

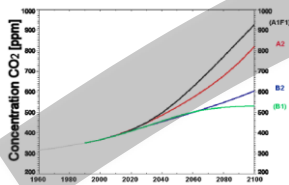
# PRENDRE EN COMPTE LES INCERTITUDES

**Guillaume EVIN<sup>a</sup>, Benoît HINGRAY<sup>b</sup>**

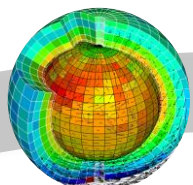
**INRAE<sup>a</sup>, CNRS<sup>b</sup>**

**Institut des Géosciences de l'Environnement (Grenoble)**

# UNE PROJECTION HYDROLOGIQUE

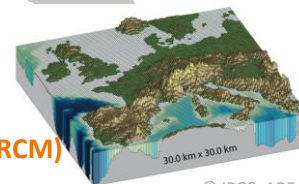


**Scénario d'émission  
Gaz à Effet de Serre  
et Aérosols**



© CEA/DSM 2008

**Modèle de  
Climat Global  
(GCM)**



© IPCC, AR5

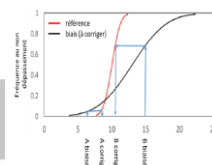
**Modèle de  
Climat Régional (RCM)**

**Modèle  
Hydrologique**



© Réseau québécois sur les eaux  
souterraines

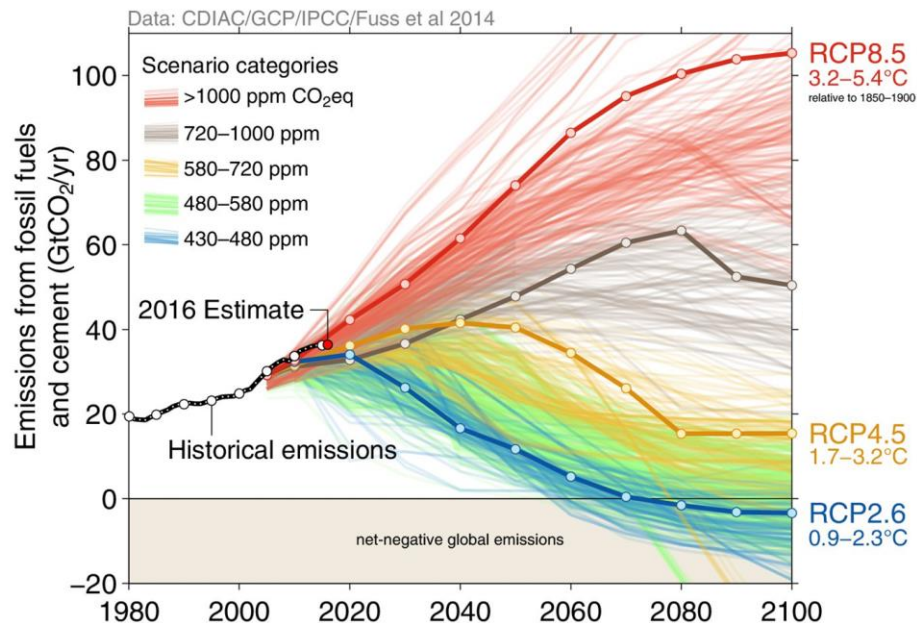
**Modèle  
d'ajustement des biais**



## LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

- **Les émissions futures**

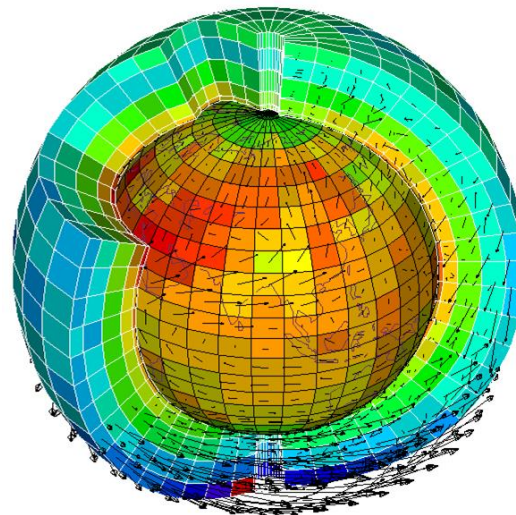
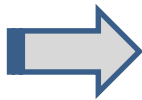
- > les émissions à venir sont inconnues et dépendent de nos choix futurs
- > pour les exercices CMIP > choix de scénarios d'émissions
- > les projections climatiques ne sont pas des prévisions



## LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

- **Les incertitudes de modélisation**

- > résultent des incertitudes scientifiques & techniques
- > **le système Terre > simplifié, des modèles imparfaits**

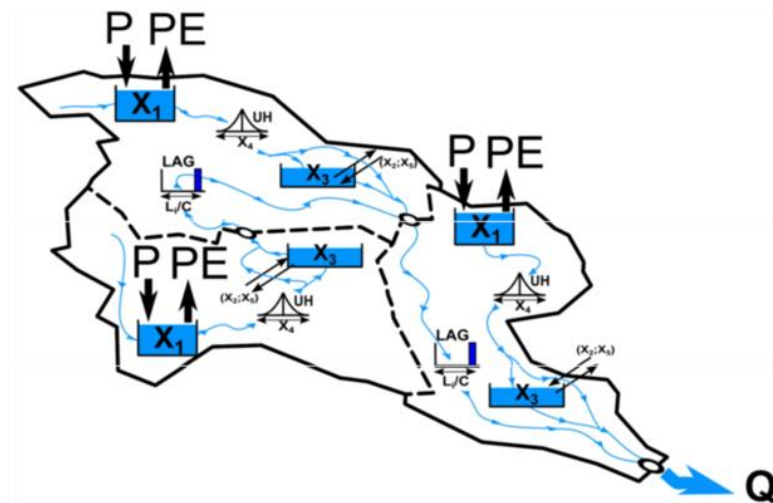
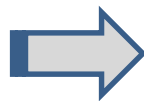
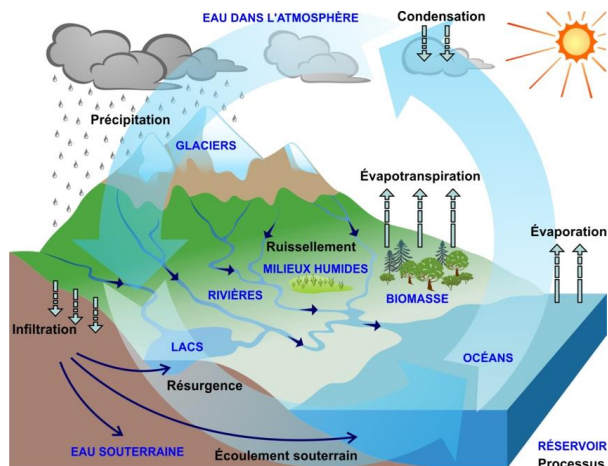


