

Étude de la variabilité interannuelle des températures et des précipitations dans les hauts plateaux

Nour El Isslam KERROUMI ^{1*}

Abstract

La compréhension et la caractérisation de la variabilité climatique aux échelles spatiales réduites s'avèrent fondamentales pour la compréhension des impacts des changements climatiques, de la vulnérabilité locale et pour les projets de développement.

La présente étude a pour objectif d'analyser la variabilité interannuelle des températures et des précipitations et la classification du climat de la zone des hauts plateaux sur deux périodes consécutives 1981-2000 et 2001-2020 par l'utilisation de la méthode graphique et d'indices climatiques.

Les résultats obtenus montrent un réchauffement perceptible d'environ 0.5°C au niveau de toutes les stations de la région d'étude. L'écart le plus conséquent est observé au niveau de la station de Laghouat et l'écart le plus faible est enregistré à la station de Bordj Bou Arreridj.

Une hausse des précipitations dans la 2^{ème} période est observée sur la majorité des stations des hauts plateaux surtout à l'ouest. Ces résultats montrent également que le climat a connu de fortes fluctuations interannuelles caractérisées par une succession de périodes sèches et humides.

L'application des différents indices d'aridité de koppen-geiger, les formules et les critères de subdivisions climatiques sur les données de température et de précipitation recueillies révèlent différentes répartitions d'ouest en Est. Ceci nous a conduit à recommander une classification interactive de 3 à 4 classes.

Keywords

variabilité climatique, indices climatiques, fluctuations interannuelles, analyse spatiale, tendance.

¹ Office national de la météorologie, Dar El Beida, Alger

*Correspondant: kerrouminourelislam2019@gmail.com

Contents

1	Introduction:	1
2	Méthodologie	2
2.1	Données utilisées	2
2.2	Descriptions de la méthodologie appliquée:	2
2.3	La Classification Automatique Hiérarchique C.A.H 2	2
3	Résultats et discussion	3
3.1	Régime thermique	3
	Tendances des températures moyennes annuelles	
3.2	Régime pluviométrique	3
	Moyennes annuelles des précipitations • Précipitations moyennes saisonnnières	
3.3	Classification Automatique Hiérarchique	5
	Indices d'aridité • Classification de Koeppen_Geiger	
4	Conclusion	5
	References	5

1. Introduction:

Les problèmes liés aux changements climatiques occupent une importante place parmi les préoccupations majeures contemporaines. Dans cette optique, l'Organisation Météor-

ologique Mondiale (OMM) et le Groupe Intergouvernemental des Experts du Climat (GIEC) estiment qu'il est nécessaire actuellement, d'entreprendre des études de diagnostic pour déterminer empiriquement et statistiquement les caractéristiques du système climatique et sa variabilité pour différentes régions du globe [1].

En général, la variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat. Alors que les changements climatiques désignent un changement du climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui altèrent la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoutent à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables.

L'Algérie fait partie des régions les plus sensibles à cette variabilité. Sa partie nord a été un sujet d'intérêt pour plusieurs chercheurs qui ont tenté d'étudier la variabilité de son climat ainsi que sa relation avec la circulation atmosphérique générale. Nous citons à titre d'exemple les travaux de DERRADJI Sarah HADJEM Afifa [2], BENYETTOU Mohamed BOUKLIKHA Abdellah [3], Rhissa AG Bilal [4] et Farah Abdelhafid [5]. Ces travaux sont focalisés principalement sur la classification climatique et la variation des températures et des précipitations au nord de l'Algérie. Cependant, la partie sud de l'Algérie reste toujours peu étudiée. C'est pour cela notre travail se focalise sur la zone des hauts plateaux. Il vient pour renforcer et compléter les différents travaux précédents. Ses objectifs principaux :

- Détermination de variabilité temporelle des températures et des précipitations durant les deux périodes 1981-2000 et 2001-2020.
- Détermination des types de climat de la zone des hauts plateaux sur ces deux périodes d'étude.

Pour ce faire, nous utiliserons les méthodes graphiques, les indices de classification climatiques et la classification automatique.

Après cette introduction, nous allons décrire les données utilisées et expliciter la méthode adoptée. Ensuite, nous présenterons les différents résultats obtenus afin de comparer la variabilité climatique entre les deux périodes d'étude. Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

2. Méthodologie

2.1 Données utilisées

Nous avons utilisé, pour notre étude, les données des précipitations et des températures au pas de temps journalier sur la période allant de 1981 à 2020.

La NASA, à travers son programme de recherche en sciences de la Terre, soutient depuis longtemps les systèmes satellitaires et la recherche fournissant des données importantes pour l'étude du climat et des processus climatiques. Ces produits satellitaires sont basés sur des modèles d'assimilation qui sont avérés suffisamment précis pour fournir des données fiables sur les ressources solaires et météorologiques dans des régions où les mesures de surface sont rares ou inexistantes (White et Hoogenboom, 2008 [6]).

Les données météorologiques de POWER Release-8 sont basés sur un modèle d'assimilation unique du Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) de Goddard [10]. Elles sont mises à jour et dérivées des modèles d'assimilation de GMAO Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications (MERRA-2) et des produits GMAO Forward Processing - Instrument Teams (FP-IT) GEOS 5.12.4 en temps quasi réel et fournies sur une grille globale avec une résolution spatiale de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$. La couverture temporelle des données MERRA-2 va de 1981 à quelques mois en temps réel et celle des données GEOS 5.12.4 s'étale de la fin du flux de données MERRA-2 à quelques jours en temps réel. Les versions MERRA-2 et GEOS 5.12.4 sont essentiellement les mêmes et les discontinuités qui apparaissent entre les différents modèles d'assimilation sont minimisées. Cela montre que ces données sont homogènes et ne nécessitant pas des tests d'homogénéisations [7].

2.2 Descriptions de la méthodologie appliquée:

Ce travail a été effectué par un ensemble des logiciels tel que le logiciel R pour télécharger les données météorologiques, le logiciel excel qui permet de tracer les graphiques de manière rapide et précis et le logiciel Surfer pour la représentation cartographique de notre zone d'étude

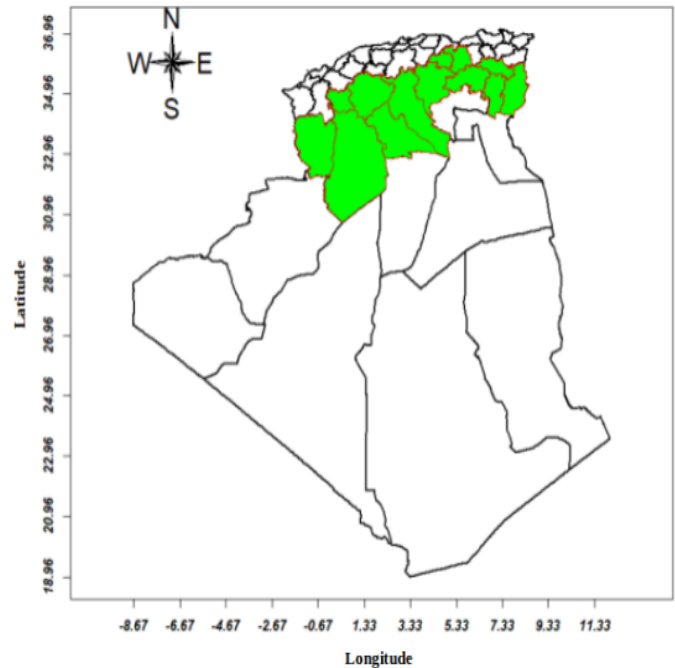


Figure 1. Localisation des Hauts Plateaux

Pour mieux couvrir la région d'étude, nous avons choisi 19 stations implantées au niveau des hauts plateaux (Figure 1). Les deux périodes définies sont : [1981-2000] et [2001-2020] et les paramètres sont les précipitations et la température.

