

Étude de la variabilité climatique des zones humides au nord de l'Algérie : Cas de Macta, Réghaia et El Mellah.

Fatima KARTOUCHE ^{1*}

Abstract

Cet article présente l'étude de la variabilité climatique des trois zones humides situant au nord de l'Algérie Macta, Réghaia et El Mellah durant la période de 1981 à 2019. Dans cette optique nous avons adopté deux objectifs principaux : Dans un premier temps, nous avons étudié la variabilité climatique de ces zones humides dans laquelle nous avons utilisé les méthodes de traitement statistique basées sur des séries mensuelles et annuelles des précipitations et des températures maximales et minimales tout en s'intéressant à des éventuelles tendances.

Dans un second temps, nous avons fait une classification supervisée basée sur un algorithme « Maximum de Vraisemblance » pour nous informer sur l'évolution de l'occupation des différentes classes du sol pour ces trois zones et sa relation avec la variabilité climatique.

Keywords

Variabilité climatique, Zone humide, occupation des sols

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

*Correspondant: aminakartouche31@gmail.com

Contents

1	Introduction:	1
2	Description des zones d'étude	2
3	Matériels et Méthodes	2
3.1	Données et outils	2
4	Méthodologie	3
5	Classification par Maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood)	3
6	Résultats	4
6.1	Evolution des températures moyennes et des cumuls des précipitations	4
6.2	Evolution de l'occupation des sols	9
7	Conclusion	11
	References	12

1. Introduction:

De nos jours, le changement climatique est considéré comme un problème majeur qui menace la vie et l'environnement sur la planète. Il désigne l'ensemble des variations des caractéristiques climatiques qui correspond à une modification durable (de la décennie au millions d'années) des paramètres statistiques du climat global de la terre. Plusieurs espèces « végétales et animales » tendent à disparaître à cause de cette instabilité des climats et des biocénoses, qui touche plusieurs secteurs comme l'agriculture, la dégradation des écosystèmes. etc.

Les zones humides sont classées par le GIEC (2007) parmi les habitats les plus sensibles aux changements cli-

matiques. Elles sont généralement définies comme des espaces de transition entre terre et eau. Par leur position d'interface entre milieu terrestre et milieu aquatique, les zones humides sont considérées comme de véritables réservoirs de la biodiversité et figurent parmi les écosystèmes les plus riches d'un point de vue écologique. A la fois lieux d'abri, d'approvisionnement et de reproduction.

Leurs fonctions biologiques, hydrologiques et biogéochimiques permettent également d'assurer un certain nombre de services parmi lesquels la régulation du régime hydrologique, l'atténuation des crues et des sécheresses, l'alimentation en eau, l'épuration de l'eau, la maîtrise de l'érosion, le captage des matières nutritives, des sédiments et des polluants, ou encore la séquestration et le stockage de carbone, qui jouent un rôle essentiel dans le contexte actuel des changements climatiques (Costanza et al., 1997)[1].

L'Algérie est riche en zones humides, qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Aujourd'hui, nous savons qu'elles jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et constituent également un habitat privilégié pour une flore et une faune importante, particulièrement les oiseaux d'eau migrateurs (Mélanie, 2009).[2]

Depuis des dizaines d'années les écosystèmes dans les zones humides de l'Algérie sont en dégradation accélérée. Est-ce que cela est dû à la variabilité climatique ou existe un autre facteur qui influence sur ces zones ?

L'objectif principal de notre travail est d'étudier la variabilité climatique et son impact sur les trois zones humides Macta, Réghaia et El-Mellah durant la période de 1981 à 2019. Plusieurs travaux ont fait l'objet de ces zones humides

: MIRA, Z. M. (2008)[3], BEGHDADI, F. (2017)[4], SAIFOUNI, A. (2009)[5].

Dans la première partie nous allons mettre l'accent sur le comportement des paramètres météorologiques face à la variabilité climatique. Nous allons examiner les tendances de ces paramètres à l'échelle annuelle et saisonnière puis nous validerons ces derniers par le biais de test de Mann-Kendall.

La deuxième partie sera consacrée au traitement d'imagerie satellitaire consistant en la classification supervisée basée sur un algorithme « Maximum de Vraisemblance ». Nous calculerons les surfaces de l'occupation du sol pour chaque classe en utilisant le logiciel Arcgis (système d'information géographique) dans le but d'avoir l'évolution de l'occupation du sol et sa relation avec le changement climatique. Nous analyserons les principaux résultats et conclusions.

2. Description des zones d'étude

Pour notre étude, nous avons choisi trois zones humides représentées dans la figure 1.

La zone humide de Macta localisée dans le nord-ouest de l'Algérie, se trouvant à environ 15 Km au Nord-ouest de Mohammédia Wilaya de Mascara et environ 50 Km à l'Est d'Oran. Cette zone représente une dépression triangulaire délimitée au Nord par le cordon dunaire par rapport au golf d'Arzew, au Nord-ouest par le massif de la Sebkhia d'Arzew, au Nord-est par la retombée sud du plateau de Mostaganem. La plaine de Sig et de l'Habra qui la prolonge s'élargit fortement dans le sens Est-ouest et atteint au Sud les contreforts de l'Atlas Tellien, les Monts de Ouled Ali et de Béni Chougrane à Mohammédia (BEGHDADI, 2017)[4]. Les coordonnées géographiques sont les suivantes : 00°07'W-00°07'E et 35°33'N-35°42'N.

La zone humide de Réghaia s'étend sur une superficie totale de 842 ha. Elle se situe à 30 km à l'est d'Alger formant ainsi le débouché naturel de la plaine de la Mitidja. Elle est bordée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la route nationale 24 reliant Alger à Constantine, à l'Est par la ville de Boudouaou et à l'Ouest par la ville d'Ain-Taya (FDR, 2003)[6]. Les coordonnées géographiques de cette zone sont : 3°19'E-3°21'E et 36°45'N-36°48'N.

Le Lac El-Mellah est situé dans la wilaya d'EL-Taref. Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les forêts des Deux Lacs et d'Aïn Khiair, à l'Est par la Forêt de Boumalek et l'agglomération du Pont de la République (Melha) et, à l'Ouest, par les plaines de Boutheldja et de Ben M'hidi. Le lac El Mellah, situé à une distance de 10 Km à l'Est de Cap-Rosa, et à 15 Km à l'Ouest de la ville d'El Kala (MIRA, M. Z. 2008)[3]. Les coordonnées géographiques sont les suivantes : 8° 20'E et 36°53'N.