© CEA/DSM 2008

# LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

- Les incertitudes de modélisation

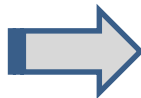
- > résultent des incertitudes scientifiques & techniques
- > le système Terre > simplifié, des modèles imparfaits
- > de même, représentation simplifiée du cycle hydrologique



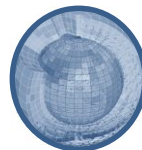
## LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

- **Les incertitudes de modélisation**

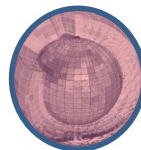
- > résultent des incertitudes scientifiques & techniques
- > des modèles imparfaits
- > **différents modèles simulent des futurs différents**



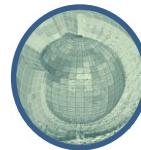
Modèle 1



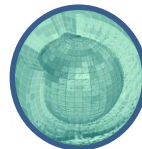
Modèle 2



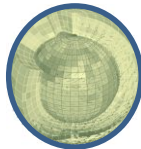
Modèle 3



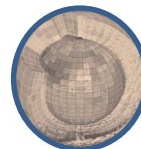
Modèle 4



Modèle ...



Modèle n



# LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

Précipitations  
annuelles  
moyennes

Modèle Climatique Régional

ALADIN RACMO HadREM SMHI CCLM4 CM4 HIRAM5 WRF381 REMO09 REMO15

Modèle Climatique Global



CNRM-CM5



EC-EARTH



IPSL-CM5A



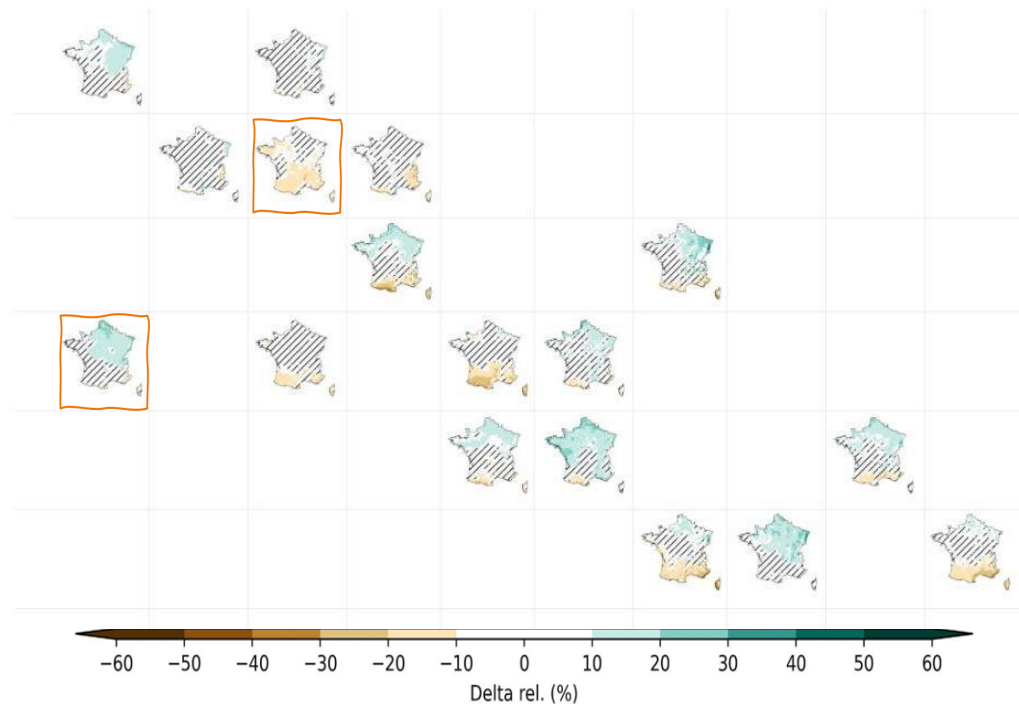
HadGEM2



