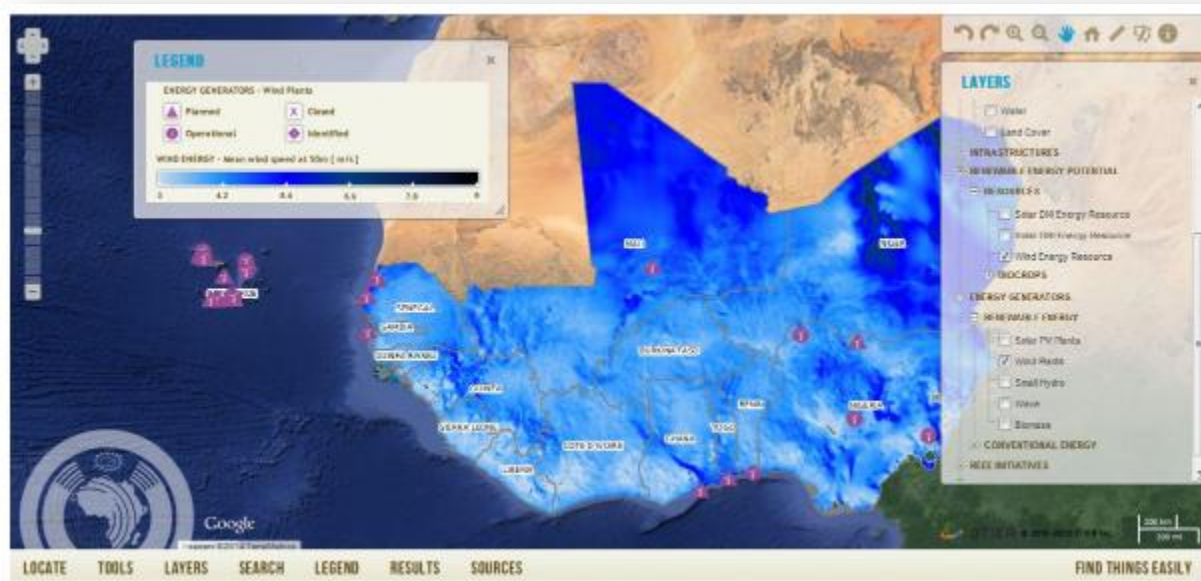


# Cartographie des ressources hydriques via le GIS pour la région de la CEDEAO

## Résumé du projet



Juillet 2016

Funded by



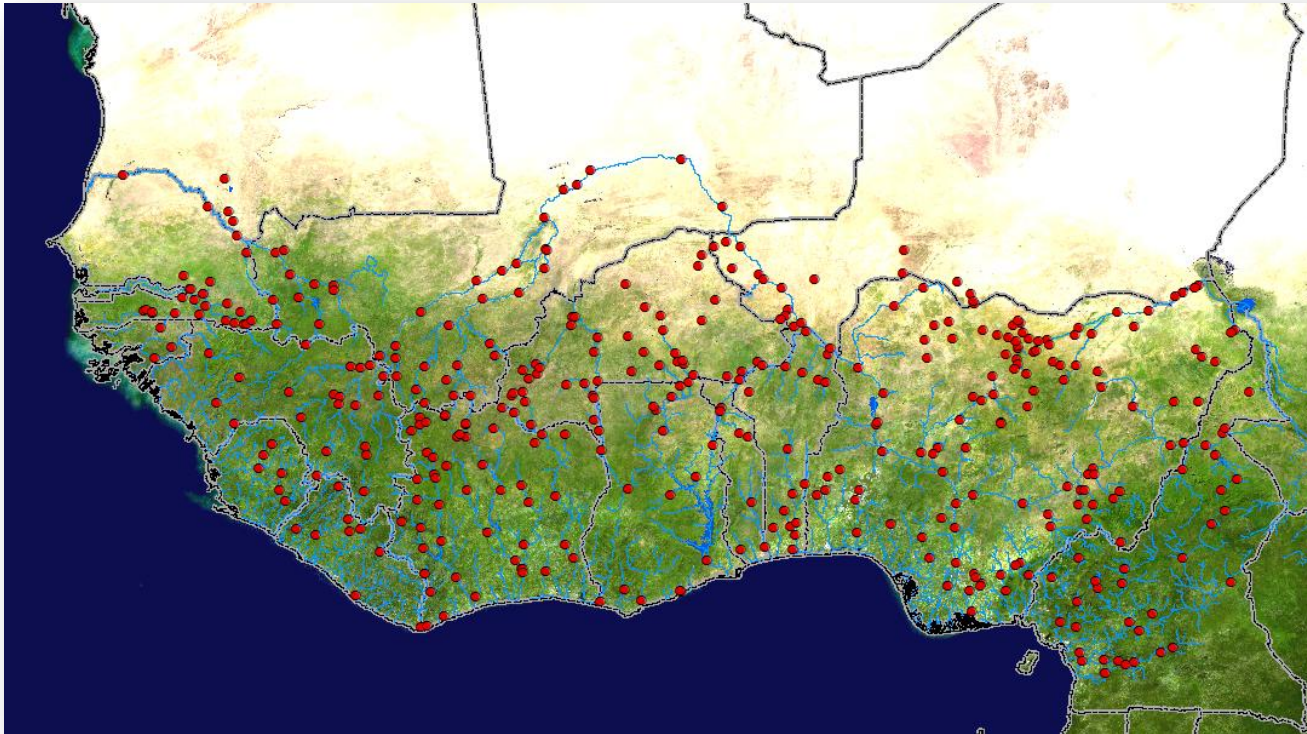
# Introduction

## Contexte et objectifs

- Contexte
  - Le manque d’approvisionnement fiable en électricité est une préoccupation grave qui se pose dans les 15 pays de la CEDEAO.
  - Si l’existe un grand potentiel pour le développement de l’hydroélectricité dans l’avenir, l’on note toutefois un manque de données exactes – surtout pour le développement de la petite hydroélectricité.
  - La présente étude soutient les initiatives énergétiques du “Centre de la CEDEAO pour l’énergie renouvelable et l’efficacité énergétique” (CEREEC).
- Objectifs généraux du projet
  - Évaluer le potentiel hydroélectrique de tous les fleuves dans la région de la CEDEAO.
  - Préparer diverses couches de données à intégrer à la plateforme en ligne du CEREEC dénommée ECOWREX, de sorte que l’étude aboutisse à des résultats aisément accessibles au grand public.
  - Identifier les régions/fleuves qui sont adapté(e)s pour le développement de l’hydroélectricité afin d’orienter l’initiative de mesure des débits des cours d’eau du CEREEC.
  - Contrairement aux autres études où l’accent est mis en général sur le potentiel hydroélectrique des grands fleuves, la présente étude s’intéresse en outre à la petite hydroélectricité sur les petits fleuves.

# Introduction

## 410 jauges de débit disponibles pour cette étude

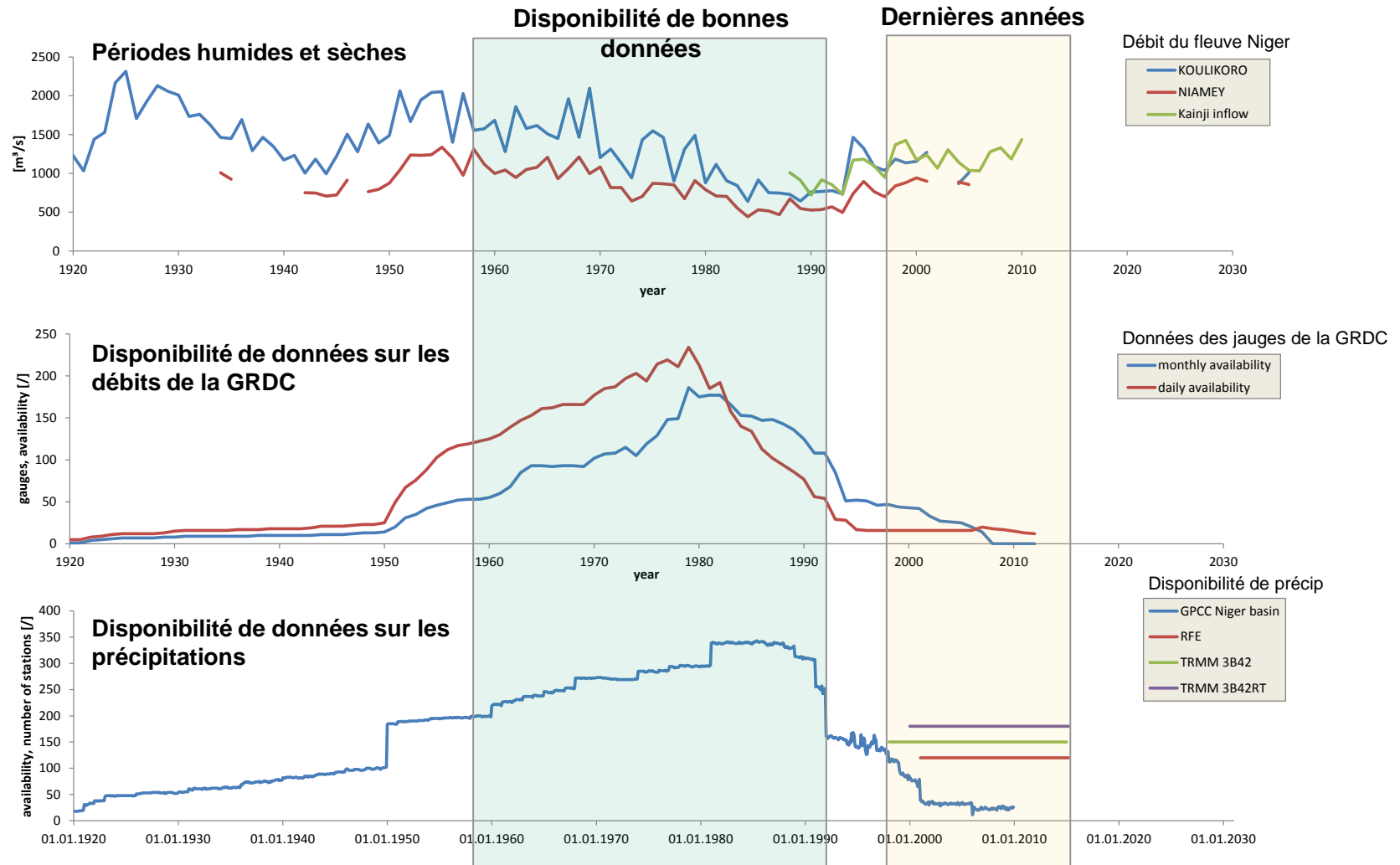


- Le débit détermine (avec la pente) le potentiel hydroélectrique d'un fleuve.
- Les jauges sont généralement situées dans les grands fleuves et les fleuves moyens.
- Il y a rarement des jauges dans les petits fleuves qui sont convenables pour la petite hydroélectricité.
- Les données des jauges couvrent différentes périodes d'observation.
- Une régionalisation des débits est requise

