Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère 2025
Toulouse - France - 17-21 mars 2025
La modélisation à échelle kilométrique

Utilisation de la méthode de réduction d’échelle pour la prédiction des précipitations extrêmes dans le nord-ouest de l’Algérie

Abderrahmane Hamimed, Benali Benzater, Abdelkader Elouissi

Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et de la Géomatique , Université Mustapha Stambouli de Mascara, Algérie

e-mail: hamimed@univ-mascara.dz

Plan

1. Introduction
2. Zone d’étude et Données
3. Méthodologie
4. Résultats et discussion
5. Conclusion

Introduction

- De nombreux risques naturels : inondations, sécheresses et glissements de terrain sont des **conséquences directes des pluies extrêmes.**

- 34% des évènements extrêmes survenus dans le monde (1900-2007) sont des inondations générées directement par les pluies extrêmes (CRED, 2007).

- Projeter, afin de contrôler les effets, la météo de demain et au-delà est un défi auquel les scientifiques se sont attelés depuis longtemps.

- Cette étude fournit des résultats complémentaires et cohérents sur les pluies extrêmes au Nord-Ouest Algérien que les décideurs locaux peuvent y intégrer à l'élaboration des politiques à la gestion des catastrophes et à la planification des infrastructures

- S'appuyant sur des études scientifiques, les experts dans le domaine estiment que des pluies torrentielles comme celles qui ont ravagé les régions d'Alger (Bab El Oued, Alger) en 2001, Sidi Bel Abbes, Ghardaïa et Béchar en 2008 seront de plus en plus fréquentes et intenses (IPCC, 2013).

2- Zone d’étude et données

La zone d'étude est la station pluviométrique de Nesmoth située à l‘Est du bassin versant de Macta (nord-ouest de l'Algérie) (Fig. 1) situé entre -1.25° Ouest et 0.6° Est en Longitude, et entre 34° et 36° Nord en Latitude.

