



The title (العنوان):

Régional climate projections over algeria, projection  
climatiques régionales sur l'algerie.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : P 551.6 ZER

APA Citation ( APA توثيق ):

Zeroual, Ayoub. Meddi, Mohamed. (2020). Régional climate projections over algeria,  
projection climatiques régionales sur l'algerie [polycopie pédagogique]. ENSH.

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم لإنتاج لأساتذة باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (طروحات، مطبوعات، بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب...) بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا .

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



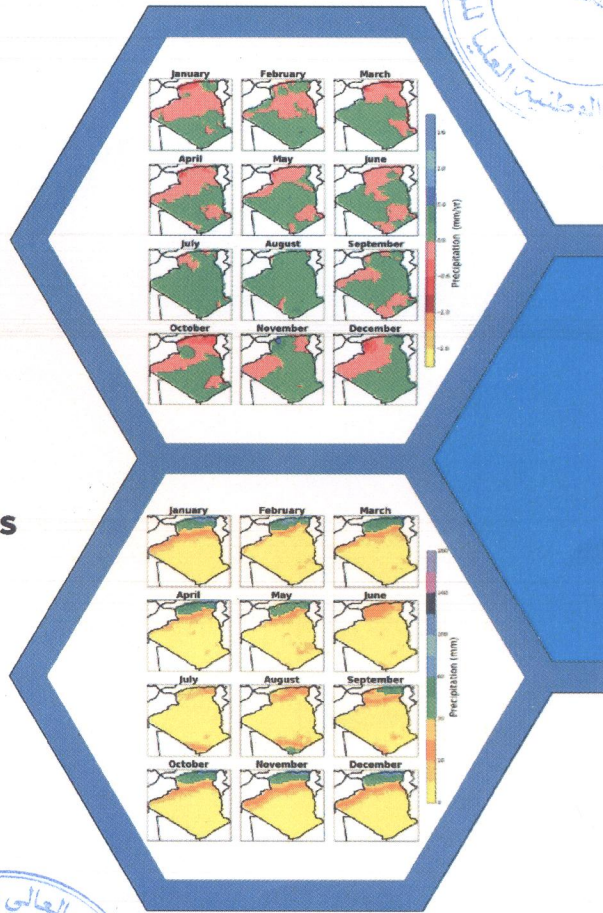
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE

Laboratoire Génie de l'Eau et Environnement



Regional Climate Projections  
over Algeria

Projections climatiques régionales  
sur l'Algérie



المدرسة الوطنية العليا للدراسات  
المكتبة  
رقم الجرد: 164101  
التاريخ: 24 يونيو 2020

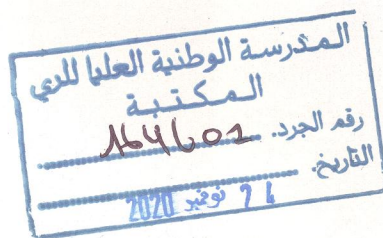


Dr. Ayoub ZEROUAL

Pr. MEDDI Mohamed

## Contenu

1. Introduction.....	1
2. Variabilité spatio-temporelle des précipitations et des températures en Algérie sur la période d'observation 1951-2005 .....	2
3. Variabilité spatio-temporelle des superficies des zones climatiques en Algérie durant la période d'observation de 1951 à 2005 .....	5
4. Variabilité spatiale et temporelle prévue des précipitations et de températures sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 .....	8
5. Superficies des zones climatiques et leur évolution prévue pour les périodes 2006-2060 et 2045-2100.....	13
6. Discussion et conclusion.....	15
7. Références bibliographiques .....	16





## 1. Introduction

Le changement climatique induit par l'homme a le potentiel de modifier considérablement les climats locaux, ce qui entraînera à son tour des modifications des zones climatiques régionales et la réorganisation de la répartition mondiale des conditions climatiques. Dans certaines régions, les zones climatiques diminueront en taille ou disparaîtront complètement, tandis que d'autres apparaîtront.

La tendance à long terme observée de la variabilité des précipitations et des températures varie dans l'espace et dans le temps. Les températures mondiales moyennes, par exemple, montrent une augmentation généralisée d'environ 0,74°C sur un siècle (1906 - 2005), le taux de cette augmentation étant particulièrement élevé au cours des cinq dernières décennies. En revanche, l'étude de l'évolution des précipitations moyennes a mis en évidence une tendance spatio-temporelle hétérogène.

Les changements climatiques attendus au XXI<sup>e</sup> siècle auront des effets divers sur le rythme de déplacement des zones climatiques. Le bassin méditerranéen, y compris l'Algérie, est situé entre les régions arides (Sahara) et humides (Europe du Nord). Il est considéré comme particulièrement vulnérable au changement climatique. Dans ce rapport, nous examinons le climat en Algérie en termes de précipitations et de température moyennes mensuelles en utilisant les projections futures du modèle climatique régional (MCR) - RCA4 à une résolution de 0,44° utilisé dans le cadre du programme CORDEX-Africa (Coordinated Regional climate Downscaling Experiment) sous le scénario de forçage RCP4.5 et RCP8.5. Comme les précipitations et les températures sont utilisées pour définir les zones climatiques, le changement futur de ces deux variables climatiques est également évalué par le déplacement de la superficie de chaque zone climatique telle que définie dans la classification Köppen-Geiger. Le déplacement de la surface de chaque zone climatique est calculé après avoir construit la carte moyenne des zones climatiques pour chacune des trois périodes étudiées (1951-2005, 2006-2060 et 2045-2100).

La relation très étroite entre la météo et la gestion des ressources en eau est très étroite. L'exploitation des barrages se fait sur la base des apports, qui à leur tour sont prévus en fonction des pluies observées et prédites. Les systèmes d'irrigation sont optimisés en fonction des paramètres météorologiques tels que les données de température, l'évaporation, la vitesse du vent, l'humidité du sol. Les programmes d'alimentation des populations en eau potable est fonction de la disponibilité des ressources en eau qui dépendent des précipitations prévues. La maîtrise des capacités d'approvisionnement en eau, il faut bien connaître le bilan hydrique d'une région, y compris les bassins versants ou les systèmes aquifères souterrains. Ce bilan est directement tributaire de la prévision météorologique.

Le changement climatique affecte de nombreux secteurs dans lesquels les gestionnaires des ressources en eau jouent un rôle actif: la disponibilité et la qualité de l'eau, les risques d'inondation, les zones côtières, l'aménagement du territoire, l'environnement, l'agriculture, la santé. Le changement climatique pourrait affecter tous les secteurs liés à la gestion des ressources en eau, car il pourrait modifier le système d'approvisionnement et de demande



en eau, d'où l'hypothèse de stationnarité temporelle et spatiale des variables hydro-climatiques doit être évaluée en même temps que toutes les autres hypothèses. Les besoins actuels des scientifiques et décideurs concernant le climat futur sont inhérents au besoin de compléter les informations climatiques historiques indispensables à une planification et une gestion rigoureuse des ressources naturelles. La planification pourrait donc être liée aux projections des températures et des précipitations futures.

