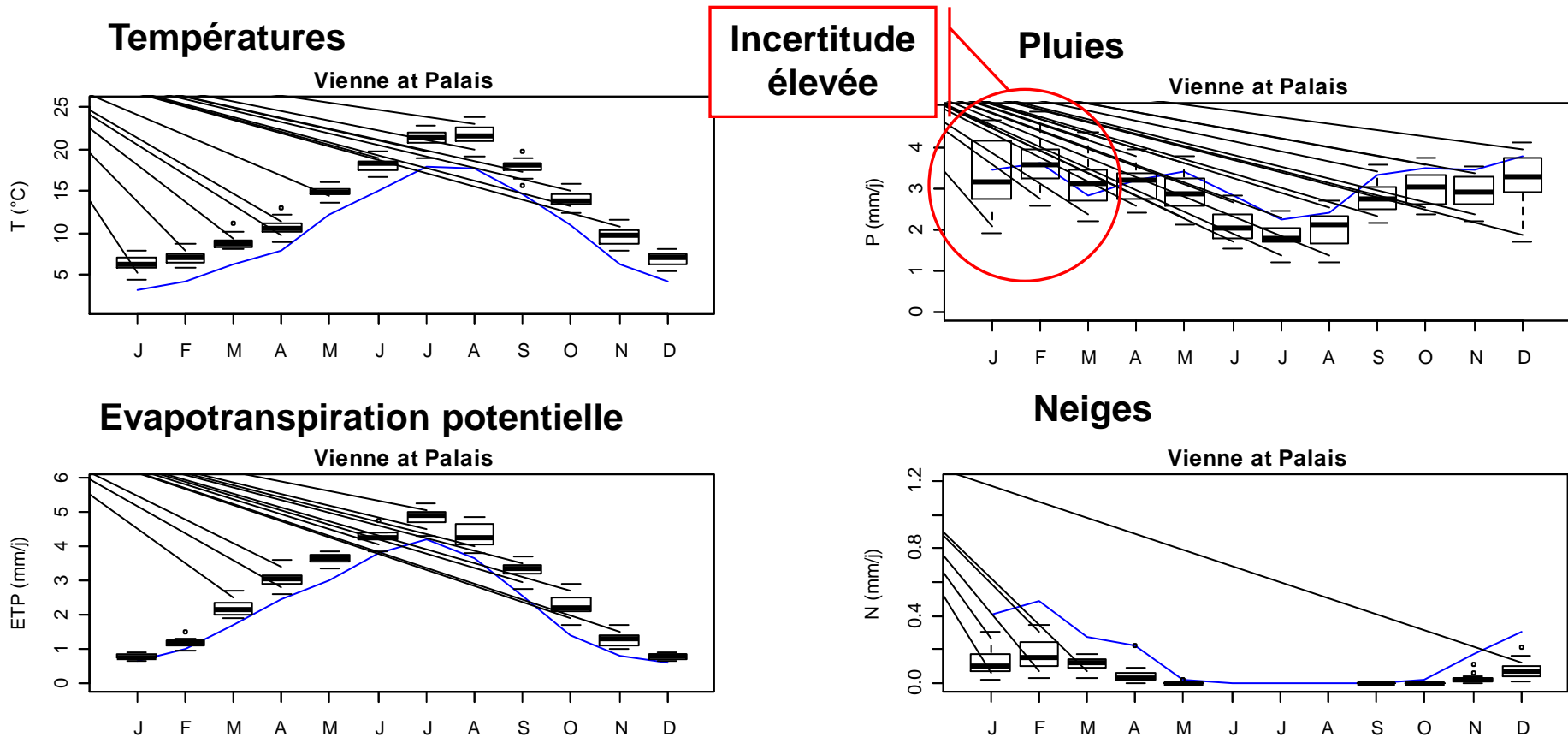


Évolution des cumuls pluviométriques plus contrastée de manière spatiale et suivant les saisons

Forte diminution en été/automne, mais aussi de légères augmentations au printemps



Incertitudes – Exemple de la Vienne à Palais (fin du siècle)

