

# JOURNAL INTERNATIONAL

## Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement

ISSN (electronic): 1737-9350

ISSN (printed): 1737-6688

Volume III – Numéro 3 - Décembre 2018

### Eau-Environnement-Climat'2018



### Changement Climatique et Adaptation *Climate Change and Adaptation*

Rédacteur en Chef : Pr Nouredine Gaaloul

Publié par :

l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et  
l'Environnement en Tunisie (ASTEETunisie)

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ"

سورة الأنبياء آية 30

*Et fait de l'eau toute chose vivante*

(Al-Anbiya 30)

# Comité Scientifique International

Noureddine Gaaloul	Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Hamadi Habaieb	Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Zouhaier Nasr	Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Taoufik Hermassi	Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Mohamed Hachicha	Université de Carthage -IRESA- INRGREF (Tunisie)
Zohra Lilli	Université de Carthage -IRESA- INAT (Tunisie)
Mohamed Mechergui	Université de Carthage -IRESA- INAT (Tunisie)
Jamila Tarhouni	Université de Carthage -IRESA- INAT (Tunisie)
Sihem BenAbdallah	Université de Carthage - CERTE (Tunisie)
Sonia Dhaouadi	Université de Carthage - FSBizerte (Tunisie)
Mohamed Habib Sellami	Université de Jendouba -IRESA- ESIER (Tunisie)
Hechmi Belaid	Université de Jendouba -IRESA- ESIER (Tunisie)
Béchir Hamrouni	Université d'El Manar - FSTunis (Tunisie)
Adel Kharroubi	Université de Gabès - ISSTEG (Tunisie)
Ahmed Kettab	ENP, (Algérie)
Azzedine Hani	Université de Annaba (Algérie)
Larbi Djabri	Université de Annaba (Algérie)
Saadane Djerfi	Université de Annaba (Algérie)
Beloulou Laroussi	Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie)
Foufou Amar	Université Skikda (Algérie)
Mohammed Achite	Université de Chlef (Algérie)
Abdelhalim Yahiaoui	Université de Bechar (Algérie)
Mohamed Bessenasse	Université de Saad Dahlab- Blida (Algérie)
Abdessamad Merzouk	Université de Tlemcen (Algérie)
Benabadji Noury	Université de Tlemcen (Algérie)
Belkacem Bekkoussa	Université Mustapha Stambouli de Mascara (Algérie)
Guendouz Abdelhamid	Université de Blida I (Algérie)
Guegazi Saâdia	Université de Biskra (Algérie)
Nadia Machouri	Univ. Mohammed V (Maroc)
Ali Essahlaoui	Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
El Ouali Abdelhadi	Université Moulay Ismail Meknes (Maroc)
Abdelmajid Moumen	Université Nadour (Maroc)
Mhamed Amyay	Université de Fès (Maroc)
Abdelaziz Abdallaoui	Université Moulay Ismail (Maroc)
Saeid Eslamian	Université de. Isfahan (Iran)
Diop Ngom Fatou	UCAD FST (Sénégal)
Sousou Sambou	Univ. Cheikh Diop (Sénégal)
Gnamba Franck Maxime	UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Soro Nagnin	UFR STRM (Cote d'Ivoire)
Koussouhon A. Leonard	FLLAC/ UAC (Congo)
Moumtaz Razack	Université de Poitiers (France)
Martin Philippe	Université d'Avignon (France)

## Préface



*L'eau est un aliment, un bien économique, un facteur de production et un espace vital. Elle est à ce titre un élément essentiel de tout développement. L'accroissement de la population mondiale s'accompagne notamment d'une demande accrue d'aliments, d'énergie et d'eau. Les conflits d'usage de l'eau sont exacerbés par le gaspillage et la contamination de cette ressource. La pénurie, mais aussi les crues et la pollution croissante de l'eau, posent de plus en plus de problèmes majeurs au développement économique et social d'un grand nombre de pays.*

*La gestion intégrée et durable de l'eau dans ce contexte de changement climatique est l'un des principaux défis à relever dès à présent. Le dérèglement climatique introduit de nouvelles contraintes et exacerbe celles auxquelles sont déjà confrontés les gouvernements et les sociétés dans le domaine de l'eau. Ces contraintes concernent aussi bien la disponibilité de l'eau, les variations et les phénomènes climatiques extrêmes, que l'incertitude sur la ressource qui ira en augmentant.*

*D'ici 2050, plus de 40% de la population mondiale sera soumise à un stress hydrique prononcé, et près de 20% exposée aux inondations. D'un point de vue économique, les actifs menacés par les inondations représenteraient près de 45 000 milliards USD en 2050. D'un autre côté, la consommation en eau va augmenter de façon exponentielle dans les 30 prochaines années, ce qui entraînera une situation plus difficile à l'avenir vu notre mode actuel de consommation et d'utilisation de l'eau. L'augmentation de la demande en eau et en aliments se situerait entre 40 à 50% pour alimenter et nourrir les 2 milliards de personnes supplémentaires dans le monde.*

*Il est généralement admis que notre climat est en train de changer et que le processus pourrait s'accélérer au cours du 21ème siècle. Le terme changement climatique ne signifie pas seulement «réchauffement climatique»; il est également probable que les événements climatiques extrêmes se multiplient à l'avenir.*

*Le réchauffement de la planète est aujourd'hui une certitude entraînant un dérèglement du climat affectant le cycle de l'eau et les ressources en eau. Le changement climatique impacte quatre secteurs particuliers : l'eau ; les écosystèmes, aussi bien en eau douce qu'en milieu marin ; les rendements des cultures ; la santé par l'accroissement des risques de maladies hydriques. Un secteur de l'eau performant garantit l'accès à de l'eau potable salubre et à des installations sanitaires appropriées, des services d'assainissement durables et efficaces, l'endiguement des maladies hydriques et la préservation des ressources en eau pour les générations futures. C'est pourquoi la recherche de solutions pour une gestion durable des ressources en eau est prioritaire pour un grand nombre de gouvernements et d'entreprises du secteur privé ainsi que pour la population civile.*

*L'effet du changement climatique est mis en évidence sur les paramètres hydroclimatiques, notamment les pluies, les températures et les débits des cours d'eau : baisse des précipitations, baisse des débits et tendance des températures vers les extrêmes. Au-delà, les actions anthropiques ont aussi contribué à ce changement : déboisement, mauvaise exploitation des sols et de l'eau, augmentation démographique, etc. mais leurs impacts hydrologiques, dans certains cas, n'ont pas été précisément mesurés.*

*Le changement climatique est un des problèmes globaux majeurs de notre temps, et les scientifiques ont solidement établi la réalité du phénomène, ses origines anthropiques et la nécessité de prendre des mesures d'atténuation et d'adaptation. C'est parce que le climat, et plus largement les écosystèmes naturels, dépendent amplement de l'organisation des activités sociales que les scientifiques du climat se doivent d'échanger avec les sciences sociales tant en amont, pour penser l'agenda de leurs recherches, qu'en aval pour comprendre les usages publics dont leurs résultats font l'objet.*

*La réutilisation des eaux usées est aujourd'hui un levier sous-exploité face aux enjeux de déficit en eau et de dégradation des milieux et des conditions sanitaires. Le débat est concentré sur les questions importantes qui sont débattues actuellement au niveau international sur l'utilisation des eaux usées traitées. L'intérêt analytique réside dans le fait de confronter l'idéal d'une approche intégrée de la gestion de l'eau avec les conditions pratiques locales et d'examiner les motifs d'action des acteurs dans le secteur de l'eau. L'agriculture est un secteur qui depuis longtemps valorise les eaux usées brutes, en dehors de toute planification. Aujourd'hui, au Nord comme au Sud, la réutilisation des eaux usées pour l'agriculture intéresse les politiques et décideurs locaux. Des projets de traitement des eaux incluant un volet réutilisation agricole émergent et le besoin de faire évoluer les cadres légaux, réglementaires et institutionnels se font ressentir en même temps que la nécessité d'accompagner et renforcer les capacités de l'ensemble des acteurs. Les expériences en réutilisation des eaux usées montrent que des efforts supplémentaires doivent également être réalisés en matière d'éducation et de participation des communautés locales et des usagers finaux des eaux usées.*

*La bonne gestion des ressources en eau nécessite d'impliquer tous les acteurs intéressés par une approche participative. Si la connaissance de la ressource est importante, l'exploitation (construction des différents ouvrages au sein d'un Etat ou un bassin versant transfrontalier, etc.) doit être contrôlée. Ailleurs, la baisse pluviométrique entraîne une surexploitation des nappes souterraines, ce qui n'est guère sécurisant pour la ressource, voire son potentiel*

**Nouredine Gaaloul**  
**Professeur de l'Enseignement Supérieur Agricole (INRGREF)**  
**Président de l'ASTEE Tunisie**  
**Président et Coordinateur E<sup>2</sup>C-2018**

## Sommaire

<b>Changment Climatique et Adaptation</b>	<b>6</b>
<b>Apport des techniques statistiques à l'étude de La variabilité climatique : Exemple du bassin versant de l'oued Saida (NW Algérien)</b> Dahmani Meriem Nadia , Baba-Hamed Kamila , Bouanani Abderrazak	<b>7</b>
<b>La réutilisation des eaux usées dans le contexte des changements climatiques : Cas de la Wilaya de Mascara, Algérie</b> Benali Benzater, Anouar Hachemaoui, Abdelkader Elouissi, Boumediene Benaricha	<b>13</b>
<b>A Critical Discourse Analysis of a US Former President's Speech on Climate Change</b> Léonard Koussouhon, Franck Amoussou	<b>27</b>
<b>Les ressources en eau dans les Oasis marocaines, rareté et stratégies d'adaptation aux changements climatiques-cas de la province de Zagora-</b> Abdelaaziz El-Araby, Abdelaziz Yahyaoui, Ali Faleh	<b>31</b>
<b>Etude du tarissement des cours d'eau pendant le changement de la variabilité climatique Cas de « Medjerda-Mellègue »</b> Wacila Khoualdia, Mahfoudi Abdelouadoud & Mahfoudi AbdelBasset	<b>35</b>
<b>Tendances climatiques futures en Tunisie semi-aride (cas du bassin versant de Rmel).</b> Walid Ben Khelifa, Taoufik Hermassi, Hamadi Habaieb.	<b>39</b>
<b>Variabilité climatique et aridité dans la région de Tlemcen (ALGERIE)</b> Rédda Aboura, Amina Siba	<b>45</b>



# Changment Climatique et Adaptation

## Apport des techniques statistiques à l'étude de La variabilité climatique : Exemple du bassin versant de l'oued Saida (NW Algérien)

DAHMANI MERIEM NADIA <sup>1</sup>, BABA-HAMED KAMILA <sup>1</sup>, BOUANANI Abderrazak <sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratoire Promotion des ressources hydriques, minières et pédologiques législation de l'environnement et choix technologiques. Université Abou BekrBelkaid, BP 119 Tlemcen, Algérie.  
[dahmanin2008@yahoo.fr](mailto:dahmanin2008@yahoo.fr), [kambabahamed@yahoo.fr](mailto:kambabahamed@yahoo.fr), [a\\_bouananidz@yahoo.fr](mailto:a_bouananidz@yahoo.fr)

### Résumé

Les précipitations ont considérablement varié au cours des années, provoquant des sécheresses et des inondations. La survenance de ces événements extrêmes suppose un changement probable de la stationnarité des régimes climatiques. L'objectif de cette contribution est de mettre en évidence la variabilité spatio-temporelle des séries pluviométriques dans le bassin de l'Oued Saida entre 1974 et 2012, à partir de l'application des méthodes de L'indice standardisé des précipitations SPI et des tests statistiques de détection de ruptures (test de LEE et HEGHNIAN, test de PETTITT et la segmentation de HUBERT). A la lumière des résultats obtenus, une variabilité climatique caractérisée par une alternance de périodes sèches et humides a été mise en évidence dans la zone d'étude. Les indices et méthodes statistiques indiquent l'existence d'une rupture en 2007 se traduisant par des fluctuations du régime pluviométrique.

**Mots clés :** précipitations, sécheresses, tests statistiques, rupture, variabilité climatique.

## Bringing statistical technics to the study of the climate variability : example of the watershed of the saida wadi (algeriannw)

### Abstract

rainfall has varied considerably over the years, causing droughts and floods. The occurrence of these extreme events assumes a probable change in the stationarity of climate regimes. The objective of this contribution is to highlight the spatio-temporal variability of rainfall series in the Oued Saida basin between 1974 and 2012, based on the application of the methods of the standardized precipitation index SPI and statistical tests for break detection. (LEE and HEGHNIAN test, PETTITT test and HUBERT segmentation). In the light of the results obtained, a climatic variability characterized by an alternation of dry and wet periods was highlighted in the study area. The indices and statistical methods indicate the existence of a rupture in 2007 resulting in fluctuations of the rainfall regime.

**Key Words:** Rainfall, droughts, statistical tests, break, climate variability.

## I. INTRODUCTION

La gestion optimale de la ressource en eau, en quantité comme en qualité, est une condition essentielle du développement durable d'une région. Ce développement s'inscrit d'une part dans la perspective d'une croissance des besoins, associée à la forte augmentation démographique et d'autre part dans celle des modifications du cycle de l'eau qui pourraient être liées aux processus de variabilité climatique qui affecte la région, traduite par des années déficitaires périodiques et impose la recherche de solutions durables pour une adaptation à ces effets en termes de sécurisation des ressources hydriques, garantissant leur multi usage.

En contexte semi-aride, la variabilité climatique est considérée comme une réalité évidente dans les régions méditerranéennes et particulièrement le Nord-Ouest algérien.

L'objectif de la présente étude vise à caractériser la dynamique de la pluviométrie à travers la recherche des ruptures et des tendances dans les séries chronologiques. Les méthodes de L'indice standardisé des précipitations SPI et les tests statistiques de détection de ruptures (test de LEE et HEGHNIAN, le test de PETTITT et la segmentation de HUBERT) ont été appliqué aux données pluviométriques des stations de la zone d'étude.

## 2. DONNEES ET METHODES

### 2.1. Présentation de la Zone d'étude

Le bassin versant de l'Oued Saïda (codé 11-11) qui appartient au grand bassin versant de la Macta, présente une superficie de 616 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 196km (Figure 1). Orienté Sud-Nord, en exceptant la partie la plus au Nord qui est de direction (SE-NV), le bassin versant se caractérise par un relief assez fort. De part sa forme allongée du Nord au Sud et sa position géographique dans les Hauts Plateaux, le bassin versant de l'Oued Saïda jouit d'un climat semi-aride. La pluviométrie est irrégulière, caractérisée par des périodes hivernales pluvieuses et des périodes estivales sèches.

Cette région est caractérisée par des roches paléozoïques constituant le socle de la plateforme épihercynienne et par des formations méso-cénozoïque constituant la couverture (Figure 2).

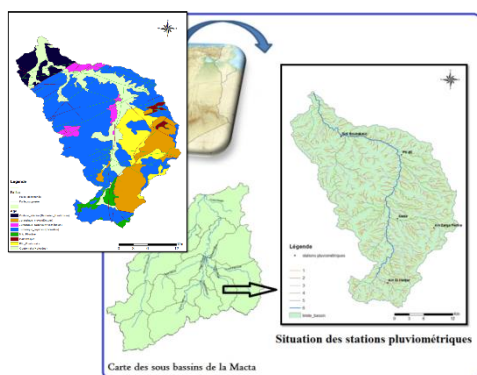


Fig. 2- Carte géologique du bassin versant de l'oued Saïda(d'après la carte géologique de l'Algérie au 1/200 000 établie par l'ANRH.

### 2.2. Acquisition des données

L'ensemble des données nous a été fourni par l'Office National de Météorologie d'Oran (ONM), et l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

Le volume d'informations pluviométriques recueillies dans le bassin de l'oued Saïda est constitué par cinq (05) postes (fig. 1).

### 2.3. Méthodes adoptées

La sécheresse peut se définir comme un comportement anormal mais récurrent du climat lié essentiellement à l'absence de précipitations que reçoit une région dans un laps de temps déterminé. Pour caractériser la sévérité d'une sécheresse, il est nécessaire d'envisager L'indice standardisé des précipitations SPI.

Enfin, pour confirmer les résultats nous avons appliqué les tests de détection de ruptures (test de PETTIT, la méthode bayésienne de LEE et HEGHNIAN et la segmentation d'Hubert).



### 2.3.1. Indice Standardisé des Précipitations

L'indice standardisé des précipitations (SPI : Standardized Precipitation Index), mis au point par McKee et al. [1] est aussi souvent utilisé [2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6], cet indice est exprimé mathématiquement comme suit :

$$\frac{(P_i - P_m)}{\sigma_i} \quad [7]$$

où  $P_i$  Pluviométrie de l'année  $i$ ,  $P_m$  est la Pluviométrie moyenne interannuelle sur la période de référence et  $\sigma_i$  l'écart type de la pluviométrie interannuelle sur la période de référence.

