

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

Mathis Deronzier

Septembre 2021



Introduction

Des changements climatiques majeurs au cours de ces prochaines années

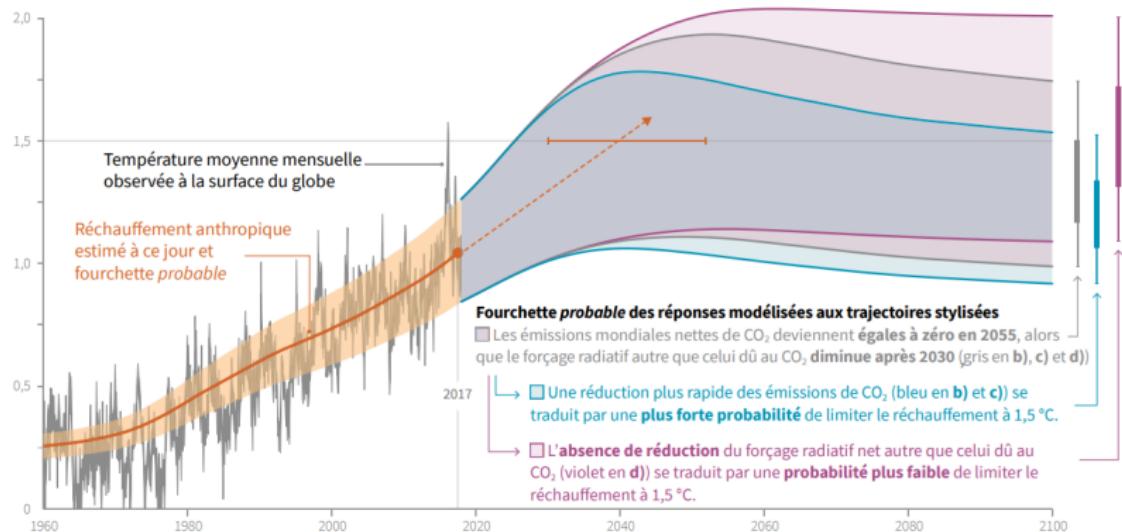


Figure: Réchauffement planétaire par rapport à la période 1850 – 1900(° C)

Les enjeux de ce stage

Les problématiques de ce stage:

- ▶ Comment utiliser des modèles climatiques Globaux pour anticiper des modifications locales du climat?
- ▶ Dans quelle mesure les modèles de climat respectent-ils les lois de la physique?
- ▶ Quel est l'impact des différentes échelles sur les prévisions climatiques?

Les points étudiés durant ce stage:

- ▶ Les modèles Hydrologiques
- ▶ Les méthodes de downscaling
- ▶ Les problématiques d'upscaling
- ▶ La modélisation hydrologique du Little Washita