2.3 La Classification Automatique Hiérarchique C.A.H

Après le calcul des indices de classification climatiques, nous avons utilisé, ensuite, la méthode de classification automatique hiérarchique (méthode de Ward) pour choisir à chaque étape le regroupement de classes tel que l'augmentation de l'inertie Intra-classe, utilisée comme indice de niveau, soit minimum.

De ce fait des multiples packages et fonctions du logiciel R ont été utilisés pour exécuter cette partie. Nous citons NbClust « la fonction hclust » pour déterminer le nombre de grappes et propose à l'utilisateur le meilleur schéma de regroupement des différents résultats obtenus en faisant varier les combinaisons de nombre de grappes, des mesures de distance, et les méthodes de classification.

Pour le choix du nombre de classes, nous avons utilisé la fonction de R « sort » et enfin pour visualiser les différentes partitions directement sur le dendrogramme nous avons fait appel à la fonction « fviz_dend » de R. Nous avons tracé, ensuite, les cartes des classes du climat en utilisant le logiciel SURFER11.

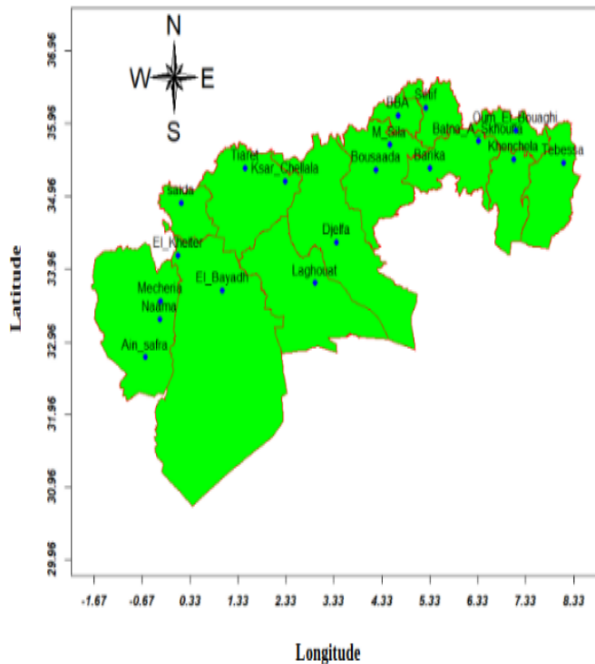


Figure 2. Répartition géographique des stations de la zone d'étude.

3. Résultats et discussion

3.1 Régime thermique

3.1.1 Tendances des températures moyennes annuelles

Nous avons tracé les tendances des températures moyennes annuelles du 1981 à 2020 (Fig.4). Nous constatons que les droites tendanciennes des températures moyennes sur toutes les stations présentent une allure à la hausse avec des pentes positives accompagnées des variations importantes autour d'elles. Cette hausse de température s'accorde avec les derniers rapports du GIEC qui signalent un réchauffement depuis le début de l'année 1990. Quant à la variation annuelle, nous pouvons facilement remarquer que l'année 1991 est l'année la plus froide pour les stations de la région ouest et l'année 2019 est l'année la plus chaude avec des températures moyenne dépassant 17°C.

Nous avons ensuite représenté les moyennes annuelles des températures pour les deux périodes 1981-2000 et 2001-2020 (Fig. 5). Le réchauffement est perceptible au niveau de toutes les stations de la région d'étude. L'écart le plus important entre les deux périodes choisies dans cette étude est enregistré au niveau de la station de Laghouat avec 0.46 °C et la station présentant l'écart le plus faible est la station de Borj BouArreridj (BBA) avec 0.13°C (Table 1)

Stations	Écarts de température en °C
Tiaret	0,18
Tebessa	0,15
Sétif	0,18
Saïda	0,21
Oum El Bouaghi	0,22
Naama	0,38
M'Sila	0,20
Mecheria	0,31
Laghouat	0,46
Ksar Chellala	0,20
Khenchela	0,22
El Kheiter	0,26
Elbayadh	0,36
Djelfa	0,42
Bousaada	0,27
BBA	0,13
Batna A.Skhouna	0,29
Barika	0,27
Ain safra	0,40

Table.1: Écarts des températures entre les deux périodes 1981-2000 et 2001-2020.

3.2 Régime pluviométrique

3.2.1 Moyennes annuelles des précipitations

Sur la figure 6, nous remarquons que les moyennes des précipitations enregistrées durant la deuxième période (2001-2020) sont supérieures à celles enregistrées pour la première période et cela pour toutes les stations à l'exception des deux stations Djelfa et Laghouat. Parfois l'écart entre les deux périodes dépasse 100 mm comme pour le cas de la station de Borj B.Arreridj.

3.2.2 Précipitations moyennes saisonnières

La Fig.7 représente la variation saisonnière des moyennes des précipitations pour les périodes 1981-2000 et 2001-2020. Spatialement, les pluies moyennes saisonnières présentent une dissymétrie entre les différentes stations de notre région d'étude. En hiver les quantités pluviométriques moyennes sont importantes par rapport aux autres saisons. Les stations les plus arrosées sont celles de Sétif et Borj B.Arreridj. Les hauteurs moyennes saisonnières des précipitations enregistrées sur les hauts plateaux fluctuent entre 50 mm et 250 mm. En printemps et en Automne, les moyennes saisonnières sont à la baisse sur toutes les stations et fluctuent entre 50 mm et 200 mm, avec un maximum au niveau de la station de Sétif et Bordj Bou Arreridj. En été, les moyennes pluviométriques oscillent entre 30 mm et 72 mm avec un maximum enregistré à Oum El Bouaghi.

D'après cette figure, nous remarquons aussi dans les quatre saisons que la 2^{ème} période est plus pluvieuse que la première pour la majorité des stations.