Pour déterminer l'ampleur de la sécheresse (ou de l'humidité) pour chacune des années de la série chronologique, il est nécessaire d'utiliser les classes standard des valeurs des indices SPI (Tab. 1) [3]. Cette classification a été adoptée par plusieurs chercheurs dans le monde [8 ; 9 ; 10], sur la base de cette classification il est possible de déterminer le pourcentage d'années par classe SPI et en conséquence la signification correspondante en terme d'ampleur de phénomène climatique (Tab. 1).

Tableau 1. Pourcentage d'années pour chaque classe SPI pour l'ensemble des stations retenues par rapport à une période donnée

Classe de SPI	Degré de la sécheresse	Période				1974-2012
		1974-84	1984-94	1994-04	2004-12	
SPI > 2	Humidité extrême	0	0	6	2.5	2
1 < SPI < 2	Humidité forte	6	18	6	32.5	15
0 < SPI < 1	Humidité modérée	36	20	28	47.5	32
-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée	34	28	48	17.5	33
-2 < SPI < -1	Sécheresse forte	25	34	12	0	18
SPI < -2	Sécheresse extrême	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		100	100	100	100	100

### 2.3.2. Tests de Détection des Ruptures

Une "rupture" peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné le plus souvent inconnu [11 ; 12 ; 13 ; 14]. Il existe plusieurs méthodes de détection des ruptures. Dans cette étude nous avons retenu le test de Pettitt, la méthode bayésienne de Lee et Heghinian et la procédure de segmentation d'Hubert dont la puissance et la robustesse ont fait l'objet d'une revue par Lubès, H et al. [15].

Contrairement aux tests de Pettitt et la méthode bayésienne la segmentation d'Hubert permet d'en détecter plusieurs ruptures si elles existent dans une série chronologique de données [16 ; 17].

Le logiciel KHRONOSTAT [18] développé à l'IRD-HSM de Montpellier a été particulièrement utile dans la mise en œuvre des procédures statistiques mentionnées ci-dessus. Il permet notamment de visualiser et de stocker les résultats sous format numérique.

## 3. RESULTAT ET DISCUSSION

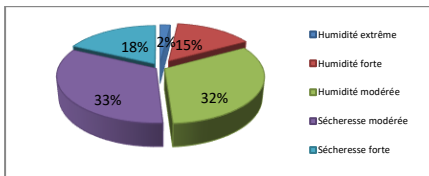
L'indice standardisé des précipitations (SPI) fait apparaître une augmentation dans le taux de l'humidité forte (6 à 32,5%), parallèlement avec une augmentation de l'humidité modérée (36 à 47,5%) et surtout une diminution de la sécheresse forte (25 à 0%). Ceci est expliqué par une tendance vers l'humidité (tab. 1).

La variabilité hydroclimatique s'est matérialisée par une alternance d'années humides et sèches au regard de l'évolution des indices SPI.

Sur la base de ces indices exprimés par les données pluviométriques pour la période 1974-2012, 33% des années d'observation ont subi une sécheresse modérée et seulement 18 % correspondent à un régime de sécheresse forte. A l'opposé, sur la même période, 32% des années se déroulent sous un régime à humidité modérée et les 17% restants correspondent à une humidité allant de forte à extrême (Tab. 2).

La sécheresse revêt un caractère globalement modéré.

Tableau 2: Ampleur de la sécheresse (et de l'humidité) entre 1974-2012.



Variables	Gamme SPI	Interprétation	% d'années
Pluviométrie (1974-2012)	SPI > 2	Humidité extrême	2
	1 < SPI < 2	Humidité forte	15
	0 < SPI < 1	Humidité modérée*	32*
	-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée*	33*
	-2 < SPI < -1	Sécheresse forte	18

\* le phénomène climatique dominant

Fig. 3- Répartition des années par gamme d'indice SPI

L'examen de la (Fig. 4) montre qu'à partir de (2006/2007) à (2011/2012) le degré d'humidité devient important, par contre sur la période allant de (1974/75) à (2004/2005), la sécheresse atteint son maximum plusieurs fois, avec son extrême enregistré durant l'année (1997/1998).

Nous pouvons observer que la série commence par des années humides (1974/75-1975/76), suivi par la sécheresse qui s'effectue à partir de (1976/77) jusqu'à l'année (2003/04). La suite de la série est plus ou moins humide.

Le SPI a fait ressortir deux périodes bien distinctes ; une période déficitaire (1974-2005), suivie d'une période excédentaire (2006-2012).

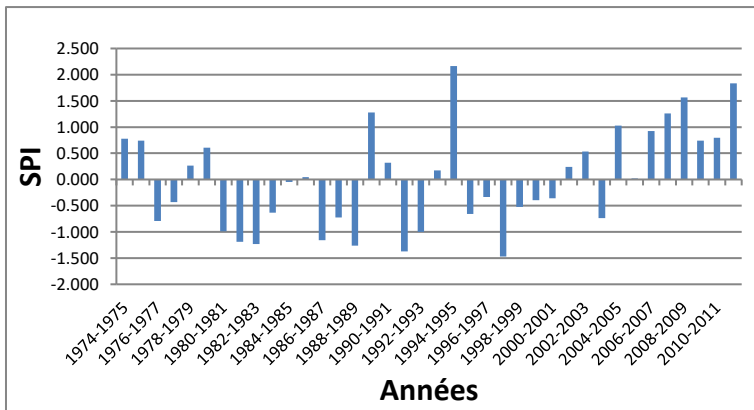


Fig. 4- L'évolution de l'Indice Standardisé des Précipitations de cinq stations pluviométriques sur la période 1974-2012.

En effet le résultat obtenu montre qu'au niveau de toute notre région d'étude et pour l'ensemble des tests, la rupture s'est produite durant les périodes 2002 et 2007 (tab. 3).

Tableau 3: Résultat des tests de rupture appliqués aux données pluviométriques (5 stations en mm « 1974-2012 »)

Stations	Test de rupt	Année ou période	Moyenne avant 1 <sup>ère</sup> (m1)	Moyenne après 1 <sup>ère</sup> (m2)	variation relative entr (excès) (%)
S BOUBEKE	Lee et Heghin	2007	268,5 mm	368,8 mm	37,35
	Pettitt	2002	263,5 mm	332,7 mm	26,26
	Segmentation H	[1975-20] [2006-20]	265,5 mm	353,5 mm	33,14
PK 50	Lee et Heghin	2005	309,2 mm	422,2 mm	36,54
	Pettitt	2002	306,4 mm	396,1 mm	29,27
	Segmentation H	[1975-20] [2006-20]	309,2 mm	422,2 mm	36,54
SAIDA	Lee et Heghin	2005	308,9 mm	439,2 mm	42,2
	Pettitt	2002	305,6 mm	409,5 mm	33,99
	Segmentation H	[1975-20] [2006-20]	308,9 mm	439,2 mm	42,2
AIN ZARG	Lee et Heghin	2007	323,4 mm	401,3 mm	24,08
	Pettitt	accepté			
	Segmentation H	1975-20	333,6 mm		
A EL HADJA	Lee et Heghin	2007	314,8 mm	474,6 mm	50,76
	Pettitt	accepté			
	Segmentation H	[1975-20] [2006-20]	310,01 mm	450,4 mm	45,28
	Pettitt	accepté			
	Segmentation H	1990-20			

## CONCLUSION

De 1974 à 2012, la variabilité climatique sur le bassin versant d'Oued Saida s'est caractérisée par une rupture pluviométrique majeure intervenue en 2007. Cette rupture a généré un excès pluviométrique et une augmentation de la récurrence des fortes pluies, traduisant un retour à la tendance excédentaire. En termes de nombre d'années, la sécheresse présente néanmoins un caractère modéré.

Une analyse du régime pluviométrique du bassin versant de Saida a été établie sur une période de quatre décennies (1974–2012). Pour cela 5 séries pluviométriques ont été sélectionnées et soumises à des tests statistiques pour la détection de tendance ou de rupture. Une augmentation de précipitations est observée à partir début des années 2000. L'indice pluviométrique standardisé a montré une période déficitaire (1974–2005), suivie d'une période excédentaire (2006–2012).

Les résultats de l'indice de précipitation normalisé (SPI) montrent que les dernières années de (2006/2007) à (2011/2012) le degré d'humidité devient important au niveau des stations pluviométriques de bassin versant de Oued Saida.

## Références

1. Mckee, T.B., Doesken, N.J., et Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. Actes de la 8<sup>th</sup> Conférence on Applied Climatology (Anaheim, Californie), 179-184.
2. Giddings, L., Soto, M., Rutherford, B.M. et Maarouf, A., 2005. Standardized Precipitation Index Zones for Mexico. *Atmósfera*, 18, (1), 33-56.
3. Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A., et Hu, Q., 2001. An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China Z-index and the statistical Z-score. *International Journal of Climatology*, 21 (6), 745-758.
4. Sonmez, S.K.L., Yucesoy, M., Yucel, B., et Yilmaz, B., 2005. The effect of bee propolis on oral pathogens and human gingival fibroblasts. *Journal of Ethnopharmacology*, 102, 371-376.
5. Bodian, A., 2014. Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, 8, 297-312.
6. Ansoumana, B., 2014. Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Revue Physio-Géo*, vol. 8, 297-312.
7. Lamb, P.J., 1982. Persistence of sub-Saharan drought. *Nature*, 299, 46-47

8. Amidou, D., Barmory, K., Adama, M., Albert, G., Luc, S., Bokar, M., et Issiaka, S., 2010. Variabilité Climatique et Réponse Hydrologique du Bassin Versant Transfrontalier de Kolondïèba au Sud du Mali. *European Journal of Scientific Research* ISSN, 43,435-444.
9. Ardoin-Bardin, S., Lubes-Niel, H., Servat, É., Dezetter, A. et Boyer, J. F., 2003. Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990. In : *Hydrology of Mediterranean and Semiarid Regions*, É. SERVAT, W. NAJEM, C. LEDUC et A. SHAKEEL édit., IAHS Publication, 278, 223-228.
10. Ali, A., et Lebel, T., 2009. Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology*, 375 (1-2), 52-64.
11. Buishand, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58 (1-2), 11-27.
12. Brunet-Moret, Y., 1977. Test d'homogénéité. *Cahiers ORSTOM, série Hydrologie*, 14 (2), 119-129.
13. Bois, P., 1986. Contrôle des séries chronologiques corrélées par l'étude du cumul des résidus. Actes des Deuxièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier), 89-100. URL: [http://hydrologie.org/ACT/JHO/JH02\\_0089.pdf](http://hydrologie.org/ACT/JHO/JH02_0089.pdf).
14. Lubes H., Masson J-M., Servat E., Paturel J-E., et Boyer J-F., 1994. Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques. Etude bibliographique, Rapport 3, Programme ICCARE. ORSTOM, Montpellier, France.
15. Lubès H., Masson J-M., Servat E., Paturel J-E. ET Servat E., 1998. Variabilité climatique et statistique : Etude de simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Revue des sciences de l'eau*, 3, 383-408.
16. Hubert, P., 2000. The segmentation procedure as a tool for discrete modeling of Hydro meteorological regimes. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 14 (4), 297-304.
17. Claudie, B., 2009. Homogénéisation des séries de précipitations : identification des techniques les plus prometteuses et nouveaux développements. Thèse de Philosophie Doctor (Ph. D) en sciences de l'eau, université du Québec. INRS-ETE, Canada. 308.
18. Boyer, J.F., 2002. Khronostat 1.01: Logiciel d'analyse statistique de séries chronologiques. Disponible sur <http://www.hydrosciences.org/mytech/khronostat.html>

## La réutilisation des eaux usées dans le contexte des changements climatiques : Cas de la Wilaya de Mascara, Algérie

Benali Benzater<sup>1</sup>, Anouar Hachemaoui<sup>2</sup>, Abdelkader Elouissi<sup>3</sup>, Boumediene Benaricha<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université de Mascara, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique (L.R.S.B.G.).E-mail: benzaterbenali@gmail.com

<sup>2</sup>Direction des Ressources en Eau et de l'Environnement de la Wilaya de Mascara, Algérie.

E-mail :a\_hachemaoui@hotmail.com

<sup>3</sup>Université de Mascara, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique (L.R.S.B.G.). E-mail: elaek@yahoo.fr

<sup>4</sup>Université de Mascara, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique (L.R.S.B.G.). e-mail: E-mail: benarichab@yahoo.fr

### Résumé :

*D'après le rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 « les eaux usées, une ressource inexploitée », les effluents des rejets domestiques en Algérie déversent [15]:*

- Un volume d'eaux usées collecté de  $1570 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/an.
- Seulement  $275 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/an d'eaux usées sont épurées (soit 17%)
- Sur les 17% épurées, seulement 7% sont utilisées dans l'irrigation ( $19,3 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/an)

*L'utilisation d'eaux usées épurées, pour le moment inexploitée d'une manière considérable, pourrait être en effet l'une des solutions aux tensions sur la ressource en eau qui ne manqueront pas de s'aggraver avec le réchauffement climatique [9].*

*La Wilaya de Mascara, située au Nord Ouest algérien, qui connaît un stress hydrique dû conjointement au déficit pluviométrique et à la surexploitation des nappes souterraines, a adopté la stratégie de la réutilisation des eaux usées épurées issues des différentes stations d'épuration pour l'irrigation. Cette vision est fiable pour atténuer le manque d'eau.*

*Les 18 stations d'épuration d'eaux usées opérationnelles, que dispose la Wilaya de Mascara, traitent annuellement un volume d'eau usée de 7,75 hm<sup>3</sup> (21230 m<sup>3</sup>/j). Ce débit épuré représente 23% du débit d'eaux usées de la Wilaya (92600 m<sup>3</sup>/j, soit un volume de 34 hm<sup>3</sup>/an). Ce pourcentage (23%) est supérieur à la moyenne nationale (17%).*

*La plaine de Ghriiss, les périmètres de Habra et Sig, des potentialités agricoles de la Wilaya s'étalant sur 28000 Ha, ont besoin d'une source d'eau de 98 hm<sup>3</sup>/an (27000 m<sup>3</sup>/j).*

*Le volume d'eaux usées épurées (7.75 hm<sup>3</sup>/an) contribue à l'irrigation de ces périmètres avec un taux de 8% des besoins en eau (Moyenne nationale 7%).*

*L'analyse en Composantes Principales (ACP) des différents paramètres de pollution permet de créer des groupes homogènes de point de vue rendement des stations.*

**Mots-clés :** Changement climatique, Lagunage, réutilisation des EU, Périmètre irrigués, ACP, Mascara, Algérie

## The reuse of wastewater in the context of climate change: Case of Mascara Wilaya, Algeria

### Abstract

*According to the United Nations World Water Development Report 2017 "wastewater, an untapped resource", effluents from domestic discharges into Algeria are discharging [15]:*

- A volume of sewage collected of  $1570 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year.
- Only  $275 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year of wastewater is treated (17%).
- Of the 17% purified, only 7% are used in irrigation ( $19.3 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year).

*The use of treated wastewater, for the time being largely unexploited, could indeed be one of the solutions to the tensions on the water resource which will not fail to worsen with the global warming [9].*

*The Mascara Wilaya, located in northwestern Algeria, which is experiencing water stress due to rainfall deficit and overexploitation of groundwater, has adopted the strategy for the reuse of treated wastewater from different wastewater treatment plants for irrigation. This vision is reliable to mitigate the lack of water.*

*This work, conducted in the 18 sewage treatment plants of the Wilaya of Mascara, provides quantitative and qualitative results, which can be exploited by decision-makers in the water resources sector:*

- The Wilaya of Mascara has a population of 890000 inhabitants who reject annually 34 hm<sup>3</sup>, a daily flow of 92600 m<sup>3</sup>/d.
- The plain of Ghriiss, the perimeter of Habra and Sig counts 28000 Ha. These agricultural potentialities require an irrigation source of the order of 98 hm<sup>3</sup>/year.
- The 18 operational treatment plants treat only a volume of about 7.75 hm<sup>3</sup> (21230 m<sup>3</sup>/d) annually. This purified flow represents 23% of the used flow.
- This flow of treated wastewater contributes to the irrigation of these perimeters at a rate of 8% of water requirements.
- The Principal Components Analysis (PCA) of the different pollution parameters makes it possible to create homogeneous groups from the point of view of the stations' performance.

**Key Words:** Climate change, Lagooning, reuse of used water, Irrigated area, PCA, Mascara, Algeria

## I. Introduction

L'Algérie se classe en 96<sup>ème</sup> place dans l'indice de l'échelle du risque climatique [8], et elle est considérée comme un pays à risque dans l'indice de vulnérabilité aux changements climatiques [10].