Sommaire

Modèles de climat et modélisation hydrologique

Les modèles de climat

Les interaction sol-atmosphère

Les précipitations

L'évapotranspiration

Bilan hydrique

Modélisation hydrologique du Little Washita

Le little Washita

Les données NARR et IPSL

La dégradation des données

Downscaling des données

Méthode de downscaling

Résultats du downscaling des données

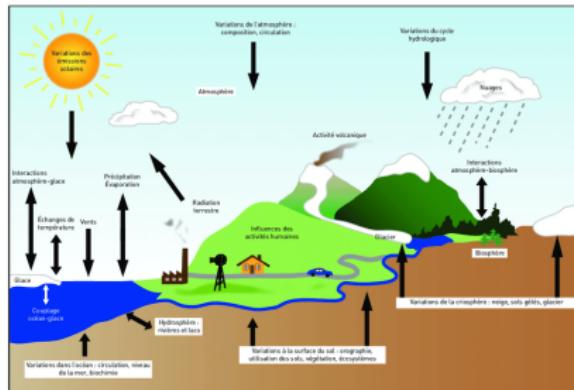
Modélisation hydrologique

Résultats hydrologiques précipitations débits

Analyse des résultats

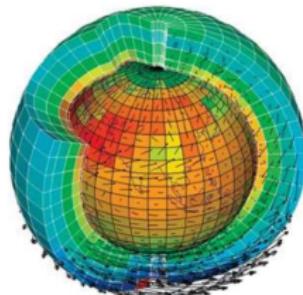
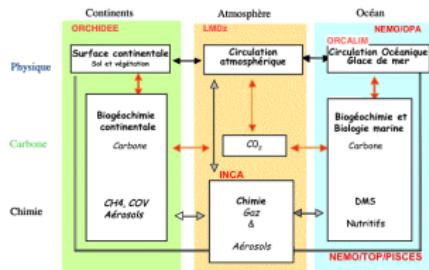
Classification de population précipitations-débits

Interactions climatiques



Modélisation des interactions

Le modèle climat IPSL



L'eau entrant dans le sol

Précipitations dans les modèle hydrologique

- ▶ Définition: eau tombant sur la terre sous toutes ses formes (pluie, neige, grésil, grêle)
- ▶ Origine: Condensation liée à un changement de température ou de pression

Types de précipitations

- ▶ Précipitations convectives
- ▶ Précipitation orographiques
- ▶ Précipitation frontales

Les mécanismes d'eau sortante du sol

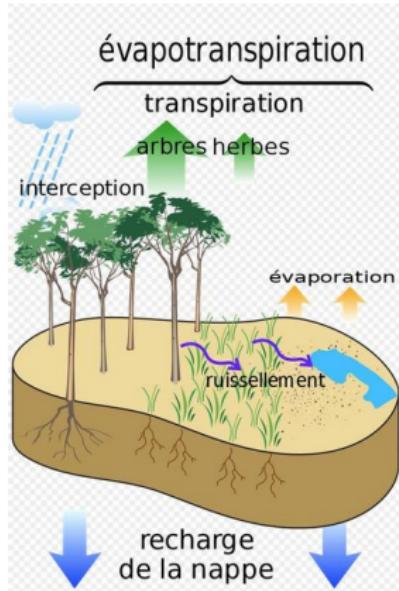


Figure: L'évapotranspiration

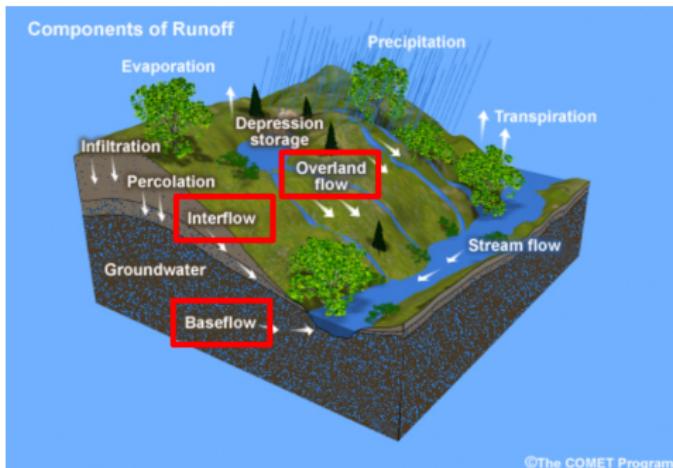


Figure: Les mécanismes des écoulements

Les mécanismes d'eau sortante du sol

Équations d'écoulement en milieu poreux

Équation de conservation de la masse:

$$\operatorname{div}(\vec{U}) + \frac{\partial}{\partial t}(\theta) + q = 0. \quad (1.1)$$

Équation de Darcy:

$$\vec{U} = \frac{k}{\mu} (\vec{\nabla} p + \rho g \vec{\nabla} z). \quad (1.2)$$

Équation de Richards:

$$S_s(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial \theta}{\partial t}. \quad (1.3)$$

