

Changement climatique, impacts sur les milieux aquatiques et conséquences pour la gestion

Evolution de l'hydrologie continentale Grandes tendances en France

A. Ducharne (CNRS, UMR Sisyphe, Paris)

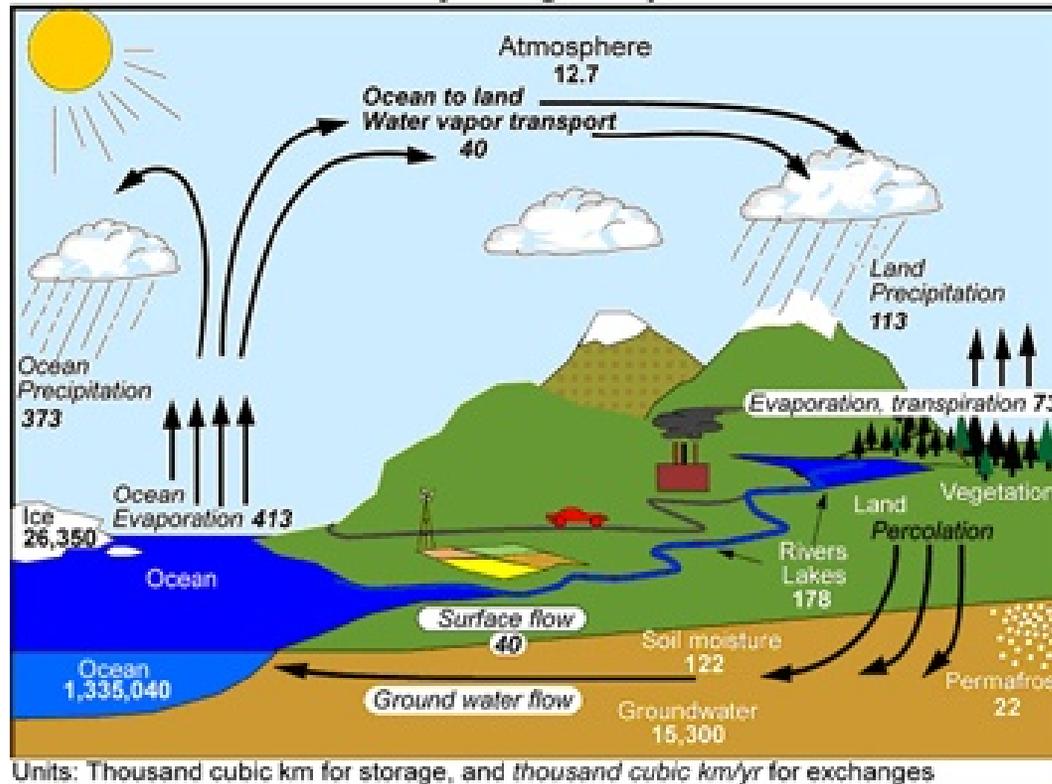
Présentation basée sur les travaux suivants :

Thèse de J. Boé (2007)

Projet GICC-Rhône

Projet GICC RExHySS

Hydrologie, ressources en eau & extrêmes



Source : Trenberth et al., 2007

Ressources

- Volumes d'eau circulant en surface et en souterrain
- Milieu des écosystèmes aquatiques + usages humains (e.g. prélèvements, hydraulique)
- Sans cesse renouvelés donc vulnérables (au CC et aux pressions anthropiques)

Extrêmes

- Facteurs de risques (e.g. inondations, retrait des argiles) + défaillance sur la ressource

La démarche des impacts hydrologiques

Modélisation climatique à grande échelle

- ➔ couplage océan / atmosphère
- ➔ scénarios d'évolution des GES et aérosols

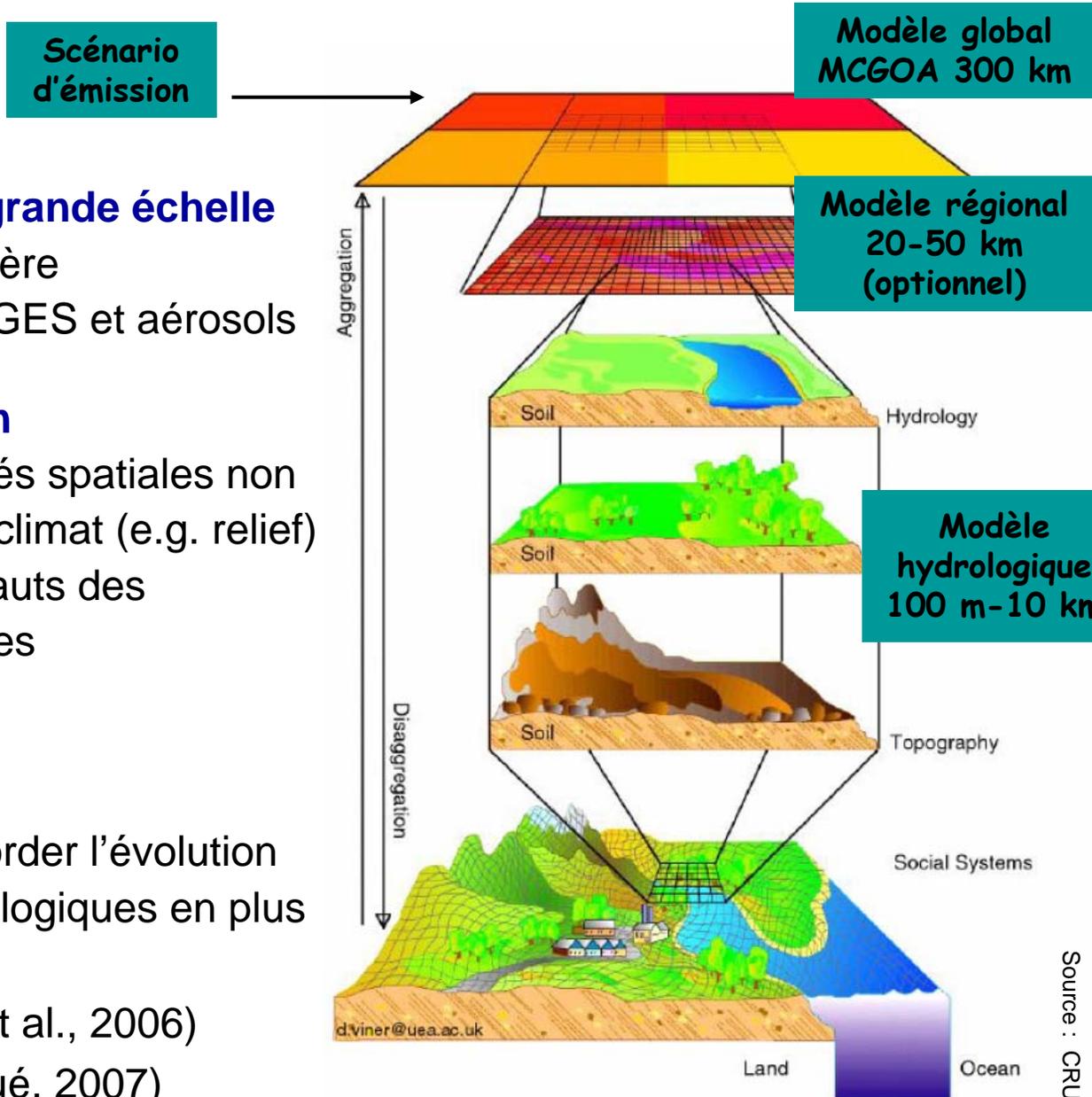
Nécessité de désagrégation

- ➔ introduire les hétérogénéités spatiales non résolues par les modèles de climat (e.g. relief)
- ➔ corriger les principaux défauts des distributions spatio-temporelles simulées (e.g. biais)