Cartographie par GIS & modélisation du bilan hydrique

# Introduction

## Sources & disponibilité des données



---

# Résultats

- Couche des centrales hydroélectriques existantes
- Couche des zones climatiques
- Potentiel hydroélectrique
- Changement climatique
- Défis et enseignements tirés

# Couche des centrales hydroélectriques existantes

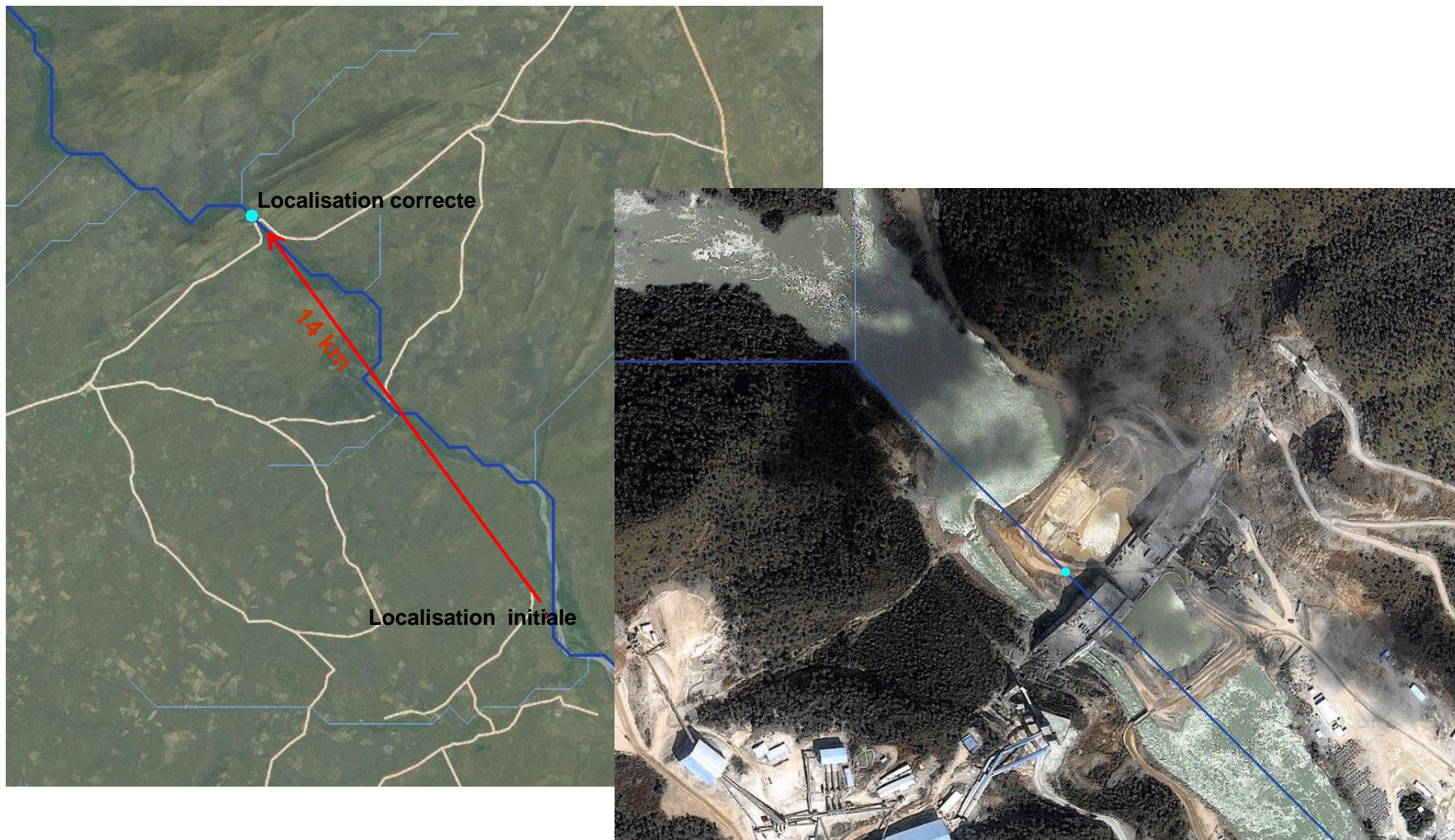
## Aperçu

- Les informations au sujet des centrales hydroélectriques sont disponibles à partir de différentes sources variées de données, mais il se pose les problèmes suivants :
  - Sources de données incomplètes (centrales hydroélectriques manquantes)
  - Géocodage incorrect (mal placé jusqu'à 100km)
  - Informations contradictoires provenant de différentes sources de données (ex. capacité installée)
  - Différents noms pour la même centrale hydroélectrique (double comptage)
  - Nouvelles centrales hydroélectriques non incluses dans les sources de données existantes
- Objectif: Créer de nouvelles couches modernisées de centrales hydroélectriques existantes.
- Approche
  - Corriger le géocodage de l'emplacement des centrales hydroélectriques
    - Identifier l'emplacement correct au moyen d'images satellitaires
    - Prendre des photos instantanées de l'emplacement du réseau hydrographique
  - Synthèse des informations provenant de différentes sources variées (rapports, consultation en ligne)



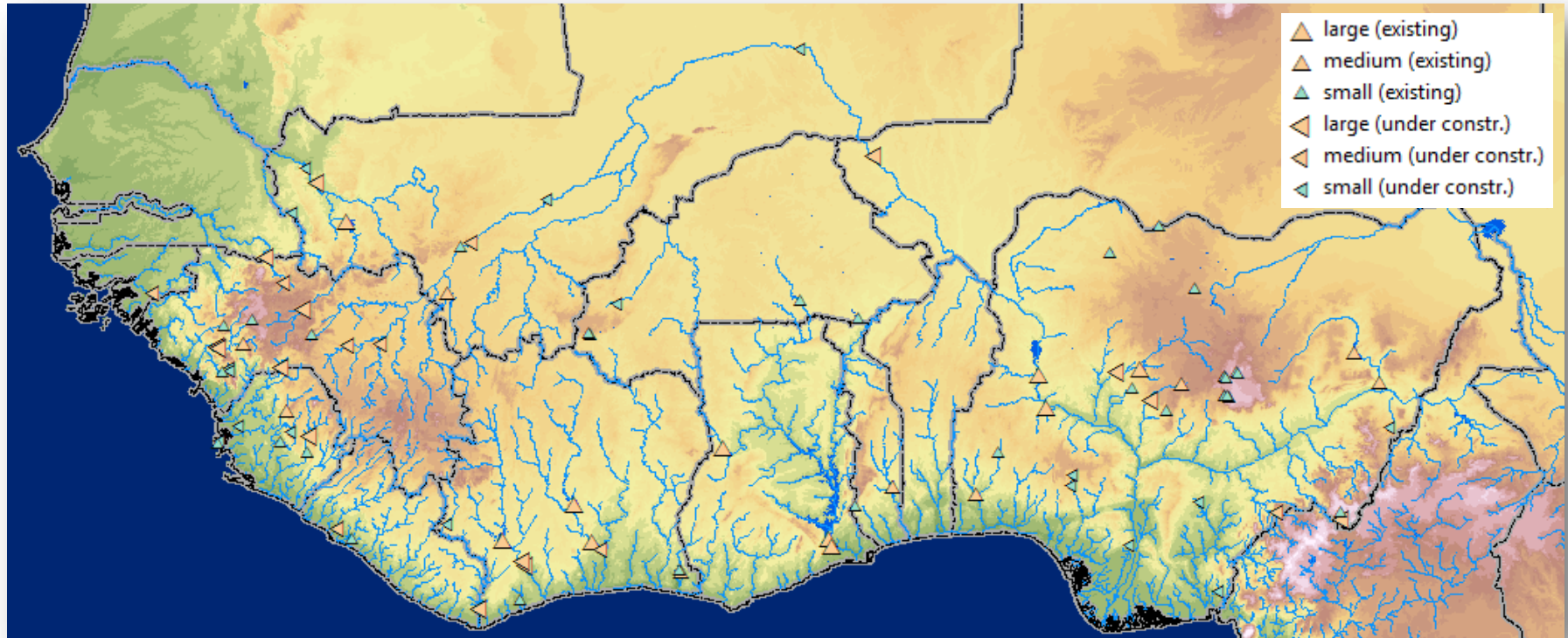
# Couche des centrales hydroélectriques existantes

Exemple de géocodage : CHE de Bui au Ghana (construite récemment)



# Couche des centrales hydroélectriques (CHE) existantes

## Resultats



- 91 CHE:
  - 24 grandes CHE (> 100 MW)
  - 17 moyennes CHE (30-100 MW)
  - 50 petites CHE (< 30MW)
- 21 attributs (capacité installée, année de démarrage, zone de réservoir, etc.)

