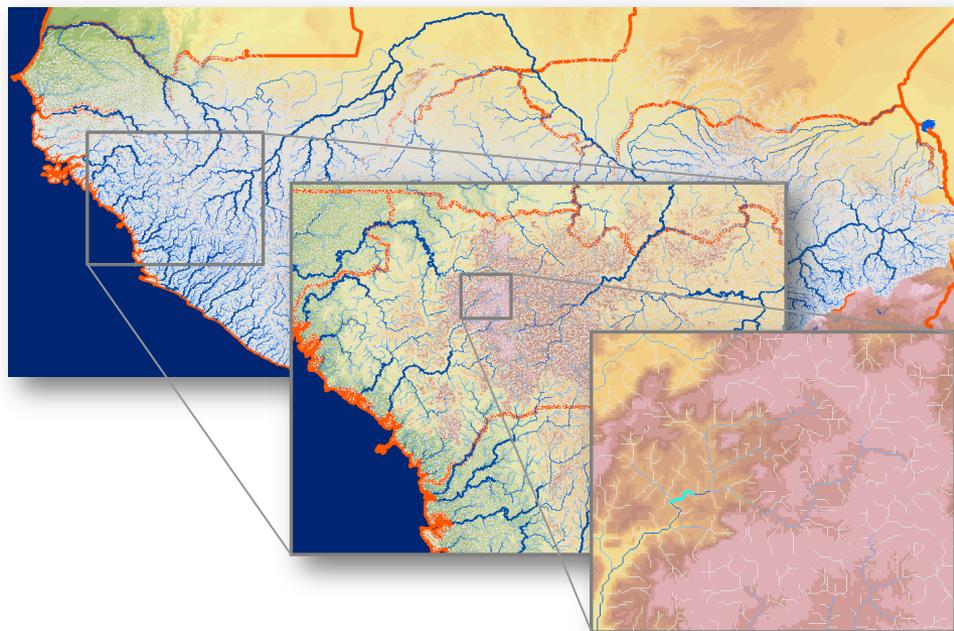


# Cartographie des ressources hydroélectriques via le GIS pour la région de la CEDEAO

## Session 7: Bilan hydrique



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

**Formateur : Harald Kling**

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

Financé par



---

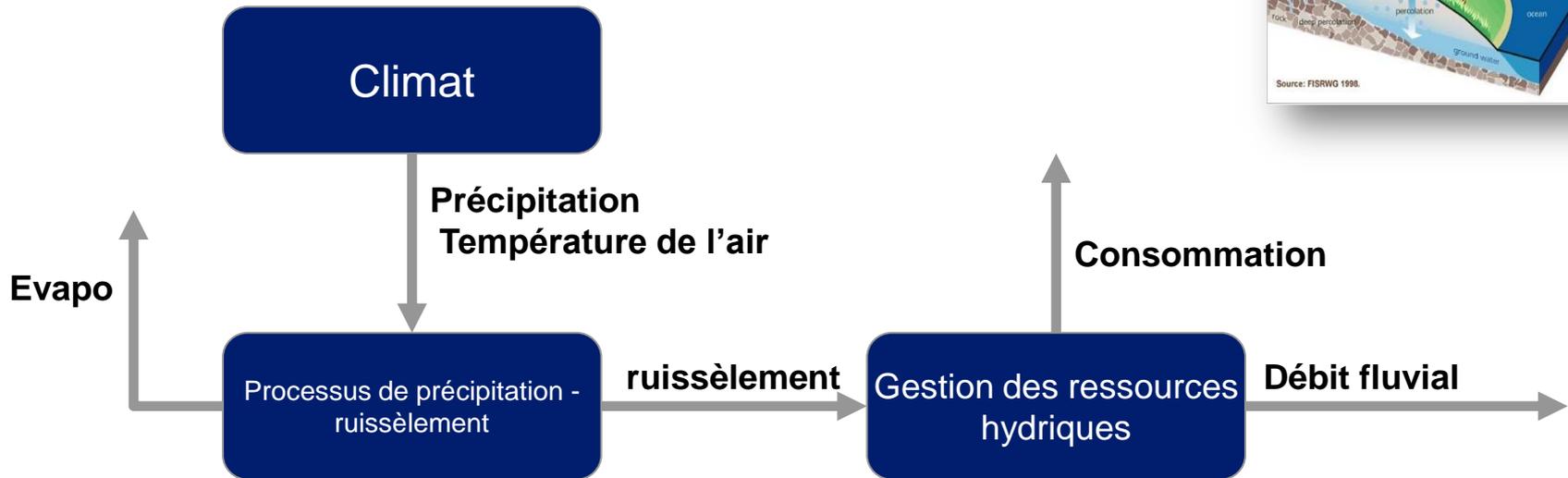
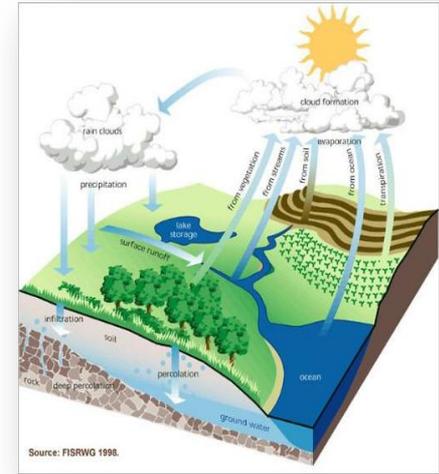
# Bilan hydrique

