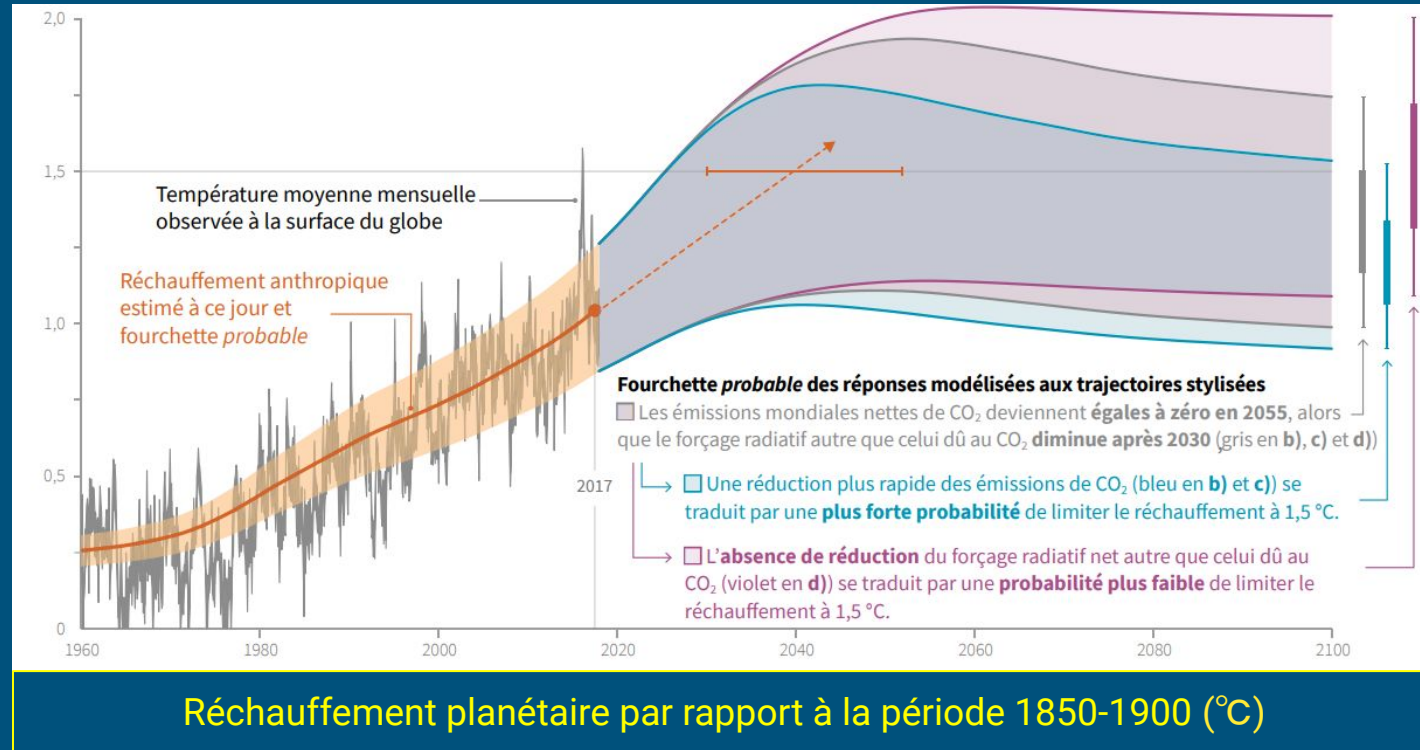


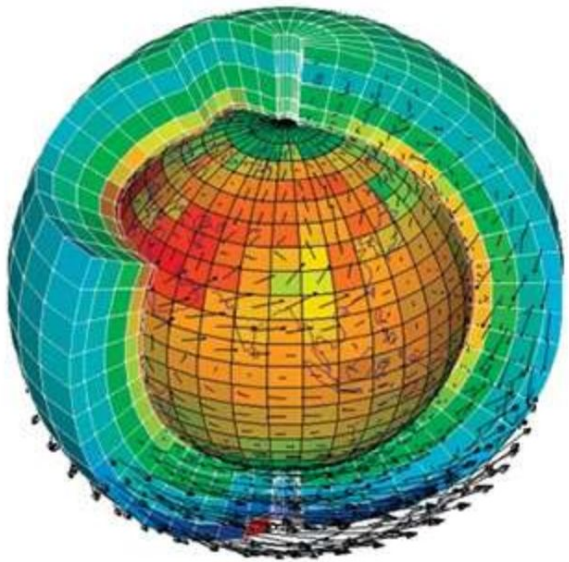
Changement d'échelles dans les projections climatiques et leurs impacts hydrologiques: Cas des grandes plaines américaines