- Sources de données:

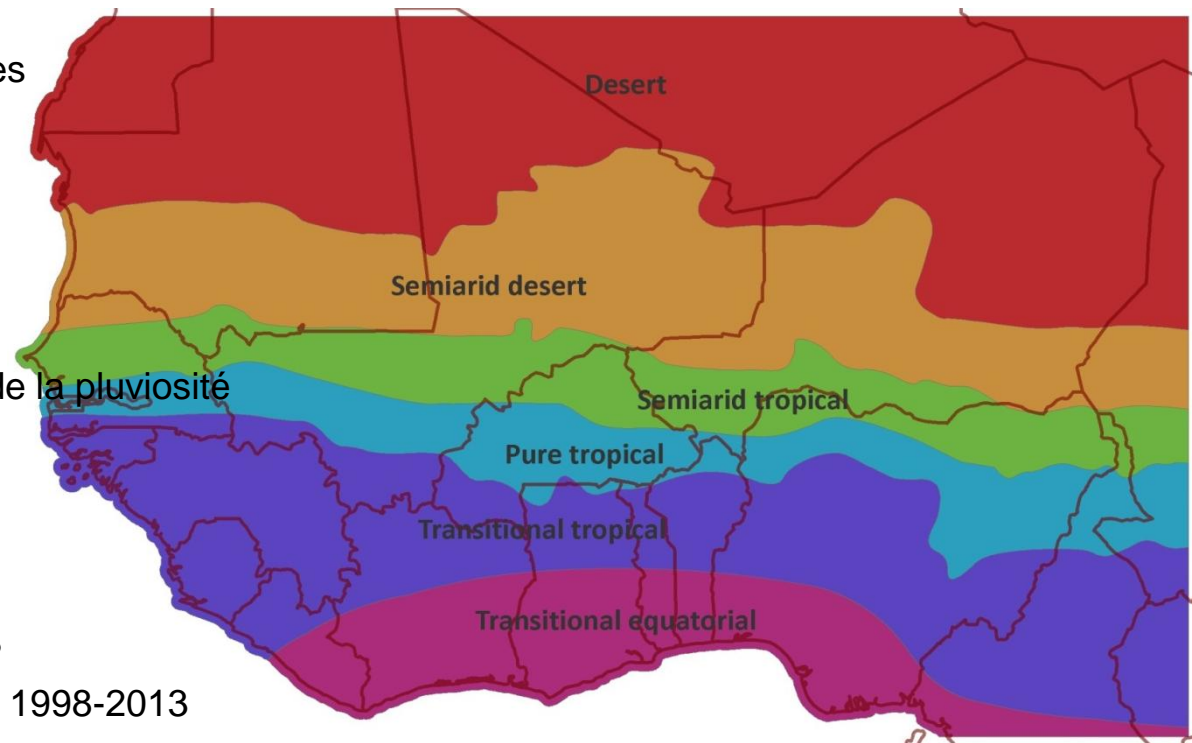
ECOWREX, Grand, Aquastat, H&D, JICA, SHP News, World Small CHE Development Rep., Int. Water Power & Dam Yearbook, SE4ALL, consultation en ligne, etc.



# Couches des zones climatiques

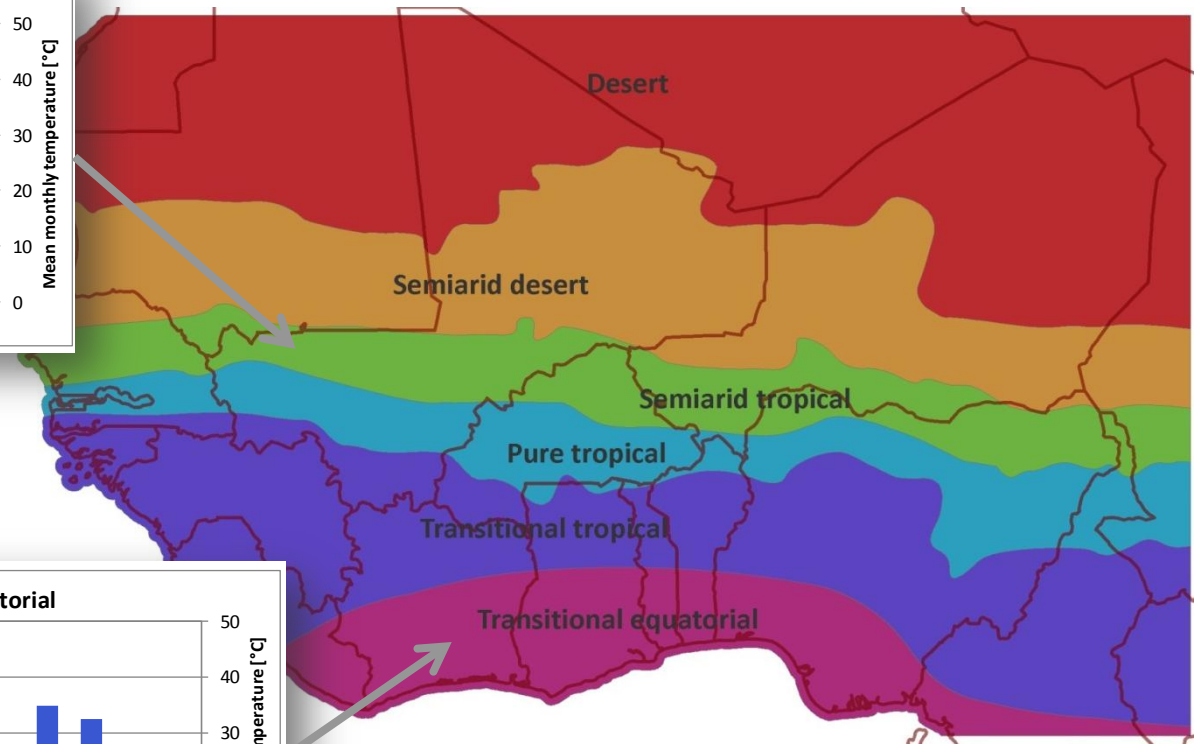
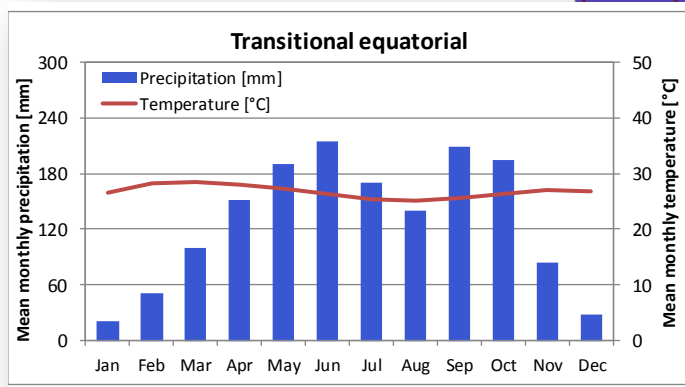
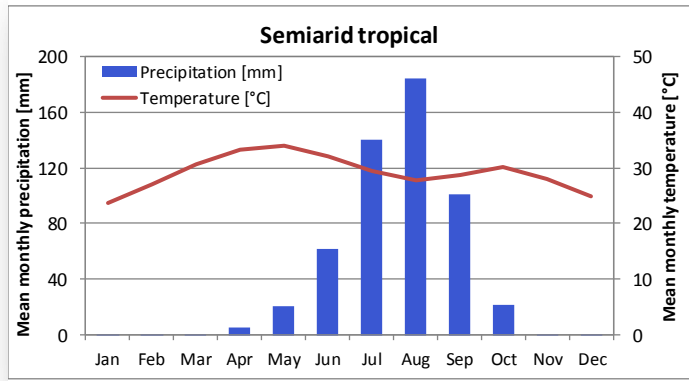
## Aperçu

- Objectif
  - Donner un aperçu des diverses conditions climatiques
- Classification
  - L'Hôte et al. (1996)
  - Basé sur les caractéristiques de la pluviosité
- Sources de données
  - Pluviosité: TRMM 1998-2014
  - Température: CRU 1998-2013
  - Évaporation potentielle. : CRU 1998-2013
- Traitement par le SIG
  - généralisation
  - Polissage



# Couche des zones climatiques

## Pluviosité et température saisonnières



# Potentiel hydroélectrique

## Aperçu

- Objectif global:  
Fournir des données de base permettant d'identifier les régions qui sont adaptées pour le développement de l'hydroélectricité.
- Méthode générale :
  - Étape 1: Créer une couche des réseaux fluviaux pour tous les fleuves en Afrique de l'Ouest
  - Étape 2: Dériver des coupes longitudinales des fleuves à partir de Modèles numériques d'élévation
  - Étape 3: Estimer les conditions de débit pour tous les tronçons fluviaux → **Défis clés**
  - Étape 4: Calculer le potentiel hydroélectrique à partir des pentes et du débit
- Classification
  - Évaluer les caractéristiques préférées de centrales hydroélectriques :
    - Tailles des centrales
    - Type de centrales
    - Type de machines
  - Calculer le total du potentiel hydroélectrique pour les sous-captages
  - Résumer le potentiel hydroélectrique des pays
  - Identifier les régions/fleuves adapté(e)s pour l'hydroélectricité dans chaque pays

# Potentiel hydroélectrique

## Étape 1: Créer un réseau hydrographique

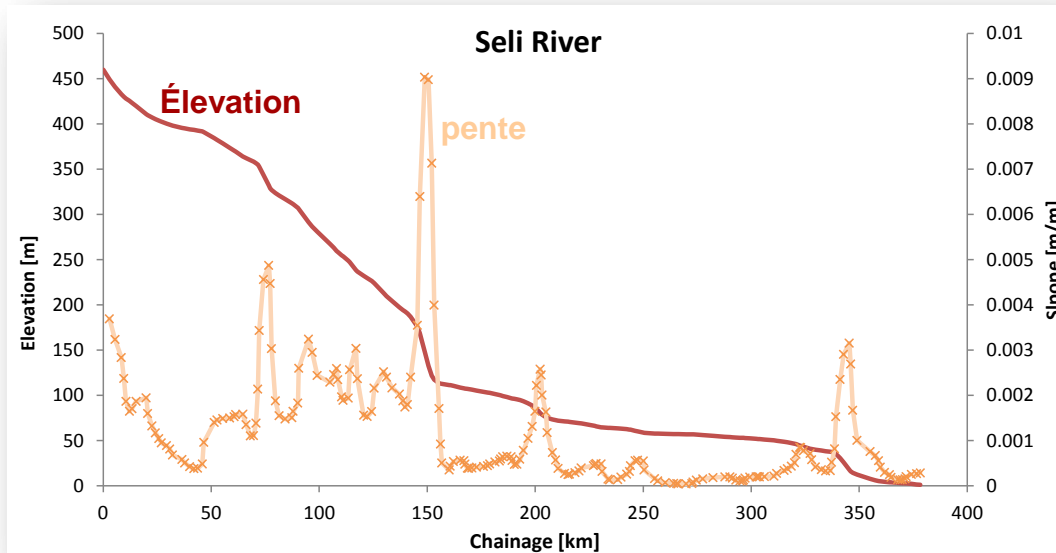


- **Méthode:**
  - Direction des flux dans le système Hydrosheds
  - Traitement par le SIG (> 2 km<sup>2</sup> seuil pour la délimitation du tronçon)
  - Éliminer les tronçons non assorti de débit (dans les régions arides)
- 650,000 tronçons fluviaux en Afrique de l'Ouest
- Délimiter les sous-captages
  - 1350 sous-captages
  - Intérieur : > 3000 km<sup>2</sup>
  - Côtier : > 1000 km<sup>2</sup>
  - Ajustements manuels aux réservoirs