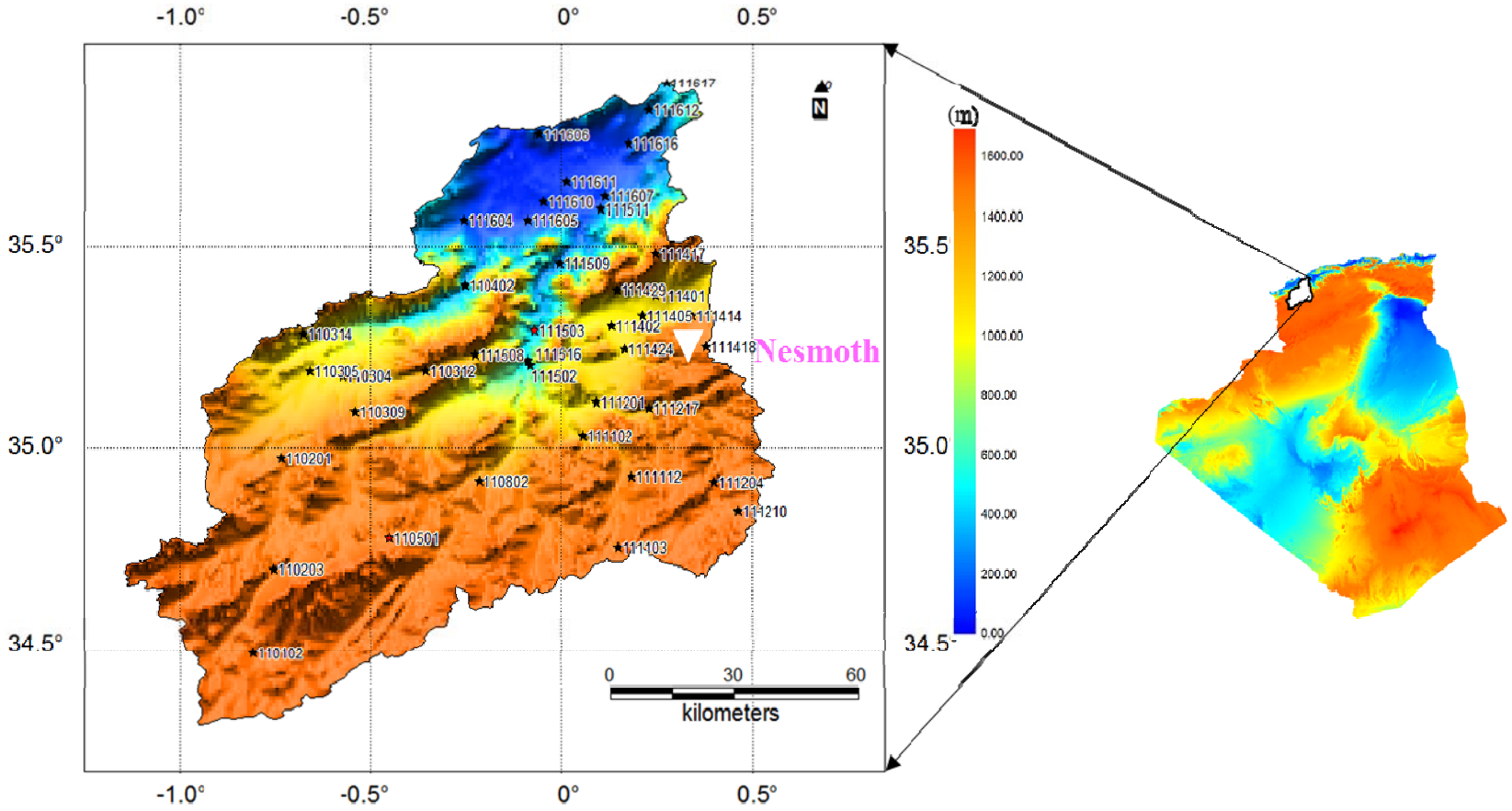
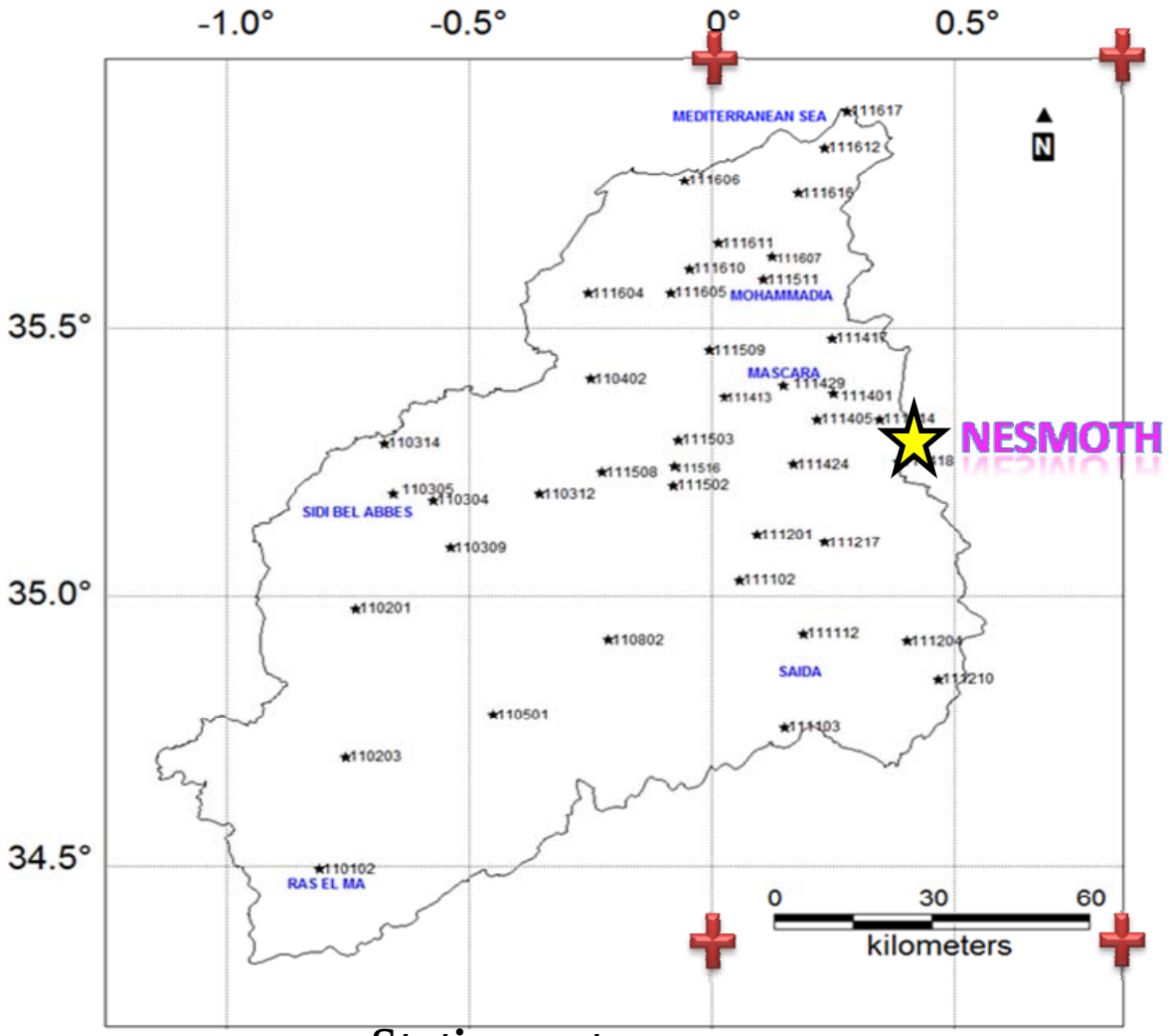


