



Evaluation de tendances et de la variabilité de température au Sud-Est Tunisien

Fayech Dorsaf¹, Tarhouni Jamila¹

¹Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau (LSTE), Institut National des sciences Agronomiques de Tunis, 43, Avenue Charles Nicolle 1082 -Tunis- Mahrajène TUNISIE

Résumé

La Tunisie est l'une des régions les plus vulnérables au changement climatique dans le monde en particulier au changement de la température. Dans le présent travail la variabilité de la température annuelle et saisonnière a été étudiée durant la période 1974-2014 la période annoncée diffère sur les stations de Gabès, Médenine et Tataouine situées dans le Sud-Est tunisien. Des tests statistiques de détection de rupture, la régression linéaire, l'anomalie de la température annuelle et l'évolution des vagues de chaleur ont été utilisés pour évaluer la tendance de température. Les résultats ont permis de conclure à une hausse significative des températures moyennes annuelles sur les trois stations de la zone d'étude à un seuil ($\alpha=0.05$). La station littorale de Gabès a connu l'augmentation la plus importante. Le taux d'augmentation enregistré à Gabès est de $0,0769^{\circ}\text{C}/\text{an}$. Il est deux fois plus important qu'à Médenine et Tataouine. L'application des tests statistiques de détection de rupture pour l'anomalie annuelle de température pas clair a conduit à détecter une rupture significative en 1995 pour les stations de Gabès et de Tataouine. La température saisonnière est caractérisée par une hausse significative dans la région de Gabès durant les saisons de printemps (de $3,8^{\circ}\text{C}$), d'automne (de 3°C) et d'été (de $3,4^{\circ}\text{C}$). Dans les stations de Médenine et de Tataouine la hausse est significative en automne. Elle est respectivement de $3,6^{\circ}\text{C}/\text{an}$ et $2,8^{\circ}\text{C}/\text{an}$. Dans la station de Médenine la T_{\min} a augmenté significativement tandis que la T_{\max} a augmenté significativement dans la station de Gabès. Afin d'évaluer l'ampleur des fluctuations thermiques, les vagues de chaleurs ont été déterminées. Gabès a connu la hausse du nombre des extrêmes thermiques la plus importante ($3,8$ vagues/an) suivie de Tataouine ($2,5$ vagues/an) et de Médenine (2 vagues/an).

Mots clés : salinité, Sine Saloum, facteurs anthropiques, facteurs climatiques, nappe phréatique

Assessment of trends and variability in temperature in the Mediterranean region: Case of The South-East of Tunisia

Abstract

Tunisia is one of the sensitive regions to climate variation particularly to temperature changes in the World. In this study, trends in temperature at annual and seasonal time scales for the periods of 1974-2014 were examined for the southeast of Tunisia. Non-parametric tests for rupture detection, linear regression, temperature anomaly and the number of heat waves were used to determine climatic trends. The results showed that there is a positive statistically significant ($\alpha=0.005$) trend of temperature in the study area during the period 1974-2014. The increase has been maximum ($0.0769^{\circ}\text{C}/\text{year}$) in Gabès. It is twice as high as in Médenine and Tataouine. A rupture was reported in 1995 for Gabès and Tataouine stations. On the other hand, results showed an increase of heat waves number. The increase was about $3,8$ heat waves/year in Gabès, while it was about 2 and $2,5$ heat waves/year in Médenine and Tataouine respectively. In seasonal time scale, results reported an increasing trend statistically significant in Gabès in spring ($3,8^{\circ}\text{C}$), autumn (3°C) and in spring ($3,4^{\circ}\text{C}$). In Tataouine and Médenine the increase was significant in autumn. It was about $3,6^{\circ}\text{C}$ et $2,8^{\circ}\text{C}$ respectively in Tataouine and Médenine.

Key Words: Trend, variability, temperature, anomaly, tests for rupture detection, heat wave