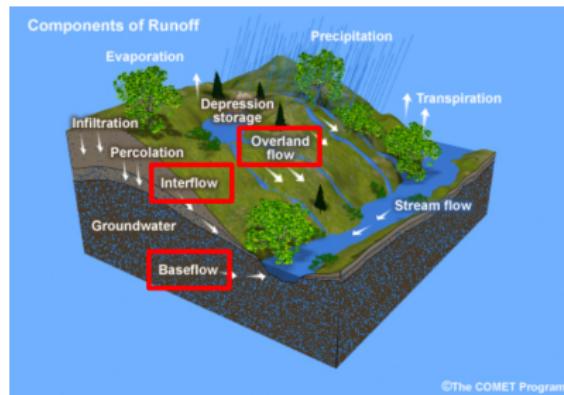


Figure: L'évapotranspiration

Avec θ la saturation en eau et H

Méthodologie pour les modélisations hydrologiques

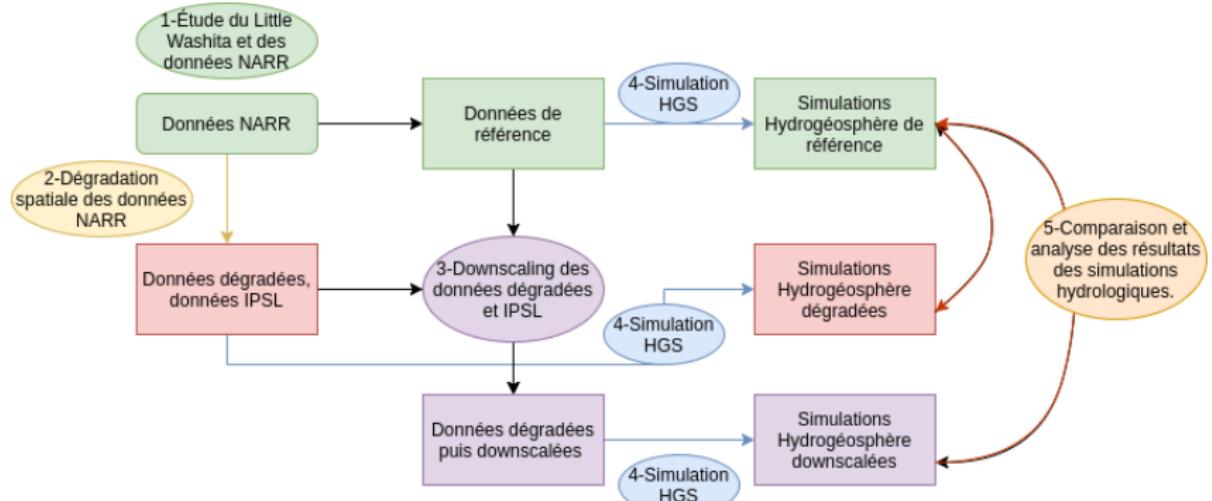


Figure: Diagramme de la méthodologie utilisée pour le stage

Le Little Washita

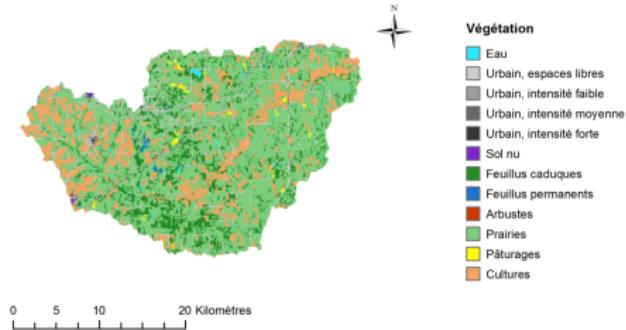


Figure: L'évapotranspiration

Caractéristiques du Little Washita

- ▶ Surface: 611 km^2
- ▶ Climat: continentale tempérée
- ▶ Altitude: $320 - 474m$
- ▶ Pentes: moyenne (3.4%), maximale (12%)