## Aperçu

- Théorie du bilan hydrique
- Groupe de travail
  - Calcul simple du bilan hydrique
  - Analyse simple du scénario du changement climatique

# Théorie du bilan hydrique

## Principaux facteurs favorisant la disponibilité de l'eau



---

# Bilan hydrique

## Pourquoi est-ce important pour l'hydroélectricité ?

- Le bilan hydrique décrit l'importance du ruissèlement généré à partir de la pluviosité.
- Comprendre le bilan hydrique est essentiel pour la compréhension les variations régionales en terme de débits et donc d'hydroélectricité.
- Tout changement au niveau du bilan hydrique entraine des changements de la production d'hydroélectricité :
  - Les variations naturelles de la pluviosité d'une année à l'autre
  - Changement climatique

# Modélisation du bilan hydrique

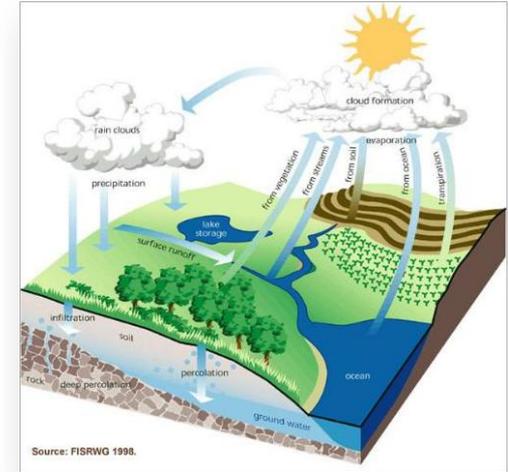
## Fondements : équation du bilan hydrique annuel

Exemple : Haute Volta noire (Burkina Faso)

$$\text{Précipitation} = \text{Ruissèlements} + \text{Évapo} + \Delta S$$

1000 mm/an                      100 mm/an                      900 mm/an                      0 mm/an

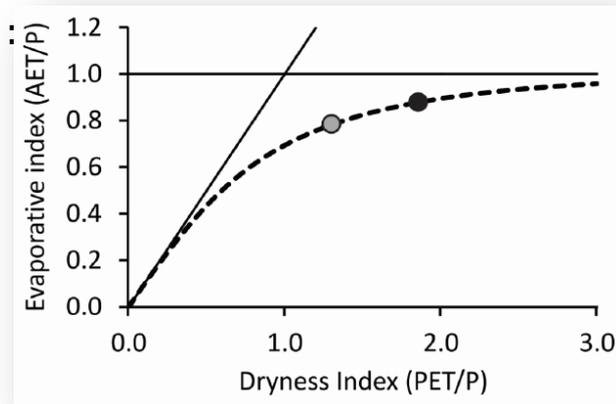
L'évaporation est principalement une petite composante du bilan hydrique!



Relation avec le bilan hydrique annuel de Budyko :

