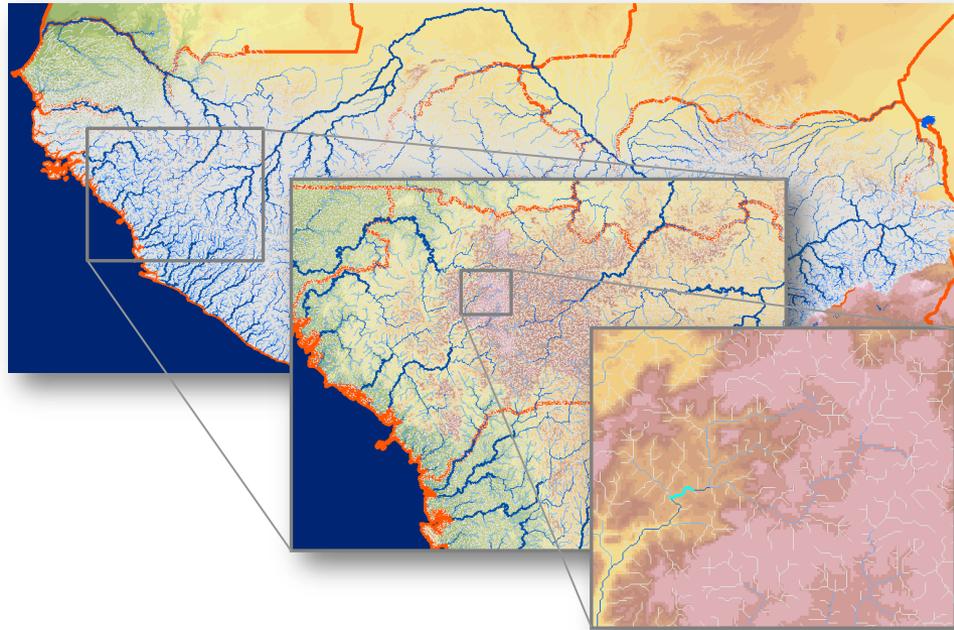


# Cartographie des ressources hydroélectriques via le GIS pour la région de la CEDEAO

## Session 4 : Prévision en matière de changement climatique



**Formation, Dakar, Sénégal , juillet 2016**

**Formateur : Harald Kling**

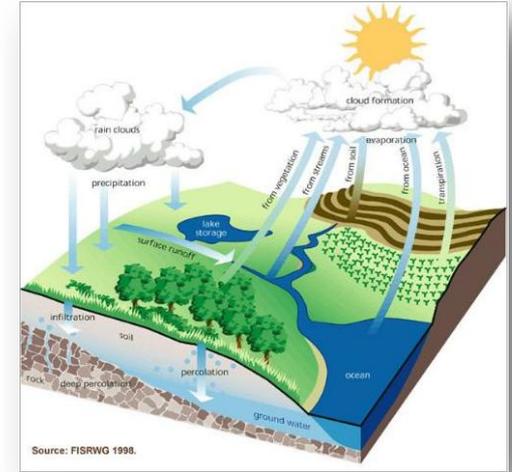
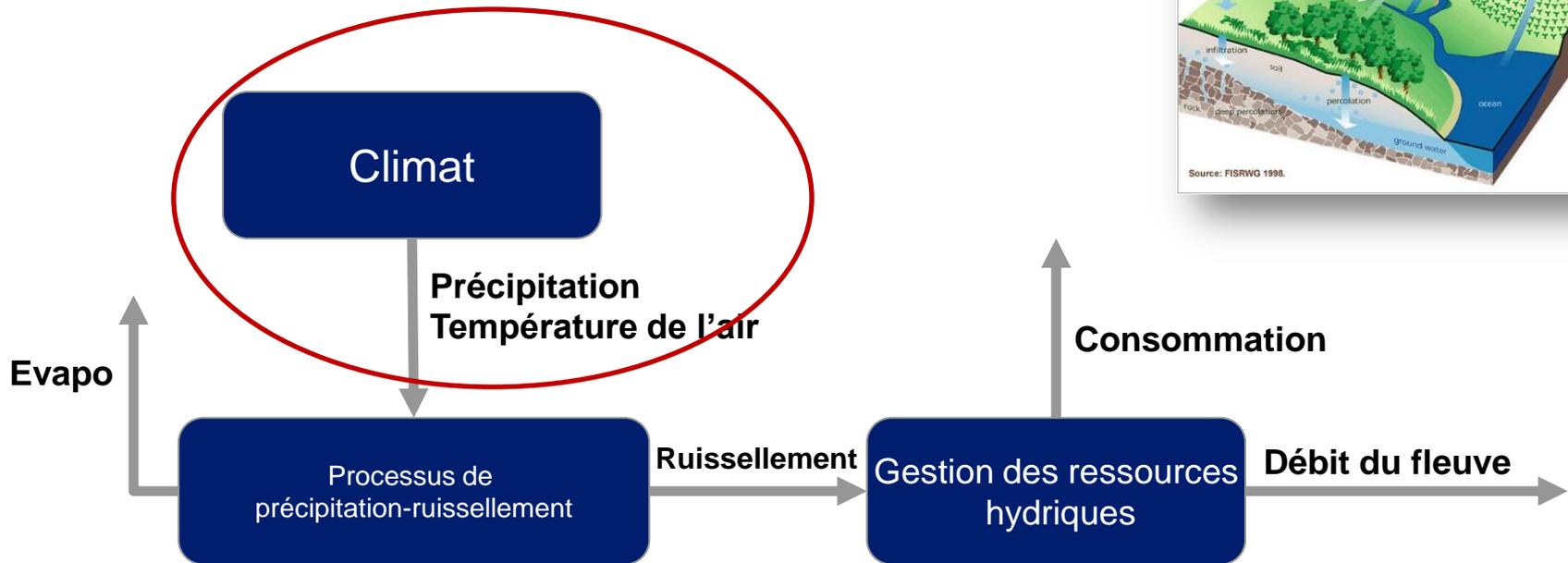
**Pöyry, Hydro Consulting, Hydroélectricité, Autriche**

Financé par



# Théorie du bilan hydrique

## Principaux facteurs de la disponibilité de l'eau

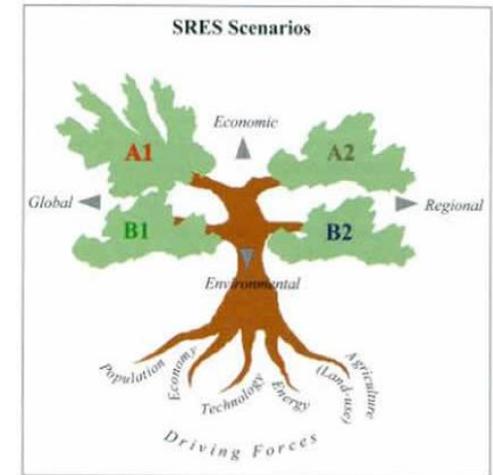
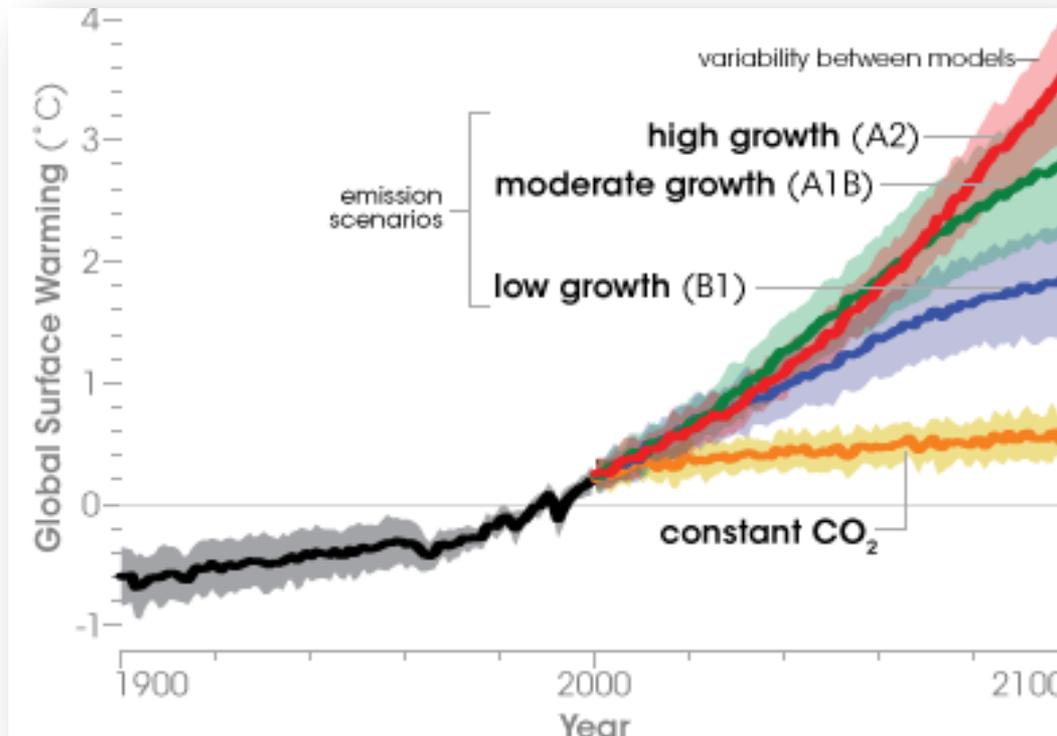


