

**LES CHANGEMENTS
CLIMATIQUES DANS LE
TAFILALET (SUD EST MAROCAIN) :
ANALYSE DES TENDANCES.
CLIMATE CHANGE ON TAFILALET
REGION (SOUTH-EAST OF
MOROCCO): TREND ANALYSIS**

Khalid El Khoudri, Brahim Damnati

Faculté des Sciences et Techniques de Tanger.
Département des Sciences de la Terre. EEMRN.
B.P 416, Tanger, Maroc, b.damnati@fstt.ac.ma

Résumé

La région d'Errachidia-Tafilalet est située au Sud-Est du Maroc. Elle fait partie intégrante des grands bassins versants Ziz (14400 km²) et du Rhéris (12600 km²). L'aire de l'étude est délimitée par le bassin versant Guir à l'Est, la frontière algérienne au Sud, les massifs du Haut-Atlas au nord et par les massifs de l'Anti-Atlas au sud-ouest. La vallée commune des oueds Ziz et Rhéris forme la plaine alluviale de Tafilalet (700 km²). Elle est occupée au centre par les palmeraies de Tizimi et Tafilalet sensu stricto.

Le milieu naturel de la région est marqué par l'aridité du climat. Les précipitations sont faibles et l'évapotranspiration est forte pouvant atteindre 4000 mm/an.

La présente étude a pour but de comprendre les changements climatiques de cette région et leurs impacts par la caractérisation de la sécheresse locale (déficit, intensité et durée) et l'étude de l'évolution des paramètres climatiques (pluies à différentes échelles, température) mises en évidence par le biais de séries chronologiques.

Mots clés : Précipitations, Température, tendance, impacts, changements climatiques.

Abstract

The area of Errachidia-Tafilalet is located at the South-east of Morocco. It is part of the great watersheds Ziz (14400 km²) and of Rhéris (12600 km²). The study surface is delimited by the watershed Guir to the East, the Algerian border in

the South, the High-Atlas mountains to the north and those of the Anti-Atlas in south-west. The common valley of the wadis Ziz and Rhéris forms the alluvial plain of Tafilalet (700 km²). It is occupied in the center by the palm plantations of Tizimi and Tafilalet sensu stricto.

The natural environment of the area is marked by the aridity of the climate, low precipitations and high evapotranspiration up to 4000 mm/an.

The purpose of the present study is to show the vulnerability of the water resources to the impacts of the climate changes. A characterization of the local dryness (deficit, intensity and duration) with study of the evolution of the climatic parameters (rains on various scales, temperature) is highlighted through time series.

Keywords: Precipitation, temperature, trend, impact, climate changes.

1. Introduction

Plusieurs régions du Maroc ont été confrontées à des séries de périodes sèches depuis le début des années 1980 et qui ont eu des conséquences non négligeables sur l'économie du pays (Driouech, 2010).

Différentes études de projections climatiques futures, faisant appel à des modèles climatiques, préconisent que le Maroc est l'un des pays les plus susceptibles à être menacé par le changement climatique et enregistrera une réduction des cumuls pluviométriques d'ici la fin du siècle courant (IPCC, 2007a). En effet, le climat du Maroc s'est réchauffé de façon significative au cours de la période 1961-2008. Une tendance générale vers l'assèchement est constatée. La plupart des tendances annuelles sont comprises entre 0.2°C et 0.4 °C par décennie (Driouech, 2010) et la diminution des précipitations est quasi-générale sur l'ensemble du territoire marocain.

D'autres études signalent que durant la phase

positive de l'ONA (oscillation Nord Atlantique) caractérisé par le creusement de la dépression d'Islande et gonflement/intensification de l'anticyclone des Açores; les précipitations se trouveront réduites sur le Maroc comme sur le sud de l'Europe. A l'inverse, la phase négative engendrera des précipitations sur celui-ci et au nord ouest de l'Afrique (Driouech, 2010).

De même, l'étude de l'évolution du climat à l'échelle du Maroc réalisée par Born et al. (2008) en utilisant la classification climatique de Koppen (Koppen, 1936) a montré que le climat marocain tend vers des conditions plus chaudes et plus sèches au cours de ce siècle.

Au Maroc, la caractérisation du régime des précipitations aux échelles régionales et locales est capitale pour les spécialistes de l'adaptation et programmation. La pluviométrie est, en effet, une donnée à valeur socioéconomique très importante et différents secteurs en dépendent dont notamment les ressources en eau et l'agriculture (Driouech, 2010).

En effet, l'eau revêt une importance vitale dans la plaine de Tafilalet (fig.1). Les populations de ces régions se sont attelées depuis plusieurs siècles à la mobiliser en moyen d'innombrables ouvrages adaptés à leur contexte. Ainsi, les eaux superficielles pérennes sont dérivées au fil de l'eau par des seuils, alors que les eaux de crues sont mobilisées au moyen de barrages de dérivation parfois de dimensions importantes ou par des dérivations traditionnelles. Quant aux eaux souterraines, elles sont mobilisées par des Khetaras qui sont des galeries souterraines, drainant en gravitaire des nappes phréatiques, et par des pompages privés (puits) qui se sont développés au cours des dernières années de sécheresse.