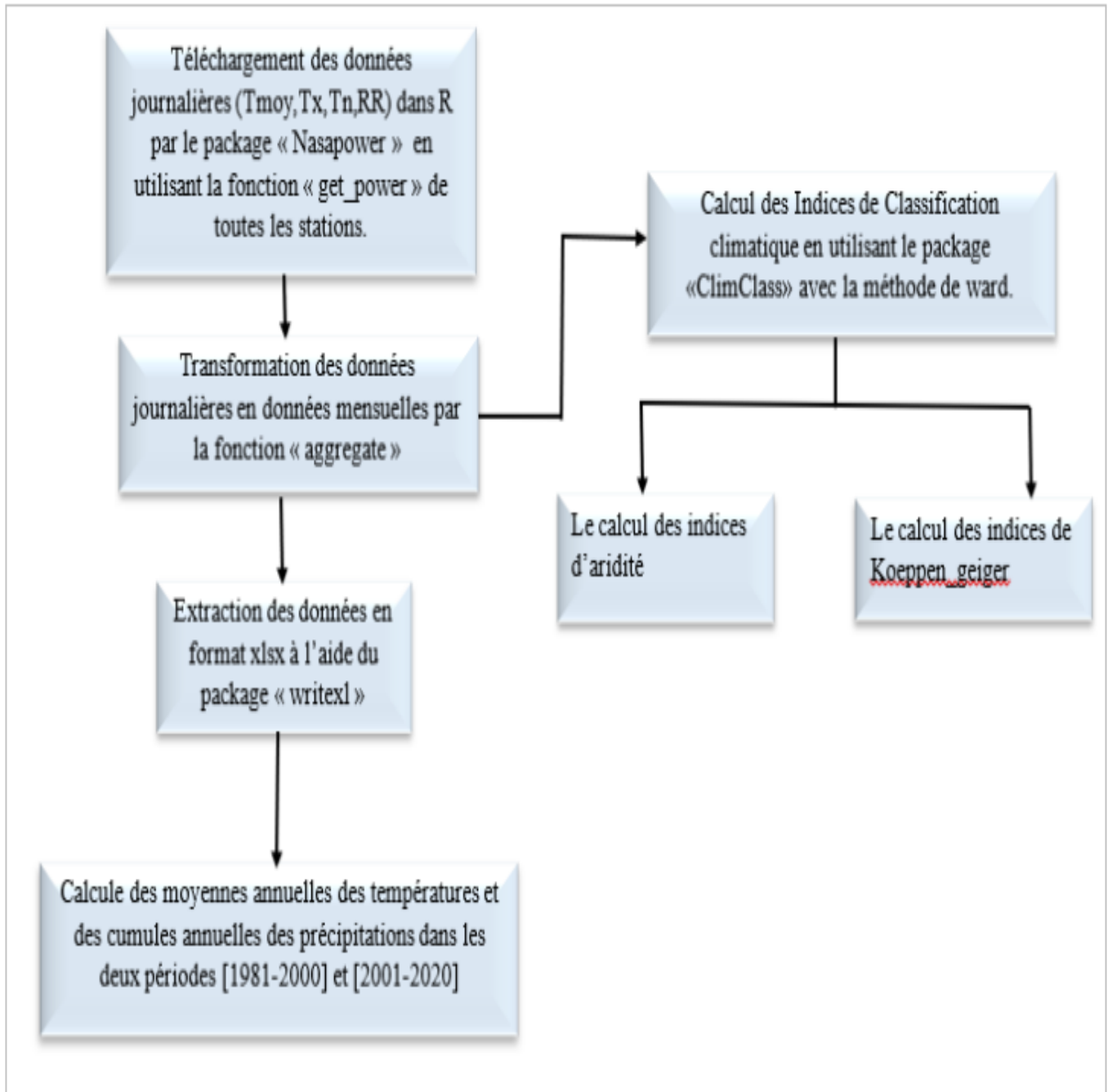


Figure 3. Organigramme explicatif à la méthodologie appliquée.

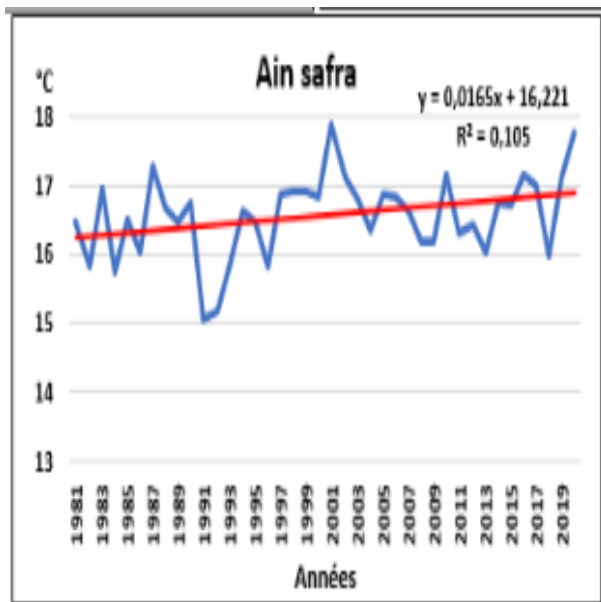


Figure 4. Tendances des températures moyennes annuelles pour la période 1981-2020.

3.3 Classification Automatique Hiérarchique

Les résultats de la classification climatique basée sur certains indices nous permettront de bien comparer entre les deux périodes 1981-2000 et 2001-2020 et d'identifier le passage d'une station d'une classe à une autre. Pour mieux visualiser la répartition de ces classes pour les deux périodes, nous avons choisi de les présenter sous forme des cartes en utilisant le logiciel cartographique Surfer.

3.3.1 Indices d'aridité

C'est un indicateur numérique du degré de sécheresse du climat, il permet d'identifier, de localiser ou de délimiter les régions qui souffrent d'un déficit d'eau disponible [8]. La classification selon l'indice d'aridité (Fig. 8) montre que les stations Barika, Boussaâda, Laghouat, Ain Safra, Naâma, Mecheria, Djelfa, El Bayadh appartiennent à la classe «ARIDE» pour les deux périodes d'étude. On remarque que la station d'El kheiter devient «SEMI-ARIDE» durant la période 2001-2020 après qu'elle était dans la classe «ARIDE» durant la première période.

Également, nous notons le changement de classe pour les stations Oum El Bouaghi, Tiaret et Batna A.Skhouna en passant de la catégorie « SEMI-HUMIDE » durant la période 1981-2000 à la catégorie SEMI-ARIDE durant la période 2001-2020. Nous signalons aussi que « Tebessa, Ksar Chellala, Khenchela, M'Sila et Saida » appartiennent à la classe «SEMI-ARIDE» alors que les stations de de Borj B.Arreridj et Sétif sont incluses dans la catégorie «SEMI-HUMIDE».

3.3.2 Classification de Koeppen_Geiger

La classification de Köppen-Geiger est une classification des climats fondée sur les précipitations et les températures. C'est la plus courante des classifications climatiques dans sa version présentée par "Rudolf Geiger" en 1961 [8]. Un climat,

selon cette classification, est repéré par un code de deux ou trois lettres, la première indique le type du climat, la deuxième indique le régime pluviométrique et la troisième indique la variation des températures.