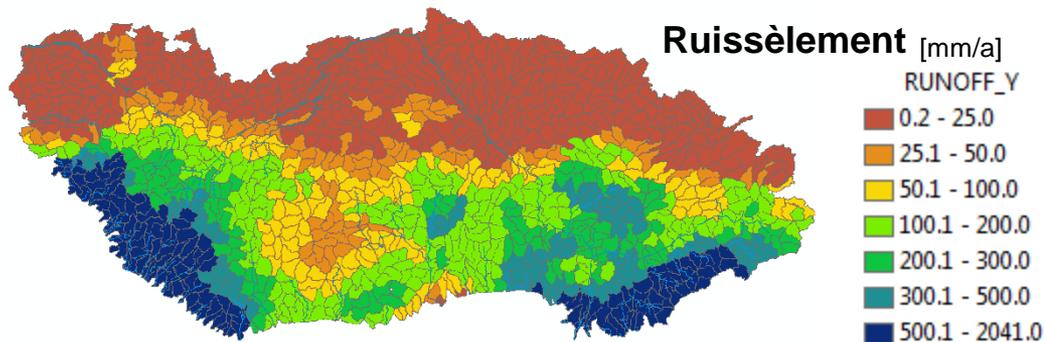
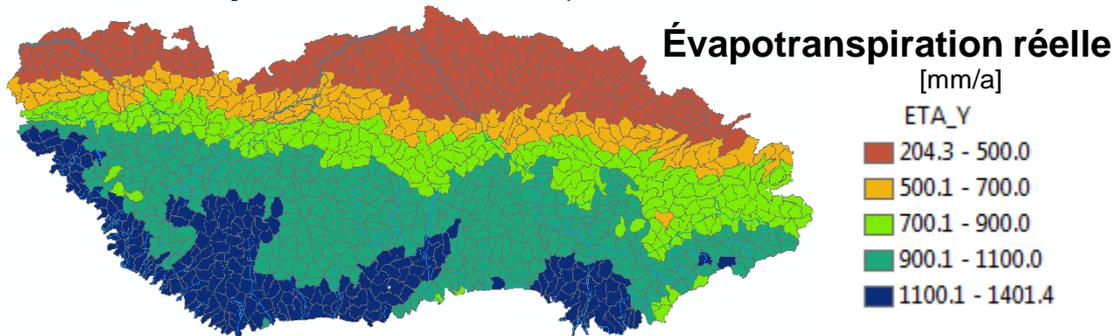
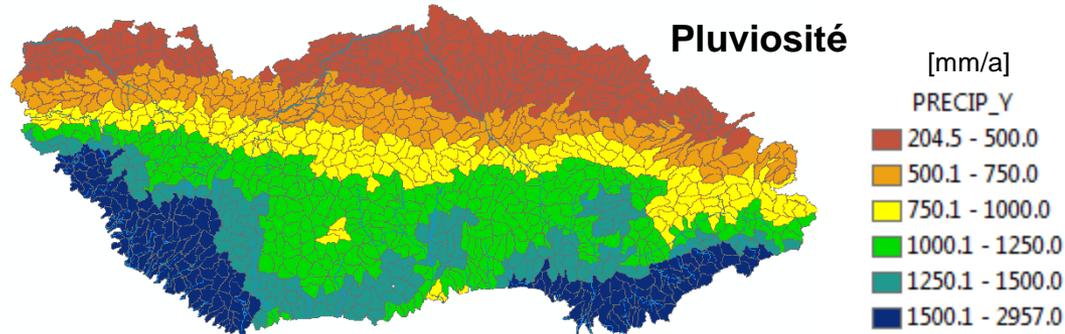
$$\frac{ETA}{P} = \left[ 1 + \left( \frac{ETP}{P} \right)^{-c} \right]^{-1/c}$$

- ETA : évapotranspiration réelle annuelle [mm]
- ETP : évapotranspiration potentiel annuelle [mm]
- P : précipitation annuelle [mm]
- C : paramètre du modèle