Le climat de la zone d'étude est essentiellement aride à présaharien. C'est un contexte défavorable à l'hydraulicité. Tout

changement augmentera l'acuité du phénomène et le rend plus sévère. Bien entendu le changement en terme de quantité ne va pas être important mais relativement plus sévère et en terme de qualité, la rareté amplifiera le phénomène.

Ce climat se caractérise également par une irrégularité inter et intra-annuelle. Les précipitations décroissent généralement en se dirigeant vers le Sud.

Le but de ce travail est d'étudier les paramètres climatiques (précipitation, température) afin de vérifier s'il y a lieu ou non changement climatique à l'échelle de la région d'étude.

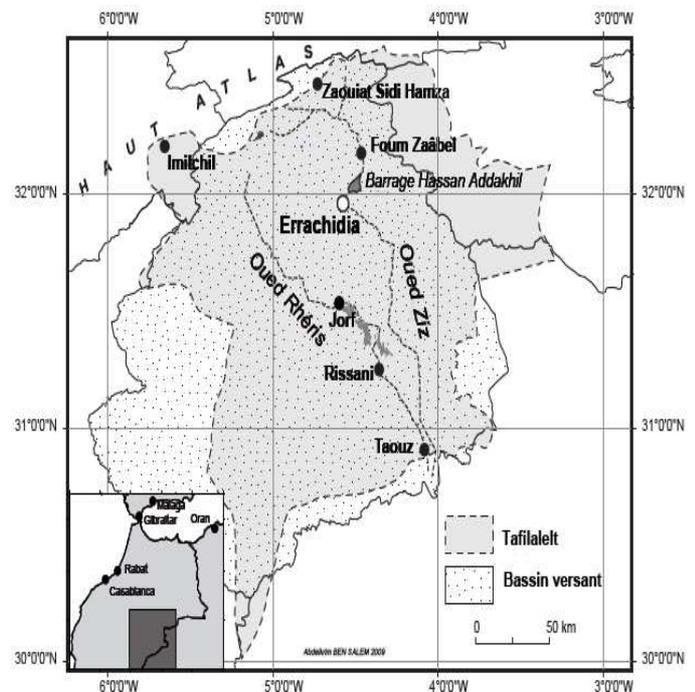


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude : région de Tafilalet (Ait Boughrou, 2010).

2. Données et méthodes

L'objectif de ce travail est d'analyser les changements climatiques observés au niveau de la région d'Errachidia-Tafilalet. Cette analyse portera sur les enregistrements fournis par les stations suivantes de la zone d'étude (tableau.1).

Tableau 1. Stations pluviométriques traitées dans la zone d'étude.

Bassin versant	Station	X(m)
Ziz	Foum Zaabel	579 700
	Errachidia	591 230
	Errachidia (DMN)	594 554
	Radier Erfoud	615000

L'analyse des données reçues, par l'agence du bassin hydraulique du Guir-Gheris-Ziz et Maider (ABHGRZ – ERRACHIDIA), montre qu'elles coïncident pour la plupart des postes avec la période sèche (années 70).

Les mesures des précipitations sont faites avec une régularité importante. On note rarement des manques sur les séries mensuelles. Les plus longues séries sont celles des stations d'Errachidia, Radier Erfoud (47 et 46 ans). Pour les stations de la Direction de la Météorologie Nationale, la plus longue série est celle d'Errachidia (31 ans) avec des données continues entre 1973 à 2003.

Les séries des stations de la Direction de la Météorologie Nationale d'Errachidia ne présente pas de lacunes (tableau.2 ; tableau.3).

Tableau 2. Précipitations moyennes mensuelles au niveau des différentes stations de la région étudiée.(1957-2007)

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Foum Zaabel	15,8	25,0	21,8	15,6	15,7	14,9	12,4	24,7	19,2	7,3	2,7	7,5	177,0
Errachidia	7,8	16,9	18,4	10,8	11,8	13,6	8,1	13,7	12,6	5,7	1,4	4,2	117,5
R.Erfoud	6,0	7,7	8,4	7,1	8,7	7,0	5,3	9,0	4,7	2,9	0,9	1,5	61,8

La pluviométrie moyenne annuelle est de 177 mm à la station Foum Zaabel située plus au nord de la zone d'étude et de 45.3 mm au piedmont de celle-ci (Taouz).

La moyenne interannuelle de la pluviométrie oscille entre 186.9 mm à Foum Zaabel et 48.9 mm à Taouz.

Tableau 3. Températures moyennes mensuelles interannuelles (en °C) (1982-2007).

Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr
Foum Zaabel	24.5	18.6	13.1	9.1	7.9	10.8	13.8	17.3
Errachidia (B.H.A)*	26,1	19,7	14,7	10,6	14,0	11,7	14,9	17,8
R.Erfoud	27,7	21,9	14,5	10,3	9,2	12,2	16,7	20,1

*B.H.A: Barrage Hassan Addakhil

Le climat de la région d'étude est fortement influencé par la continentalité. En effet, les températures maximales sont élevées pendant les mois chauds de l'été et les températures minimales sont très faibles pendant les mois froids de l'hiver.

La température moyenne annuelle varie de 18,3°C à Foum Zaabel et 22.3°C à Taouz. Les températures moyennes mensuelles varient d'un minimum de -2,3°C pour le mois le plus froid (Janvier) au niveau de la station de Foum Zaabel à l'amont de la plaine et à un maximum de 45°C pour le mois le plus chaud (Juillet) à Taouz plus au sud.

La méthode d'analyse des données utilisée est la méthode graphique chronologique de traitement de l'information (MGCTI). Appliquée aux données de températures et de précipitations, cette méthode permettra dans un premier temps d'analyser la répartition spatio-temporelle du

paramètre météorologique, puis dans un second temps de changement de tendance.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
d'en déterminer les dates de changement de tendance.	12,4	24,7	19,2	7,3	2,7	7,5	177,0
3. Résultats et discussion :	8,1	13,7	12,6	5,7	1,4	4,2	117,5
3.1. Les précipitations :	5,3	9,0	4,7	2,9	0,9	1,5	61,8

Les pluies mensuelles sont caractérisées par un régime pluviométrique très variable d'une année à l'autre et traduisent l'irrégularité des précipitations.

La répartition des pluies mensuelles moyennes de la région d'étude se distingue par deux importants épisodes pluvieux Octobre-Novembre et Avril-Mai (fig.2).

Le régime annuel des précipitations est caractérisé par deux saisons humides d'automne et de printemps séparées par une rapide saison d'hiver à minimum relatif faible et par une longue saison d'été très marquée par la sécheresse (Ait boughrou, 2010).

La variation annuelle des pluies est enregistrée pour des périodes forts différentes, la moyenne interannuelle des précipitations augmente du Sud vers le Nord. Il est de 48,9 mm à Taouz et atteint 186.9 mm à Foum Zaabel.

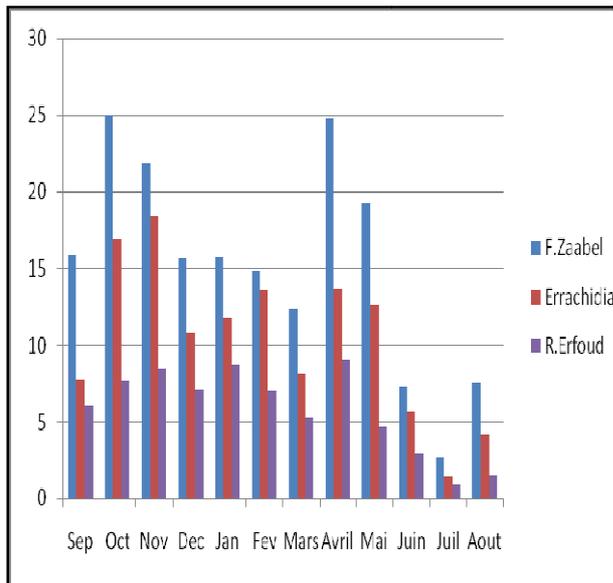


Figure 2. Répartition des précipitations moyenne mensuelles dans les différentes stations de la région d'étude (en mm).

Pour avoir une idée plus précise sur la variabilité interannuelle des précipitations, l'évolution des pluies annuelles, les écarts à la moyenne et les tendances pour chaque station; la méthode MGCTI a été utilisée pour chaque station.

3.1.1. Station de Foum Zaabel :

La comparaison des valeurs en dessous de

l'axe 0 et de celles au dessus (anomalies), montre que le nombre d'années à déficit pluviométrique est généralement plus important que le nombre d'années excédentaires. Les déficits les plus élevés sont de -119% ; -107% ; -114% et -107% respectivement pour les années 1983, 1985, 1998 et 2000.

On note particulièrement la succession d'années déficitaires et d'années excédentaires pour l'ensemble des stations de la zone d'étude. Les excédents les plus importants sont enregistrés en amont de la plaine (Foum Zaabel, Errachidia). Au sud de celle-ci l'excédent est relativement faible sauf en 2008 qui reste une année assez pluvieuse (+204% à Taouz).