Fig. 1 Carte de localisation de la Macta avec les stations sélectionnées, y compris la station de Nesmoth (Mascara, Algérie)

2.1. Données

2.1.1. Collecte des données (ANRH d'Oran).

Ainsi, 41 stations ont été retenues avec 41 observations (période 1970 – 2010).



Stations retenues

3. Méthodologie

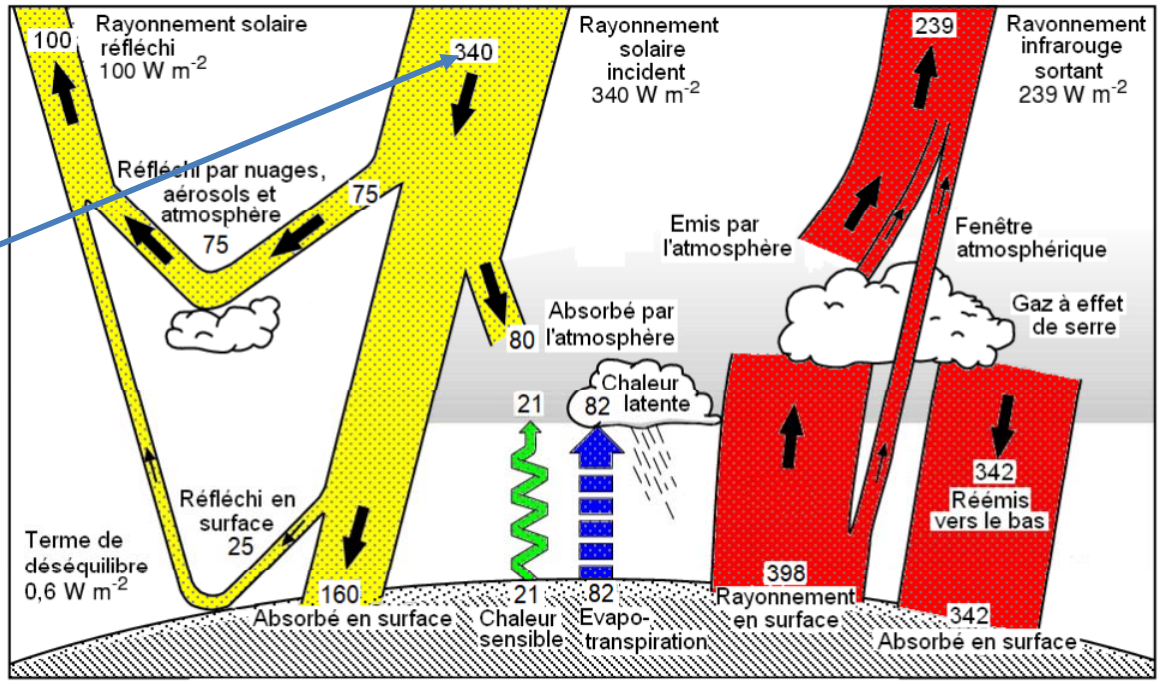
3.1. Projections climatiques CCSM4

Modèle climatique = représentation numérique du climat
Il représente le fonctionnement des processus physiques du système Terre-atmosphère.

Hypothèses concernant la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise → Scénario → forçage radiatif (RF) obtenu (en W/m^2).