¹ Corresponding author: fayech.dorsaf@yahoo.fr

INTRODUCTION

La température est l'indicateur le plus important de changement climatique (CC) vue qu'elle est directement liée à l'équilibre énergétique de la planète [1]. Les chercheurs ont accordé un grand intérêt à l'évaluation de cet indicateur en vue de mettre en exergue ses conséquences environnementales et socioéconomiques. La hausse de température touche considérablement les pays méditerranéens qui sont considérés parmi les zones les plus affectées par le CC dans le monde [2]. Selon le MedEcc (2019) [3], cette hausse y a dépassé la moyenne mondiale de 20%. En 2002, Giorgi [4] a analysé la variabilité et les tendances des températures de surface de l'air sur l'ensemble de la partie continentale bordant la mer Méditerranée. Une augmentation de la température annuelle moyenne d'environ 0.75°C sur la période 1900-1998 a été mise en évidence avec des moyennes de températures de plus en plus élevées. Cette augmentation est évaluée de 0,7°C dans le Nord de l'Algérie sur la période 1980-2009 [5], de 1°C en France (Bourgogne) (1961-2011) [6] et en Grèce [7]. Au Maroc aussi, Sebbar et al. (2012) [8] et Amraoui et al. (2011)[9] ont signalé un réchauffement du climat. En 2008, Hassani [10] a mené une étude comparative des normales de température pour différentes stations météorologiques maghrébines (Alger, Oran, Annaba, Casablanca, Agadir, Ouarzazate, Tunis et Gabès). Il a conclu à une tendance à la hausse des températures moyennes annuelles pour les stations d'étude sélectionnées. Durant les trois dernières décennies du 20ème siècle, plusieurs auteurs ont retenu que les températures extrêmes ainsi que les vagues de chaleur (intensité, nombre et durée) ont subi une augmentation dans la région méditerranéenne ([11],[12],[13]). En Tunisie très peu d'études qu'ont traité la récente variabilité climatique [14]. L'objectif de ce travail et de déceler d'éventuelles fluctuations thermiques dans le sud est tunisien.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Données de la température : Les données de la température journalières sont fournies par l'Institut National de la Météorologie (INM) pour les stations météorologiques de Gabès, Médenine et Tataouine (figure 1) pour la période 1976-2015. Les coordonnées géographiques sont données par la table 1.



Figure 1 - Localisation des stations météorologiques de Gabé, Médenine et Tataouine

Table 1- Coordonnées des stations météorologiques étudiées

	Gabès	Médenine	Tataouine
Longitude	10°01' E	10°51' E	10°45' E
Latitude	33°88' N	33°35' N	32°93' N

Méthodologie

Des analyses statistiques et graphiques ont permis de caractériser les variations de la température moyennes annuelles (min et max) ainsi que les températures saisonnières. L'analyse de la dynamique et de la tendance de la température a été effectuée en se basant sur la détermination de l'anomalie normale de température et l'application des tests de détection de rupture. Les tests appliqués sont les tests de Pettit, de Huber, Lee et Heighen. Nous proposons ensuite d'évaluer l'ampleur des fluctuations thermiques en déterminant les vagues de chaleurs pour suivre dans la suite leur évolution.

Mise en évidence des vagues de chaleur : Une vague de chaleur ou «canicule» est un paroxysme de chaleur [15]. Elle exprime un épisode de forte chaleur dite exceptionnelle. Selon l'OMM la «vague de chaleur», est définie comme étant «un réchauffement important de l'air, ou une invasion d'air très chaud sur un vaste territoire, généralement de quelques jours à quelques semaines». Les seuils de température qui définissent la vague de chaleur ainsi que leur durée varient d'un pays à un autre en fonction des spécificités des climats. Nous retenons dans ce travail la définition de la vague de chaleur adaptée à la Tunisie et admise par l'INM dans l'un de ses bulletins climatologiques mensuels (septembre 2014), qui définit une vague de chaleur comme étant une succession de 3 jours avec $T_{max} \geq 33^{\circ}C$ et $T_{min} \geq 20^{\circ}C$ [16].

Détermination des anomalies de température : L'anomalie de température est considérée comme le premier indicateur de surveillance du climat [17]. L'anomalie de température annuelle est définie par l'écart entre la température moyenne de l'année considérée par rapport à la moyenne interannuelle [18]. Le suivi de l'anomalie de la température est indispensable pour évaluer la variabilité interannuelle et les changements engendrés par les activités humaines.

Tests de détection des ruptures : Une rupture peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité de la série chronologique à un instant donné, le plus souvent inconnu [19]. Statistiquement, une fluctuation de température peut être marquée à une date donnée par une rupture ou un changement de moyenne au sein de la série chronologique [20]. Nous avons donc cherché, à l'aide des algorithmes proposés par le logiciel Khronostat de l'IRD [21], à détecter d'éventuelles ruptures dans les séries de températures relatives aux différentes stations de Gabès, Médenine et Tataouine sur la période 1976-2015. La détection des ruptures dans les séries de données de la température repose sur le test de Pettitt, la statistique U de Buishand, la procédure bayésienne de Lee et Heghinian et la segmentation de Hubert. Pour l'ensemble de ces méthodes, la non-stationnarité des séries chronologiques est recherchée à travers un changement de moyenne.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Etude de la variabilité de la température annuelle

Variations annuelles de la température

Durant la période d'étude (1976-2015), les variations interannuelles de la température de l'air (Figure 2) montrent une hausse significative des températures moyennes sur les trois stations d'étude à un seuil $\alpha=5\%$. Pour la station de Gabès, la température moyenne annuelle varie de $18,8$ et $21,5^{\circ}C$ avec un taux d'augmentation de $0,514^{\circ}C/an$. De même, pour la station de Tataouine, la température de l'air enregistrée est de $19,4^{\circ}C$ en 1975 et de $21,3^{\circ}C$ en 2015, soit un taux d'augmentation de $0,0526^{\circ}C/an$ ($R^2=0,446$) qui est similaire au taux d'augmentation obtenu pour la station de Gabès.