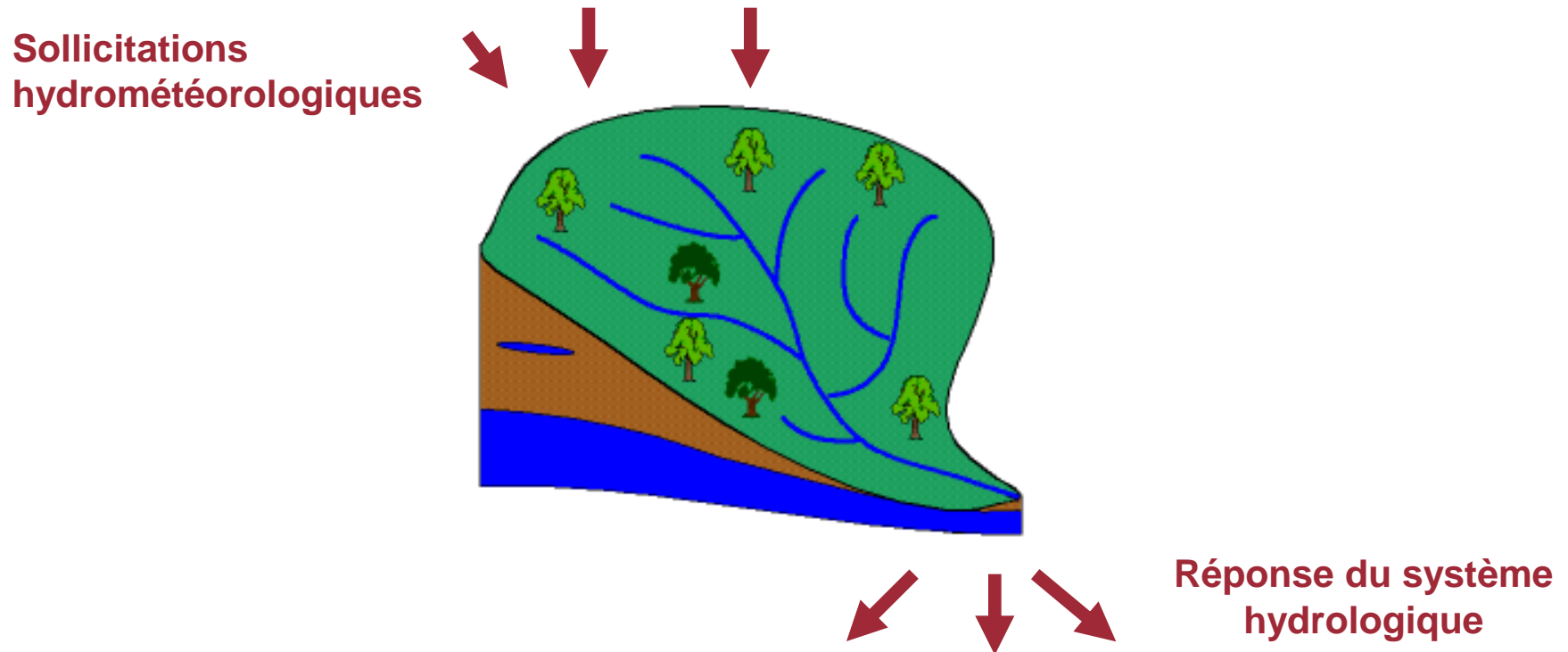


Incertitudes restreintes sur la température et l'évapotranspiration

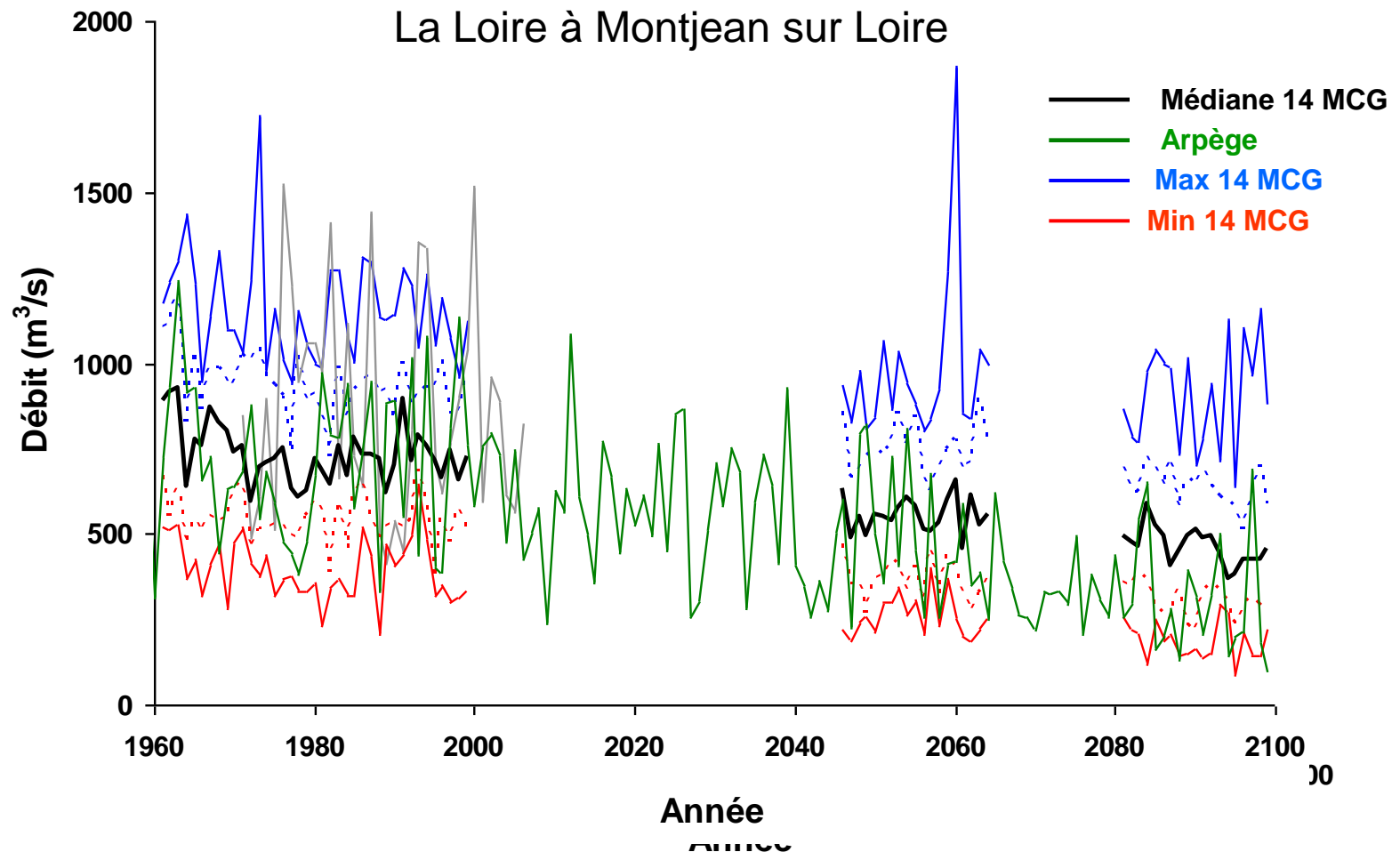
Incertitudes importantes sur les précipitations liquides et solides