La terre reçoit annuellement :

- Une énergie maximale de 1366 W.m^{-2} soit une moyenne de 342 W.m^{-2}
- 30% sera réfléchie (albédo).
- Energie réellement reçue 240 W.m^{-2}



Bilan énergétique de la terre (en W.m^{-2}.an^{-1}) (Kielh et Trenberth, 1997)

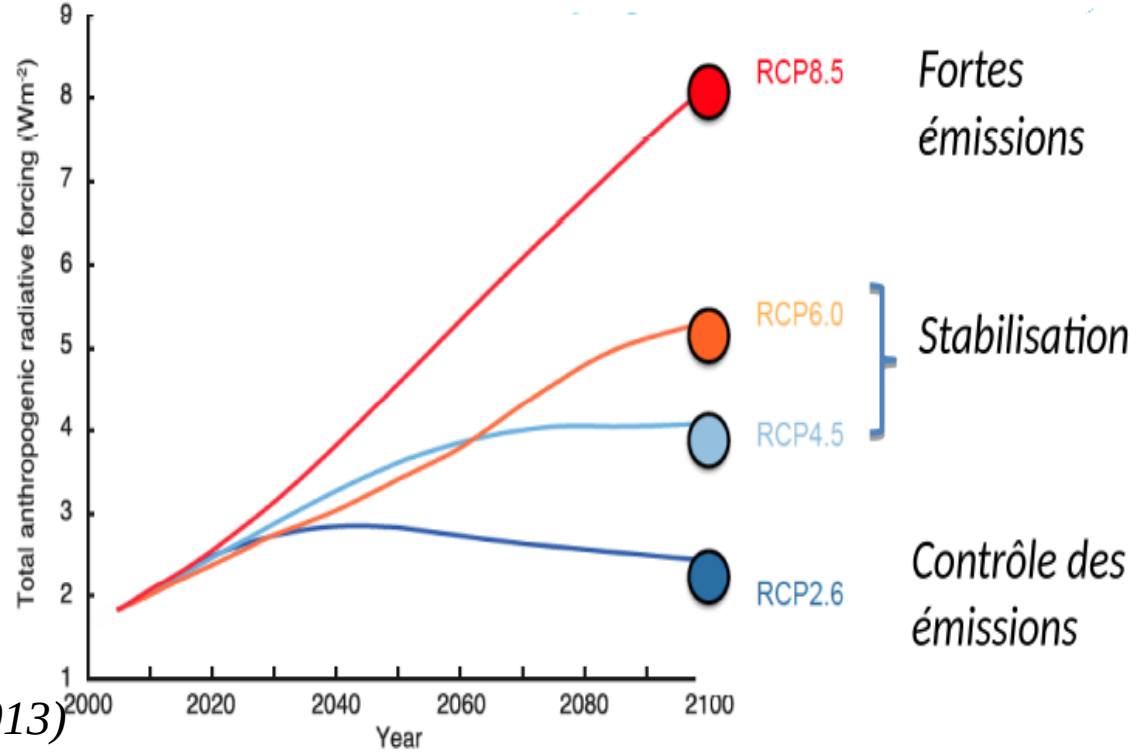
Le problème associé aux GCMs est que le temps du calcul nécessaire pour résoudre les équations est très grand. Pour cette raison, la division de l'atmosphère en mailles assez grossières est nécessaire. Plus la taille de la maille est petite, plus la résolution du modèle climatique est plus haute. L'idée est donc la discrétisation de l'atmosphère en petits volumes.

Tous les paramètres climatiques sont intégrés dans ces mailles: T°C, Pression, Topographie, Végétation, Echanges horizontale et verticale, … par des équations.

Construction d'un modèle climatique. *Source: http://climatevolution.free.fr/i2.html*

Ainsi quatre (4) RCP (*Representative Concentration Pathways*) issus des scénarios basés sur le RF:

RCP	RF	Concentration (ppm)	Augmentation de la température
RCP 2.6	~3Wm^{-2}	~490 eq-Co_2	0,3 °C à 1,7 °C
RCP 4.5	~4,5Wm^{-2}	~660 eq-Co_2	1,1 °C à 2,6 °C
RCP 6.0	~6Wm^{-2}	~850 eq-Co_2	1,4 °C à 3,1 °C
RCP 8.5	>8,5Wm^{-2} en 2100	>1370 eq-Co_2	2,6 °C à 4,8 °C