Les résultats de travaux de recherche présentés dans ce document permettent de répondre aux besoins exprimés précédemment pour l'Algérie dans les domaines des ressources en eau, agriculture, environnement, aménagement des territoires, habitat, Santé et énergie. Dans lequel les projections futures des précipitations, des températures et les modifications des zones climatiques régionales seront présentées.

## **2. Variabilité spatio-temporelle des précipitations et des températures en Algérie sur la période d'observation 1951-2005**

En ce qui concerne la variabilité spatiale, les valeurs moyennes des précipitations interannuelles et mensuelles dérivées des données de l'Unité de recherche climatique (CRU TS3.24) sont présentées respectivement dans les figures 1 et 2, et la distribution spatiale des températures moyennes interannuelles et mensuelles est présentée respectivement dans les figures 3 et 4.

On remarque que les précipitations (figures 1) sont caractérisées par une grande variation spatiale. Les valeurs des précipitations annuelles diminuent lorsque l'on se déplace du nord au sud. La précipitation moyenne annuelle est d'environ 50 mm par an dans le sud, alors qu'elle atteint 1200 mm par an dans le nord-est du pays, précisément aux stations de Jijel et d'El Kala. La moyenne annuelle dans les régions côtières varie entre 400 et 1000 mm en augmentant de l'ouest vers l'est. Les régions orientales sont donc mieux arrosées par les pluies que les régions occidentales.

L'examen de la moyenne mensuelle des précipitations en Algérie sur la période étudiée (figure 2) permet de diviser l'année en deux saisons marquées : la saison sèche, qui s'étend du 1er juin au 1er septembre et la saison des pluies, qui comprend les huit mois restants de l'année. Les résultats montrent que le pays semble avoir une grande répartition des pluies. Bien que la saison des pluies commence en septembre, elle est encore perturbée par quelques périodes de sirocco. Les précipitations sont bien établies en novembre, pour augmenter jusqu'en décembre ; où le maximum est le plus fréquemment enregistré. Ensuite, la quantité de pluies mensuelles diminue jusqu'au 1er juin, et la pluie devient rare ou se réduit à quelques gouttes dans certaines régions.

La figure 3 montre la distribution annuelle des températures sur l'Algérie. On remarque que les températures moyennes annuelles du pays sont réparties selon trois grandes zones géographiques, du nord au sud comme suit :

- 1) la température moyenne annuelle varie entre 10 °C et 20 °C, entre la côte et l'Atlas Tellien;

2) entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, la température moyenne annuelle varie entre 20°C et 22,5°C;

3) Dans le Sahara algérien, la température moyenne annuelle varie entre 22,5 °C et 30 °C.

Les températures moyennes mensuelles en Algérie (figure 4) et les températures hivernales varient entre 5 et 10 °C dans les villes côtières occidentales et entre 10 et 15 °C à l'est, dans les plaines et les vallées intérieures. Pendant la période estivale, la zone côtière est rafraîchie par les vents marins ; la température moyenne varie entre 25 °C et 35 °C environ.

Cependant, les températures sont particulièrement élevées dans les vallées intérieures et les plaines en raison de l'enceinte et de l'exposition aux vents du sud ; elles varient entre 25 °C et 30 °C en mai, entre 30 °C et 35 °C en juin, et entre 30 °C et 40 °C en juillet et août. Pour la partie méridionale du pays, dans le désert, la température varie entre 15 et 25 °C en hiver et atteint 35 à 40 °C, voire plus, en été.

Pour la variabilité temporelle, les résultats de la méthode de régression linéaire appliquée à la variabilité interannuelle et mensuelle des précipitations et des températures sur la période de 1951 à 2005 sont présentés dans la partie droite des figures 1, 2, 3 et 4, respectivement. Les taux d'augmentation et de diminution ont été estimés à partir de la pente de la ligne de régression linéaire, et sont exprimés en mm/an pour les précipitations et en °C/an pour la température. La figure 2 (à droite) montre la tendance des précipitations interannuelles en Algérie pendant la période de 1951 à 2005. Cette carte montre que les précipitations ont diminué dans toute la partie nord du pays au cours de cette période. Aucun changement dans la tendance des précipitations n'est observé dans la partie sud du pays. Le taux de diminution des précipitations annuelles devient plus lent à mesure que l'on s'éloigne de la côte et que l'on s'éloigne de l'ouest vers l'est. Le taux de diminution des précipitations moyennes annuelles varie de -1,5 mm/an dans le nord-ouest à 0,5 mm/an dans le nord-est du pays. Entre la côte et l'Atlas de Tell, le taux de diminution est d'environ -1 mm/an.

À partir des cartes de l'évolution des précipitations mensuelles (figure 2, à droite), il est possible de subdiviser le taux de diminution dans la partie nord du pays en deux segments distincts : une diminution de -0,3 mm/an des précipitations mensuelles de janvier à juin et d'octobre à décembre et une augmentation de +0,2 mm/an pendant les trois autres mois (juillet, août et septembre). Dans la partie sud du pays, une augmentation de 0,2 mm/an est observée pour presque tous les mois.

La figure 3 (à droite) montre l'évolution des températures annuelles en Algérie sur la période de 1951 à 2005. Sur cette carte, une augmentation de la température est observée sur l'ensemble du pays, de +0,02°C/an à l'ouest à +0,04°C/an à l'est du pays. Les cartes d'évolution des températures moyennes mensuelles en Algérie sur la période 1951-2005 (figure 4, à droite) montrent une augmentation allant de +0,02°C/an à +0,04°C/an pour l'ensemble du pays sauf en janvier et février, et une baisse de -0,02°C/an de -0,5°C/an à -0,5°C/an.