Évolution des écoulements

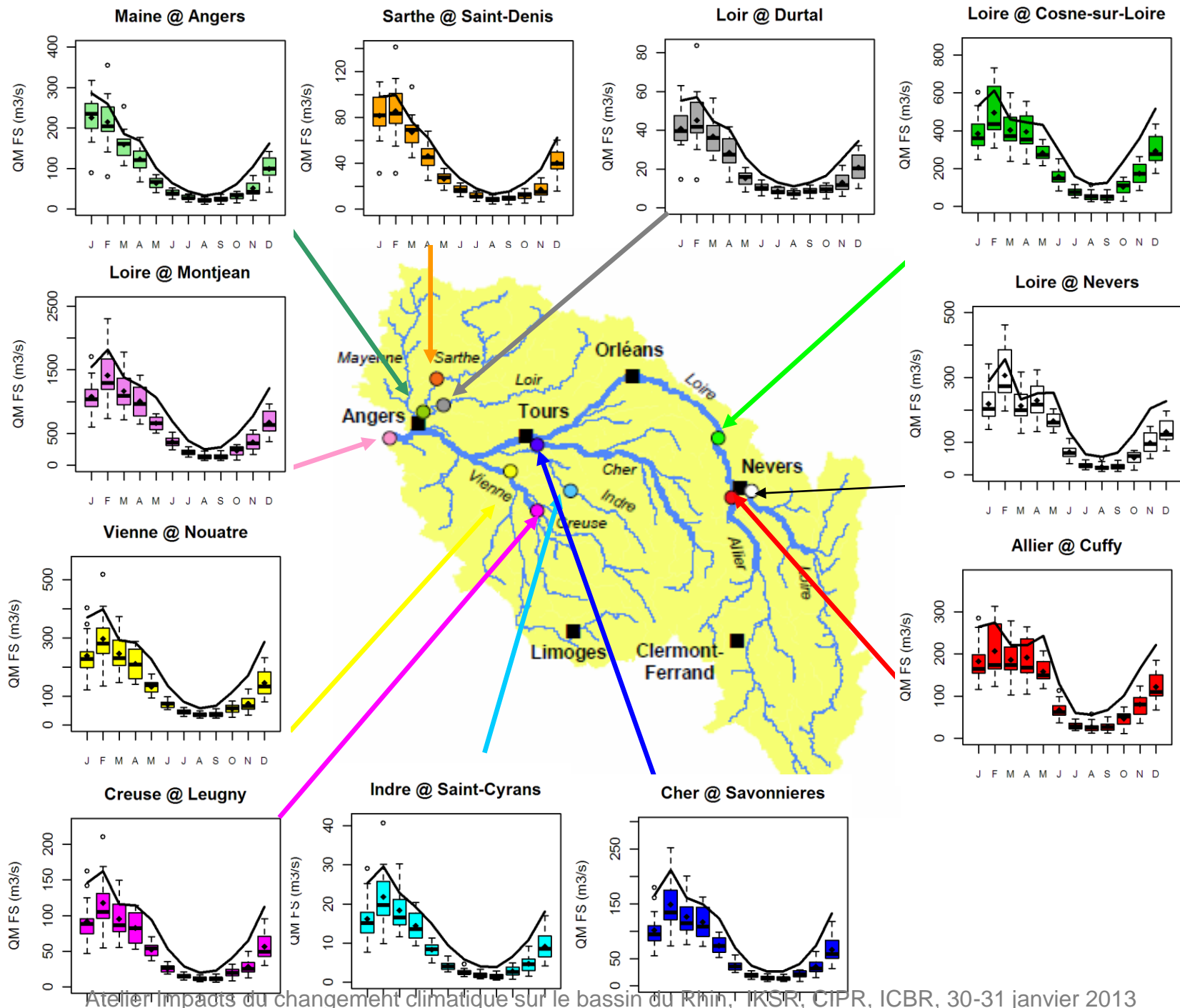
2046-2065 et 2081-2100 vs. 1960-2000



Évolution des écoulements annuels : 14 projections climatiques A1B

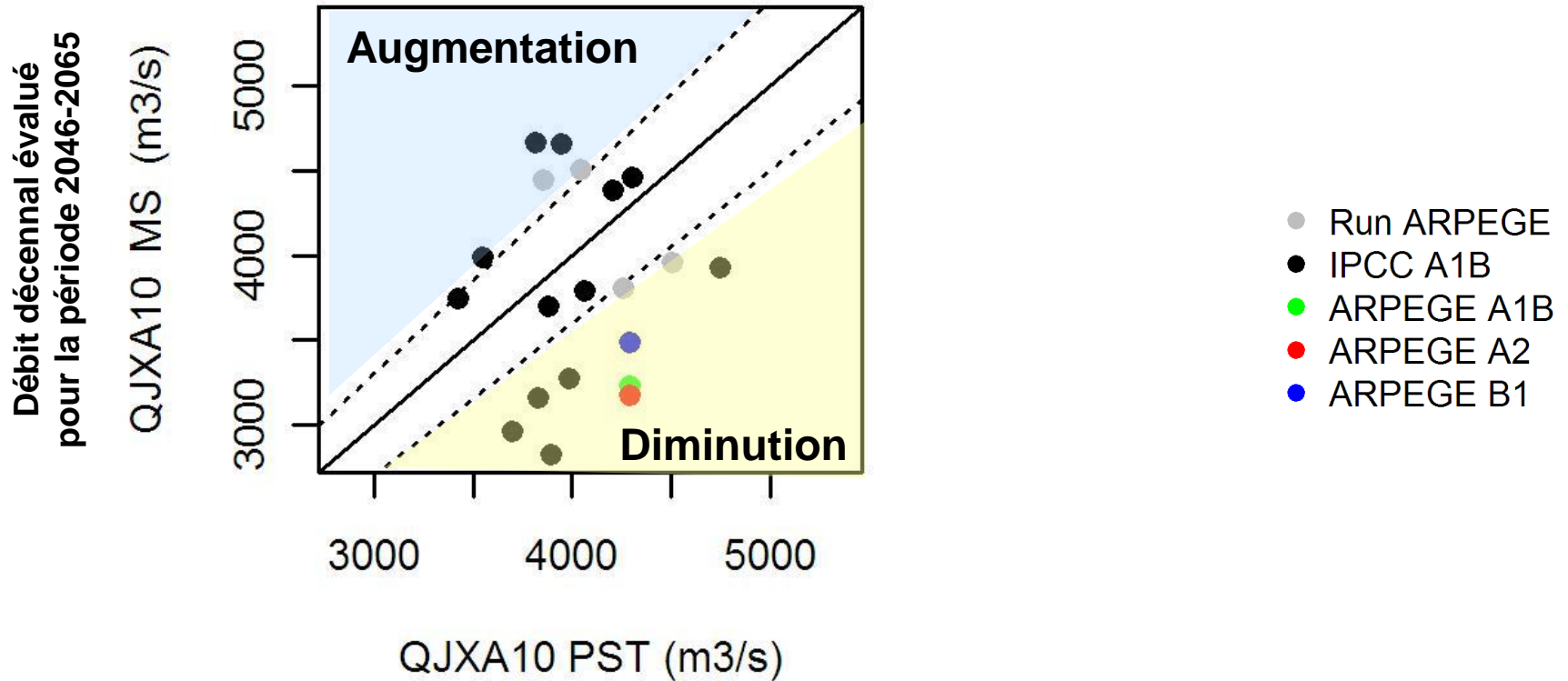


Diminution de l'ordre de 25 à 40 % avec cependant une incertitude de l'ordre de 15%



Évolution des écoulements extrêmes : crues (2046-2065) vs (1971-2007) débit décennal

Loire @ Montjean

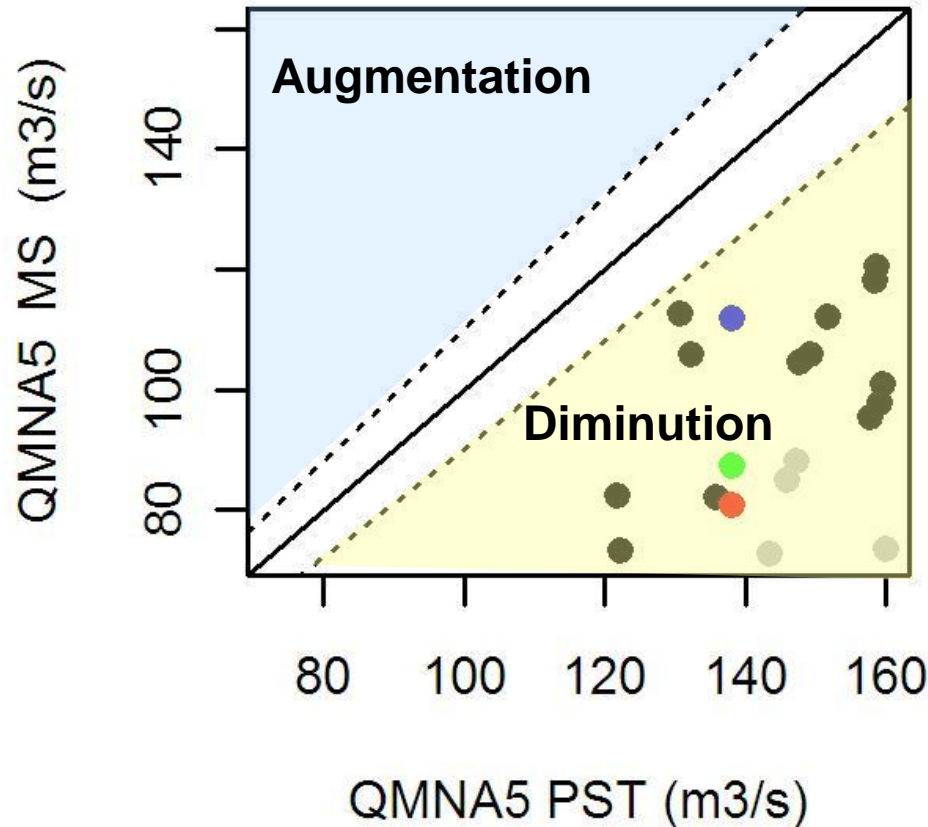


Absence de tendance significative sur les crues

Évolution des écoulements extrêmes : étiages (2046-2065) vs (1971-2007)