Caractéristiques des 4 RCP *(IPCC, 2013)*

3.2. Application de la méthode de réduction d'échelle à la station Nesmoth

3.2.1. Méthode de Réduction d’échelle (Statistical Downscaling)

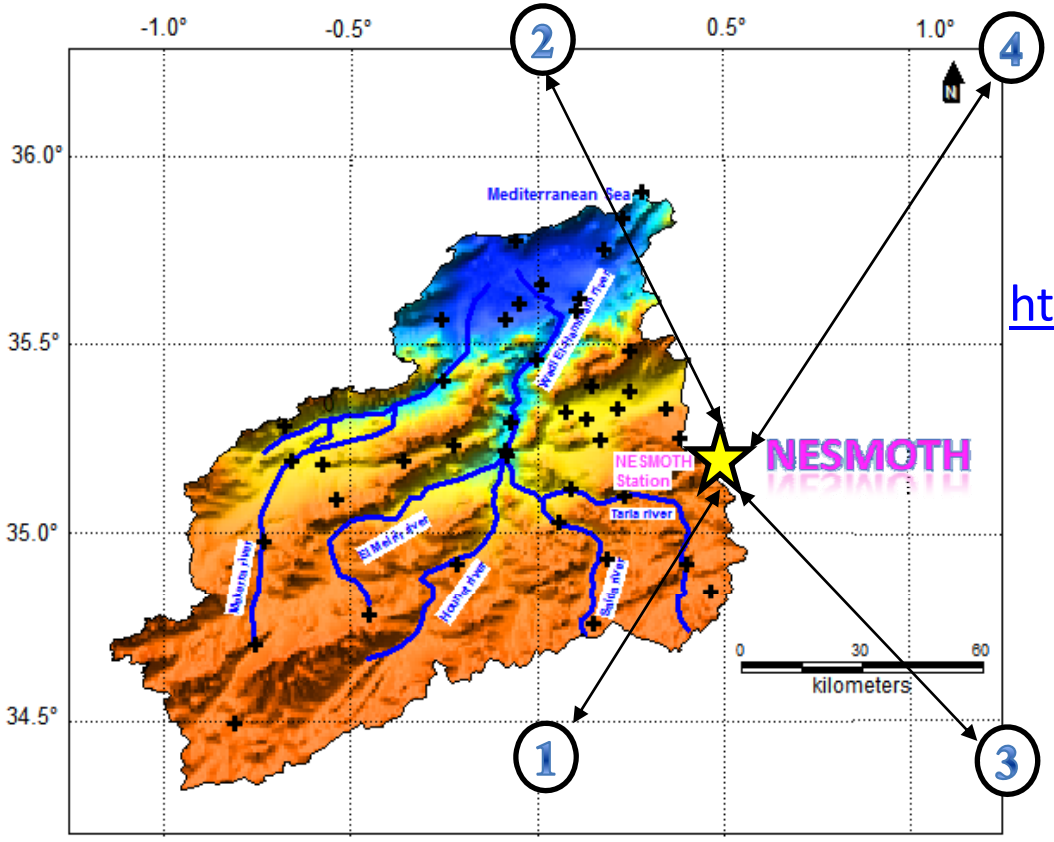
- Utilisation d'une fonction de dépendance spatiale (Spatial Dependence Function, SDF) pour transférer les données de sortie de GCM à partir des points les plus proches de la grille (Nœuds) vers les stations étudiées.

- La SDF représente la dépendance régionale entre la station concernée et les nœuds environnants du GCM.

- Ajuster les pluies annuelles du scénario régionalisé avec les données pluviométriques locales.

3.2.1. Méthode de Réduction d'échelle (Statistical Downscaling)

Le modèle CCSM4 (Community Climate System Model, version 4) du centre national pour les recherches atmosphériques (*National Center for Atmospheric Research, NCAR, USA*) a été utilisé.



Dimension de la grille: 105×115 km

http://cera-www.dkrz.de/CERA/index.htm
Avril 2018

Les données MCG prévues aux quatre points de la grille autour de la station Nesmoth à Mascara, ont été extraites par un programme écrit avec R.

