

# Colloque de valorisation de GICC 1

## L'impact sur les hydrosystèmes

Synthèse : **Pierre Chevallier (IRD Great Ice / ILEE – Montpellier),**  
avec l'aide d'**André Monaco (CEFREM / CNRS – Perpignan)**

# Impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes

## → Sur le cycle de l'eau

L'augmentation de la température moyenne entraîne

- Une augmentation de l'évaporation
- Une modification des régimes de précipitation  
(en plus ou en moins selon les régions de la planète)
- Une diminution des volumes glaciaires et des couvertures neigeuses

## → Sur les cycles associés

- Modification des processus biogéochimiques dans les cours d'eau  
(carbone, nutriments, oxygène)
- Modification des régimes d'écoulements  
(dilution, matière en suspension, sédimentation)
- impact sur les biocénoses aquatiques

## → Sur le bassin versant

- Changement dans les usages du sol (végétation, agriculture)  
et dans les activités humaines

# Les projets

## 3 projets sur les hydrosystèmes dans le cadre de GICC1:

[9/99 & 2/00] - Etude des impacts potentiels du changement climatique sur le bassin versant du Rhône en vue de leur gestion

Coordination : **Etienne Leblois – Cemagref (Lyon)**

avec BRGM, CNRS+Univ.(Grenoble, St Etienne), EDF, ENSMP, Météo-France

[3/00] - Conséquences potentielles du changement climatique sur les biocénoses aquatiques et riveraines françaises

Coordination : **Didier Pont – CNRS+Lyon 1**

avec Cemagref, CNRS+Univ. (Dijon, St Etienne, Toulouse), CSP

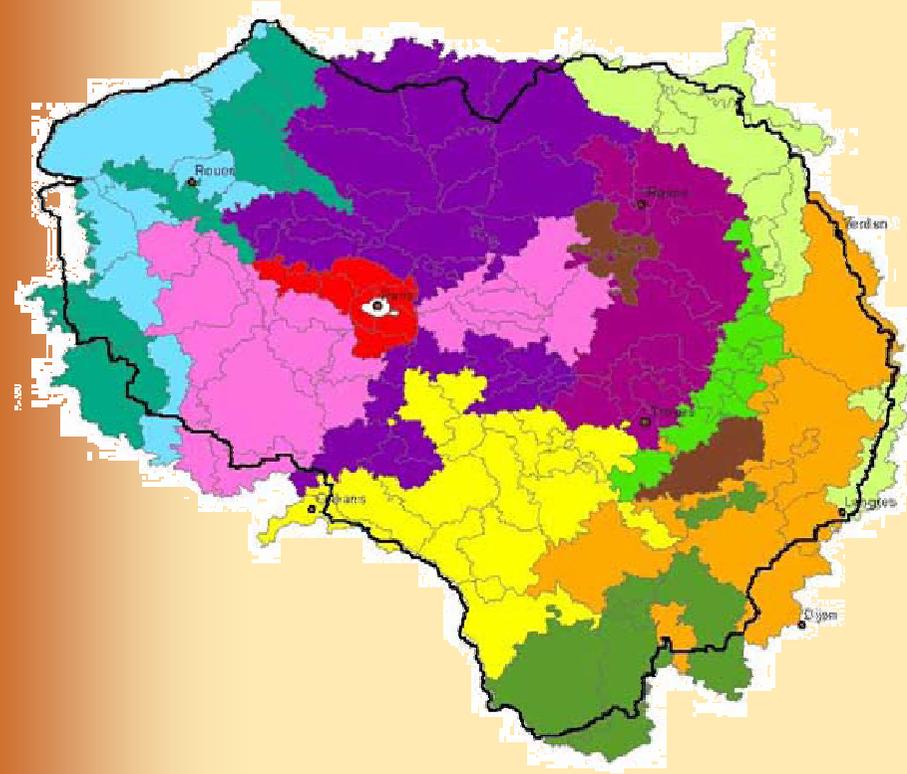
[8/01] - Influence du changement climatique sur le fonctionnement hydrologique et biogéochimique du bassin de la Seine