# Potentiel hydroélectrique

## Étape 2: coupes longitudinales des fleuves à partir de Modèles numériques d'élévation

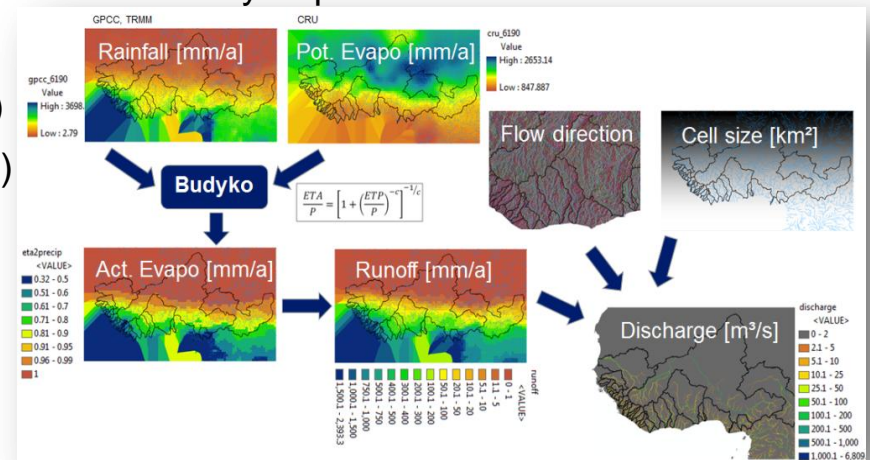


- Méthode:
  - Extraire les hauteurs de début/fin des tronçons à partir du Modèle numérique d'élévation détaillé (MNE) en utilisant les statistiques de voisinage.
  - Comparer résultats avec 3 différents MNE:
    - ASTER (30 x 30 m)
    - SRTM / données Hydrosheds non conditionnées (90 x 90 m) **utilisé**
    - données Hydrosheds conditionnées (90 x 90 m)
  - Appliquer un algorithme de lissage pour assurer une pente continue dans la direction du flux :
    - Remplir les cuvettes (vers l'amont)
    - Creuser à travers les barrières (vers l'aval)
    - Examiner le niveau dans les réservoirs existants
- Résultat: Élévation constante début/fin pour 650 000 tronçons fluviaux.

# Potentiel hydroélectrique

## Étape 3: Estimer les conditions de débit pour tous les tronçons fluviaux

- Il s'agit là d'un défi de taille !
- Méthode :
  - Modélisation du bilan hydrique distribué, annuel pour estimer le débit moyen annuel
  - Prendre en compte les pertes (plaines inondables, grands systèmes d'irrigation)
  - Préparer des données d'entrée pour le modèle de bilan hydrique
    - Précipitation (GPCC, TRMM)
    - Évapotranspiration potentielle (CRU)
    - Pertes (irrigation, plaines inondables)



- 410 jauges utilisées pour calibrer/vérifier les résultats.
- Les modèles de débit mensuels moyens sont dérivés des statistiques de la jauge.

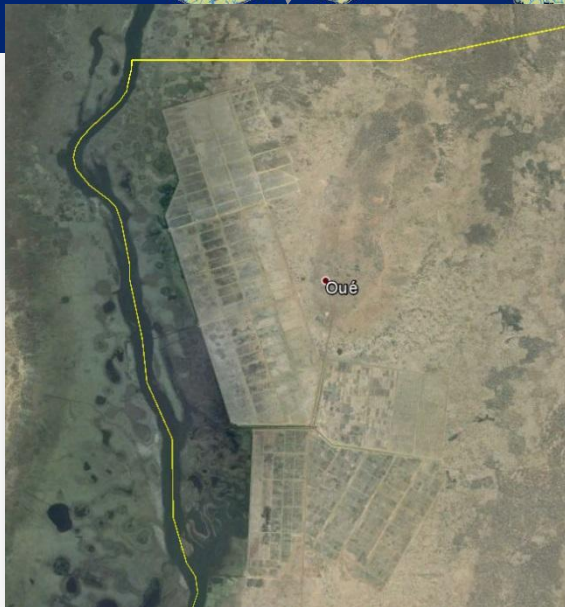
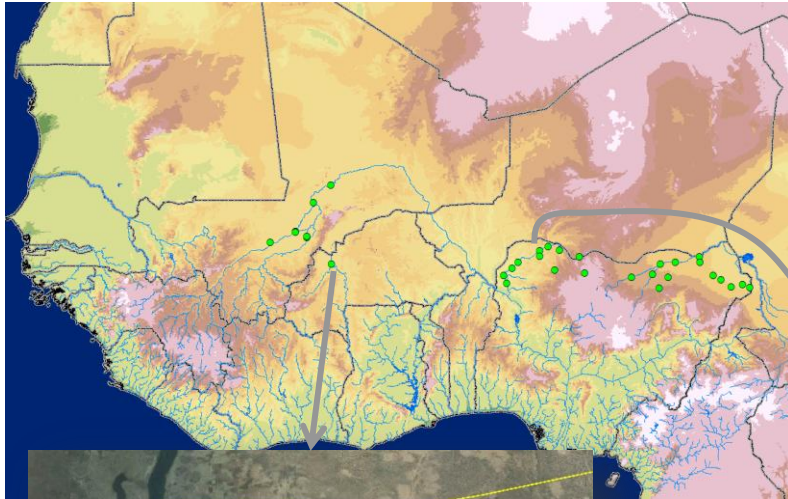
## Étape Ad 3: estimation de débit

### Irrigation et pertes de plaines inondables

Simulation invraisemblables des débits pour plusieurs fleuves, si les pertes ne sont pas prises en compte :

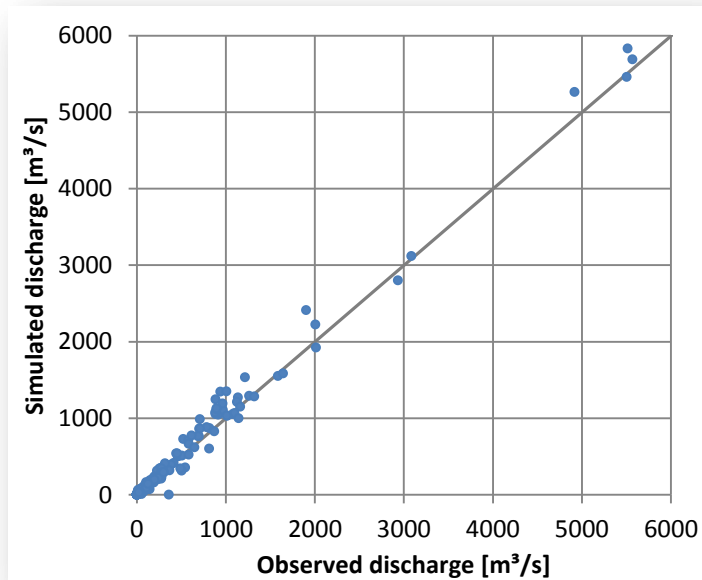
- Niger
- Sokoto
- Yobe
- Black Volta
- etc.