La température moyenne de la station Médenine varie de $19,7^{\circ}C$ à $21,6^{\circ}C$; d'où une augmentation de $0,048^{\circ}C/an$ ($R^2=0,5867$). Quant à la station de Tataouine, la température de l'air enregistrée est de $19,4^{\circ}C$ en 1975 et de $21,3^{\circ}C$ en 2014, soit un taux d'augmentation de $0,0523^{\circ}C/an$ qui est similaire au taux d'augmentation obtenu pour la station de Gabès. Ce résultat sur le taux d'augmentation de la température est conforme aux estimations faites par la GIZ et le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (Tunisie) en 2007 [22]. En effet, le GIZ et MARH ont estimé une hausse moins importante de $0,047^{\circ}C/an$ (scénarios de la famille A2) et de $0,056^{\circ}C/an$ (scénarios de la famille B2) [22].

Les résultats obtenus dans ce travail révèlent que la station littorale de Gabès a enregistré l'augmentation significative ($R^2=0,6302$) la plus forte.

Anomalie de la température

Les anomalies relatives aux stations de Gabès, Médenine et Tataouine sont portées sur la figure 3. Ces courbes révèlent une hausse des anomalies selon une relation linéaire significative à un seuil de 5% durant la période 1976-2015. Par ailleurs, les histogrammes d'évolution des normales de températures (anomalies) présentent des points d'inflexion thermique. Ce point est observé en 1994 pour Gabès et Médenine et en 1995 pour Tataouine. Ainsi on distingue deux périodes : d'une part, 1976-1993 au cours de laquelle les anomalies sont négatives et d'autre part, la période 1994-2015 des anomalies positives. Une tendance à l'augmentation des anomalies thermiques positives a été enregistrée pour les trois stations avec changement significatif à partir de 1995-1996 (Figure 3; Table 2).

Tataouine est caractérisée par les anomalies les moins importantes durant la période d'étude. Les valeurs varient de $-2,35$ à $1,28^{\circ}C$. Avant 1996, Médenine est caractérisée par les anomalies les moins importantes $-2,4$ à $0,2^{\circ}C$ alors qu'après 1996 c'est la station de Gabès qui a enregistré les anomalies les plus importantes $-0,22$ à $2^{\circ}C$. Ces résultats prouvent l'accélération du réchauffement dans le Golfe de Gabès.

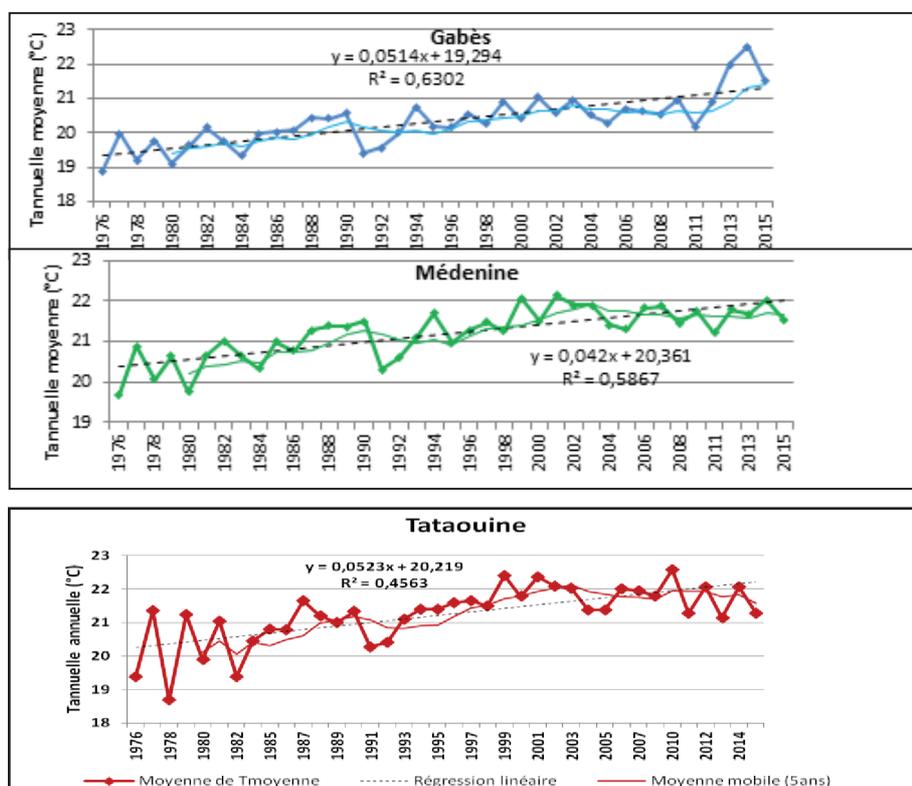


Figure 2- Variation des températures moyennes dans les trois stations de Gabès, Médenine et Tataouine