La figure 9 montre les cartes de classification de Köppen-Geiger pour les deux périodes étudiées. Nous remarquons une apparition d'une catégorie (Bsh) relative au catégorie Semi-aride pour la deuxième période alors qu'elle n'existait pas durant la première période. Cette catégorie concerne la station de Barika.

La répartition spatiale des classes montre que les stations de Naâma, Laghouat et Ain Sefra ont un climat Désertique (BWk) et que les stations de Sétif, Tiaret, Oum El Bouaghi, Batna A.Skhouna et Borj Bou Arreridj ont un climat Méditerranéen (Csa). Tandis que le climat Semi-aride (BSk) est la caractéristique des stations de : El bayadh, El Kheiter, Khenchela, Ksar Chellala, Tebessa, M'Sila et Bousaada.

par contre, nous remarquons le passage de la station de Mecheria de la catégorie Désertique ou aride (BWk) en première période 1981-2000 à la catégorie Semi-aride (BSk) en deuxième période 2001-2020. De même pour la station de Djelfa qui a passé de la classe Semi-aride (Bsk) à la classe désertique (Bwk) en deuxième période. Selon la règle de dénomination des classes adoptée dans la classification de Koeppen-Geiger précitée, ce passage d'une classe à une autre remarqué pour ces deux cas précédents concerne le changement dans le régime pluviométrique puisque c'est la deuxième lettre du nom de la classe qui, uniquement, a changé.

4. Conclusion

Ce travail a été consacré à l'étude de la variabilité des températures et des précipitations sur 19 stations situées dans les hauts plateaux algériens durant la période 1981-2020. Les courbes d'évolution des températures montrent des tendances positives pour la totalité des stations étudiées. Cette tendance atteint +0,45 °C à la station de Laghouat. Cela est en accord avec les projections de GIEC qui affichent les hausses des températures dans le proche avenir sous l'impact de réchauffement climatique.

Les moyennes des précipitations enregistrées pour les 19 stations durant la deuxième période 2001-2020 affichent une nette augmentation de ces dernières par rapport à la première période 1981-2000. Parfois la différence atteint 100 mm comme le cas des stations de Borj Bou Arreridj et Sétif.

Les variations des températures et précipitations enregistrées pour les deux périodes ont amené dans certains cas à modifier la répartition des classes climatiques identifiées dans les hauts plateaux. C'est le cas par exemple des stations d'El Kheiter, Borj B.Arreridj, Sétif et Mecheria.

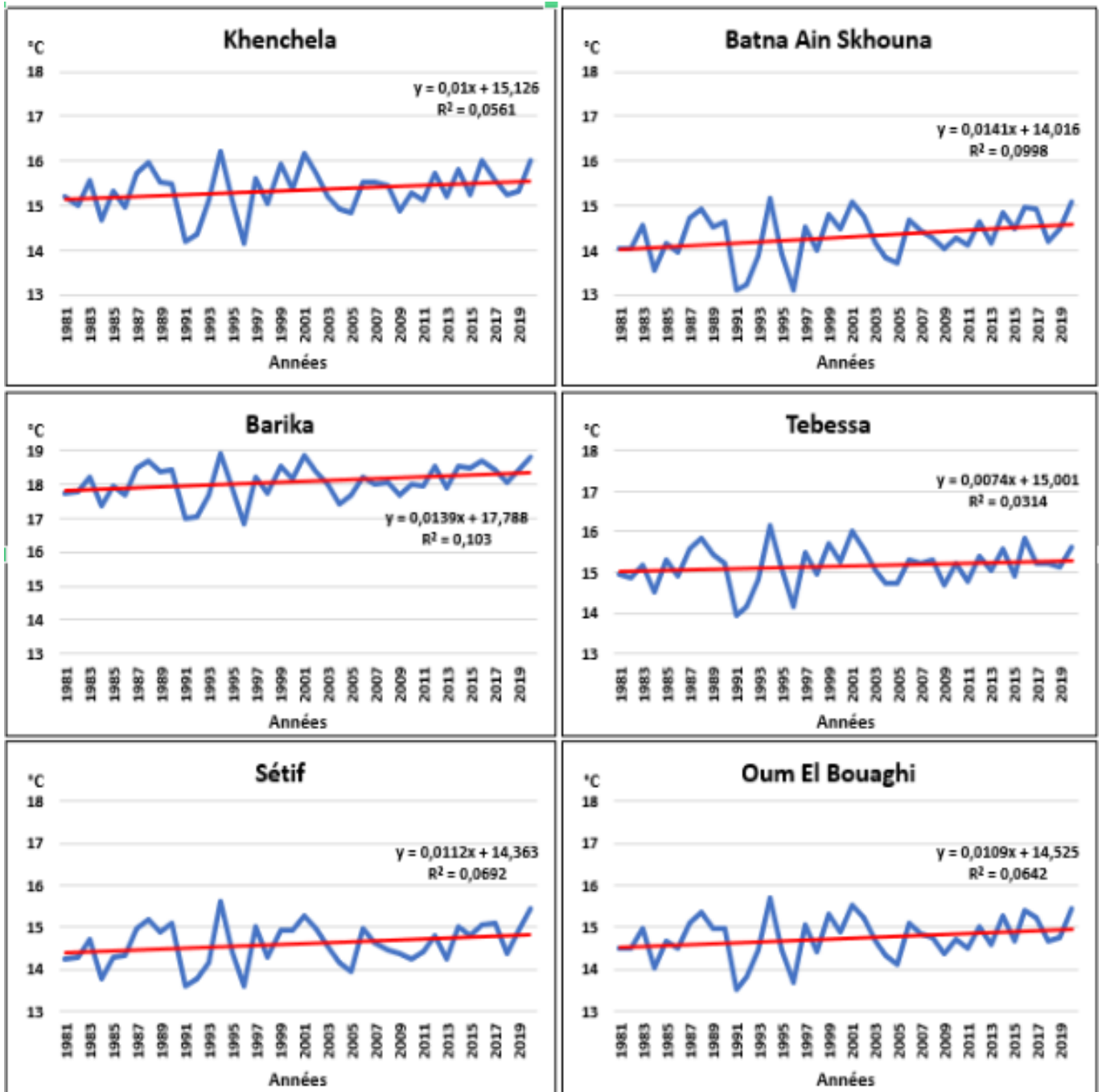


figure 4 :Tendances des températures moyennes annuelles pour la période 1981-2020.