Innovation récentes

2 méthodes permettant d'aborder l'évolution des extrêmes météo et hydrologiques en plus du CC moyen:

- ➔ **régimes de temps** (Boé et al., 2006)
- ➔ **correction variable** (Déqué, 2007)



1. Changements hydrométéorologiques en France

Thèse de Boé 2007

14 modèles climatiques du 4^{ème} rapport du GIEC

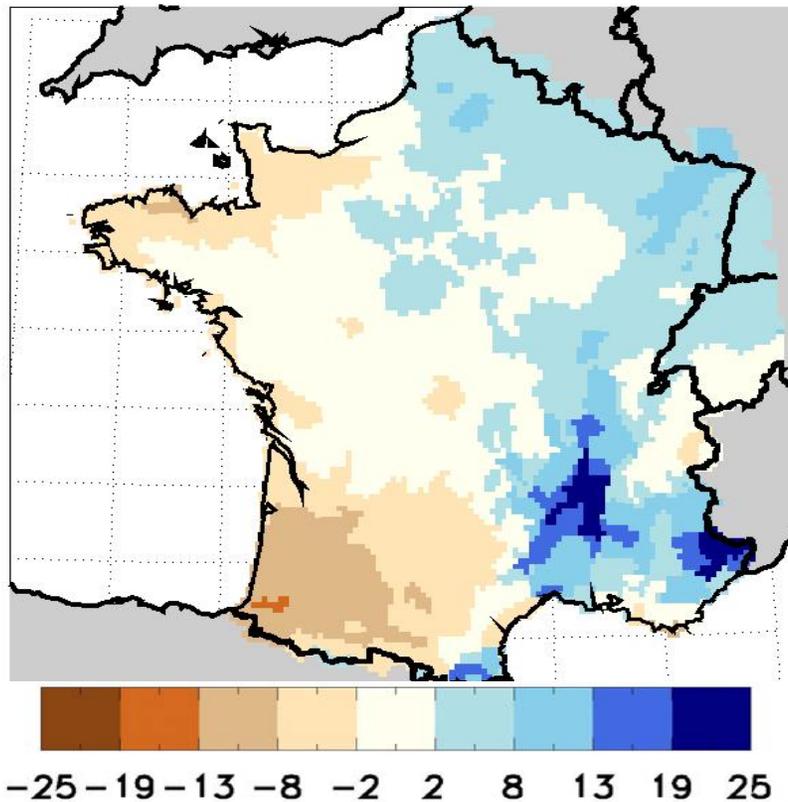
Scénarios A1B et Horizon 2050

Régionalisation par la méthode des régimes de temps

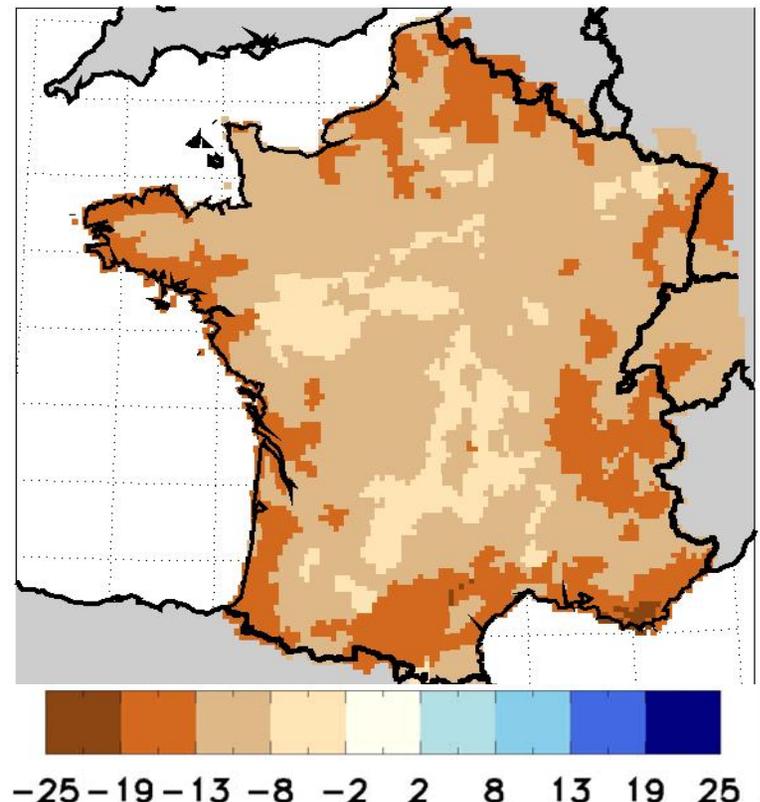
Modèle hydrologique SIM

Evolution des précipitations moyennes

**HIVER
(DJF)**



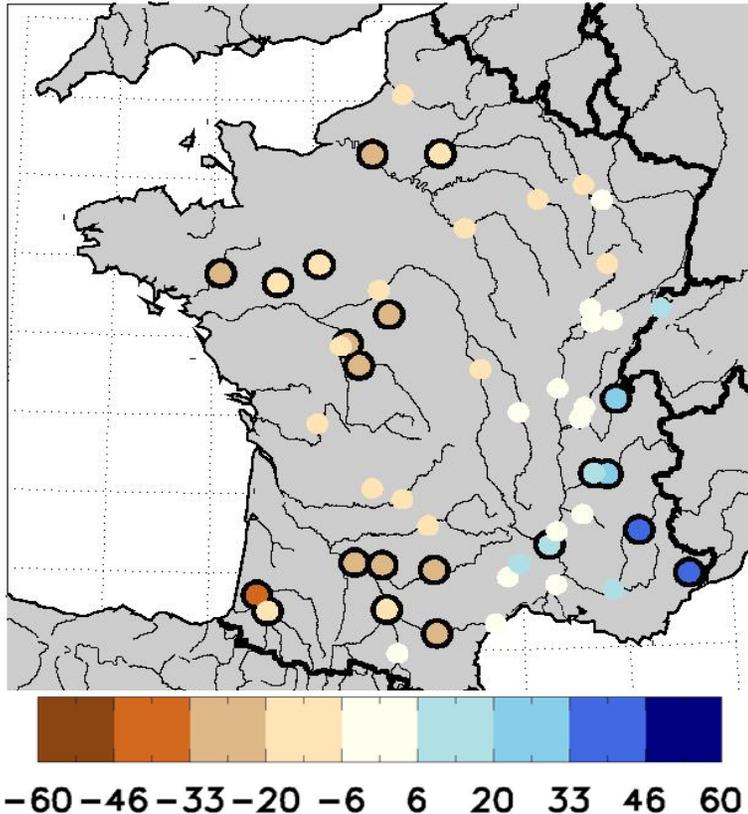
**ETE & AUTOMNE
(JJASON)**



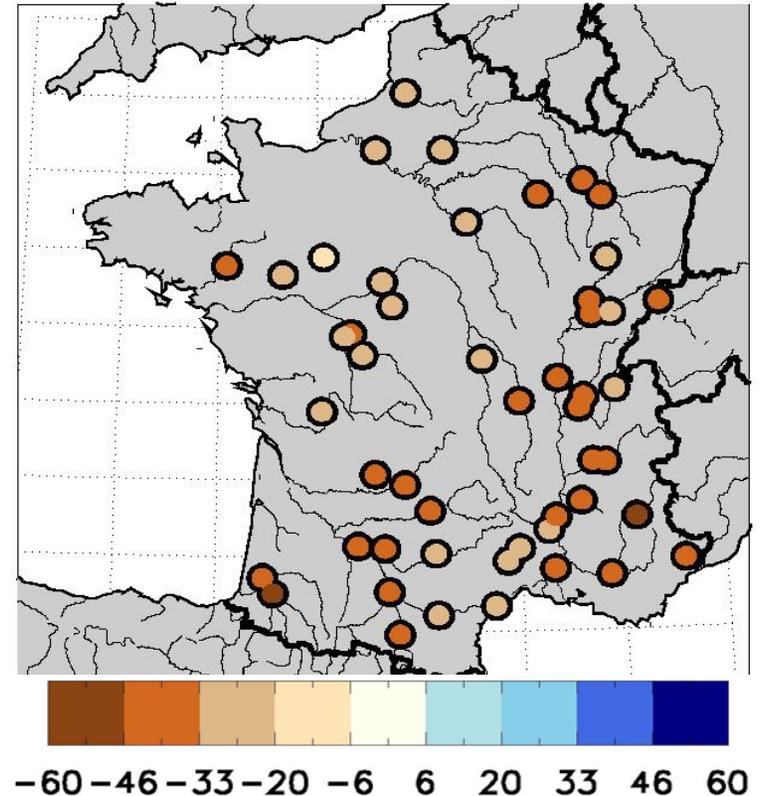
Changement relatif multi-modèle (en %), 2046/2065