MPI-ESM-LR



NorESM1-M

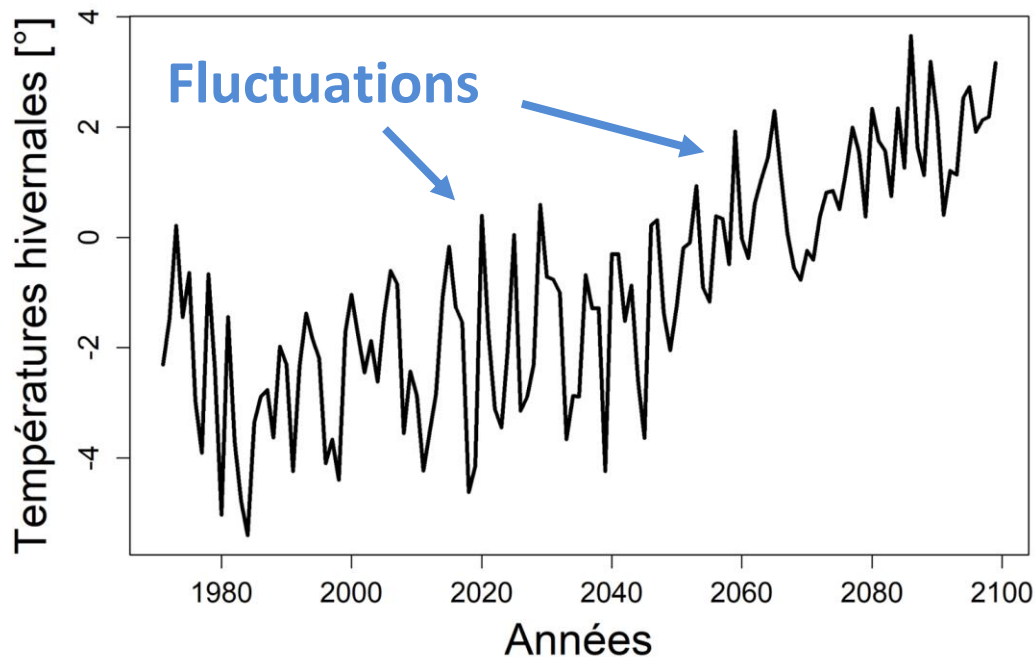




## LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

- La **variabilité interne du climat**

> **imprévisible**, ajoute du bruit aléatoire aux changements profonds

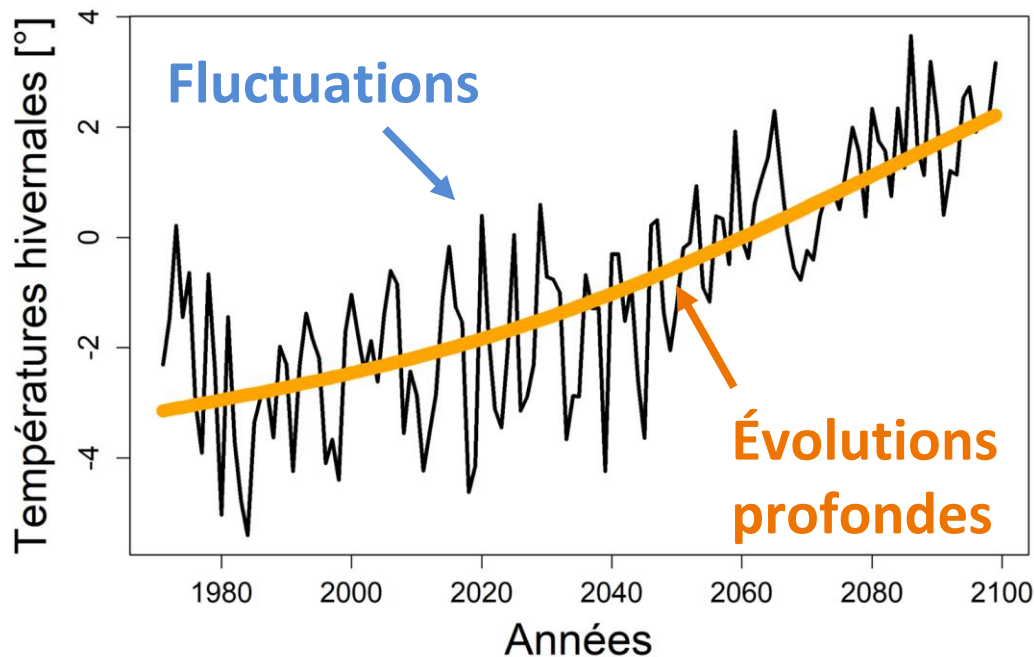




## LES TROIS SOURCES D'INCERTITUDES

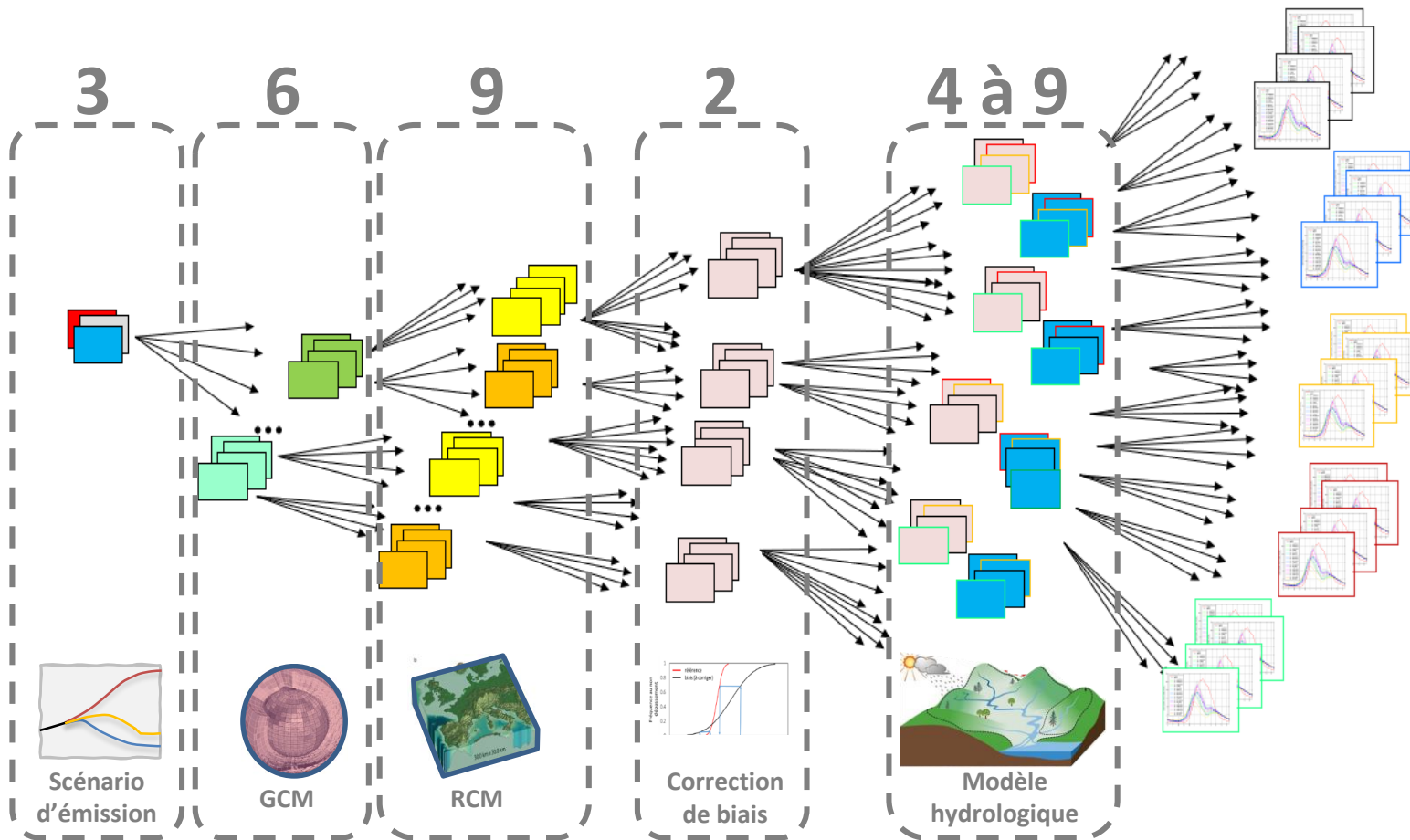
- **La variabilité interne du climat**

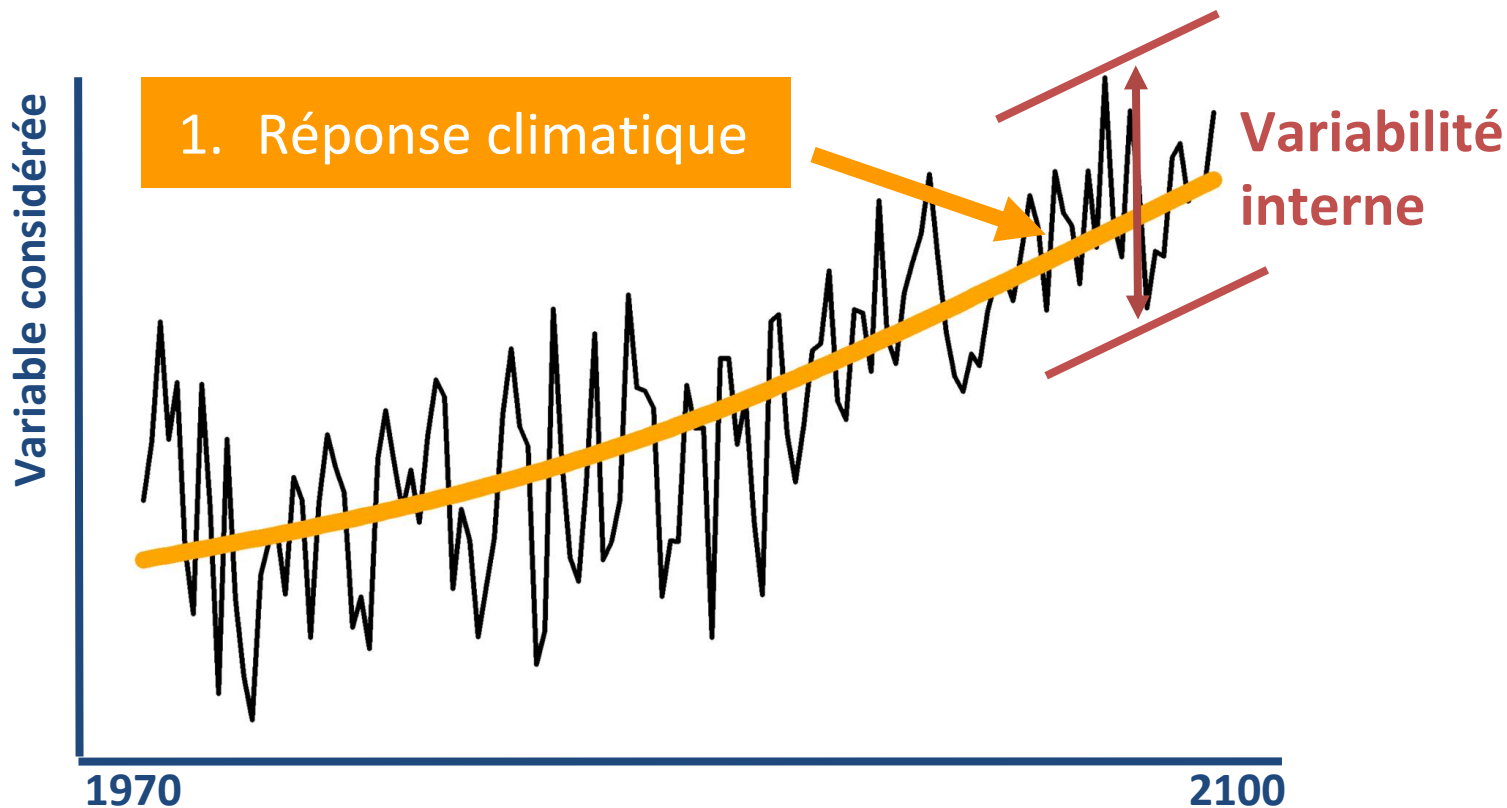
- > imprévisible, ajoute du bruit aléatoire aux changements profonds
- > **elle doit être distinguée des tendances à long terme** issues du changement climatique