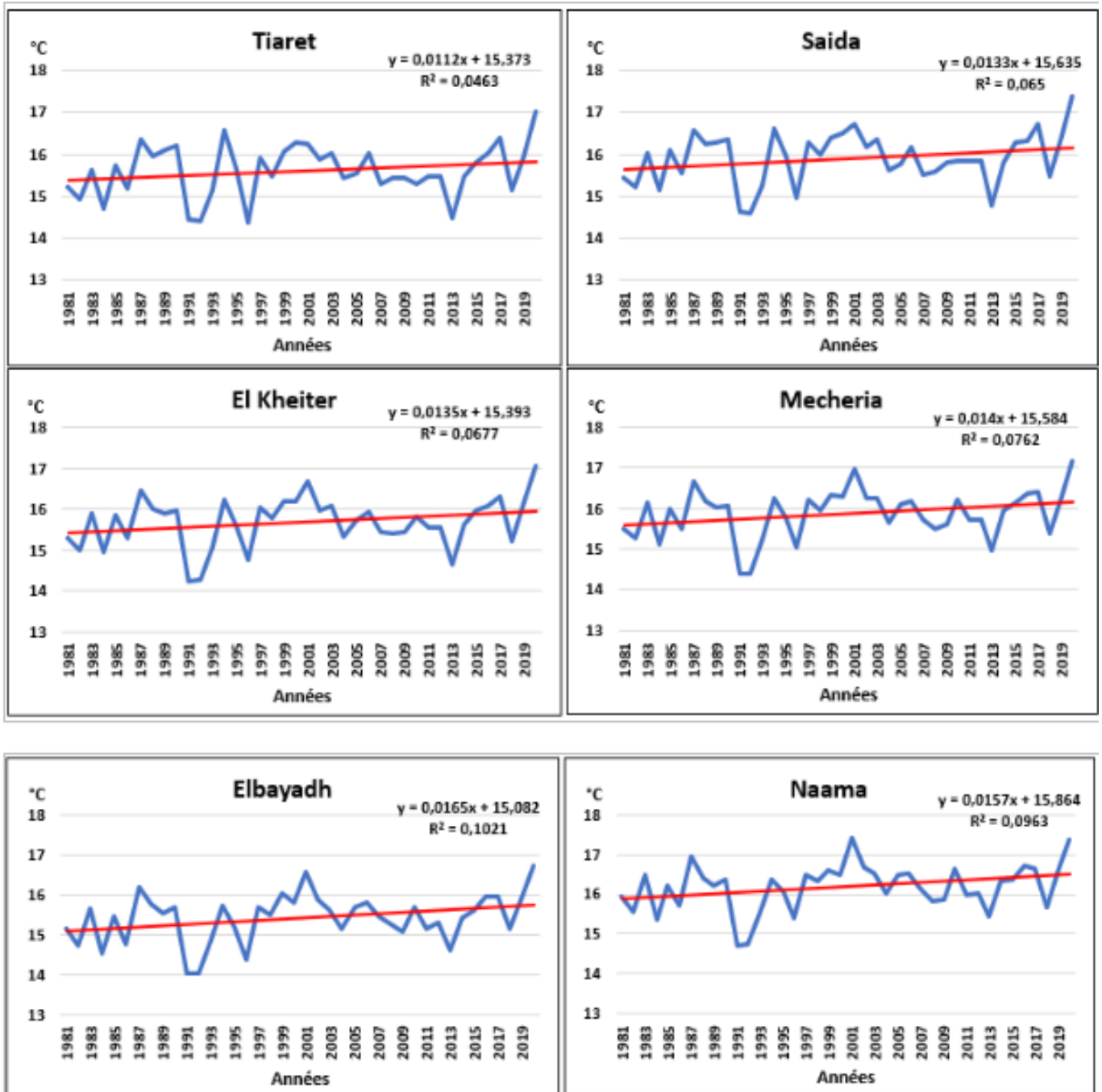


figure 4 : Tendances des températures moyennes annuelles pour la période 1981-2020.

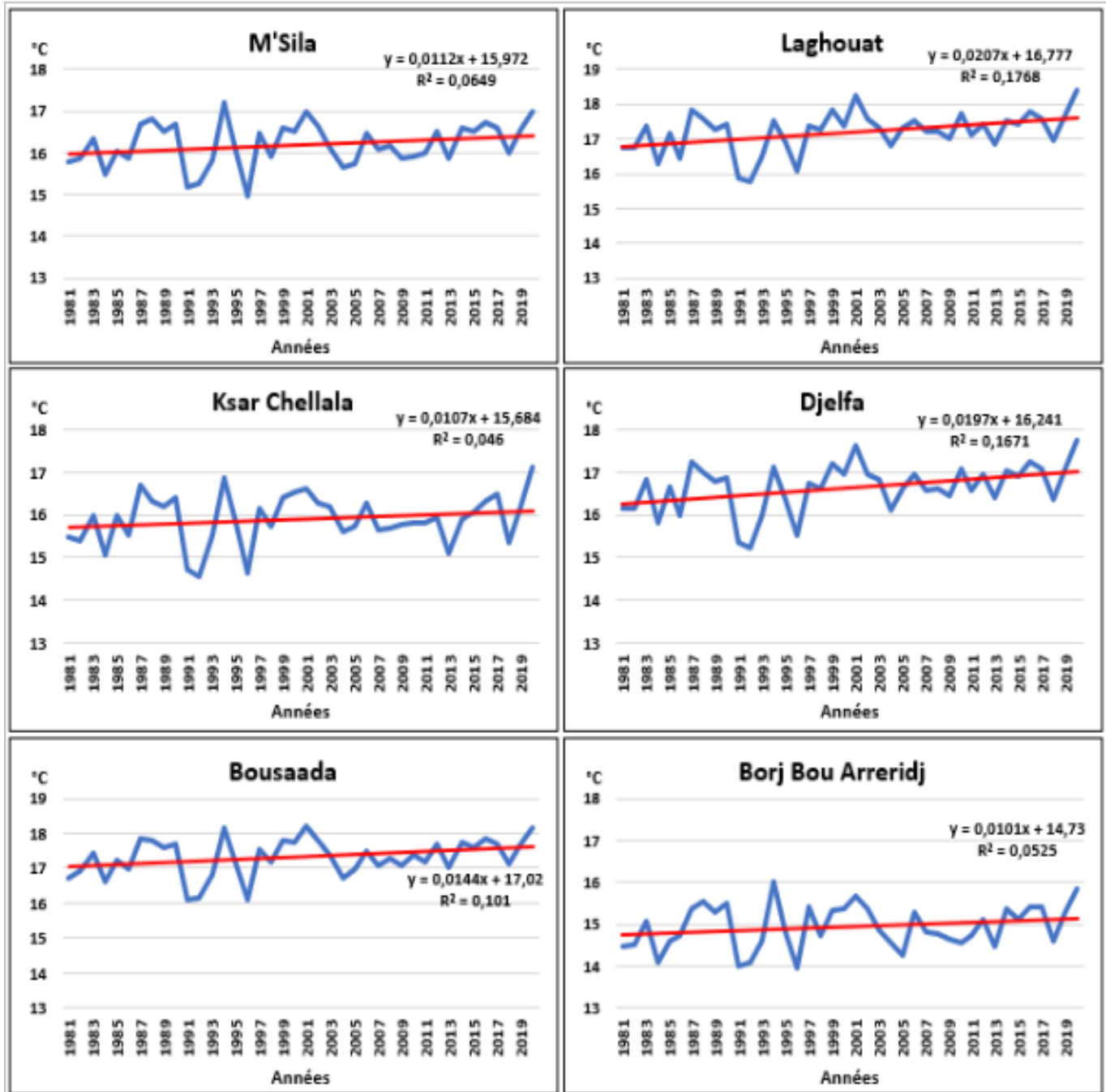


figure 4: Tendances des températures moyennes annuelles pour la période 1981-2020.