Les données North American Regional Reanalysis et IPSL

GRID DESCRIPTIONS	
Regional North American Grid (Lambert Conformal) used by NAM, RCM and RAP	
Nx	341
<td>277</td>	277
[Lat]	1.000N
[Lat]	214.500E = 145.500W
Res. & Comp. Flag	0 0 0 1 0 0 0
Low	253.000E = 107.000W
Dx	32.46341 km
Dy	32.46341 km
Projection Flag (bit 1)	0
Scanning Mode (bits 1-3)	0 1 0
Lat0x1	50.000N
Lat0x2	50.000N
Lat/Lon values of the corners of the grid	
(1,1)	1.000N, 145.500W
(1,277)	46.635N, 146.635E
(348,277)	46.352N, 2.566W
(348,1)	0.897N, 48.318W
Pole point	
(0,0)	(174.507, 307.764)

The Dx, Dy grid increment (at 50 deg north) was selected so that the grid spacing would be exactly 32.000 km at 40 deg north; the intersection of 40N & 107W falls on point (174.507,106.664)

Figure: Description du maillage
NARR

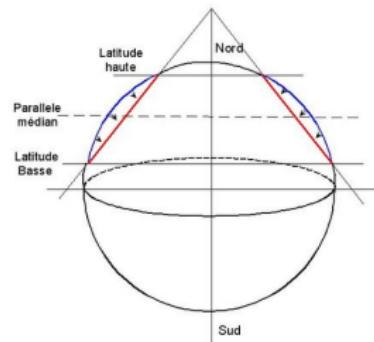


Figure: Projection conique conforme de Lambert

Dégradation des données NARR

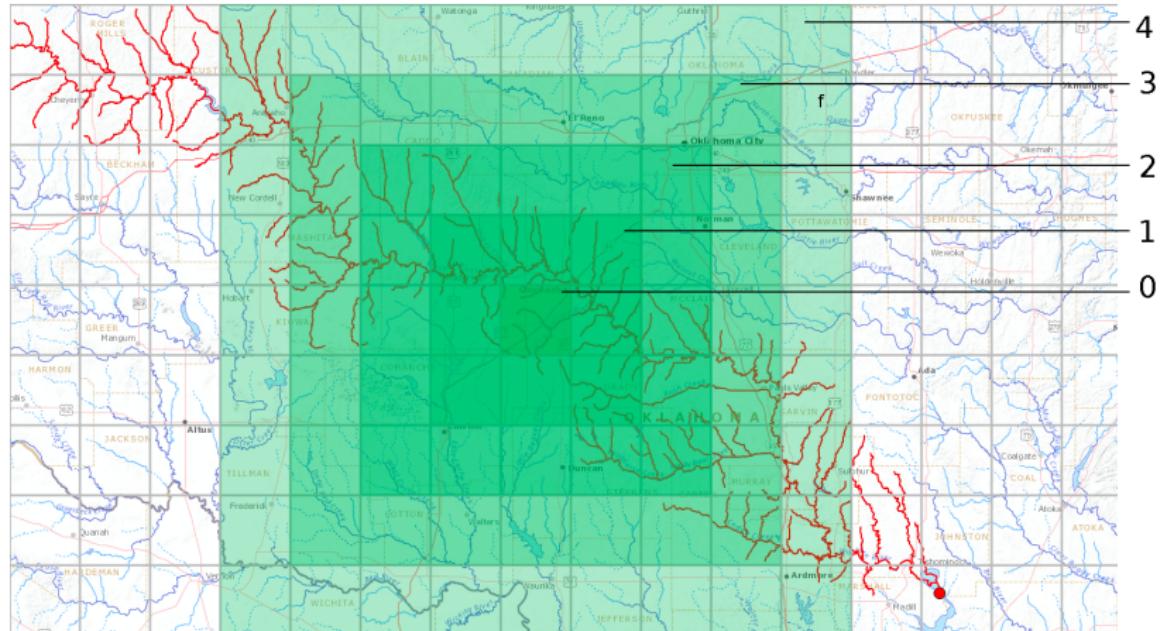


Figure: Les différentes zones de dégradation considérées pour le Little Washita

Méthode de downscaling

Résultat du downscaling des données

- ▶ $X = X_1, X_2, \dots, X_n$ 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:
 $\mathcal{F}_{G(X)} = \mathcal{F}_Y$