# L'équilibre hydrique en Afrique de l'Ouest

## Résultats de simulation par sous-zone pour 1998-2014



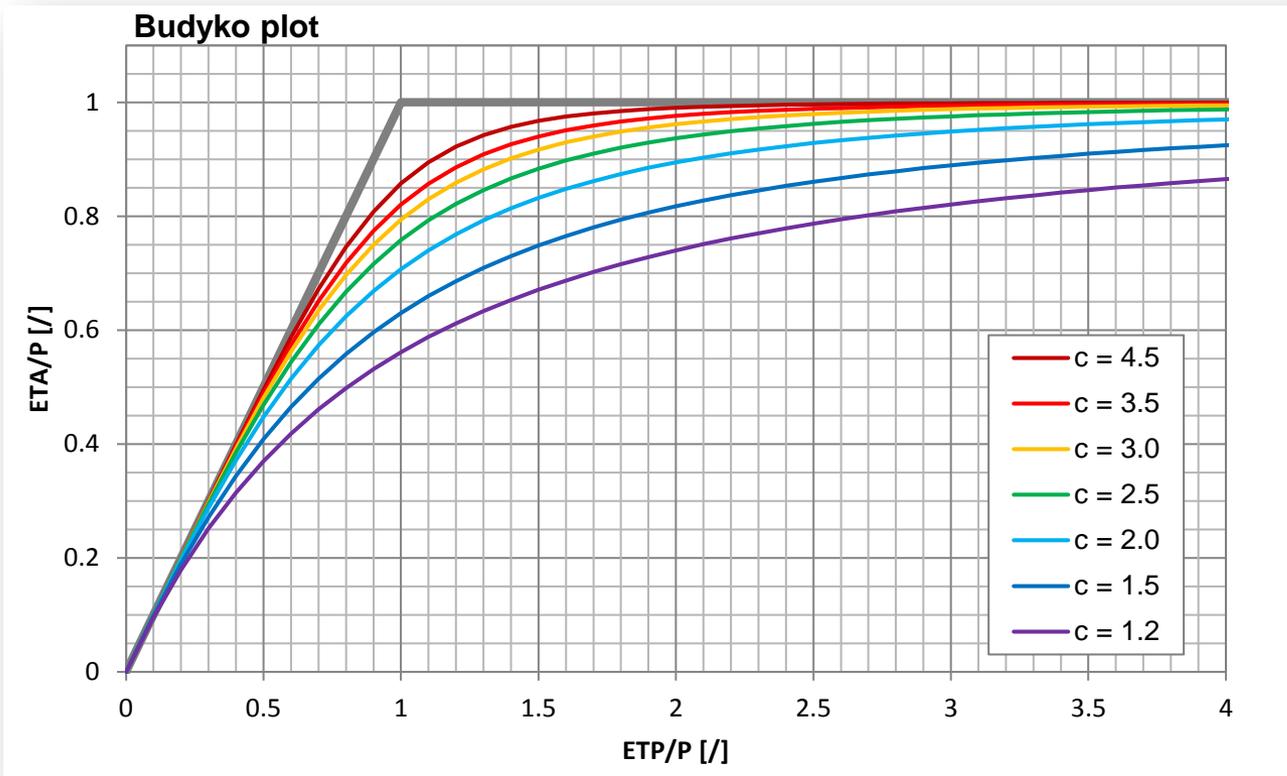
# Bilan hydrique

Montrer les sous-zone  
Changer les affichages entre  
PRECIP\_Y, ETA\_Y, RUNOFF\_Y  
Cliquer sur les sous-zones et montrer les attributs