Mathis Deronzier

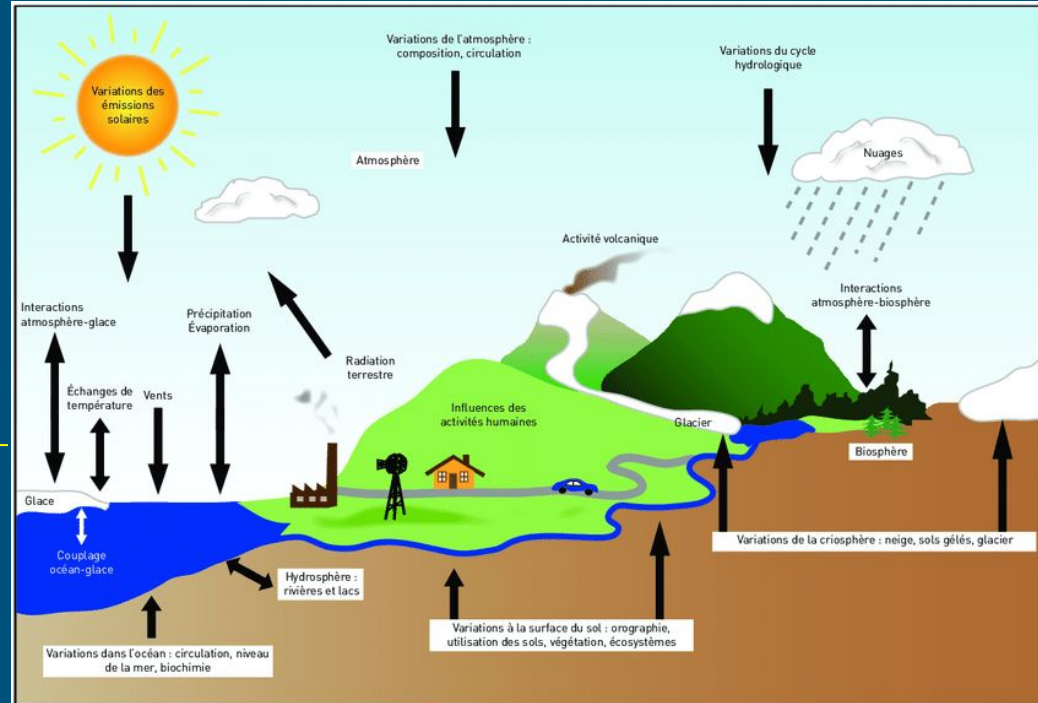
Des changements climatiques majeurs



Les modèles de climat-Système terre



Un grand nombre d'interactions entre: océan, atmosphère et continents



Les principales interactions climatiques

Figure: Maillage de la terre (200x200 km²)

Des modèles à des échelles différentes

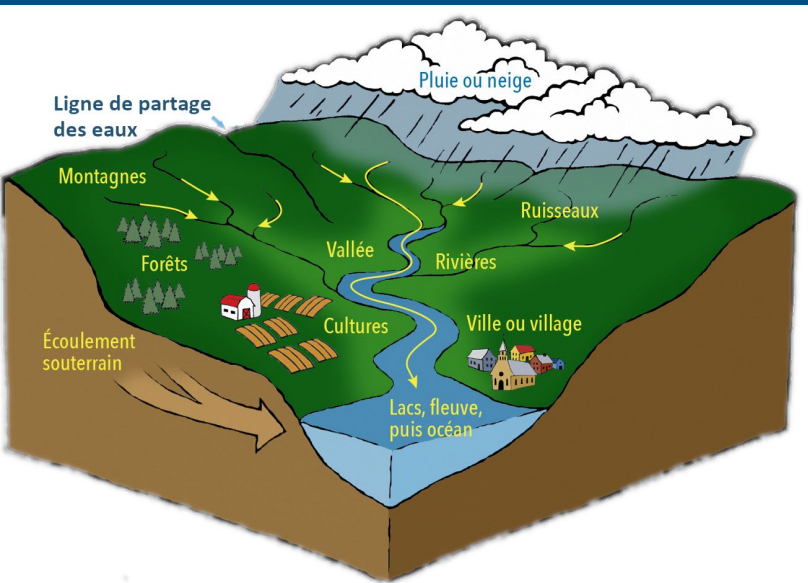


Figure: Échelle d'un bassin versant

Changement d'échelle

Downscaling

Upscaling

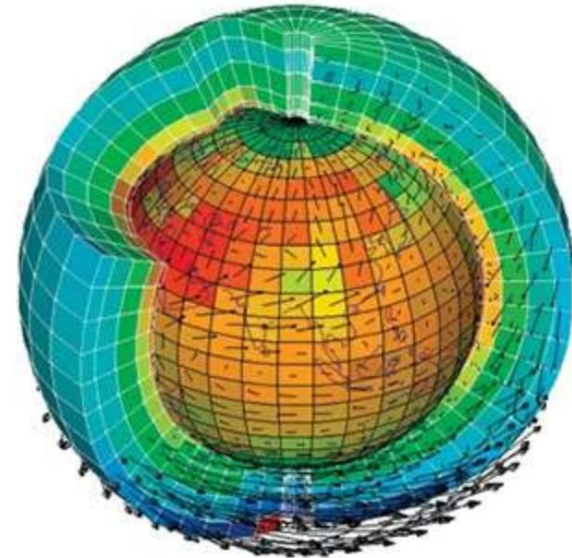


Figure: Maillage Terre
(200x200 km²)

Problématique et thèmes étudiés

Problématique:

- Dans quelle mesure les méthodes changement d'échelle permettent-elles de corriger les modélisations des modèles continentaux?

Thèmes étudiés:

- Les modèles hydrologiques
- Les méthodes de downscaling
- Les problématiques de l'upscaling
- La modélisation hydrologique du Little Washita

Plan de la présentation

I - Les principaux mécanismes de la modélisation Hydrologique

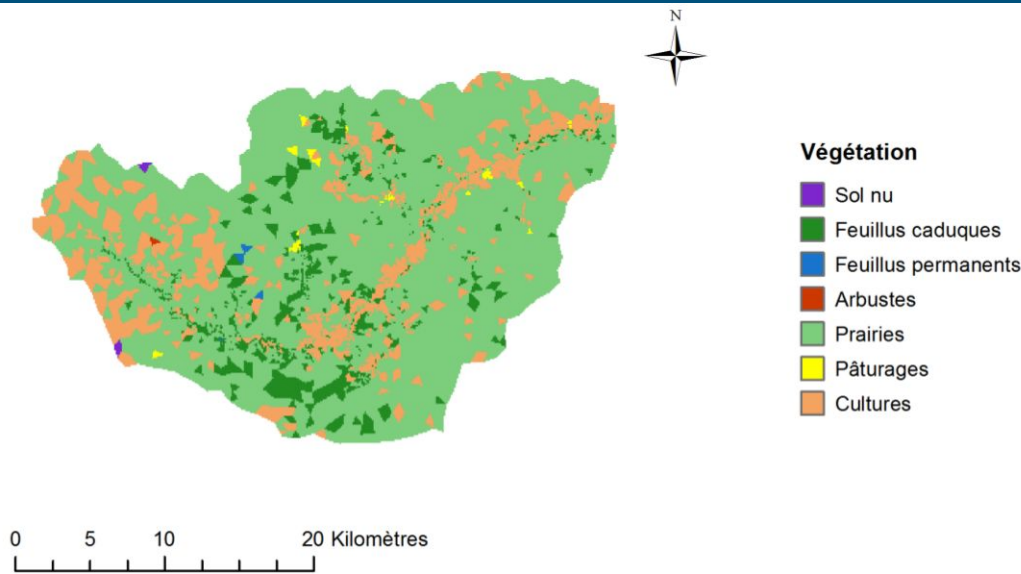
II - La méthodologie utilisée pour réaliser notre étude