L'Algérie figure parmi les 17 pays africains les plus pauvres en termes de potentiel hydrique, c'est-à-dire en deçà du seuil de rareté théorique fixé par la Banque mondiale de 1000 m<sup>3</sup>/hab/an. Si en 1962 la disponibilité théorique d'eau par habitant et par an était de 1500 m<sup>3</sup>, elle n'était que de 720 m<sup>3</sup> en 1990, de 600 m<sup>3</sup> en 2011, elle ne sera que de 430 m<sup>3</sup> en 2020 [13]. En 2025, l'Algérie enregistrera un déficit hydrique de 1 milliard de m<sup>3</sup> [14]. Cette situation encourage les actions visant à rationaliser l'utilisation de l'eau sous toutes ses formes. Compte tenu de la pénurie d'eau conventionnelle, il est possible de réutiliser les énormes quantités d'eaux usées déversées dans l'environnement ou dans la mer. Actuellement, le volume d'eau traité est de 560 000 m<sup>3</sup>, 65% de ses ressources en eau sont consacrées à l'agriculture [11]. Le potentiel de réutilisation des eaux usées épurées pour l'agriculture changera de manière significative d'environ 17 millions de m<sup>3</sup> en 2011 à 200 millions de m<sup>3</sup> en 2014. L'Algérie dispose 102 stations [7]. Le volume total d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 hm<sup>3</sup>, dont 550 pour des villes uniques du nord. Ce chiffre passerait à près de 1150 hm<sup>3</sup> en 2020 [5]. Le recyclage des eaux usées est l'autre grande voie prometteuse pour économiser la ressource. Pour certains, l'utilisation de ce type d'eaux pour le moment inexploité d'une manière générale, pourrait être en effet l'une des solutions face aux tensions sur la ressource en eau qui ne manqueront pas de s'aggraver avec le réchauffement climatique. D'ici à vingt ans, 40 % de la population mondiale pourrait vivre dans une zone soumise à un « stress hydrique ».

Dans un contexte de changement climatique, la question de l'eau revêt un intérêt crucial pour les activités et l'environnement humains. À l'image de la région méditerranéenne, l'Algérie vaste espace de 2 382 000 km<sup>2</sup>, est écologiquement vulnérable. L'environnement y est déjà dégradé au point de pénaliser le bien-être des populations et le développement économique. L'accroissement démographique et le changement climatique au cours de ce siècle risqueraient encore d'aggraver la situation. Si les projections démographiques sont assez faciles à établir, celles du changement climatique demeurent largement incertaines pour des raisons qui tiennent à l'insuffisance des données climatologiques, aussi bien en quantité qu'en qualité.

L'utilisation d'eaux usées épurées, pour le moment inexploité d'une manière considérable, pourrait être en effet l'une des solutions aux tensions sur la ressource en eau qui ne manqueront pas de s'aggraver avec le réchauffement climatique. Ces eaux épurées peuvent être utilisées dans l'irrigation, voire dans l'alimentation en eau potable (techniquement faisable).

La Wilaya de Mascara, située au Nord Ouest algérien, qui connaît un stress hydrique dû conjointement au déficit pluviométrique et à la surexploitation des nappes souterraines, a adopté la stratégie de la réutilisation des eaux usées épurées issues des différentes stations d'épuration pour l'irrigation. Cette vision est fiable pour atténuer le manque d'eau. Les 18 stations d'épuration d'eaux usées opérationnelles, que dispose la Wilaya de Mascara, traitent annuellement un volume d'eau de 7,75 hm<sup>3</sup> (21230 m<sup>3</sup>/j). Ce débit épuré représente 23% du débit d'eaux usées de la Wilaya (92600 m<sup>3</sup>/j, soit un volume de 34 hm<sup>3</sup>/an). Ce pourcentage (23%) est supérieur à la moyenne nationale (17%).

La plaine de Ghriiss, les périmètres de Habra et Sig, des potentialités agricoles de la Wilaya s'étalant sur 28000 Ha, ont besoin d'une source d'eau de 98 hm<sup>3</sup>/an (27000 m<sup>3</sup>/j) [3].

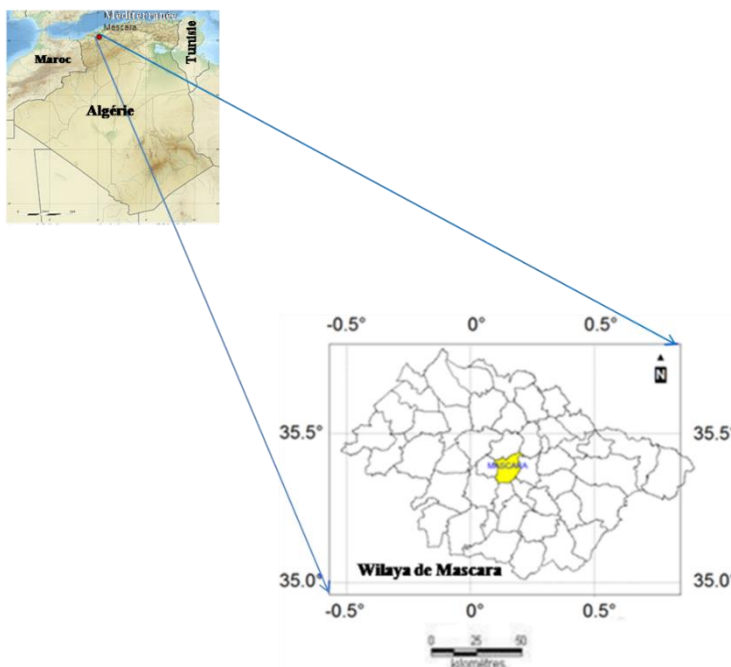
Le volume d'eaux usées épurées (7.75 hm<sup>3</sup>/an) contribue à l'irrigation de ces périmètres avec un taux de 8% des besoins en eau (Moyenne nationale 7%).

L'analyse en Composantes Principales (ACP) des différents paramètres de pollution permet de constater que les stations de Mascara, Mohammadia et Bouhanifia présentent les plus faibles valeurs des variables DCO\_E et DBO<sub>5</sub>\_S. Leurs eaux sont moins polluées en DCO (à l'entrée) et sont les mieux épurées en DBO<sub>5</sub>. Ces stations sont de type boue activée et lagunage aéré respectivement. Ce qui laisse à penser que ces deux types épurent mieux que les stations de type lagunage naturel. La station de Hachem (lagunage naturel) montre une mauvaise épuration pour le paramètre DBO<sub>5</sub>. Une investigation doit se faire pour vérifier le fonctionnement de la station ou proposer sa migration vers la boue activée. Les stations de Zahana, Sidi Kada et Oggaz, avec des valeurs élevées de DCO et DBO<sub>5</sub> à la sortie, nécessitent un contrôle plus rigoureux.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La zone concernée par cette étude est la Wilaya de Mascara qui est située au Nord Ouest de l'Algérie, en longitude entre -0.5° Ouest et 0.91° Est, et en latitude entre 35° et 35.8° Nord (Fig. 1). Cette zone subtropicale caractérisée par un régime semi-aride. Ce régime se manifeste par la rareté de l'irrégularité de la pluviométrie.



**Fig. 1** Carte de situation de la zone d'étude

Mascara est une zone à vocation agricole où l'eau souterraine constitue la principale ressource utilisée pour irriguer les cultures. Elle comprend trois (03) unités spatiales agricoles (Fig. 2) [3]:

La plaine de Ghriss, située au centre de la Wilaya de Mascara et s'étale sur une superficie de 12000 Ha.

Le périmètre irrigué de Habra, situé au Nord de Mascara et d'une superficie de 20 000 Ha, dont 7000 Ha irrigués.

Le périmètre de Sig, situé au Nord de Mascara et d'une superficie d'environ 9000 Ha.

Dans les décennies précédentes, les trois unités agricoles ont été irriguées de la manière :

La plaine de Ghriss qui se caractérise par des terres très fertiles, des cultures maraîchères sont dominantes, l'irrigation s'effectuait par les eaux souterraines (Fig. 2).

Le périmètre irrigué de Habra a une vocation d'agrumiculture. Terrain halomorphe nécessite un drainage permanent. Ce périmètre fut irrigué par les eaux du Barrage de Fergoug (Fig. 2).

Le périmètre de Sig connaît par l'oléiculture (variété Sigoise). Ce périmètre fut irrigué par les eaux du Barrage de Fergoug (Fig. 2).

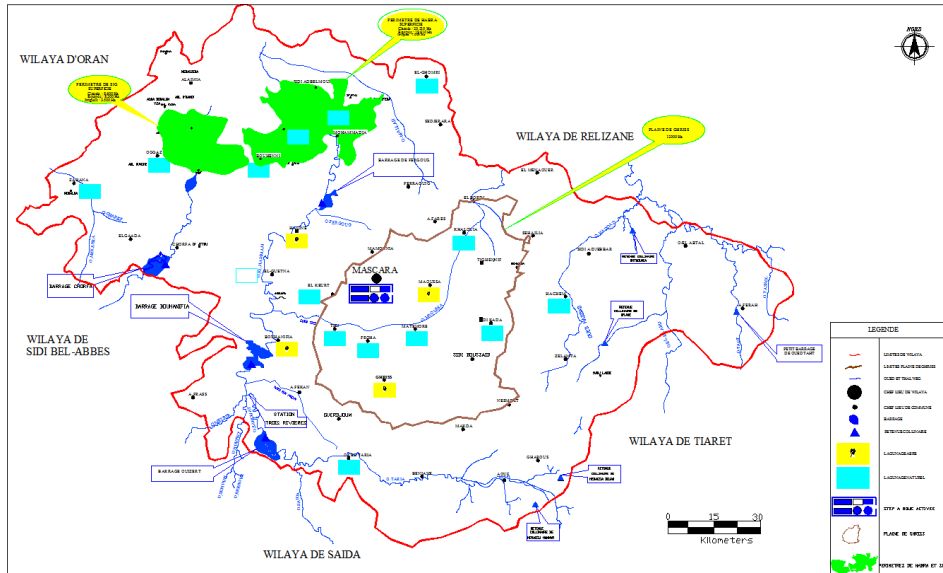
Dans le contexte du changement climatique que connaît le monde entier et en particulier l'Algérie, les totaux pluviométriques s'évaluent vers la décroissance, des eaux superficielles en régression, ce qui a réduit les ressources en eaux conventionnelles (superficielle et souterraine). Cette tendance décroissante de la pluviométrie a conduit à la diminution de l'apport de l'irrigation et par conséquent un manque de drainage ce qui incombait sur la remontée de la salinité dans les deux périmètres (Habra et Sig). Pour la plaine de Ghriss, ce déficit hydrique a induit un rabattement conséquent du niveau piézométrique des nappes souterraines.

Les besoins moyens en eau pour irriguer ces trois unités agricoles, qui englobent environ 28 000 Ha, sont de l'ordre de 100 hm<sup>3</sup>. Source d'eau assez importante et difficile à mobiliser dans ce contexte.

La plaine de Ghriss (Fig. 2), occupe le centre de la Wilaya de Mascara, confine une ressource en eau souterraine très exploitée pour l'irrigation des parcelles et pour les besoins de la population locale. En l'absence d'autres ressources, conventionnelles ou non, les eaux souterraines de la plaine de Ghriss demeurent la source principale du développement de la région. Cependant, ce patrimoine est quotidiennement menacé quant à sa qualité et sa quantité. La dégradation qualitative de cette ressource a été observée dans de nombreux cas. L'apparition de quelques contaminations localisées, notamment dans les zones les plus vulnérables, constitue une problématique environnementale préoccupante. Cette pollution provient essentiellement du rejet des eaux domestiques non épurées, des rejets industriels et de l'utilisation irrationnelle d'engrais et de pesticides dans l'agriculture.

Afin de remédier à ces problèmes contraignant au développement de la région, une série de stations d'épuration (tout type confondu) a été réalisée, durant la dernière décennie, à travers la Wilaya de Mascara.

La réutilisation des eaux usées épurées, dans l'irrigation, demeure une alternative absolue pour remplacer les eaux conventionnelles.



**Fig. 2** Carte de situation des stations d'épuration avec les périmètres d'irrigation de Habra, Sig et la plaine de Ghriiss dans la Wilaya de Mascara

## 2.2. Echantillonnage, analyses et discussions

Les échantillons ont été prélevés, des effluents des rejets résiduaire, sur une période de 12 mois de l'année 2017 à l'entrée et à la sortie des 18 stations d'épuration opérationnelles à travers la Wilaya de Mascara (ONA Mascara, 2017). Les paramètres étudiés, pH, DBO<sub>5</sub>, DCO et la matière en suspension (MES). Ils représentent les indices de pollution. Sur la base de ces indices, nous pouvons qualifier et quantifier la pollution des eaux et de choisir le procédé adéquat pour la dépollution de ces eaux.

### 2.2.1. Analyse quantitative

La population de la Wilaya de Mascara est estimée à 890 000 habitants en 2017. Cette population rejette annuellement un volume d'eaux usées de l'ordre de 39 hm<sup>3</sup>, soit un débit journalier de 107 000 m<sup>3</sup>/j.

Le tableau I présente les dix-huit (18) stations d'épuration d'eaux usées à travers la Wilaya de Mascara (Fig. 2).



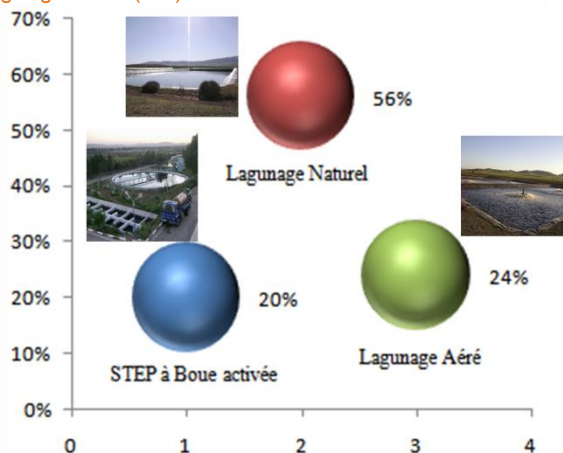
**Tableau I.** Stations d'épuration des eaux usées de la Wilaya de Mascara

Nom Station	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)	Type d'épuration
Mascara	0,146428	35,392860	550	Boue activée
Bouhanifia	-0,069807	35,291959	225	Lagunage Aéré
Hacine	-0,004537	35,459880	124	Lagunage Aéré
Maoussa	0,248202	35,378314	485	Lagunage Aéré
Ghriss	0,166501	35,246272	480	Lagunage Aéré
Mohammadia	0,104206	35,590378	28	Lagunage Naturel
Zahana	-0,250858	35,313832	169	Lagunage Naturel
Oued Taria	0,091058	35,115659	479	Lagunage Naturel
Matemore	0,215025	35,329824	472	Lagunage Naturel
Ghomri	0,114875	35,414416	46	Lagunage Naturel
Khalouia	0,172933	35,270227	545	Lagunage Naturel
Sidi Kada	0,344322	35,330201	504	Lagunage Naturel
El Keurt	0,053189	35,224800	536	Lagunage Naturel
Tizi	0,076127	35,320075	449	Lagunage Naturel
Bouhenni	-0,086492	35,565329	13	Lagunage Naturel
Oggaz	-0,255370	35,564871	73	Lagunage Naturel
Froha	0,065789	35,180689	464	Lagunage Naturel
Hachem	0,291218	35,231695	458	Lagunage Naturel

Source : Office National de l'Assainissement (ONA Mascara)

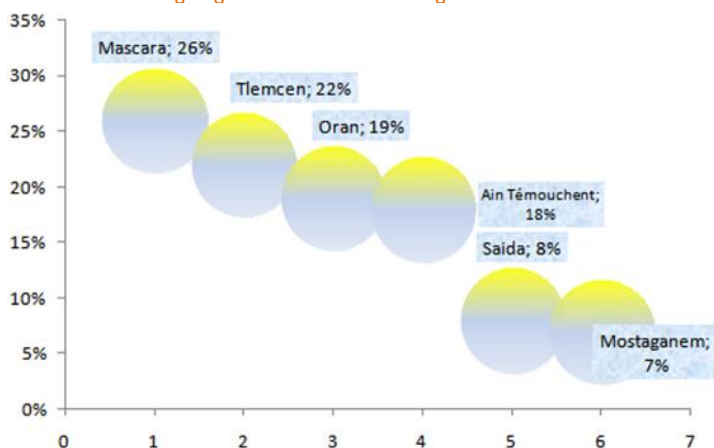
D'après le tableau I, sur 18 stations d'épuration opérationnelles au niveau de la Wilaya de Mascara, 13 sont des stations de lagunage naturel (72%).

Selon l'Agence du Bassin hydrographique Oranie (ABH) (Fig. 3), le procédé d'épuration des eaux usées le plus utilisé, à l'Ouest de l'Algérie, est le lagunage naturel (56%).



**Fig. 3** Types de procédés d'épuration utilisés dans l'Ouest algérien (ABH)

D'après la figure 3, le procédé d'épuration le plus utilisé, dans la région ouest algérien, est le lagunage naturel (56%). En matière d'épuration des eaux usées, la Wilaya de Mascara est considérée comme leader national (Fig. 4). Elle dispose de 26% du nombre total des stations de lagunage au niveau de l'Ouest algérien.