Coordination : **Agnès Ducharne – CNRS+Paris 6**

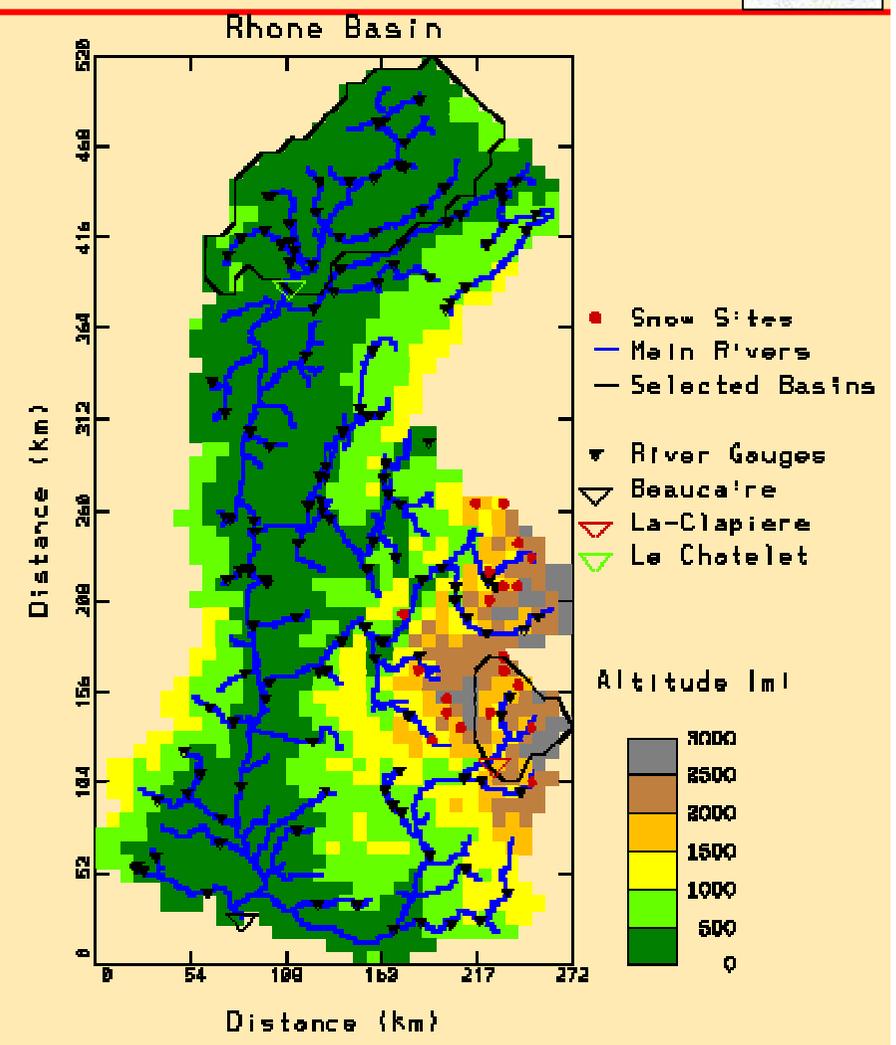
avec AScA, ENSMP, ENGREF, INRA

# Méthodes

# Les domaines modélisés



Les 12 zones du bassin de la Seine sur lesquelles sont réalisées les simulations STICS et Modcou/Newsam



Le domaine modélisé du bassin versant du Rhône

# Modèles de circulation générale et scénarios utilisés

## 12 MCG utilisés

### Avec des résolutions spatiales

grossières : 250 km et plus

moyennes à hautes : 50 à 100 km

### Des scénarios d'émissions différents

CMIP : +1%/an de CO<sub>2</sub> depuis 1990 ⇒ 708 ppm en 2060 ; sans aérosols

A2 ≈ 850 ppm en 2100 ; avec aérosols

B2 ≈ 610 ppm en 2100 ; avec aérosols

### Des périodes de calculs :

Comprises entre 1960 et 1994 pour l'actuel,

Entre 2054 et 2099 pour le CC

# Modèles de fonctionnement du milieu

## → Hydrologie de bassin versant

- Bilan d'énergie : CaB, ISBA
- Bilan hydrologique : Modcou, Cequeau, Ecomag
- Dynamique du couvert neigeux : Crocus, Mordor

## → Qualité biogéochimique des cours d'eau

- Riverstrahler

## → Systèmes agricoles

(eau, carbone, azote > rendements agricoles)

- STICS

## → Aquifères (quantité / qualité)

- Marthe, Modcou/Newsam

# Principe de la méthode des perturbations

- On applique les modèles de circulation générale (MCG) sur la période actuelle
  - En choisissant une résolution spatiale et temporelle ad hoc
- Le CC simulé par les MCG sous différents scénarios pour une période future introduit une perturbation des variables climatiques par rapport à l'actuel
  - En particulier : différence de température et rapport de précipitations
- Cette perturbation est introduite dans des modèles de fonctionnement du milieu naturel (par exemple hydrologique) calés sur l'actuel
  - On compare alors les résultats obtenus pour ces modèles de fonctionnement en conditions actuelles et sous scénarios de CC

# Intérêt de la méthode des perturbations

Les simulations du CC par les MCG sont : quantifiées et spatialisées. Elles intègrent :

- En choisissant une résolution spatiale et temporelle ad hoc, les meilleures connaissances actuelles sur le système climatique
- Les scénarios « normalisés » (IPCC) d'émission de GES

Elles fournissent directement les variables météorologiques à introduire dans les modèles de fonctionnement

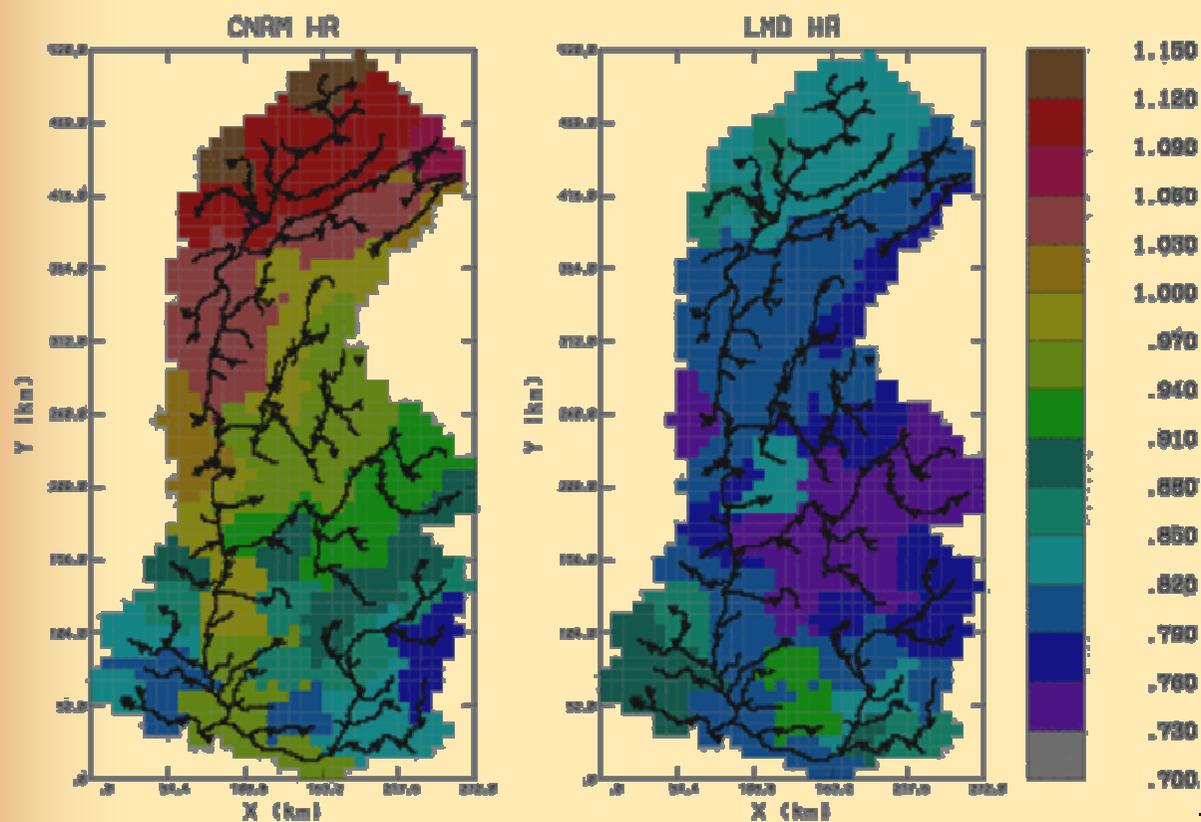
➤ La méthode des perturbations permet :