III - Le Downscaling

IV - La modélisation hydrologique

V - Conclusion et perspectives

Le bassin du Little Washita



Caractéristiques:

- Surface: 611 km²
- Climat: continentale tempéré
- Altitude: 320-474m
- Pente moyenne : (3.4%)
- lieu de nombreuses études

Figure: Végétation sur le bassin versant du Little Washita

La modélisation Hydrologique

Components of Runoff



Figure: Différents types d'écoulement

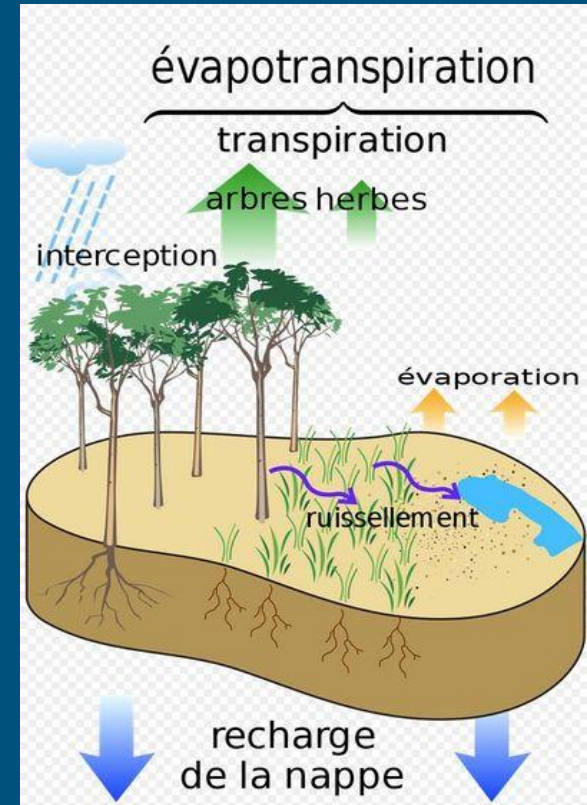


Figure: Mécanismes de l'évapotranspiration

La physique des modèles hydrologiques

Components of Runoff

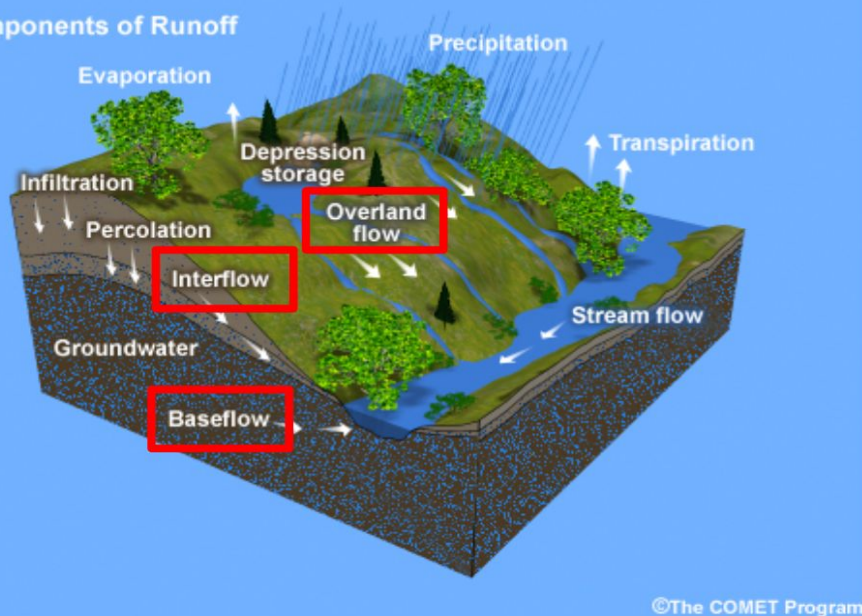


Figure: Différents types d'écoulement

Modélisation



Équation de conservation de la masse:

$$\text{div}(\vec{U}) + \frac{\partial}{\partial t}(\theta) + q = 0, \quad (1)$$

Équation de Darcy:

$$\vec{U} = \frac{k}{\mu}(\vec{\nabla} p + \rho g \vec{\nabla} z), \quad (2)$$

Équation de Richards:

$$S_s(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial \theta}{\partial t}, \quad (3)$$

avec θ la saturation en eau et H la charge hydraulique.