Evolution des débits moyens

**HIVER
(DJF)**



**ETE & AUTOMNE
(JJASON)**

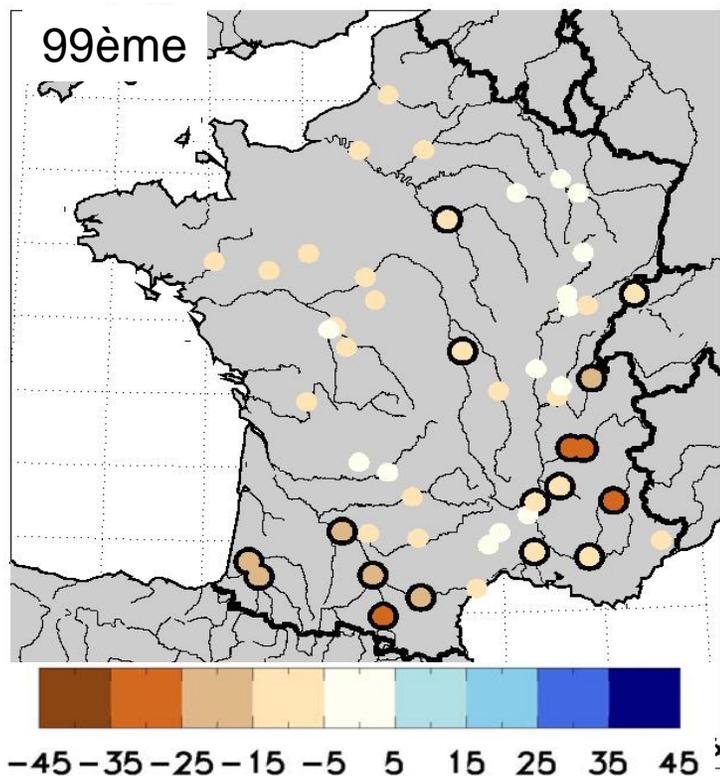


Changement relatif multi-modèle (en %), 2046/2065

Points cerclés de noir: accord de 85% des modèles sur le signe

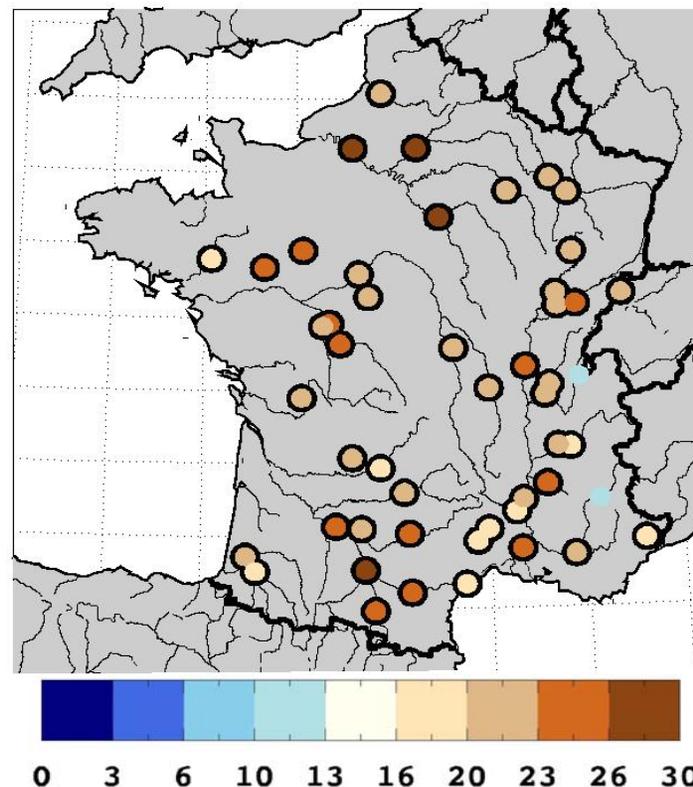
Evolution des débits extrêmes

Crues



Changement relatif (%) du
99ème quantile annuel
2046/2065

Etiages



% des jours 2046/2065 avec un
débit inférieur au 10ème quantile
de la période 1971/1990

Points cerclés de noir: accord de 85% des modèles sur le signe

2. Quelques spécificités régionales...

Bassins versants de montagne influencés par la neige

Projet GICC-Rhône

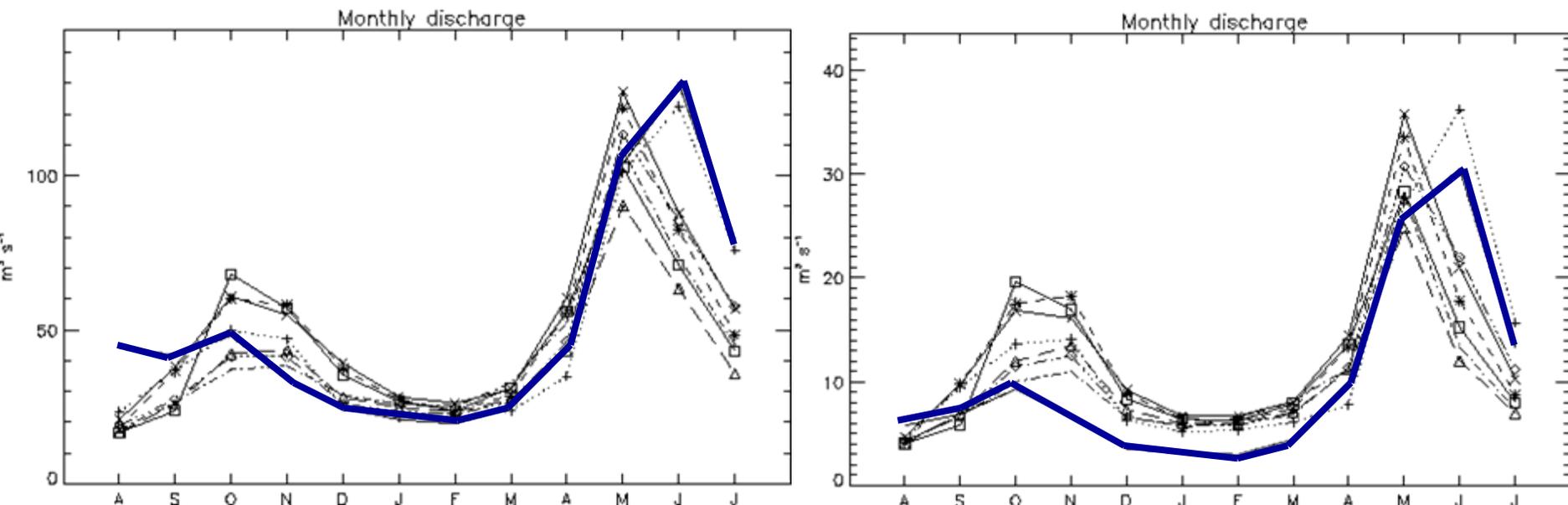
Bassin de la Seine : influencé par les nappes souterraines