- De s'affranchit des biais introduits par les MCG en « application directe »
- De « désagréger » l'information à grande échelle (>100 km) des MCG dans les applications à petite échelle (<10 km) des modèles de fonctionnement

# Limites de la méthode des perturbations

Les incertitudes sont d'abord celles des MCG

→ D'où l'intérêt d'utiliser plusieurs MCG avec des résolutions et des scénarios différents



*Evolution relative  
des débits annuels du  
Rhône  
(CC vs présent)  
obtenus avec les  
modèles haute  
résolution  
CNRM et LMD*

# Limites de la méthode des perturbations

Les MCG ne prennent pas en compte une évolution des caractéristiques du milieu récepteur entre la période actuelle et la période du CC.

- Autrement dit : la perturbation n'affecte que les variables climatiques (forçage), pas celles du milieu sur lequel elles interviennent.
- Pour pallier cette limitation, il faut introduire des scénarios d'évolution du bassin versant (démographie, adaptation du milieu, modification de l'occupation des sols) **dans les modèles de fonctionnement**

# Le cas des poissons

Prédiction de la composition des communautés et de la richesse



Modélisation des occurrences spécifiques en fonction des facteurs environnementaux

Echelle régionale



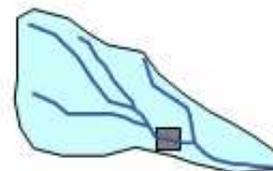
Echelle locale



**Bassins**



**Climat thermique**



**Position  
Intra-bassin**



**Morphologie**

Températures  
moyennes saisonnières

Superficie drainée

Pente locale  
du cours d'eau

# Résultats

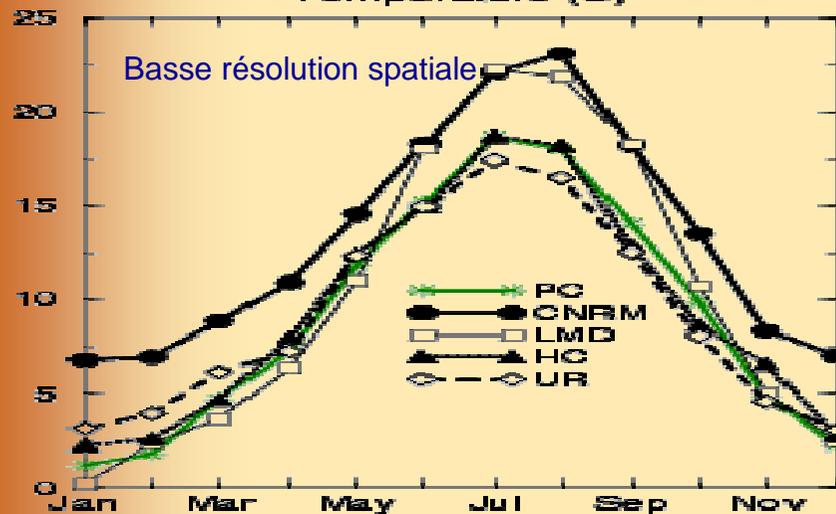
## Mise en garde

Les résultats présentés ici ont été obtenus dans le cadre de modélisations réalisées avec des hypothèses et des scénarios précis.

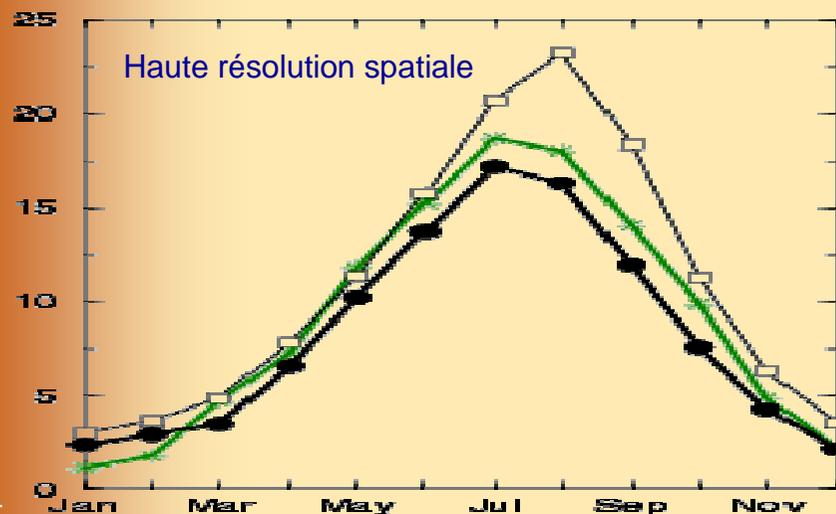
La variabilité dans le temps et dans l'espace des phénomènes étudiés est susceptible de les modifier profondément.