débit mensuel minimal annuel

Loire @ Montjean



- Run ARPEGE
- IPCC A1B
- ARPEGE A1B
- ARPEGE A2
- ARPEGE B1

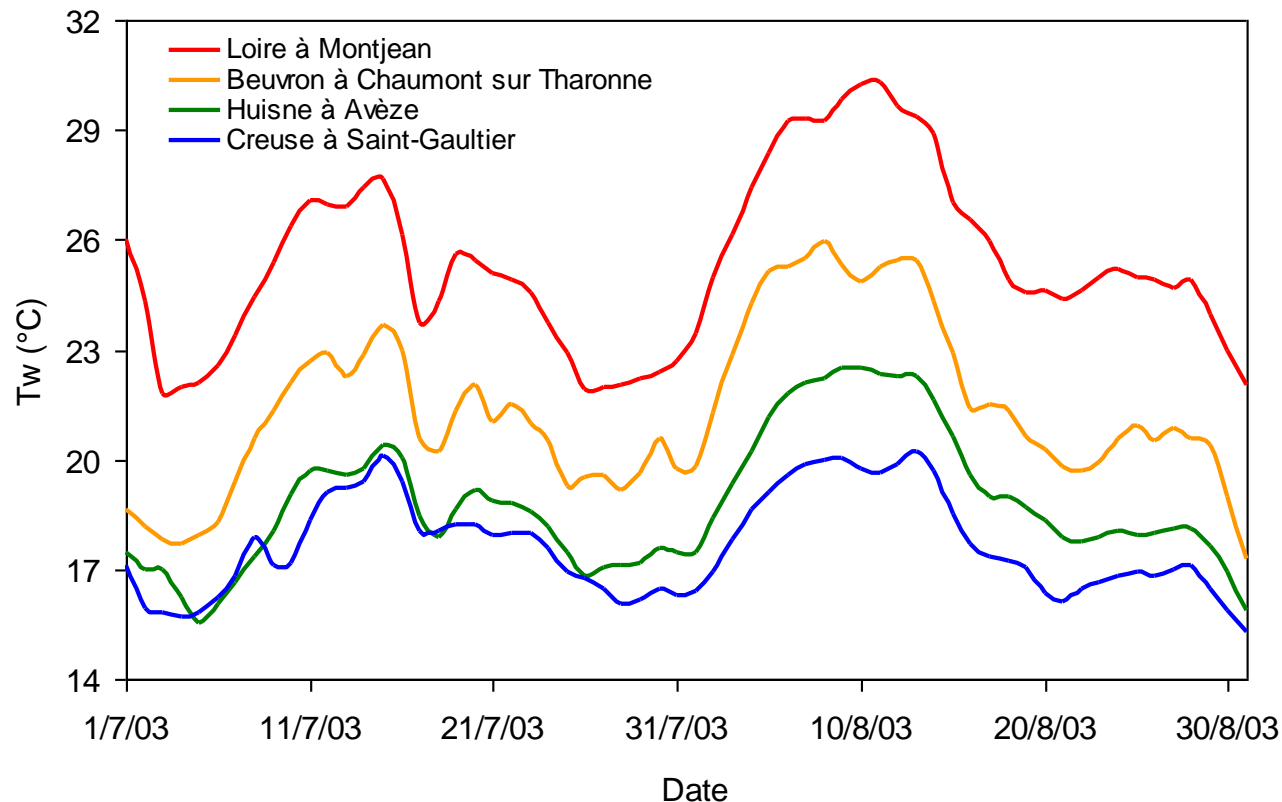
Diminution robuste des débits d'étiage

Évolutions conformes aux évolutions observées sur le bassin de la Seine (Ducharne et al, 2009, projet RexHySS)

Évolution de la température de l'eau

- **De températures de sources** (amont des bassins versants)
- **Des conditions météorologiques** (température, vent, humidité, nébulosité)
- **Des caractéristiques hydrauliques** (hauteurs – vitesses)
- **Des perturbations amont locales** résultant par exemple de rejets thermiques, d'aménagements hydrauliques, d'affluents, de nappes

**Températures
mesurées
Canicule 2003**



Forçages climatiques

Température de l'air
Précipitations
Ray. ondes courtes et Infra-rouge
Vitesse du vent
Humidité de l'air