- Pertes prises en compte à 32 points



## Étape Ad 3 : estimation de débit

Comparaison du débit annuel moyen simulé par opposition à celui observé

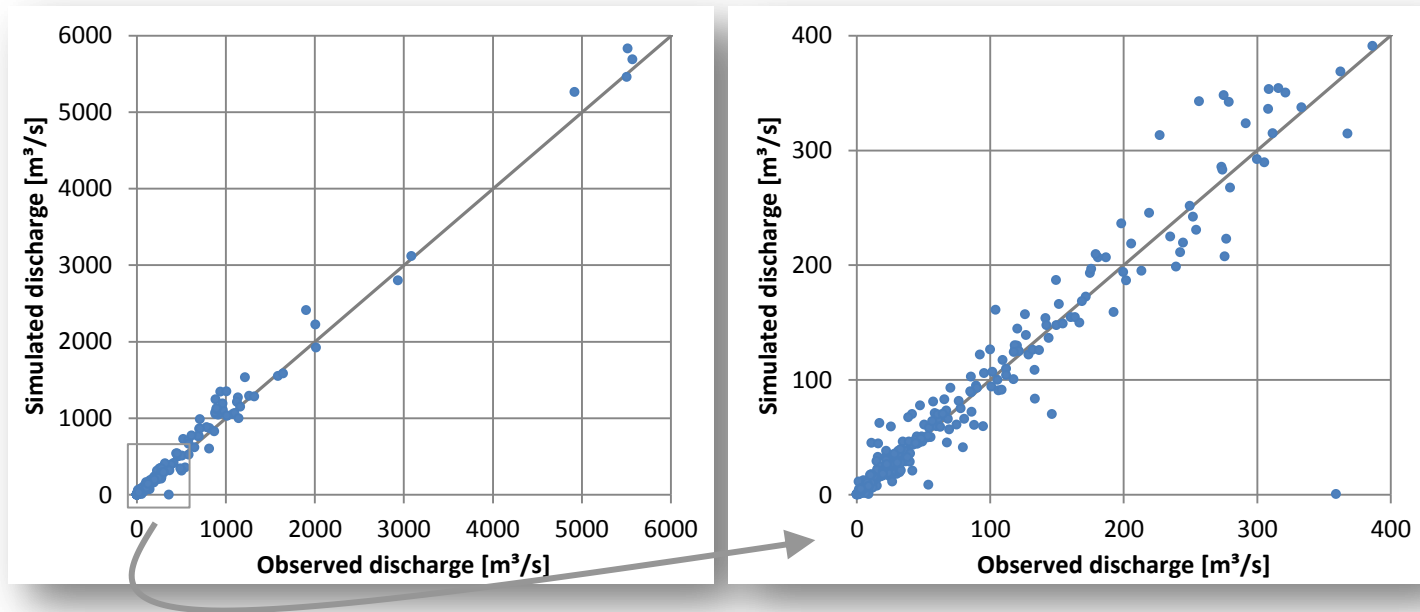


GPCC data, 1950-2010  
401 jauges avec Qobs disponibles



## Étape Ad 3: estimation de débit

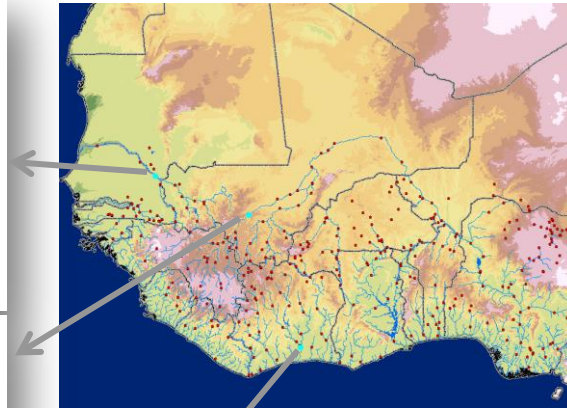
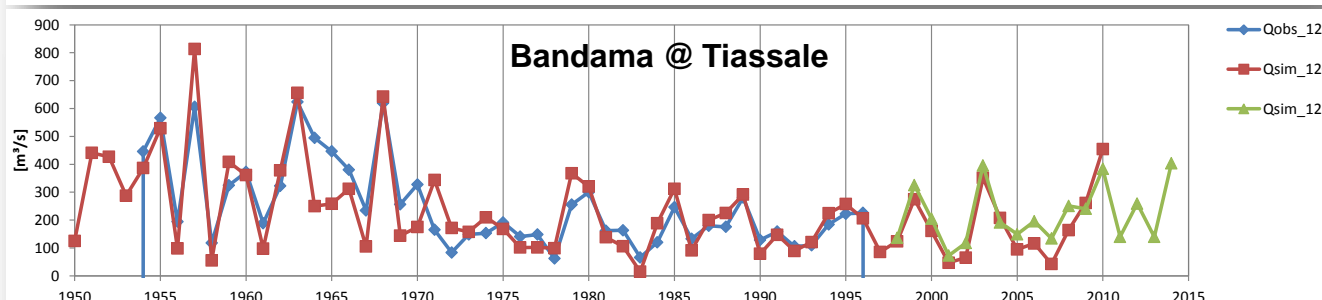
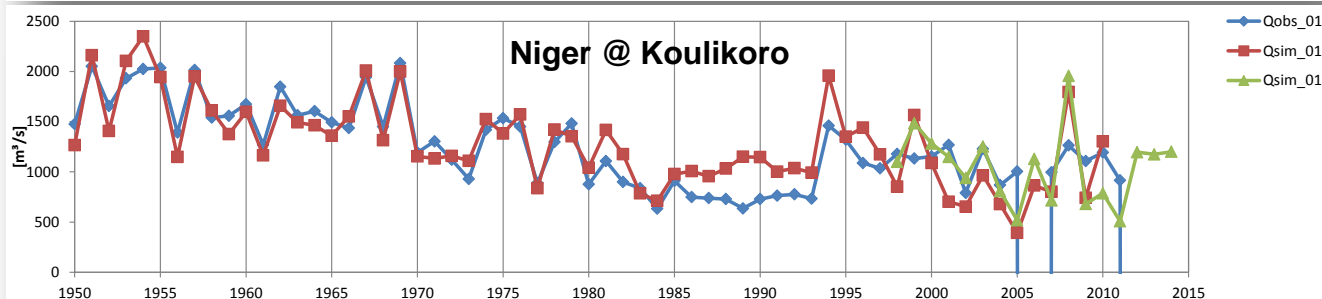
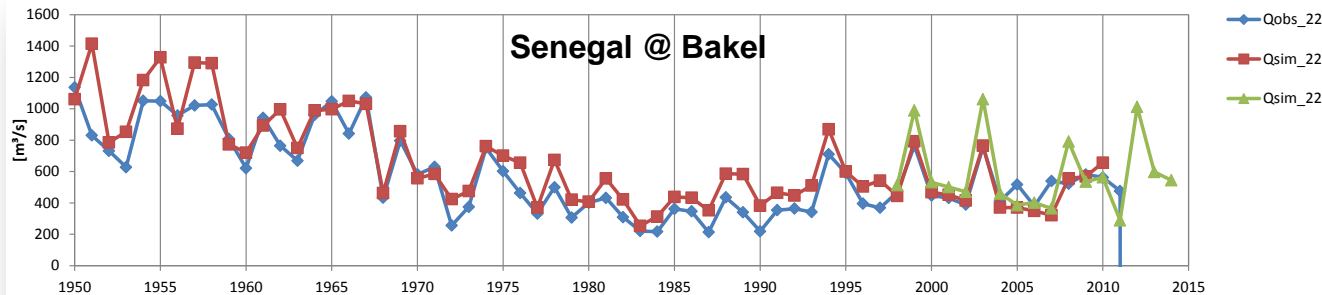
Comparaison du débit annuel moyen simulé par opposition à celui observé



GPCC data, 1950-2010  
401 jauges avec Qobs disponibles

# Étape Ad 3: estimation de débit

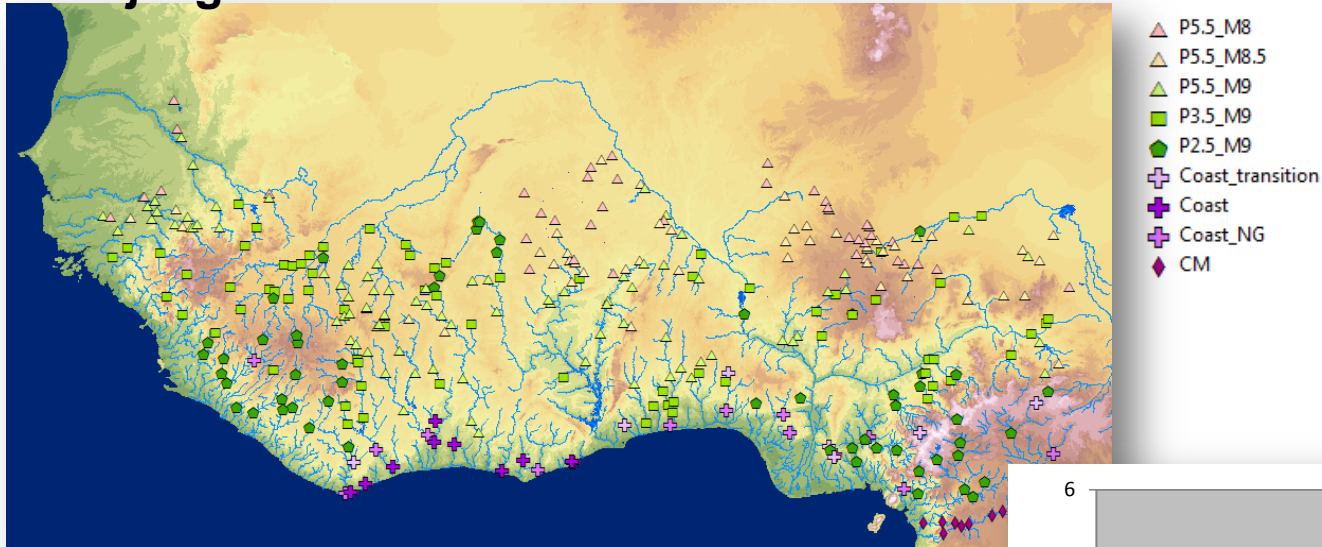
## Comparaison des séries chronologiques du débit annuel simulé par opposition à celui observé



**Q Observé**  
**Q Simulé (GPCC)**  
**Q Simulé (TRMM)**

## Étape Ad 3: estimation de débit

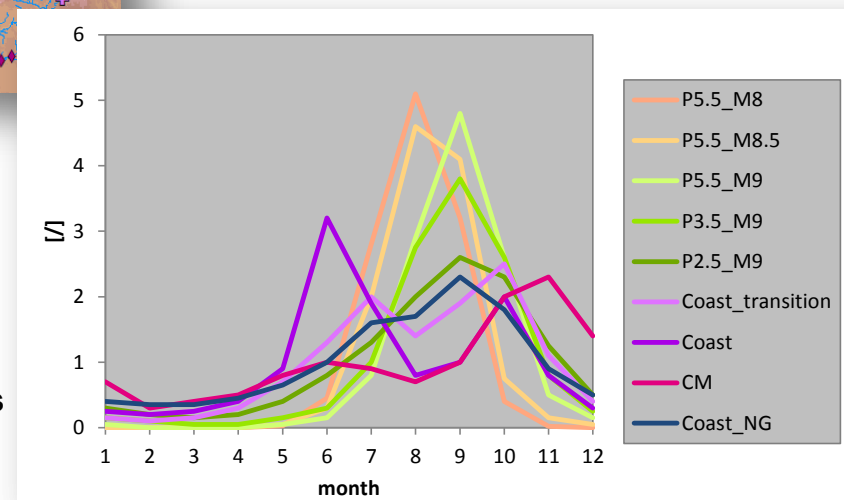
Modèles de débit mensuels moyens assignés à partir des données de jauges observées



Neuf régimes de débits saisonniers types ont été identifiés.

Le routage le long des grands fleuves a dû être pris en compte (superposition de différents régimes).