# Perturbation mensuelle de température

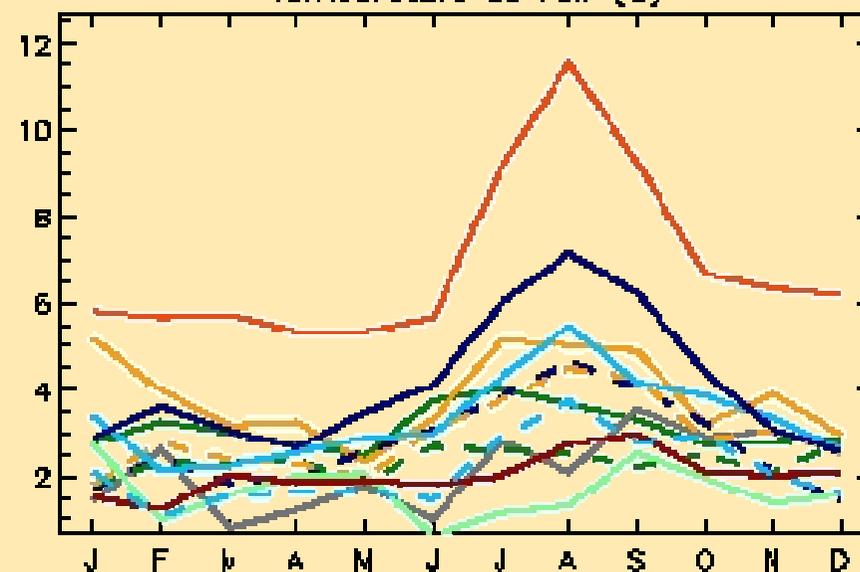
Température (C)



Haute résolution spatiale



Température de l'air (C)

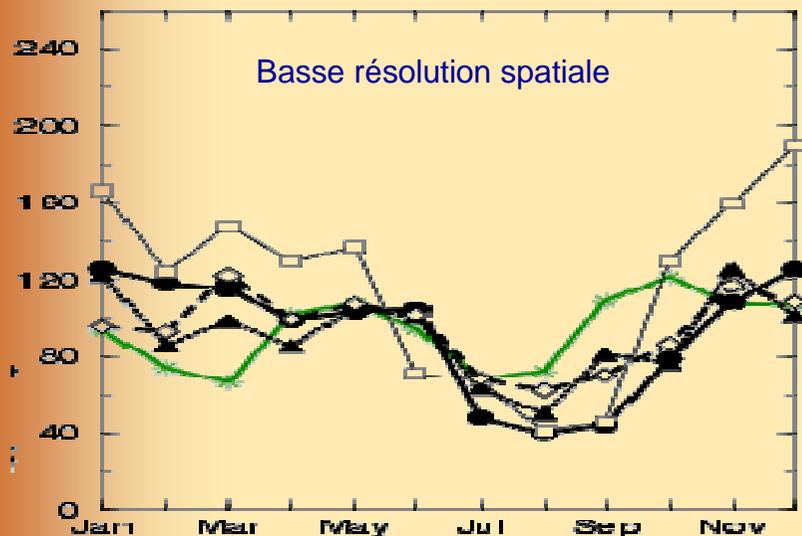


Seine (12 modèles MCG)  
Variation / actuel

Rhône (6 modèles MCG)  
Valeurs absolues  
actuel en vert

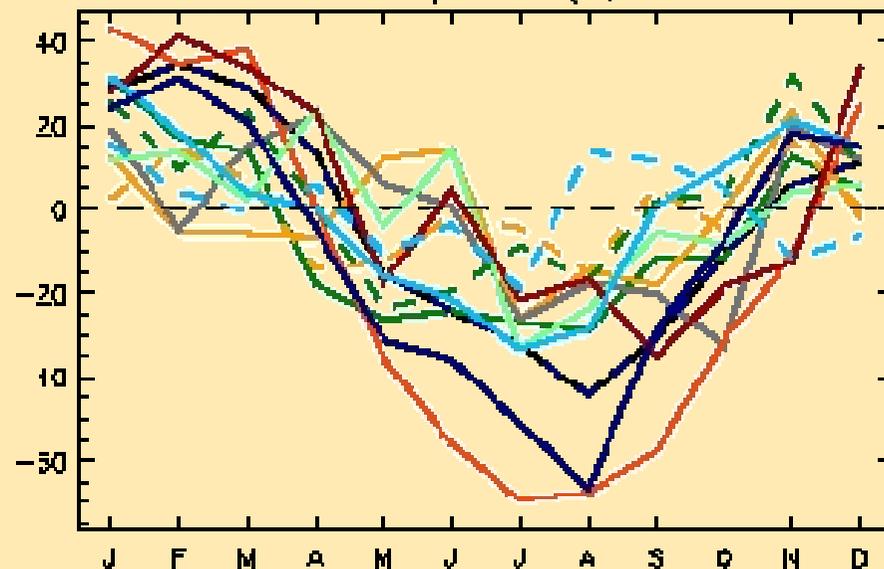
# Perturbation mensuelle des précipitations

Precipitation ( $\text{kg m}^{-2}$ )



Haute résolution spatiale

Précipitation (%)

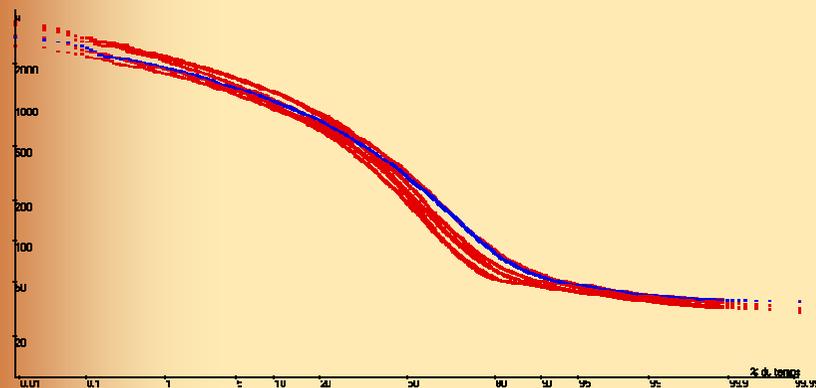


Seine (12 modèles MCG)  
Variation / actuel

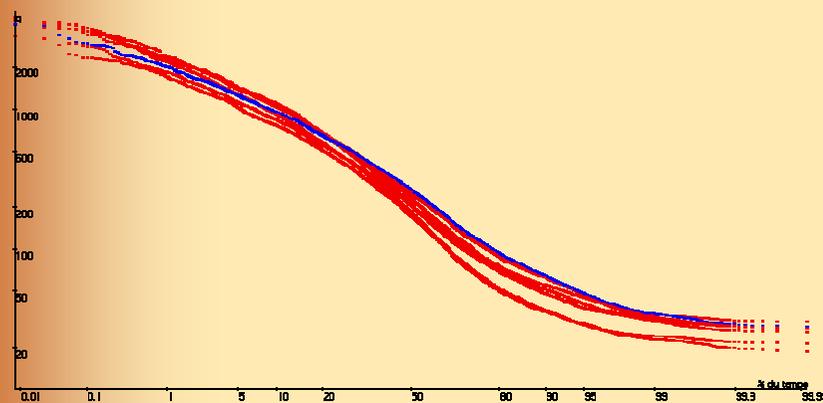
Rhône (6 modèles MCG)  
Valeurs absolues  
actuel en vert