# LA CASCADE D'INCERTITUDES

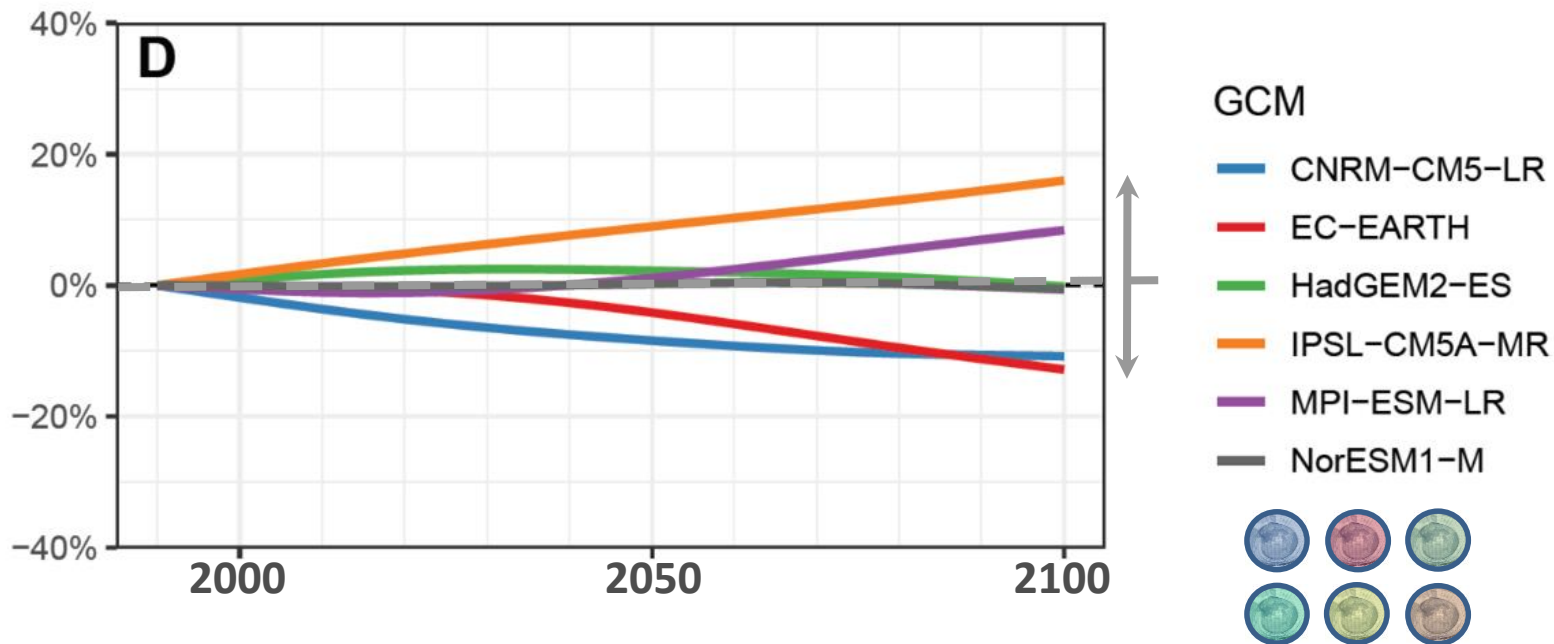
Des ensembles de projections  
multi-scénarios multi-modèles





## 2. Positionnement entre les réponses climatiques (effets)

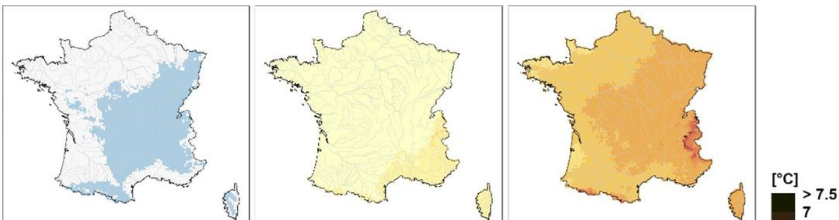
### Effets GCMs pour les précipitations hivernales du bassin Artois-Picardie



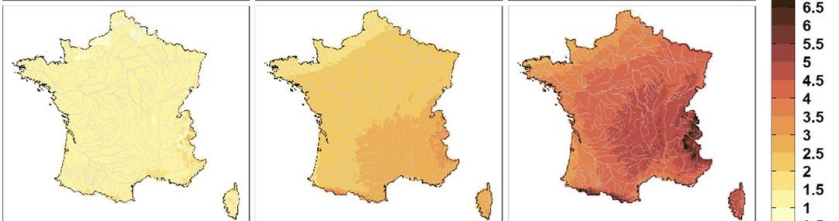
## Incertainitudes pour les températures estivales

Basses (Q05) Moyenne Hautes (Q95)

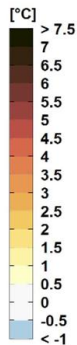
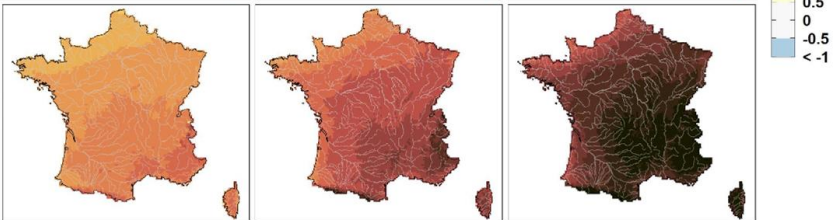
RCP2.6