**Fig. 4** Dotation des Wilayates de l'Ouest en matière de lagunage (ABH)

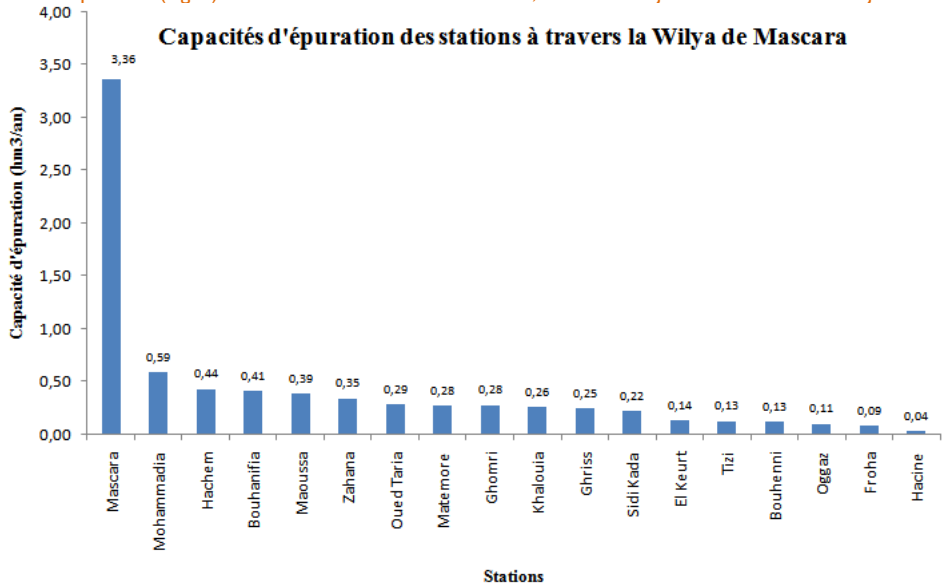
Les volumes d'eaux usées épurées (tableau 2) ont été collectés auprès de l'ONA Mascara.

**Tableau 2.** Volumes d'eaux épurées issus des 18 stations avec les surfaces irrigables

Station	Débit épuré (m <sup>3</sup> /j)	Volume annuel épuré (m <sup>3</sup> /an)	Surface irrigable (Ha)
Mascara	9209	3 361 334,00	960
Mohammadia	1624	592 592,00	169
Hachem	1195	436 355,00	125
Bouhanifia	1131	412 679,00	118
Maoussa	1073	391 554,00	112
Zahana	947	345 677,00	99
Oued Taria	781	285 055,00	81
Matemore	754	275 330,00	79
Ghomri	780	284 646,00	81
Khalouia	722	263 421,00	75
Ghriss	691	252 167,00	72
Sidi Kada	615	224 468,00	64
El Keurt	373	136 101,00	39
Tizi	358	130 647,00	37
Bouhenni	344	125 537,00	36
Oggaz	295	107 577,00	31
Froha	239	87 137,00	25
Hacine	97	35 321,00	10
<b>Total</b>	<b>21 230,00</b>	<b>7 750 000,00</b>	<b>2 213,00</b>

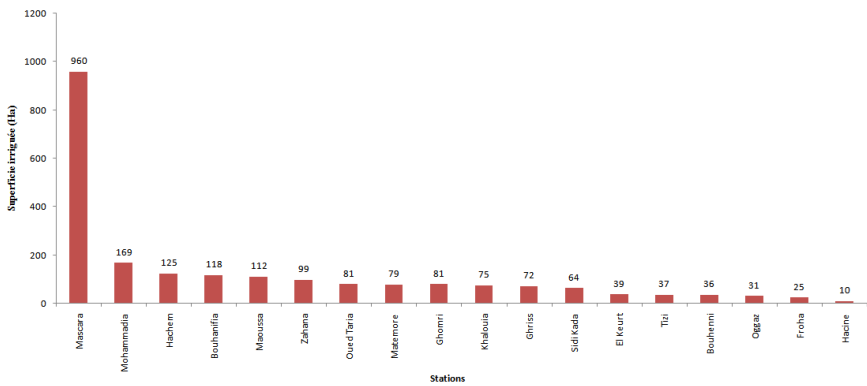
Source : (ONA Mascara, 2017)

Les stations d'épuration (Fig. 5) traitent annuellement 7 750 000 m<sup>3</sup>, soit un débit journalier de 21 230 m<sup>3</sup>/j.



**Fig. 5** Capacités d'épuration des 18 stations

Ce débit, de 21 230 m<sup>3</sup>/j, permet d'irriguer une superficie de l'ordre de 2250 ha et contribue à 8% des besoins totaux de l'irrigation de la Wilaya de Mascara (98 hm<sup>3</sup>/an) (Fig. 6). Ce volume épuré ne représente que 23% des eaux usées de la Wilaya de Mascara (39 hm<sup>3</sup>/an). Cet apport liquide permet, aussi, de réduire la sollicitation des nappes souterraines de la plaine de Ghriss, qui sont déjà épuisées (nappes phréatiques).

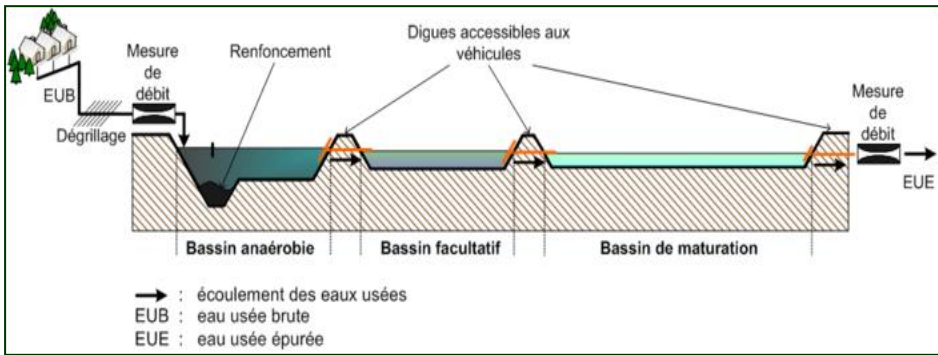


**Fig. 6** Surfaces irriguées par les eaux usées épurées des 18 stations

### 2.2.2. Analyse qualitative

Le lagunage naturel est un procédé simple mais qui demande des superficies importantes (en moyenne de 4-5 ha pour une station) selon l'équivalent habitant (Eq/hab).

Dans le lagunage naturel, le processus d'épuration s'effectue sur la base d'un principe simple (Fig. 7) :



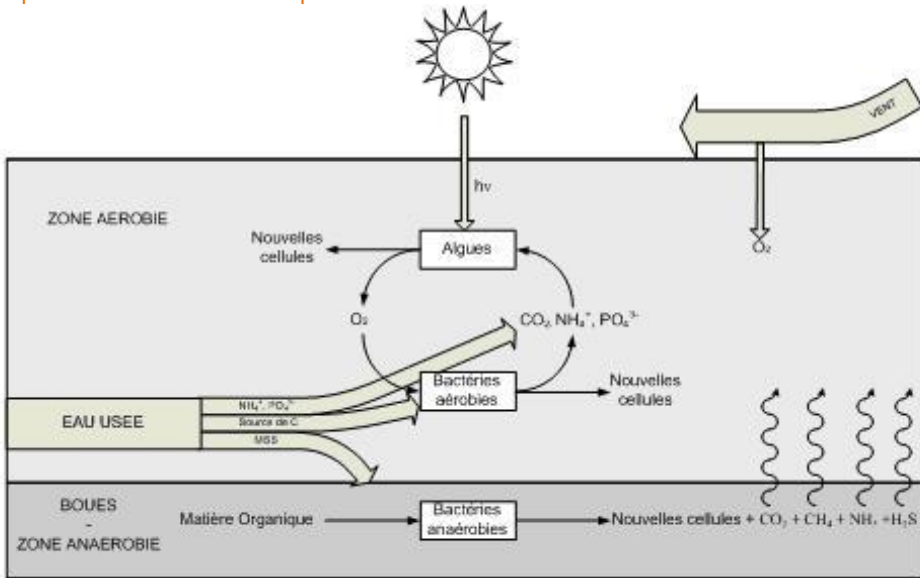
**Fig. 7** Processus du Lagunage naturel

Les eaux usées brutes, arrivent au niveau de la station de lagunage, vont subir un prétraitement physique (degrilleur, dessableur et déshuileur) pour éliminer respectivement les grains solides, les grains de sable et les huiles domestiques (élimination de la matière en suspension (MES)).

Après cette étape, les eaux prétraitées passent dans des bassins (appelés bassins anaérobies), de 4 à 5 m de profondeur, pour favoriser la prolifération microbienne (bactéries anaérobies) afin de décomposer la matière organique que portent les eaux usées brutes, c'est l'abattement de la charge polluante (DBO<sub>5</sub> et DCO) (Fig. 8).

Puis, elles passent dans des bassins, dits facultatifs, moins profonds (1,50 m au maximum) et plus volumineux. Dans ces bassins, les bactéries anaérobies seront éliminées à cette profondeur (oxypause).

Enfin, un passage dans des bassins superficiels, appelés de maturation (1 m de profondeur), pour se débarrasser complètement des bactéries. L'eau épurée se déverse dans le milieu naturel.



**Fig. 8** Schéma des mécanismes dépuration dans un milieu anaérobie

Le tableau 3 montre les résultats des analyses physicochimiques des eaux usées brutes et épurées pour chaque station.

**Tableau 3.** Analyses physicochimiques des eaux usées des 18 stations

Station	Avant Epuration				Après Epuration			
	ES_E (mg <sub>3</sub> O <sub>5</sub> _E (mg	DCO_E (mg/l)	pH_E		ES_S (mg <sub>3</sub> O <sub>5</sub> _S (mgCO_S (mg/	pH_S		
Mascara	211,33	474,50	1267,25	7,86	39,50	29,00	90,17	7,93
Mohammadia	200,75	147,67	209,00	7,65	45,92	67,00	164,83	7,96
Hachem	501,75	726,83	1138,42	7,71	48,50	149,00	196,50	8,21
Bouhanifia	57,83	308,42	680,33	7,78	45,00	86,50	148,08	8,26
Maoussa	123,92	387,50	704,00	7,83	54,83	104,42	238,42	7,91
Zahana	132,17	397,33	738,92	7,87	101,08	131,58	286,33	8,11
Oued Taria	407,92	662,08	1002,75	7,83	48,33	164,17	199,00	8,10
Matemore	625,27	952,82	1313,82	7,35	65,73	162,82	195,55	8,10
Ghomri	121,92	411,83	780,50	7,82	76,58	108,33	201,92	8,12
Khalouia	177,58	633,58	1757,75	9,54	85,42	105,08	277,83	10,53
Ghriss	358,45	1046,18	1364,09	7,66	39,00	82,36	161,18	8,14
Sidi Kada	180,58	569,83	1578,25	7,70	107,42	155,08	310,33	7,96
El Keurt	155,42	415,33	740,25	7,93	68,42	120,00	257,00	8,11
Tizi	254,36	620,73	836,73	7,47	42,91	136,00	206,64	7,94
Bouhenni	204,67	593,92	2515,33	7,74	109,78	212,00	229,11	7,98
Oggaz	240,58	767,25	2153,67	7,82	114,40	217,22	312,40	8,07
Froha	306,45	981,09	1055,91	7,59	181,27	142,18	232,55	8,31
Hacine	413,42	750,17	2774,58	7,81	93,92	119,83	225,92	8,86

Source : ONA Mascara, 2017

Pour les valeurs du pH (tableau 3), les 18 stations sont conformes à la norme algérienne de rejet (6,5 à 8,5) [6].

Les valeurs de la matière en suspension (MES tableau 3) sont toutes non conformes à la norme algérienne de rejets (35 mg/l : [6]), sauf les stations de Mascara, Mohammadia, Bouhanifia et Ghriss qui respectent cette norme.

Pour l'irrigation, la présence de matière en suspension dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols [9].

Pour DBO<sub>5</sub> et DCO, seule la station de Mascara respectivement (29 mg O<sub>2</sub>/l, 90,17 mg O<sub>2</sub>/l) qui est conforme à la norme algérienne (35 mg O<sub>2</sub>/l, 120 mg O<sub>2</sub>/l : [6]). Les stations de Mohammadia, Bouhanifia et Ghriss sont très proches de cette norme.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (tableau 4) est un indicateur du degré de biodégradabilité :

Le rapport : DCO/DBO<sub>5</sub> < 2 : l'effluent est facilement biodégradable.

Le rapport : 2 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 : l'effluent est biodégradable.

Le rapport : DCO/DBO<sub>5</sub> > 3 : l'effluent n'est pas biodégradable.

**Tableau 4** Les rapports DCO/DBO<sub>5</sub> des 18 stations

<b>Sation</b>	<b>Rapport DCO/DBO<sub>5</sub></b>
Mascara	2,67
Mohammadia	1,42
Hachem	1,57
Bouhanifia	2,21
Maoussa	1,82
Zahana	1,86
Oued Taria	1,51
Matemore	1,38
Ghomri	1,90
Khalouia	2,77
Ghriss	1,30
Sidi Kada	2,77
El Keurt	1,78
Tizi	1,35
Bouhenni	4,24
Oggaz	2,81
Froha	1,08
Hacine	3,70

D'après le tableau 4, tous les rapports DCO/DBO<sub>5</sub> (avant épuration) sont inférieurs à 3, sauf deux (02) stations de Bouhenni et Hacine qui présentent des rapports supérieurs aux normes (4.24, 3.70). Ceci peut être expliqué par des rejets industriels au niveau de ces deux stations.

L'étude des résultats d'analyses physicochimiques des eaux usées, à l'entrée et à la sortie des stations (tableau 5) permet d'estimer les taux d'abattement de chaque indicateur de la pollution, à savoir : MES, DBO<sub>5</sub> et DCO.

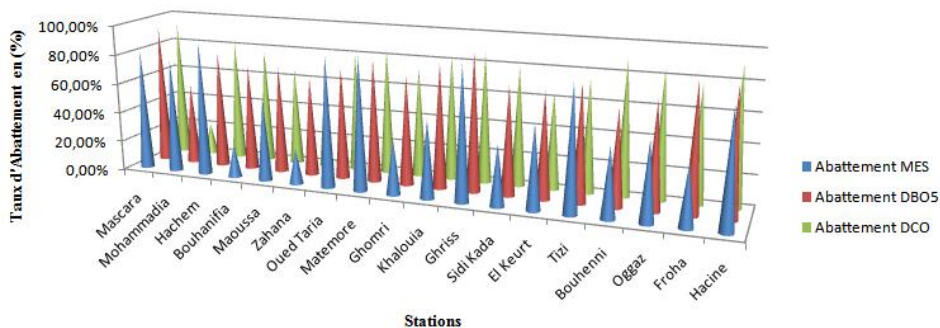
**Tableau 5.** Taux d'abattement (en %) de la charge polluante

Station	MES	DBO <sub>5</sub>	DCO
Mascara	81,31	93,89	92,88
Mohammadia	77,13	54,63	21,13
Hachem	90,33	79,50	82,74
Bouhanifia	22,19	71,95	78,23
Maoussa	55,75	73,05	66,13
Zahana	23,52	66,88	61,25
Oued Taria	88,15	75,20	80,15
Matemore	89,49	82,91	85,12
Ghomri	37,18	73,69	74,13
Khalouia	51,90	83,41	84,19
Ghriss	89,12	92,13	88,18
Sidi Kada	40,52	72,78	80,34
El Keurt	55,98	71,11	65,28
Tizi	83,13	78,09	75,30
Bouhenni	46,36	64,30	90,89
Oggaz	52,45	71,69	85,49
Froha	40,85	85,51	77,98
Hacine	77,28	84,03	91,86

Les taux d'abattement de la charge polluante des 18 stations (Fig. 9), montre les rendements de l'épuration qui sont très satisfaisants (avec des taux d'abattement qui atteignent jusqu'à 90%). Sauf :

Pour le MES : les stations de Bouhanifia, Zahana, El Ghomri et Froha présentent des taux d'abattement faibles (22,19%, 23,52%, 37,18% et 40,85%).

Pour la DCO : une seule station (Mohammadia) montre un traitement faible de la DCO (21,13%).



**Fig. 9** Taux d'abattement de la charge polluante

### 2.2.3. Corrélation entre les différents paramètres de la pollution

L'étude des corrélations linéaires entre les paramètres étudiés fournit des informations sur la force des associations entre eux. La matrice de corrélation de 4 paramètres mesurés au cours de la période d'étude est présentée dans le tableau 5. Dans l'interprétation de la matrice de corrélation, nous n'avons considéré que les paramètres ayant  $r > 0,50$ . L'analyse des paramètres physico-chimiques étudiés montrent qu'il existe une bonne corrélation entre la DBO<sub>5</sub> et la DCO.

L'analyse du tableau 6 montre :

Des corrélations positives très élevées entre : MES\_E et DBO<sub>5</sub>\_E ( $r=0,72$ ) ; MES\_S et DCO\_S (0,61) ; DBO<sub>5</sub>\_S et DCO\_S (0,64) et pH\_E et pH\_S (0,90) ; DCO\_E et DBO<sub>5</sub>\_S (0,51).

Des corrélations négatives non significatives entre : MES\_E et pH\_E (-0,31).