**Quelles sont les projections en matière de changement climatique pour les bassins de l'Afrique de l'Ouest ?**

- Température future de l'air prévue ?
- Précipitation future prévue ?
- Incidences sur le débit et l'hydroélectricité ?

# Scénarios d'émission du GIEC

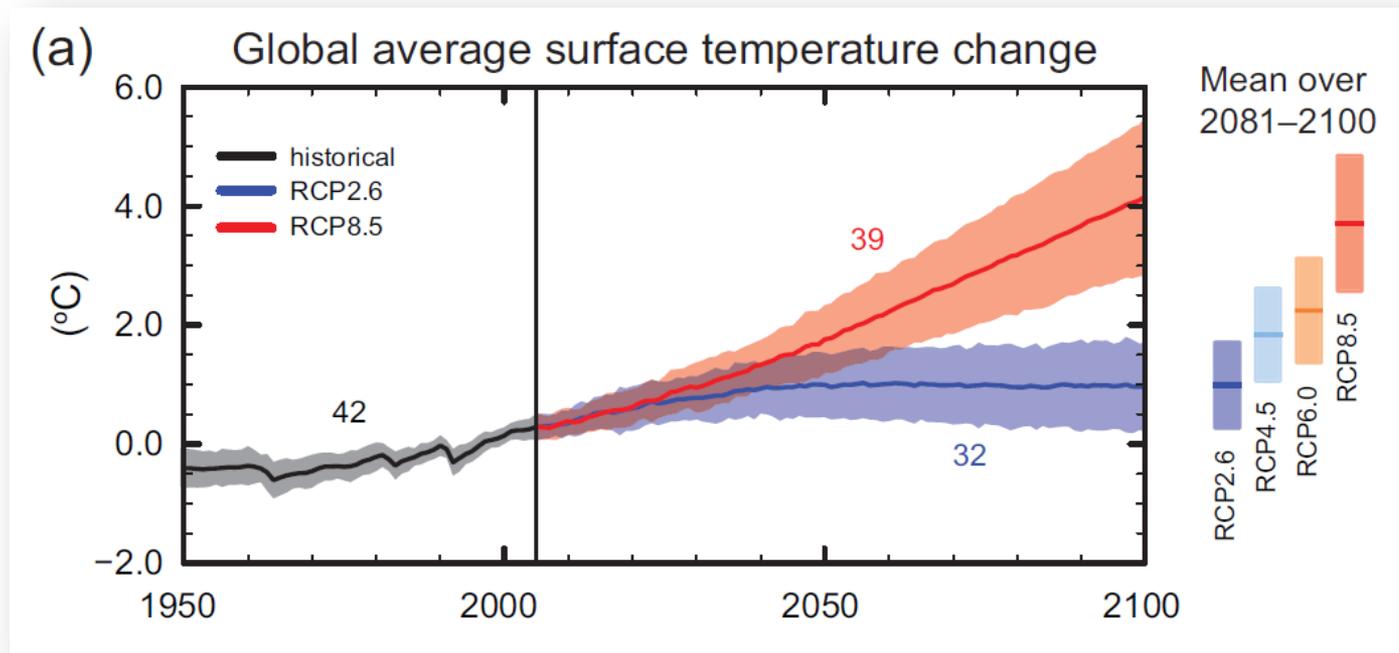
4<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation (2007) :  
Scenarios SRES



# Scénarios d'émission du GIEC

Cinquième rapport d'évaluation (2013) :

Cheminement/profiles de concentration représentatif

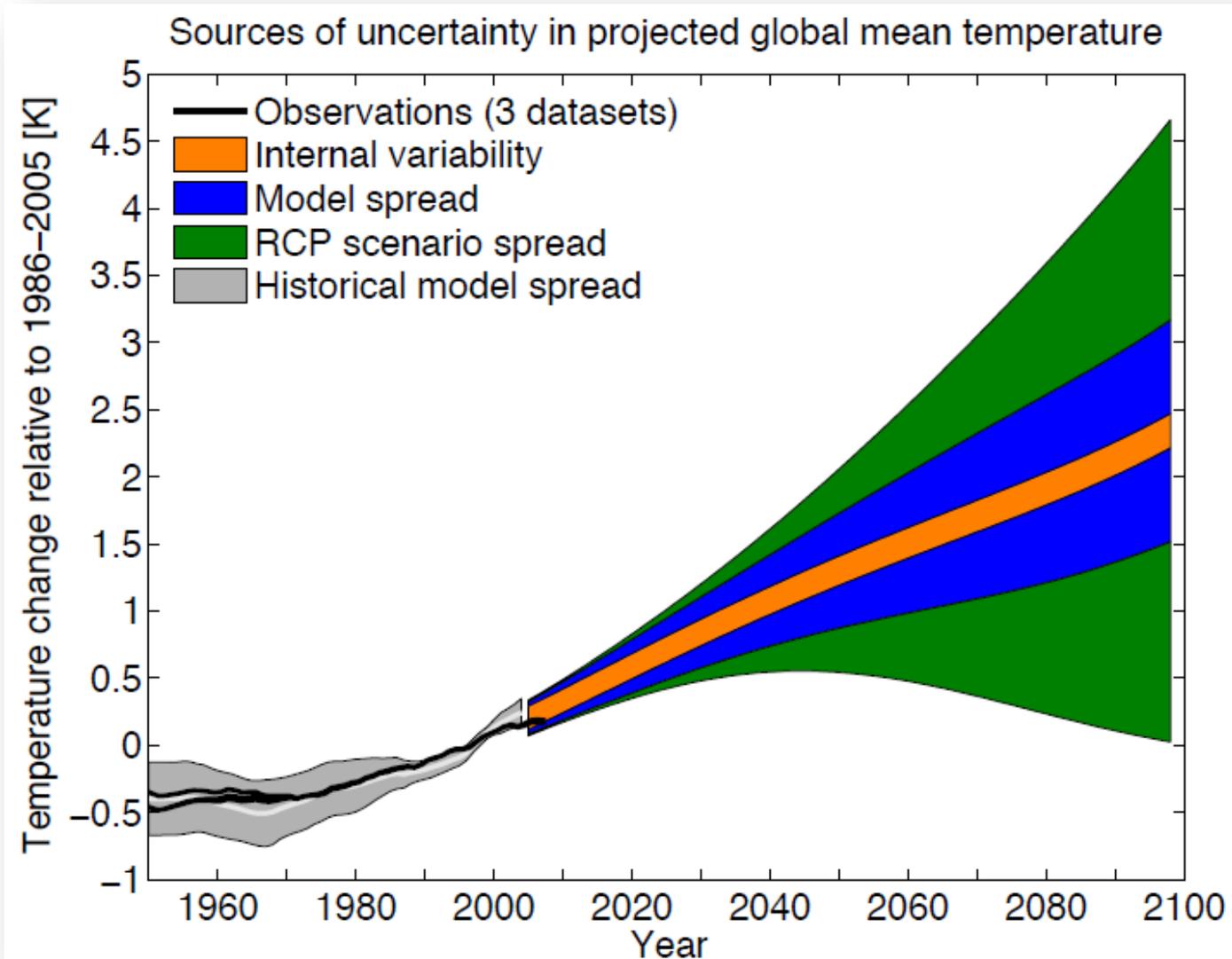


RCP2.6 : Très faibles émissions (peu réaliste)