Figure: Les principales équations de la physique

Méthode d'étude du downscaling

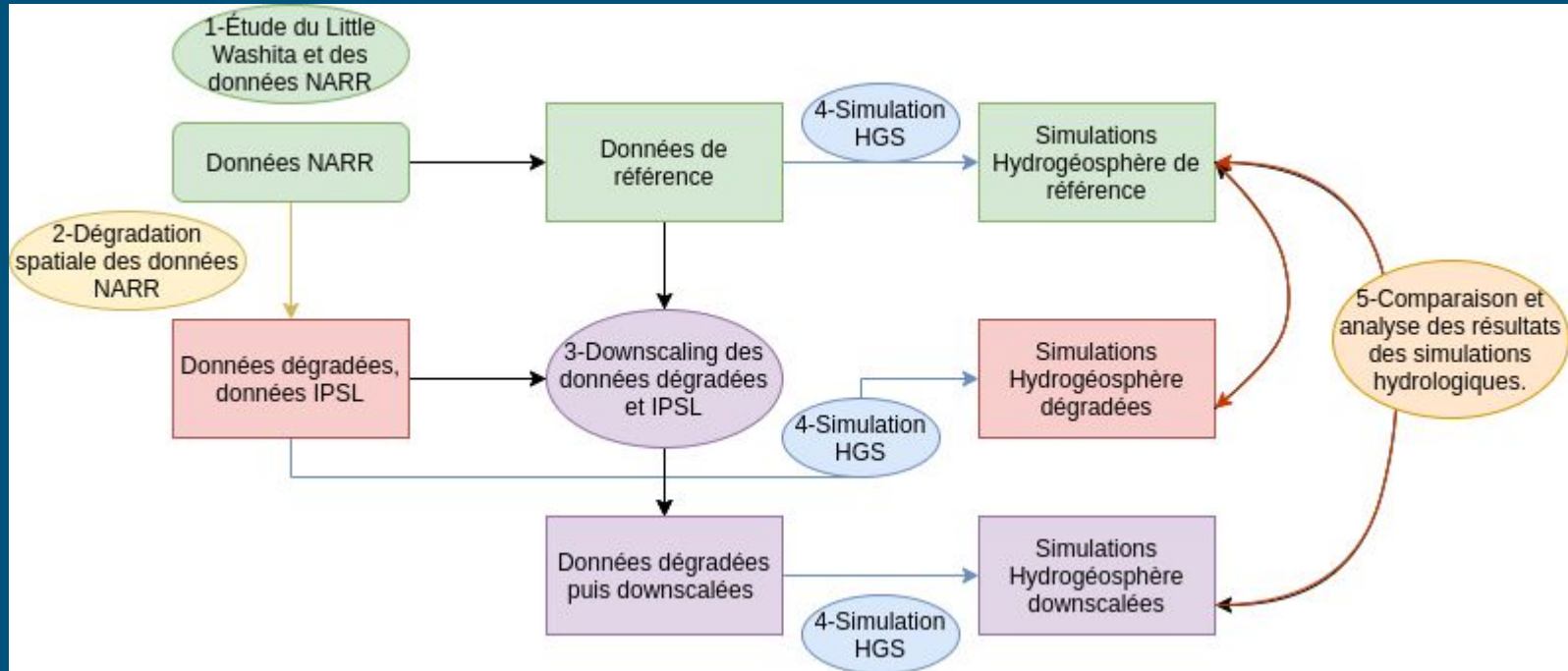


Figure: Diagramme de la méthodologie utilisée

Les données NARR et IPSL

Données NARR:

- Fusion de deux modèles:



Data Analysis Regional system

Petite échelle (32x32 km²)

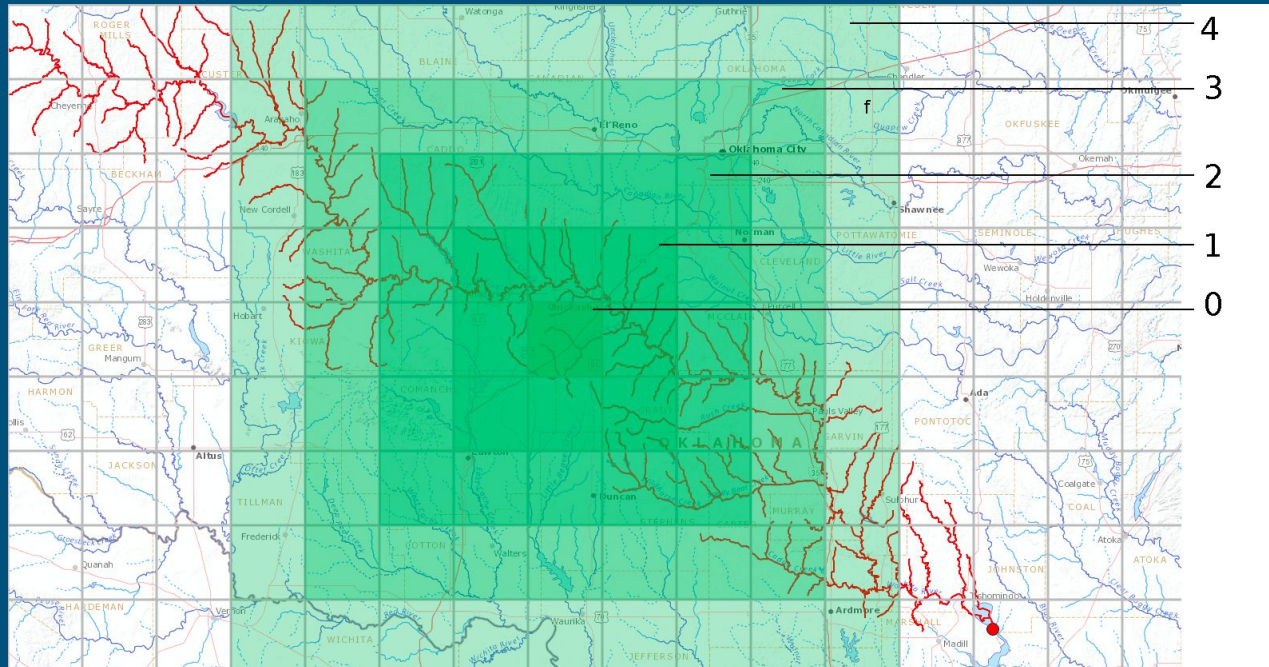
Données IPSL:

- Système terre:



Grande échelles (200x200 km²)

La dégradation des données NARR



Les différentes dégradations:

- 0- Little Washita
- 1- 3x3 mailles
- 2- 5x5 mailles
- 3- 7x7 mailles
- 4- 9x9 mailles

Les données prédites et dégradées :

- Précipitation
- Évapotranspiration potentielle

Figure: Différentes dégradations sur le Washita, maille NARR (32 km)