**Tableau 6.** Corrélation entre les indices de pollution avant et après épuration

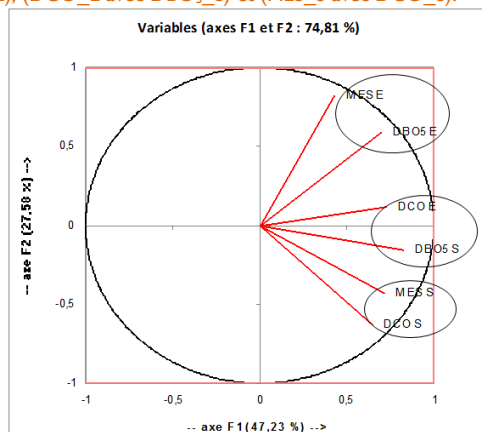
MES_E	DBO <sub>5</sub> _E	DCO_E	pH_E	MES_S	DBO <sub>5</sub> _S	DCO_S	pH_S
1,00							
<b>0,72</b>	1,00						
0,28	<b>0,49</b>	1,00					
-0,31	-0,12	0,19	1,00				
-0,06	0,33	0,39	0,05	1,00			
0,29	0,39	<b>0,51</b>	-0,16	<b>0,51</b>	1,00		
-0,17	0,09	0,31	0,29	<b>0,61</b>	<b>0,64</b>	1,00	
-0,01	0,15	0,33	0,90	0,15	-0,11	0,25	1,00

Les chiffres en gras montrent les valeurs ayant une corrélation significative.

### 2.2.4. L'Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'analyse statistique des données a été effectuée par la méthode de l'analyse en composantes principales (ACP) [12], qui vise à présenter, sous forme de graphique, le maximum d'informations dans un tableau de données et n'applique que des variables quantitatives. C'est une hypothèse purement algébrique et géométrique qui ne présuppose aucune loi sur les données traitées. Elle consiste à rechercher une hiérarchisation des informations contenues dans une table de données et ce en calculant les axes d'élongation maximum d'une dispersion selon plusieurs axes. Cette méthode permet de mettre en évidence l'interrelation entre les variables et les similarités possibles entre individus ou groupes d'individus.

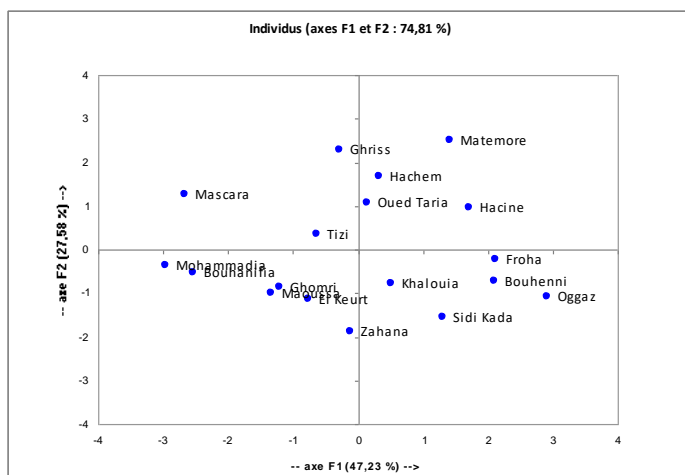
La projection des variables sur les deux axes (Fig. 10), qui représente 74,81% de l'information, nous forme trois groupes régionaux (MES\_E avec DBO<sub>5</sub>\_E), (DCO\_E avec DBO<sub>5</sub>\_S) et (MES\_S avec DCO\_S).



**Fig. 10** Projections des variables sur les 2 axes

Dans la figure 10, le facteur 1 du plan de projection est dominé par les variables DCO\_E et DBO<sub>5</sub>\_S. Le facteur 2 représente les variables MES\_E et DBO<sub>5</sub>\_E qui s'opposent aux variables MES\_S et DCO\_S.





**Fig. 11** Projection des stations sur le plan F1x2

La Figure 11 montre la projection des stations d'épuration sur le plan F1x2. La position des stations sur l'axe 1 montre l'état de fonctionnement concernant DBO<sub>5</sub>, MES et DCO. Les stations de Mascara, Mohammadia, Ghriss, Tizi et Bouhanifia présentent les plus faibles valeurs des variables DCO<sub>E</sub> et DBO<sub>5\_S</sub>. Leurs eaux sont moins polluées en DCO (à l'entrée) et sont les mieux épurées en DBO<sub>5</sub> (à la sortie). Ces stations sont de type Boue activée et Lagunage Aéré respectivement. Ce qui laisse à penser que ces deux types épurent mieux que les stations de type Lagunage naturel. La position de la station de Hachem (lagunage naturel) sur le plan F1x2, donne l'impression d'une mauvaise épuration pour le paramètre DBO<sub>5</sub>. Une investigation doit se faire pour vérifier le fonctionnement de la station ou proposer sa migration vers le type lagunage aéré ou à boue activée. Signalons que cette station a la valeur la plus élevée du paramètre DBO<sub>5\_E</sub>. La position des stations de Zahana, Sidi Kada et Oggaz sur l'axe 2 indique qu'elles ont les plus grandes valeurs de DCO et DBO<sub>5</sub> à la sortie. Ce qui nécessite un contrôle plus rigoureux.

### 3. CONCLUSION

Ce travail, mené dans les 18 stations d'épuration des eaux usées de la Wilaya de Mascara, pour l'année 2017, a permis de dégager des résultats quantitatifs et qualitatifs, qui peuvent être exploités par les décideurs du secteur des ressources en eau :

La Wilaya de Mascara, qui compte une population de 890 000 habitants, rejettent annuellement 39 hm<sup>3</sup>, soit un débit journalier de 107 000 m<sup>3</sup>/j.

La plaine de Ghriss, le périmètre de Habra et Sig comptent 28000 Ha. Ces potentialités agricoles ont besoin d'une source d'eau d'irrigation de l'ordre de 98 hm<sup>3</sup>/an.

Les 18 stations d'épuration opérationnelles ne traitent annuellement qu'un volume de l'ordre de 7,75 hm<sup>3</sup> (21230 m<sup>3</sup>/j). Ce débit d'eaux épurées représente 23% du débit usé total.

Ce débit d'eaux usées épurées ne contribue à l'irrigation de ces périmètres que d'un taux de 8% des besoins en eau.

Les stations de Mascara, Mohammadia et Bouhanifia présentent les plus faibles valeurs des variables DCO<sub>E</sub> et DBO<sub>5\_S</sub>. Leurs eaux sont moins polluées en DCO (à l'entrée) et sont les mieux épurées en DBO<sub>5</sub>. Ces stations sont de type Boue activée et Lagunage Aéré respectivement. Ce qui laisse à penser que ces deux types épurent mieux que les stations de type lagunage naturel.

La station de Hachem (Lagunage Naturel) montre une mauvaise épuration pour le paramètre DBO<sub>5</sub>. Une investigation doit se faire pour vérifier le fonctionnement de la station ou proposer sa migration vers le type Boue activée. Signalons que cette station a la valeur la plus élevée du paramètre DBO<sub>5\_E</sub>.

Les stations de Zahana, Sidi Kada et Oggaz ont les plus grandes valeurs de DCO et DBO<sub>5</sub> à la sortie. Ce qui nécessite un contrôle plus rigoureux.

## Références

- [1] B. Benaricha and A. Elouissi, 2015. Physico-chemical characterization of effluent from the effluent treatment plant using activated sludge from Saida city (Algeria) and evaluation of the pollution degree. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, 7(9):749-763.
- [2] BRGM (2010). La réutilisation des eaux usées: un enjeu majeur de développement durable. Les enjeux des géosciences, Fiche de synthèse scientifique n°24, Avril 2010, 4p.
- [3] BRL, 2004. Etude du réaménagement hydroagricole des périmètre de Habra et Sig. Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Mascara.
- [4] Exall K., 2004. A review a water reuse and recycling with reference to Canadian practice and potential: 2 Applications – Review article. *Water Quality Research Journal*. Vol. 39, n°1, p.13-28.
- [5] Hannachi, A., Gharzouli, R., Djellouli, T.Y., 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *Larhyss Journal*, n° 19, pp. 51-62.
- [6] JORA, 2006. *Journal Officiel République Algérienne*, année 2006.
- [7] Kessira, M., 2013. Synthèse Internationale du Projet "Sécurité d'utilisation des eaux usées en agriculture" Téhéran, Iran, pp.14.
- [8] Kreft S and David A (2014). Global Climate Risk Index 2014. Who Suffers Most from Extreme Weather Events? <http://germanwatch.org/en/download/8551.pdf> [28 July 2014].
- [9] Lazarova V. et Brissaud F., 2007. Intérêts, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. L'eau, l'industrie, les nuisances, n°299, p.29-39.
- [10] Maplecroft (2014). Climate Change Vulnerability Index 2014. <http://bit.ly/1km88bB> [28 July 2014].
- [11] Ministère des Ressources en Eau (MRE, 2012). Ministère des Ressources en Eau, Algérie.
- [12] Philippeau. G., 1986. Comment interpréter les résultants d'une analyse en composantes principales. Institut Techniques des Céréales et Fourrages, Paris, 63 p.
- [13] PNUD, 2009. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. Rapport national sur l'eau. 19p.
- [14] Remini. B., 2010. La problématique de l'eau en Algérie du nord. *Larhyss Journal*, n° 8, pp 27-46.
- [15] WWDR, 2017. Les eaux usées une ressource inexploitée. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. Un Water Rapport.

<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-biologique-en-traitement-de-l-eau/solutions-extensives/differents-types-de-lagunage>.

<https://wikiwater.fr/a21-les-techniques-de-lagunage>.

## A Critical Discourse Analysis of a US Former President's Speech on Climate Change

Léonard KOUSSOUHON 1 Franck AMOUSSOU 2

<sup>1</sup> Professeur Titulaire (CAMES) de la Linguistique Anglaise Appliquée, Coordonnateur des Etudes Anglophones à l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP) de la Faculté des Lettres, Langues, Arts et Communication (FLLAC)- Université d'Abomey-Calavi (UAC) Bénin [koussouhon@yahoo.com](mailto:koussouhon@yahoo.com)

<sup>2</sup> Doctorant à l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire de la FLLAC/UAC- Bénin Tél : (+229) 95 81 66 56  
[courawin@yahoo.fr](mailto:courawin@yahoo.fr) (Corresponding author)  
Laboratory for Research in Linguistics and Literature (LabRELL)

### Abstract

*The current paper attempts to critically analyze an instance of spoken language, i.e. a piece of discourse, dealing with climate change, 'one of the world's greatest threats', according to Lomborg (2010). In that respect, it applies the Critical Discourse Analysis (CDA) approach put forth by van Dijk (1995, 2001a, 2001b, 2003, 2006.), to a speech on climate change by the former American president Barack Obama. The application of the theoretical lens, added to the social factors of/in the text, has helped to unearth the deep meaning of the message conveyed. In fact, the analysis of the discourse shows that Obama purposefully uses the English language to achieve 'ideological effects', i.e., to construct preferred mental models in order to sustain unequal power relationship between rich nations and underdeveloped countries.*

**Key Words:** climate change, Critical Discourse Analysis, socio-cognition, mental models.

### Analyse Critique du Discours d'un Ancien Président des Etats Unis d'Amérique sur les Changements Climatiques

### Résumé

*Le présent article se propose de conduire une analyse critique d'un texte oral, c'est-à-dire, un discours, qui porte sur les changements climatiques, 'l'une des plus grandes menaces mondiales' ; selon Lomborg (2010). A cet effet, il applique l'approche de l'Analyse Critique du Discours (ACD) inventée par Dijk (1995, 2001a, 2001b, 2003, 2006.), à un discours délivré sur les changements climatiques par l'ancien président des Etats Unis d'Amérique Barack Obama. L'application du cadre théorique y afférent, associée aux facteurs sociaux du (dans le) texte, a permis de révéler la véritable signification du message prononcé. En vérité, l'analyse du discours montre que Obama a, à dessein, fait usage de la langue anglaise pour accomplir des 'influences idéologiques', c'est-à-dire, construire des modèles mentaux privilégiés, afin de maintenir la relation inégale de pouvoir entre nations riches et pays sous-développés.*

**Mots clés :** changements climatiques, Analyse Critique du Discours, socio-cognition, modèles mentaux.

## I. INTRODUCTION

One of the most serious challenges the world is facing today is climate change. It is so serious that no country dares remain indifferent to it. Rather, nations all over the world prefer joining their hands to ponder over sustainable solutions to grapple with that threat which has become a worldwide concern. In that regard, the 2009 international summit held at Copenhagen focused on climate change. At that meeting, the ruling U.S president, Barack Obama, delivered a speech in which he cast a call to the leaders of all countries on the importance to act here and now against such a menace.

In order to make out his message so as to get its deep meaning, we decide to submit it to a Critical Discourse Analysis (hereafter, CDA) since a critical study of discourse "can be applied to texts other than those included in the established literary canon" (Simpson, 1993: 2). To that effect, the socio-cognitive discourse analysis approach put forth by a discourse analysis leading figure, namely Van Dijk, has been applied to the whole speech. The choice of such a framework is guided by the fact that (i) it is multidimensional and involves social, cognitive, and discursive-semiotic phenomena (Van Dijk, 2006), and (ii) it goes beyond description to illuminate the mental processes and ideologies which characterize text production and comprehension. Actually, before effectively applying the above approach to the language-in- use under study, it is necessary to clarify the meaning of the concepts and theories on which the current endeavor is premised.

## 2. CONCEPTUAL AND THEORETICAL FRAMEWORKS

### 2.1. An overview on Climate Change

According to the Working Group II contribution to the (Intergovernmental Panel on Climate Change) *IPCC's Fifth Assessment Report* (2014), Climate change refers to a change in the state of the climate that can be identified (e.g., by using statistical tests) by changes in the means and/or the variability of its properties, and that persists for an extended period, typically decades or longer. It follows from the foregoing to hypothesize that climate change is caused by one or a series of factors. In an attempt to provide empirical evidence to probe such an assumption, the Pew Center on Global Climate Change contends, in a study conducted in 2006, that there are a variety of potential causes for global climate change, including both natural and human-induced mechanisms. Of those causes, the natural ones include changes in solar radiation and volcanic activity. As for the 'man-made' factors, they encompass the release of certain gases to the atmosphere and land-cover changes. The aforementioned center maintains that greenhouse gases released to the atmosphere by human activities are the main cause of contemporary global warming. The major greenhouse gases are Water vapor (H<sub>2</sub>O), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), Methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), chlorofluorocarbons (CFCs). The following figure displays the evolution of temperature change from the year 1850 to 2005.

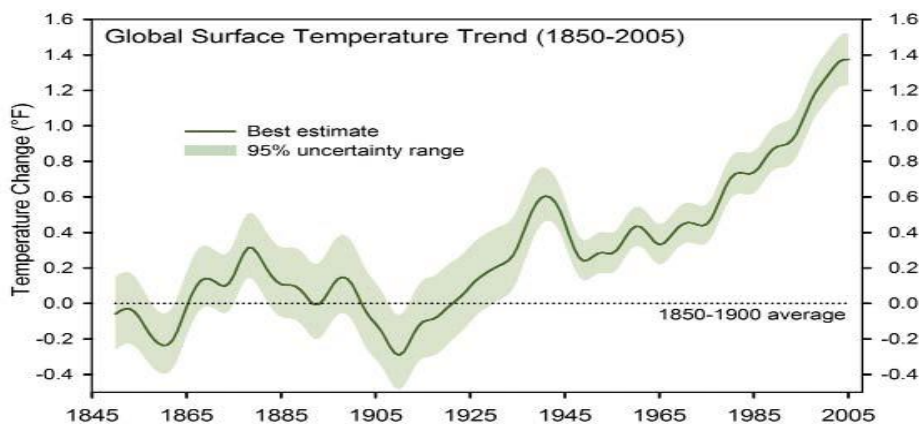


Figure 1. Average global surface temperature based on instrumental measurements (Culled from the 2006 brief of the Pew Center on Global Climate Change)

The above graph shows how drastic temperature has raised throughout the years (less than 0°F in 1845 to reach 1.4°F within sixty years). This tormenting progression undeniably induces innumerable consequences on planet earth and on human beings. Hence, the need for global solutions to reduce the rhythm of evolution.

### 2.2. CDA: Definition, Aims and the Discourse Socio-cognitive Framework

Also referred to as Critical Linguistics (Wodak, 2001:1), CDA is viewed by Fairclough (1995: 132) as discourse analysis which aims to systematically explore often opaque relationships of causality and determination between (a) discursive

practices, events and texts, and (b) wider social and cultural structures, relations and processes. For Wodak (2001: 2), CDA is a critical linguistic approach which is fundamentally concerned with analysing opaque as well as transparent structural relationships of dominance, discrimination, power and control as manifested in language. It follows from the foregoing that CDA is a special approach in discourse analysis which studies discourse and its functions in society and the ways forms of inequality are expressed, represented, legitimated or reproduced in text and talk, in order to explore opacity, ideology and power in discourse.

Focusing on the aims of that discursive analytical approach, van Dijk (1995) contends that CDA adopts a critical and oppositional stance *against the powerful and the elites* on the one hand, and tries to formulate or sustain an overall perspective of *solidarity* with the dominated groups. Meanwhile, Todoli, Labarta, & Dolón (2006: 10) believe that CDA aims to explore often opaque relationships between discursive practices, texts and events.