3. Matériels et Méthodes

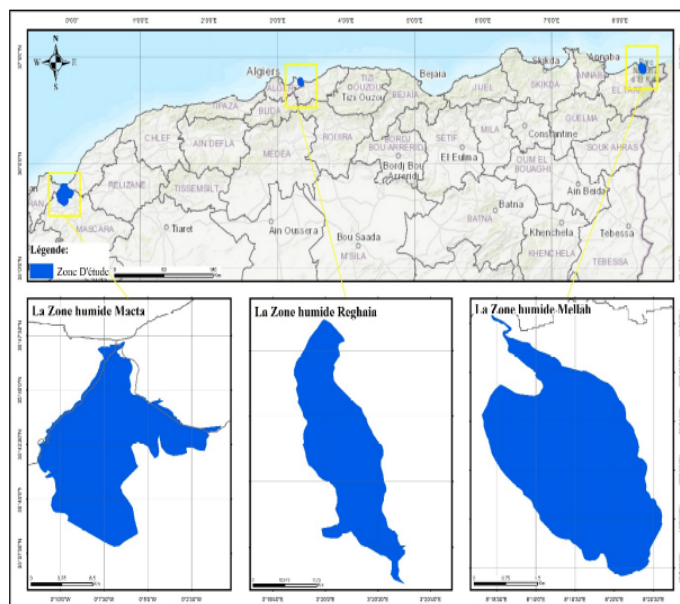


Figure 1. Localisation géographique des trois zones humides considérées : Macta, Réghaia et Mellah.

3.1 Données et outils

Les données climatiques utilisées dans le cadre de cette étude sont basées sur les produits du modèle d'assimilation MERRA-2 (Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications) du Goddard's Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) et sur les produits en temps quasi réel GEOS 5.12.4 du GMAO Forward Processing - Instrument Teams (FP-IT). Ces données ont une résolution de $\frac{1}{2}^\circ$ de latitude et $^\circ$ de longitude. Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé trois paramètres météorologiques les précipitations mensuelles, les températures maximales et minimales mensuelles. Ces données sont projetées sur une grille globale de résolution horizontale $0.5^\circ \times 0.625^\circ$.

Les images satellitaires utilisées ont été téléchargées depuis la base de données de service géologique des Etats Unis (USGS) <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-data-access>. En effet, les produits des données Landsat conservés dans les archives de l'USGS peuvent être recherchés et téléchargés gratuitement à partir de divers portails de données. Ces produits sont archivés et classés en collection.

Nous avons utilisé les données de la première collection (N°1). Ce sont des produits de données de niveau 1 générés par les satellites Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)/Thermal Infrared Sensor (TIRS), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM), la série Landsat 1-5 ayant en commun l'instrument Multispectral Scanner (MSS). Cette collection renferme presque cinquante images satellitaires, très utiles aux études diachroniques.

Afin d'étudier l'évolution de l'occupation du sol pour les trois zones humides durant la période d'étude, nous avons pris trois échantillons de données soigneusement répartis sur toute la période d'étude 1986, 2013 et 2019. Nous avons

choisi le mois d'août à cause de la disponibilité des données satellitaires dans les archives (USGS) et leur qualité.

Les données Landsat ont été traitées par Arcgis afin d'élaborer les cartes d'occupation du sol. Nous avons aussi utilisé les deux logiciels Excel et XLSTAT pour la visualisation des graphiques et l'approche statistique. Les corrections des images satellites ont été effectuées à l'aide du logiciel de traitement d'image ENVI (Environment for Visualizing Images).

Année	Satellite Scène	Résolution	Bands names
2019	Landsat 8 OLI-TIRS Date : 23/08/2019 Level L1TP	- 30m Mode multi spectrale. - 15m Panchromatique.	- 8 Bandes (de 0.43 à 2.3µm), 2 bandes (de 10.4 à 12.4µm et de 11.5 à 12.5µm). - Cycle : 16 jours.
2013	Landsat 8 OLI-TIRS Date : 03/08/2013 Level L1TP		
1986	Landsat 5 TM Date : 16/08/1986 Level L1TP	-2.5 m (fusion of 10m MS with 2,5m Pan).	- 6 Bandes (de 0.45 à 2.35µm), 1 bande (10.4-12.4µm). Cycle : 16 Jours.

Tableau 1: Caractéristiques des images satellitaires utilisées.

4. Méthodologie

En premier lieu, nous allons examiner pour chaque zone humide les tendances annuelles et saisonnières des températures moyennes maximales et minimales, les tendances des cumuls annuels de précipitations, ainsi que les tendances des cumuls saisonniers de précipitations. Puis, nous validerons ces tendances par le biais d'un test statistique dit test de Mann-Kendall. Le test non-paramétrique de Mann-Kendall permet d'étudier la présence ou l'absence de tendance dans une série chronologique donnée. Soit la série $X_t=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, cette méthode définit la normale standard multi variable comme (H. B.MANN, 1945)[7]:

$$U_{MK} = \frac{S}{\sqrt{Var(s)}} \tag{1}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(X_j - X_i) \tag{2}$$

$$sgn = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases} \tag{3}$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+5)}{18} \tag{4}$$

Où S désigne la relation entre le nombre de paires d'observation et n est le nombre total d'échantillons. Lorsque la p - value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha = 0.05$, l'hypothèse nulle 0 (Il n'y a pas de tendance dans la série) est rejetée et l'hypothèse alternative 1 (Il existe une tendance dans la série) est retenue.

Le sens de la tendance est défini par le coefficient statistique de Mann-Kendall[7] " U_{MK} ".

Si U est positif, la tendance est à la hausse, mais si U est négatif, alors la tendance est à la baisse.

Dans la deuxième partie, nous avons effectué une classification supervisée basée sur un algorithme de maximum de vraisemblance grâce au traitement d'imagerie. Tout d'abord, nous avons prétraité les images satellites pour l'extraction du domaine relatifs aux trois zones d'études. Ensuite, nous avons effectué un traitement d'image basé sur trois corrections:

- La correction radiométrique qui a consisté à modifier les valeurs radiométriques aberrantes présentes sur les images satellitaires.
- La correction géométrique qui a consisté à corriger les déformations géométriques d'une image pour la rendre superposable à un document de référence.
- La correction atmosphérique qui a consisté à corriger les effets effectués au cours des deux trajets (descendant du Soleil vers la surface, et ascendant de la surface vers les capteurs) par le rayonnement solaire à travers l'atmosphère pour extraire la véritable information.