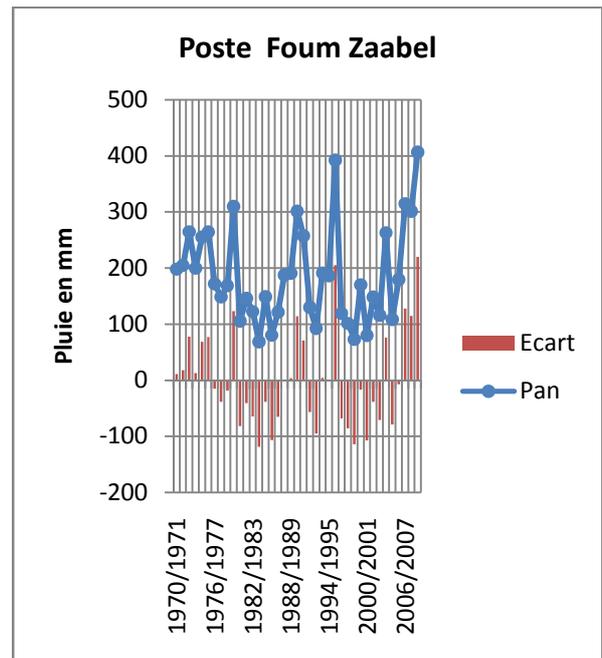


Figure 3. Evolution de la pluie annuelle et écart à la moyenne dans la région d'étude : station de Foum Zaabel.

La tendance générale des précipitations dans la station de Foum Zaabel est négative. Elle est de -0,1 mm/an pour la moyenne mobile de 20 ans (M20) et de -0,5 mm/an pour la moyenne mobile de 5 ans (M5). Toutefois, on peut remarquer qu'elle a tendance à s'annuler à partir de 2007 (retour de

pluie).

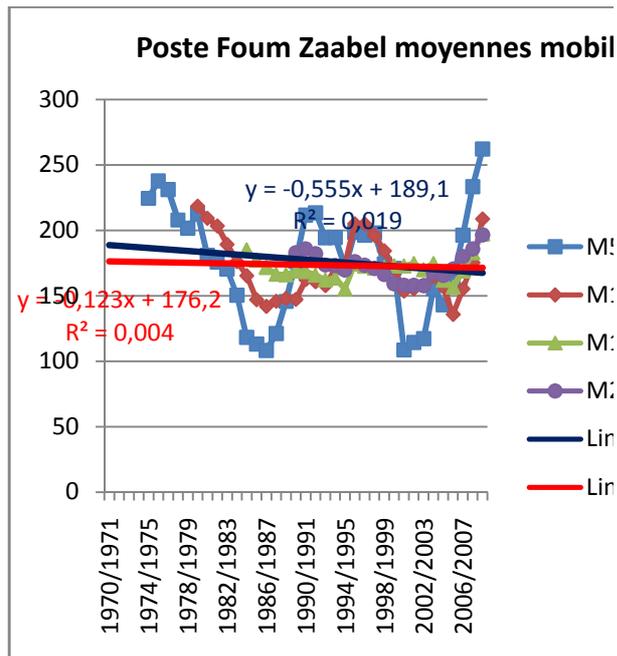


Figure 4. Tendence des précipitations dans la région d'étude (Station. Foum Zaabel).

3.1.2. Station d'Errachidia

La station d'Errachidia représente la série chronologique la plus longue. Trois périodes de sécheresse sont bien distinctes (1957-1963/ 1980-1988/ 1996-2005). Les années les plus déficitaires sont : 1957, 1961, 1983 et 2000 avec des écarts respectifs de -98%, - 86%, - 89% et - 87%. L'écart positif le plus élevé est celui de 1995 (+178%). La tendance générale des précipitations est négative. Elle est de -0,3mm/an (M20) et de -0,2 mm/an (M5).

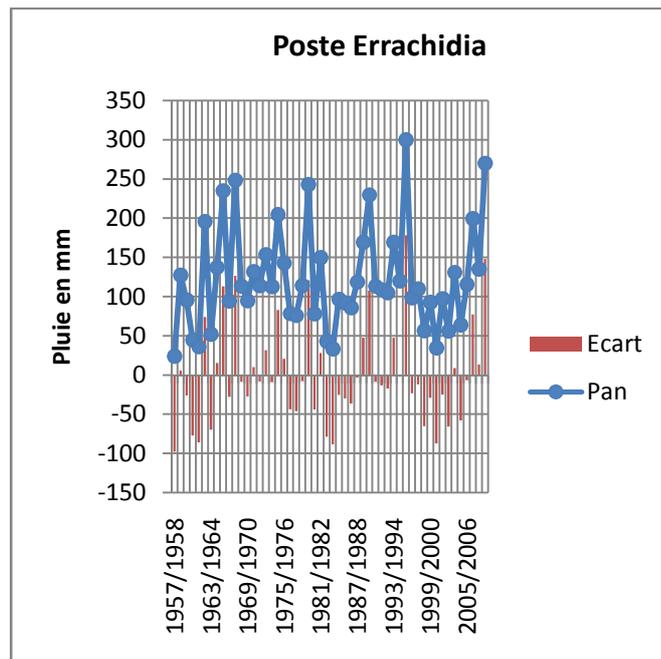


Figure 5. Evolution de la pluie annuelle et écart à la moyenne dans la région d'étude (Station Errachidia).