Le downscaling des données

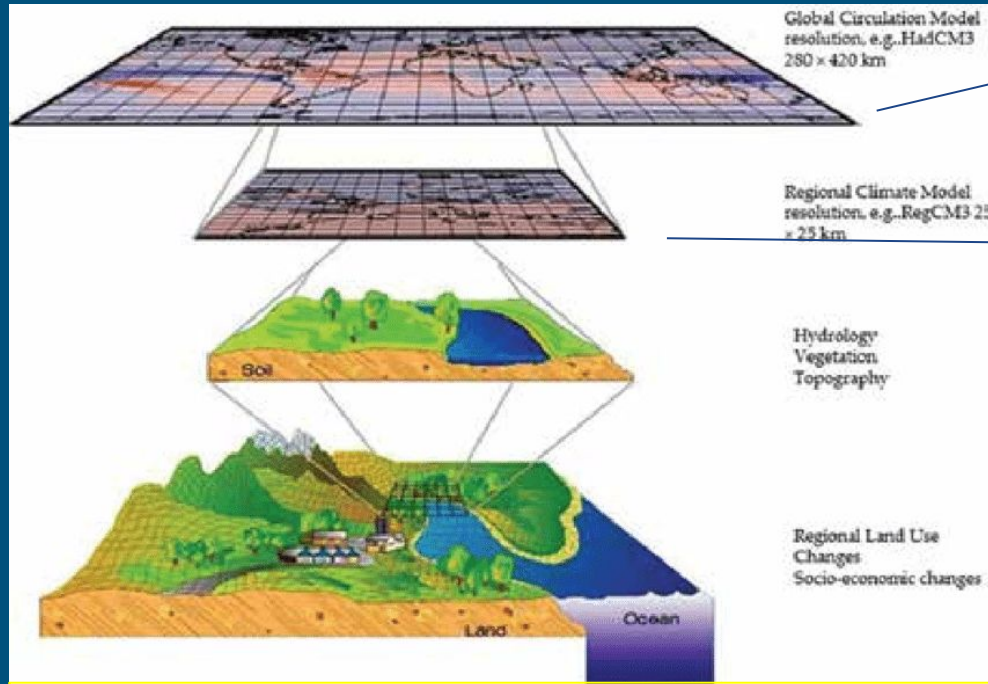


Figure: Représentation du downscaling (32 km)

- ▶ $X = X_1, X_2, \dots, X_n$ et $X' = X'_1, X'_2, \dots, X'_m$ les réalisations des données dégradées passées et futures
- ▶ $Y = Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ et $Y' = Y'_1, Y'_2, \dots, Y'_m$ les réalisations des données qu'on veut prédire passées et futures
- ▶ \mathcal{F}_X et \mathcal{F}_Y les fonctions de répartitions empiriques
- ▶ On cherche G une transformation tq:

$$\mathcal{F}_G(X) = \mathcal{F}_Y$$

Méthode du downscaling : quantile-quantile et CDFt (Cumulative Distribution Function transfert)

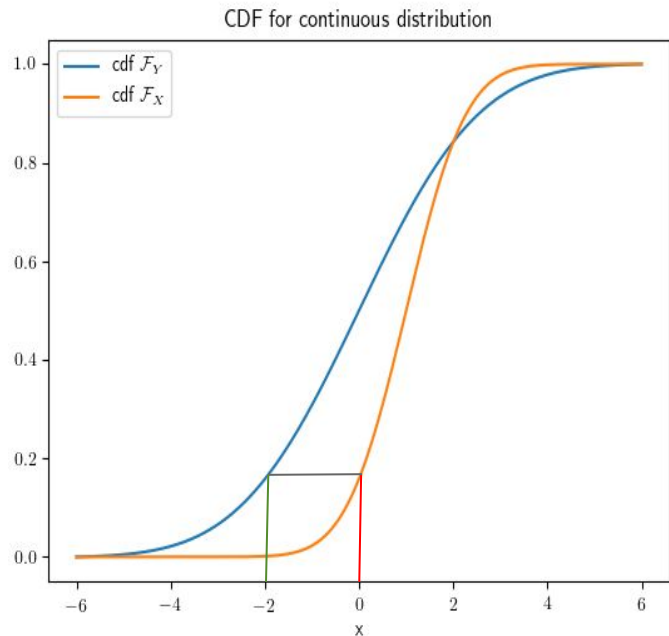


Figure: Explication du downscaling

Application de
la méthode
pour tous les
points

Hypothèse de
stationnarité
des lois dans
le temps

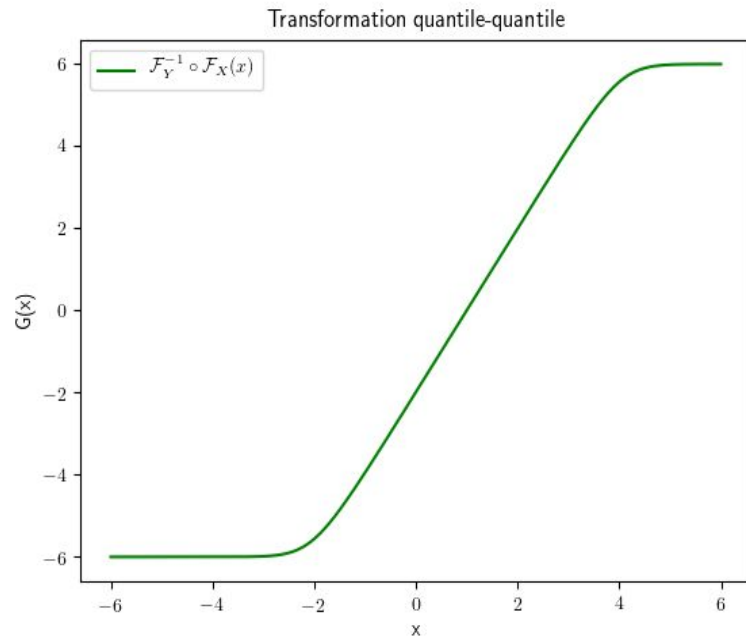


Figure: Résultat de la transformation

Analyse des résultats du downscaling : Cramér-von Mises

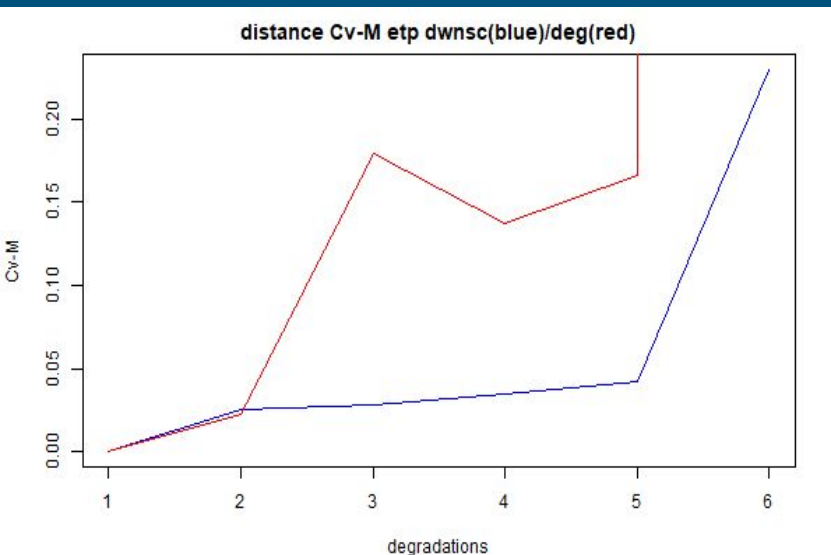


Figure: Distance de Cramér-von Mises evapotranspiration
degradations : (1x1, 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, IPSL)

