Prévisions des précipitations journalières en Nouvelle-Aquitaine (France) en Janvier 2100 : modélisation d'après le scenario climatique RCP8,5

SERY Ange[1], Antoine Alluyn[1],

[1]Etudiant en Master 2 OTG (Observation de la Terre et Géomatique) à l'Université de Strasbourg – Faculté de géographie et aménagement

1. Introduction & Contexte

Le changement climatique constitue un enjeu global majeur en raison de ses impacts sur les régimes hydrologiques et sur la répartition spatiale des précipitations. À l'horizon 2100, les projections climatiques anticipent des modifications significatives des régimes de précipitations, avec des disparités marquées selon les régions et les saisons. Ces transformations peuvent affecter la disponibilité des ressources en eau, les pratiques agricoles ainsi que la gestion des risques liés aux inondations et à la sécheresse [1]. Les méthodes de spatialisation et de géostatistique, en s'appuyant sur la première loi de la géographie énoncée par Tobler (1970) – selon laquelle «*tout interagit avec tout, mais les choses proches interagissent mieux que les objets éloignés*» – fournissent des outils précieux pour modéliser des variables dépendantes, particulièrement les données climatiques telles que les précipitions journalières. Mais Nader et Wein [2] dans leur étude, ont montré qu'aucune méthode de spatialisation (interpolation) ne s'adapte à toutes les régions. Il faut donc tester les méthodes les plus pertinentes et en déduire celle qui parvient à me représenter le site étudié. Notre objectif principal était de **spatialiser, à partir d'une régression linéaire multiple, les précipitation totales journalières dans la région Nouvelle-Aquitaine pour le mois de janvier 2100 et de comparer les résultats avec ceux obtenus par la pondération de l'inverse de la distance (IDW) et le krigeage.**

2. Zone d'étude et Données

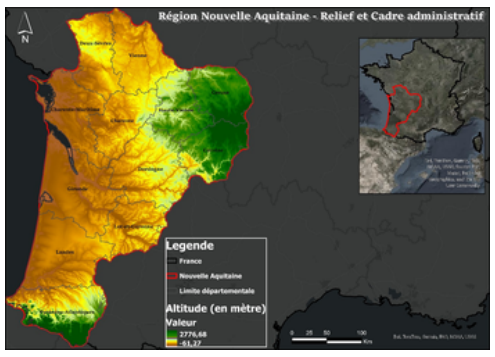


Figure 2 : Carte de localisation géographique de la Nouvelle-Aquitaine

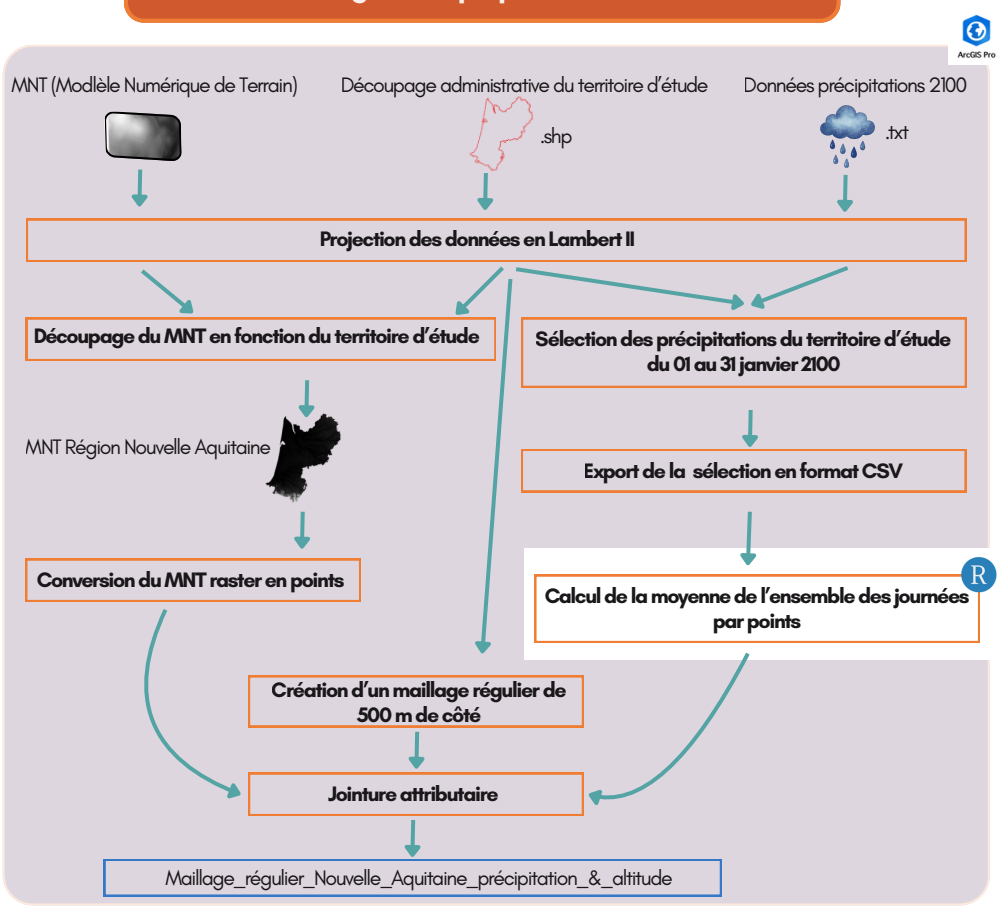
La zone d'étude choisie pour cette étude, est la **région de la Nouvelle-Aquitaine** , l'une des plus grandes régions région administratives métropolitaines en terme des superficie : 84 036 km² (INSEE, 2024). La région est bordée à **l'ouest** par une grande partie partie de la **façade littorale de l'océan atlantique française** (723 km) ; à **l'est,** elle s'élève progressivement vers les **contreforts du Massif central où les altitudes atteignent parfois 1 000 mètres** ; quant à la **partie sud de la région**, elle est dominé par **les Pyrénées**, chaîne de montagne qui forme une frontière naturelle avec l'Espagne.