# Régimes hydrologiques de plaine Saône - Seine

Débits classés

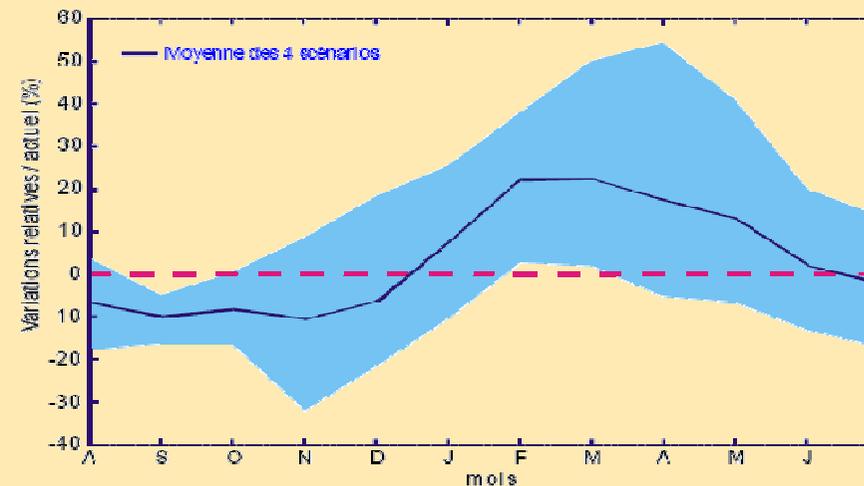
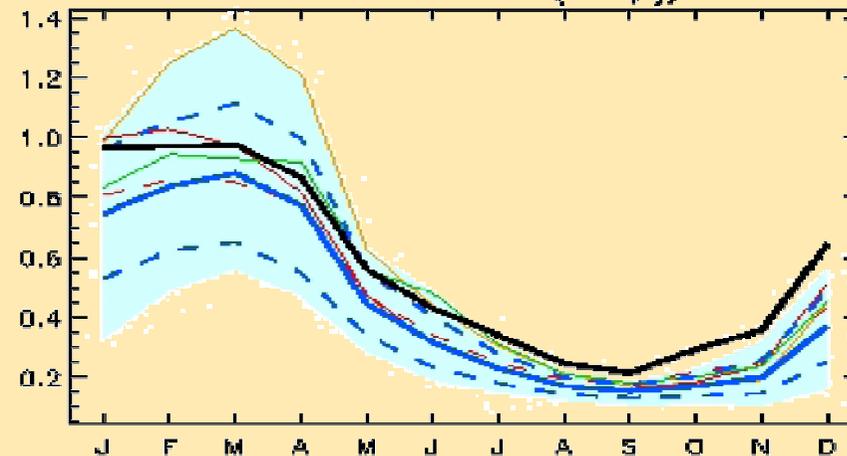


Débits classés



Débits classés de la Saône à Macon  
 ISBA et MODCOU

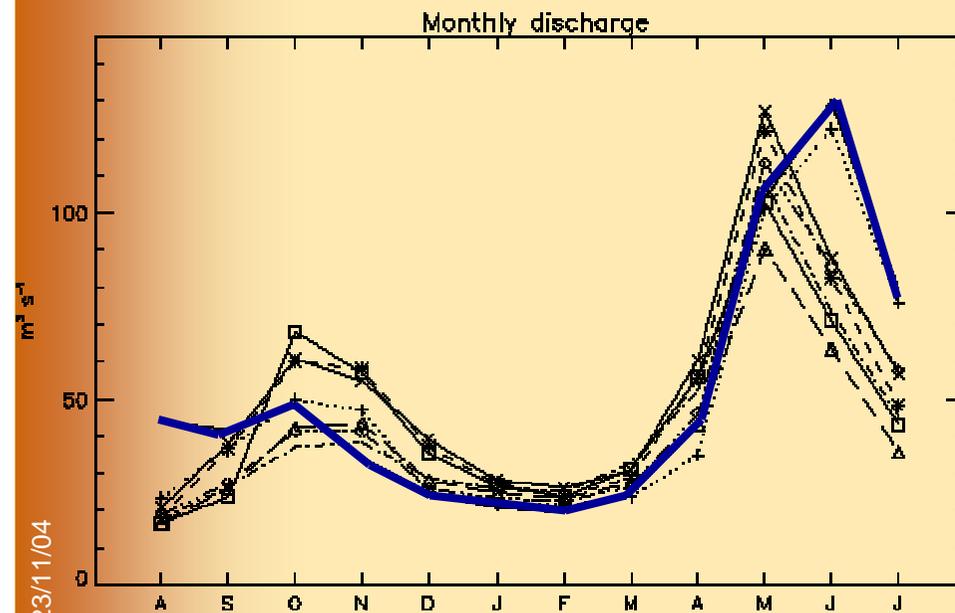
Ecoulement total (mm/j)