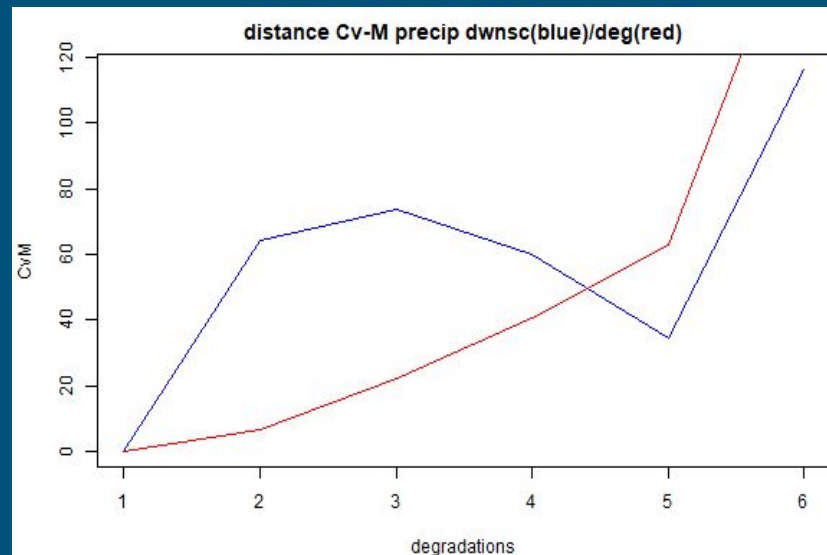


Figure: Distance de Cramér-von Mises précipitation
degradations : (1x1, 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, IPSL)

Cramér-von Mises : norme L^2 sur les fonctions de répartition

Analyse des résultats du downscaling: Loi conjointe

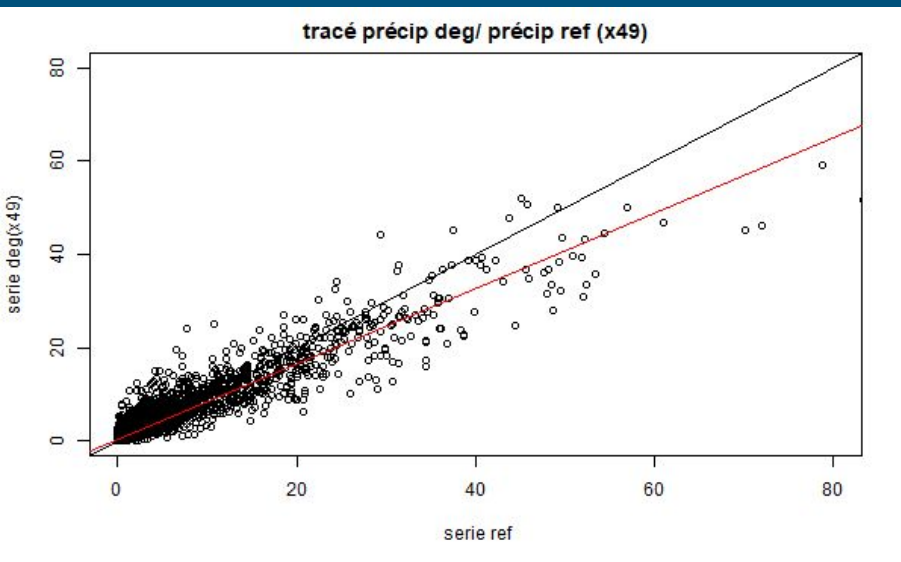


Figure: Tracé des précipitations à l'échelle (7x7) en fonction des précipitations à l'échelle du Little Washita (1x1)

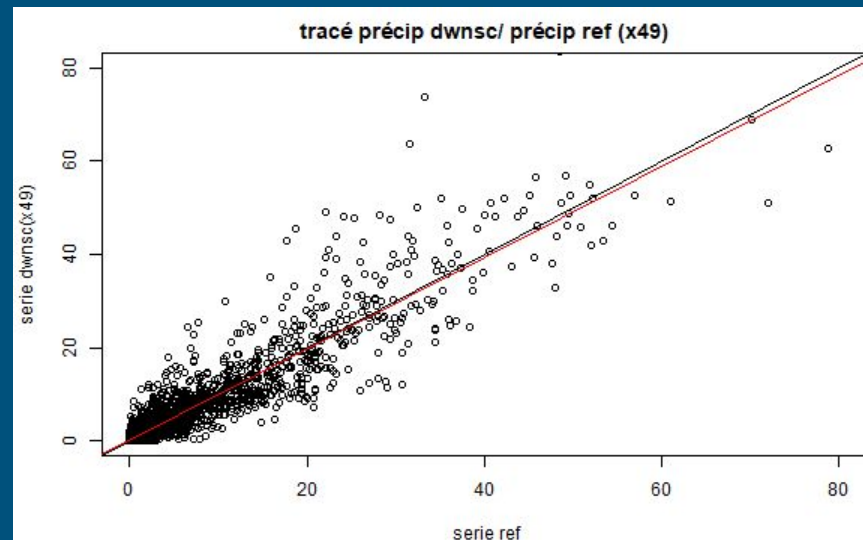


Figure: Tracé des précipitations downscalées de l'échelle (7x7) en fonction des précipitations à l'échelle du Little Washita (1x1)