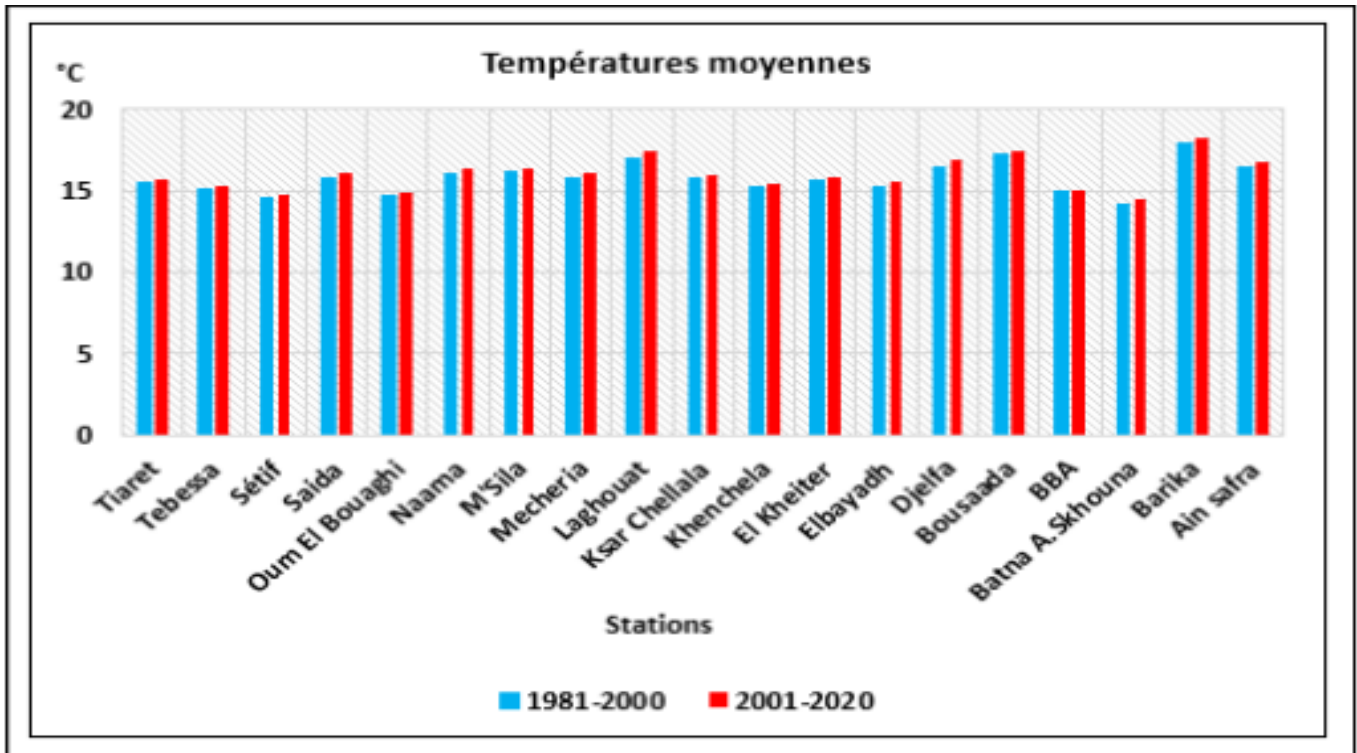


Figure 5. Température moyenne enregistrées pour les deux périodes d'étude (1981-2000) et (2001-2020).