The socio-cognitive framework of CDA advocated by Van Dijk is going to be given prominence in this scholarship. As a matter of fact, Van Dijk focuses on social cognition which he views as the mediating part between text and society. For him, **socio-cognition** coincides with "the system of mental representations and processes of group members" (Van Dijk, 1995: 18, cited in Todoli, et al, 2006: 9). Indeed, Van Dijk argues that besides making use of their individual experiences and strategies, social actors involved in discourse, mainly rely upon collective frames of perceptions, called social representations. He further states that between social beliefs and discourse, we need a cognitive interface that represents personal beliefs, opinions or experiences: **mental models** (Van Dijk, 2001b). The critical scholar also brings forth the concept of **context models** which, in Meyer's (2001) view, means "mental representations of the structures of the communicative situation that are discursively relevant for a participant" (p.21).

### 3. CRITICAL ANALYSIS OF THE SPEECH

#### 3.1. Deciphering Obama's Speech through Topics or Semantic Macrostructures

The topics of discourse are assigned a crucial function in communication and interaction. Defined as 'semantic macrostructures', topics represent what a discourse 'is about' globally speaking, embody most important information of a discourse, and explain overall coherence of text and talk (Van Dijk 1980, cited in Van Dijk 2001a). In our sample text, the title 'Obama's Speech on Climate Change', discloses both part of the topic (climate change) and the self-categorization of the text genre ('speech'). The following macropositions/topics give a summary of the text under study:

M1: The presence of so many countries to the summit indicates of seriousness of the threat from climate change.

M2: America has taken outstanding measures against climate change.

M3: Each nation must make a significant effort forward in the global fight against climate change.

M4: The urgency is to take action here and now.

It is clear from the above that these various topics underlie the general principles (or ideology) to grapple with the issue of climate change. In the coming, we shall disentangle Obama's ideological speech by unveiling the difference between socially shared representations and more personal mental models.

#### 3.2 Critical Appraisal of the Speech

The present analysis will encompass such analytical choices as local meanings and subtle 'formal' structures (Van Dijk, 2001a). At the onset of his address, Obama willingly associates climate change with some lexical selections which bear negative connotations: 'threat', 'catastrophe', and 'jeopardy'. This strategy aims at getting his audience to take the issue at risk (i.e., climate change) more seriously, more cautiously so that a particular attention be paid to the remainder of his message. Conversely, after stating his country's efforts to face the challenge, he resorts to phrases/words with positive charge such as 'determined to act', 'bold actions', 'progress'. The use of those propositions suggests the possibility of a reversal of the situation, that is, the climate threat or danger can be overcome. It also implies responsibility from each nation to face the challenge.

To remind the largest emitters of greenhouse gas pollution of their responsibility, the speaker further emphasizes the polarization between developed nations and underdeveloped and developing nations. As a matter of fact, the latter group of countries is viewed as "the poorest and most vulnerable" to climate change, and need "financial and technical assistance" for adaptation. As for the former category, they "have [...] resources to combat climate change" and to put developing nations on the path to sustainable growth. Through that polarization, the US president is overtly projecting a general social representation stored in his episodic memory: the implicit ideological belief that poor countries are needy nations with 'scarce resources' and they should permanently be aided. It can also be inferred from the foregoing that underdeveloped and developing nations are portrayed as those undergoing "the unfolding effects of a warming planet", while developed nations (the emitters) are described as those that have "resources to combat climate change". That is, in Van Dijk's (2006a)

ideological square, a negative other presentation (derogation) and positive self- presentation (boasting), where our good things are emphasized and their bad things are emphasized.

As regards the commitments he believes the advanced nations must stand behind, Obama deploys three strong gerunds that can be assimilated to nominalizations: "by *investing* in renewable energy, [by] *promoting* greater efficiency and [by] *slashing* [their] emissions" (emphasis not in the original). What, however, appears obvious from those solutions is tense missing: when will advanced nations start investment in renewable energy? At what time are they going to promote greater efficiency? What about the actual moment for them to slash their emissions? Similarly, other propositions, such as 'fight', 'commitments', 'assistance', implying concrete actions from 'Us', have been nominalized to leave tense and modality unclear.

Another syntactic construction that deserves a critical stance is passivization. Here, the most striking instance which bears ideological meaning is "greenhouse gas pollution is being emitted throughout the country". Here, the orator purposely omits the agent responsible for the emissions. This is, in fact, a conscious hedging of genuine agency to 'leave implicit our negative properties' (Fairclough, 1989). That strategic discourse structure is, as viewed by Van Dijk (2001a), "geared to the construction of desired mental models and social representations, that is, to influence, manipulation or control of mind" (p. 108).

#### 4. CONCLUSION

This study has focused on a contemporary social problem, i.e., climate change. It has attempted, in the way of (Fairclough, 1989) to "increase consciousness of how language contributes to the domination of some people by others" (p.1). Although the aforementioned discussed topic, say, climate change, seems devoid of ideologies, the research has unraveled the ideological meanings conveyed in the US former president's address to his audience at the 2009 Copenhagen summit. It has also critically discussed, on the basis of previous scientific research on climate change, some aspects of the solutions envisioned by Obama, and suggested possible solutions to efficiently cope with that dreadful threat.

#### References

- I. B. Lomborg, *Smart Solutions to Climate Change: Comparing Costs and Benefits*, New York 2010.
- II. T. A. Van Dijk, *Aims of Critical Discourse Analysis*, *Japanese Discourse*, 1 (1995) 17-27.
- III. T. A. Van Dijk, *Multidisciplinary CDA: a plea for diversity* in Wodak, R., Meyer, M., eds, *Methods of Critical Discourse Analysis*, SAGE Publications, 2001a, pp 95-120.
- IV. T. A. Van Dijk. *Political Discourse and Ideology*, (2001b), Retrieved from <http://www.discourse-in-society.org/di-pol-ideo.htm>
- V. T. A. Van Dijk, *Critical Discourse Analysis* in Schiffrin, D., Tannen, D. Hamilton, H., E. eds, *The Handbook of discourse analysis*, Blackwell, 2003, pp. 352-371.
- VI. T. A. Van Dijk, *Ideology and Discourse Analysis*, *Journal of Political Ideologies*, 11 (2006a) 115-140.
- VII. Institut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Working Group II contribution to *the Fifth Assessment Report*, Copyedit Pending 2014..
- VIII. Pew Center on Global Climate Change, *The Causes of Global Climate Change*, Wilson Boulevard 2006.
- IX. R. Wodak, *What CDA is about-a summary of its history, important concepts and its developments* in Wodak, R., Meyer, M., eds, *Methods of Critical Discourse Analysis*, SAGE Publications, 2001, pp 1-13.
- X. N. Fairclough, *Critical discourse analysis: the critical study of language*, Longman Publishing 1995.
- XI. J. Todolí, M. Labarta, R. Dolón, *What is Critical Discourse Analysis?* *Quaderns de Filologia. Estudis Lingüistics*, XI (2006) 9-34.
- XII. N. Fairclough, *Language and Power*, Longman 1989.

## Les ressources en eau dans les Oasis marocaines, rareté et stratégies d'adaptation aux changements climatiques-cas de la province de Zagora-

Abdelaziz EL-ARABY<sup>1</sup>, Abdelaziz YAHYAOU<sup>2</sup>, Ali FALEH<sup>3</sup>

1- Laboratoire des Etudes Géographiques, Aménagement et Cartographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines –Sais-Fès-Département de Géographie, BP 59 Route Immouzer CP 30000 Fès Maroc- Tél : +212 5 35 61 82 26 / +212 677362502/+212 631165731 – Fax: +212 5 35 61 82 53- abdelaziz\_82@live.fr

2- Faculté des Lettres et des Sciences Humaines –Marrakech- Département de Géographie,

3- Laboratoire des Etudes Géographiques, Aménagement et Cartographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines –Sais-Fès-Département de Géographie, BP 59 Route Immouzer CP 30000 Fès Maroc- Tél : +212 5 35 61 82 26– Fax: +212 5 35 61 82 53- falehali2001@yahoo.fr

### Résumé

*Les ressources en eau constituent, à travers le temps, une condition nécessaire à la vie. Sans elles, on ne peut pas parler de développement. Ce constat devient très valable lorsqu'il s'agit des milieux arides qui se caractérisent par la rareté de la ressource en eau. Les oasis du Drâa moyen et de Tazarine-Taghbalte, objet de cette communication, constituent un exemple vivant de ces régions qui souffrent de la rareté des ressources en eau. Les oueds du Drâa, d'Ait Wâaziq et de Taghbalte sont des principales ressources en eau courantes dans la zone d'étude. En raison de la densité légèrement importante de la population dans ces oasis, les ressources en eau souterraine font l'objet d'exploitation intensifiée suite à la demande croissante de l'agriculture, le tourisme et le secteur domestique. En plus, la zone est touchée par les changements climatiques, qui se manifestent par l'irrégularité des précipitations dans le temps et dans l'espace ainsi, elles se caractérisent par leur violence (les inondations du mois de novembre 2014 au sud-est marocain sont significatives). Sur ce, Cette contribution scientifique discute et analyse cette problématique liée à la rareté de l'eau, à la surexploitation des eaux et aux changements climatiques, toute en présentant quelques stratégies d'adaptation à cette nouvelle situation.*

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

## Water Resources in Moroccan Oases, Scarcity and Adaptation Strategies to Climate Change - The Case of Zagora Province

### Abstract

*Water resources are, over time, a necessary condition for life. Without them, one can not speak of development work. This observation becomes very valid when it comes to arid environments characterized by the scarcity of this resource. The oases of the Middle Drâa and Tazarine-Taghbalte, the subject of this communication, constitute a living example of these regions suffering from the scarcity of water resources. The Drâa, Ait Wâaziq and Taghbalte valleys are the main water resources in the study area. Due to the large population density in these oases, groundwater resources are being intensified due to growing demand from agriculture, tourism and the domestic sector. In addition, the zone is affected by climate change, manifested by irregular rainfall over time and space, characterized by violence (floods in November 2014 in southeastern of Morocco Are meaningful).*

*This scientific contribution discusses and analyzes this issue related to water scarcity, overexploitation of water and climate change, while presenting some strategies for adapting to this new situation.*

**Key Words**: Water Scarcity - Climate Change - Adaptation Options - Oasis - Zagora Province

## **I. INTRODUCTION**

La problématique liée à la rareté de l'eau demeure un sujet qui mérite d'être étudié en vue de faire comprendre les facteurs consacrant la problématique en question et d'y proposer des éléments susceptibles de tracer un itinéraire à suivre dans le but d'instaurer des mécanismes minimisant les impacts négatifs engendrés par la rareté des ressources en eau sur les sociétés concernées. En effet, les Oasis des Bassins versants de Tazarine-Taghbalte (appartenant au Bassin du Maider) et du Drâa moyen constituent un exemple illustratif quant aux territoires sensibles à la rareté de l'eau.

Par ailleurs, cette contribution scientifique vise, entre autres, la réalisation du diagnostic de la situation actuelle des ressources en eau dans les Oasis de Zagora au Maroc. Les éléments du diagnostic en question permettront de proposer une panoplie d'options d'adaptation à la rareté de l'eau et aux effets néfastes liés aux changements climatiques. La mise en place de propositions d'options en question par les acteurs du territoire ciblé par notre recherche nous semblerait un choix stratégique en faveur du développement territorial stratégique de ce dernier.

## **2. MATÉRIELS ET MÉTHODES**

La Province de Zagora est considérée parmi les régions du Maroc menacées par le stress hydrique. Les éléments de l'état des lieux quant à cette ressource rare se présentent dans ce qui suit :

### **2.1-La sécheresse climatique et l'irrégularité du drainage superficiel**

Les deux périodes de 1931-1964 et de 1980 et 2005 enregistraient des moyennes des précipitations estimées, respectivement, à 69mm/an et 56,71mm/an, soit un recul de 12,29 mm. Mais, il est à signaler que 74% des ressources hydriques du sud oasien marocain sont concentrées au niveau du bassin du Drâa. Elles sont de l'ordre de 844 Millions de m<sup>3</sup> par an (SDAU de la vallée du Drâa- horizon 2030- P11).

En ce qui concerne, les origines des ressources hydriques, le Drâa se base, principalement, sur les apports superficiels de l'oued Drâa dus à la fonte des neiges des sommets du haut atlas central et des apports des eaux des affluents qui le rejoignent tout au long de son trajet, alors que le sous-bassin de Tazarine-Taghbalte compte essentiellement sur les eaux souterraines et partiellement sur les eaux des pluies torrentielles.

Le long de son parcours, qui s'étend sur une longueur de 1200km, l'oued Drâa moyen traverse la chaîne de l'Anti-Atlas en creusant des cuvettes où il dépose des sédiments. En effet, six nappes phréatiques sont formées dans ces cuvettes en constituant des « plates-formes » sur lesquelles reposent les six oasis/palmeraies formant la vallée du Drâa moyen. Ces nappes se caractérisent par des réserves avec un régime irrégulier, dépendant de celui de l'oued principal source de leur alimentation. Les apports de l'oued Drâa enregistrent une variation entre les valeurs extrêmes de 90 à 1400Mm<sup>3</sup> pendant le 20ème siècle et montrent des périodes marquées par des déficits hydriques très importants. Ainsi, la fréquentation des périodes de grandes sécheresses devient une situation récurrente : 1945-1947, 1955-1957, 1973-1976, 1981-1987, 1993-1995, 2000-2003 (BAHANI Abdelkadir et al., (2014), PP 31 et 32).

En ce qui concerne le sous-bassin de Tazarine-Taghbalte, plusieurs assifs (affluents), venant du versant sud-est de jbal et des montagnes de l'Anti-Atlas oriental forment le réseau hydrographique de cette partie du bassin de Maider. Il s'agit, principalement, des oueds de N'kob, de Tazarine, d'Ait Ouaziq et de Taghbalte. Ces derniers s'enchaînent pour se jeter dans un lac (daya) appelé Maider. Cependant, les eaux superficielles ne suffisent pas aux besoins des cultures, surtout pendant les saisons de faibles précipitations et des périodes de sécheresse.

### **2-2. Les eaux souterraines et le risque d'épuisement par les pompages**

Le bassin du Drâa Moyen compte six nappes phréatiques. Cependant, le sous-bassin de Tazarine-Taghbalte reste moins étudié du point de vue hydrogéologique. La seule tentative disponible (à notre connaissance) est celle de l'hydrologue Abderrahman MAHBOUB (MAHBOUB Abderrahman (2014). Ce dernier conclut son étude en précisant que « les aquifères paléozoïques et quaternaires du Maider sont répartis selon quatre sous-bassins dont le sous-bassin de l'oued Taghbalte qui fait partie de notre zone d'étude. A ces sous-bassins, s'ajoutent les aquifères du couloir Alnif-N'kob et les aquifères de la cuvette Tazarine-Taghbalte. Quant au fonctionnement hydrogéologique probable du bassin Maider, il pourrait se résumer dans ce qui suit :

Les terrains du cambrien jouent géologiquement un rôle hydraulique d'aire de recherche pour les terrains ordoviciens qui la surmontent. Il s'agit même d'une allure typique de bassin hydrogéologique avec le mont Saghro comme aire de recharge. Les infiltrations à travers les monts du Saghro pourront s'acheminer en direction de la cuvette de Tazarine-N'kob, en contribuant à la recharge des terrains paléozoïques qui s'y apprennent (EL-ARABY Abdelaziz- 2018- P 167).

## **3. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1. L'aménagement hydro-agricole, des efforts insuffisants**

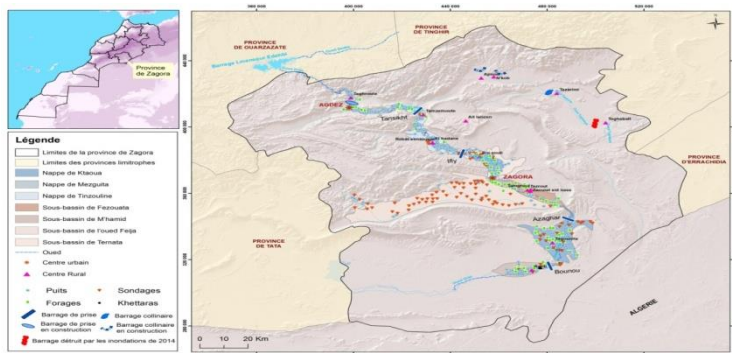


En plus de nombreux barrages de dérivation, le Drâa Moyen dispose du barrage El Mansour Eddahbi (voir fig. n°1). Ce grand barrage est construit en 1972 sur l'oued Drâa au sud-est de la ville de Ouarzazate. C'est un projet d'envergure qui a contribué à la création d'autres barrages de dérivation et d'un réseau de canaux qui permettent l'accès, à l'eau, aux populations des oasis. La totalité des aménagements hydro-agricoles réalisés dans cette région est formée de :

❖ 5 barrages de dérivation localisés au long de l'oued du Drâa Moyen, en l'occurrence barrage d'Agdz, qui permet l'irrigation de l'oasis de Mezequita, barrage de Tanssikht pour l'irrigation de l'oasis de Tinzoline, barrage de Ifli qui alimente l'oasis de Ternata et de Fezouata, barrage Azaghar pour l'irrigation de l'oasis Ketaoua et barrage Bono pour l'irrigation de l'oasis de M'Hamid.

❖ 200 km de canaux principaux.