5. Classification par Maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood)

Cette classification est basée sur l'algorithme de « **maximum de vraisemblance** » qui consiste à comparer la signature spectrale de chaque pixel dans les bandes choisies avec celle des Régions d'intérêts, puis affecter chaque pixel à la classe dont laquelle la signature spectrale est proche (DERJINI ,2017)[8]. Pour effectuer cette classification nous avons adopté les étapes suivantes:

Tout d'abord, nous avons déterminé l'ensemble des catégories de l'occupation des sols suivant les objectifs visés par cette présente étude en croisant tous les plans d'informations

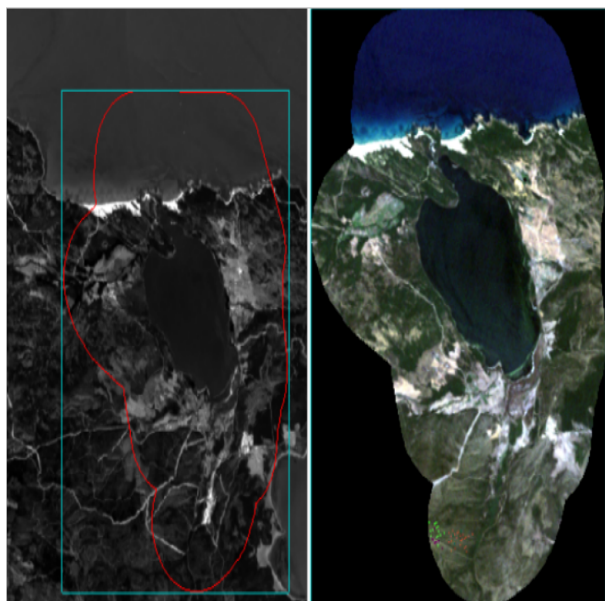


Figure 2. Prétraitement des images satellitaires

déjà élaborés. Puis nous avons pris des échantillons précis en numérisant les polygones sur l'ensemble de l'image. Cette étape prend beaucoup de temps et de précaution. Car la qualité de la carte d'occupation des sols se rapporte directement et proportionnellement avec la qualité d'échantillonnage qui a été fait à priori. Ces échantillons doivent être reclassés en deux groupes : le premier, sert à l'établissement des signatures spectrales (zone d'entraînement), alors que la deuxième est utilisée pour les tests de vérification (zones de tests). Ensuite nous avons appliqué l'algorithme maximum de vraisemblance et l'évaluation des résultats en traitant des graphes (histogrammes et courbes des signatures). A la fin on validera les cartes de classification.

Pour détecter le changement, nous avons calculé les surfaces de l'occupation du sol pour chaque classe en utilisant Arcgis à partir des résultats obtenus de la classification supervisée (des fichiers en format Shapefile) dans le but d'avoir l'évolution de l'occupation du sol et sa relation avec le changement climatique.

6. Résultats

Les figures 3.a, 3.b et 3.c représentent les cartes d'occupation du sol des trois zones humides Macta, Réghaia et Mellah, respectivement, établies pour trois dates différentes 1986, 2013 et 2019.

La carte d'occupation du sol de la zone de Macta (Fig. 3.a) montre une augmentation significative des terres agricoles et de la végétation dense du 1986 à 2019. Nous remarquons également une diminution des terres arides en 2019 par rapport à 2013.

Les cartes d'occupation du sol de la zone de Mellah sont caractérisées par une augmentation importante des surfaces occupées par la végétation dense et la diminution des

sols nus

6.1 Evolution des températures moyennes et des cumuls des précipitations

Nous avons traité les données mensuelles de température maximale, température minimale et les cumuls de précipitation enregistrées durant la période 1981-2019. Ces données projetées sur une grille de $0.5^\circ \times 0.625^\circ$ soit une maille de superficie approximative de 50 km x 62 km. La surface de la maille est largement supérieures aux surfaces occupées par les trois zones humides considérées dans cet article. C'est pour cela nous avons pris un point représentatif situé à l'intérieur de chaque zone humide. Sur la base de ces données, nous avons ensuite calculé les moyennes annuelles des quatre paramètres considérés.

Nous nous sommes intéressés à la présentation des résultats relatifs aux variations annuelles et saisonnières des trois paramètres considérés. Nous nous limitons à l'affichage des figures qui représentent des fluctuations importantes durant la période d'étude pour les trois zones humides.

Les graphiques de la figure 4 représentent les variations des moyennes annuelles des températures minimales pour les deux zones humides Macta et Réghaia durant la période de 1981 à 2019. Les courbes de la figure 4-a et figure 4-b affichent des tendances positives des températures minimales moyennes respectivement sur El Macta et Réghaia. Le réchauffement est estimé localement à $+0.4^\circ\text{C}$ pour la zone de Macta et $+0.5^\circ\text{C}$ pour la zone de Réghaia avec un niveau de signification du test de Mann Kendell de 0.05.

A l'échelle de la saison, les moyennes saisonnières des températures minimales enregistrées en été (Juin-Juillet-Aout) (Fig. 5) affichent des variations significatives avec des réchauffements dépassant 1°C sur Macta et Réghaia. Toutefois, l'année 2003 marque une exception durant toute la période avec des moyennes annuelles minimales avoisinant 23°C . De même pour les températures maximales, les moyennes saisonnières observées en été (Fig. 6) sur la zone de Macta affichent des tendances positives de l'ordre de 0.6°C durant toute la période avec une valeur moyenne maximale dépassant 31°C enregistré en été 2003. En effet, l'été 2003 a été exceptionnel en terme des températures. Il a marqué une vague de chaleur de grande ampleur survenue de juin à août touchant toute la région de l'Afrique du nord et l'Europe. Plusieurs records de températures ont été enregistrés durant la première quinzaine de août.

La figure 7 représente la variation des moyennes annuelles des cumuls des précipitations enregistrées à Mellah du 1981 à 2019. La figure montre l'existence d'une tendance à la hausse des cumuls de pluie avec une variation importante observée durant 2000 à 2010. La valeur maximale est 1074 mm enregistrée en 2009 et une valeur minimale de 356 mm observée en 1983.

A l'échelle saisonnière, les courbes des cumuls des précipitations moyennes obtenues en hiver (Décembre-Janvier-Février) et en automne (Septembre-Octobre-Novembre)