Table 2 - Anomalies de température avant et après 1996 dans les trois stations de Gabès, Médenine et Tataouine

Anomalie de température	Gabès	Médenine	Tataouine
Avant 1996	-1,5 à -0,1	-2,4 à 0,2	-0,1 à -3,6
Après 1996	-0,22 à 2	-0,9 à 2,1	0,2 à 1,5

Détection des ruptures : Nous avons effectué les tests de rupture sur les séries chronologiques des températures moyennes de 1976 à 2015. L'objectif principal étant de vérifier si le point d'inflexion observée correspond à une évolution continue avec fluctuations interannuelles ou plutôt à une rupture liée à évolution du climat. Les résultats de ces tests sont présentés dans la table 3. On signale que seulement les années de rupture sont détectées par au moins deux tests vont être retenues. L'examen de ces résultats permet de détecter la présence d'un changement de moyenne dans les séries de températures de deux stations Gabès et Tataouine située entre 1993 et 1995 ($1\% < \text{seuil d'erreur} < 10\%$) tandis que aucune date ne peut être confirmée pour la station de Médenine.

Table 3- Résultats d'application des tests de détection de rupture sur les séries des Tmoy annuelles sur les stations de Gabès, Médenine et Tataouine sur la période 1976-2015

	Gabès	Médenine	Tataouine
Petit (à 99 ;95 et 90%)	1995	1993	1995
Hubert (1%)	1993/1995	1976/1985/1999	1993/1995
Lee et Heighen	Absence de rupture	1986	Absence de rupture
Buishand (à 99 ;95 et 90%)	Absence de rupture	Absence de rupture	Absence de rupture

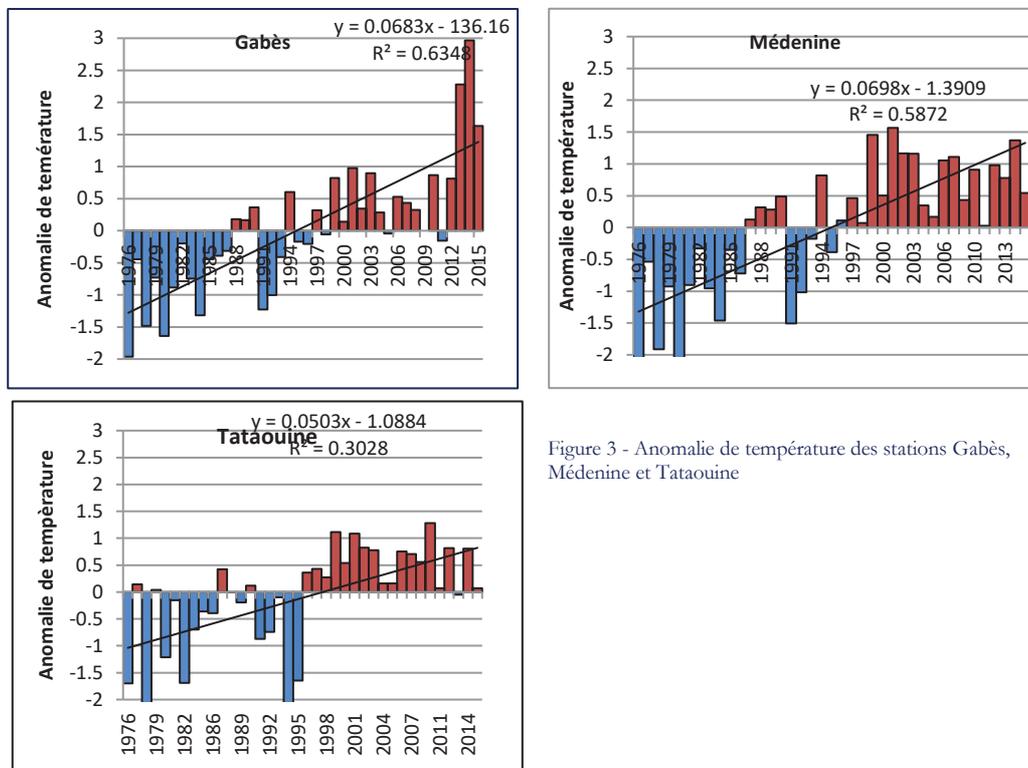


Figure 3 - Anomalie de température des stations Gabès, Médenine et Tataouine

Variabilité des T_{min} et T_{max} : L'analyse séparée de l'évolution interannuelle, depuis 1976, des températures annuelles maximales (T_{max}) et minimales (T_{min}) pour les 3 stations (figure 5.4) témoigne d'une tendance positive généralisée à l'ensemble de Sud-Est tunisien, même si les courbes de tendance sont plus ou moins significatives (figure4, table 4) du point de vue statistique, d'une station à autre. S'agit t il d'une augmentation des températures de jour ou de nuit? la réponse à cette question permet de cerner les modalités de cette augmentation.