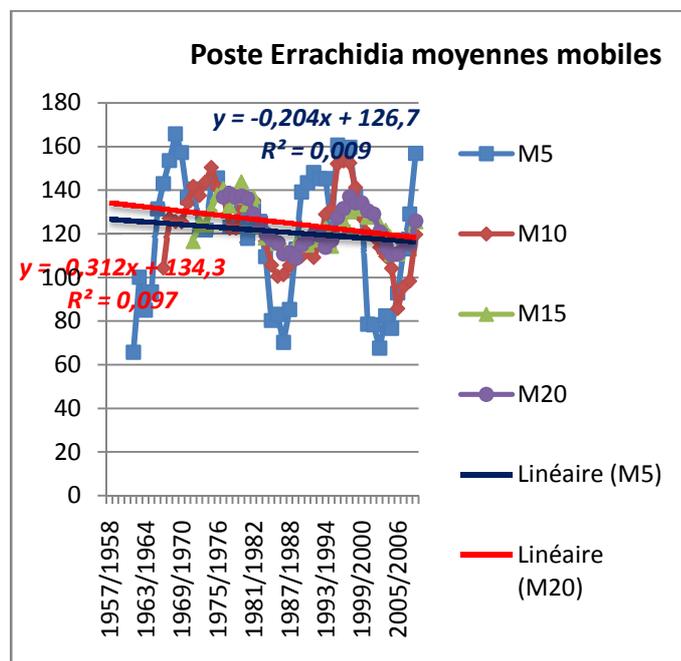


Figure 6. Tendence des précipitations dans la région d'étude (Station Errachidia).

3.1.3. Station d'Erfoud :

La station d'Erfoud est située plus au sud de la plaine de Tafilalet. Elle représente également la série chronologique la plus longue de la région.

L'écart à la moyenne fait apparaître une sécheresse bien distincte (1996-2005). L'évolution de la pluie annuelle ne dépasse guère les 150mm/an sauf en 2008 où elle a atteint 185,2mm. Les années les plus déficitaires enregistrent des valeurs proches de la moitié (-55% en 83). L'année la plus excédentaire en pluie est 74 (+77%). L'écart à la moyenne en 2008 est de +120% (année exceptionnelle). La tendance générale des précipitations est négative. Elle est de -1,2 mm/an (M20) et de -0,9 mm/an (M5).

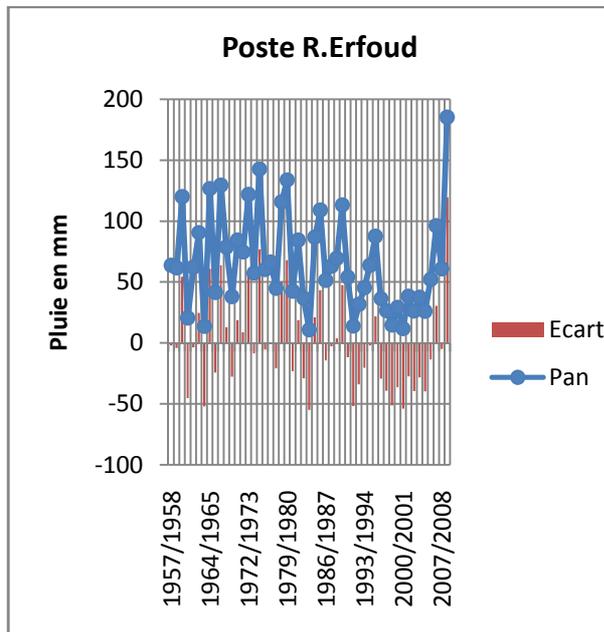


Figure 7. Evolution de la pluie annuelle et écart à la moyenne dans la région d'étude (Station R.Erfoud).

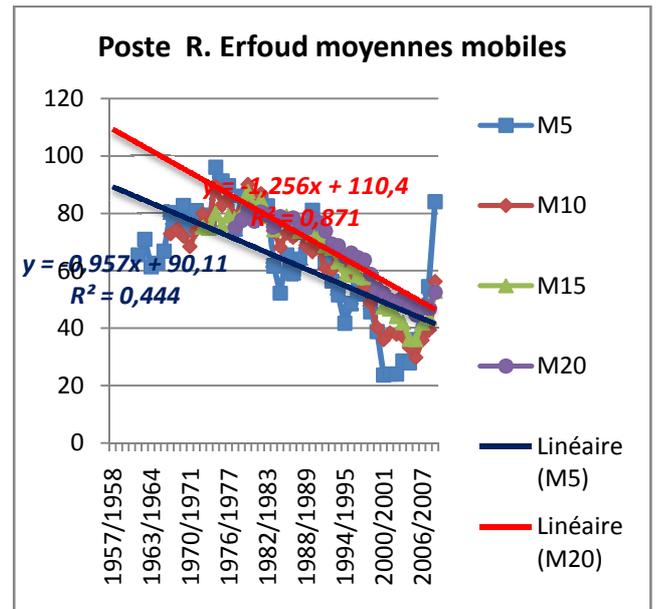


Figure 8. Tendance des précipitations dans la région d'étude (Station Radier d'Erfoud).