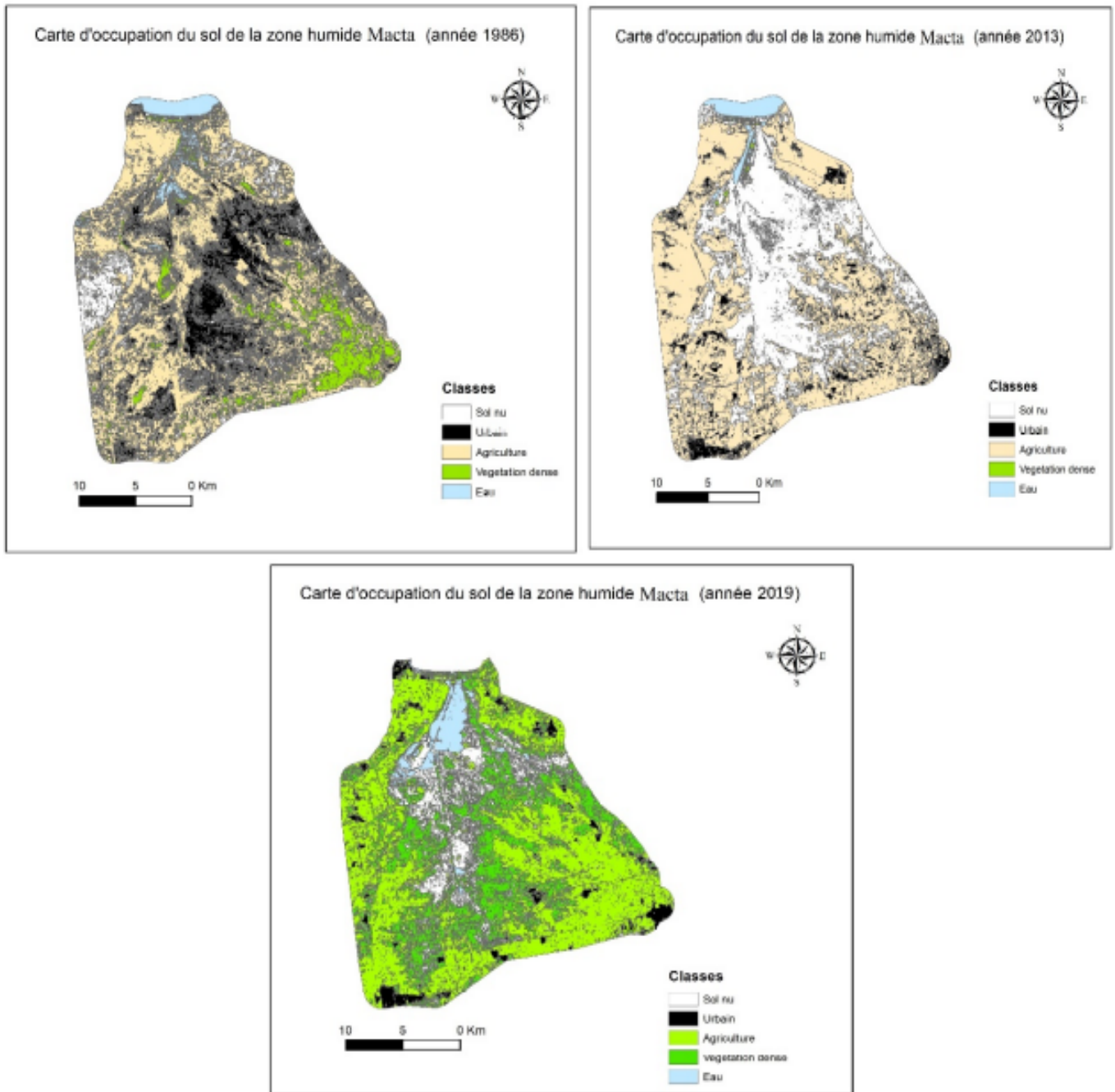


figure 3.a Cartes d'occupation du sol de la zone humide de Macta pour les différentes dates (1986, 2013, 2019).

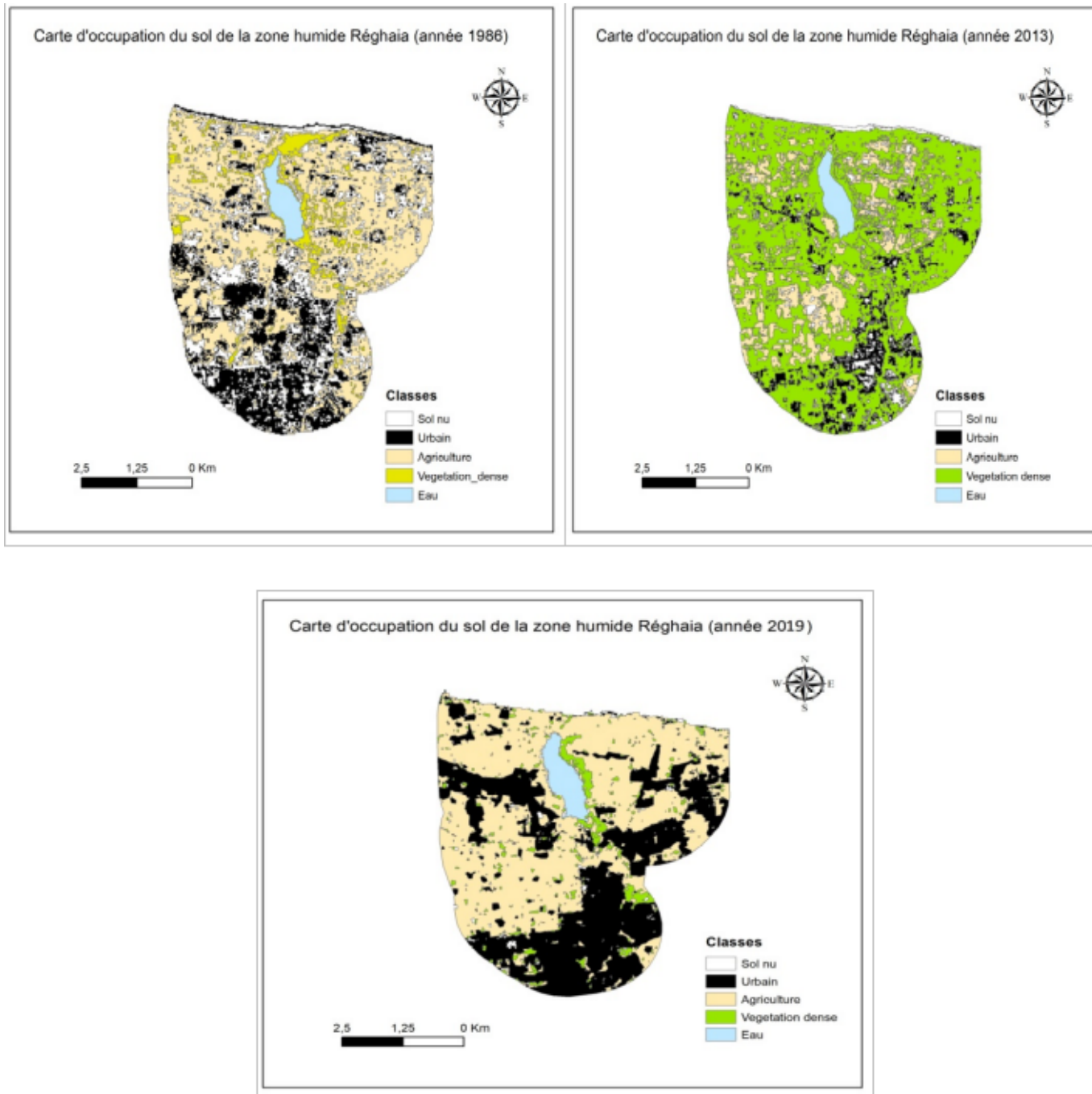


figure 3.b Cartes d'occupation du sol de la zone humide de Réghaia pour les différentes dates (1986, 2013, 2019).