RCP4.5

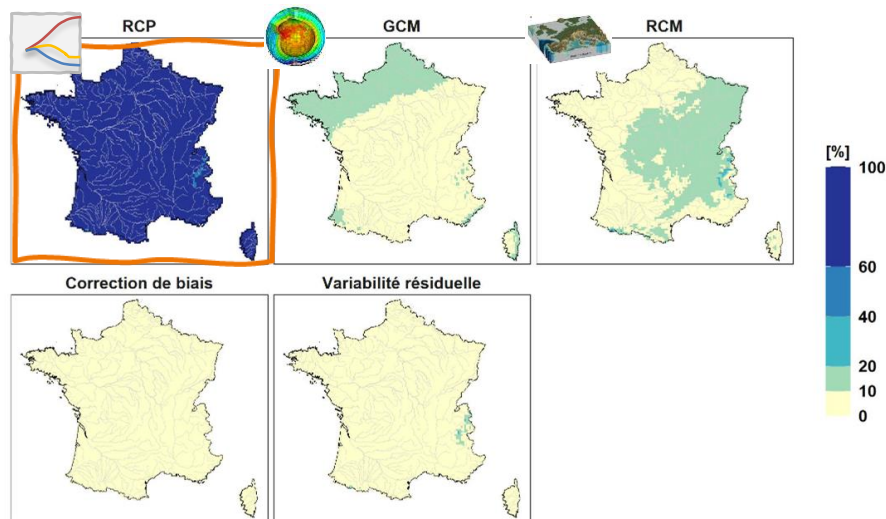


RCP8.5



← dispersion inter – modèles →

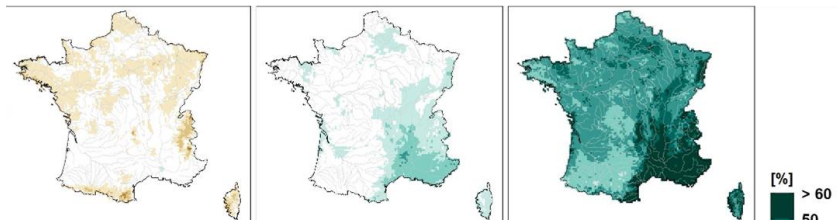
## Contribution des différentes sources d'incertitude



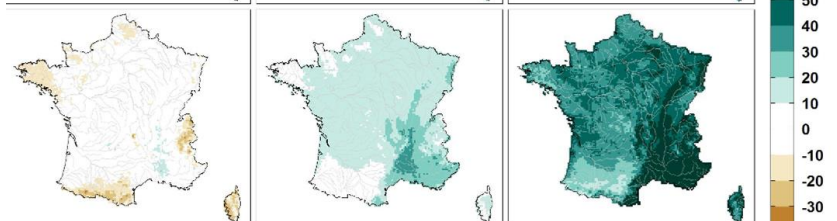
## Incertainitudes pour les précipitations hivernales

Basses (Q05) Moyenne Hautes (Q95)

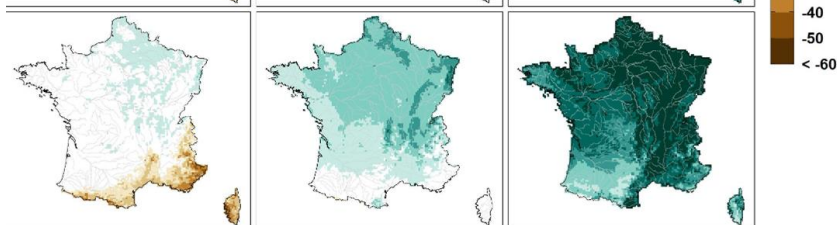
RCP2.6



RCP4.5

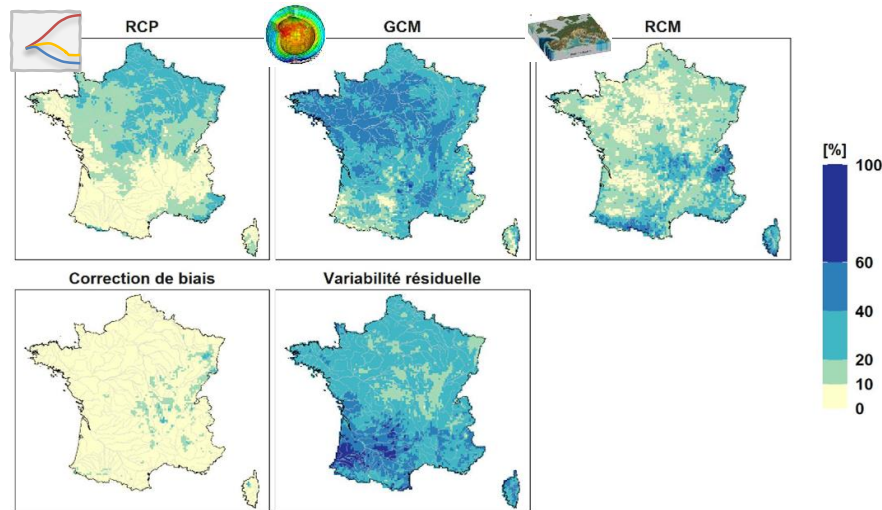


RCP8.5



← dispersion inter – modèles →

Contribution des différentes sources d'incertitude





Réchauffement plus important en été [ $+3.5^{\circ}\text{C}$ ,  $+6^{\circ}\text{C}$ ] qu'en hiver [ $+2.5^{\circ}\text{C}$ ,  $+4.5^{\circ}\text{C}$ ]



Diminutions très importantes en-dessous de 2000 m



Hausse projetée de l'ET0 en été et en hiver [ $+10\%$ ,  $+30\%$ ]



Tendance nette à la baisse pour le QMNA, surtout dans le sud de la France [ $-30\%$ ,  $-60\%$ ]





Baisse en été [-10%, -40%] sur la majeure partie de la France et hausse en hiver dans le nord de la France [+20%, +30%]