Projet RExHySS

Régimes hydrologiques influencés par la neige

Durance at Laclapiere (2170 km²)

Ubaye at Barcelonnette (549 km²)



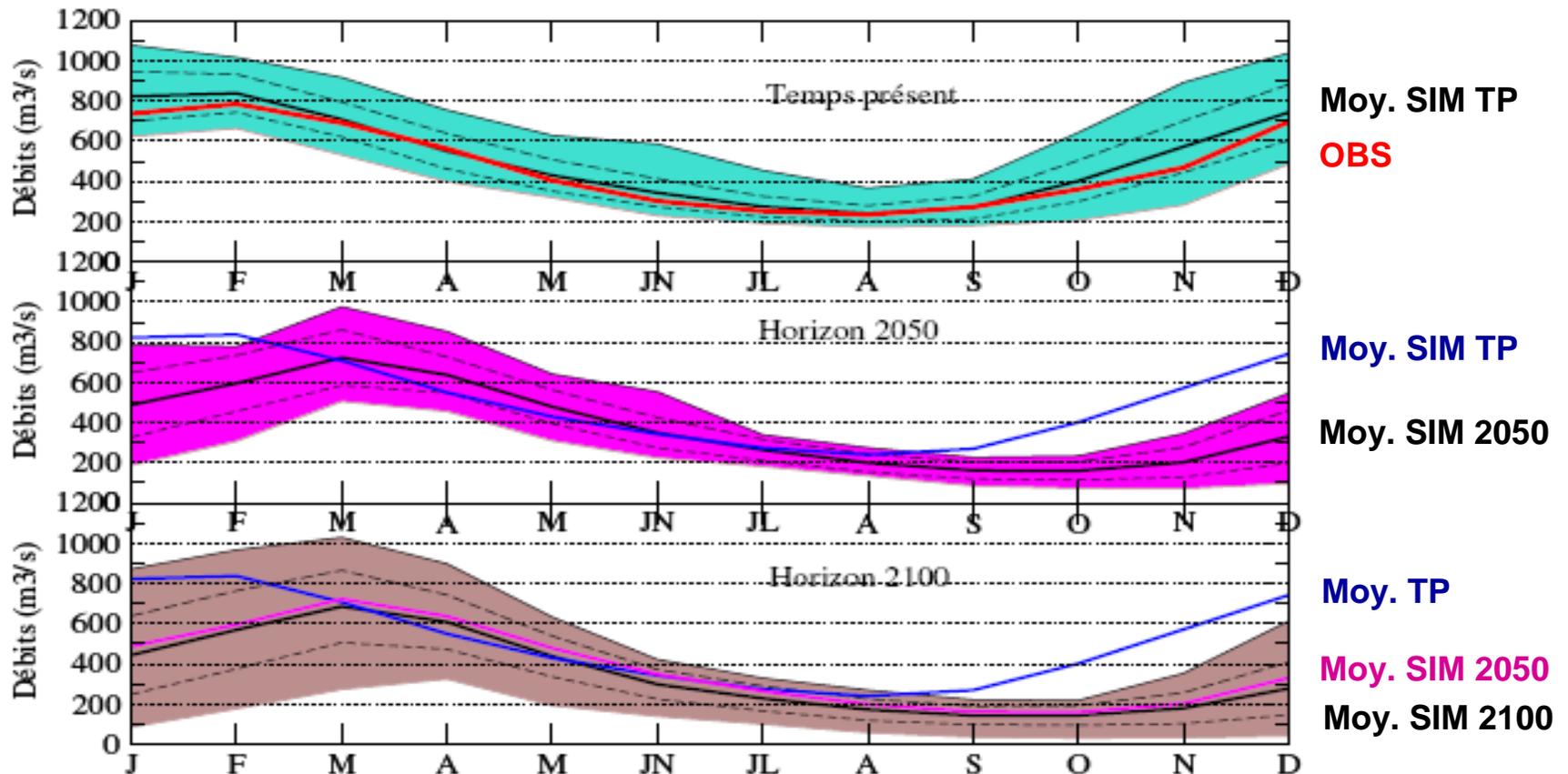
Modèle couplé MODCOU - ISBA – CROCUS (GICC-Rhône)

— Simulation de Référence

— 6 scénarios de CC

- ➔ Débits hivernaux plus importants (plus de pluie et moins de neige)
- ➔ Crues nivales avancées
- ➔ Débits estivaux plus faibles (période d'étiage décalée)

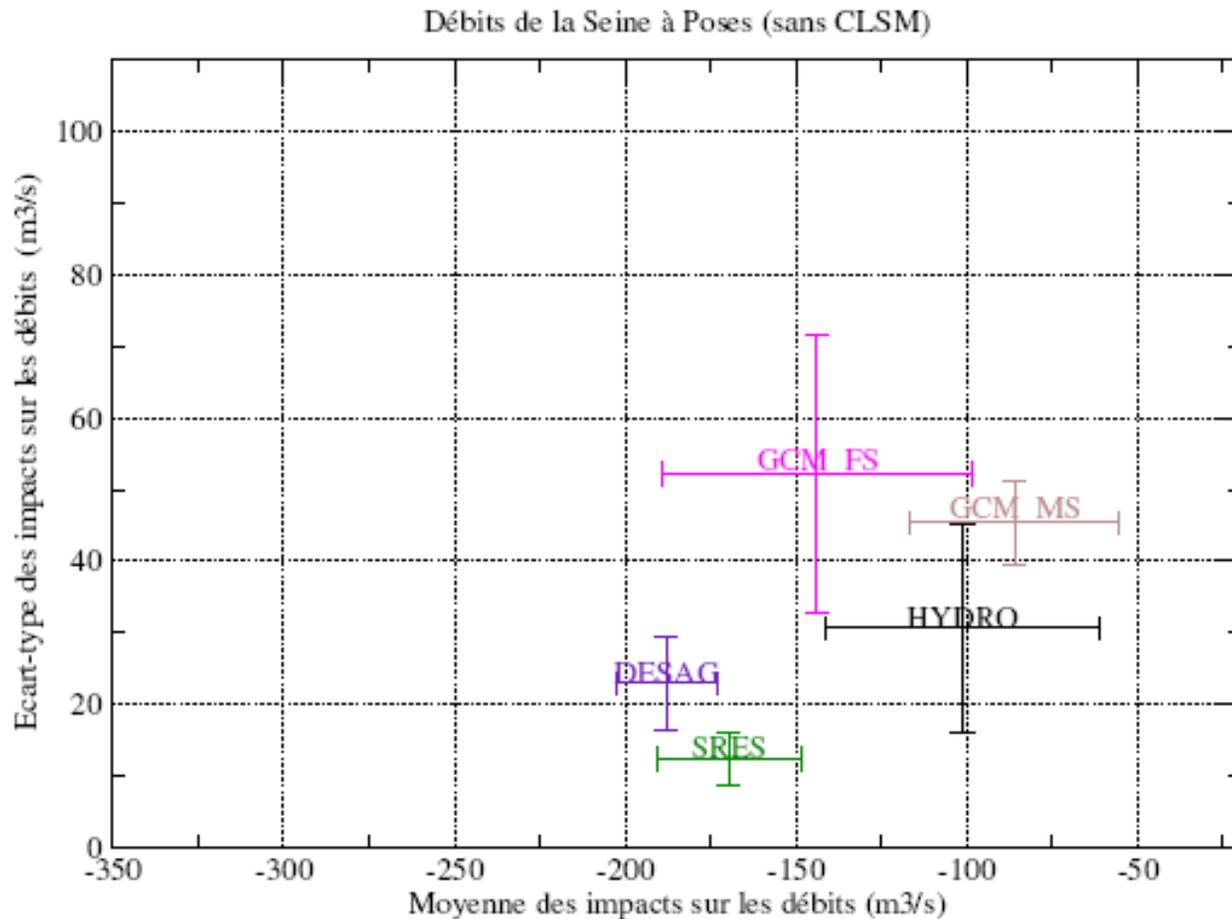
Régime hydrologique de la Seine (Poses)