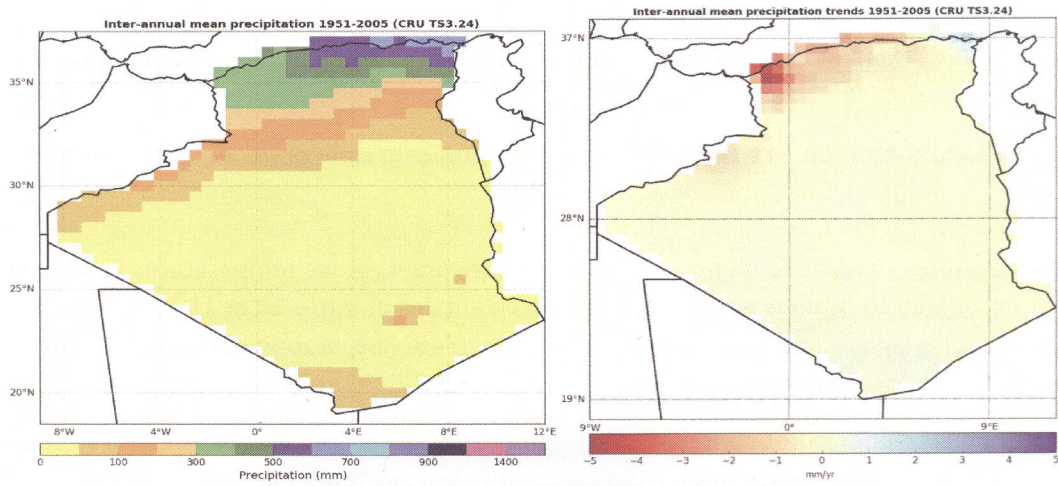


Figure 1. Précipitations moyennes annuelles en Algérie et tendances connexes (1951-2005) (CRU TS3.24 à 0.5°X0.5°)

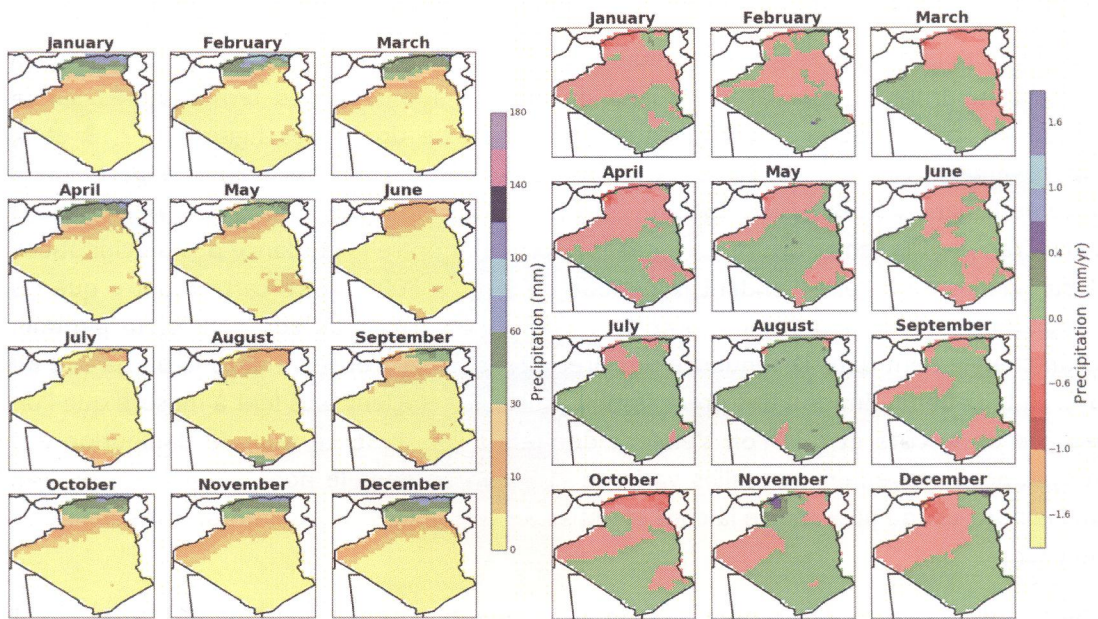


Figure 2. Précipitations moyennes mensuelles en Algérie et tendances connexes (1951-2005) (CRU TS3.24 at 0.5°X0.5°)



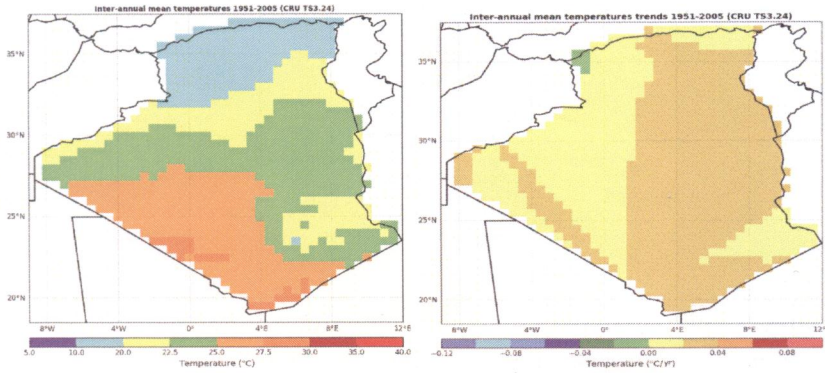


Figure 3. Températures moyennes interannuelles en Algérie et tendances connexes (1951-2005) (CRU TS3.24 at 0.5°X0.5°)

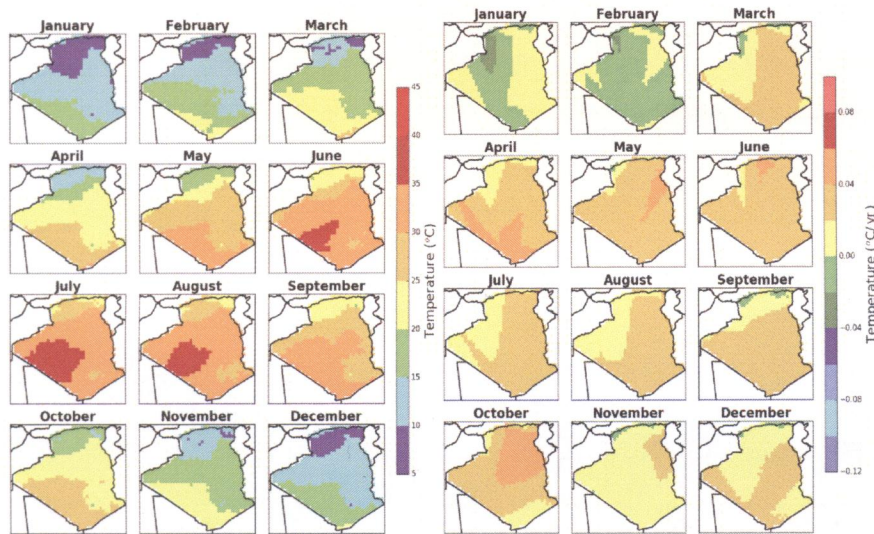
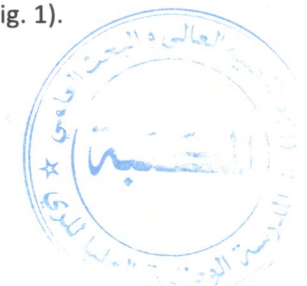