**Passer à la présentation du GIS ...**

# Bilan hydrique annuel

## Comment faire une simple estimation du bilan hydrique

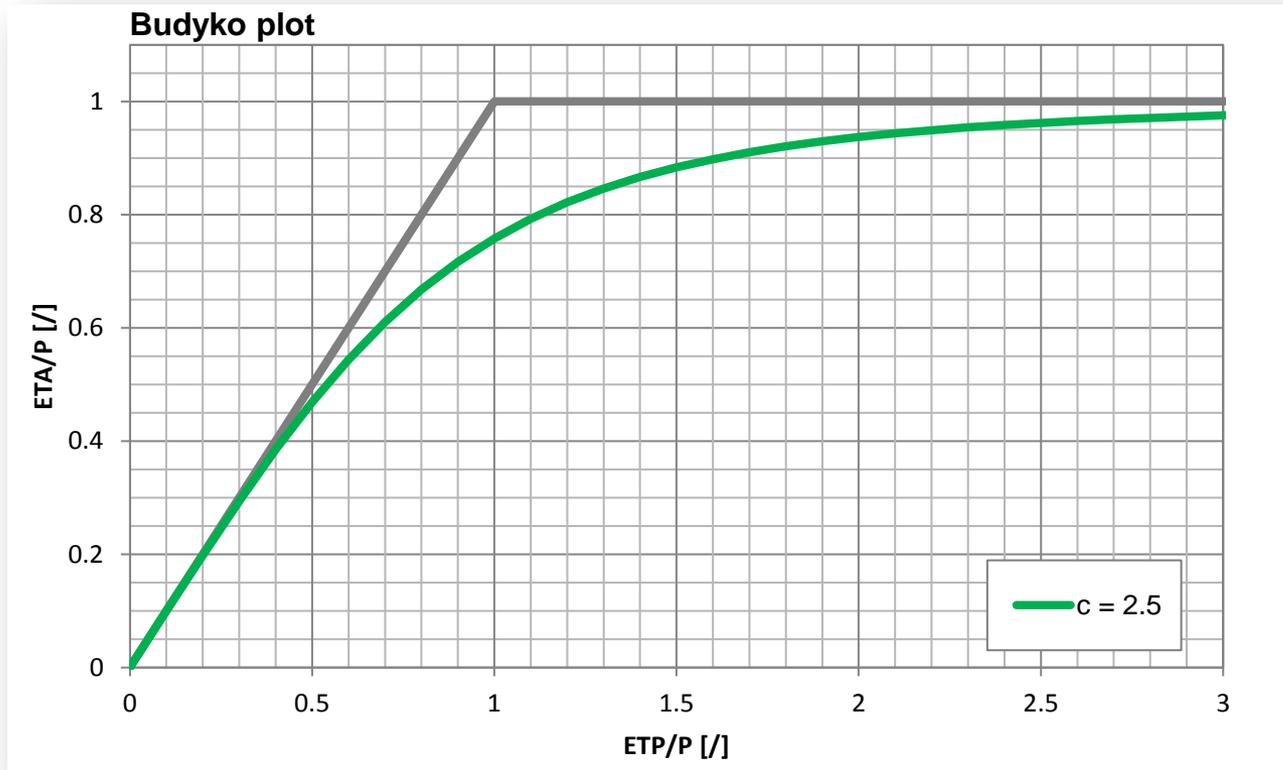


$$\frac{ETA}{P} = \left[ 1 + \left( \frac{ETP}{P} \right)^{-c} \right]^{-1/c}$$

ETA: évapotranspiration réelle annuelle [mm]  
ETP: évapotranspiration potentielle annuelle [mm]  
P: précipitation annuelle [mm]  
c: paramètre du modèle

# Bilan hydrique annuel

## Comment faire une simple estimation du bilan hydrique



- Étape 1: obtenir les données d'entrée
  - Précipitation (P) (mm)
  - Évapotranspiration potentielle (ETP) (mm)
  - Superficie (km<sup>2</sup>)
- Étape 2 : utiliser le graphique de Budyko
- Étape 3 :
  - Calculer le ruissèlement (mm)
  - Ruissèlement = P – ETA
- Étape 4 :
  - Calculer le débit (m<sup>3</sup>/s)
  - Q = Ruissèlement \* région/temps

$$\frac{ETA}{P} = \left[ 1 + \left( \frac{ETP}{P} \right)^{-c} \right]^{-1/c}$$

ETA: : évapotranspiration réelle annuelle [mm]  
 ETP: évapotranspiration potentielle annuelle [mm]  
 P: précipitation annuelle [mm]  
 c: paramètre du modèle

Débit [m<sup>3</sup>/s] = Ruissèlement [mm] \* Superficie [km<sup>2</sup>] / Temps [s] \* 1000  
 Temps [s] = 365 jours \* 24 heures \* 60 minutes \* 60 secondes

# Groupe de travail

## Estimation du bilan hydrique

- Groups de 3-4 personnes (même chose qu'auparavant)
- Sélectionner le fleuve qui vous intéresse (utiliser vos cartes)
- Demander moi les données d'entrée à partir du GIS
- Procéder aux calculs du bilan hydrique
  - Utiliser le graphique de Budyko (voir imprimé)
  - Calculer le ruissèlement
  - Calculer le débit
- Rendre compte des résultats
  - Nous comparerons la valeur du débit de la couche du réseau fluvial par GIS

# Groupe de travail

## Estimation du bilan hydrique

- Raisons sous-tendant l'écart au niveau du débit entre l'estimation simple et la couche du réseau fluvial par GIS
  - Différents paramètres de la courbe de Budyko (résultats de calibrage du modèle !)
  - Relations non-linéaires avec le bilan hydrique
    - Dans l'exemple pratique, nous avons effectué un calcul concentré du bilan hydrique.
    - Mais le modèle du bilan hydrique a été appliqué par distribution spatiale (pour chaque tronçon de fleuve).
  - Dérivations
    - Irrigation
    - Plaines inondables
- Les résultats de la simulation sont plus sensibles dans les bassins semi-arides que dans les bassins humides
  - Une petite erreur dans le paramètre du module peut causer un biais important pour le débit simulé du bassin semi-bassin aride
  - Le débit du bassin semi-aride est également plus sensible aux changements possibles du climat

# Groupe de travail

## Estimation de l'équilibre hydrique et scénarios de changement climatique

- Même méthode qu'auparavant
- Utiliser les scénarios du changement climatiques:
  - Hausse future des précipitations : +10%
  - Baisse future des précipitations : -10%
  - Réchauffement par +2°C: +5% de transpiration potentielle
- Recalculer l'équilibre hydrique pour les scénarios de changement climatique
  - Utiliser le graphique de Budyko (voir imprimé)
  - Calculer le ruissèlement
  - Calculer le débit
- Rendre compte des résultats
  - Le changement du débit en pourcentage pour les scénarios de changement climatique

Exemple :

Précipitation = 1000 mm

Précipitation + 10 % = 1000 mm \* 1.10 = 1100 mm

Précipitation – 10 % = 1000 mm \* 0.90 = 900 mm