Table4 - Tendances et signification statistique de T_{min},T_{max} et T_{moy} (test de Fisher avec α=5%)

	Gabès	Médenine	Tataouine
T_{moy}	(+) S	(+)S	(+)S
T_{min}	(+)NS	(+)S	(+)NS
T_{max}	(+)S	(+)NS	(+)NS

**NS: non significative, S:significative,
 (+): tendance à la hausse,(-): tendance à la baisse**

Les températures min et max ont enregistré une augmentation dans les trois stations:
 Entre 1976 et 2015: Sur le golfe de Gabès, la température max a varié de 22.3 à 27.2°C à raison de 1,2°C/décennie, et de 24,8 à 26,9°C à Tataouine à raison de 0,49°C/décennie et de 22,3 à 24,4 sur la station de Médenine à raison de 0,52°C/décennie. Dans les stations de Médenine et de Tataouine l'augmentation est statistiquement insignifiante en se basant à un seuil de 5%. Quant aux températures minimales, une augmentation a été enregistrée à partir des données relatives aux trois stations mais avec une amplitude moins importante que l'augmentation des T_{max} durant la période d'étude. Les températures enregistrées sont de 14,8 à 15,8°C à Gabès, de 14 à 15,6°C à Tataouine et de 11,8 à 15°C à Médenine. Il en ressort la T_{min} n'a pas trop augmenté à Gabès, néanmoins, ses valeurs restent les plus élevées dès le début de la période d'étude comparativement aux deux autres stations. D'autre part, on remarque qu'à la fin de la période d'étude les valeurs de T_{min} sont devenues très proches. Nous avons également constaté que la hausse de la température journalière minimale dans

les trois stations d'étude est relativement moins prononcée ce qui est en conformité avec les prévisions du GIEC [23] ce qui pourrait être expliqué par le fait que la température diurne est directement liée à l'énergie solaire, elle est donc plus sensible à l'augmentation en condition d'énergie minimale. La hausse des températures (min et max) est conforme à leur évolution dans les régions de l'Afrique du Nord et en Algérie mais aussi à la situation mondiale ([8], [9]).

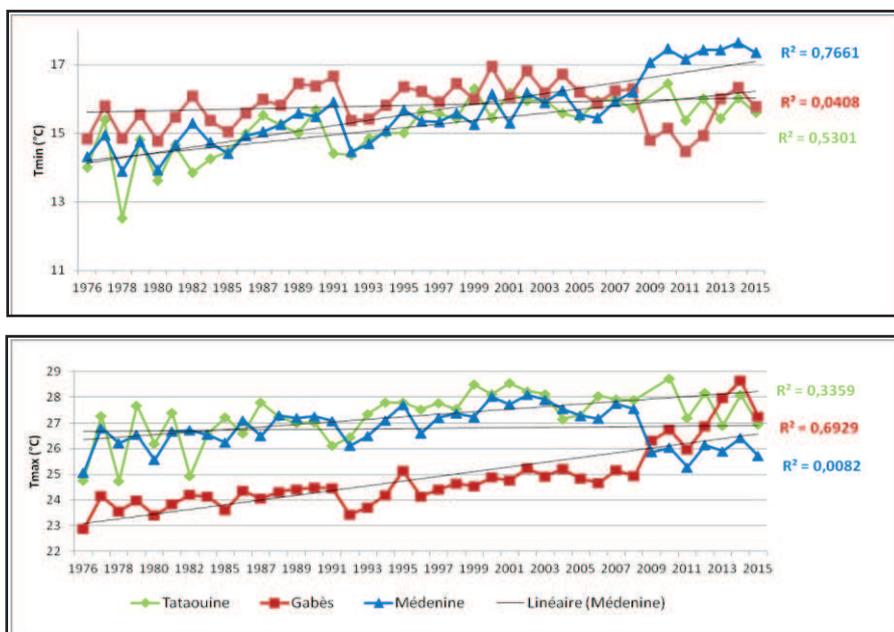


Figure 4- Variations des températures Tmin et Tmax dans les gouvernorats de sud-est tunisien (1976-2015)

Vagues de chaleur : Le nombre des vagues de chaleur a augmenté dans les trois stations avec un nombre maximal enregistré sur la station de Tataouine (Figure 5). Au début de la période d'étude, Gabès, près de la mer, connaît les vagues de chaleur les moins nombreuses : jusqu'à 1998, leur nombre ne dépasse pas deux par an. À partir de cette date (1998), elles deviennent beaucoup plus fréquentes et même, à partir de 2011, plus fréquentes qu'elles ne le sont dans les stations continentales de Médenine et de Tataouine à partir de 2011. On peut donc en conclure que la température sur le Sud-Est tunisien connaît une évolution récente marquée par un nombre de vagues de chaleur est de plus en plus important sur les trois stations. Ces résultats s'accordent avec ceux trouvés par Trabelsi et Ben Boubaker (2014) qu'ont prouvé une augmentation des épisodes à forte chaleur sur la station de Gabès du rivage tunisien. Cette augmentation a été enregistré à partir de 1993 pour une période d'étude allant de 1976 à 2006 [10]. L'augmentation est évaluée sur Gabès, Médenine et Tataouine est respectivement de 1,8;1 et 1,5 vagues/décennie.