Forçages hydrologiques

Débits
(nappe, ruissellement)
Simulations modèle EROS

Caract. morphologiques

Pente du talweg
Largeur du cours d'eau
Profondeur

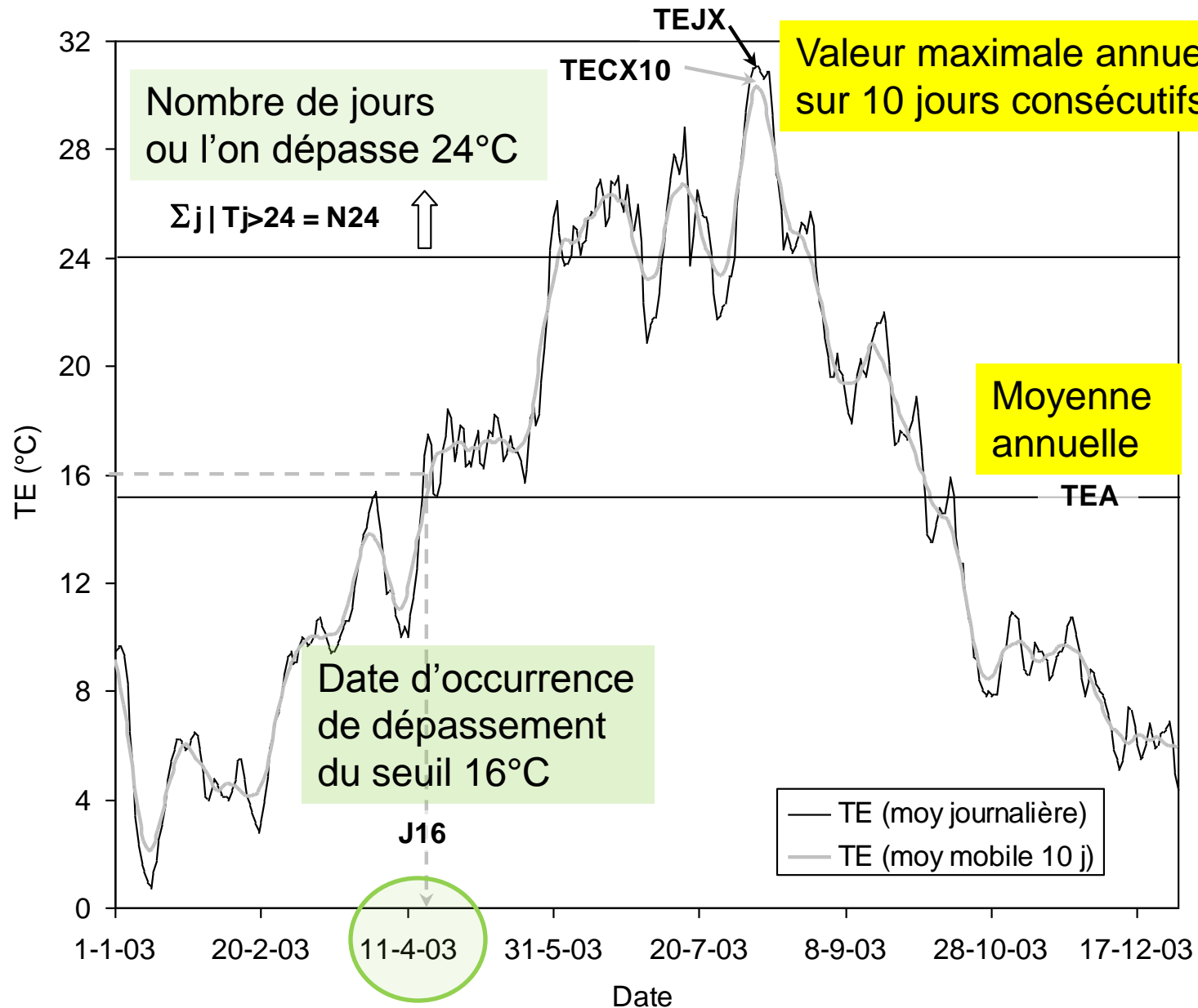
Modélisation De l'évolution de la température de l'eau