L'analyse de tendances et des écarts à la moyenne au niveau des stations étudiés de la région montre que :

- Les tendances constatées sur les moyennes mobiles de 5 ans, 10 ans, 15 ans et 20 ans au niveau de l'ensemble de la région sont négatives. Elles oscillent entre -0,1 et -1,2 mm/an.
- Les années les plus arrosées sont :
 - 1979/1980 pour la station Foug Zaabel avec un module de 310 mm ;
 - 1989/1990 pour la même station avec un module de 301,3 mm ;
 - 1995/1996 pour les stations de Foug Zaabel, Errachidia avec des modules respectifs de 406,7 mm et 270 mm.
- L'écart entre la moyenne annuelle et interannuelle des précipitations montre en général :
 - Une fluctuation importante de l'écart traduisant la succession

irrégulière des années humides et sèches. Une décroissance forte de la courbe à partir de 1980/81 illustrant bien la sécheresse des années 1980. Une légère reprise s'effectue à partir de 1987/88.

- Une décroissance de nouveau apparaît à partir de 1996/97 et une nouvelle reprise à partir de 2005/2006.
 - Le nombre des années successives de sécheresse peut atteindre 10 années.
- L'analyse des déficits / excès par rapport à la normale montre qu'ils peuvent atteindre des valeurs entre 50% à plus 100 %.

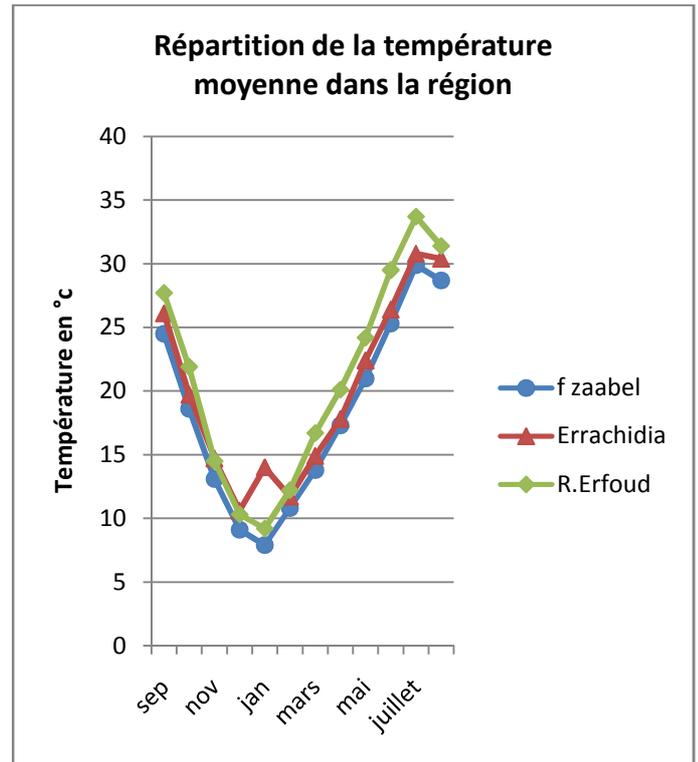


Figure 9. Températures mensuelles moyennes interannuelles du Ziz.

Généralement dans la plaine de Tafilalet de l'amont vers l'aval, les tendances constatées sont sans exception à la hausse avec des valeurs avoisinant 0.03°C/an.

3.2. Les Températures

Les températures moyennes annuelles sont relativement élevées et confirment l'aridité du climat. Elles augmentent de Foum Zaabel au Nord à Taouz plus au Sud et sont respectivement de l'ordre de 18.3°C et 22.3°C.

Les températures présentent de très importantes variations saisonnières avec un été très chaud et un hiver très froid. Ce dernier présente des températures diurnes peu élevées tandis que les températures nocturnes dépassent rarement 0°C.

Tableau 4. Température mensuelle moyenne interannuelle dans la zone d'étude (en °C).

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	août	Tmoy
Moyenne de la zone	26,9	20,8	14,6	10,3	10,3	12,0	15,8	19,3	23,6	28,1	32,2	31,3	20,4

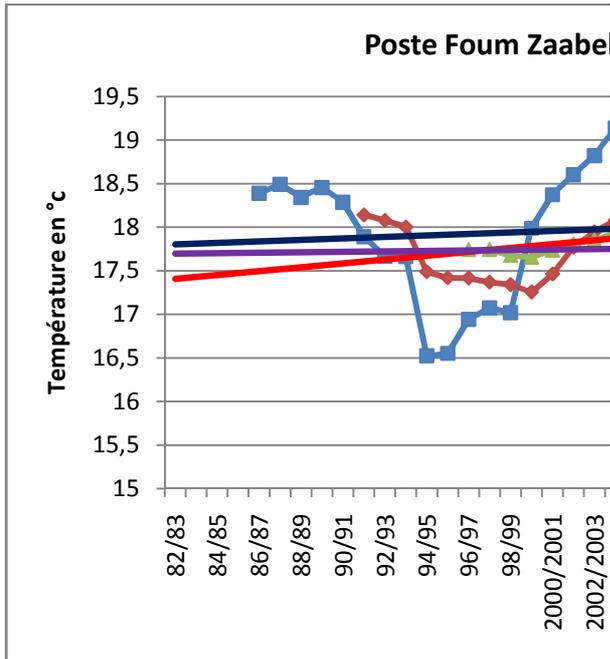


Figure 4 . Tendances des températures annuelles dans la région d'étude (Station Foug Zaabel).