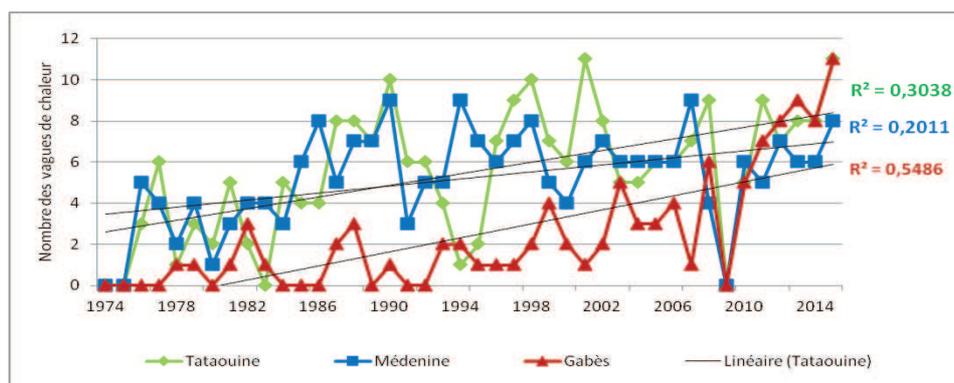


Figure 5- Evolution de nombre de vagues de chaleurs dans les 3 gouvernorats de sud-est tunisien

Variabilité saisonnière de la température : Les fortes chaleurs représentent, sous climat méditerranéen, l’empreinte principale de la saison estivale. Toutefois, des épisodes de forte, voire même de très forte chaleur, risquent de se produire au cours des saisons intermédiaires. Raison pour la quelle on va s’intéresser à l’étude de l’évolution des températures saisonnières interannuelle sur les trois stations en été, en printemps et en automne. Les variations interannuelles des températures moyennes saisonnières sont présentées sur la figure 6 et dans la table 5. L’augmentation la plus forte est enregistrée pour le printemps quelle que soit la station. L’augmentation maximale concerne Gabès et elle est évaluée de 3,8°C entre 1976 et 2015. L’augmentation est respectivement de 2,0°C et 2,5°C dans les stations de Médenine et Tataouine. En ce qui concerne l’été, l’augmentation n’est significative qu’à Gabès: 3,4°C entre 1976 et 2015. Pour l’automne, la hausse des températures est significative (au seuil de 5%) aux trois stations. Cette hausse est de 3°C, 3,6 et 2,8°C respectivement à Gabès, Médenine et Tataouine entre 1976 et 2015. On note aussi que l’augmentation de température automnale est plus importante que l’augmentation des températures printanière et estivale. Elle est estimée de 0,7;0,8 et 0,4°C/décennie pour les stations de Tataouine, Médenine et Gabès respectivement. Cette importante augmentation automnale a été démontrée par Ben Boubaker et al. (2015) pour différentes stations du territoire tunisien durant la période 1950-2014 [11]