Milieu du siècle 2046-2065

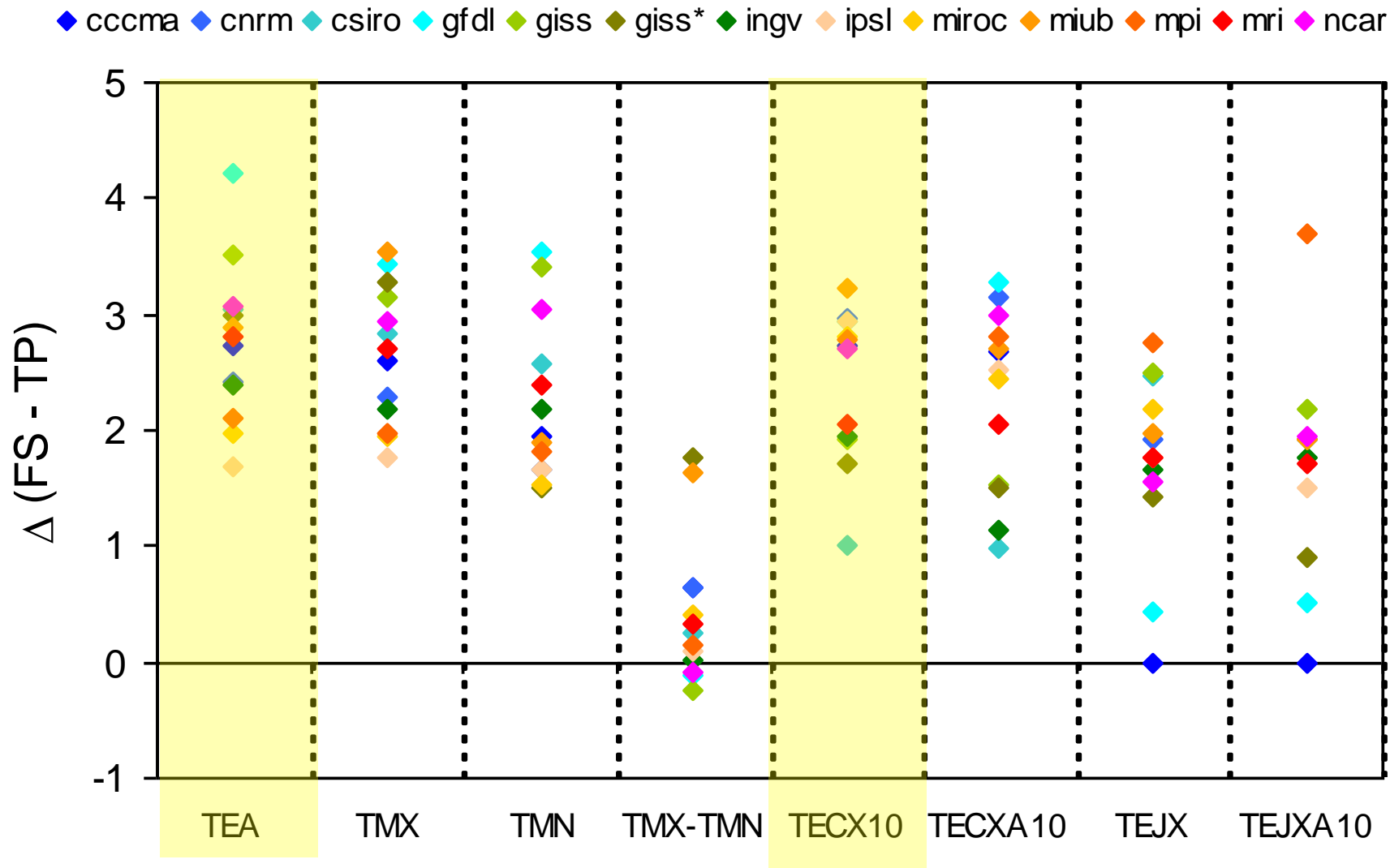
Fin du siècle 2081-2100

Temps présent 1971-2000

Indicateurs thermiques à signifiacnce biologique

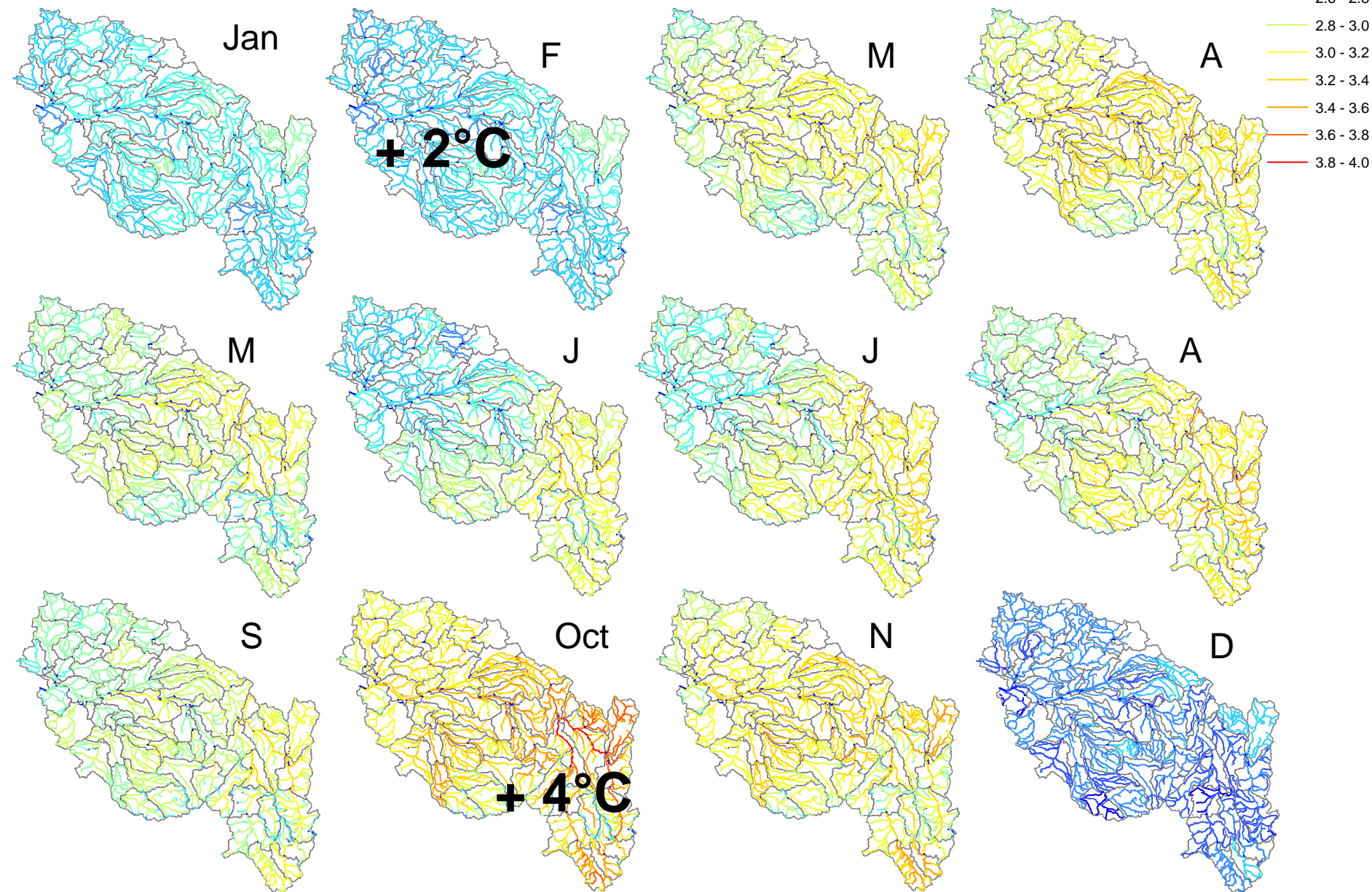


Différence de température (FS: 2080-2100 vs. TP: 1971-91) Loire à Montjean.

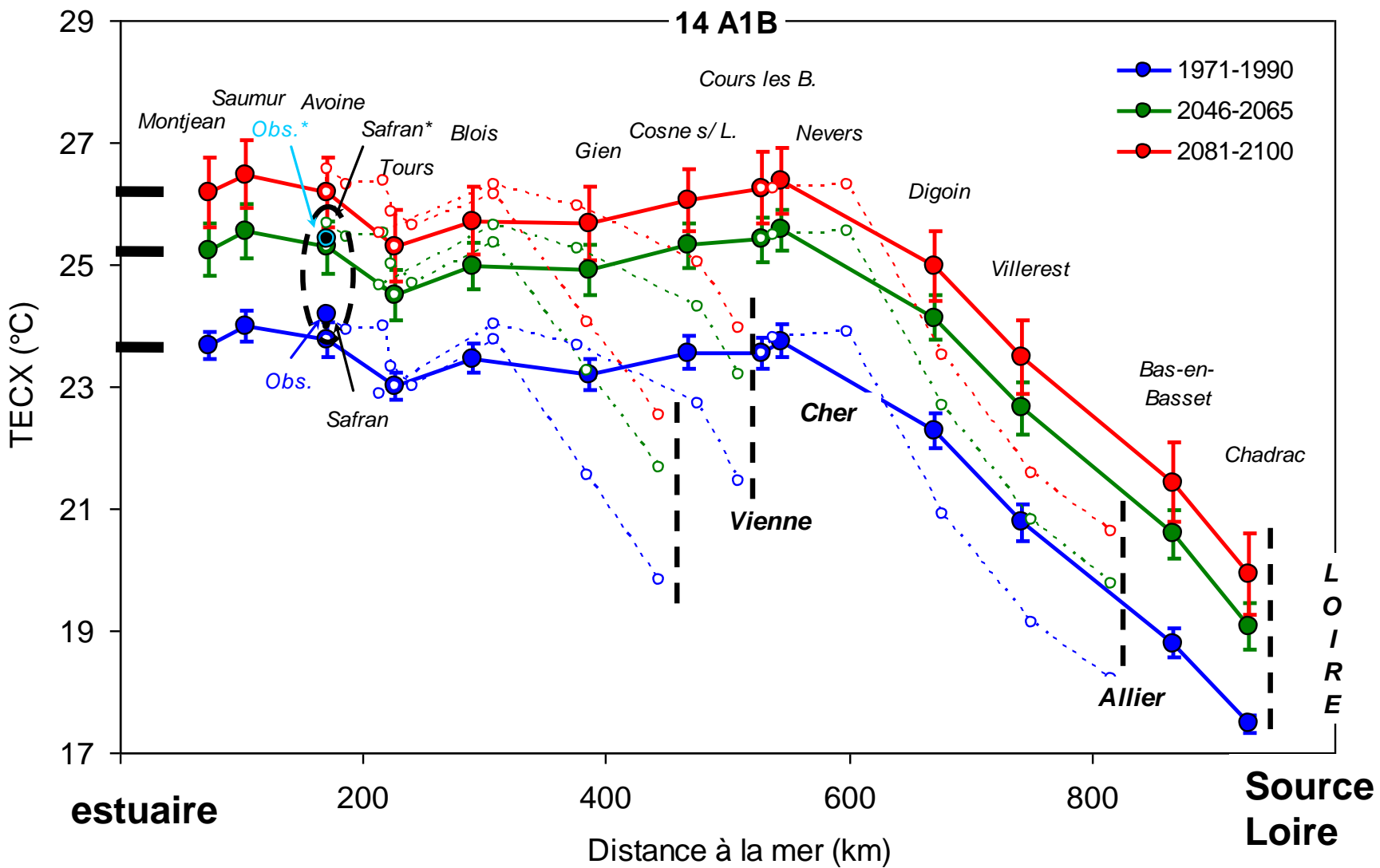


La dispersion des modèles climatiques ne remet pas en cause la tendance au réchauffement sur l'ensemble des critères analysés.