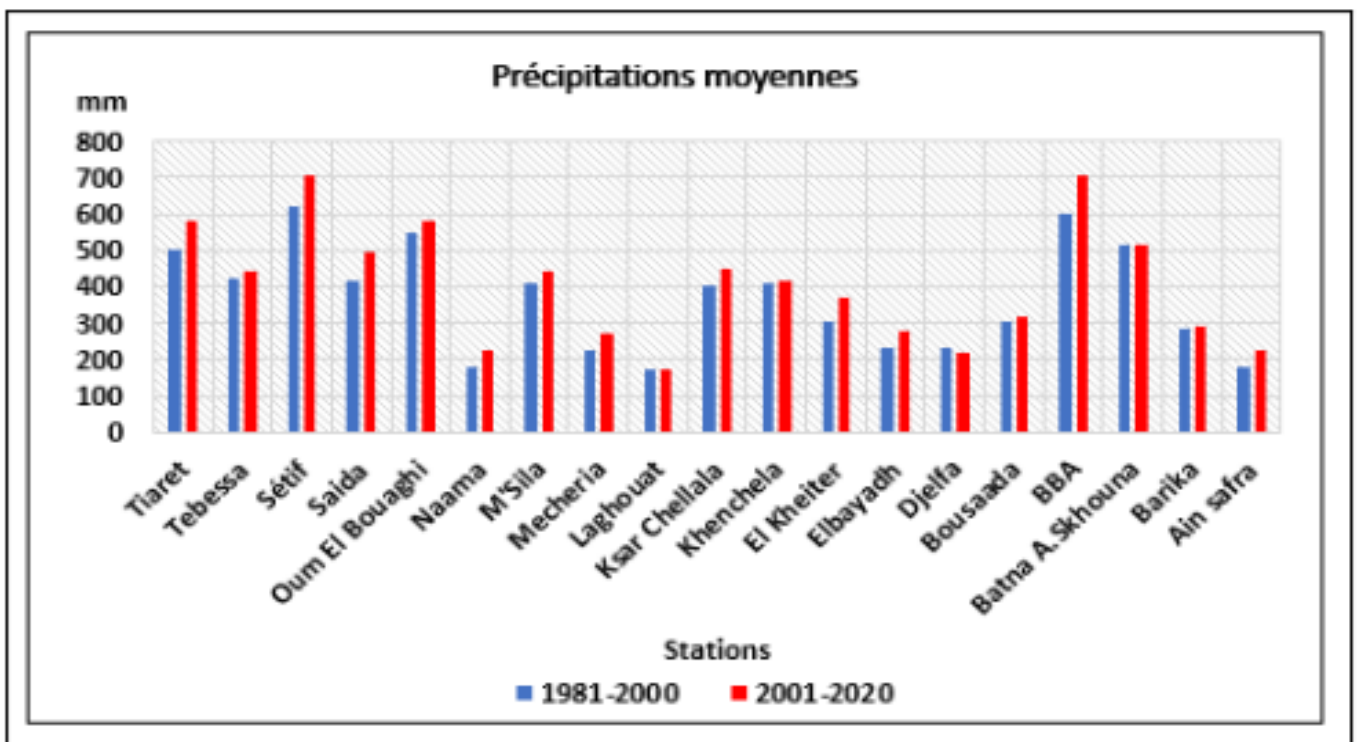


Figure 6. Précipitations moyennes enregistrées pour les deux périodes d'étude

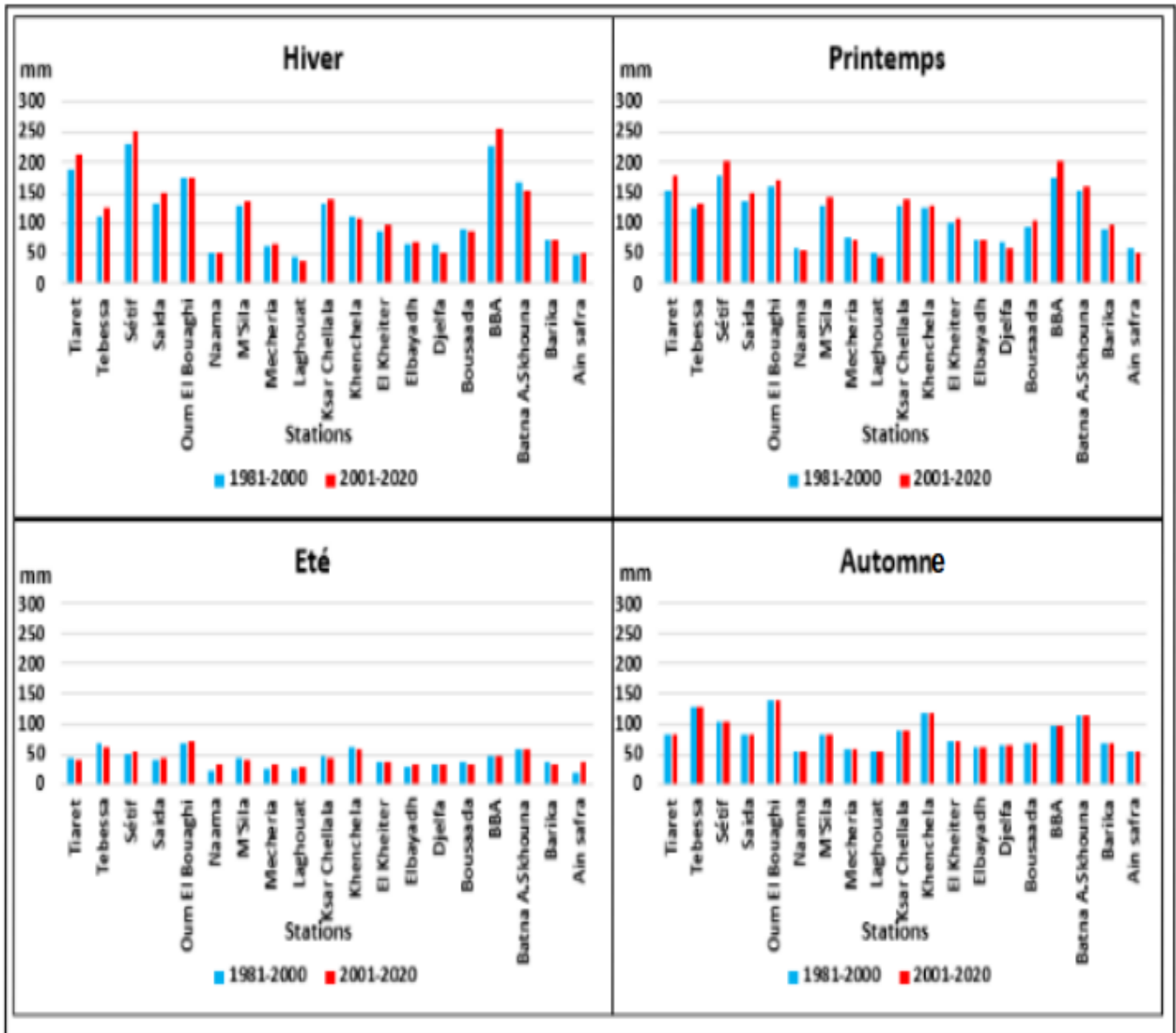


Figure 7. La variation saisonnière des précipitations des périodes (1981-2000)-(2001-2020).

Stations	Hiver	Printemps	Été	Automne
Tiaret	26,4	23,2	-4,0	34,1
Tebessa	13,2	4,1	-5,8	9,8
Sétif	18,7	24,5	2,1	36,9
Saida	19,7	13,7	1,8	44,7
Oum El Bouaghi	1,9	9,3	3,1	18,6
Naama	-0,1	-5,5	10,4	36,2
M'Sila	6,0	14,0	-2,4	14,6
Mecheria	3,2	-3,5	8,2	40,4
Laghouat	-9,4	-7,1	4,0	8,3
Ksar Chellala	9,0	12,6	-1,9	27,5
Khenchela	-2,8	4,1	-2,9	9,8
El Kheiter	11,1	5,5	3,1	44,5
Elbayadh	3,2	0,8	4,8	35,3
Djelfa	-11,4	-10,1	-1,4	8,3
Bousaada	-5,4	8,4	-2,5	8,9
Borj Bou Arreridj	29,2	28,2	1,6	41,9
Batna Ain Skhouna	-13,5	6,8	-0,6	11,0
Barika	-1,4	7,5	-4,5	4,1
Ain safra	0,2	-5,5	15,7	35,3

Table 2: Écarts des précipitations moyennes entre les deux périodes 1981-2000 et 2001-2020 en mm