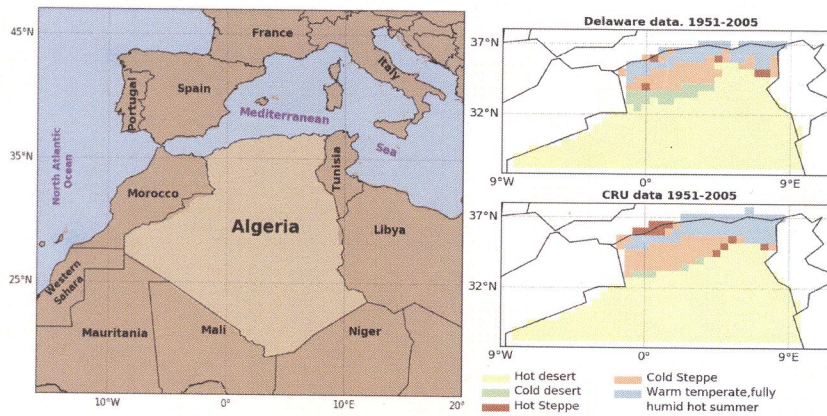
Figure 4. Températures moyennes mensuelles en Algérie et tendances connexes (1951-2005) (CRU TS3.24 at 0.5°X0.5°)

### 3. Variabilité spatio-temporelle des superficies des zones climatiques en Algérie durant la période d'observation de 1951 à 2005

En ce qui concerne la variabilité spatiale, les superficies moyennes des zones climatiques calculées à l'aide de deux ensembles de données (Climatic Research Unit et The University of Delaware) sont présentées dans la figure 5 et les tableaux 2 et 3. Les deux ensembles de données ont produit des résultats identiques. Ainsi, le climat de type aride (B) s'étend sur environ 95% de la surface totale du pays, et le climat tempéré chaud (C) ne représente qu'environ 5% de cette surface. Pour le type de climat aride (B), la zone climatique la plus courante est le type de désert chaud (BWh), qui couvre plus de 85% du pays, suivi par la zone climatique de steppe froide (BSk), qui couvre environ 5%. Les zones climatiques de type C sont presque exclusivement représentées par le climat tempéré chaud entièrement humide avec la zone climatique d'été chaud (Cfa). Il est à noter qu'à part la zone BWh, les autres zones climatiques se trouvent exclusivement dans le nord de l'Algérie (Fig. 1).







a-

b-

Figure 5a) Localisation de la zone d'étude et b) Moyenne de la zone climatique de Köppen-Geiger sur la période 1951-2005 en Algérie en utilisant deux produits des données observées

Tableau 1. Köppen-Geiger type de climat observé en Algérie sur la période 1951-2098.

Type	Classe climatique	Troisième lettre pour la classification des températures
B	Climats arides	
	BS: Climat de la steppe	h : Steppe chaude / desert
	BW: Le climat des déserts	k : Steppe froide / désert
C	Climats tempérés chauds	
	Cs: Climat tempéré chaud avec un été sec	a: Un été chaud (Hot) b: Un été chaud (Warm)
	Cw: Climat tempéré chaud avec un hiver sec	
	Cf: Climat tempéré chaud, entièrement humide	

Tableau 2. Superficie moyenne de chaque zone climatique observée sur la période 1951-2005 (en % de la superficie totale)

Data	Zones climatiques en % de la surface totale (1951-2005)									
	Bs		Bw		Cf		Cs		Cw	
	Bsh	Bsk	Bwh	Bwk	Cfa	Cfb	Csa	Csb	Cwa	Cwb
Climatic Research Unit (CRU)	1,45	5,59	86,64	1,50	4,73	0,01	0,00	0,00	0,09	0,00
Delaware University	1,07	5,26	87,19	2,07	4,22	0,04	0,00	0,00	0,13	0,00
Moyenne	1,26	5,42	86,92	1,79	4,48	0,03	0,00	0,00	0,11	0,00

Le résumé du tableau 2 est présenté comme suit :

**Tableau 3. Superficie de chacune des trois principales zones climatiques observées sur la période 1951-2005 (en % de la superficie totale)**

Data	Zones climatiques en % de la surface totale (1951-2005)		
	C	Bs	Bw
Climatic Research Unit (CRU)	4.83	7.04	88.14

En ce qui concerne la variabilité temporelle, les résultats des méthodes de régression linéaire et de Lombard appliqués à la variabilité interannuelle de la superficie de chaque zone climatique de 1951 à 2005 sont présentés dans le tableau 4 respectivement. Les deux ensembles de données observées ont donné des résultats similaires pour les zones climatiques BWh et Cfa. Ainsi, la superficie de la zone climatique BWh a augmenté de manière significative de 1951 à 2005, mais à un taux de  $650 \pm 160 \text{ km}^2/\text{an}$ , ce qui est assez faible (<2%).

Selon la méthode de Lombard, l'augmentation de la surface moyenne a été forte (1979-1980) pour les données CRU, mais progressive (1974-1999) pour les données UDEL. La superficie de la zone climatique a, quant à elle, diminué de manière significative d'environ 30%, à un rythme de  $1086 \pm 270 \text{ km}^2/\text{an}$  sur la période 1951-2005. Cette diminution, qui a été brutale, s'est produite au milieu des années 1970. Enfin, selon les données de l'UDEL, la superficie de la zone climatique des steppes chaudes (BSh) a augmenté de plus de 40% au cours de la même période. Cette augmentation a été brutale et a eu lieu en 1988. Cependant, ce changement n'est pas corroboré par les données du CRU. Il convient de noter ici qu'aucune tendance significative n'a été détectée lorsque nous avons analysé séparément les sous-séries ainsi reconstituées avant et après le saut.

**Tableau 4. Valeurs de Sn et dates des changements des valeurs moyennes calculées pour chaque zone climatique observée sur la période 1951-2005 selon la méthode de Lombard.**

zones climatiques	CRU data			Delaware University data		
	Sn	T1/T2	R (%)	Sn	T1/T2	R (%)
BSh	0.0173	/	/	0.0432	1987-1988	+43.00
Bsk	0.0209	/	/	0.0102	/	/
BWh	0.0574	1979-1980	+01.00	0.1315	1974-1999	+02.00
BWk	0.0028	/	/	0.0046	/	/
Cfa	0.0667	1975-1976	-32.10	0.0854	1975-1976	-30.80
Cfb	0.0035	/	/	0.0238	/	/
Cwa	0.0041	/	/	0.0337	/	/



Les valeurs  $S_n$  du test de Lombard  $> 0,0403$  sont statistiquement significatives au niveau de 5 %. Ces valeurs sont indiquées en gras. T1 et T2 sont les années de début et de fin, respectivement, des changements significatifs des valeurs moyennes d'une série donnée. Elles sont également indiquées en gras. R (%) : Pourcentage d'augmentation ou de diminution de la superficie moyenne de la zone climatique avant et après la rupture.

#### **4. Variabilité spatiale et temporelle prévue des précipitations et de températures sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100**

Seuls les résultats des simulations du modèle reproduisant le climat observé et son évolution sont utilisés après correction des biais pour les deux scénarios.

Les distributions des précipitations et des températures moyennes interannuelles sur les deux périodes de projection (2006-2060 et 2045-2100) dérivées pour les deux scénarios sont présentées dans les figures 6 et 7.