RCP4.5 & RCP6.0 : Scénarios de stabilisation (optimiste)

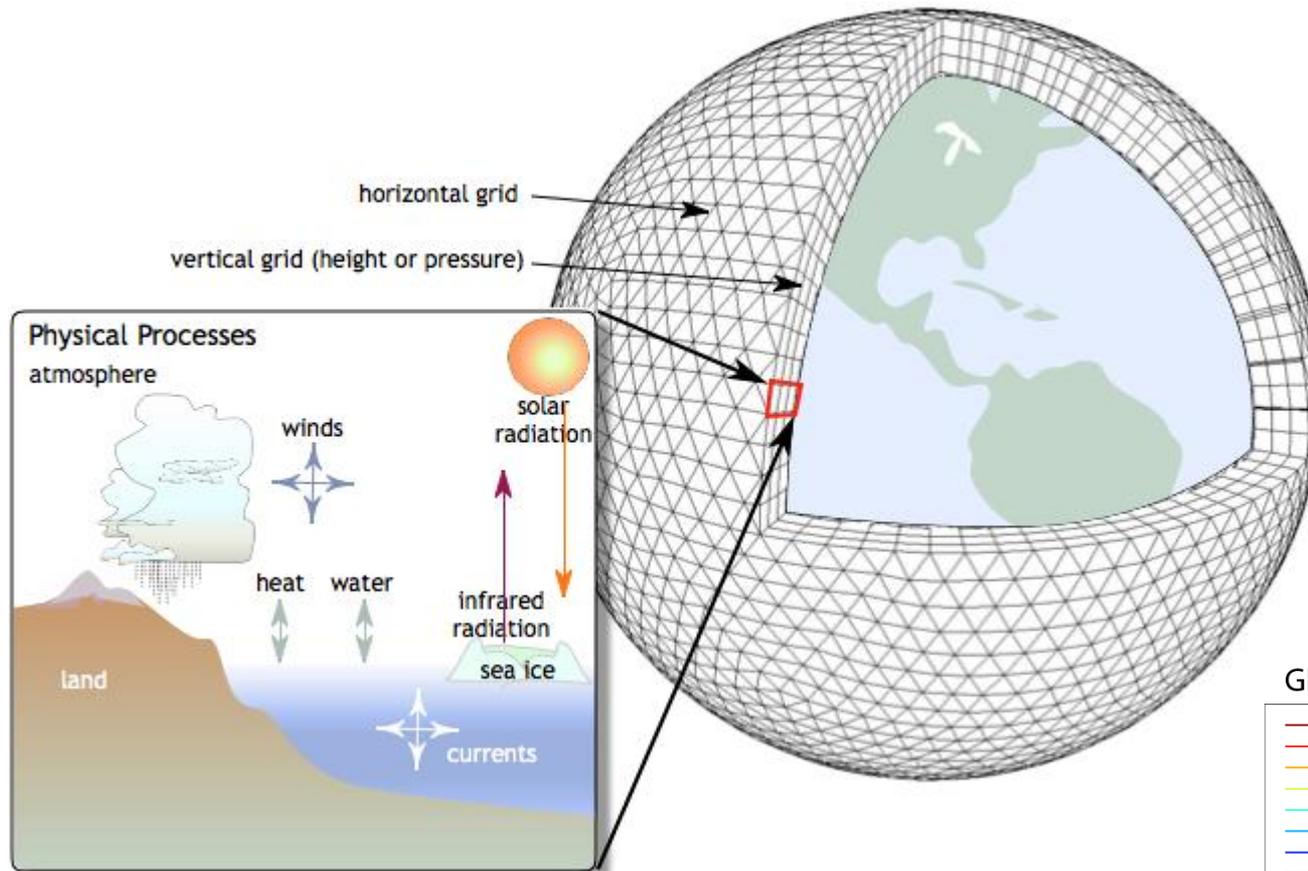
RCP8.5 : Très fortes émissions

# Sources d'incertitude dans les prévisions climatiques



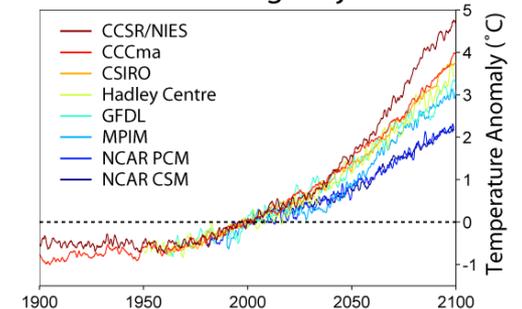
# GCM

## Modèles générale de circulation (ou modèles de climats du globe)



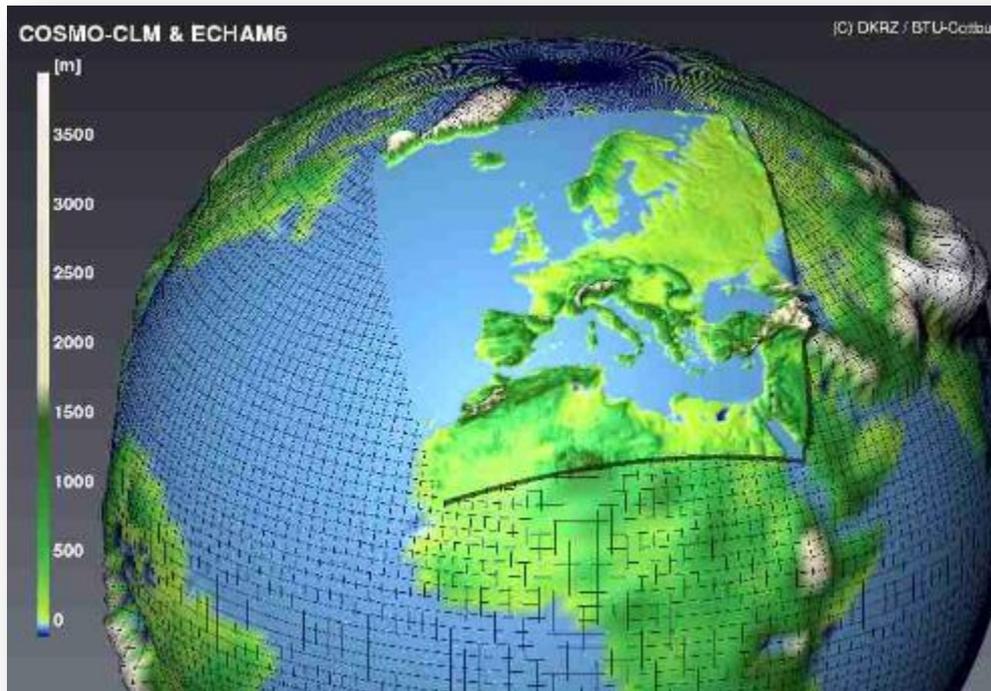
- Modèle de climat du globe
- Faible pouvoir de résolution par exemple 200 x 200 km
- Circulation océanique