10 scénarios régionalisés et 5 modèles hydrologiques

- ➔ Hydrogramme décalé (crues et étiages moyens retardées)
- ➔ Baisse des débits sauf au printemps (très robuste en étiage)

Analyse des incertitudes



Source : F. Habets

Baisse du débit moyen de la Seine à Poses (méthode plus évoluée) :

➡ **Horizon 2050 : -129 m³/s (-24 % TP) +/- 45 m³/s**

➡ **Horizon 2100 : -152 m³/s (-28 % TP) +/- 59 m³/s**

Evolution des débits extrêmes

Indicateurs retenus :

QJXA10 : débit journalier maximal annuel surpassé en moyenne tous les 10 ans

➔ **débit de crue importante**

QMNA5 : débit mensuel minimal annuel sous-passé en moyenne tous les 5 ans

➔ **débit d'étiage sévère**

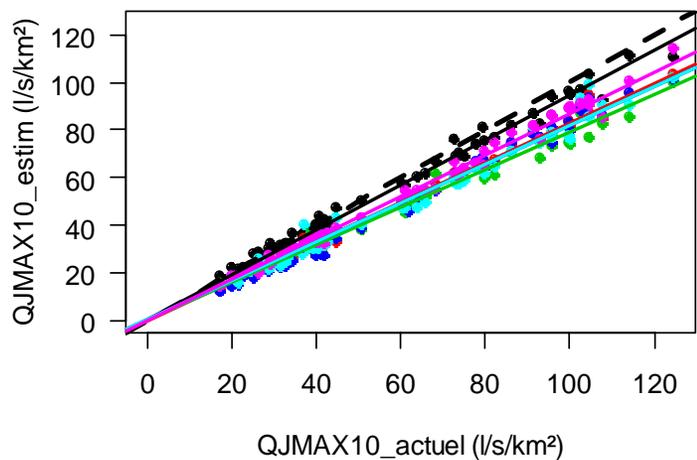
Caractérisés par ajustement aux lois de probabilités classiques des événements rares

Utilisés couramment pour le dimensionnement d'ouvrages ou les plans de prévention des risques, avec des indicateurs d'événements plus extrêmes

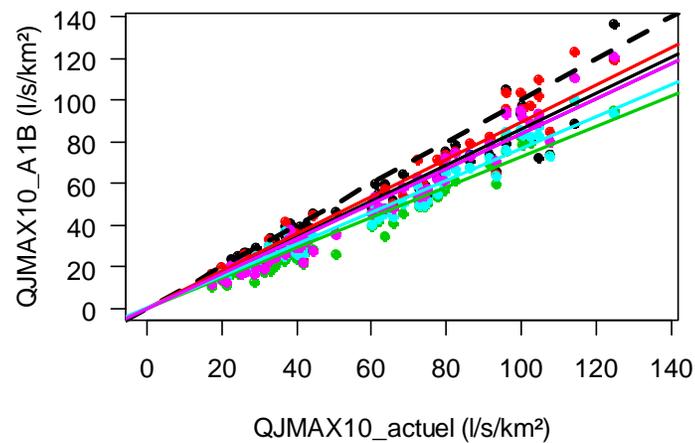
Evolution des débits extrêmes

Modèle hydrologique SIM

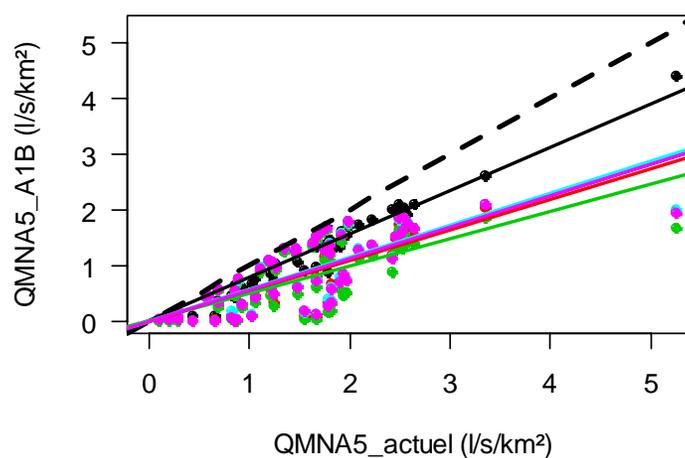
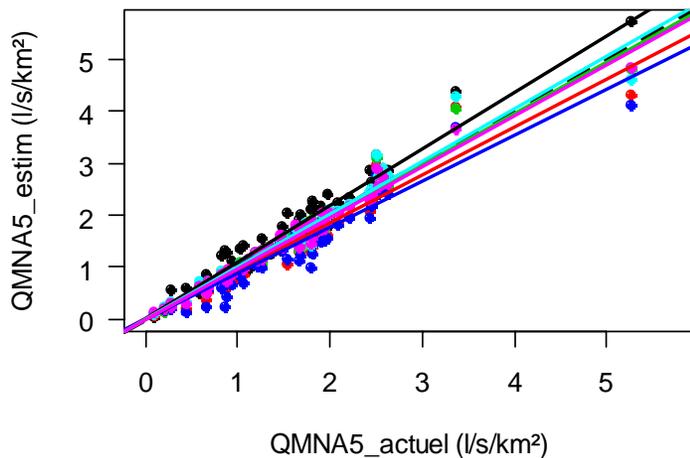
Validation TP