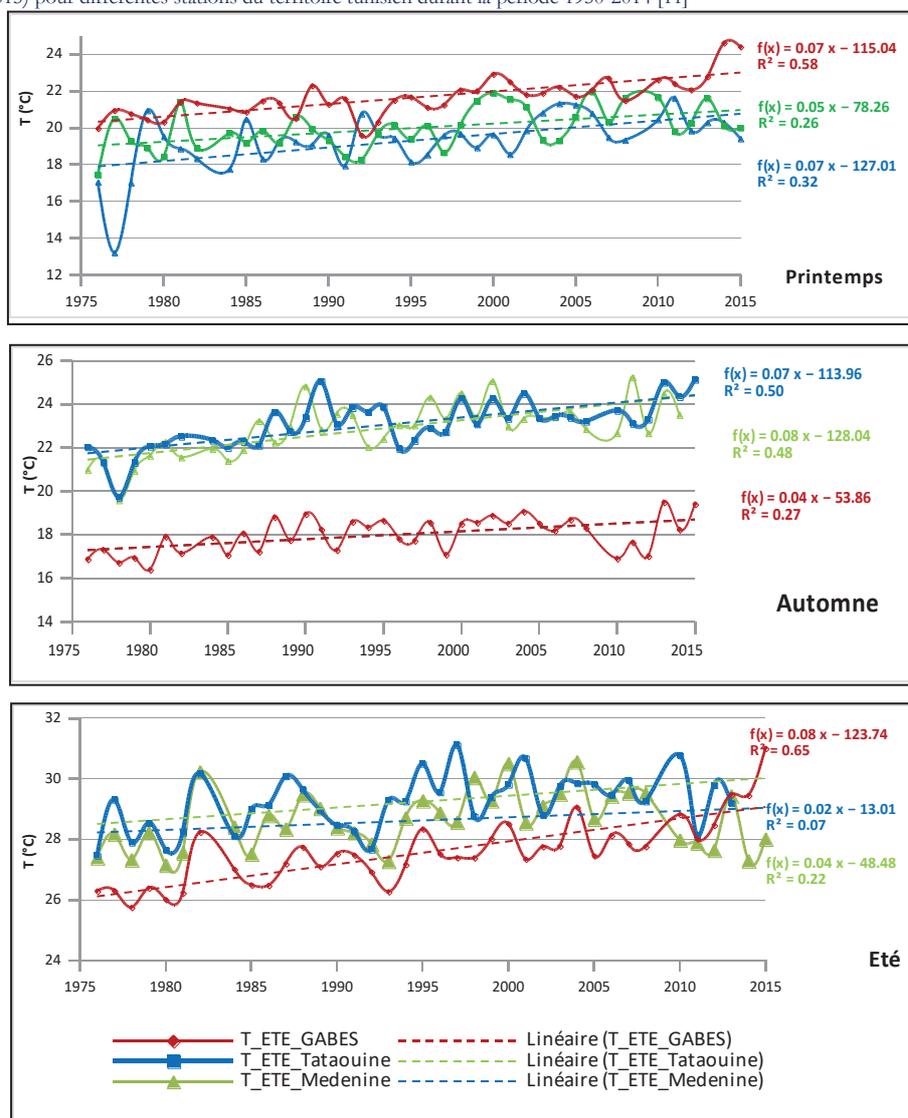


Figure 6 - Variations des températures moyennes saisonnières (en Printemps, en automne et en été)

Table 5 -Variations de la température moyenne saisonnière dans les trois gouvernorats de sud-est tunisien

	Gabès	Médenine	Tataouine
Printemps	0.6*	0.2	0.2
Automne	0.4*	0.5*	0.4*
Été	0.6*	0.05	0.2

CONCLUSION

L'analyse des variations interannuelles de la température de l'air durant la période 1975-2014 ont permis de conclure à une hausse significative des températures moyenne sur les trois stations de la zone d'étude à un seuil ($\alpha=0.05$). Les résultats ont révélé aussi que la station littorale de Gabès a connu l'augmentation la plus importante. Le taux d'augmentation enregistré à Gabès est de 0,0769°C/an. Il est deux fois plus important qu'au Médenine et Tataouine. La détermination de l'anomalie de température a confirmé ces observations. En effet, l'amplitude de l'anomalie à Gabès était la moins importante au début de la période d'étude et elle a varié de (-1,5 à -0,1) et c'est à partir de 1994 (point d'inflexion apparent) que cette anomalie a dépassé celles de Tataouine et de Médenine (-0,2 à 2,2).

L'application des tests statistiques de détection de rupture n'ont pas conduit à détecter de rupture significative. La température saisonnière est caractérisée par une hausse significative dans la région de Gabès durant les saisons de printemps (3,8°C), d'automne (3°C) et d'été (3,4°C). Dans les deux autres stations (Médenine et Tataouine) la hausse était significative seulement en automne et qui était respectivement de 3,6°C et 2,8

Tenant compte de la significativité statistique, on peut retenir que la température minimale a augmenté dans la station de Médenine et que la T maximale a augmenté dans la station de Gabès.

La détermination du nombre des vagues de chaleurs sur les trois stations a prouvé que le climat thermique de sud est tunisien connaît une évolution récente marquée par un nombre de canicules de plus en plus important sur les trois gouvernorats. Ce nombre a augmenté considérablement à partir de 1998. Ces résultats sont statistiquement significants pour ($\alpha=0.05$)

La vitesse d'accroissement de nombre des extrêmes thermiques était 3,8/an vagues à Gabès contre une augmentation de 2 et 2,5/an vagues de chaleur respectivement à Médenine et Tataouine.