Global Warming Projections



# MCR

## Modèles climatiques régionaux



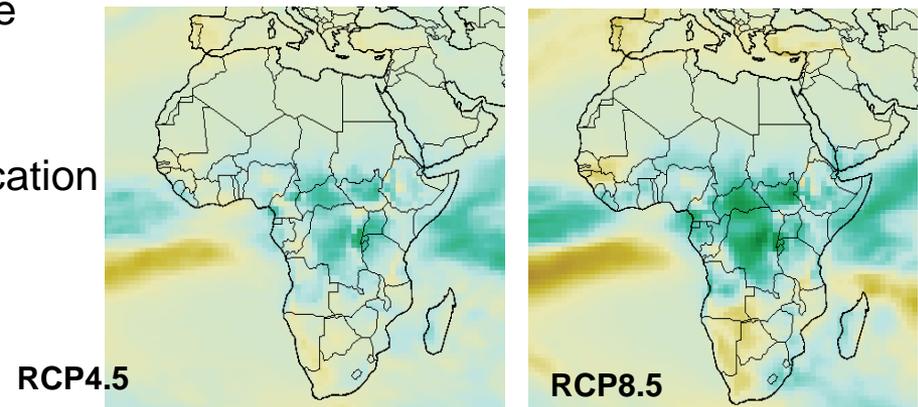
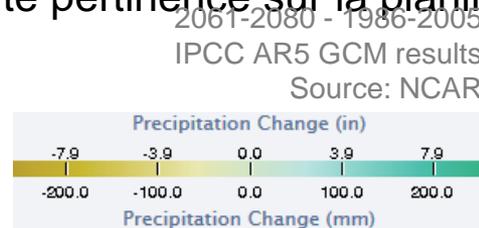
- Régional (zone limitée)
- Haute résolution  
exemple : 25 x 25 km
- Similaire au modèle de  
prévision  
météorologique
- Imbriqué dans le GCM

# Changement climatique et développement de l'hydroélectricité

## Le développement de l'hydroélectricité requiert une perspective sur le long terme

- Développement de l'hydroélectricité :
  - Investissement à long terme dans l'infrastructure
  - Plusieurs décennies de cycle de vie
- Une nette hausse de la température prévue dans quelques décennies
- Prévisions en matière de précipitation assorties d'incertitudes plus grandes
- Même les tendances sur le long terme

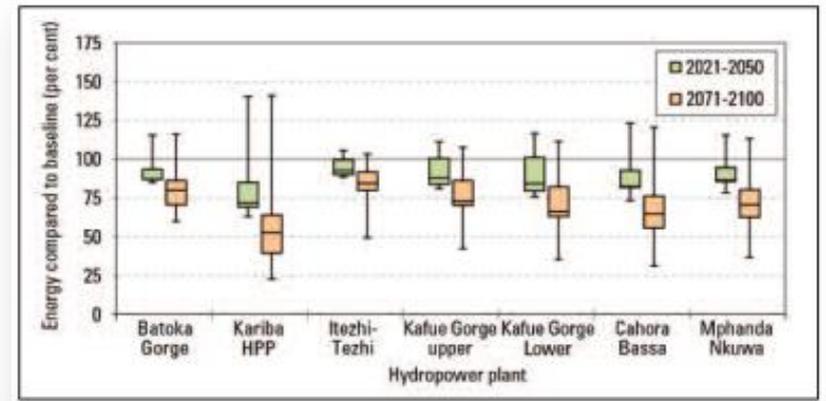
(deuxième moitié du siècle)  
ont une forte pertinence sur la planification



# Incidence sur l'hydroélectricité

Attention croissante accordée à la question dans le domaine de la science et de l'ingénierie

- Préoccupation croissante relative aux incidences possibles du changement climatique sur la production hydroélectrique en Afrique
- Baisse de la production future attendue en Afrique australe (Zambèze)



## WATER STORAGE AND HYDROPOWER DEVELOPMENT FOR AFRICA

Supplement to: The International Journal on Hydropower & Dams • ISSN 1352-2523

2. **Water storage and hydropower development in Africa (Foreword)** - A. Bartle, Publisher, Aqua~Media International Ltd
3. **Working together for effective progress in water resources and hydropower development in Africa** - A. Nombre, President, ICOLD
5. **African Union initiatives for Africa's energy sector** - Dr Elham Ibrahim, Commissioner, African Union Commission

### Regional perspectives, hydro potential and planning, and climate change



10. **Impacts of climate change on water resources and hydro production at Inga Falls**  
B. Hamududu and Å. Killingtveit
15. **Modelling climate change impacts on hydropower in East Africa**  
E. Jjunju and Å. Killingtveit
23. **Future hydro generation in the Zambezi basin under the latest IPCC climate change predictions**  
H. Kling, M. Fuchs and P. Stanzel

# Impact et adaptation

## Prise de conscience accrue des investisseurs

- Nouvelle orientation des institutions financières :
  - Évaluation du risque climatique
  - Gestion de l'incertitude climatique
  - Adaptation aux effets de changement climatique

### MANAGING UNCERTAINTY IN HYDROPOWER AND WATER PROJECTS

10:00-17:00, Monday June 22, 2015

The **World Bank** | Building, 1850 | Street, NW, Washington, DC

Room I2-220

The World Bank disburses billions of dollars annually in long-term projects. Yet deep uncertainties, such as climate change, oil prices, and epidemics, to mention a few, pose formidable challenges to making near-term decisions that make long-term sense.

**Hydropower investments are particularly sensitive to changes in climate and socio-economic conditions.** The directions paper for the World Bank Group's energy sector mentions the WBG's firm commitment to the responsible development of hydropower projects, especially in regions like Sub-Saharan Africa and South Asia, where significant potential remains to be tapped. For many countries, hydropower represents the largest source of affordable renewable energy. The WBG engages in hydropower projects of all sizes and types-run of the river, pumped storage, and reservoirs - including off-grid projects meeting decentralized rural needs. In many cases reservoir projects will be multipurpose, incorporating integrated water resource management. But, **one of the essential values of hydropower infrastructure investment, its long life, can make it vulnerable to future, uncertain changes in climate.**

### Growing opportunities in climate change adaptation – EUFIWACC climate risk information day for consultants –



#### TOPICS

- Incorporating climate risk into financing
- Latest development in climate modelling and services
- Dealing with uncertainties in climate information
- Linking climate analyses to investment design

#### TARGET GROUPS

Consultants, experts and specialists involved in climate risk analyses

#### DATE

2 June 2015

#### LOCATION

Rond-Point Robert Schuman, 6  
B-1040 Brussels

#### PARTICIPATION

Attendance is free of charge. Places are limited and will be allocated on a first come first served basis

#### LANGUAGE

The language for the day will be English

#### Concept

Development banks increasingly need to assess the risks posed by a changing climate, in order to safeguard adaptation investment decisions.

Within this context the Climate Service Center 2.0 in cooperation with the European Financing Institutions Working Group on Climate Change Adaptation (EUFIWACC) are holding an information day. Consultants, who carry out climate risk assessments for EUFIWACC members, are increasingly required to make concrete statements about climate risks. This information day is intended to provide a forum for dialogue and exchange, to further strengthen the process of delivering climate risk assessments. To this end, EUFIWACC members will report on the current requirements and expectations of the banks.

In addition, experts from the Climate Service Center 2.0 will provide practice relevant information on a range of different topics, including climate data access and availability, assessing the quality of climate information with respect to their robustness and usability, and their application in climate risk assessments.

#### Objectives of the day

- Knowledge building on climate-related requirements of the development banks
- Transfer of knowledge on availability, nature, extent and quality of climate data
- Presentation of methods for the analysis of climate data

#### Format

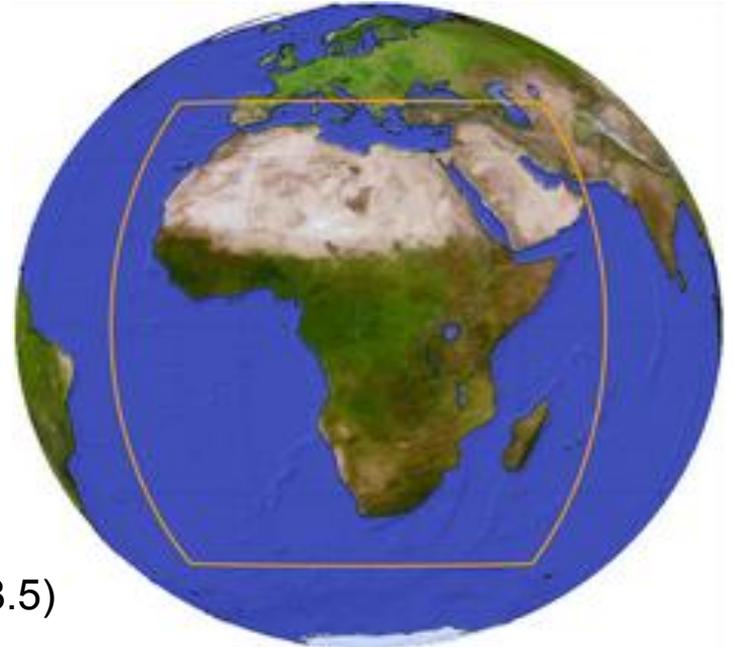
This is a one day event with speakers from the EUFIWACC member organizations, and the Climate Service Center 2.0.