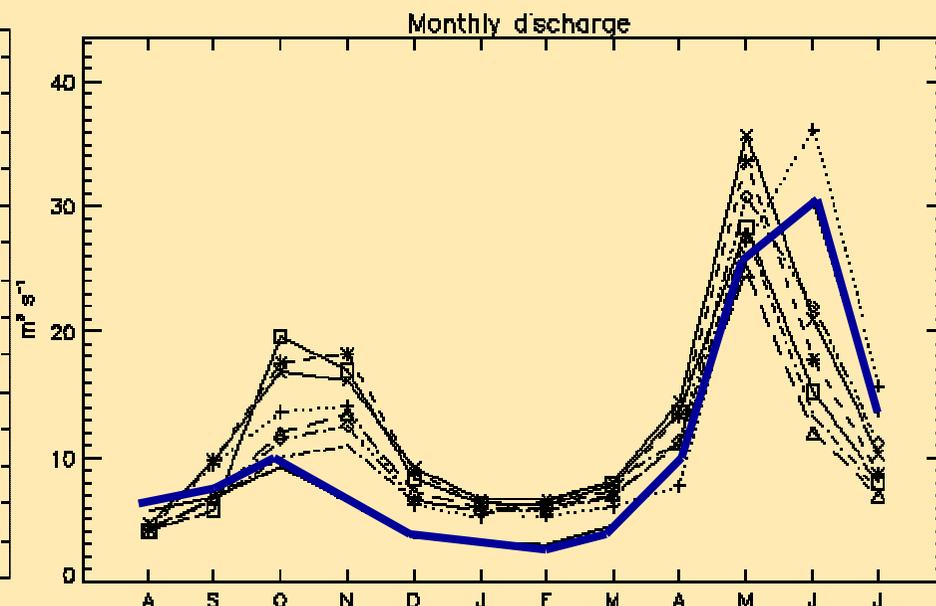
Débits de la Seine à Poses  
 Cab et MODCOU

# Régimes hydrologiques influencés par la neige

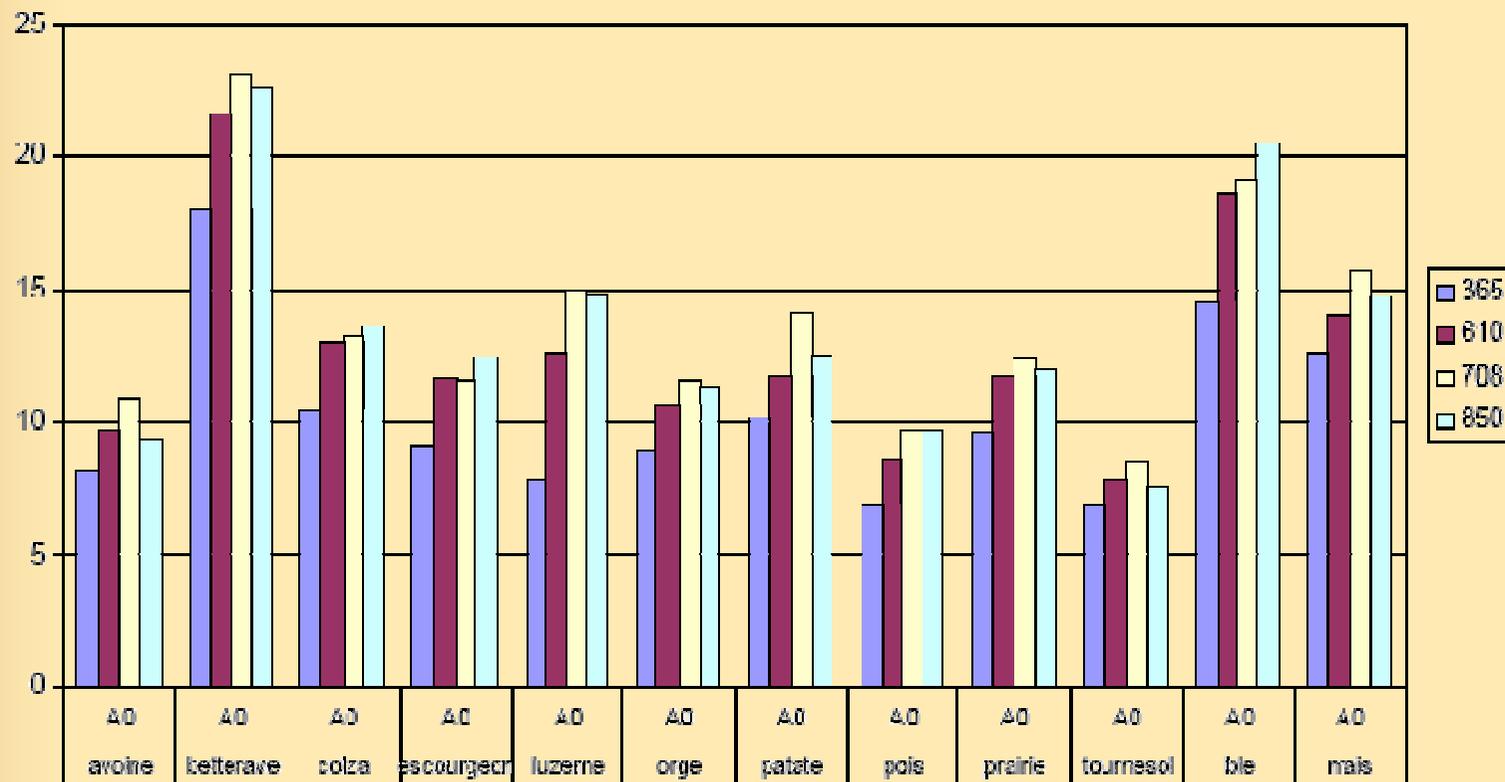
Durance at Laclapiere ( 2170 km<sup>2</sup>)



Ubaye at Barcelonnette ( 549 km<sup>2</sup>)