Les cartes dérivées des modèles sélectionnés montrent une diminution des précipitations moyennes interannuelles et une augmentation des températures moyennes interannuelles. Ainsi, pour les deux périodes (2006-2060 et 2045-2100) et avec les deux scénarios RCP4.5 et RCP8.5, le modèle RCA4-NorESM1-M prévoit que les précipitations moyennes se stabiliseront par rapport à l'intervalle de temps 1951-2005 dans les parties est et sud du pays, et qu'elles diminueront dans l'ouest. Cette diminution est plus importante pour le scénario RCP8.5 par rapport au scénario RCP4.5, ainsi que pour la période de projection 2045-2100 par rapport à la période 2006-2060.

L'augmentation des températures moyennes interannuelles pour les deux périodes de projection avec les deux scénarios (voir figure 7) prévus à l'aide de la simulation du modèle RCA4-MIROC5 est évidente dans la région côtière du pays, surtout pendant le deuxième intervalle de temps (2045-2100) dans le cadre du scénario RCP8.5.

Les cartes des précipitations moyennes mensuelles de l'Algérie générées à l'aide de la simulation du modèle RCA4-MIROC5 pour les intervalles de temps 2006-2060 et 2045-2100 avec les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (figure 8) montrent une légère diminution par rapport à la période de référence 1951-2005 dans la région côtière occidentale pour tous les mois. Cette diminution est marquée pour les mois de novembre, décembre et janvier au cours de la deuxième période de projection (2045-2100) dans le cadre du scénario RCP8.5.

Les cartes des températures moyennes mensuelles dérivées de la simulation du modèle RCA4-MIROC5 (figure 8) montrent une augmentation de la température pour tous les mois. Cette augmentation est plus marquée pour la deuxième période de projection (2045-2100) avec les deux scénarios RCP4.5 et RCP8.5 que pour la première période (2006-2060).

En ce qui concerne la variabilité temporelle sur les deux périodes de projection (2006-2060 et 2045-2100), pour les deux scénarios, les modèles climatiques sélectionnés prévoient une diminution des précipitations et une augmentation de la température à l'échelle annuelle et mensuelle. Les taux de diminution et d'augmentation sont les suivants :

1. Selon la simulation du modèle climatique RCA4-IPSL-CM5A, les précipitations moyennes annuelles diminueront dans la partie nord du pays (figure 10) sur la période 2006-2060 à un taux de -0,5 mm/an à -1,5 mm/an avec le scénario RCP4.5, et de -1,5 à 2,5 mm/an avec le scénario RCP8.5. Au cours de la deuxième période (2045-2100), le taux de diminution est proche de zéro pour le scénario RCP4.5 et varie de 0,5 mm/an à 1,5 mm/an pour le scénario RCP8.5. Aucun changement significatif des précipitations n'est observé pour le sud de l'Algérie.

Selon la simulation du modèle climatique RCA4-MPI-ESM-LR, les températures annuelles moyennes augmenteront (figure 10) sur la période 2006-2060 à un rythme de +0,02°C/an à +0,04°C/an dans le Nord et de +0,04°C/an à +0,06°C/an dans le Sud pour les deux scénarios. Au cours de la deuxième période (2045-2100), le taux d'augmentation est de +0,02°C/an sur l'ensemble du pays pour le scénario RCP4.5. Pour le scénario RCP8.5, ce taux varie de +0,04°C/an à +0,06°C/an dans le Nord et de +0,06°C/an à +0,08°C/an dans le Sud.

Selon la simulation du modèle climatique RCA4-NorESM1-M, les précipitations mensuelles diminueront (figure 11) au cours des deux périodes avec les deux scénarios. Le taux de diminution n'est pas synchrone pour les différents mois, entre les régions ou entre les périodes. Ce taux varie de -0,3 mm/an à -0,8 mm/an, et il est plus élevé pour le scénario RCP8.5 que pour le RCP4.5 pour les six mois d'hiver (octobre à mars).

Selon la simulation du modèle climatique RCA4-MPI-ESM-LR, les températures moyennes annuelles augmenteront (figure 12) sur la période 2006-2060 à un taux de +0,02 °C/an à +0,04 °C/an dans le Nord et de +0,04 °C/an à +0,06 °C/an dans le Sud pour les deux scénarios. Pendant la deuxième période (2045-2100), le taux d'augmentation de la température est de +0,02 °C/an sur l'ensemble du pays avec le scénario RCP4.5. Pour le scénario RCP8.5, ce taux est de +0,04 °C/an à +0,06 °C/an dans le Nord et de +0,06 °C/an à +0,08 °C/an dans le Sud.

5. Selon la simulation du modèle climatique RCA4-NorESM1-M, les températures moyennes mensuelles augmenteront (figure 13) sur la période 2006-2060 à un taux de +0,04 °C/an à +0,06 °C/an pour février et mai, et de +0,02 °C/an à +0,04 °C/an pour les autres mois pour le scénario RCP4.5. Pour le scénario RCP8.5, sur la période 2006-2060, le taux d'augmentation atteindra +0,08°C/an pour les mois d'août et septembre dans la partie nord du pays et pour les mois de mai et juin dans le sud. Pour les autres mois, le taux d'augmentation sera compris entre +0,02°C/an et +0,06°C/an. Pendant la deuxième période (2045-2100), le taux d'augmentation ne dépassera pas +0,04°C/an pour le scénario RCP4.5 pour tous les mois sauf pour février et avril, où une baisse de température de l'ordre de 0,04°C/an est prévue. Pour le scénario RCP8.5 et pendant la deuxième période, le taux



d'augmentation va de  $+0,02^{\circ}\text{C}/\text{an}$  à  $+0,04^{\circ}\text{C}/\text{an}$  pour les six mois d'hiver (octobre à mars) et de  $+0,04^{\circ}\text{C}/\text{an}$  à  $+0,1^{\circ}\text{C}/\text{an}$  pour les six mois d'été (avril à septembre).