# Prévision en matière de changement climatique pour l'Afrique

## CORDEX-Africa

- Prévisions climatiques les plus détaillées actuellement disponibles pour l'Afrique
- Simulations disponibles de CORDEX-Africa (Décembre 2015):
  - 4 MCR
  - 15 combinaisons MCR/GCM
  - 2 scénarios d'émission (RCP4.5, RCP 8.5)
  - 30 prévisions des MCR jusqu'en 2100
- Simulations institutions mondiales de science du climat :
  - Institut hydrométéorologique suédois, SMHI (RCA4)
  - Institut météorologique royal des Pays-Bas, KNMI (RACMO22T)
  - Institut météorologique danois, DMI (HIRHAM5)
  - Instituts allemands (principalement HZG, BTU Cottbus et PIK: COSMO-CLM)

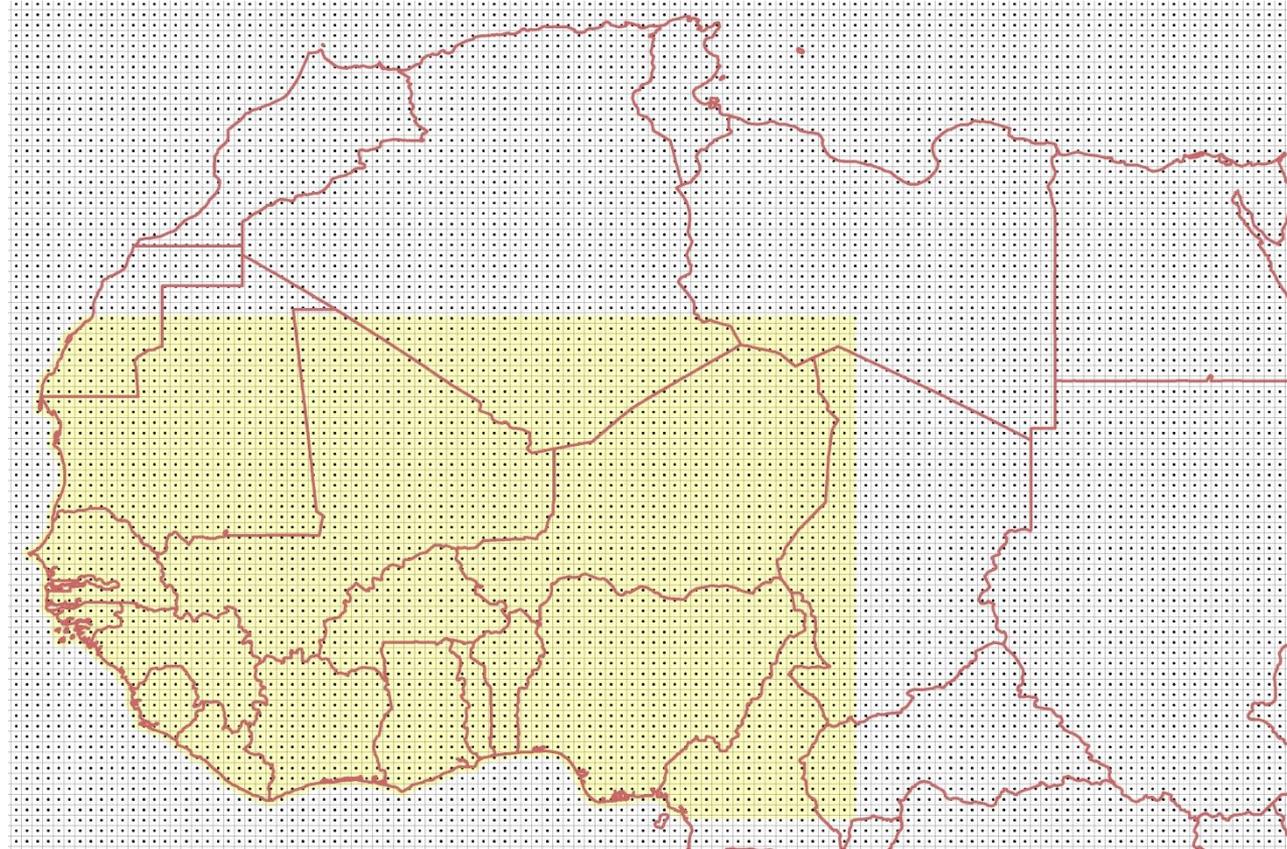


CORDEX-Africa domain (source: [www.cordex.org](http://www.cordex.org))

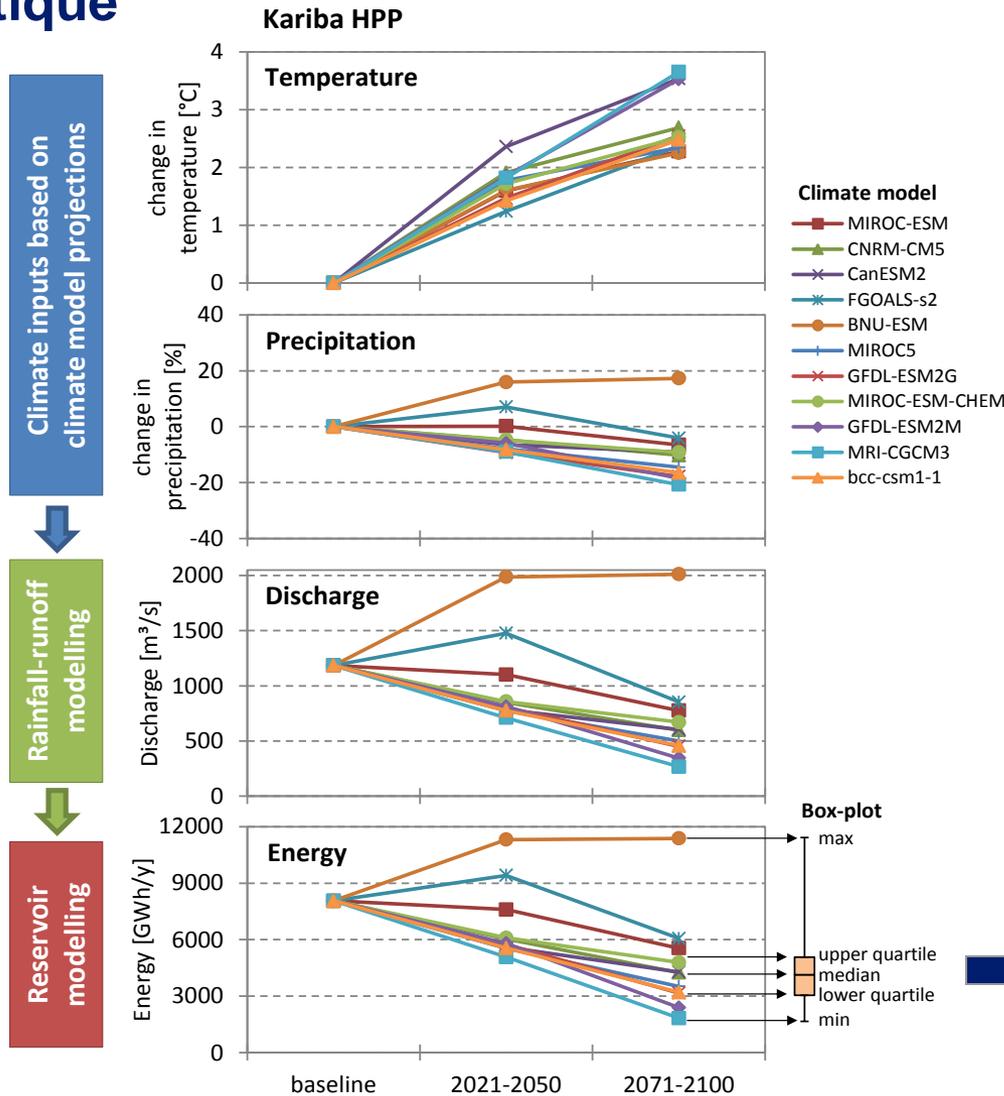
# Prévisions en matière de changement climatique