Fonction de Dépendance Spatiale (SDF)

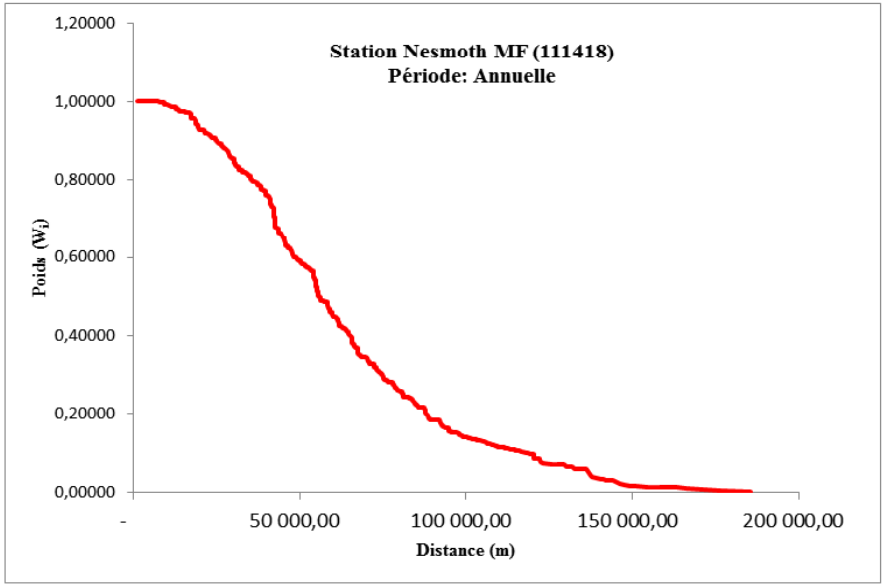
Elle consiste à établir des coefficients représentant la relation entre les valeurs mesurées et les distances:

1- Pour chaque distance, entre deux stations, la différence carrée entre leurs pluies extrêmes annuelles, est calculée.

2- Le poids de chaque distance est calculé par l'équation :

$$W_i = 1 - \frac{cd_i}{cd_T}$$

W_i : Poids pour la distance i;
cd_i : Différence en carré cumulé pour la distance i;
cd_T : Différence totale en carrés cumulés.



Transfert et correction des données GCM vers la station de Nesmoth

1- Calculer la distance entre les 4 nœuds et la station à prédire.

2- Pour transférer les pluies annuelles à partir des données de sortie du GCM, les poids des quatre nœuds les plus proches sont utilisés comme indiqué dans l'équation :

$$P_T = \sum_{i=1}^{4} \left(\frac{W_i}{W_T} P_i \right)$$

P_T : Pluie maximale annuelle du GCM à la station Nesmoth ;
W_T : Total des quatre poids annuels;
P_i : Pluie maximale annuelle de GCM au nœud i.