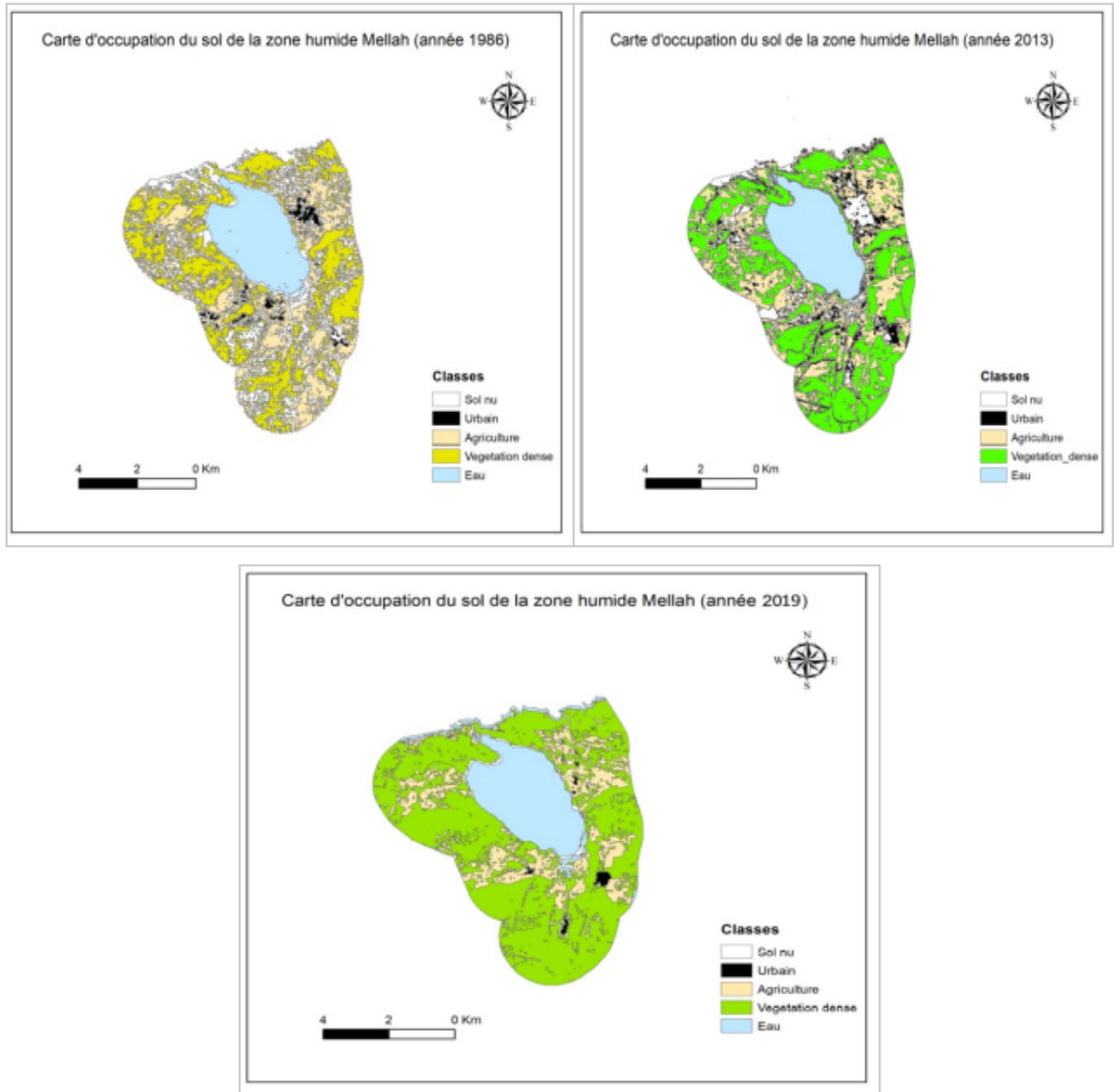


figure 3.c Les classifications de la zone humide de Mellah pour les différentes dates (1986, 2013, 2019).

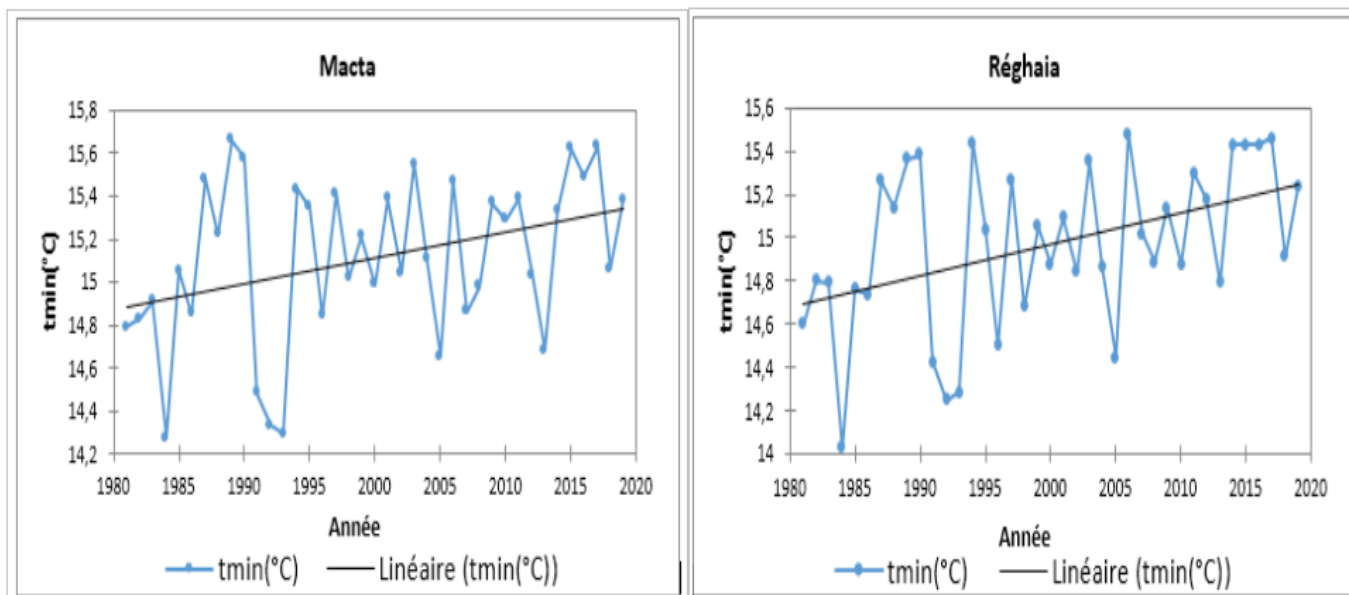


figure 4 Variations des moyennes annuelles des températures minimales pour les deux zones humides Macta et Réghaia durant la période 1981-2019.