## CORDEX-Africa

- Résolution spatiale des simulations CORDEX-Africa : 0,44°
- ~ 3400 points grilles pour le domaine de la CEDEAO



# Méthode générale des précédentes études sur l'impact du changement climatique



Utilisé pour la quantification de l'incertitude

# Étude sur le changement climatique pour l'Afrique de l'Ouest

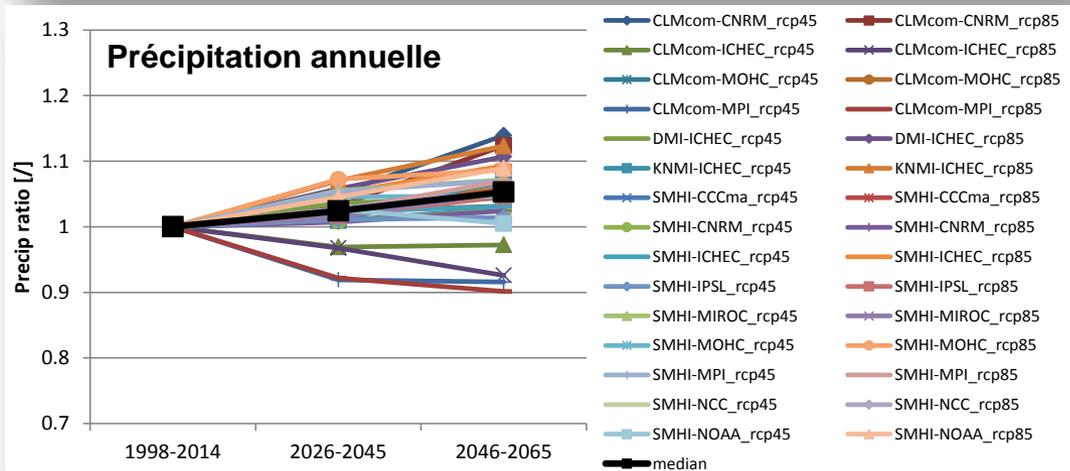
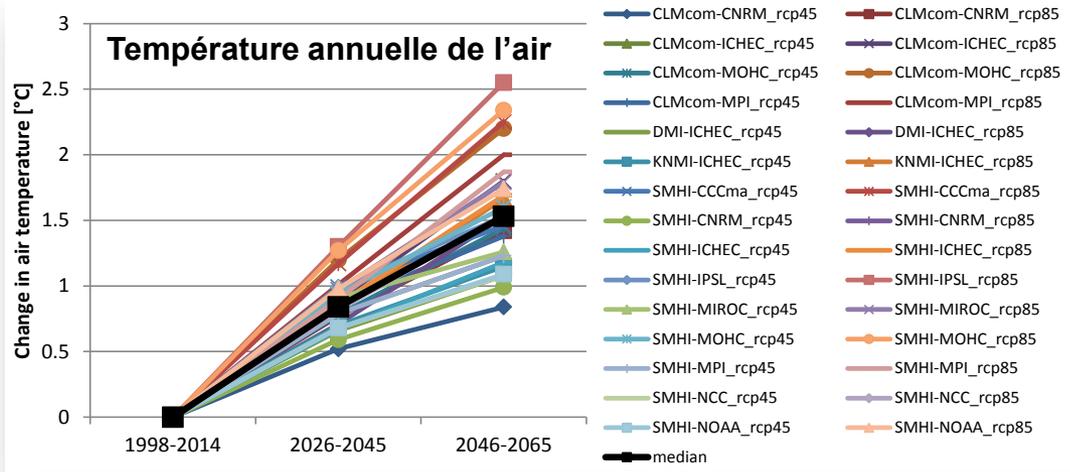
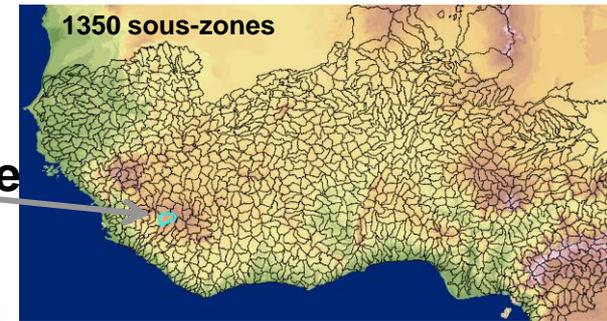
## Méthode

Pour chacun des 30 simulations du MCR dans le CORDEX, les étapes suivantes effectuées:

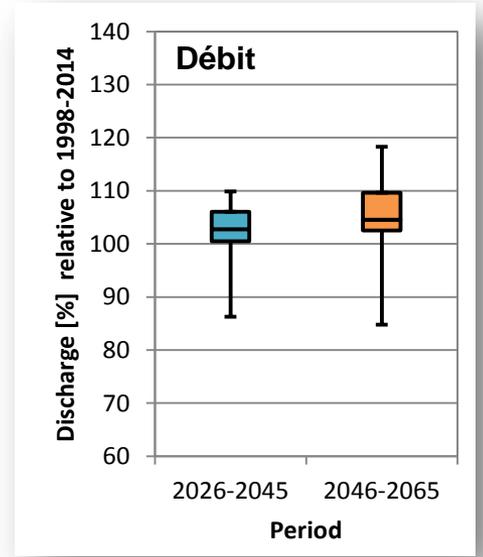
- Extrait des données de précipitation et de température des simulations de MCR
  - Passage historique 1951-2005
  - Passage futur (scénario d'émission ) 2006-2100
- Déterminer les signaux liés au changement climatique entre la période de référence et les périodes futures
  - Période de référence : 1998-2014
  - Périodes futures : 2026-2045 et 2046-2065
- Exécuter de nouveau le modèle du bilan hydrique (60 nouvelles simulations) avec la précipitation et la température/l'évapotranspiration futures par rapport aux signaux du changement climatique :
  - Ruissellement futur, futur écoulement fluvial, futur potentiel hydroélectrique
- Résumer l'incertitude dans les prévisions pour 2026-2045 et 2046-2065
  - Médiane de 30 projections
  - Quartile inférieur et supérieur de 30 projections