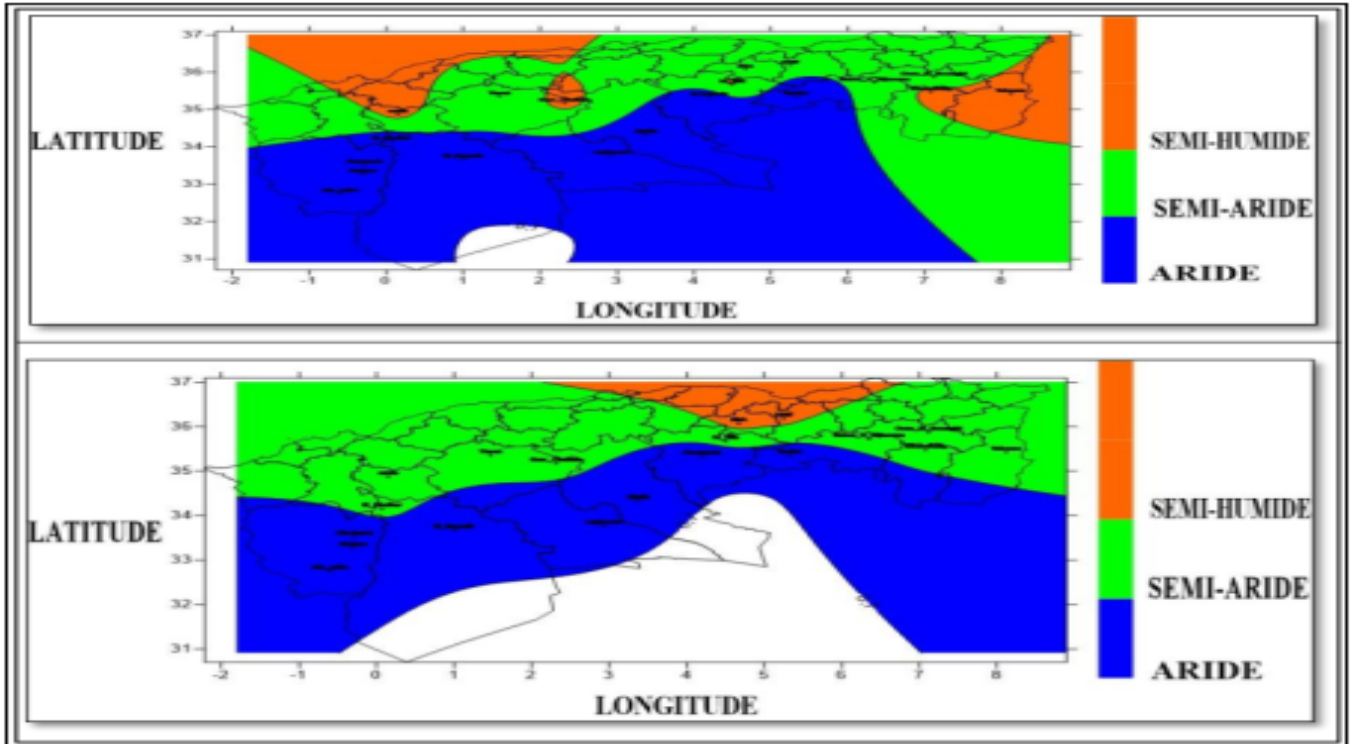


Figure 8. Cartes de la classification climatique selon les indices d'aridité des stations étudiées période (1981-2000) en haut et période (2001-2020) en bas.

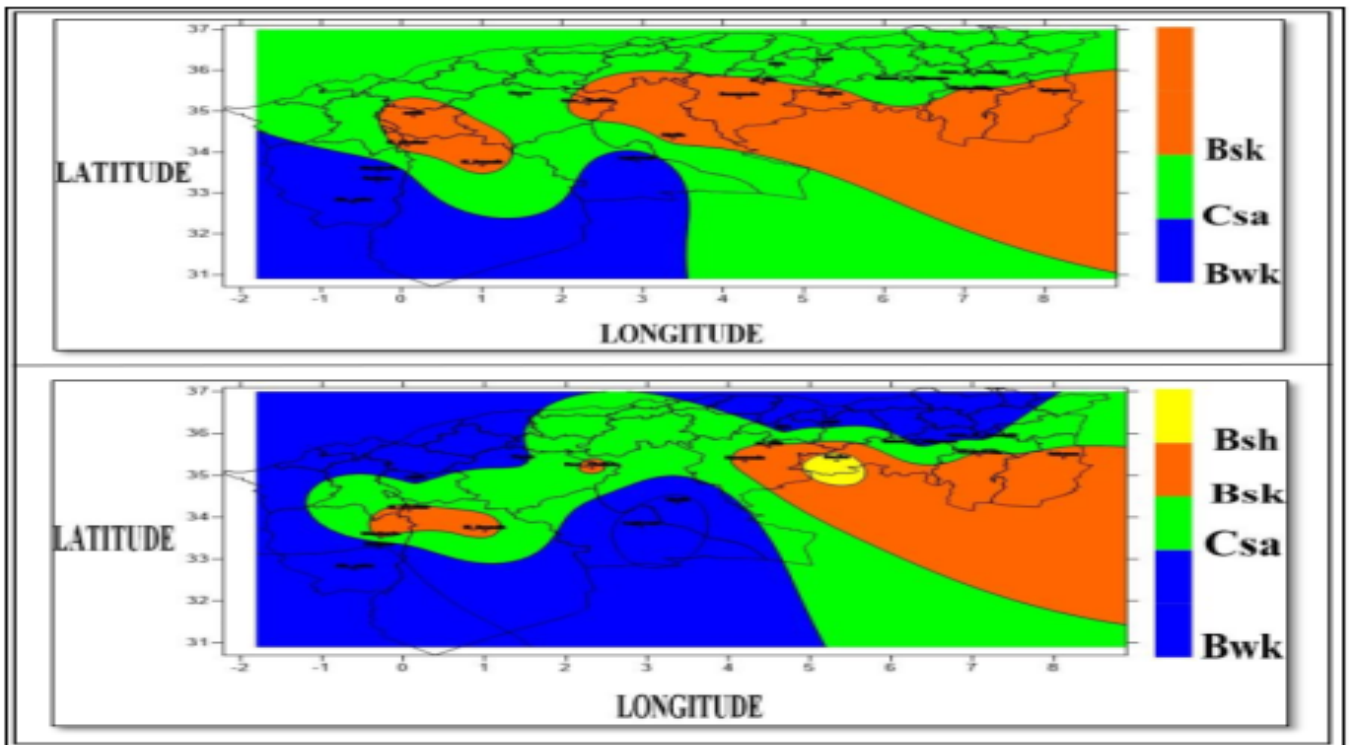


Figure 9. Classification climatique selon les indices de Koppen Geiger des stations étudiées. Période (1981-2000) en haut et Période (2001-2020) en bas.

References

- [1] GROUPE D'EXPERTS INTER GOUVERNEMENTAL. Le giec et le sixième cycle d'évaluation. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/05/2020-AC6_fr.pdf, pages 1–2, 2022.
- [2] DERRADJI Sarah HADJEM Afifa. Classification climatique de l'algerie. *Mémoire de fin d'études d'ingénieur d'état de la météorologie, IHFR Oran, juin 2016.*, pages 1–2, juin 2016.
- [3] Mohamed Abdelkader Benyettou and Abdellah Boulikha. Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en algérie. *Mémoire Projet de Fin d'Etudes Master en Hydraulique Option: Eau Sol et Aménagement*, 2017.
- [4] RHISSA AG BILLAL. Etude de changement climatique au nord-est algérien. *Mémoire de Master*, 2018.
- [5] Abdelhafid Karim Farah. Changement climatique ou variabilité climatique dans l'est algérien. 2014.
- [6] Jeffrey W White, Gerrit Hoogenboom, Paul W Stackhouse Jr, and James M Hoell. Evaluation of nasa satellite- and assimilation model-derived long-term daily temperature data over the continental us. *agricultural and forest meteorology*, 148(10):1574–1584, 2008.
- [7] GROUPE D'EXPERTS INTER GOUVERNEMENTAL. Meteorological data overview. <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/meteorology/>, pages 1–2, 2020.
- [8] Amar Rouabhi, Abdelmalek Laouar, Abdelhamid Mekhlouf, and Boubaker Dhehibi. What are the factors affecting no-till adoption in the farming system of sétif province in algeria? *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(6):636–641, 2018.