Références

- Fourier, J.B.J. 1827. Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaire, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France, tome VII, pp. 570604
- Seager, R., Osborn, T. J. ; Kushnir, Y.; Simpson, I.R.; Nakamura, J.; Liu, H. 2019. Climate Variability and Change of Mediterranean-Type Climates. *J. Climate*, 32, 2887–2915, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0472.1>.
- Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change (MedEcc). 2019. Risks associated to climate and environmental changes in the mediterranean region a preliminary assessment by the medecc network science-policy interface – 2019. https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_EN_WEB.pdf
- Giorgi, F. 2002. Variability and trends of sub-continental scale surface climate in the twentieth century. Part I: observations. *Clim Dyn* 18: 675–691
- Taibi, S.; Souag, D. 2011. Regionalization of drought in Northern Algeria using a standardized precipitation index (1936–2010). In: From prediction to prevention of hydrological risk in Mediterranean countries (E. Ferrari & P. Versace, Sci. Eds), 4th international workshop on hydrological extremes MEDFRIEND group, University of Calabria; EdiBios, Cosenza, Italia; 169–182.
- Richard, Y.; Castel T. ; Bois, B. ; Cuccia, C. ; Marteau, R. ; Rossi, A. ; Thévenin Toussaint, D. ; H. 2014. Évolution des températures observées en Bourgogne (1961- 2011). In : Bourgogne Nature 19, p. 110–117.
- Maheras, P. 1980. Météorologie et climatologie de la Grèce. *Méditerranée*, 40(4), 87-89
- Sebbar, A.; Hsaine, M.; Foughrache, H. and al. (2012): Étude des variations climatiques de la région centre du Maroc. Actes du XXVème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie (Grenoble). ROME édit., p. 709-714.
- Amraoui, L. ; Adama Sarr, M. ; Soto, D. 2011. Analyse rétrospective de l'évolution climatique récente en Afrique du Nord-Ouest. *Physio-Géo*, Volume 5 | -1, 125-142.
- Traboulsi, M et Habib Ben Boubaker, « Fortes chaleurs et circulation atmosphérique associée autour de la Méditerranée orientale : cas du littoral tunisien et syro-libanais », *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement* [En ligne], 14-15 | 2012, mis en ligne le 01 juillet 2014, consulté le 06 mars 2021. URL : <http://journals.openedition.org/tem/1772> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/tem.1772>
- Ben Boubaker, H. ; Nmiri, A. ; Mrabti, M. ; Ouechti, L. : Tendances au débordement de la saison chaude sous climat méditerranéen chaud : exemple des canicules tardives automnales en Tunisie. XXVIIIe Colloque de l'Association

- Internationale de Climatologie, Liège 2015
http://www.climate.be/aic/colloques/actes/ACTES_AIC2015/5%20Variabilites%20et%20leas%20climatiques/068-BEN_BOUBAKER-427-432.pdf
12. Hassani, M.I. 2008. Climat et ressources en eau au Maghreb. Tendances et impacts du changement global. International Conference - Groundwater and Climate in Africa, 24-28 juin 2008, Kampala, Uganda
 13. Fischer, E.M.; Schär, C. 2010. Consistent geographical patterns of changes in high impact European heatwaves, *Nat. Geosci.*, 3(6), 398– 403, doi:10.1038/ngeo866.
 14. Kuglitsch, F.G.; Toreti, A.; Xoplaki, E., Della-Marta, P.M.; Zerefos, C.S.; Turkes, M.; Luterbacher, J. 2010. Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophys Res Lett.* 2010;37:5.
 15. Efthymiadis, D.; Goodess, C.M.; Jones, P.D. 2011. Trends in Mediterranean gridded temperature extremes and large-scale circulation influences. *Nat Hazard Earth Syst Sci.* 2011;11:2199–2214
 16. Fayeche, D.; Tarhouni, J. 2020. Climate variability and its effect on normalized difference vegetation index (NDVI) using remote sensing in semi-arid area. *Modeling Earth Systems and Environment* <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00896-6>
 17. Besancenot, J.P. 1992. Risques pathologiques : rythmes et paroxysmes climatiques. Editions John Libbey, 413 pages.
 18. Ben boubaker, H. 2010. Les paroxysmes climato-thermiques en Tunisie : approche méthodologique et étude de cas. *Climatologie*, 2010, p. 57-87
 19. Organisation Météorologique Mondiale (OMM) 2017. Directives de l'OMM sur l'élaboration d'un ensemble défini de produits nationaux de surveillance du climat. https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=20167#.YEO6om9Kjak
 20. Kouassi, A.M.; Kouamé, K.F.; Koffi, Y.B.; Dje, K.B.; Patrel, J.E.; Oulare, S. 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeo : European Journal of Geography*, document 513
 21. Fayeche, D.; Tarhouni, J. 2020. Variabilité et tendances pluviométriques dans le sud est tunisien. *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement* ISSN Online: 1737-9350 ISSN Print: 1737-6688, Open Access Volume (V) - Numéro 1 - Septembre 2020 <http://jistee.org/wp-content/uploads/2020/12/JISTEEv5N2-24December2020.pdf>
 22. Brou, Y. 1997. Analyse el dynamique de la pluviometrie dans le sud foreslier ivoirien: recherche de corrélation entre les variables climatiques el les variables liées aux a Clif'i[(~s anthropiques. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
 23. Boyer, J.F. 2002. Software Khronostat chronological series of statistical analysis. IRD UR2, Program 21 FRIEND AOC, Team UMRGBE Hydrology, University of Montpellier II, Ecole des Mines de Paris.
 24. GTZ ; Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques 2007. Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques. Cahier 3 : Projections sectorielles.p.3-17.
 25. GIEC. 2007. Changement climatique 2007.Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. GIEC, Genève, Suisse 103 pages.