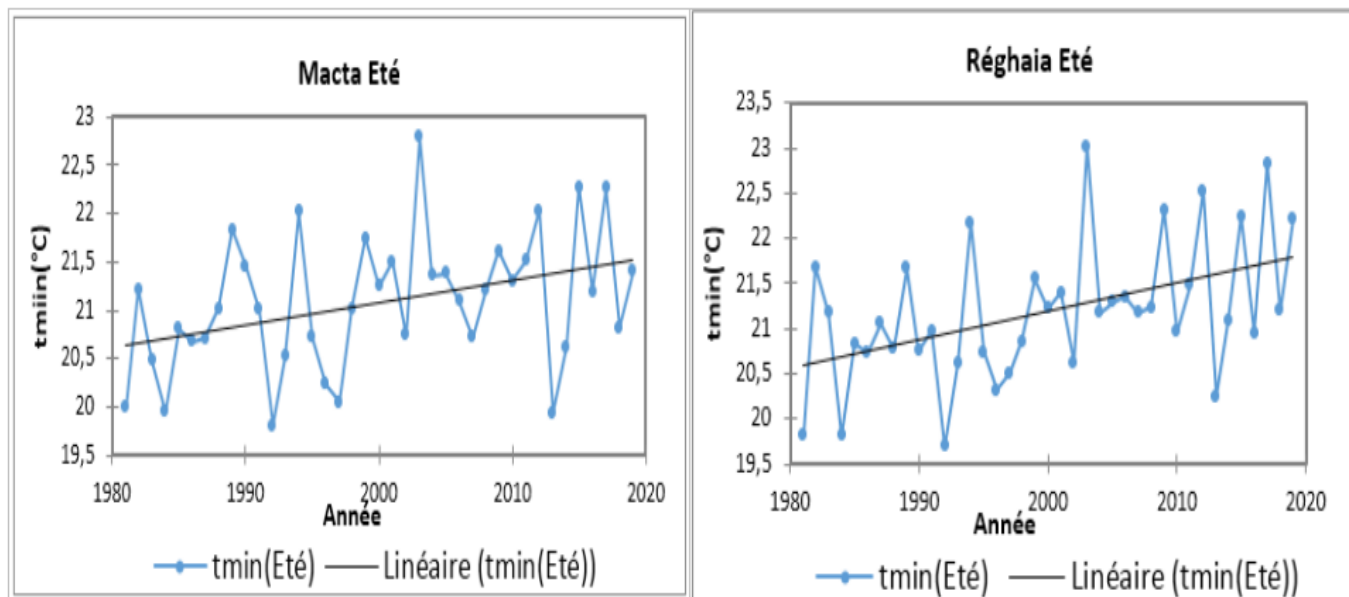


figure 5 Variation des moyennes des températures minimales observées en été pour les deux zones humides Macta et Réghaia du 1981 à 2019.

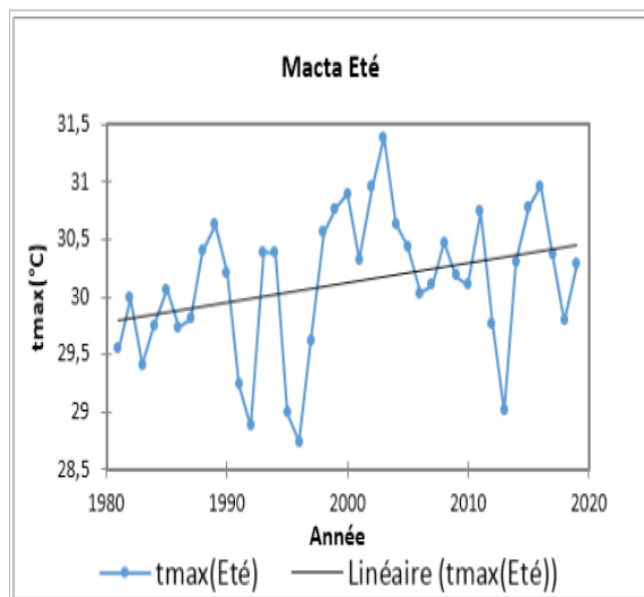


figure 6 Variation des moyennes des températures maximales observées durant l'été pour la zone humide Macta du 1981 à 2019.

pour le site d'El Mellah (Fig. 8) affichent des tendances à la hausse durant toute la période d'étude. Le cumul maximal est enregistré en hiver 2003 avec une valeur dépassant 580 mm. La moyenne saisonnière maximale relevée en automne atteint 328 mm et elle est observée en 1997.

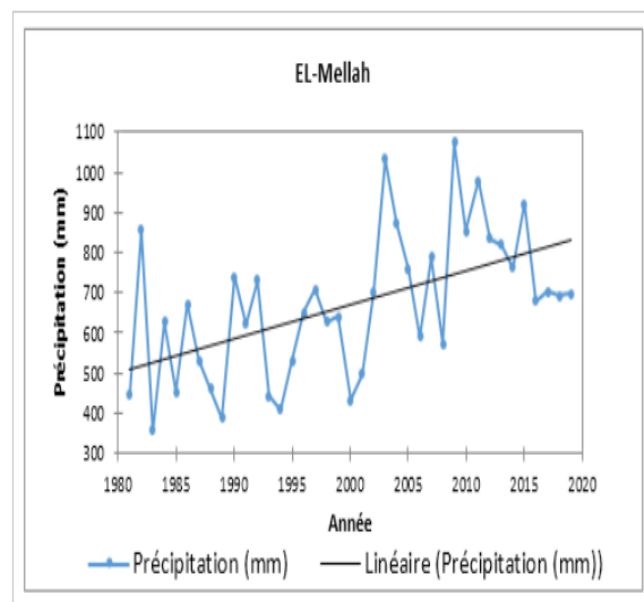


figure 7 Variation des moyennes annuelles des cumuls des précipitations sur la zone humide Mellah du 1981 à 2019.

Les résultats du test de Mann-Kendall mentionnés dans le tableau 3 confirment les tendances significatives enregistrées pour le paramètre Tmin sur les deux zones Macta

et Réghaia pour la saison estivale ainsi que le paramètre Tmax pour la zone Réghaia et également les tendances significatives des précipitations obtenues sur El-Mellah pour la saison hiver et l'automne.

6.2 Evolution de l'occupation des sols

Nous avons représenté l'évolution de l'occupation des sols par les trois classes considérées végétation dense, eau et agriculture à partir des trois échantillons de données choisis qui correspondent aux années 1986, 2013 et 2019.