Les données utilisées sont :

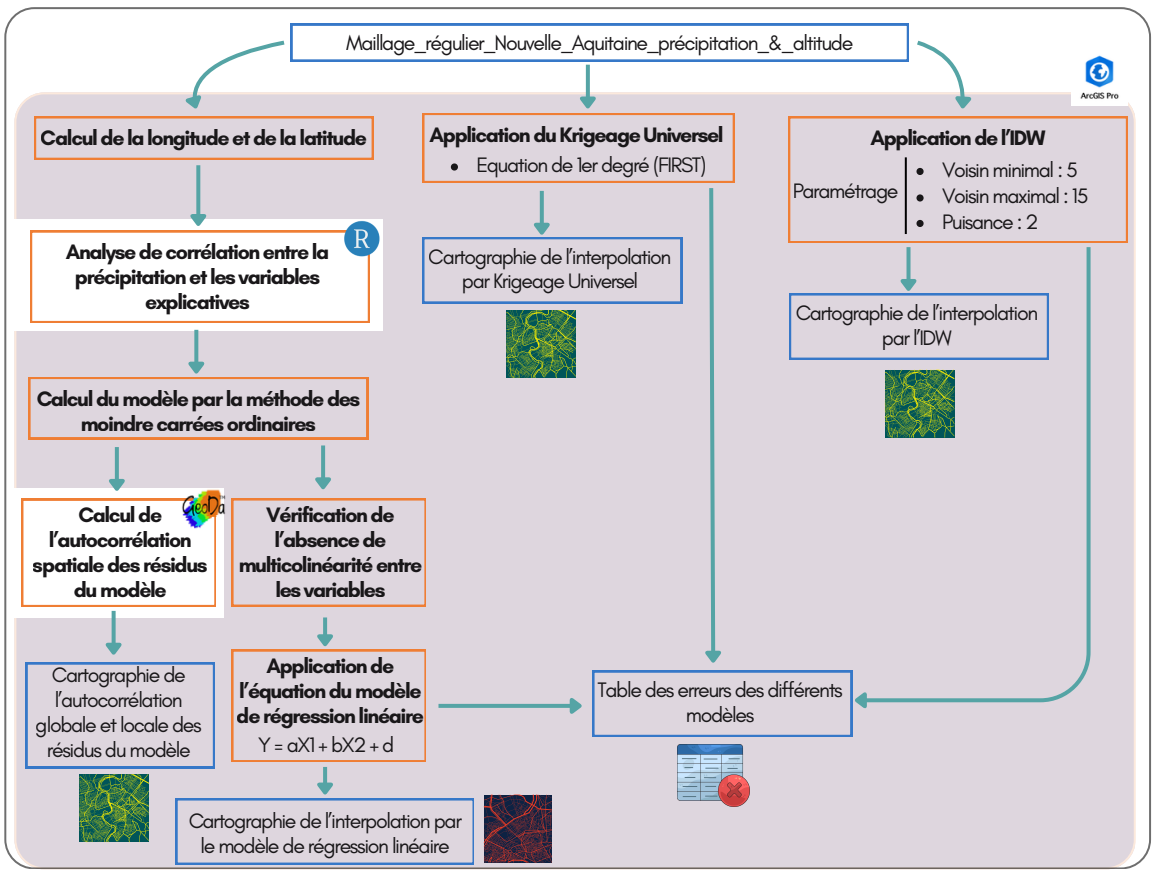
- **Les projections relatives aux précipitations totales sur une journée à l'horizon 2100** (projections par le modèle ALADIN-CLIMAT), pour le scénario de changement climatique le plus péjoratif, appelé RCP8,5 ;
- **La géographie départementale**, issue de la BD Admin Express (2021) ;
- **Les données altitudinales au pas de 250 mètres**, issues de la BD Alti de l'IGN (2018) ;
- **La longitude, la latitude, et l'humidité spécifique à 2 mètres** à l'échelle de mailles de 500 mètres de côté.