Exemple du downscaling avec l'algorithme
-Image représentative du downscaling

Analyses des résultats du downscaling

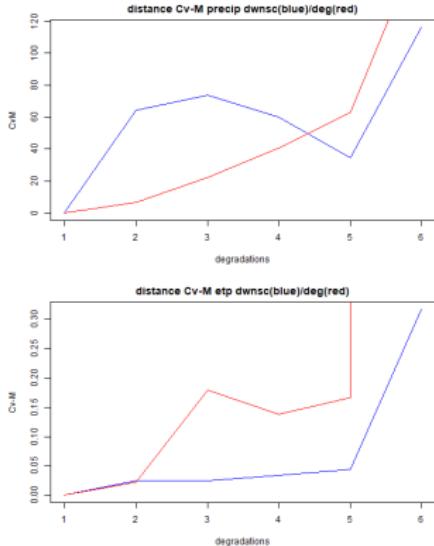


Figure: Tracé de la distance de Cramér-von Mises

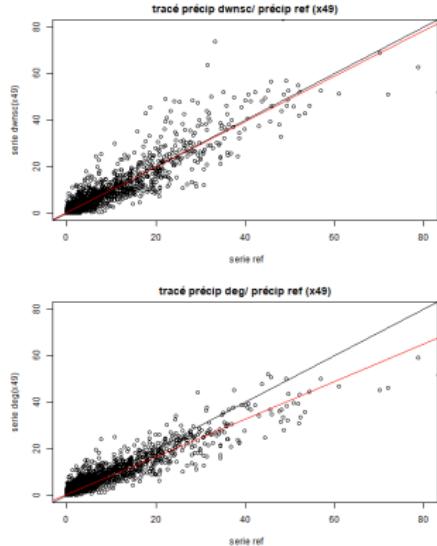


Figure: Tracé des série projetées/ observées

Deux modèles pour simuler le fonctionnement hydrologique du Little Washita

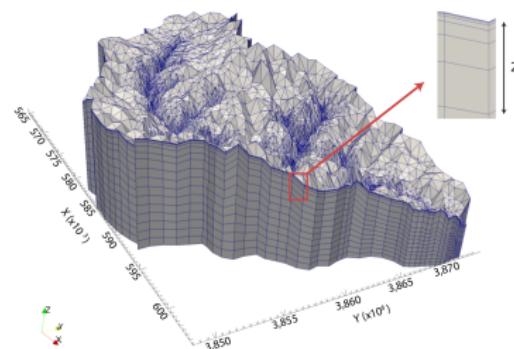


Figure: Maillage tridimensionnel du bassin versant du Little Washita

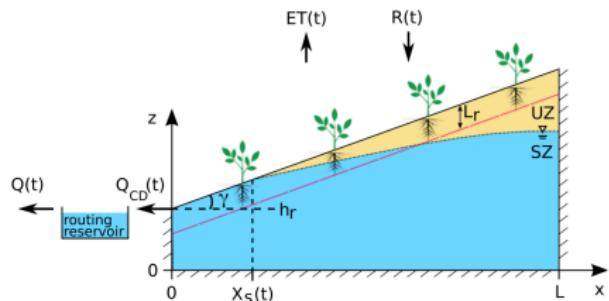


Figure: Upscaling du maillage tridimensionnel du bassin versant du Little Washita (article Fanny)