Pour la zone de Macta (Fig. 9), l'augmentation de la surface de végétation en 2019 est très remarquable. Elle passe de 5000 hectares en 1986 à 28000 hectares en 2019. Par contre une légère diminution de la surface occupée par l'eau est enregistrée en 2019. La surface occupée par l'agriculture représente 48 % de la surface totale. Cette surface a connu une augmentation progressive constante du 1986 à 2019 en 2019.

Quant à la zone de Réghaia (Fig 10), la surface occupée par l'eau a connu une baisse constante du 1986 à 2019. Cette surface passe de 8000 hectares en 1986 à 163 hectares en 2019. En contre partie, la surface agricole a augmenté d'une manière considérable en 2019. Elle représente plus de 53 % de la surface totale en 2019. La variation de la surface végétale est relativement faible durant la période d'étude. Pour la zone humide d'El Mellah (Fig. 11), l'augmentation importante de la surface occupée par la végétation dense est très perceptible du 1986 à 2019 pour atteindre une superficie de 4084 hectares en 2019. Soit 63% de la superficie totale. Pour les deux autres catégories de surface, nous avons observé une légère diminution de la superficie de ces deux surfaces en 2019 par rapport aux années précédentes.

Les figures d'occupation du sol ont montré une modification importante de la surface des zones humides Macta, Réghaia et Mellah, pendant la période de 1986 à 2019. Cette modification est probablement causée par les tendances positives significatives des paramètres de température et de précipitation constatées durant cette période.

Également nous avons remarqué l'augmentation des terres agricoles, notamment pour les zones de Macta et Réghaia, au détriment des surfaces occupées par l'eau. Ceci est dû à l'exploitation de ces dernières pour l'irrigation des terres agricoles.

Par ailleurs, l'augmentation importante de la superficie de végétation dense de la zone humide de Mellah résulte de la présence des cours d'eau au niveau de cette zone qui alimentent en continue ces surfaces en favorisant ainsi le développement, la croissance et la reproduction de la végétation.

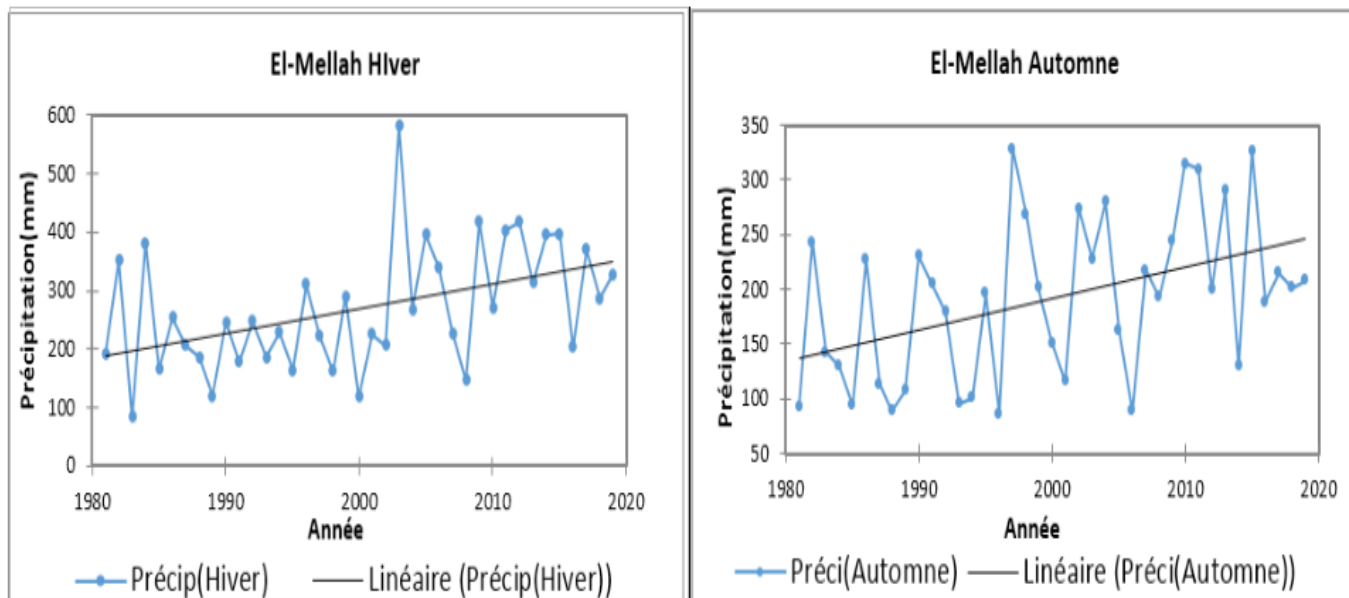


figure 8 Variation des cumuls des précipitations moyens observés sur El Mellah durant l'été et l'automne du 1981 à 2019.

Saisons		Hiver			Printemps			Eté			Automne		
Zone Humides		Macta	Réghaia	El-Mellah	Macta	Réghaia	El-Mellah	Macta	Réghaia	El-Mellah	Macta	Réghaia	El-Mellah
Tmax	P-value	0,564	0,848	0,683	0,070	0,471	0,293	0,047	0,102	0,829	0,631	0,516	0,506
	H1	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Acceptée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée
	Taux de Kendall	0,066	0,023	-0,047	0,204	-0,082	0,119	0,223	0,184	-0,026	0,055	0,074	-0,076
Tmin	P-value	0,564	0,943	0,818	0,119	0,373	0,079	0,011	0,008	0,208	0,172	0,168	0,564
	H1	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Acceptée	Acceptée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée
	Taux de Kendall	0,066	0,009	0,027	0,176	0,101	0,197	0,282	0,293	0,142	0,154	0,155	0,066
Précipitations	P-value	0,665	0,597	0,005	0,597	0,427	0,128	0,631	0,073	0,471	0,755	0,516	0,014
	H1	Rejetée	Rejetée	Acceptée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Rejetée	Acceptée
	Taux de Kendall	0,050	0,061	0,314	-0,061	0,090	0,171	-0,055	-0,201	0,082	0,036	0,074	0,274

Tableau 3: Résultat à l'échelle de la saison du test de Mann-kendell

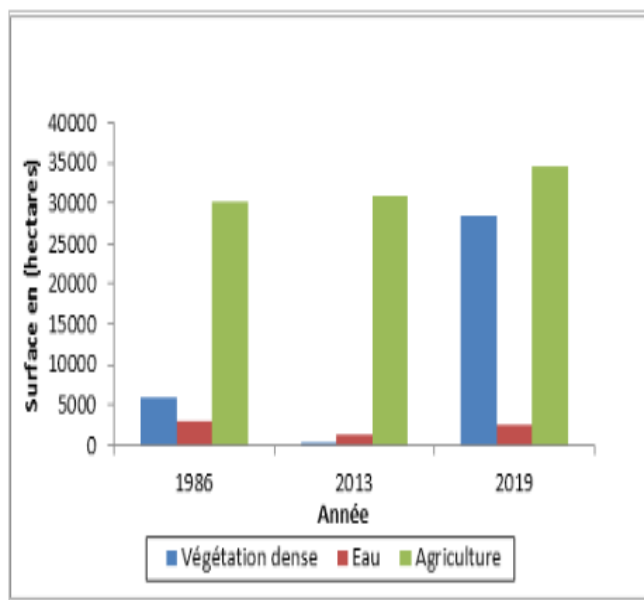


figure 9 Evolution de l'occupation du sol (en hectares) pour la zone de Macta pour les dates 1986, 2013 et 2019.