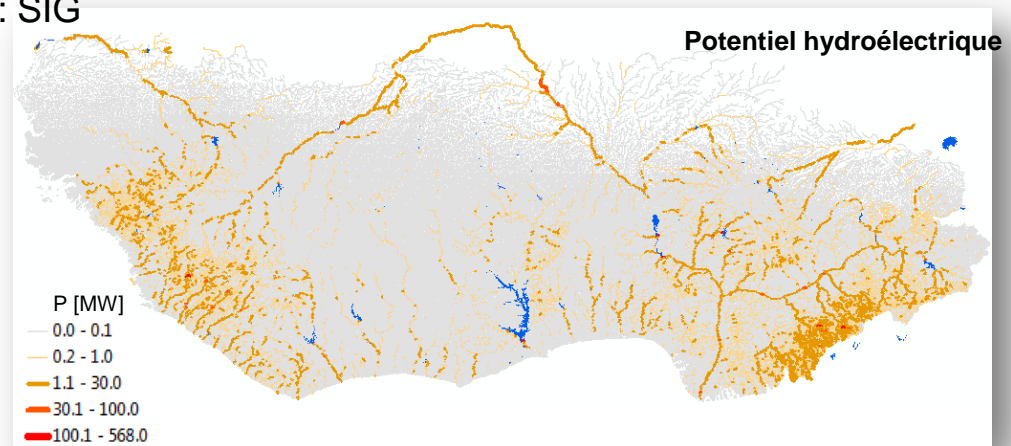
L'impact des plaines inondables et des réservoirs a dû être pris en compte (cycle saisonnier d'humidification).



# Potentiel hydroélectrique

## Étape 4: Calculer le potentiel hydroélectrique

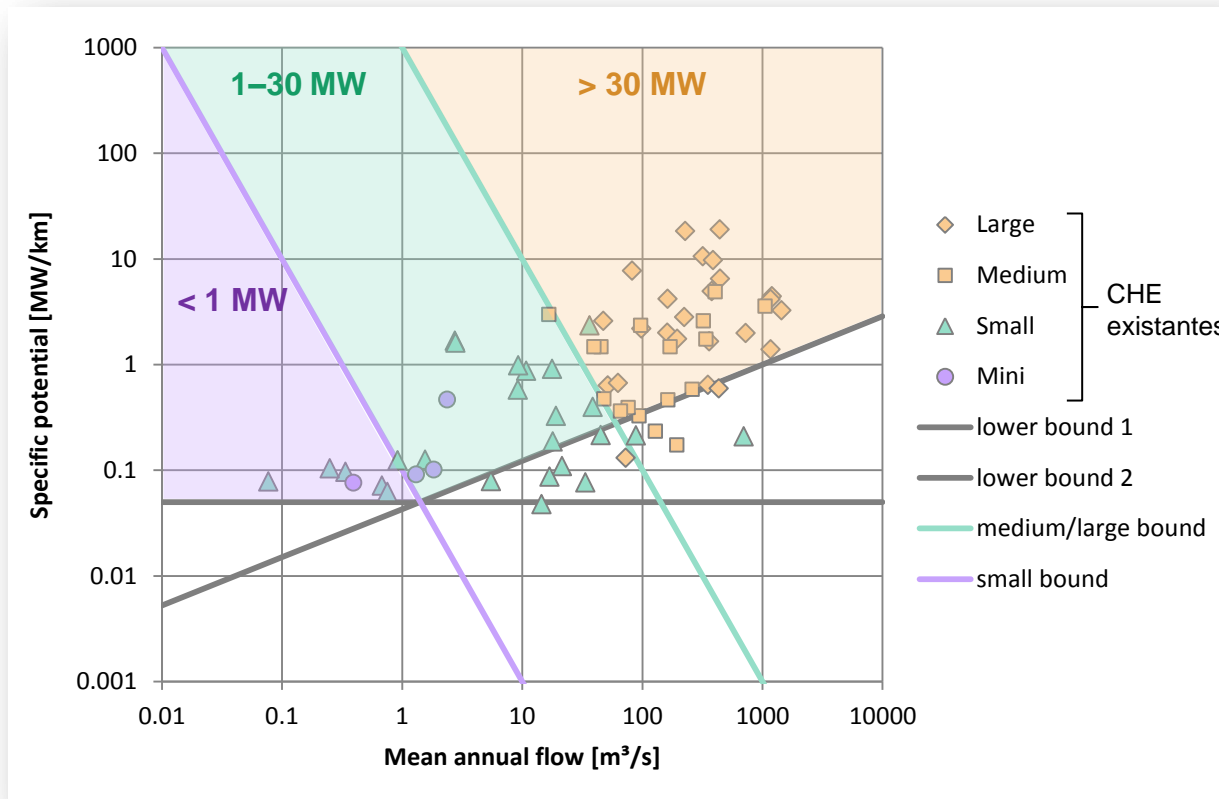
- Potentiel hydroélectrique (linéaire) :  $P_i = 8.5 * Q_i * dz_i$  [kW]
- Potentiel hydroélectrique spécifique :  $p_i = P_i / L_i$  [kW/km]
- Entrées requises :
  - réseau hydrographique assorti de tronçons distincts  $i$ .
  - débit  $Q$  [ $m^3/s$ ] à chaque tronçon  $i$ : tiré de l'analyse du bilan hydrique
  - pente  $dz$  [ $m/m$ ] of chaque tronçon: tiré du modèle d'élévation numérique
  - longueur  $L$  [ $km$ ] de chaque tronçon: SIG





# Potentiel hydroélectrique

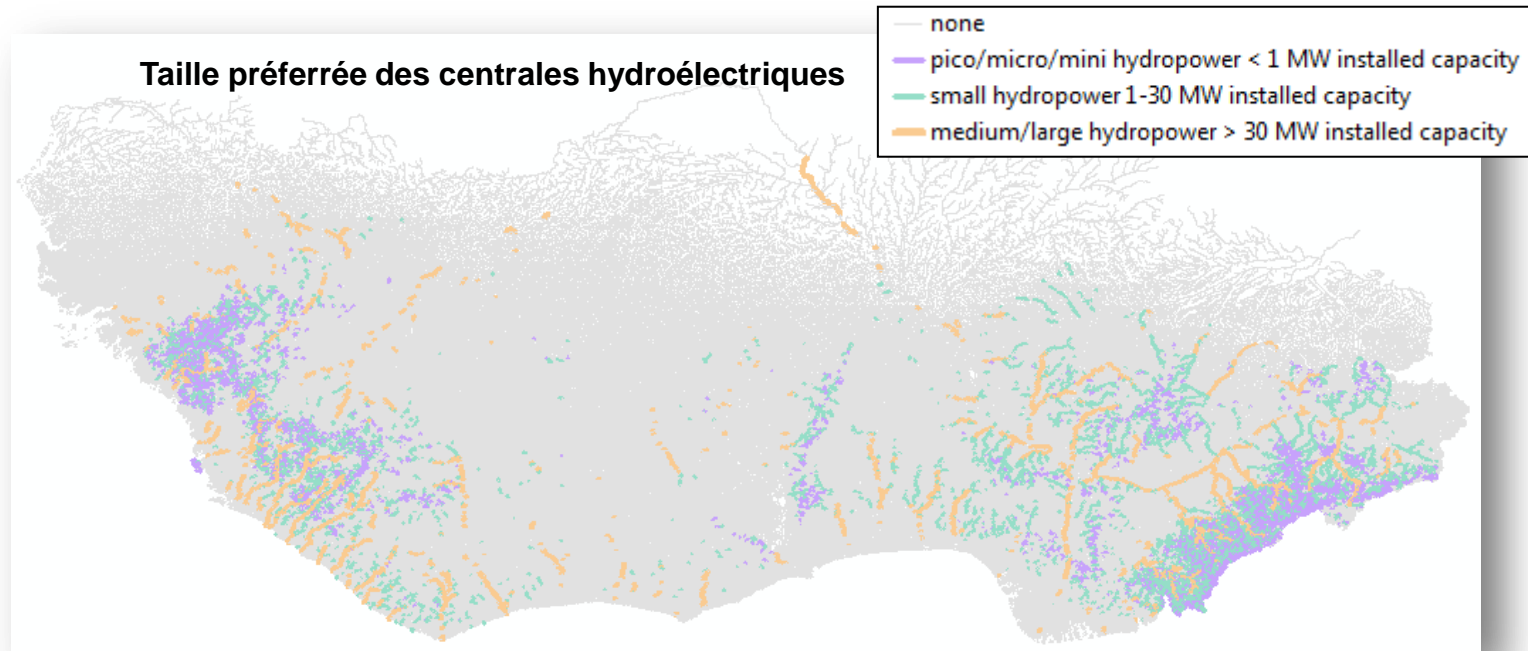
## Classification de la taille des centrales



- Système de classification basé sur :
  - des considérations générales (longueur de voie en relation avec l'hydroélectricité, charge de pression requise, etc.)
  - Centrales hydroélectriques existantes (tel que construit) en Afrique de l'Ouest
- Les systèmes polyvalents peuvent ne pas cadrer avec le système de classification :
  - Certains réservoirs existants ont été construits principalement pour l'irrigation, mais l'hydroélectricité a été mise en œuvre
  - Ces systèmes polyvalents nécessiteraient une évaluation à part (pas seulement ciblant le potentiel hydroélectrique)