3. Méthodologie

Méthodologie de la prépartion des données



Méthodologie de l'application des différentes méthodes d'interpolations spatiales



4. Résultats & Interprétations

1 Corrélation entre la variables indépendante (précipitation) et les variables explicatives

Variables	précipitation	Altitude	Humidité	Longitud_X	Latitude_Y
précipitation	1,00				
Altitude	0,62	1,00			
Humidité	-0,34	-0,88	1,00		
Longitud_X	-0,16	0,40	-0,61	1,00	
Latitude_Y	-0,73	-0,17	-0,19	0,39	1,00

Variables	VIF
Altitude	1,028477
Latitude_Y	1,028477

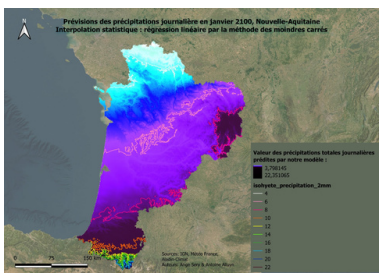
La corrélation entre la variable indépendante (**en vert**) et les variables explicatives (**en bleu**) montre que les variables explicatives "**l'Altitude**" et "la **latitude**" sont les mieux corrélées avec la **précipitation**. Avec un VIF (facteur d'inflation de la variance) respective de 1,02 et 1,02 (supérieur à 5) qui indique que les coefficients de régression ne sont pas augmentés par la présence d'une colinéarité.

2 Interpolation par régression linéaire

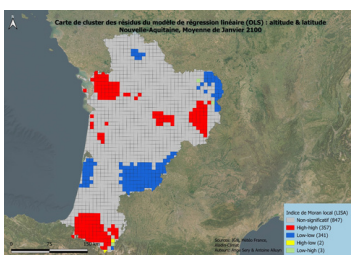
Le modèle s'appuie sur les paramètres suivants :

$Y = \mathbf{0{,}004959}\ X1 - \mathbf{0{,}000014}\ X2 + 34{,}010358$ & $R^2 = \mathbf{0{,}78}$

Précipitation — Altitude — Latitude

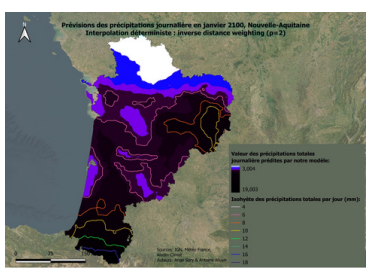


La cartographie issue du modèle révèle un **gradient nord-sud**, avec des **précipitations maximales dans le sud**, notamment dans les Pyrénées (**22 mm**) et des **valeurs minimales vers le nord** (**2,8 mm**). Ce résultat réflète l'effet de l'altitude, qui intensifie les précipitations à travers le processus comme l'ascension de l'air humide le long des reliefs, favorisant la condensation ensuite les précipitations. De plus, les isohyète indiquent une transition progressive dans les valeurs, particulièrement marquée entre les Pyrénées et les plaines du centre.