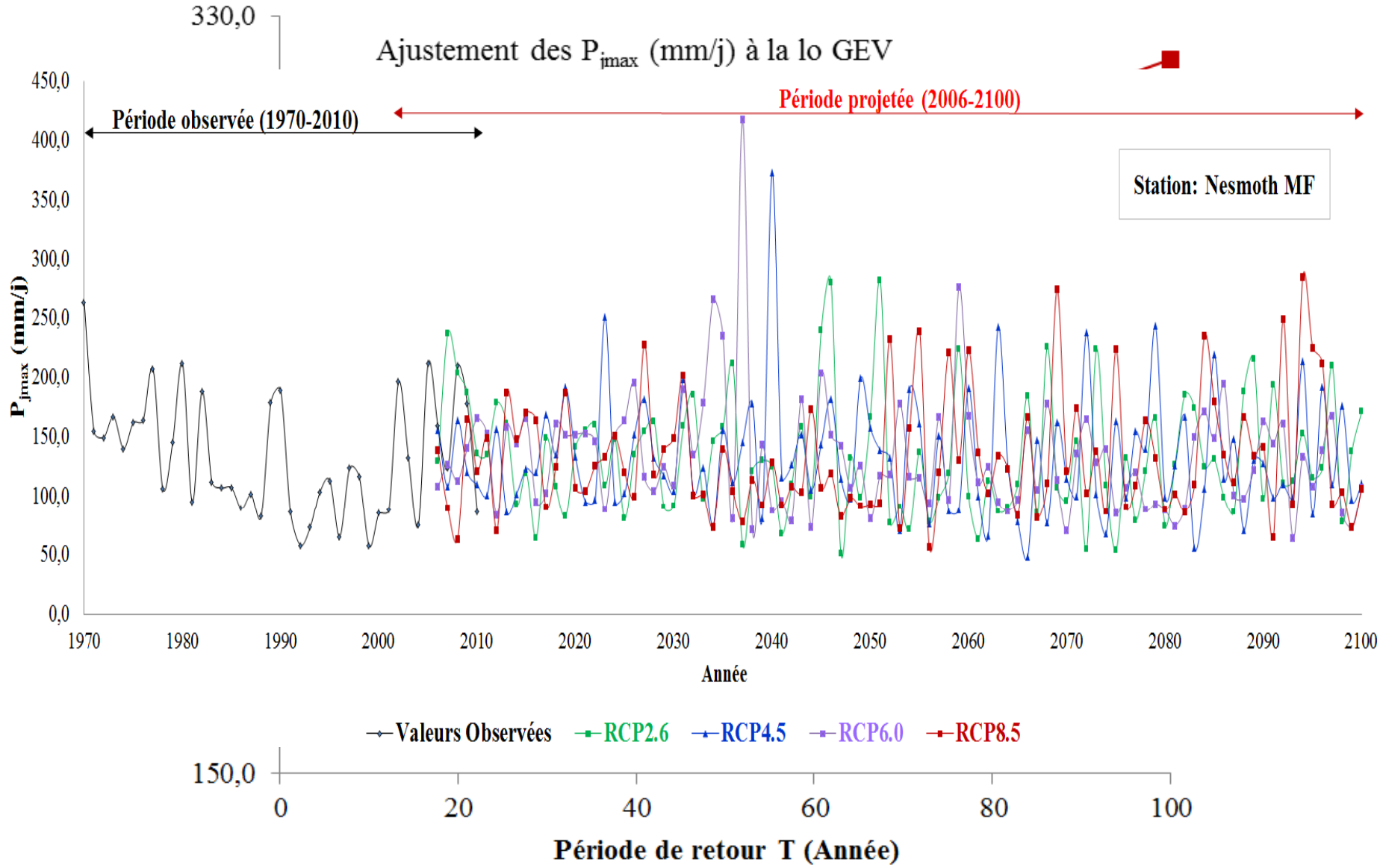
	Poids			
	Nœud 1	**Nœud 2**	**Nœud 3**	**Nœud 4**
Distance (m)	101230	36069,2	123789,9	79494,2
Poids (W_i)	0,137	0,796	0,057	0,26166

3- La dernière étape consiste à corriger les pluies transférées avec celles observées.

$$P_c = (Z_t * S_o) + M_o$$

S_o : Ecart-type des précipitations maximales annuelles observées;
M_o : Moyenne maximale annuelle des précipitations observées (mm)

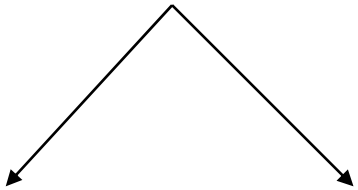
Quel scénario futur le plus proche à la réalité?



Quel scénario futur le plus proche à la réalité?

La RMSE (ou *Root Mean Square Error*) a été utilisé pour évaluer le scénario adéquat, parmi les quatre RCP théoriques, en comparant avec les données observées à une distribution théorique.

$$RMSE = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\frac{1}{N} \times (V_e - V_o)^2}$$



Période de retour (T en année)	Valeurs Observées	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5	SCE1 (RCP 2.6)	SCE2 (RCP 4.5)	SCE3 (RCP 6.0)	SCE4 (RCP 8.5)
5	173,3	172,4	167,8	165,8	167,1	0,81	30,25	56,25	38,44
10	202,7	202,1	198,3	194,9	199,7	0,36	19,36	60,84	9,00
20	229,3	229,8	228,7	224,0	233,5	0,25	0,36	28,09	17,64
50	261,4	246,6	269,7	263,4	281,1	219,04	68,89	4,00	388,09
100	284,0	289,9	301,8	294,3	319,8	34,81	316,84	106,09	1281,64
					MSCE	**51,05**	87,14	**51,05**	346,96
					RMSE	**7,15**	9,33	**7,15**	18,63

Conclusion générale

Les résultats de l'essai de projections des pluies extrêmes au niveau de la station de Nesmoth se concordent parfaitement avec les deux scénarios de l'IPCC : RCP6.0 pessimiste à moyen terme (2070) et RCP2.6 optimiste à long terme (2100) pour l'horizon futur 2100.

Enfin, ces résultats des projections des pluies extrêmes dans le bassin versant de la Macta, peuvent être un outil de décision afin d'adopter une stratégie d'adaptation et de perspectives et faire face aux catastrophes causées par ce type d'aléas climatiques.

Merci de votre attention

hamimed@univ-mascara.dz