2100 A1B vs. TP



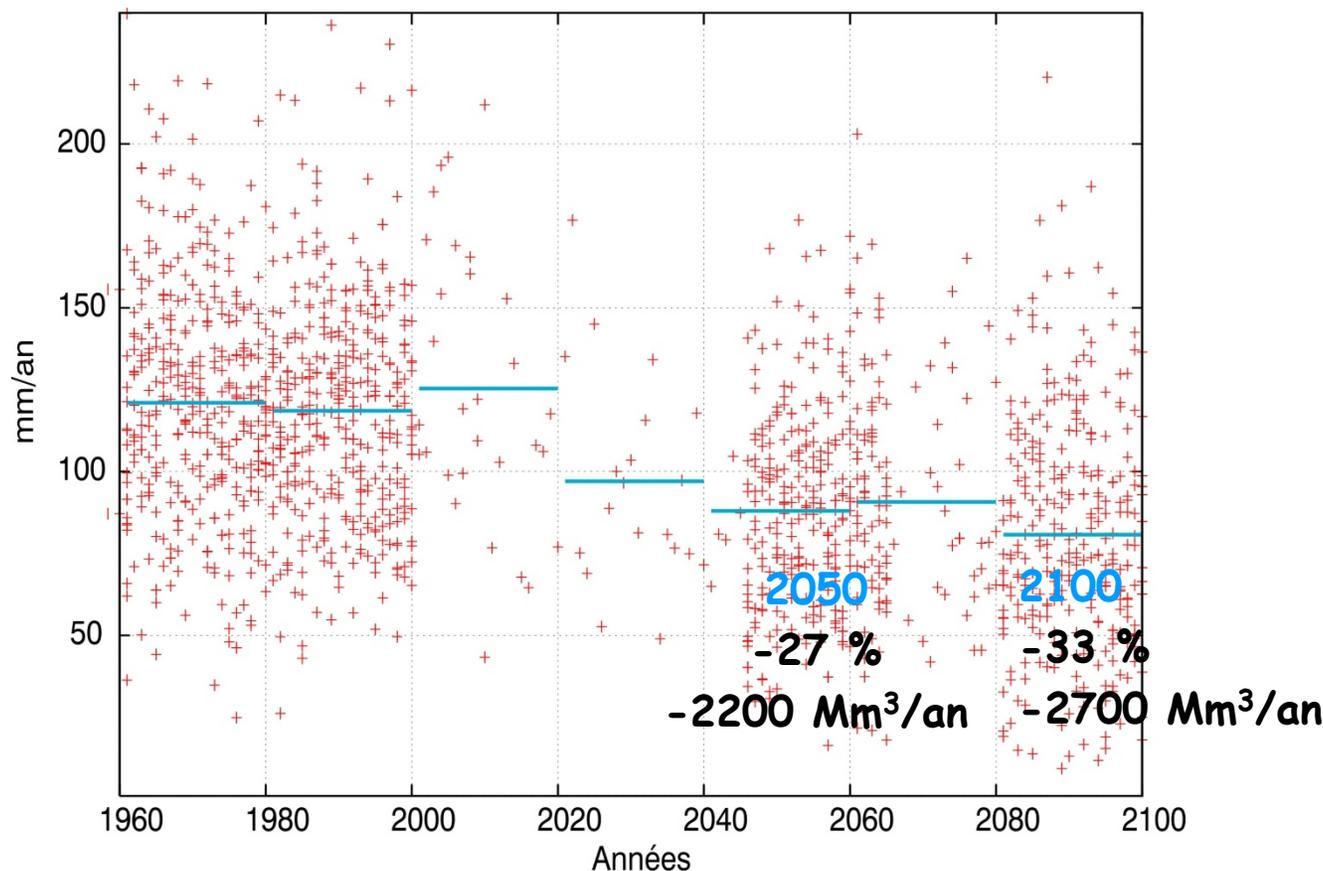
QJXA10



QMNA5

Evolution des ressources en eau souterraines

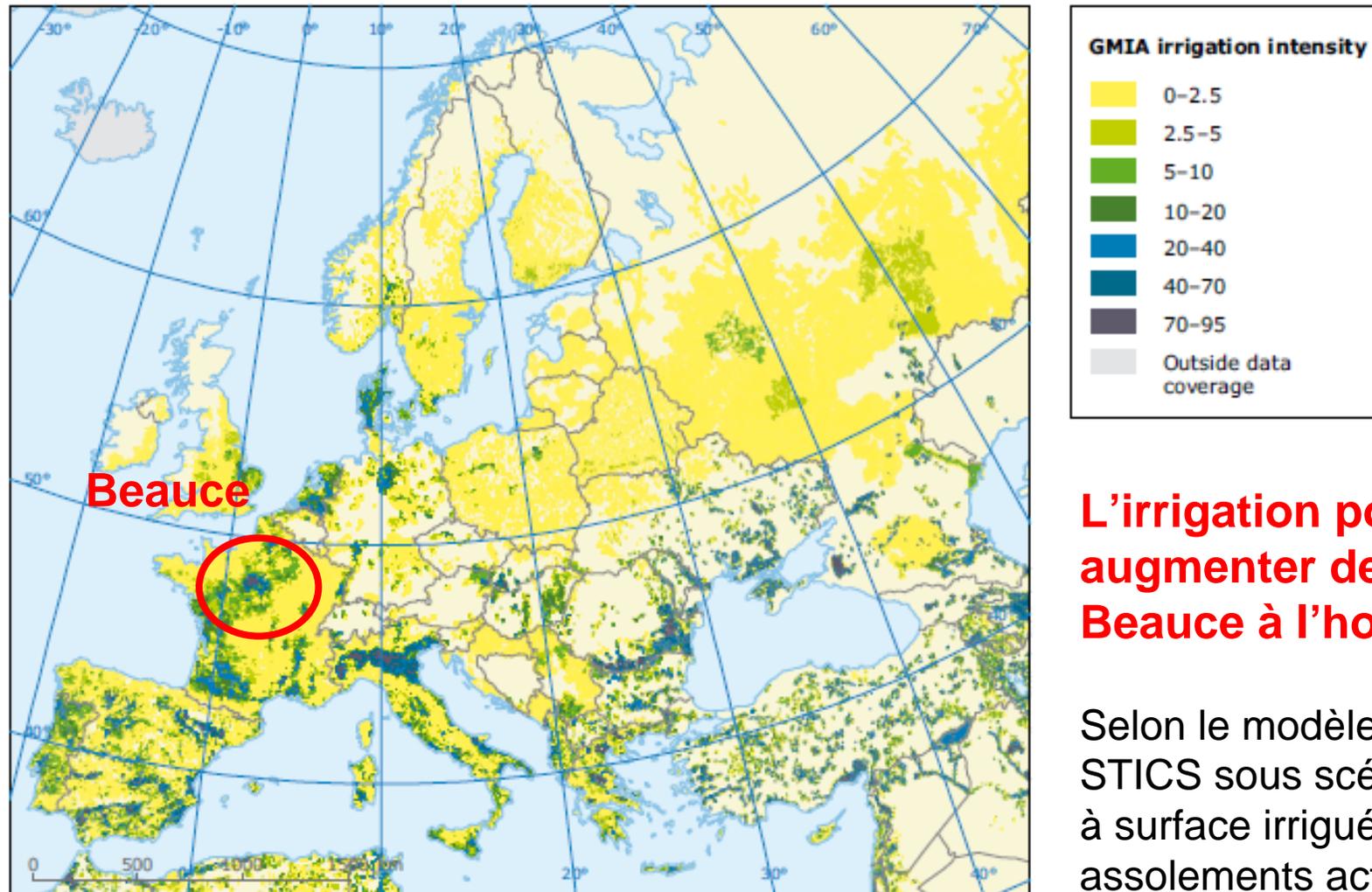
Recharge annuelle simulée par MODCOU dans le bassin de la Seine 19 scénarios climatiques