# Potentiel hydroélectrique

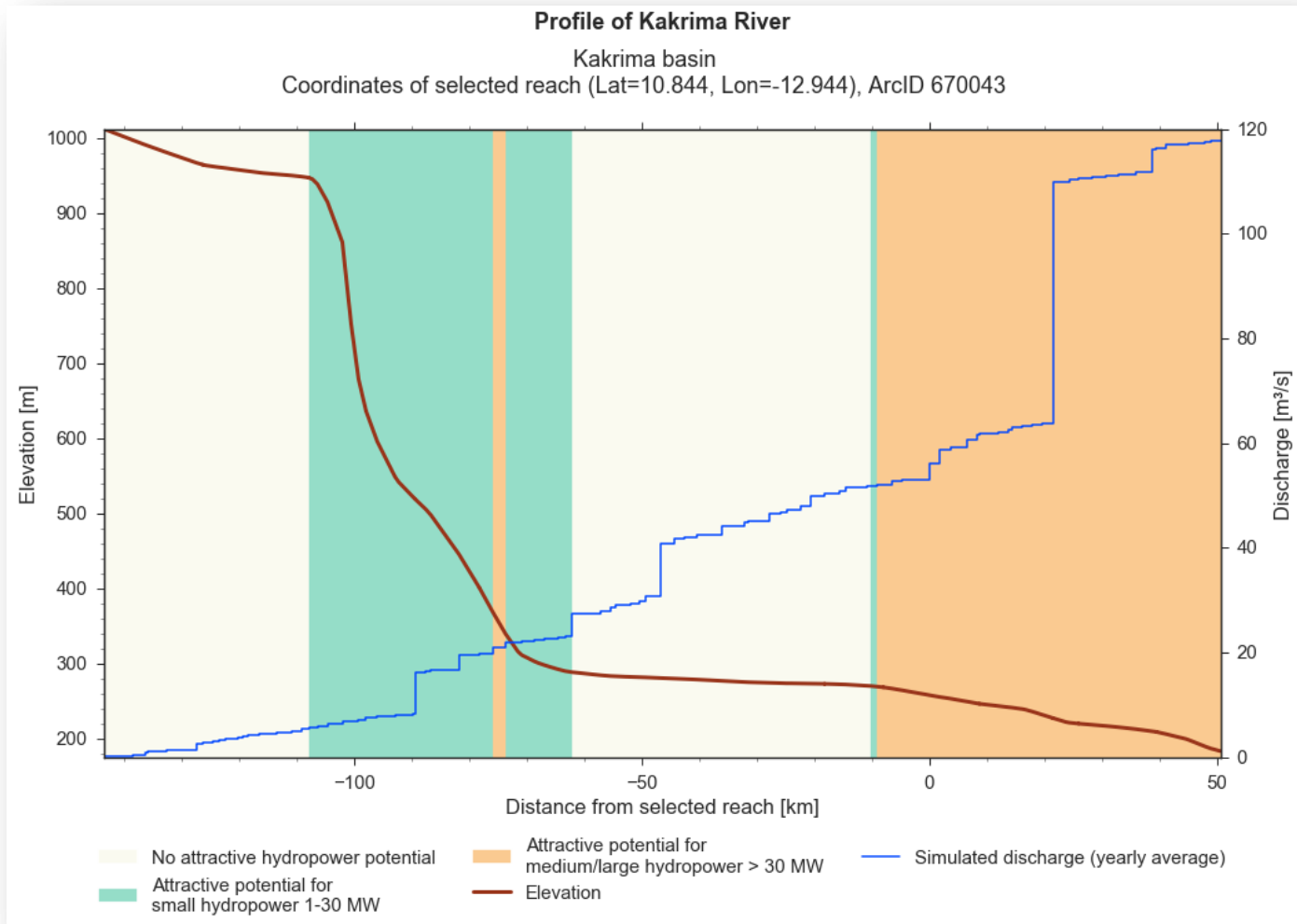
## Système de classification pour la taille des centrales



Si un fleuve a un potentiel hydroélectrique « adapté », alors il convient de le présélectionner parmi les sites potentiels d'hydroélectricité en tenant compte des contraintes environnementales, sociales, techniques et économiques.

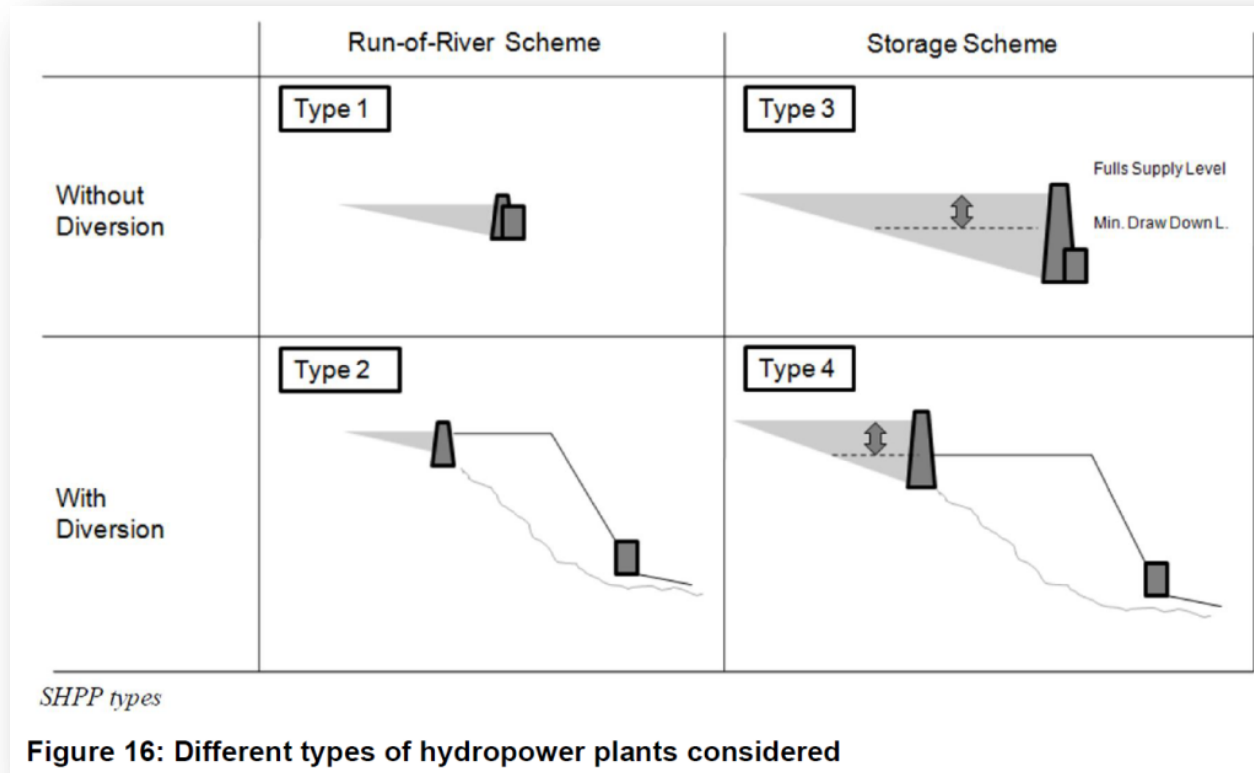
# Potentiel hydroélectrique

## Profils longitudinaux des fleuves



# Potentiel hydroélectrique

## Classification des type de centrales





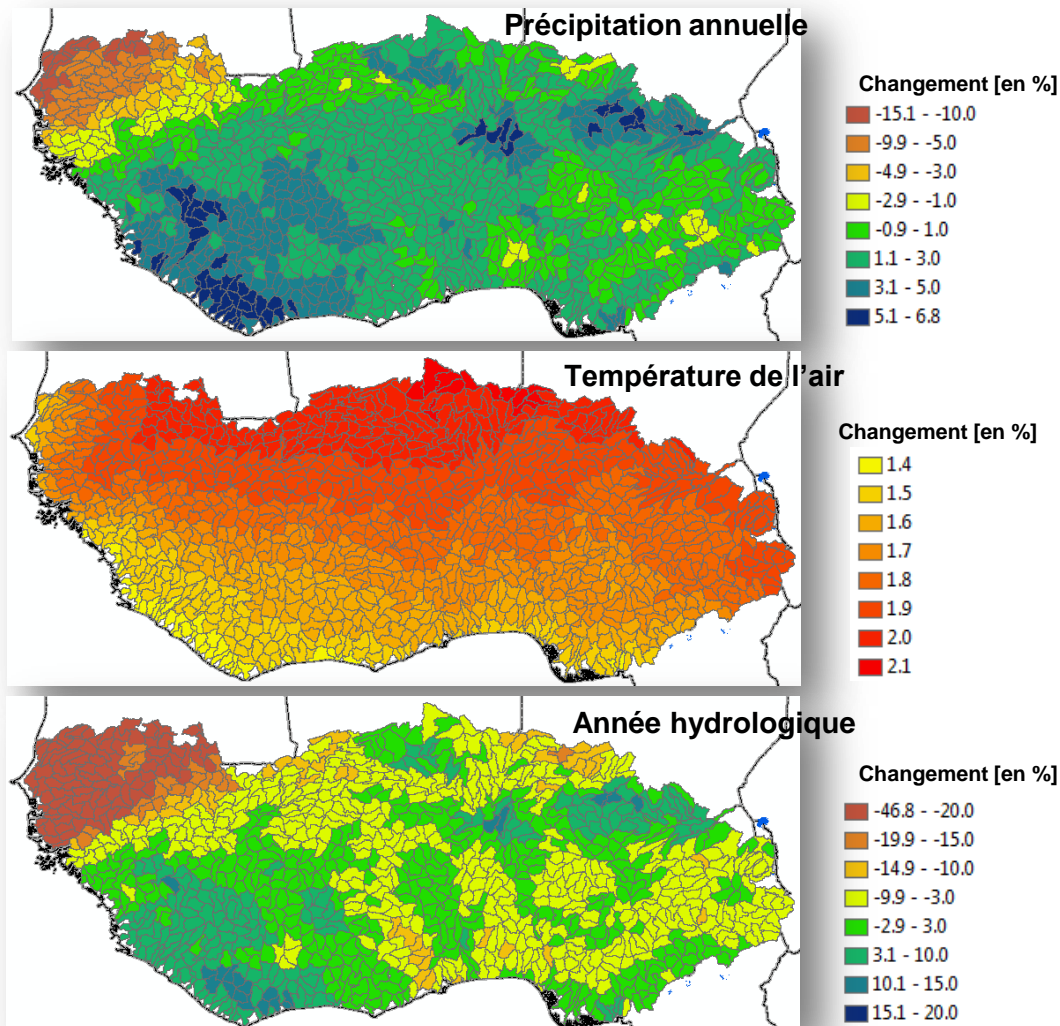
# Changement climatique

## Aperçu

- Questions clés:
  - Comment le débit (potentiel hydroélectrique) changera-t-il dans l'avenir?
  - Y aura-t-il des incidences négatives sur l'hydroélectricité en Afrique de l'Ouest?
- CORDEX-Africa
  - Expérience régionale coordonnées des études des phénomènes sous-échelle pour l'Afrique
  - Projections les plus détaillées du changement climatique actuellement disponibles pour l'Afrique
  - 15 combinaisons de Modèles climatiques régionaux (MCR) et de Modèles climatiques mondiaux (MCM)
  - Deux scénarios d'émission (Scénarios RCP - évolution représentative de la concentration en gaz à effet de serre):
    - RCP4.5: réchauffement modéré
    - RCP8.5: réchauffement important
- Traitement des données des MCR
  - 1350 sous-zones en Afrique de l'Ouest
  - Variables prises en compte
    - Précipitation
    - Température de l'air
  - Forçage du modèle de bilan hydrique avec des signaux de changement climatique tirés des MCR