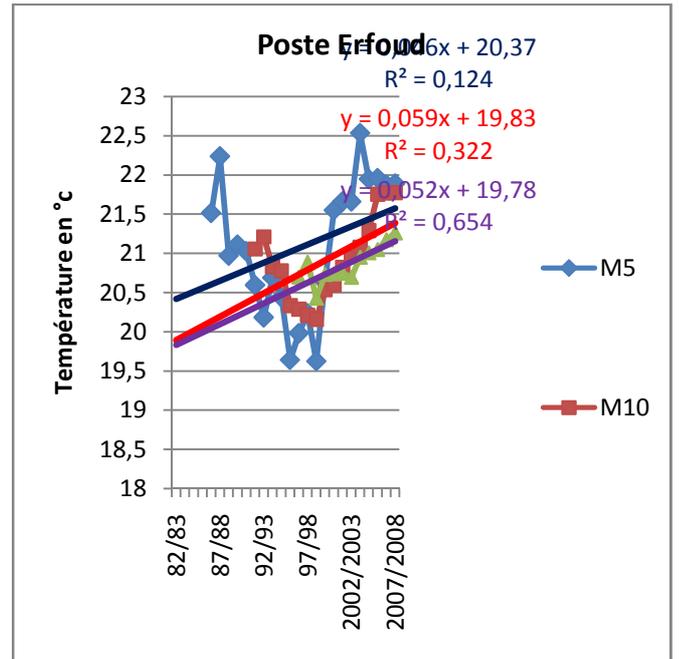


Figure 6. Tendances des températures annuelles dans la région d'étude (Station Erfoud).

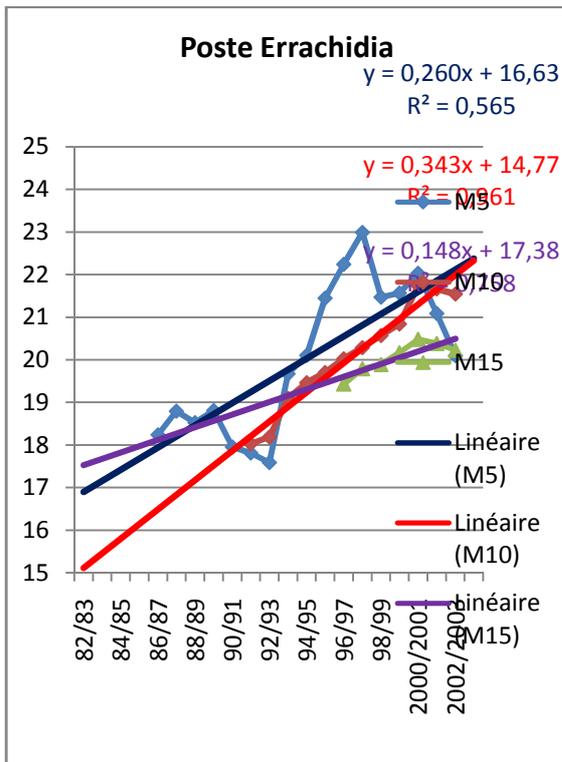


Figure 5. Tendances des températures annuelles dans la région d'étude (Station Errachidia).

Les tendances de températures enregistrées à Erfoud sont relativement plus élevées que celles de la station de Foug Zaabel située plus au nord. Cette différence peut être due à la présence des masses d'air chaud et sec provenant du Sahara.

De nombreux chercheurs ont mis en évidence, à partir des séries pluviométriques, une phase de sécheresse qui a débutée vers les années 1970 "rupture" et qui est liée à une baisse significative de la pluviométrie annuelle au niveau des pays du Maghreb. Meddi et al. (2007) ont détectée une réduction assez importante de la pluviométrie en Algérie, autour des années 1980. Au Maroc, Amraoui et al. (2004) ont confirmé, grâce à l'étude des écarts pluviométriques par rapport à la pluie annuelle moyenne du Maroc (période 1934-2000), l'irrégularité des pluies et ont mis en évidence une diminution importante des apports depuis 1980. De même, Sebbar et al. (2011) ont réaffirmé par l'application de l'indice pluviométrique standardisé IPS l'existence de cette phase de sécheresse à partir de 1970.

Cette rupture du régime pluviométrique à l'échelle nationale, correspondrait au signal du changement climatique global (Meddi et al. 2009), se manifeste au niveau de la région du Tafilalet par une légère réduction dans les cumuls pluviométriques annuels (pas de rupture).