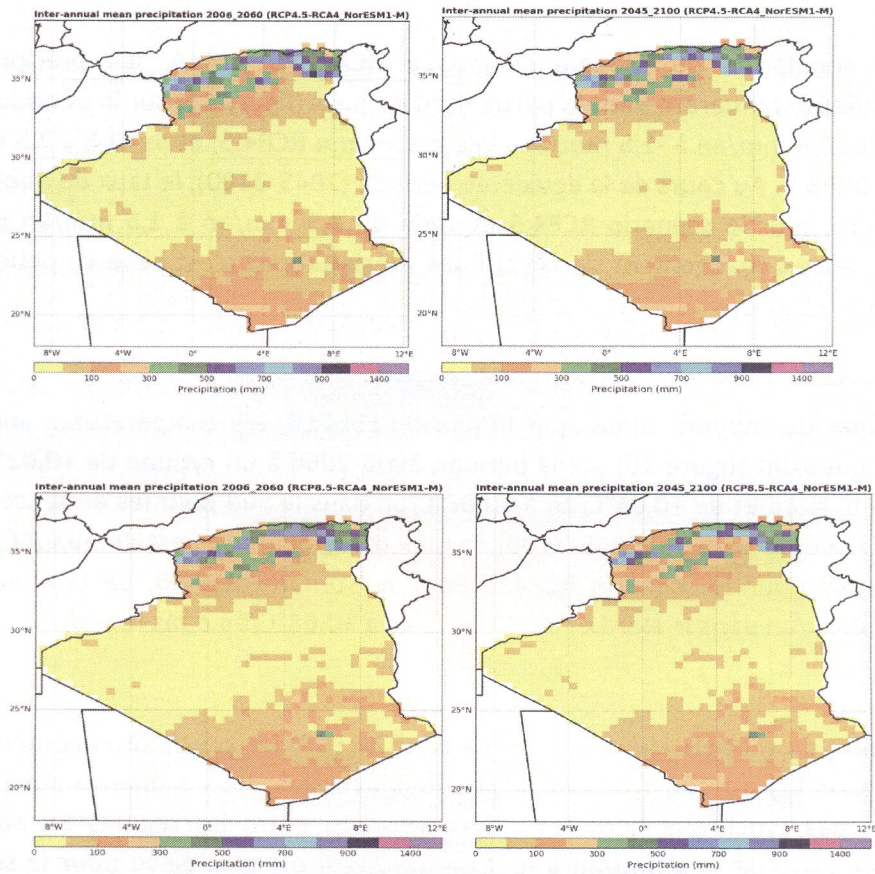
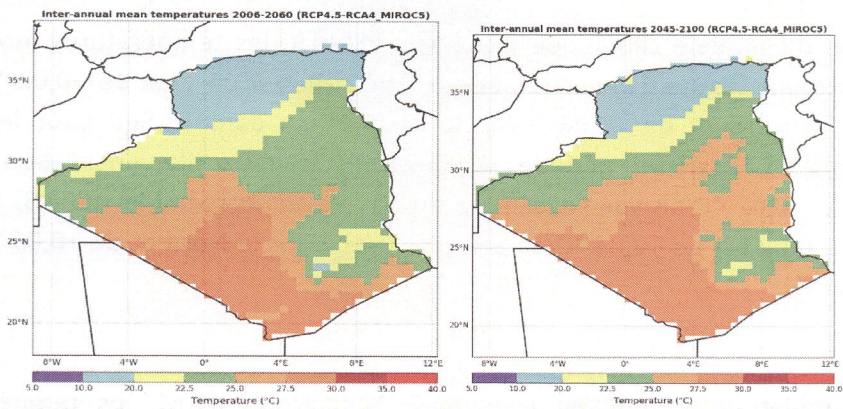


Figure 6. Précipitations moyennes interannuelles en Algérie sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-NorESM1-M at a resolution of  $0.44^{\circ}\text{X}0.44^{\circ}$ ).





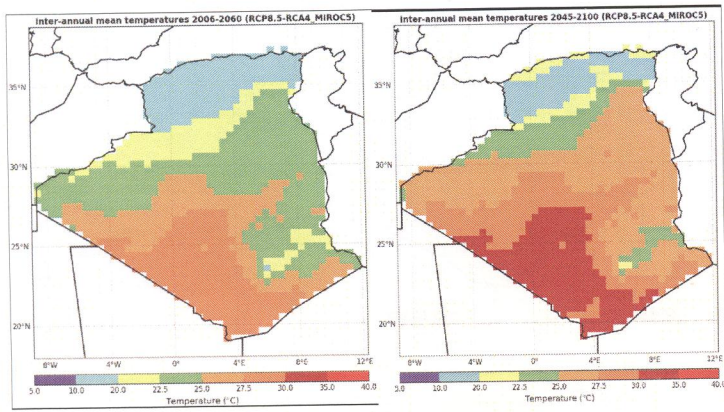


Figure 7. Températures interannuelles en Algérie sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-MIROC5) à a resolution of  $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ .

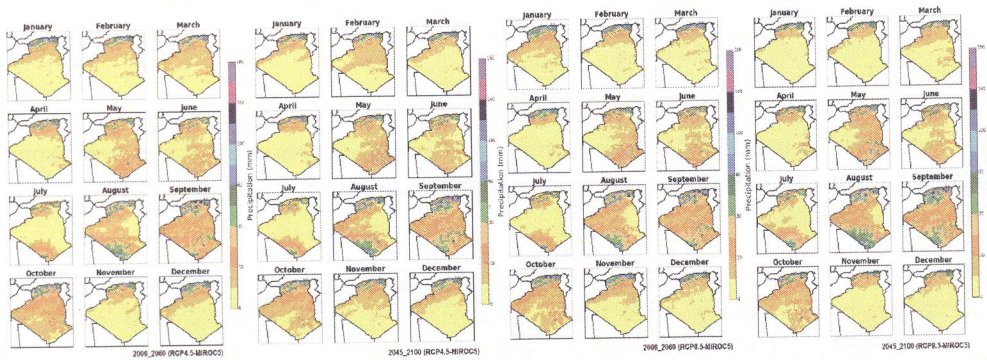


Figure 8. Précipitations mensuelles en Algérie sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-MIROC5) à a resolution of  $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ .

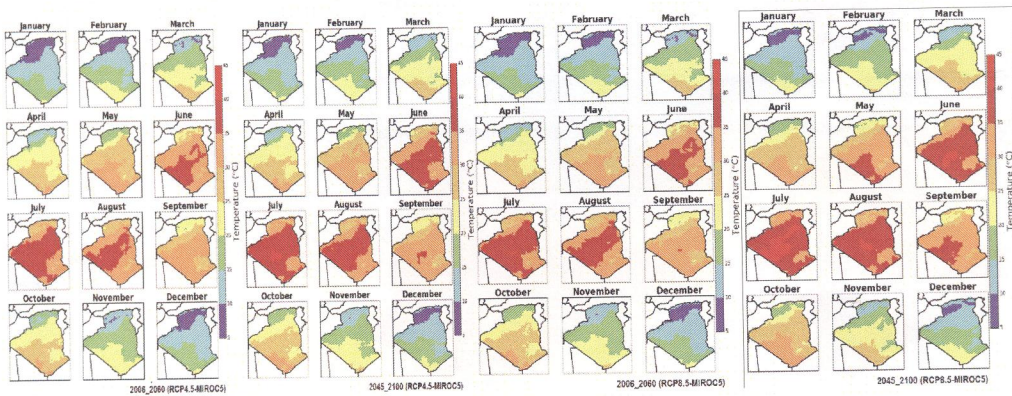


Figure 9. Températures mensuelles en Algérie sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-MIROC5) à a resolution of  $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ .