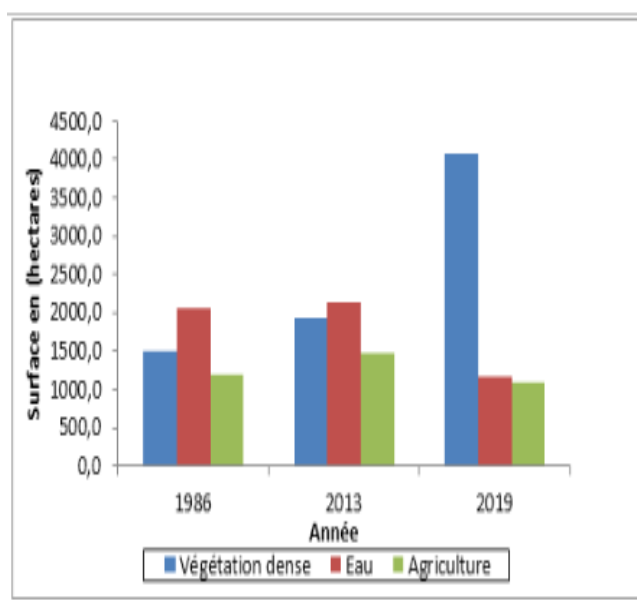


figure 11 Evolution de l'occupation du sol (en hectares) pour la zone de Mellah pour les dates 1986, 2013 et 2019.

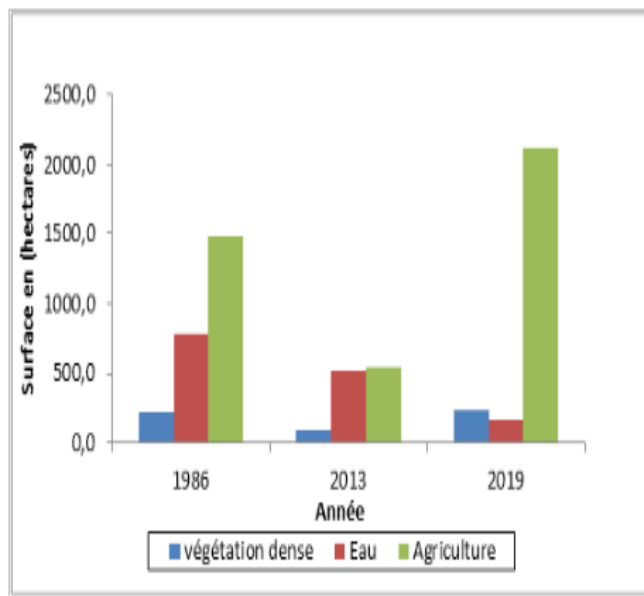


figure 10 Evolution de l'occupation du sol (en hectares) pour la zone de Réghaia pour les dates 1986, 2013 et 2019.

7. Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que chacune des trois zones humides Macta, Réghaia et Mellah est affectée par les tendances positives de températures et de précipitations enregistrées pendant la période de 1981 à 2019.

Également, l'analyse des résultats saisonniers pour les paramètres température et précipitation a montré que les

saisons les plus affectées sont : la saison estivale pour les deux zones humides Macta et Réghaia et la saison hivernale et l'automne pour la zone humide de Mellah.

Selon les résultats de la classification, il paraît évident qu'il existe un changement sur l'occupation du sol de ces trois zones humides durant la période d'étude, surtout d'après ce qu'on a remarqué comme diminution de la superficie de ces zones ainsi qu'une augmentation importante des terres agricoles. Cependant, plusieurs statistiques ont montré que ces zones humides ont perdu de nombreux types de plantes ces derniers temps (C. Gherzouli, 2013)[9]. Ce qui nous fait à penser à l'existence d'un autre facteur en plus que la variabilité climatique, qui a un effet direct sur ces milieux humides à priori le facteur anthropique. À titre d'exemple nous citons le labour intensif dans les environs immédiats des zones humide. S'ajoute à cela, le développement urbain et la densification de réseau routier à proximité de ces zones comme le cas de dédoublement de la Route Nationale n° 11 entre Oran et Mostaganem, qui a touché la zone de Macta.

Contrairement à ce qui est connu, il n'y a pas que le changement climatique qui a un impact sur l'occupation des sols de ces zones humides mais également le facteur anthropique autrement dit l'effet de l'homme qui continue notamment à développer ses infrastructures urbaine et industrielle aux dépens des terres agricoles et des couvertures végétales.

References

- [1] Robert Costanza, Ralph d'Arge, Rudolf De Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid Naeem, Robert V O'neill, Jose Paruelo, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630):253–260, 1997.
- [2] Echaima BELLA and Yasmina GHERABI. *Etude comportementale du Grand cormoran Phalacrocorax carbo dans le barrage El K'sob (M'sila)*. PhD thesis, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA, 2020.
- [3] Z. M. (2008) MIRA. *Mise en place d'une base de données "SIG" sur la willaya d'EL TAREF*. PhD thesis, Institut national des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral willaya d'EL TAREF, 2008.
- [4] F. (2017) BEGHADADI. *Importance des zones humides de la Macta (Nord-ouest algérien) pour l'avifaune aquatiques*. PhD thesis, UNIVERSITÉ 8 MAI 1945 - GUELMA ,p:11-22., 2017.
- [5] A. (2009). SAIFOUNI. *État des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie*. PhD thesis, École Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A.) El Harrach, Alger,p: 17-19., 2009.
- [6] DIRECTION GENERALE DES FORETS. Fiche descriptive sur les zones humides ramsar. 2003.
- [7] Henry B Mann. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, pages 245–259, 1945.
- [8] DERDINI. artographie des changement de l'occupation du sol dans la plaine de la mitidja. *ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE*, pages 6–7, 2017.
- [9] Chahrazed Gherzouli. *Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien: apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire*. PhD thesis, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, 2013.