Simulation du Little Washita avec HydroGéoSphère

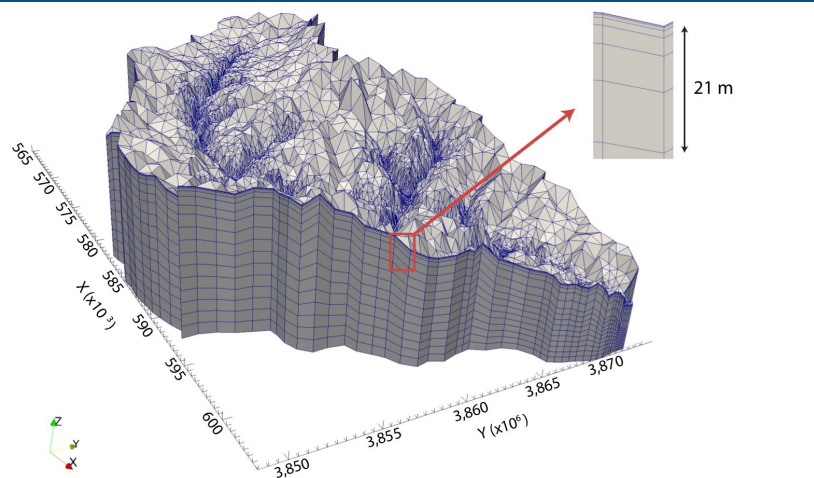


Figure: Modélisation complète du Little Washita

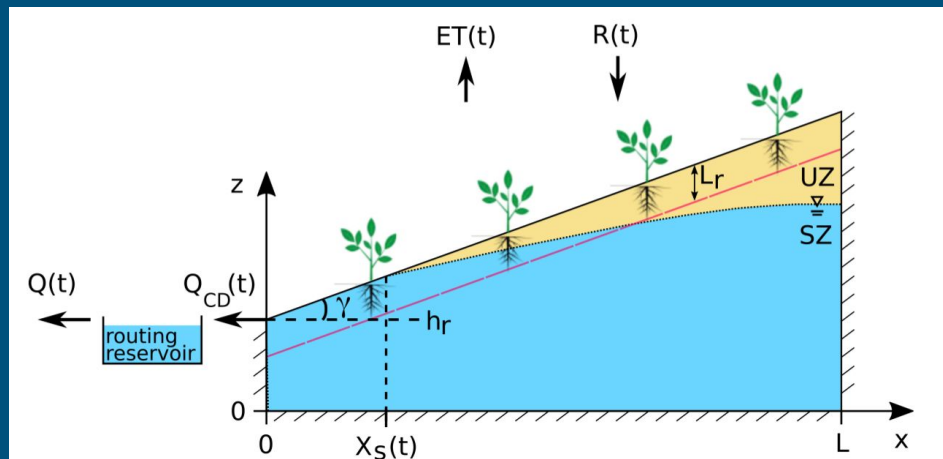
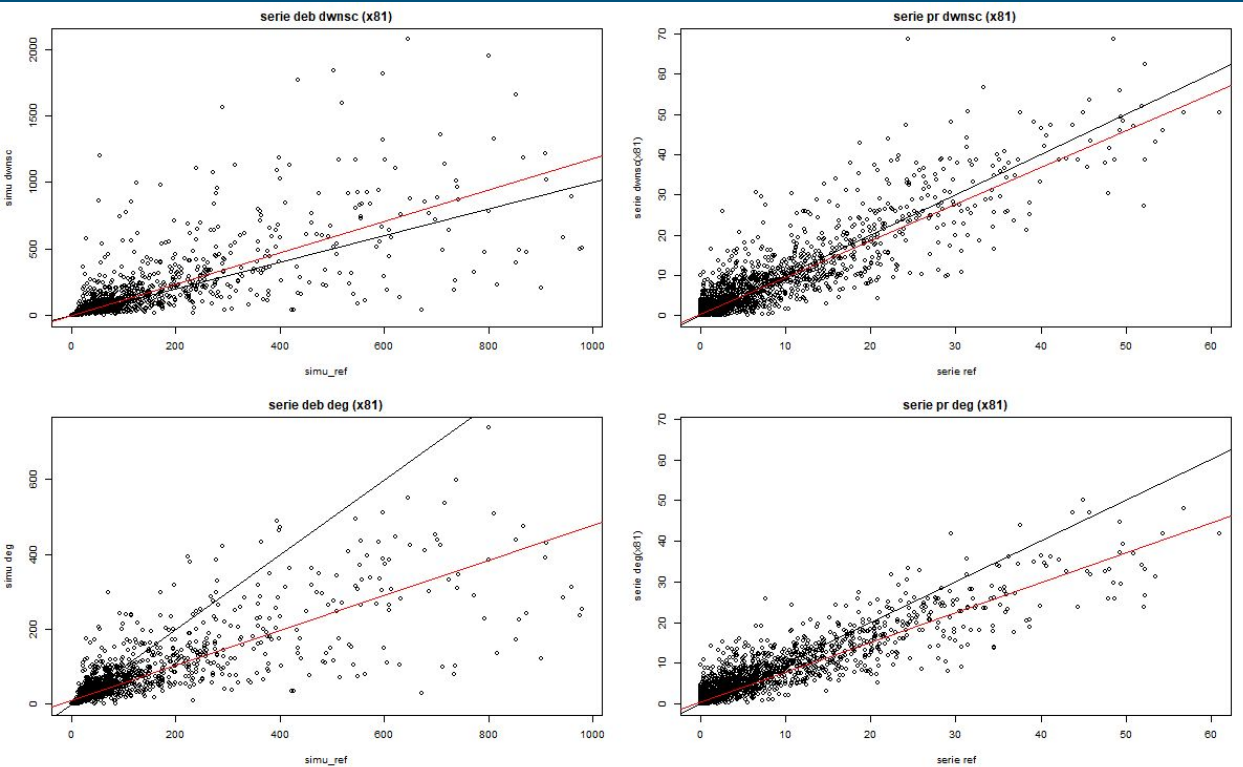


Figure: Modèle upscalé du Little Washita

Upscaling du modèle d'origine

Résultats des débits en fonction des précipitations



Séries downscalées des séries dégradée (9x9):

Séries dégradées (9x9):