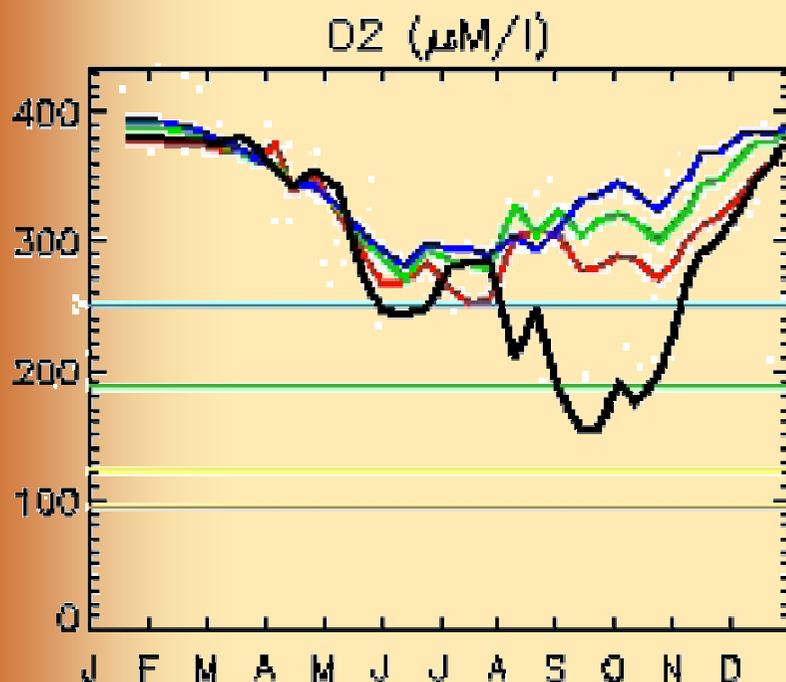
# Impacts agricoles (Seine)



Production de biomasse aérienne simulée par STICS  
 Pour différentes hypothèses de teneur en CO2 atmosphérique  
 (différents scénarios sur appliqués sous ARPEGE)

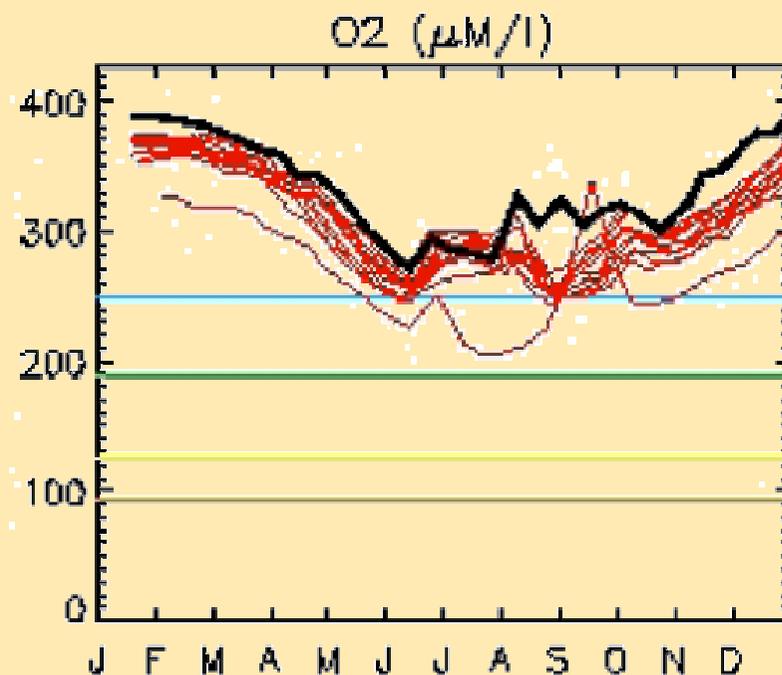
# Qualité des eaux

oxygène dissous (Seine à Poses)



Sans CC :

Effet des technologie de traitement des rejets (horizon 2100)



Avec CC :

Diminution de O<sub>2</sub> liée à l'augmentation de l'activité biologique (plus d'algues, donc plus de respiration)

# Truite: réduction

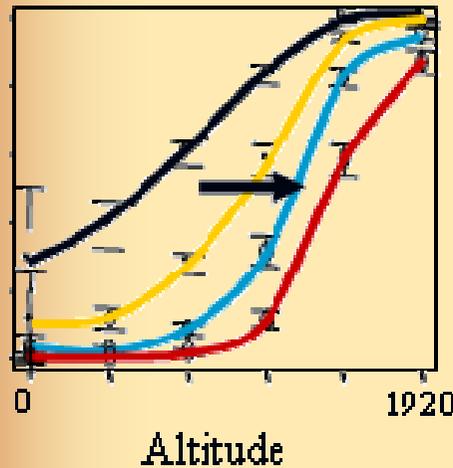


Simulation des impacts thermiques sur la distribution de l'habitat favorable des espèces...