❖ 200km de canaux secondaires.



Source : Royaume du Maroc- Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa (ABHSM), 2010. Op.Cit. P.37.  
+ Enquête de terrain 2016-2018. Carte digitalisée par Abdelaziz EL-RABY.

### Fig. n°1 : Les équipements et les Aménagements hydro-agricoles dans la Province de Zagora en 2018

Le barrage El Mansour Eddahbi est d'une capacité de 560 M. m<sup>3</sup>, il permet de régulariser une quantité d'eau de 250 Mm<sup>3</sup>, mais dernièrement cette quantité a diminué à cause du problème d'envasement. Ainsi, la retenue du barrage n'a pas dépassé les 120 M.m<sup>3</sup>. Généralement la construction de ce barrage a permis la mobilisation des eaux durant les périodes pluvieuses, et la réduction de la récurrence des inondations. Ce barrage constitue une source d'approvisionnement en eau surtout en été, ceci, bien entendu, dans les saisons normales.

En ce qui concerne les oasis N'kob, Tazarine et Taghbalte et en vue de permettre aux agriculteurs une quantité d'eau suffisante, un barrage de dérivation a été construit au cours des années quatre-vingt-dix du dernier siècle dans la zone de Taghia à Tazarine. Puis, un deuxième barrage de dérivation est construit à Taghbalte en 2013, mais il n'a pas pu résister aux fortes inondations de novembre 2014 et s'est écroulé totalement. Ceci interpelle une autre problématique, celle liée à la réception des marchés publics comme l'indique une personne de la population de Taghbalte (EL-ARABY Abdelaaziz & FALEH Ali (2017) P 25). Les Centres d'Ait Ouallal et de N'Kob connaissent actuellement (janvier 2017) les travaux de construction De deux barrages collinaires (voir Fig. n°1) financés par l'ORMVAO. La population espère une bonne perspective de ces projets qui vont permettre l'alimentation des Khettaras d'Ait Ouzine et de N'Kob et par la suite le stockage de l'eau pour les périodes les plus sèches.

### 3.2. De quelques aspects d'adaptation à la rareté de l'eau dans la province de Zagora

Certaines stratégies d'adaptation peuvent être proposées :

Revaloriser les traditions locales et les coutumes liées à la gestion sociale de l'eau afin de les intégrer dans le processus des aménagements hydro-agricoles. En effet, tel que nous l'avons étayé dans le deuxième axe de cet article, les populations des oasis de Zagora disposent d'un héritage social en matière de la gestion des affaires locales, généralement, et en matière de la mobilisation, la préservation et la distribution de l'eau, spécifiquement.

La sensibilisation et la mobilisation des populations du Draa moyen et du Tazarine-Taghebalte est indispensable depuis la conception des projets. Cela est dans l'objectif de rendre les actions réalisées par l'Etat, ou « Makhezan » selon les termes des autochtones, porteuses en faveur de l'appropriation des projets de mobilisation et de la gestion des ressources en eau.

<sup>1</sup>- La population locale dénonce l'absence de transparence lors de l'attribution des marchés publics. Elle insiste sur le fait que la mauvaise qualité des travaux est la seule cause qui est derrière l'effondrement du barrage en question.

Le reboisement de l'amont de l'oued Draa et des versants de ses affluents. Ainsi, l'amont de l'oued Tazarine-Taghebalte doit être ciblé par un programme intégré de reboisement. Cela, après concertation des populations concernées et après la mise en place des alternatives pour la satisfaction de leurs besoins en parcours, en bois de chauffage et de cuisson.

Conception et mise en place d'un programme de réhabilitation, de redynamisation et de préservation du système des « Khetarats », surtout au niveau du sous-bassin de Tazarine-Taghebalte connu par ce patrimoine hydraulique.

construction de nouveaux barrages collinaires, sous réserve de concerter les populations concernées dans le choix des lieux convenables et surtout insister sur la consistance et la qualité des travaux d'art pour éviter l'exemple de 2014 à Taghebalte.

Economiser la consommation d'eau d'irrigation par l'encouragement de l'irrigation délocalisée et de goutte à goutte (augmenter le pourcentage de subventions pour atteindre 100%).

Encourager la recherche scientifique dans le domaine agricole afin de trouver des cultures alternantes et convenables au climat et à la fragilité de la région en matière de la pénurie d'eau. Certes, cette action permettra d'économiser la consommation de l'eau par l'élimination de certaines cultures (pastèque, Blé dur...), mais, elle constituera une source de revenus, primordiale, en faveur de la population de ces oasis.

Inciter et appuyer les collectivités territoriales pour trouver des solutions adéquates à la problématique des eaux usées. Cela, dans l'objectif d'éviter de les jetées dans la nature (à ciel ouvert) et surtout dans des oueds et près des zones d'aquifères, pour éviter des éventuelles contaminations de l'eau et par conséquent de la santé de l'homme et de ces bétails. Dans ce cadre, et vu le coût très élevé de la construction des stations d'épuration<sup>2</sup>, il s'avère opportun de chercher d'autres alternatives telle que l'utilisation d'un type de plantes qui a une capacité élevée d'absorption des eaux usées. A titre indicatif les pays bas ont une expérience exemplaire en matière d'utilisation d'un type des roseaux qui s'appelle en anglais « Weed beds ».

## CONCLUSION

En guise de conclusion, la province de Zagora souffre beaucoup de la rareté de l'eau; certes, cette situation trouve ses explications dans la rudesse du climat de la zone qui se répercute négativement sur le bilan de l'eau, et donne à la sécheresse une dimension structurelle depuis le début des années soixante-dix. Mais, les changements climatiques, en tant que données planétaires, ont un rôle d'accélérateur en termes de récurrence des phénomènes climatiques extrêmes (longues périodes de sécheresse, désertification, inondations ...).

Par ailleurs, l'ensemble des stratégies d'adaptations proposées, dans le troisième axe de cet article, sont loin d'être exhaustives, mais, nous nous apercevons qu'elles sont susceptibles d'améliorer cette situation à condition que l'Etat veille à ce que l'ensemble des acteurs coordonnent et mettent en convergences leurs actions. En effet, l'étude et la prise en considération des attentes des populations par ordre prioritaire constituent un instrument primordial pour le diagnostic et la planification des projets à dimensions territoriales.

## Références

1. BAHANI Abdelkadir et al, 2014. Migrations internationales et développement- cas de la Province de Zagora/Maroc. *kawtar print*–Rabat- Dépôt légal : 2013MO37788-ISBN : 978-9954-538-19-7. 171P.
2. EL-ARABY Abdelaaziz- 2018- Les Centres Ruraux Emergents, Aménagement et enjeux du développement territorial. Thèse de doctorat en géographie. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah-Fès.
3. EL-ARABY Abdelaaziz; FALEH Ali, 2017. « Les mutations sociales, la pénurie d'eau et les changements climatiques dans les oasis marocaines - Le cas de la Province de Zagora ». PP 1-33. In *Changements Climatiques et Développement Territorial au Maroc. Publications du Laboratoire de Recherches, d'Etudes Géographiques et Cartographie (LEGAC)*, éditeur : Faculté des Lettres et des Sciences Humaines-Saïs-Fès. Première édition- ISBN : 978-9981-55-6.
4. MAHBOUB Abderrahman, 2014. Contribution à l'étude hydrologique, hydrogéologique et de gestion des ressources en eau des bassins sud-Atlasiques : Cas du Bassin du Maider (sud-est du Maroc). Thèse de doctorat en hydrologie/hydrogéologie. Meknès : Université Moulay Ismail- Faculté des sciences (non publiée).
5. Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace -Agence Urbaine de Ouarzazate-Zagora-Tinghir- (2010) Schéma Directeur d'Aménagement Urbain (SDAU) de la vallée du Drâa- horizon 2030.

<sup>2</sup> - selon les services de l'ONEE une station d'épuration pour une population de 10.000 habitants, et juste pour un traitement Primaire des eaux usées, coûte, au moins, trois Millions de Dirhams (300millions centimes).

## Etude du tarissement des cours d'eau pendant le changement de la variabilité climatique Cas de « Medjerda-Mellègue »

Wacila Khoualdia<sup>1</sup>, Mahfoudi Abdelouadoud<sup>2</sup> & Mahfoudi AbdelBasset<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Laboratoire de Gestion, Maintenance et Réhabilitation des Equipements et des Infrastructures Urbaines  
Université Souk-Ahras, <sup>2</sup>Universté Badji Mokhtar Annaba

### ABSTRACT

Climate change in recent years has produced in arid semi arid areas of Algeria, periods of drought, which are characterized by deficient rainfall and very low flows of the wadi main watershed. During dry periods, surface water resources and, therefore, the stored volumes suffered a sharp decline .It is sometimes difficult to satisfy the demand for drinking water, and also that agriculture. To better manage such a situation, knowledge of climatic factors, and the study of his impact about water resources is essential. This study aims at show the impact of climate variability on the Oued water resources Medjerda (North East Algeria). To do this, diverse climatic data over periods ranging from 19 to 38 years old and methods; Statistical tests, descriptive statistics(average values) were used.

**KEYWORDS:** Dryness, frequency analysis, fluctuation, climate variability, catchment area, Medjerda.

### INTRODUCTION

Depuis ces dernières décennies, les différents États accordent un intérêt croissant au changement climatique qui demeure une notion très vaste (réduction de la pluviométrie, augmentation de la température, effet de serre, ...etc. Plusieurs manifestations climatiques récentes de grande ampleur ont poussé la communauté mondiale à s'intéresser aux changements climatiques et à leurs impacts sur les ressources en eau. Parmi elles, on peut citer la sécheresse qui a affecté les pays du Maghreb, l'Algérie en particulier, depuis les années 1970. L'Algérie a connu durant son histoire de nombreuses périodes de sécheresses d'ampleur variable. Certaines ont eu des répercussions parfois dramatiques sur les conditions de vie de la population, notamment rurale (1943-1948) ; les sécheresses les plus sévères et les plus persistantes sont celles relevées durant les années 1980 à 90 où le déficit pluviométrique a été estimé à 50 % pour les régions du centre et de l'Ouest de l'Algérie. et à 30% à l'est. L'année 1988/1989 a été classée comme année sèche pour l'Algérie. Cette sécheresse a eu un impact négatif sur le régime d'écoulement des oueds, sur l'alimentation de la nappe phréatique et sur le niveau de remplissage des barrages. Elle a été suivie par de nombreuses inondations qui ont été marquées sur tout le territoire algérien. Afin de mieux gérer une telle situation, la connaissance des facteurs climatiques et l'étude de son impact sur les ressources en eau est indispensable.

### METHODOLOGY

Seize stations dont les longueurs pluviométriques des enregistrements varient entre 19 et 38 ans et sept stations hydrométriques qui contrôlent les écoulements du bassin versant de la Medjerda coté Algérie ont été retenues (Fig. 1).

L'homogénéité des séries pluviométriques des stations a été vérifiée par la méthode des doubles masses; des séries climatiques (température et pluie) les plus longues et disponibles dans les stations de Souk-Ahras et Tébessa à une période de 25 ans (1913-1938) série de Seltzer ont été utilisées.

L'approche adoptée comporte les opérations suivantes:

1. détection de rupture au sein des séries; pluviométriques annuelles,
2. représentation spatiale des précipitations,
3. variation de la température de l'air,
4. caractérisation de la variabilité des précipitations mensuelles et journalières par rapport aux dates de rupture,
5. étude des fluctuations interannuelles des totaux pluviométriques et hydrométriques par la statistique descriptive (valeurs moyennes),

### RESULTS AND DISCUSSION

Les résultats proposés à l'issue de cette communication apportent une contribution à l'étude de la variabilité climatique et ses impacts sur les ressources en eau qui revêt une importance capitale en hydrologie, surtout en ce qui concerne la gestion des ressources en eau et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et l'étude des aménagements hydro-agricoles. A l'instar, la stratégie utilisée dans l'étude de la sécheresse hydro-

pluviométrique, la caractérisation de la variabilité climatique et les applications de l'analyse fréquentielle des pluies sont diverses, et incluent principalement: L'analyse de l'aléa pluviométrique et de sa fréquence d'occurrence, visant la compréhension des phénomènes et le diagnostic du niveau de risque; L'analyse des modifications des conditions de précipitation et d'évapotranspiration avec le changement climatique, visant les impacts visibles sur les débits des rivières ; Alors on a analysé les séries hydro pluviométriques et climatiques. Les Tests de Pettitt, Statistique U de Buishand qui ont présentés des ruptures secondaires et primaires (tendances à la diminution à partir de la décennie 70 et tendance à l'augmentation pluviométrique à partir de la fin de la décennie 90). Aussi la méthode de l'indice pluviométrique a été appliquée. Cette méthode a mis en évidence les périodes excédentaires et déficitaires, et la mise en place d'un système d'alerte précoce de sécheresse (Fig.2). La température de l'air du bassin versant du Medjerda a été analysée à partir de la statistique descriptive (valeurs moyennes) et des représentations graphiques qui a permis de comprendre la variation saisonnière et interannuelle de la température dans le bassin de la Medjerda(Fig.3). En effet, ces différents paramètres influencent les précipitations de notre région d'étude. Et cette influence se traduit par la sécheresse sur les pluies journalières qui a été abordée par l'étude des fractions pluviométriques journalières par rapport aux dates de rupture. Une tendance à la hausse du cumul de pluies supérieures à 20 mm (considérées comme les fortes pluies) se dessine à partir des années de rupture (Fig.4). L'évolution de l'évapotranspiration de référence et de la température est inverse par rapport à celle de la pluviométrie. L'augmentation de la température influe négativement sur la disponibilité des ressources en eau de la zone d'étude. Cette influence se traduit par l'augmentation des pertes par évaporation (Fig.4) ; Les périodes de déficit hydrique sont observées au niveau de l'oued Medjerda à la même date de la succession des années de sécheresse; Réduction des ressources en eau disponibles pendant les périodes de déficit pluviométrique (période de sécheresse). Cette variabilité a eu des conséquences néfastes sur le bilan hydrologique et a affecté la recharge souterraine réduisant ainsi les disponibilités en eau des réserves de la zone ; Les résultats des du tarissement ont connue une baisse dans les dernières années inversement aux volumes mobilisés dans les bassins versants de la zone. Ces résultats ont un avantage vers une reprise d'augmenter la recharge souterraine et par conséquent, les disponibilités en eau des réserves de la zone (Fig.4).

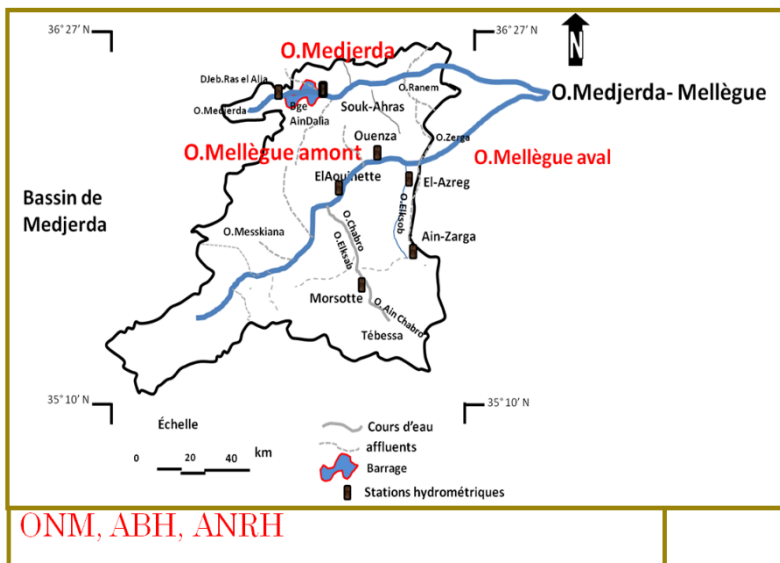


Figure 1: Présentation de la zone d'étude

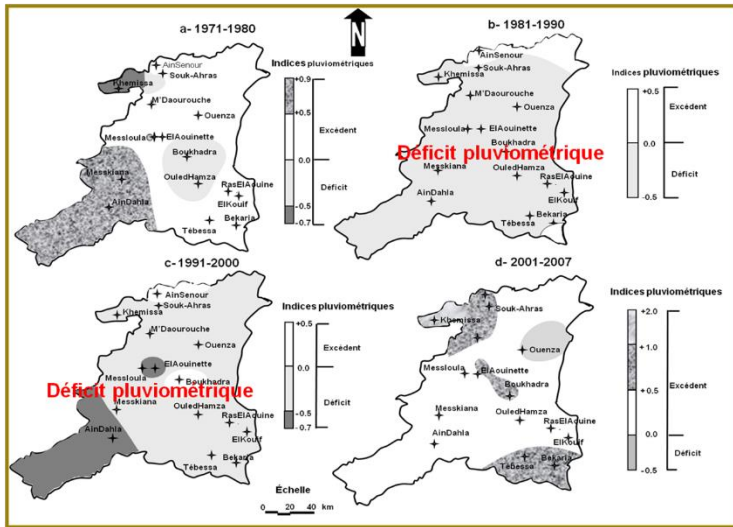


Figure 2: Déficit pluviométrique dans la zone d'étude

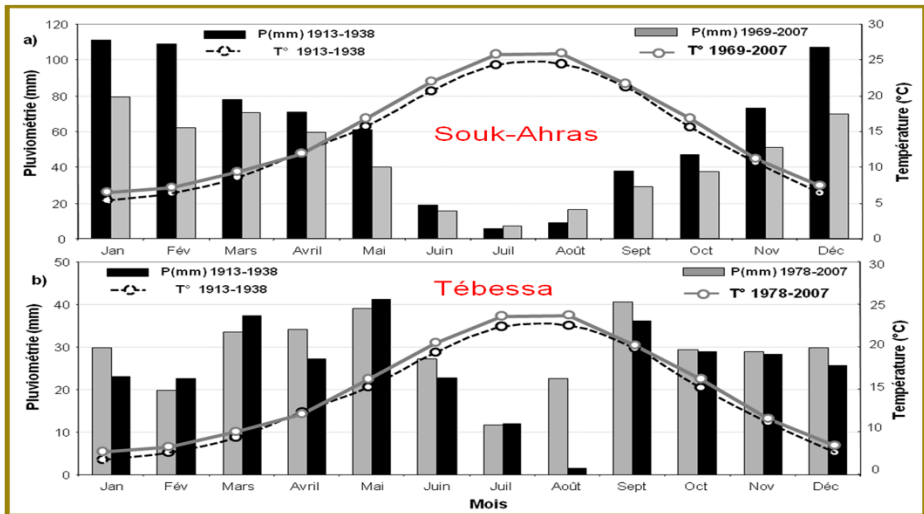


Figure 3: variabilité des pluies et des températures dans la zone d'étude.