- ➔ **Déficits comparables aux prélèvements totaux actuels (nappes + surface)**
= 3000 Mm^3 en 2001 (dont 3% pour l'irrigation, avec des variations spatiales)

Interactions avec l'irrigation

Map 6.1 Irrigation intensity across Europe, as illustrated by the percentage of area equipped for irrigation, by 5' cell, derived from the Global Map of Irrigated Areas



L'irrigation pourrait augmenter de 60% en Beauce à l'horizon 2100

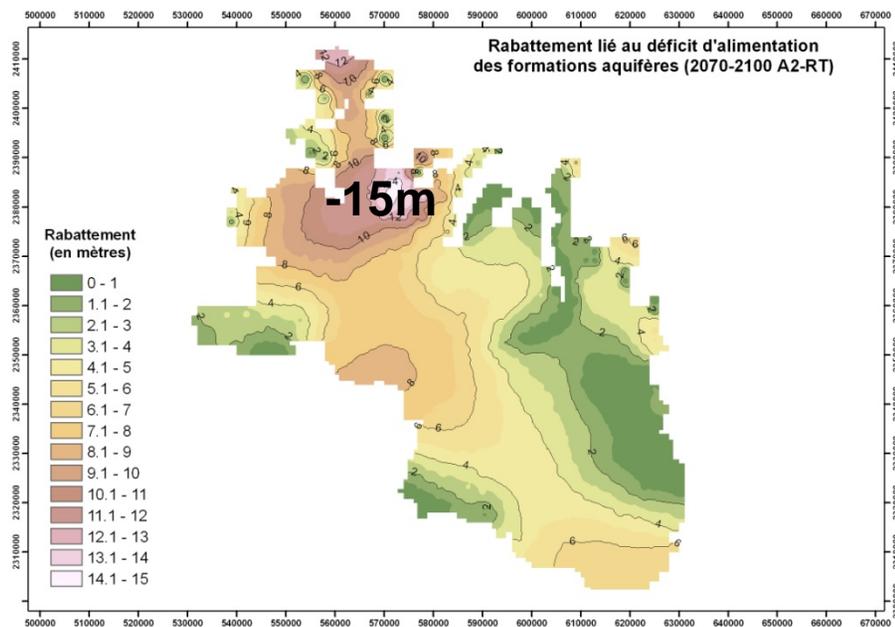
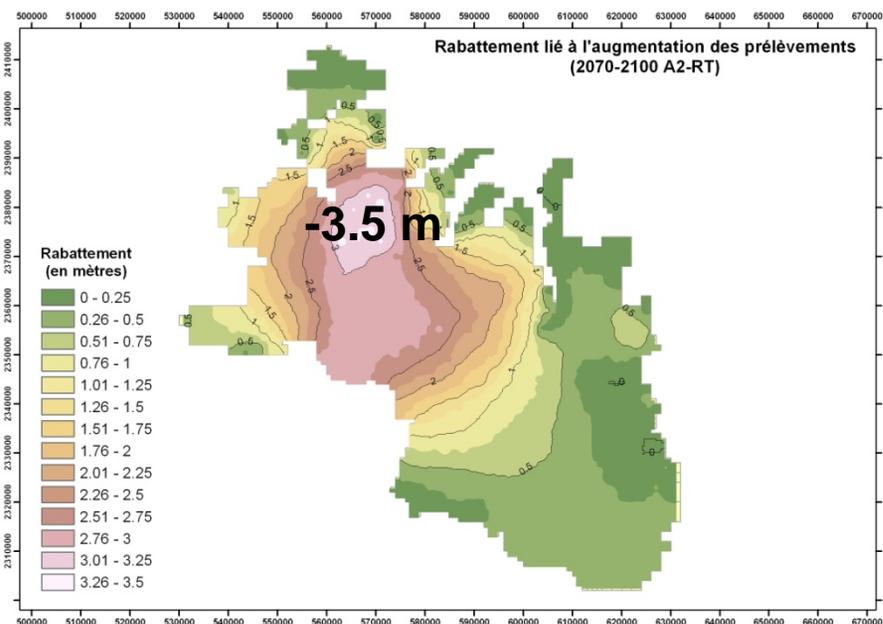
Selon le modèle agronomique STICS sous scénario A2-RT, à surface irriguée et assolements actuels

Irrigation et changement climatique en Beauce

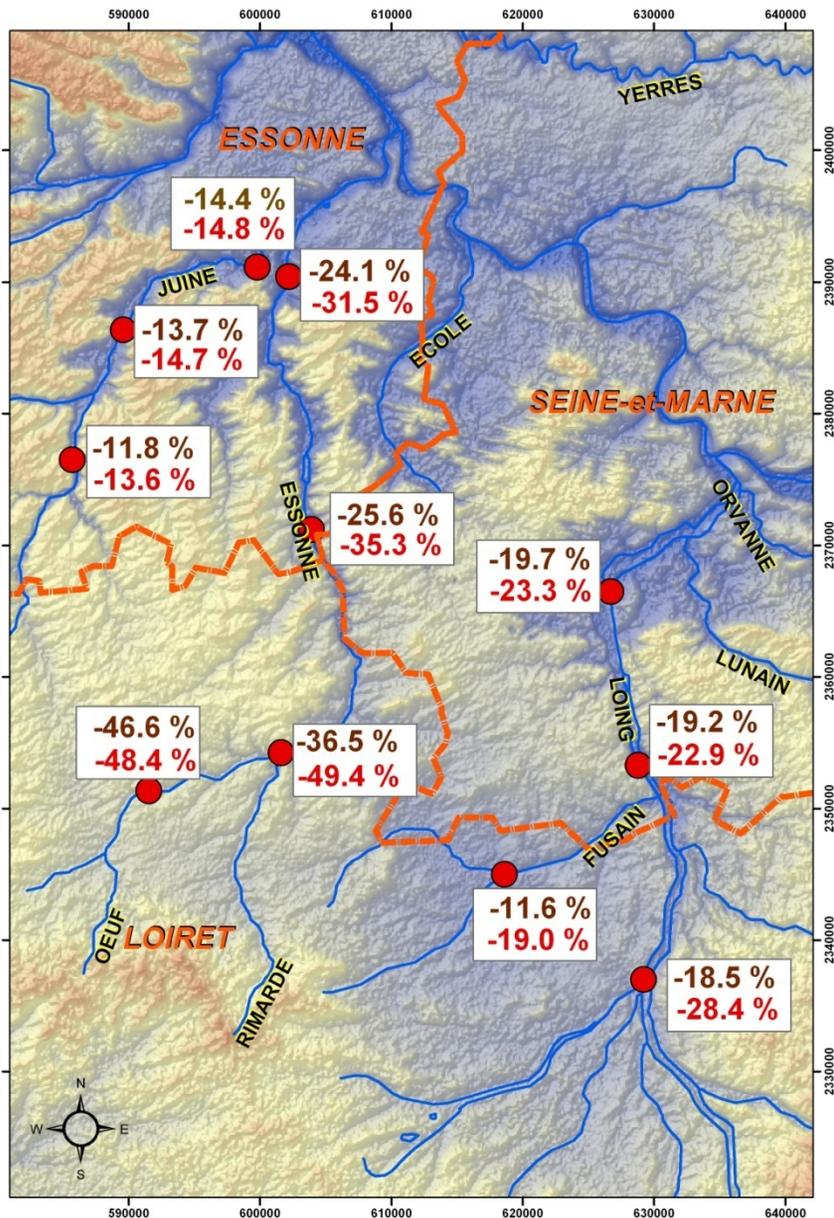
Baisse de la nappe simulée par MODCOU à l'horizon 2100