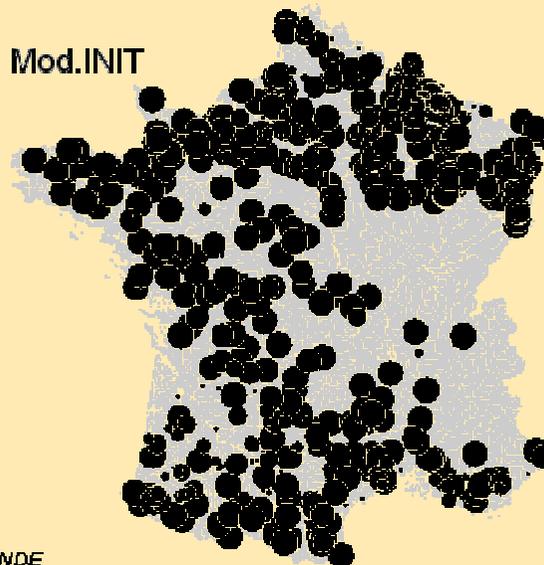
**Truite Fario**

**Truite (Salmo trutta)**

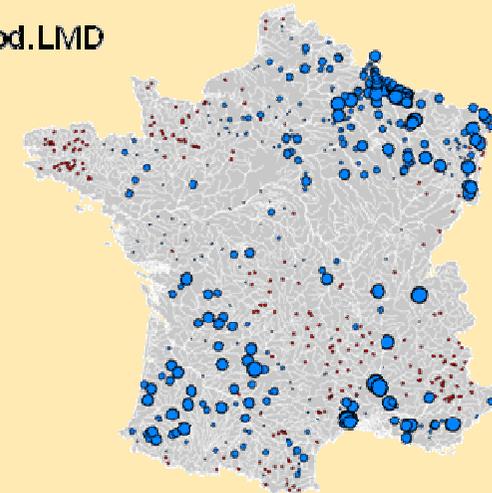
Probabilités d'occurrence



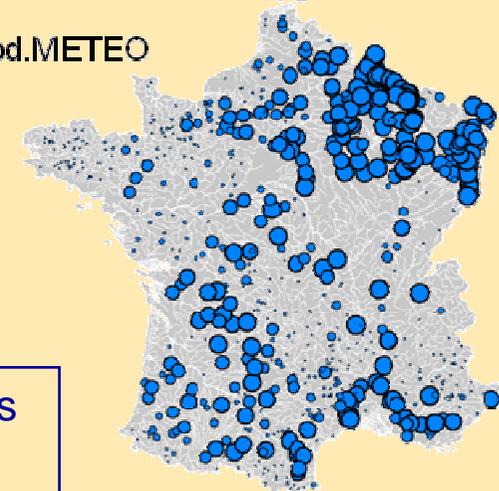
Mod.INIT



Mod.LMD



Mod.METEO



LEGENDE

- Scores [0 : 1] ○
- Probabilités d'Occurrence actuelles ●
- Anomalies Positives ●
- Anomalies Négatives ●

Espèces cryophiles  
(tête de bassin)  
comme le chabot, la  
loche, la lamproie

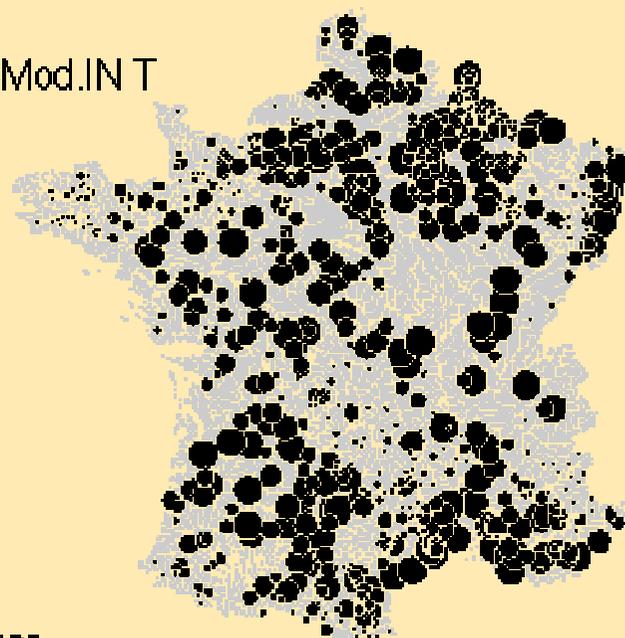
# Chevaine : augmentation

Simulation des impacts thermiques sur la distribution de l'habitat favorable des espèces...

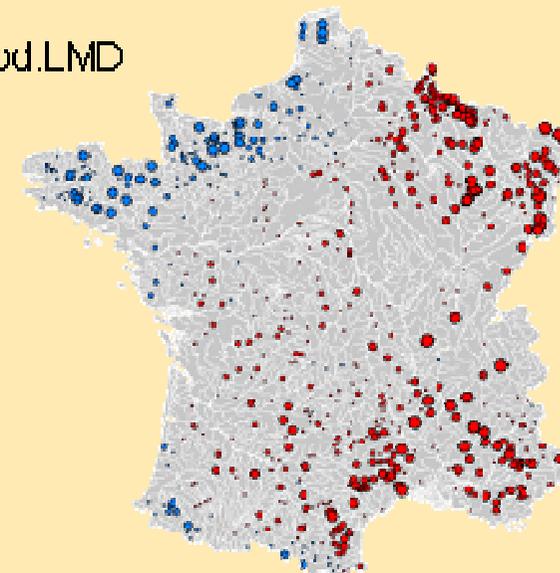
Espèces rhéophiles comme l'ablette, le barbot ou la perche (susceptibles de s'étendre vers les têtes de bassin et et concurrencer les espèces cryophiles)

Chevaine

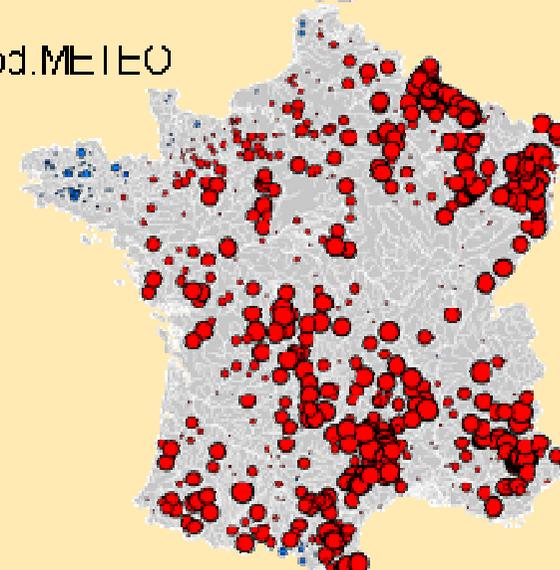
Mod. IN T



Mod. LMD



Mod. METEO



**LEGENDE**

- Scores [0 : 1] ○
- Probabilités d'Occurrence actuelles ●
- Anomalies Positives ●
- Anomalies Négatives ●

## En guise de conclusion

- Rhône : au-delà des résultats présentés sur les ressources en eaux, le projet a été pionnier dans le défrichage méthodologique ; il a en particulier développé une approche critique sur la représentation des incertitudes.
- Seine : l'apport notable de ce projet réside dans la prise en compte des facteurs d'anthropisation sur une région qui tout en couvrant 12% du territoire métropolitain, abrite 30% de la population et 40% du potentiel industriel.
- Biologie des cours d'eau et des zones riveraines : présentation ici de quelques points saillants, mais nombreux résultats spécifiques.