**Débit annuel** : tendances peu nettes, légères hausses projetées dans le Nord et légères baisses dans le Sud



**Débit journalier maximal annuel** : De même, faible consensus, légères hausses projetées dans le nord

## Les ensembles de projection : une source d'information précieuse pour se projeter

### Communiquer, expliquer les incertitudes

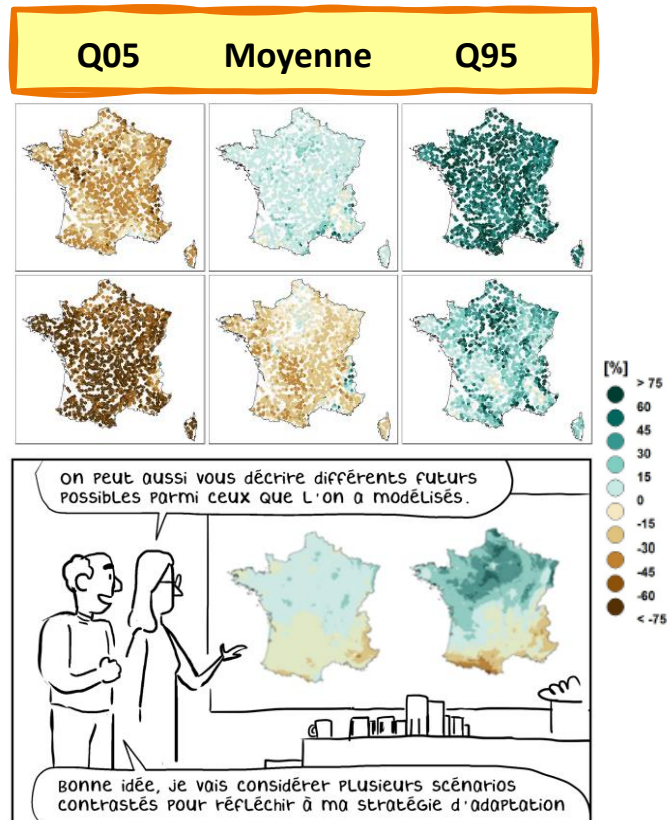
- la socio-économique (qui nous échappe)
- l'épistémique (sur les modèles)
- la variabilité interne (irréductible)

### Prendre en compte les incertitudes

- considérer le degré d'accord entre les modèles
- l'évolution de certaines variables est très incertaine
- pour d'autres, intensité incertaine mais très forte confiance sur le signe des changements

### Considérer différents futurs possibles

- fuir l'approche « scénario moyen »
- approches plurielles, contrastées : les narratifs Explore2



**MOOC**  
ouvert depuis le **17 juin 2024**  
[e-learning.oieau.fr](https://e-learning.oieau.fr)

DÉCOUVREZ LE TRAJET DU MOOC

Des incertitudes dans les projections  
Sources – estimation – incertitudes réelles

EXPLORE2  
Des futurs de l'eau

INRAE OIEau INRAE brgm PSL HSM EDF S L'ÉCOLE NATIONALE D'ÉTUDES SUPERIEURES DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ACTEON

**EXPLORE2**  
Des futurs de l'eau

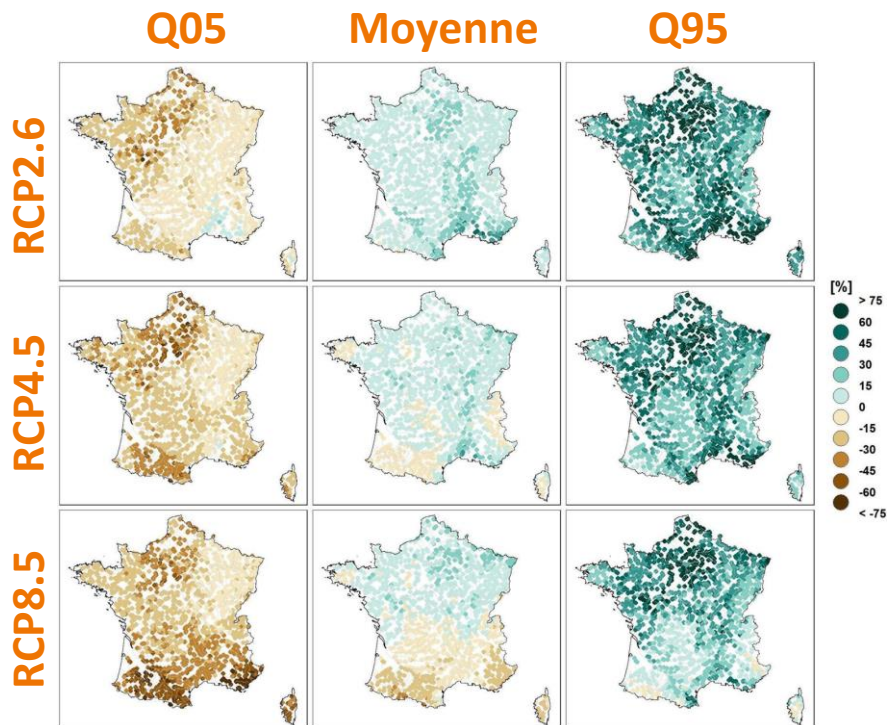
**ENSEMBLE DE PROJECTIONS EXPLORE2 :  
CHANGEMENTS MOYENS ET INCERTITUDES  
ASSOCIÉES**  
Guillaume EVIN, INRAE-IGE  
Benoît HINGRAY, CNRS-IGE  
Alix REVERDY, CNRS-IPSL  
Agnès DUCHARNE, CNRS-IPSL  
Eric SAUQUET, INRAE  
07/06/2024

Avec le soutien financier de :