# Changement climatique

## Exemple de la rivière de la haute Makona (Guinée)

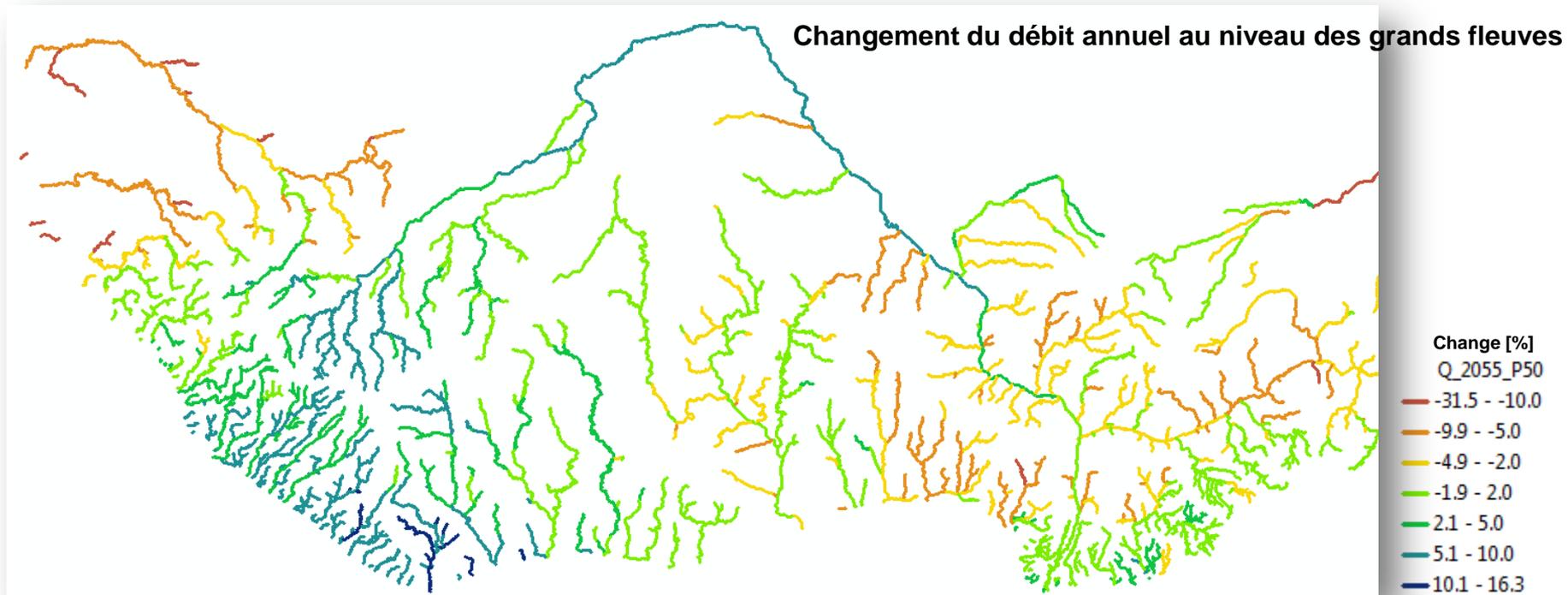


Modèle de bilan hydrique



# Projection en matière de changement climatique pour 2046-2065 vs 1998-2014

## Projection médiane sur les simulations de modèle climatique (simulations)



➔ Le changement futur du débit annuel affecte directement le potentiel hydroélectrique futur

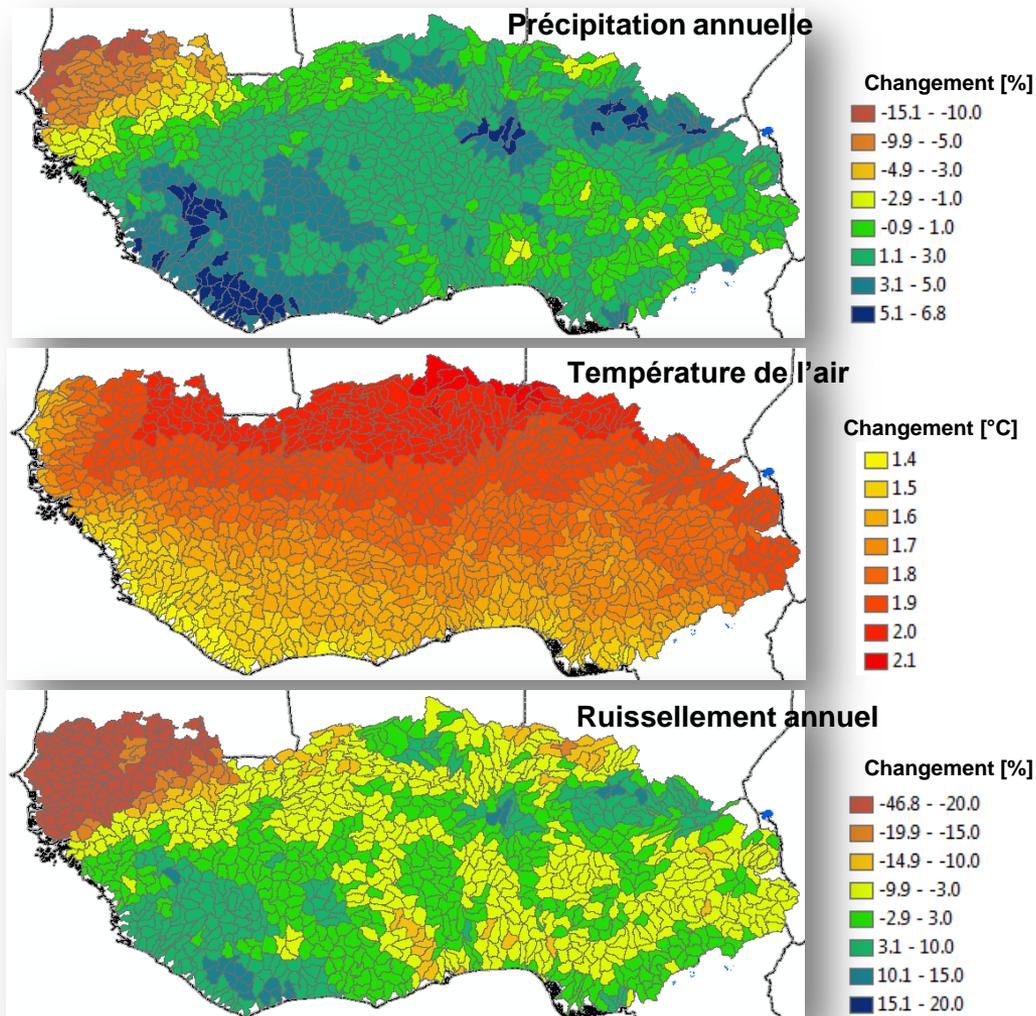
# Résultats du changement climatique : Réseau fluvial

## Attribuer une liste pour 500 000 tronçons fluviaux, partie 2/2

- Q\_YEAR: débit annuel moyen (m<sup>3</sup>/s) simulé pour la période allant de 1998 à 2014
- Q\_JAN: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en janvier
- Q\_FEB: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en février
- Q\_MAR: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en mars
- Q\_APR: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en avril
- Q\_MAY: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en mai
- Q\_JUN: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en juin
- Q\_JUL: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en juillet
- Q\_AUG: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en août
- Q\_SEP: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en septembre
- Q\_OCT: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en octobre
- Q\_NOV: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en novembre
- Q\_DEC: débit mensuel moyen (m<sup>3</sup>/s) pour la période allant de 1998 à 2014 en décembre
- Q\_2035\_P25: Changement du débit annuel moyen futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du **quartile inférieur** en utilisant 30 simulations du MCR
- Q\_2035\_P50: Changement du débit annuel moyen futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation **médiane** utilisant 30 simulations du MCR
- Q\_2035\_P75: Changement du débit annuel moyen futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du **quartile supérieur** en utilisant 30 simulations du MCR
- Q\_2055\_P25: Changement du débit annuel moyen futur en % (2046-2065 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile inférieur en utilisant 30 simulations du MCR
- Q\_2055\_P50: Changement du débit annuel moyen futur en % (2046-2065 contre 1998-2014) pour la simulation médiane utilisant 30 simulations du MCR
- Q\_2055\_P75: Changement du débit annuel moyen futur en % (2046-2065 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile supérieur en utilisant 30 simulations du MCR