Sous augmentation de 60% de l'irrigation sans changement climatique

Sous scénario A2-RT sans changer l'irrigation



Irrigation et changement climatique en Beauce



Modèle MODCOU

Évolution relative du QMNA5 calculé en fin de siècle (période 2070/2100) sous scénario climatique A2-RT sur cours d'eau de la Beauce

- ➔ Effet du changement climatique seul
- ➔ Effet cumulé avec l'augmentation de l'irrigation induite par ce changement climatique

Conclusions

Effets robustes

- Baisse des débits d'étiages et des niveaux piézométriques
- Réduction des stocks de neige/glace et de leur effet tampon
- ➔ **Augmentation des risques de défaillance estivale**

Effets plus incertains :

- Pluies et crues intenses en région Méditerranéenne
- Débits de crue en France du Nord
- ➔ **Car fortes incertitudes sur les projections des précipitations**

Effets de l'incertitude des précipitations

➔ Exemple du bassin de la Seine

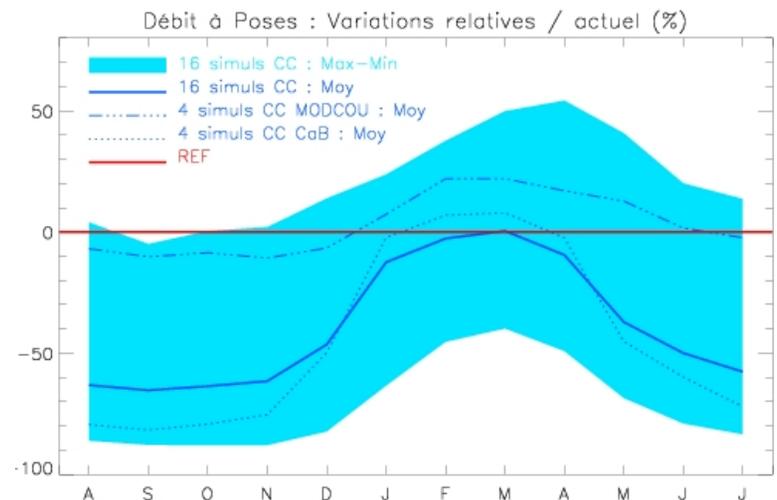
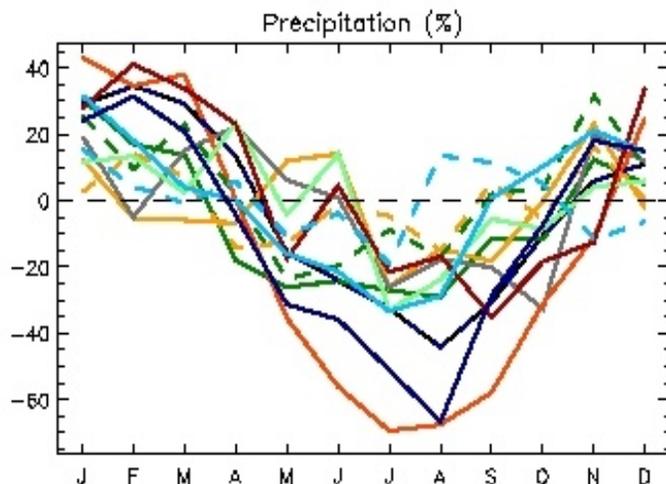
➔ Projet RExHySS (2007-2009)

- 21 scénarios de changement climatique (AR4)
- Méthodes de désagrégation avancées
- **Baisse des précipitations annuelles et des débits y compris en crue**

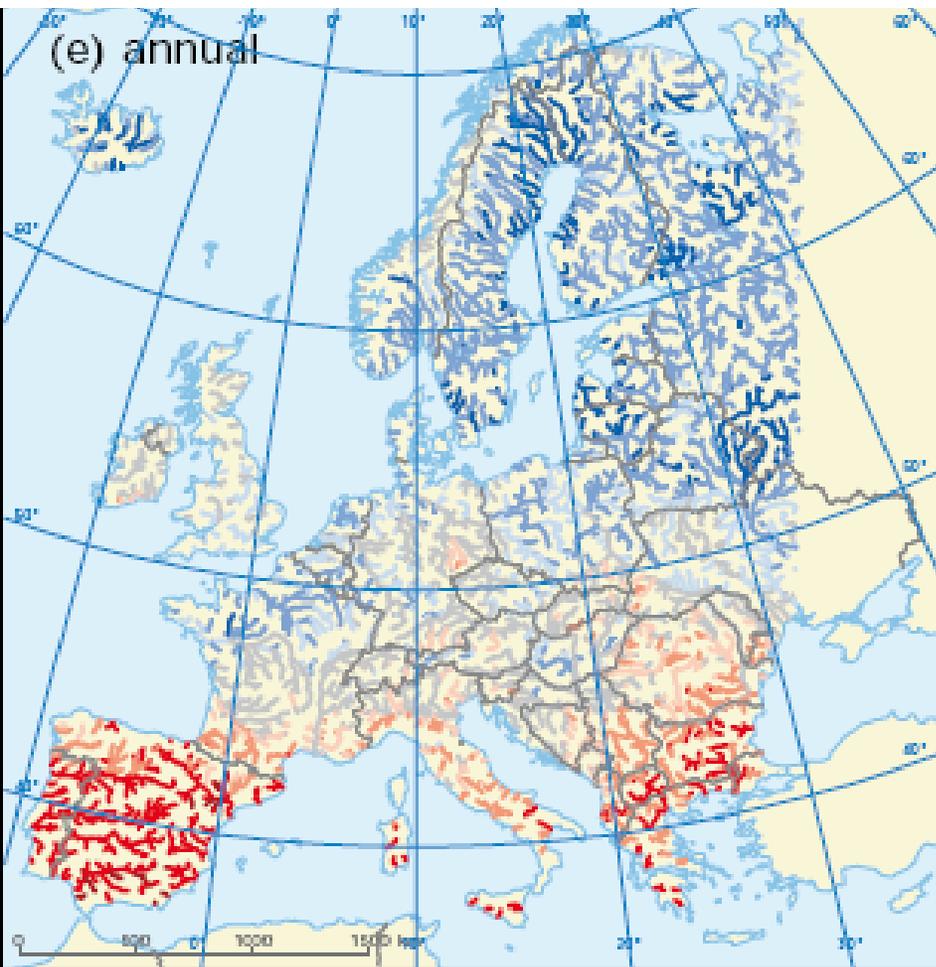
➔ Projet GICC-Seine (2002-2004)

- 12 scénarios de changement climatique (SAR et TAR)
- Méthode de désagrégation simpliste
- **Précipitations annuelles inchangées et débits de crues indécidables**

➔ Débits d'étiage en baisse dans les deux cas



Cette incertitude impose des précautions

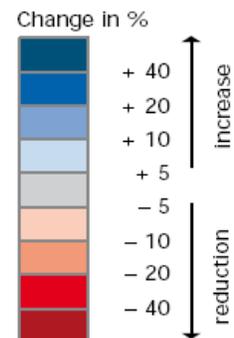


Relative change in mean seasonal and annual river flow between scenario (2071–2100) and reference period (1961–1990)

Exemple d'une étude européenne récente (EEA 2008)

Caractéristiques de l'étude

- Émissions A2
- 1 seul scénario régional
- Pas de méthode de correction
- 1 seul modèle hydrologique



Synthèse en images...



Merci