Figure: distributions conjointe des débits

Figure: distributions conjointe des précipitations

Comportement non-linéaire de la modélisation

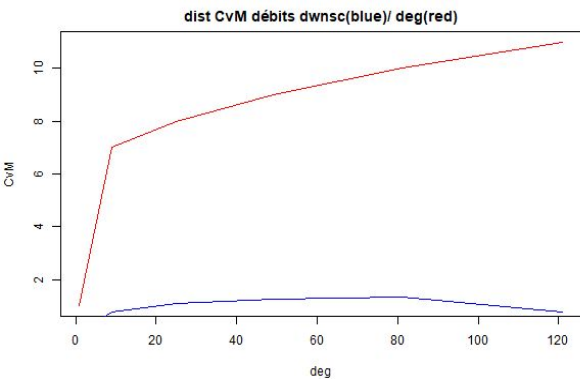


Figure: Distance Cramér-Von des séries des débits:
dégradation(1x1, 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, IPSL)

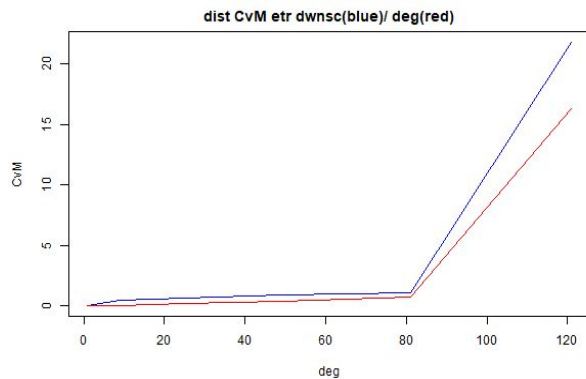


Figure: Distance Cramér-Von des séries d'évapostranpiration réelles:
dégradations(1x1, 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, IPSL)

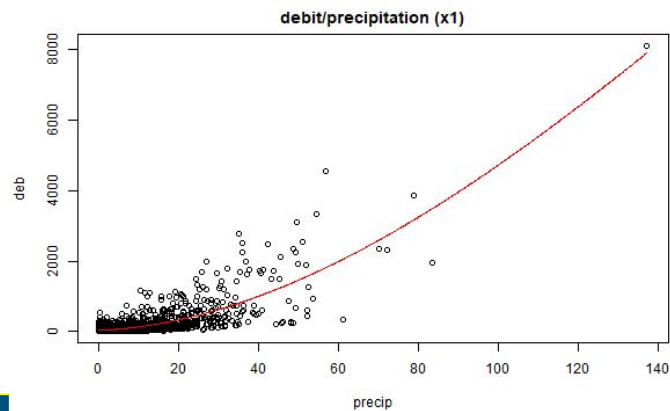


Figure: Analyse conjointe des débits et des précipitations. Réponse quadratique des débits.

La simulation hydrique, une fonction diminuant les distance de Cramér-von Mises

La simulation hydrique, une réponse quadratique des débits en fonctions des précipitations : la loi de Horton sur les écoulements.

Une analyse des différences entre les données références et les données réelles

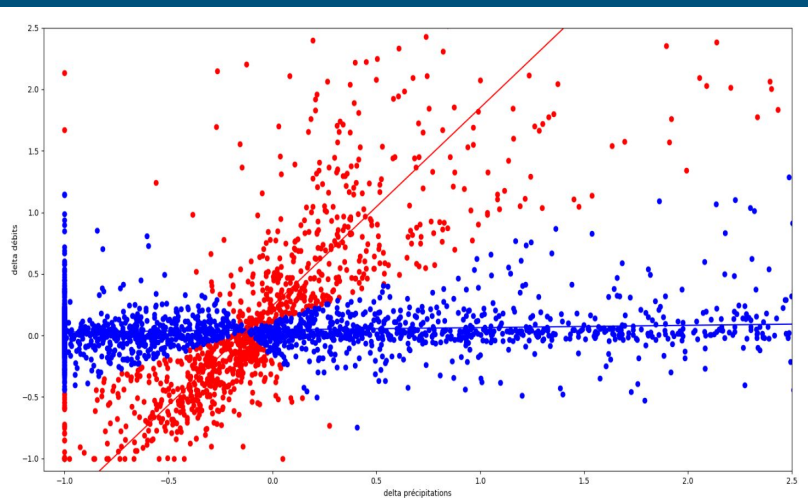


Figure: les deltas débits en fonction des deltas précipitation

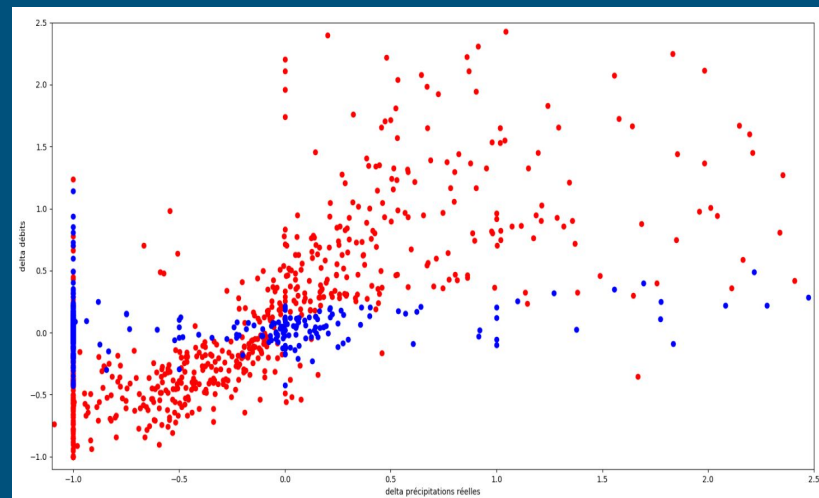


Figure: les deltas débits en fonction des deltas précipitation réels

On observe un comportement quadratique des débits de sortie en fonctions des précipitations d'entré

Conclusion et perspectives

Conclusion:

- Le downscaling apporte des corrections non négligeable pour la simulation des écoulements dans un bassin versant.

Perspectives:

- Étude détaillée de l'upscaling du modèle d'un bassin 3D à un modèle 2D
- Une étude complémentaire pour étudier la diminution de la distance de Cramér-von Mises
- Une étude complémentaire des débits
- Des algorithmes plus poussés de CDFt : méthode de transport optimal