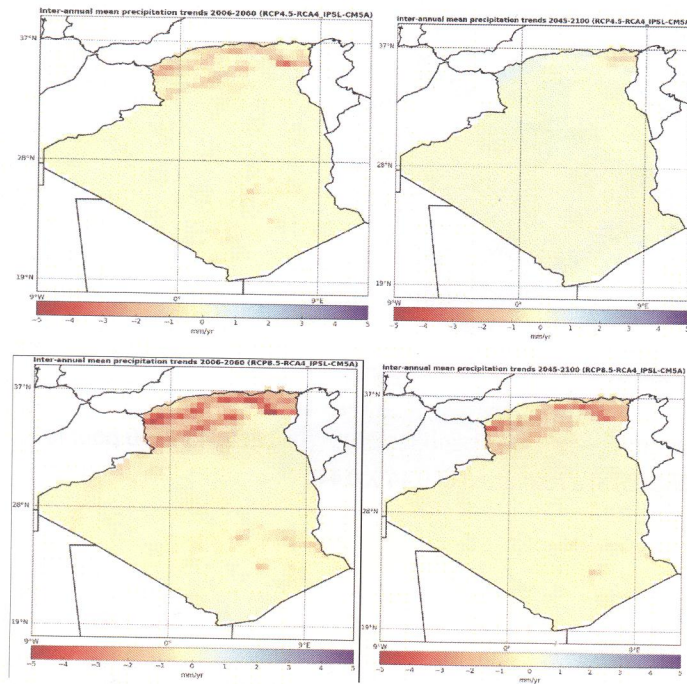


Figure 10. Pentas des droites de régression ajustées à la variabilité temporelle des précipitations annuelles sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-IPSL-CM5A) at a resolution of  $0.44^\circ \times 0.44^\circ$ .

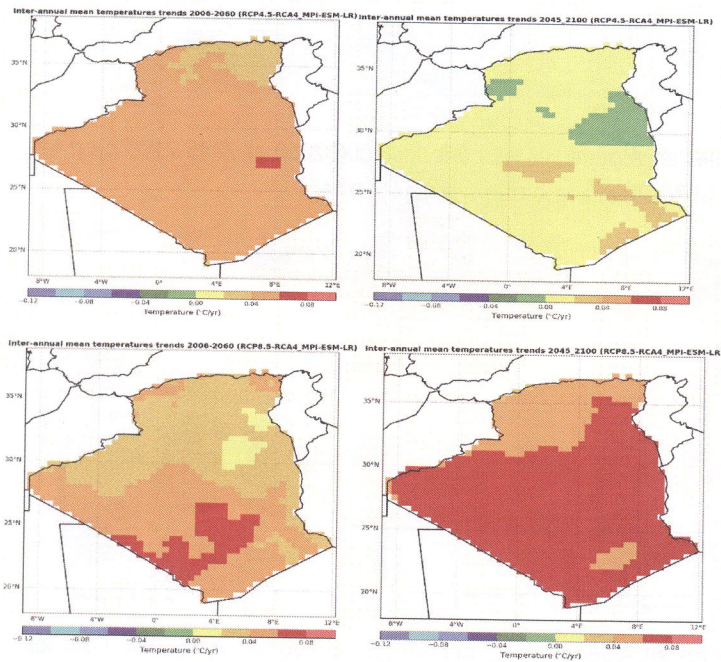


Figure 11. Pentas des droites de régression ajustées à la variabilité temporelle des températures annuelles sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 and RCP8.5 (RCA4-MPI-ESM-LR) at a resolution of  $0.44^\circ \times 0.44^\circ$ .



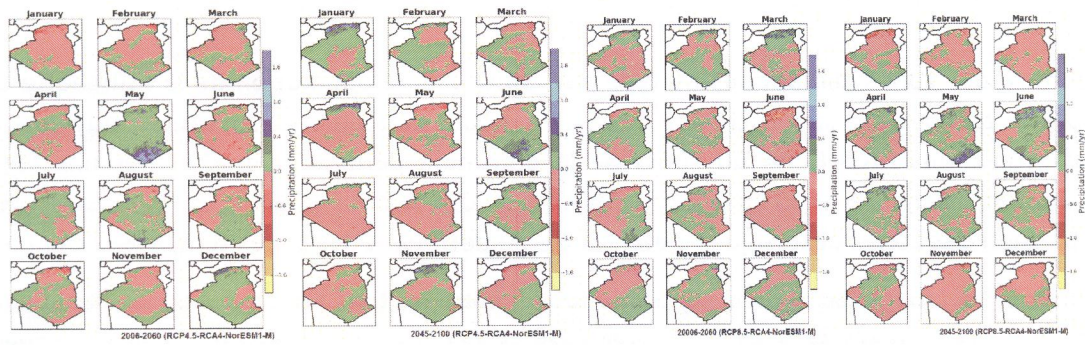


Figure 12. Pentes des droites de régression ajustées à la variabilité temporelle des précipitations mensuelles sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-NorESM1-M) at a resolution of  $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ .

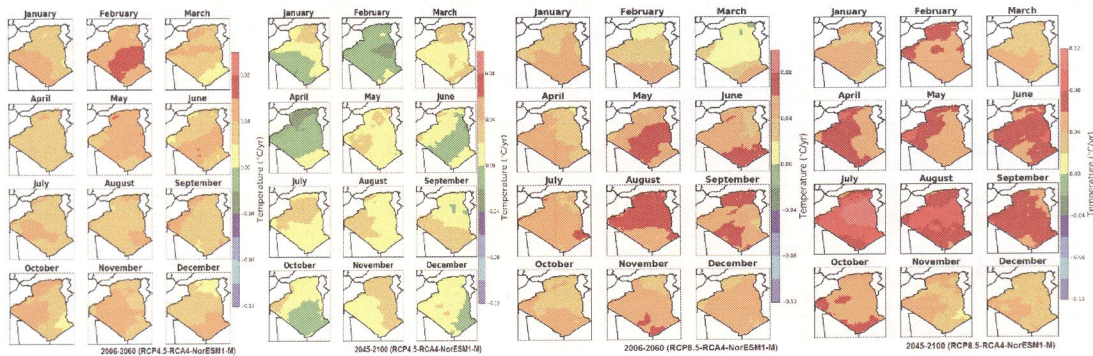


Figure 13. Pentes des droites de régression ajustées à la variabilité temporelle des températures mensuelles sur les périodes 2006-2060 et 2045-2100 pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (RCA4-NorESM1-M) at a resolution of  $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ .

### 5. Superficies des zones climatiques et leur évolution prévue pour les périodes 2006-2060 et 2045-2100

Les changements projetés (en % de la superficie totale) pour toutes les simulations de modèles sont similaires pour la zone de climat désertique (BW) et la zone de climat tempéré chaud (C), alors que nous constatons une augmentation considérable de la superficie de la zone de climat BW et également une diminution de la superficie de la zone (C). Pour la zone climatique de la steppe (BS), le déplacement projeté n'a pas été trouvé synchrone d'une simulation de modèle à l'autre et d'un scénario à l'autre.