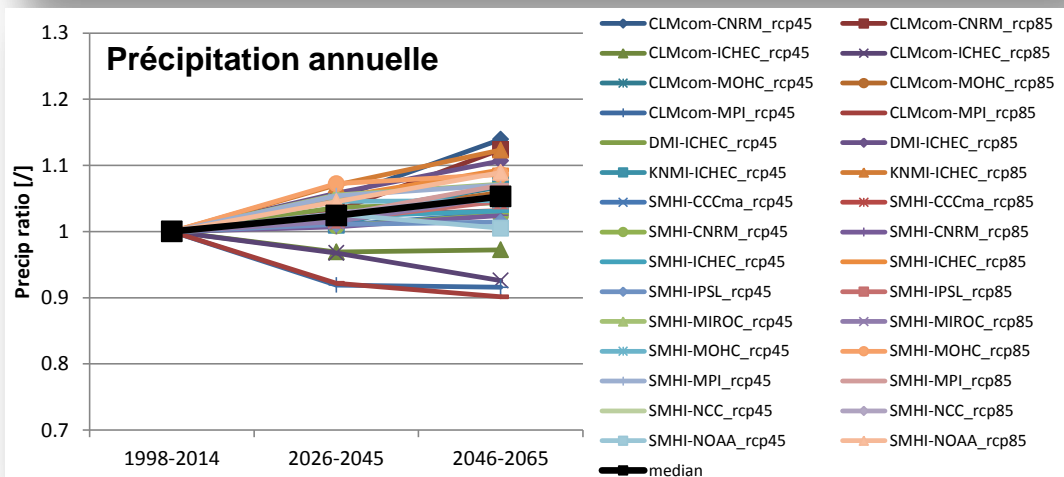
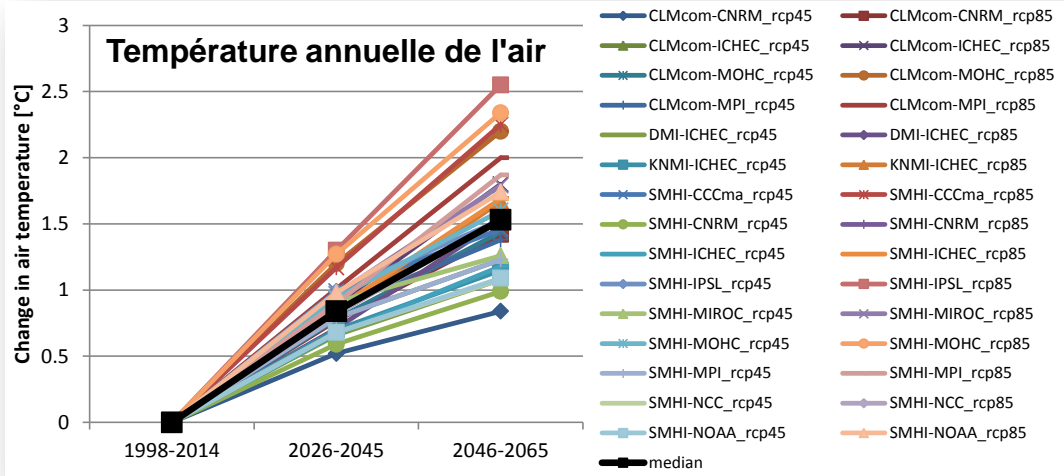
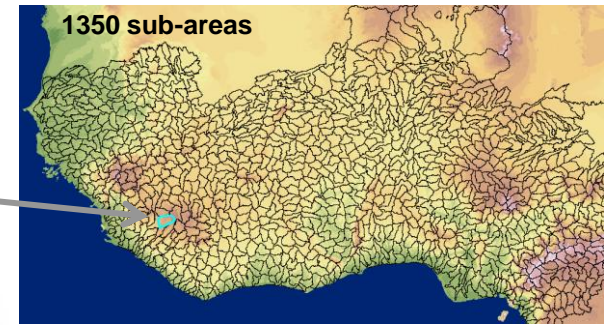
# Projection du changement climatique pour 2046-2065 par rapport à 1998-2014

Projection médiane sur 30 séquences de modèles climatiques

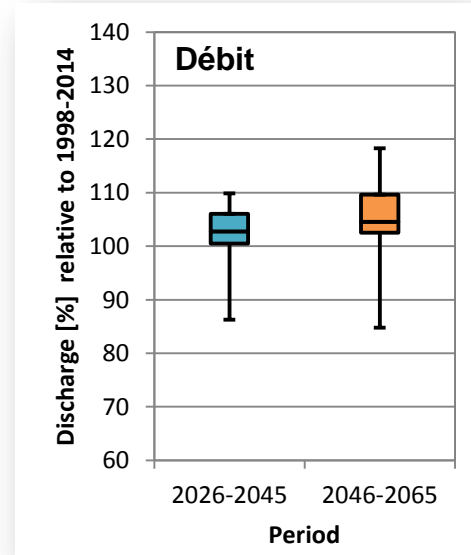


# Changement climatique

## Exemple du Fleuve Makona (Guinée)



Modèle de bilan hydrique



# Résumé

## Résultats

- La présente étude donne une évaluation régionale du potentiel hydroélectrique de tous les fleuves en Afrique de l'Ouest, en utilisant une méthodologie cohérente.
- Les régions attrayantes sont identifiables avec précision en termes de :
  - Pico/micro/mini CHE < 1 MW
  - Petite CHE 1-30 MW
  - Moyenne/grande CHE > 30 MW
- Changement climatique
  - Un réchauffement considérable est attendu dans l'avenir, conduisant à des pertes plus fortes par évaporation
  - Les changes des précipitations futures affichent les différences existant entre les régions (hausses/baisses)
  - Changes attendus du débit futur:
    - Hausse par exemple en Sierra Leone, au Liberia
    - Baisse par exemple dans le bassin inférieur du Sénégal
    - Pas de changement significatif par exemple dans le bassin du fleuve Volta
  - Le changement climatique devrait être pris en compte dans le développement d'une production hydroélectrique à la pointe de la technologie.

Le changement climatique n'est pas un scénario de la pire éventualité pour l'hydroélectricité en Afrique de l'Ouest.



## Défis et enseignements tirés

- Un géocodage correct prend beaucoup de temps en raison de l'absence d'information exacte.
  - 410 jauges de débit
  - 91 centrales hydroélectriques existantes
- A plusieurs jauges, les données sur le débit observé semblent être affectées par de graves erreurs de justesse, notamment après 1990.
- Il y a de grande divergences entre les ensembles de données hydrométéorologiques
  - Précipitation: GPCC, TRMM, RFE
  - Évapotranspiration potentielle : CRU, E2O, Climwat
- Le calibrage du modèle de bilan hydrique peut s'avérer quasiment compliqué. À quelles informations se fier?
  - Débit observé par erreur de justesse? jauge mal placé?
  - Précipitations et données d'évaporation comportant des erreur de justesse?
  - Structure adéquate du modèle?
- Comme dans bien d'autres régions du monde, la disponibilité des données est meilleure pour la période allant de 1961 à 1990. Toutefois, cette période est actuellement trop éloignée pour servir de période de référence pour le potentiel hydroélectrique "actuel", surtout lors de l'examen des périodes de sécheresse dans les années 80.

# Perspectives

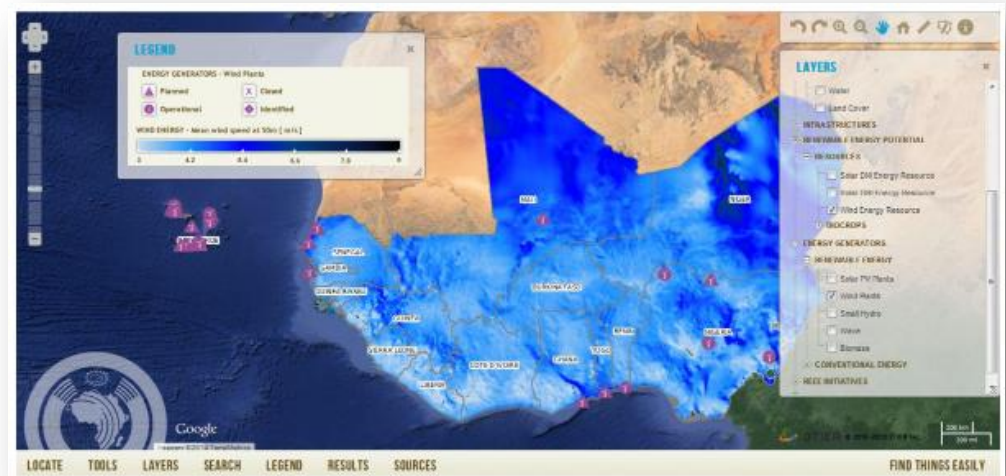
## Intégration de nouvelles couches dans le système ECOWREX

- Couche par zone climatique
- Couches des centrales hydroélectriques existantes
- Couches du potentiel hydroélectrique
  - couche des réseaux fluviaux
  - Couche des sous-régions

- Rapports pays

- Information sur le changement Climatique dans :

- la couche par zone climatique
- la couche des réseaux fluviaux
- la couche des sous-régions
- les rapports pays



# Perspectives

## Activités de sensibilisation

- Sensibilisation

- Présentations lors des conférences

Ex. « Stockage de l'eau et développement de l'hydroélectricité en Afrique », Maroc, mars 2017

- Publications dans des revues

Ex. « The International Journal on Hydropower & Dams »

- Informer activement les diverses institutions

Ex. « Association Internationale pour l'hydroélectricité »

- Formation

- Formation pratique

- Comment utiliser le système ECOWREX pour l'évaluation de l'hydroélectricité

- Avoir une meilleure compréhension des processus hydrologiques pertinents

- Apprendre comment interpréter les projections relatives au changement climatique

Fin

Questions?



Funded by