INRAE OIEau IPSL IGE CEA METEO FRANCE HSM EDF PSL ACTEON MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE OFB

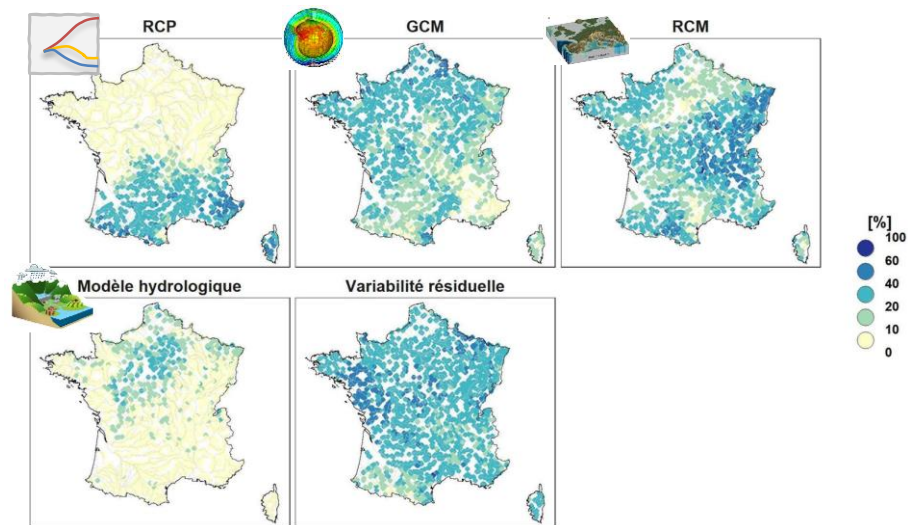


## Incertitudes pour les débits annuels moyens

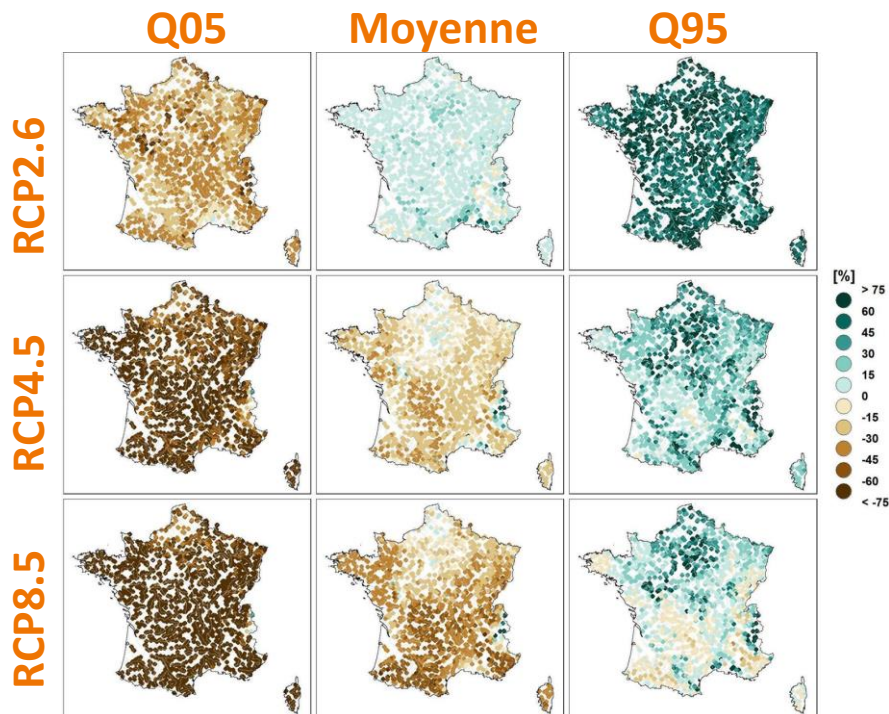


← dispersion inter – modèles →

## Contribution des différentes sources d'incertitude

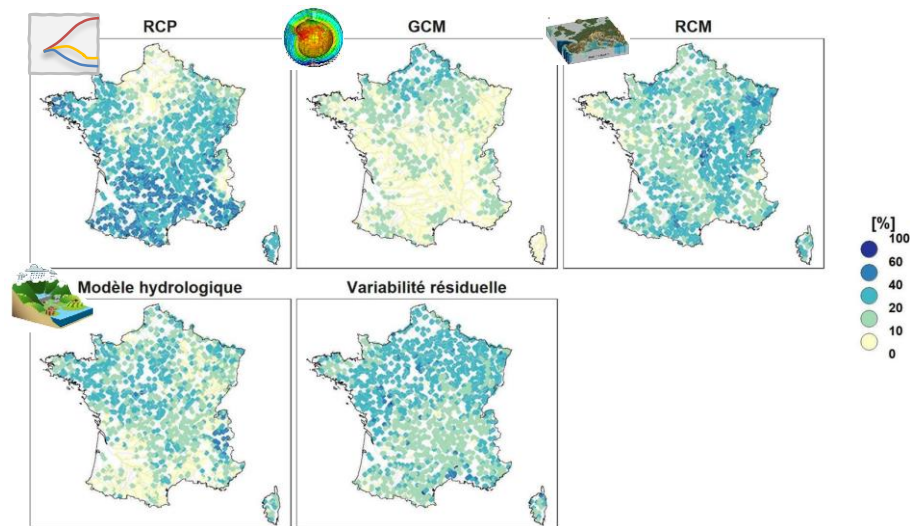


## Incertitudes pour les débits minimums



← dispersion inter – modèles →

## Contribution des différentes sources d'incertitude





## QUE PEUT ON EN FAIRE ?

Une pression pour fournir des projections sous la forme d'un risque mesurable

Une lecture statistique ? ... piège !

- conditionnelle à l'ensemble (scénarios, modèles)
- les modèles climatiques évoluent en permanence
- projections différentes pour des ensembles successifs

Connaissances imparfaites, manquantes

- occulte le risque de surprises climatiques
- ne résiste pas aux actualisations, au futur vécu
- donne une illusion de certitude

Risquée pour l'adaptation

- enfermer dans des futurs prochainement caduques
- négliger des futurs contrastés mais plausibles
- réduire les capacités d'adaptation



Q05	Moyenne	Q95
-----	---------	-----