Augmentation spatialisée et saisonnière de la température des cours d'eau Fin du siècle (2080 – 2100)

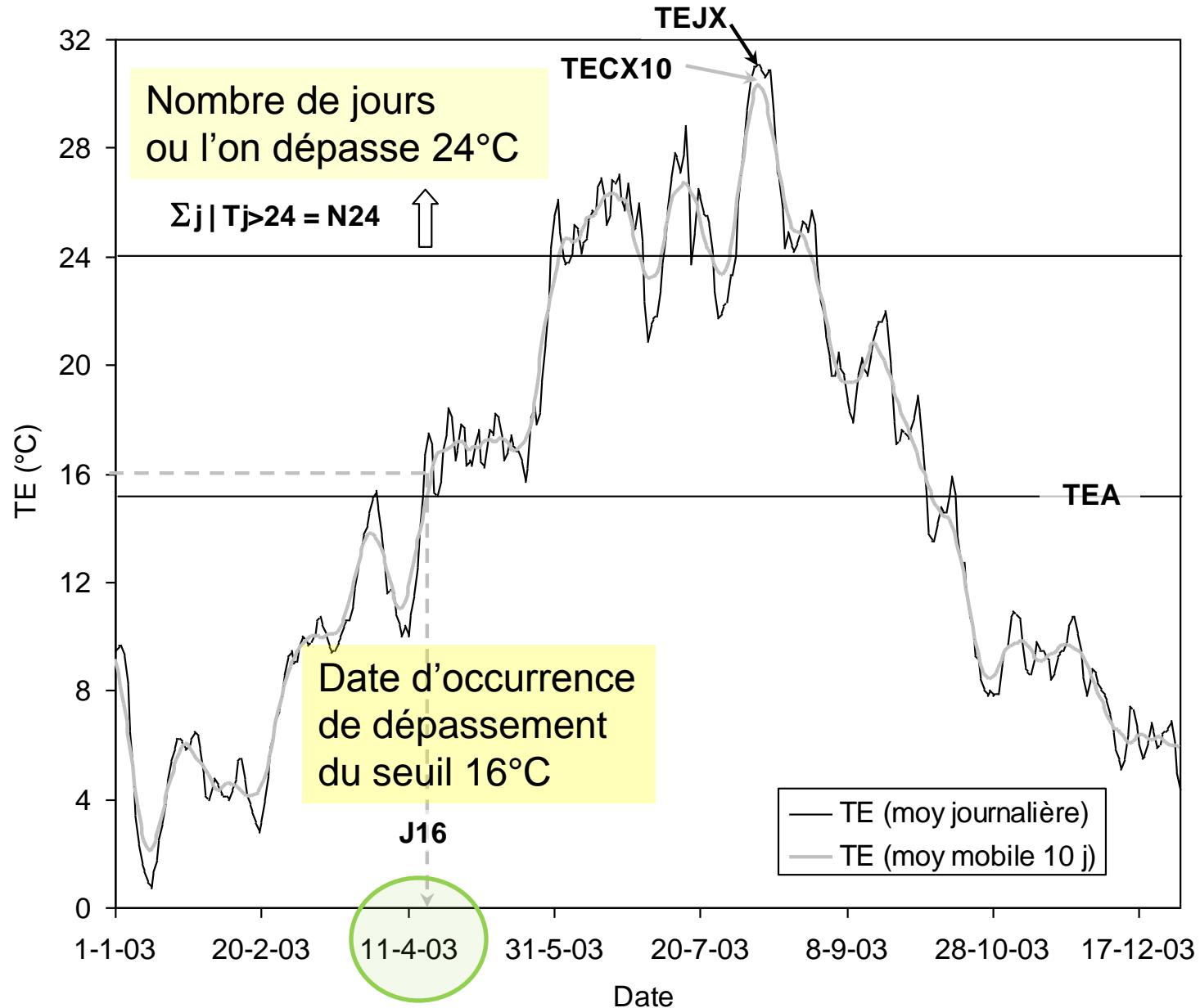


Température maximale sur 10 jours consécutifs le long de la Loire depuis la source jusqu'à l'estuaire



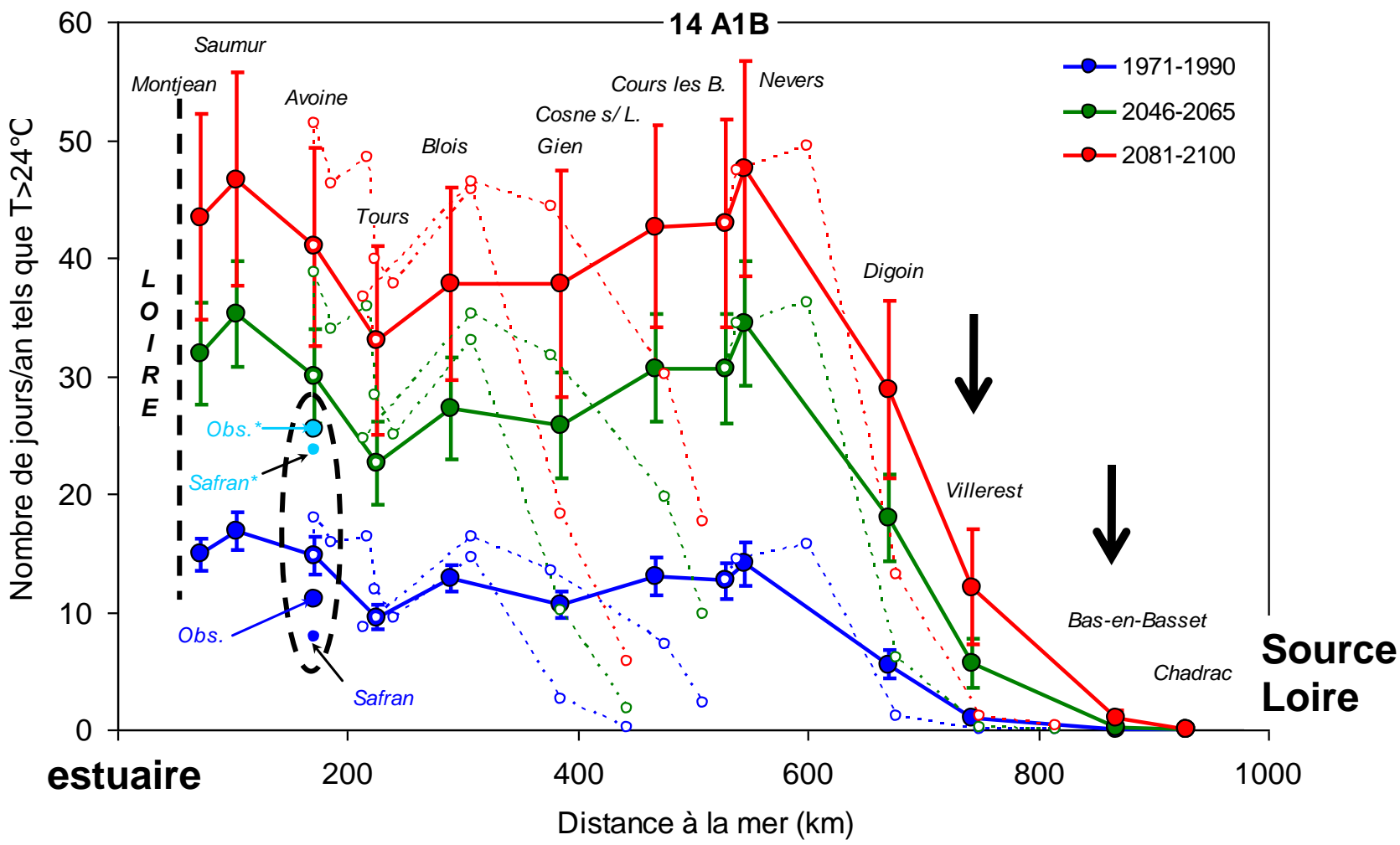
Réchauffement très significatif jusqu'au milieu du siècle, puis une évolution plus lente