Pour les zones climatiques (BW) et (C), le déplacement de l'expansion et de la contraction entre les principales zones des classes climatiques de Koppen-Geiger simulées par tous les modèles sur la première période projetée 2006-2060 est similaire pour les deux scénarios. Cependant, le scénario RCP8.5 montre les plus grands changements pour la deuxième période projetée 2045-2100. Au cours de la période d'observation 1951-2006, 88,14 % de la superficie totale de l'Algérie était couverte par des climats de type BW, suivis par les climats de type BS (7,04 %) et C (4,83 %), respectivement. En supposant un scénario RCP8.5 pour la deuxième période de projection 2045-2100 (tableau 5), les projections des neuf (09) modèles se traduisent par une augmentation de la fourchette de +2,7 % à +7,7 % de la





superficie des zones climatiques de type BW, ainsi qu'une diminution de la fourchette de -4,45 % à -2,84 % de la superficie des zones climatiques de type C. La superficie moyenne des neuf projections MCR-RCA4 au cours de la deuxième période se traduit par une légère diminution, allant de -0,05 % pour la MCR4,5 à -0,4 % pour la MCR8,5. Par conséquent, l'expansion des zones désertiques a été établie au détriment des zones tempérées chaudes.

**Tableau 5. Variations (en % de la superficie totale) entre les trois principales zones climatiques : superficie des périodes 1951-2005 vs. 2006-2060 et 1951-2005 vs. 2045-2100 pour les scénarios RCP 45 et RCP 85. Notez que 1 % correspond à une superficie de 23820 km<sup>2</sup>.**

	2006-2060					
	RCP 45			RCP 85		
	C	BS	BW	C	BS	BW
CanESM (Canada)	-0.83	-0.52	1.33	-1.53	-0.08	1.6
CNRM-CM5 (France)	-2.46	-0.26	2.71	-1.12	0.07	1.04
CSIRO-MK3 (Australia)	-2.32	0.43	1.88	-2.01	0.44	1.54
IPSL-CM5A (France)	-2.99	-0.32	3.29	-2.71	-0.5	3.18
MIROC5 (Japan)	-1.66	0.42	1.23	-1.22	-0.34	1.54
HadGEM2-ES (UK)	-2.45	-0.09	2.52	-2.53	0.29	2.24
MPI-ESM-LR (Germany)	-2.44	-0.51	2.94	-2.19	0.21	1.97
NorESM1-M (Norway)	-2.04	0.24	1.79	-3.03	0.45	2.58
GFDL-ESM2M (USA)	-1.76	-0.23	1.98	-2.79	0.18	2.6
Mean	-2.106	-0.093	2.186	-2.126	0.080	2.032
	2045-2100					
	RCP 45			RCP 85		
	C	BS	BW	C	BS	BW
CanESM (Canada)	-2.29	-0.12	2.41	-3	0.15	2.84
CNRM-CM5 (France)	-2.57	-0.33	2.9	-2.84	0.13	2.69
CSIRO-MK3 (Australia)	-3.19	0.63	2.55	-3.59	0.55	3.03
IPSL-CM5A (France)	-3.71	-0.53	4.23	-4.45	-3.27	7.71
MIROC5 (Japan)	-2.32	0.78	1.53	-3.18	0.24	2.93
HadGEM2-ES (UK)	-3.15	0.49	2.65	-3.9	-0.35	4.24
MPI-ESM-LR (Germany)	-3.42	-1.35	4.75	-3.94	-0.6	4.54
NorESM1-M (Norway)	-3.26	0.19	3.06	-3.9	0.21	3.69

GFDL-ESM2M (USA)	-2.45	-0.26	2.7	-3.55	-0.76	4.29
Mean	-2.929	-0.056	2.976	-3.594	-0.411	3.996

## 6. Discussion et conclusion

La variabilité spatiale et l'évolution temporelle des précipitations et des températures sur l'Algérie ont été analysées sur la période 1951-2100 à l'aide d'un ensemble de données d'observation et de neuf simulations RCM RCA4 du programme CORDEX-Africa. L'analyse est effectuée à des échelles de temps annuelles et mensuelles qui conduisent aux trois principaux résultats :

1. Sur la période historique 1951-2005, les tendances à long terme des précipitations et de la température sont caractérisées par une augmentation de la température moyenne annuelle d'environ  $+0,02^{\circ}\text{C}/\text{an}$  dans la partie occidentale du pays et de  $+0,04^{\circ}\text{C}/\text{an}$  dans la partie orientale, et dans le même temps une diminution de 0,5 à 1,5 mm/an des précipitations moyennes annuelles dans la partie septentrionale du pays. Le cinquième rapport du GIEC a noté une diminution des précipitations dans le nord de l'Algérie d'environ 2,5 à 5 mm/an par décennie de 1951 à 2005. Il a également montré des résultats similaires pour les précipitations totales de septembre à avril dans le nord de l'Algérie.
2. En ce qui concerne l'évolution future (2005-2100) de la variabilité temporelle des précipitations annuelles et mensuelles et de la température en Algérie, l'étude montre que tous les modèles prévoient une augmentation de la température et une diminution des précipitations pendant la période 1945-2100, en particulier dans le cadre du scénario RCP8.5.
3. La diminution actuelle des précipitations et l'augmentation de la température, ainsi que la réduction prévue de la superficie de la zone climatique tempérée, entraîneront de nombreux problèmes liés, entre autres, à la sécurité alimentaire et au déplacement des populations locales en Algérie. Ces considérations doivent être intégrées dans les futurs plans de développement socio-économique. Le rythme auquel ces changements se produiront à l'avenir dans les trois zones climatiques de l'Algérie devrait mériter une attention particulière.



## 7. Références bibliographiques

1 - Zeroual A., Assani Ali A. and Meddi M. (2017) : Combined analysis of temperature and rainfall variability as they relate to climate indices in Northern Algeria over the 1972–2013 period. *Hydrology Research* | 48.2 | 2017.

2 - Zeroual A., Assani A.A., Meddi M. & Alkama R. (2019). *Assessment of climate change in Algeria from 1951 to 2098 using the Köppen–Geiger climate classification schem.* *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4128-0>

3 - Ayoub Zeroual, Ali A. Assani, Hind Meddi, Senna Bouabdelli, Sara Zeroual, and Ramdane Alkama (2020) Assessment of Projected Precipitations and Temperatures Change Signals over Algeria Based on Regional Climate Model: RCA4 Simulations. In: A. Negm et al. (eds.), *Water Resources in Algeria - Part I: Assessment of Surface and Groundwater Resources, The Handbook of Environmental Chemistry*, <https://doi.org/10.1007/698> 2020 526.