# Projection en matière de changement climatique pour 2046-2065 comparativement à 1998-2014

Projection médiane sur 30 simulations du modèle climatique



# Résultats changement climatique : Sous-zones

## Attribuer une liste pour 1060 sous-zones, partie 1/3

- NB: Numéro d'identification de la sous-zone
- ZONE : Taille locale en (km<sup>2</sup>) de la sous-zone
- PRECIP\_Y: précipitation annuelle moyenne (mm) dans la période allant de 1998 à 2014
- ETA\_Y: évapotranspiration réelle annuelle moyenne (mm) simulée pour la période allant de 1998 à 2014
- Ruissellement Y : Ruissellement annuel moyen (mm) simulée pour la période allant de 1998 à 2014
- TEMP\_Y: température annuel moyen de l'air (° C) dans la période allant de 1998 à 2014
- P\_2035\_P25: Changement de la précipitation annuelle moyenne future en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la prévision relative au **quartile inférieur** de 30 simulations de MCR
- P\_2035\_P50: Changement de la précipitation annuelle moyenne future en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la **prévision médiane** de 30 simulations de MCR
- P\_2035\_P75: Changement de la précipitation annuelle moyenne future en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la prévision relative au **quartile supérieur** de 30 simulations de MCR
- E\_2035\_P25: Changement de l'évapotranspiration réelle annuelle moyenne future en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile inférieur
- E\_2035\_P50: Changement de l'évapotranspiration réelle annuelle moyenne future en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile médian
- E\_2035\_P75: Changement de l'évapotranspiration réelle annuelle moyenne future en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile supérieur simulation
- R\_2035\_P25: Changement du ruissellement annuel moyen futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile inférieur en utilisant 30 simulations du MCR
- R\_2035\_P50: Changement du ruissellement annuel moyen futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation médiane utilisant 30 simulations du MCR
- R\_2035\_P75: Changement du ruissellement annuel moyen futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile supérieur en utilisant 30 simulations du MCR
- T\_2035\_P25: Changement de la température annuelle moyenne future de l'air en ° C (2026-2045 contre 1998-2014) pour la prévision relative au quartile inférieur de 30 simulations de MCR
- T\_2035\_P50: Changement de la température annuelle moyenne future de l'air en ° C (2026-2045 contre 1998-2014) pour la prévision médiane de 30 simulations de MCR
- T\_2035\_P75: Changement de la température annuelle moyenne future de l'air en ° C (2026-2045 contre 1998-2014) pour la prévision relative au quartile supérieur de 30 simulations de MCR
- P\_2055\_P25: Changement de la précipitation annuelle moyenne future en % (2046-2065 contre 1998-2014) pour la prévision relative au quartile inférieur de 30 simulations de MCR
- etc.
- ...

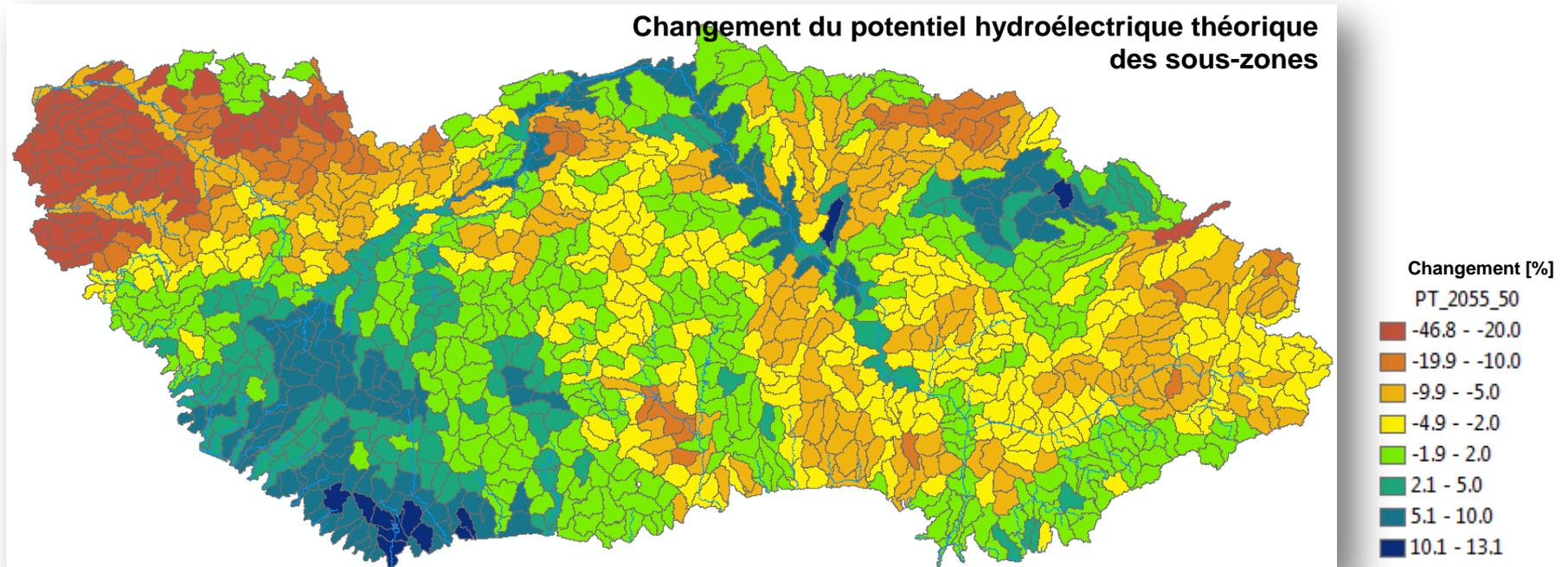
# Résultats du changement climatique : sous-zones

## Attribuer une liste pour 1060 sous-zones, partie 3/3

- ...
- PT\_2035\_25: Changement du **potentiel hydroélectrique** futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile **inférieur** en utilisant 30 simulations du MCR
- PT\_2035\_50: Changement du **potentiel hydroélectrique** futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation **médiane** utilisant 30 simulations du MCR
- PT\_2035\_75: Changement du **potentiel hydroélectrique futur** en % (2026-2045 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile supérieur en utilisant 30 simulations du MCR
- PL\_2035\_25: Changement du **potentiel hydroélectrique** futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) des **fleuves locaux** (provenant de la même sous-zone) pour la simulation du quartile inférieur en utilisant 30 simulations du MCR
- PL\_2035\_50: Changement du **potentiel hydroélectrique** futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) des **fleuves locaux** (provenant de la même sous-zone) pour la simulation du quartile médian en utilisant 30 simulations du MCR
- PL\_2035\_75: Changement du **potentiel hydroélectrique** futur en % (2026-2045 contre 1998-2014) des **fleuves locaux** (provenant de la même sous-zone) pour la simulation du quartile supérieur simulation en utilisant 30 simulations du MCR
- PT\_2055\_25: Changement du **potentiel hydroélectrique** futur en % (2046-2065 contre 1998-2014) pour la simulation du quartile inférieur en utilisant 30 simulations du MCR
- etc.

# Projection du changement climatique pour 2046-2065 contre 1998-2014

Projection médiane sur 30 simulations du modèle climatique



➔ Les régions ayant une incidence positive/négative du changement climatique sur l'hydroélectricité peuvent être identifiées.

# Résumé de l'étude sur le changement climatique

## Principales conclusions

- Le changement climatique doit être examiné dans le cadre du développement d'une hydroélectricité à la fine pointe de la technologie.
- Les projections les plus détaillées en matière de changement climatique actuellement disponibles pour l'Afrique ont été utilisées dans la présente étude
- Une réchauffement considérable est attendu à l'avenir, entraînant des pertes plus élevées par évaporation
- Les changements de la précipitation future affichent des disparités régionales (hausse/baisse)
- Changements attendus au niveau du débit futur :
  - Hausse par exemple en Sierra Leone, au Liberia
  - Baisse par exemple dans le bassin inférieur du Sénégal
  - Pas de changement significatif dans le bassin de la Volta
- Le changement climatique n'est pas un scénario de la pire éventualité pour l'hydroélectricité en Afrique de l'Ouest.

# Étude sur le changement climatique

## Groupe de discussion

- Questions générales au sujet de l'étude présentée ?
  - Méthodologie ?
  - Résultats ?
- Quels résultats ont un intérêt spécial pour votre pays ?
- Précédentes études sur le changement climatique dans votre pays ?
  - Quelles méthodes ont été utilisées ?
  - Diffusion des résultats ? Rapports, cartes, site Web, etc. ?
  - Avez-vous été impliqué dans l'étude ?
- Perception du changement climatique dans votre pays ?
  - Le changement climatique est-il déjà constaté ?
  - Le changement climatique est-il perçu comme une menace ou une opportunité ?

# Résumé général de la formation de ce jour

- De nouvelles couches du GIS liées à l'hydroélectricité ont été créées
  - Couches existantes des centrales hydroélectrique
  - Couches des zones climatiques
  - Couches des réseaux fluviaux
  - Couches des sous-zones
  - Rapports pays
  - Changement climatique (incorporé dans d'autres couches)
- Les résultats seront mis en ligne sur le système ECOWREX dans les mois à venir
- Les résultats aident à identifier les régions qui ont attrayantes pour le développement de l'hydroélectricité
- Formation de demain : Couches du GIS, groupe de travail, exemples pratique
  - Classification dans le domaine de l'hydroélectricité : type de centrale, taille des centrales
  - Exemples pratique
    - Capacité installée et calcul de l'énergie
    - Calcul du bilan hydrique et du changement climatique

Financé par