Indicateurs thermiques à signifiante biologique



Nombre de jours ou l'on dépasse 24°C

température létale supérieure pour le saumon atlantique

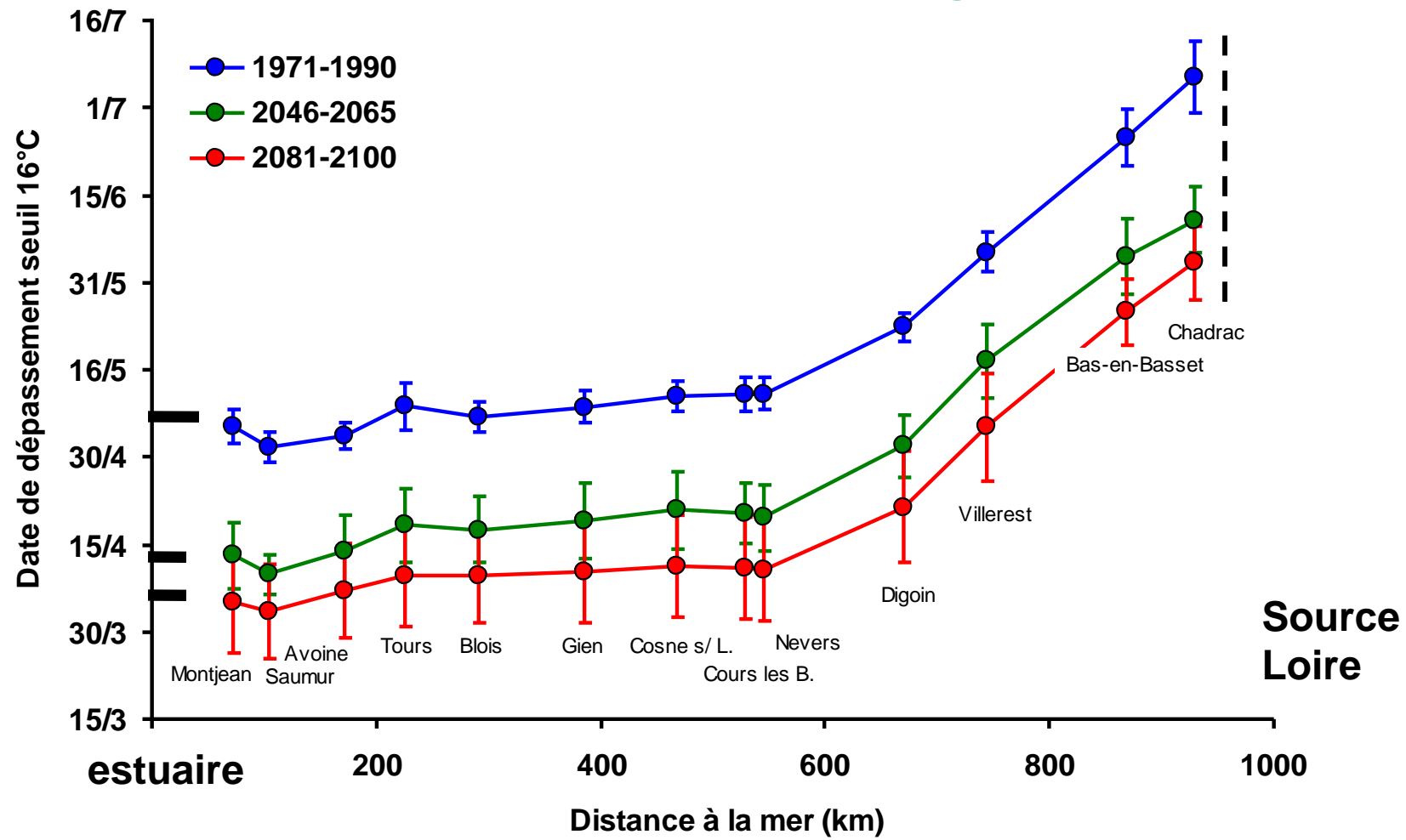


Seuil de 24°C = Villerest (période actuelle) et Bas-en-Basset (fin du siècle)

L'occurrence simulée de températures supérieures au seuil 24°C s'accroît fortement au cours du siècle, sur l'ensemble du réseau

Dates de dépassement du seuil thermique 16°C le long de la Loire depuis la source jusqu'à l'estuaire

température de reproduction de la grande alose



Avancement de la date de dépassement du seuil thermique de 16°C de 20 à 30 jours

Conclusions

Effets robustes

Baisse des débits d'été (diminution de l'effet de dilution)

Augmentation des températures des cours d'eau

Reste à croiser l'impact des actions anthropiques (prélèvements, gestion)
en climat perturbé

Effets plus incertains

Pluies et crues intenses car fortes incertitudes sur les projections climatiques

Les changements climatiques annoncés vont-ils induire une modification du cycle de l'eau et des débits dans un bassin comme la Loire, géologiquement contrasté et soumis à des climats variés (océanique, continental, cévenol) ? Nos résultats suggèrent une diminution des ressources en eau disponibles en moyennes eaux et en étiage. En revanche la dynamique et l'intensité des crues ne devraient pas varier significativement.

La Loire à Chalonnes (Maine-et-Loire).
The Loire River at Chalonnes (Maine-et-Loire Department).

La Loire à l'épreuve du changement climatique

Revue Géosciences, 2010
Numéro spécial
Loire



florentina.moatar@univ-tours.fr

Moatar F, A. Ducharne, D. Thiery, V. Bustillo, E. Sauquet, J-Ph Vidal. 2010. La Loire à l'épreuve du changement climatique.

Géosciences n°12, numero special La Loire, agent géologique : 78-87

Bustillo V, Moatar F, Ducharne A, Thiéry D, Poirel. A. (2012). A multimodel comparison for assessing water temperatures under changing climate conditions via the equilibrium temperature concept: case study of the Middle Loire River, France.

Hydrological processes. Published online in Wiley Online Library, Doi: 10.1002/hyp.9683