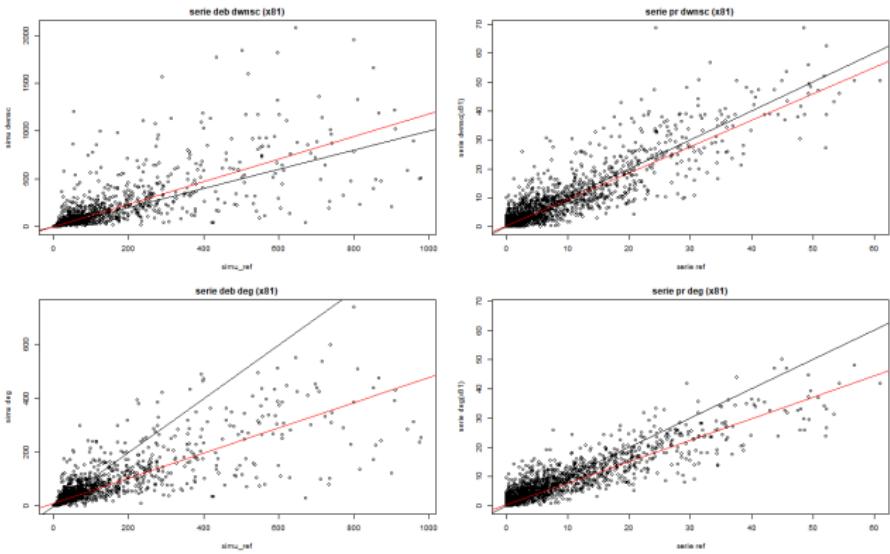


Figure: Comparaison débits et précipitations

Analyses des résultats du downscaling

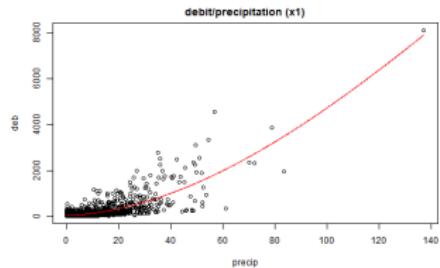
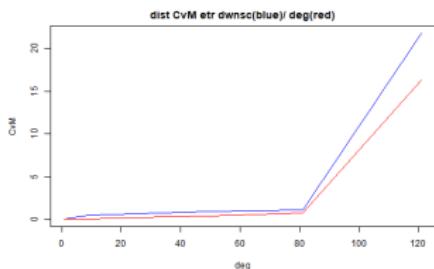
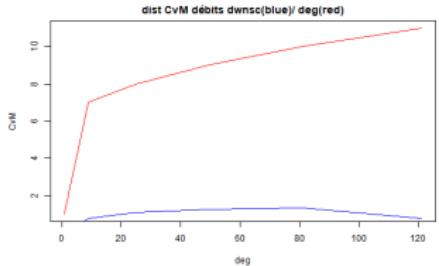


Figure: Tracé de la distance de Cramér-von Mises

Figure: Comportement non linéaire du filtre

Classifications des données réactives et non réactives aux précipitations

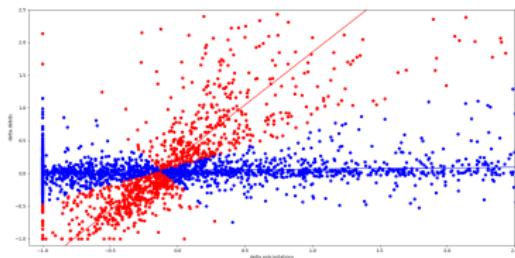


Figure: Classification des points selon les droites de régression, dégradation ($\times 49$)

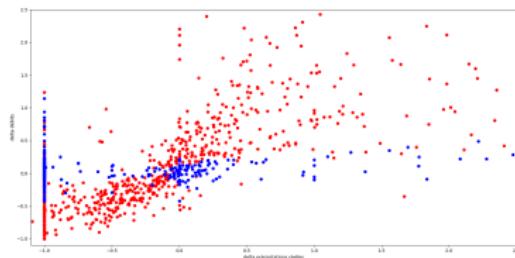


Figure: Classification pour l'eau entrant dans le sol, dégradation ($\times 49$)