Associé à la baisse des cumuls, la sécheresse semble devenir plus persistante dans le temps. Ainsi, on constate que 65% d'années de la série pluviométrique d'Errachidia sont déficitaires.

Conclusion

Selon la période étudiée, les courbes de tendances expriment des diminutions pour la pluviométrie et des augmentations pour la température. On remarque aussi une certaine alternance de périodes humides et sèches avec des durées plus ou moins variables dans le temps et dans l'espace.

C'est pourquoi, on ne peut être catégorique sur le changement climatique que si on est en présence d'une durée d'enregistrement de données climatiques plus longues, un contexte plus général et une densité assez importante de stations d'enregistrements.

De plus, le retour de la pluie amorcé lors de la dernière décennie se caractérise par des précipitations plus abondantes s'accompagnant d'un plus grand nombre d'épisodes pluvieux extrêmes (Nouaceur, 2011).

Cette nouvelle phase pluvieuse coïncide avec une augmentation, dans la région ainsi que dans tout le pays, de catastrophes de type inondations.

L'augmentation de la fréquence de ces inondations confirme que les cycles pluviométriques se caractérisent désormais, entre autre, par des pluies plus intenses. Une étude future comparative du nombre de jours de pluie et du nombre de jours d'orage et sur le débit d'écoulement au niveau de oued Ziz nous renseignerait sur le caractère

torrentiel de cette dernière phase humide.

Bibliographie

- AIT BOUGHROUS A., 2010. Menaces climatiques sur les écosystèmes aquatiques souterrains de la réserve de biosphère des oasis du Sud marocain. Changements climatiques et biodiversité, Vuibert - AFAS. PP 111-122
- AMHAREF M., 1991. Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de Ziz (Province d'Errachidia; Sud-Est du Maroc). Incidences respectives de la sécheresse et du barrage Hassan Addakhil sur les ressources en eau à l'aval. Thèse de doctorat de l'université de Franche-Comté France. 232 p
- AMRAOUI L., 2011. Évolution climatique récente en Afrique du Nord-Ouest (Maroc, Mauritanie et leur proche océan entre 1950 et 2008. Thèse de l'Université Jean Moulin- Lyon III.
- BOUDAD L., 2004. Les Formations sédimentaires du Pléistocène supérieur et de l'Holocène du Tafilalet (Sud-est du Maroc). Géochronologie, Stratigraphie et Paléoenvironnement; Thèse de doctorat d'Etat, Université Ibn Moulay, Errachidia, pp 110-111.
- BORN K., CHRISTOPH M., FINK A.H., KNIPPERTZ P., PAETH H., STEPH P., 2008. Moroccan climate in present and future: combined view from observational data and regional climate scenarios. In: Zeini, F., Hotzl, H. (Eds.), Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa. Springer, pp. 29-45.
- BZIOUI M., 2004. Rapport national 2004 sur les ressources en eau au Maroc. UN Water-Africa.94pp. (http://doc.abhatoo.net.ma/doc/IMG/pdf/Rappt_national_eau_maroc.pdf)
- Paré S.,(2006) : Contribution à la détermination d'un terme du bilan hydrologique dans la région d'Errachidia-Tafilalet pp.14-20.
- DRIOUECH F., 2006. *Rapport sur les changements climatiques au Maroc : observations et projections*. Direction de Météorologie Nationale du Maroc, Casablanca, 45 p.
- DRIOUECH F., 2010. Distribution des précipitations hivernales sur le Maroc dans le cadre d'un changement climatique. Thèse de Doctorat de l'Institut national polytechnique de Toulouse, 163 p.
- GIEC, 2007 - Changements climatiques 2007 – Rapport de synthèse. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat, Édit. OMM-PNUE, Genève, 108 p.

KÖPPEN W., 1936: Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie, Vol. 1, Part C, Gebr. Borntrager Verlag Berlin, 388 pp. (in German).

MARGAT J., DESTOMBES J., HOLLARD H., 1962. Mémoire explicatif de la carte hydrogéologique au 1/50000 de la plaine du Tafilalet. Notes et mémoires du service géologique n° 150 bis Rabat. pp. 51-57.

MEDDI H. et MEDDI M., 2007. Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Geographia Technica*, 2, pp 49-55.

MEDDI M., TALIA A. et MARTIN C., 2009. Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Physio-Géo Géographie Physique et Environnement III*, pp 61-84.

Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement. Actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des sources en eau des bassins d'ABHGRZ, rapport définitif d'évaluation des ressources en eau, Mars 2011, 238 p.

NOUACEUR Z, LAIGNEL B et TURKI I, 2013. Changements climatiques au maghreb : vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien, *Physio-Géo*, Volume 7, pp 307-323.

SEBBAR A, BADRI W, FOUGRACH H, HSAINI M et SLAOUI A, 2011. Etude de la variabilité du régime pluviométrique au Maroc septentrional (1935-2004), *Sécheresse* vol. 22, n° 3, pp48-139.