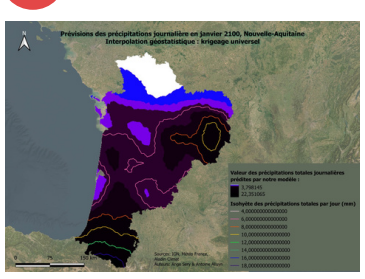
la répartition spatiale de résidus (obtenue grâce à indice I de Moran local) fait ressortir des clusters **HIGH - HIGH** correspondant à des zones où le **modèle sous-estime les précipitations**. Il apparaissent principalement dans les **zones montagneuses**, et dans certaines parties de **l'est associées au Massif Central**. Cela montre que la prise en compte de l'altitude, bien qu'importante, ne capture pas entièrement la complexité des variations spatiales liées aux précipitations, peut-être en raison d'autres facteurs non intégrés dans le modèle. Les clusters **LOW-LOW** indiquent les zones où le modèle surestime les précipitations. Ces zones se trouvent majoritairement dans les **plaines et les moyennes altitudes**, particulièrement dans le **centre le nord de la région**.

3 Interpolation déterministe par l'inverse de la distance (IDW)



La carte montre que les **précipitations les plus élevées (14 à 19 mm/ jour)** se concentrent surtout dans **le sud (près des Pyrénées)** et **l'est (près du Massif Central),** où les mécanismes locaux tels que l'effet orographique amplifient les précipitations. Tandis que les **précipitations les plus faibles (3 à 6 mm/ jour)** se situent principalement dans les **plaines du nord** et les **zones de basse** altitude où l'absence de facteurs amplificateurs favorise des conditions plus sèches. Les isohyètes révèlent des gradients distincts selon les zones géographiques. Dans les plaines centrales, les transitions des précipitations sont plus progressives traduisant une répartition homogène. En revanche, les zones de reliefs (particulièrement dans les Pyrénées) montrent des isohyètes plus resserrées, indiquant des variations rapides sur de courtes distances.

4 Interpolation géostatistique par le Krigeage Universel



La carte montre des **zones de faibles précipitations (3, 8 mm/ jour)**, particulièrement localisées dans le **nord de la région**, correspondant aux plaines et à des zones de basse altitude. A l'opposé, les **précipitations les plus importantes (22 mm/ jour)** se concentrent dans **le sud** et dans **le nord-est**, notamment dans les Pyrénées où des mécanismes orographiques précipitations.

5 Comparaion des modèles d'interpolations

	Erreur moyenne absolue	Erreur médiane absolue	Erreur absolue du 9e décile	MSE	RMSE	R^2
Régression linéaire	0,906	0,677	1,923	1,499	1,224	0,780
Krigeage Universel	0,492	0,345	1,034	0,579	0,761	
IDW	0,320	0,196	0,68	0,291	0,539	

Les résidus issus des validations croisés montrent des différences assez notables entre les modèles. On remarque des valeurs assez élevées d'erreur absolue dans le 9ème décile pour nos trois modèles Cela indique que **nos modèles ont du mal à prédire les très hautes valeurs de précipitations**. Sur la base des métriques d'erreur calculées, L'**IDW est globalement plus performante que les deux autres modèles.** On peut s'y attendre car c'est un modèle simple qui repose sur deux choses : la distance et le facteur de cette distance.

5. Conclusion

Cette étude a permis de spatialiser les projections relatives aux précipitations totales journalières en Nouvelle-Aquitaine à l'horizon 2100, en s'appuyant sur des méthodes d'interpolation déterministe, géostatistique et statistiques. L'intégration des variables explicatives telles que la latitude et l'altitude pour la méthode de régression linéaire a révélé des tendances importantes, notamment une forte corrélation entre ces facteurs et les précipitations observées. L'utilisation de différentes techniques d'interpolation, telles que la pondération par l'inverse de la distance (IDW) et le krigeage universel, a permis de comparer la méthode de régression linéaire à celles-ci et de valider les résultats obtenus par une approche méthodologique rigoureuse. L'IDW a démontré son efficacité dans la modélisation spatiale des précipitations à travers ces métriques d'erreur, plutôt faible par rapport aux deux autres méthodes d'interpolations. Les résultats obtenus soulignent une forte variabilité spatiale des précipitations, avec des valeurs particulièrement élevées dans certaines zones du territoire, correspondant généralement à des altitudes élevées ou des latitudes spécifiques. Cependant, des limites méthodologiques ont été identifiées, notamment une performance moindre des modèles sur les extrêmes des valeurs de précipitations.

[1] Rubel F. et Kottek M., 2010, Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification, Meteorologische Zeitschrift, 19(2), p. 135-141. DOI : 10.1127/0941 2948/2010/0430

[2] Nalder I. A. et Wein R. W., 1998, Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest, Agricultural and Forest Meteorology, 92(4), p. 211-225. DOI : 10.1016/S0168-1923(98)00102-6