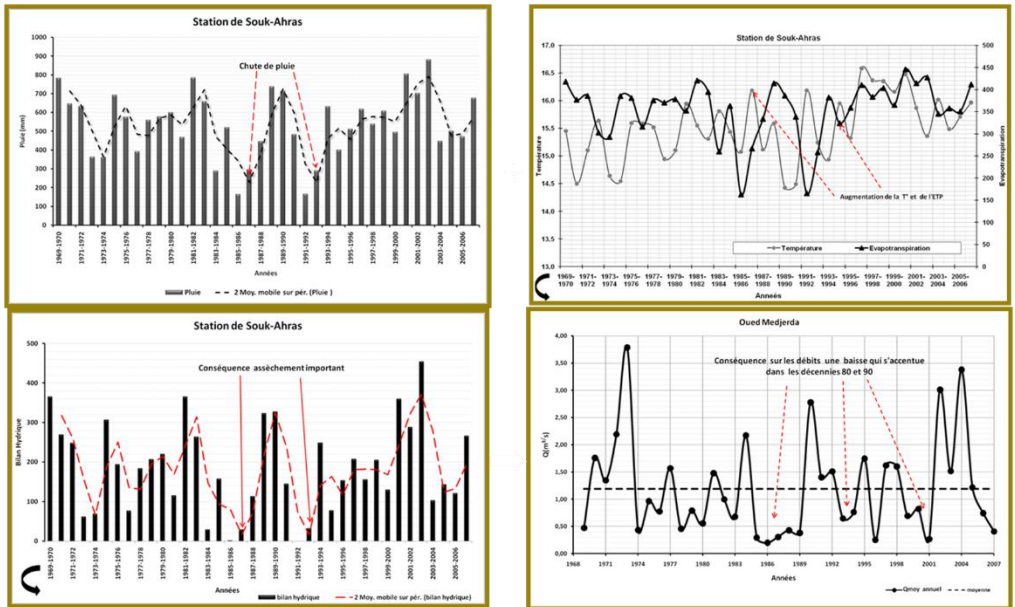


Figure 4: impact des paramètres climatiques sur les ressources en eau dans la zone d'étude.

#### ACKNOWLEDGMENTS

Nous remercions l'ensemble des structures ANRH, ONM, ABH qui nous ont fourni les données indispensables à la réalisation de ce travail.

#### REFERENCES:

1. HIRCHE A., BOUGHANI A. et SALAMANI M. (2007): Évolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. Sécheresse, vol. 18, n° 4, p. 314-320.
2. LAFTOUHI N., et PERSOONS E. (2007) : Influence des variations climatiques sur le régime hydrologique du bassin versant du Qsob (Essaouira Maroc). Technical Document in Hydrology, vol. 80, Edit. UNESCO et HydroSciences-Montpellier, p. 85-98.
3. BEKKOUSSA B., MEDDI M. et JOURDE H. (2008) : Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride : le cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien). Sécheresse, vol. 19, n° 3, p. 173-184.
4. ZEINEDDINE N. (2011): Vers un retour des pluies sur la rive sud du bassin méditerranéen occidental: analyse et évaluation de la tendance pluviométrique sur plus d'un demi – siècle en Algérie. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series, Tome 11 / 2011.
5. MUSY, A. (2001). Hydrologie générale. Edit : Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 330 p.
6. MEYLAN P., et MUSY A. (1999) : Hydrologie fréquentielle, Editions HGA, Bucarest.
7. GRANDJEAN P., et THÖNI M. (1988) : Choix et élaboration des données de pluie pour l'assainissement rural et urbain dans le canton de Genève, Verbandbericht Nr. 394, Verband Schweizerischer Abwasser- fachleute (VSA), Zürich,.
8. HENIA L., BENZARTI Z. (2006) : Changements climatiques et ressources en eau de la Tunisie. XIXe colloque de l'association Internationale de climatologie, les risques liés au temps et au climat, Eparnay, 6-9 septembre, France, p. 15-20
9. MEBARKI A. (2010): Apport des cours d'eau et cartographie du bilan hydrologique : cas des bassins de l'Algérie ; Sécheresse. Volume 21, Numéro 4, 301-8, octobre-novembre-décembre 2010, Article de recherche

## Tendances climatiques futures en Tunisie semi-aride

### (cas du bassin versant de Rmel)

Walid BEN KHELIFA<sup>1</sup>, Taoufik HERMASSI<sup>1</sup>, Hamadi HABAIEB<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts ; Rue HédiKarray B.P.10, 2080, Ariana, Tunisie ;  
benkhelifa\_walid@yahoo.fr

<sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunisie

#### Résumé

*Durant les dernières décennies, la Tunisie a connu des changements climatiques importants, à cause de l'augmentation de la température et la réduction de la pluviométrie, ce qui a abouti à des effets néfastes sur les ressources naturelles. Mais ces impacts pourront être accentués à moyen et à long termes. De ce fait, nous avons utilisé trois scénarios climatiques RCPs (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5), élaboré en 2013 par l'IPCC, du modèle climatique régional (RCM) irlandais (ICHEC). Ce dernier fait parti du modèle climatique global (GCM) Cordex Européen ayant une résolution de 11 km. Donc l'objectif de cet article consiste à utiliser les RCPs du modèle régional pour voir la tendance de la température et des précipitations à l'horizon 2050 et 2080 au niveau du bassin versant de Rmel, représentant la zone semi-aride tunisienne.*

*En se basant sur les observations durant la période 1990-2015, les températures vont connaître dans les horizons futurs une augmentation significative selon les scénarios RCP2.6, RCP4.5 et RCP 8.5, qui peut atteindre +3°C à l'horizon 2080. Quant aux précipitations, elles vont connaître une diminution de -12% à l'horizon 2050 et -23% à l'horizon 2080.*

**Mots clés :** Changement climatique, RCP, température, précipitation, bassin versant Rmel, Tunisie semi-aride

## Future climate trend in Tunisian semi-arid region

### (Case study of Rmel watershed)

#### Abstract

*During the last decades, Tunisia has known a significant climatic change, due to the increase in temperature and the reduction of rainfall, which has resulted in adverse effects on natural resources. But these impacts can be accentuated in the medium and long term. As a result, we used three climate scenarios RCPs (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5), developed in 2013 by the IPCC, of the Irish Regional Climate Model (RCM) (ICHEC). The latter is part of the Cordex European global climate model (GCM) with a resolution of 11 km. So, the goal of this article is to use the RCPs of the regional model to see the trend of temperature and precipitation by 2050 and 2080 in the Rmel watershed, representing the semi-arid area of Tunisia.*

*Based on the observations data during the period 1990-2015, the temperatures will know in the future horizons a significant increase according to the scenarios RCP2.6, RCP4.5 and RCP 8.5, which can reach + 3 ° C by 2080. As for rainfall, they will know a decrease of -12% by 2050 and -23% by 2080.*

**Key Words:** Climate change, RCP, temperature, precipitation, Rmel watershed, Tunisian semi-arid

## INTRODUCTION

Ces dernières décennies ont connu une augmentation notable des températures dans la plupart des régions du monde, et des changements importants dans les régimes pluviométriques, ce qui a augmenté la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes tels que la sécheresse et les inondations. Ces phénomènes ont pris une grande envergure dans les zones aride et semi-aride, ce qu'explique la réduction notable de l'écoulement fluvial saisonnier et l'assèchement complet des retenues des barrages lors des périodes sèches et le déclenchement des pluies avec une intensité importante accompagnée par des inondations épouvantables lors des périodes humides [1]. Selon les projections futures faites par l'IPCC [2], il est probable que les zones semi-arides vont recevoir moins de précipitations, ce qui va engendrer une répercussion sur la situation des ressources en eau. En outre, la banque mondiale [3] a signalé que dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, la raréfaction de l'eau s'est accentuée sous l'effet du changement climatique et de l'urbanisation rapide. Mais cette situation va être accentuée dans les années futures mettant la région sous un stress hydrique angoissant.

Quant à la Tunisie, les études sur le changement climatiques [4, 2, 5, 6] ont montré une importante exposition du pays aux changements climatiques, traduite essentiellement par une baisse des précipitations, une diminution des stocks d'eau dans les barrages à cause de leurs envasements, représentant 18 % de la capacité initiale globale, et une surexploitation des nappes phréatiques de 120%.

A l'horizon 2050, le ministère de l'environnement [7], à travers la stratégie nationale sur le changement climatique, a signalé que la Tunisie va être soumise à une augmentation de la température de 2°C et une baisse des précipitations du Nord au Sud de 4 à 12%, ce qui va engendrer une accentuation des extrêmes (inondations, sécheresses), une diminution de la capacité de stockage des barrages de 43% et une élévation du niveau de la mer qui varierait entre 8 et 12 cm.

Depuis l'année 2000, le GIEC a pu inventorier des méthodes pour bien surveiller l'effet du changement climatique. En effet, en 2013, lors de la diffusion du 5ème rapport (IPCC, 2013), une troisième approche différente a été créée afin de modéliser le climat futur. De ce fait, l'IPCC a défini a priori quatre trajectoires d'émissions et de concentrations de gaz à effet de serre, d'ozone et d'aérosols, ainsi que d'occupation des sols baptisés RCP (« Representative Concentration Pathways » ou « Profils représentatifs d'évolution de concentration »). Sur la base de ces RCPs, plusieurs modèles climatiques globaux (GCMs) ont été élaborés pour générer les données climatiques futures dont on peut citer notamment le cordex européen [8] ayant une résolution de 11 km et couvrant toute la Tunisie. Dans ce GCM on trouve plusieurs modèles climatiques régionaux (RCMs).

Donc l'objectif de cet article consiste à utiliser les RCPs du modèle régional pour voir la tendance de la température et des précipitations à l'horizon 2050 et 2080 dans le bassin versant de Rmel, représentant la zone semi-aride tunisienne.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Zone d'étude

Le bassin versant de l'Oued Rmel se situe au Nord-Est de la Tunisie et sur la côte orientale, à environ 80 km au sud de Tunis. L'oued Rmel draine un bassin versant de 675 km<sup>2</sup> par rapport à son exutoire barrage Rmel, construit en 1998. Il est limité à l'ouest par le Jbel Zaghouan (1293m d'altitude) à l'Est par la plaine de Bouficha et la mer méditerranéenne. Il assure une transition entre différentes régions : le nord de la dorsale tunisienne, le Sahel et le Cap-Bon.

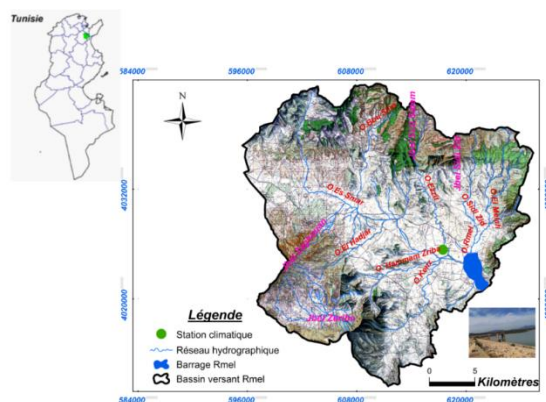


Fig.1- Localisation du bassin versant de Rmel[9]



Le bassin versant est soumis à une double influence : méditerranéenne, par l'effet de la mer, et continentale sous l'influence des massifs montagneux régnant dans la région (jbel Zaghouan, jbel Zeriba, jbel Sidi Zid et jbel Sidi Salem).

La température moyenne de la zone d'étude est de 19°C. Les maximums sont enregistrés pendant les mois de juillet et août avec plus de 35 °C, alors que les minimums s'observent pendant les mois de janvier et de février avec 7°C. La pluviométrie moyenne caractérisant le bassin versant est de 432 mm avec une variabilité importante au fil des années.

## 2.2.Méthodologie

Quatre RCP (RCP2.6, RCP 4.5, RCP 6 et RCP 8.5) [1] sont utilisés par les différentes équipes d'experts (climatologues, hydrologues, agronomes, économistes ...etc). Les climatologues en déduisent des projections climatiques globales ou régionales (GCM, RCM). Ces derniers constituent des données de base pour les hydrologues afin de simuler la situation des ressources en eau à moyen et à long termes. Il est à noter que RCP2.6 est un scénario optimiste alors que RCP8.5 est pessimiste.

Les données générées sont accompagnées par des biais systématiques qui les caractérisent. Donc, il est judicieux de faire un prétraitement pour rendre les données plus représentatives à l'échelle locale.

La préparation des données d'entrée n'a concerné que les données climatiques. Les autres données relatives à l'occupation des sols, les types des sols et la topographie n'ont pas subi aucune modification.

Par ailleurs, les données climatiques futures ont été préparées de la façon suivante :

- ✓ Sélectionner un modèle climatique globale (GCM) couvrant la zone d'étude. Le modèle qui a été choisi est celui Cordex Européen avec une résolution de 11 km. Ce modèle nous a permis d'obtenir 7 stations climatiques comme indiqué dans la Fig.2.

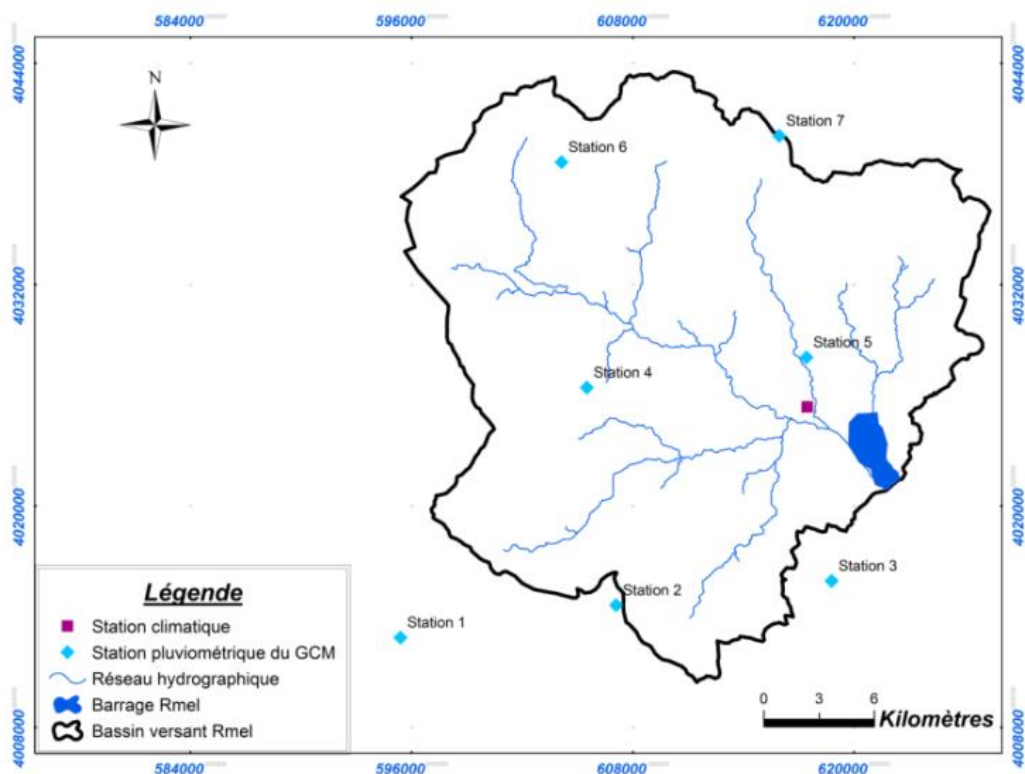


Fig. 2 - les stations pluviométriques et climatiques du GCM dans le bassin versant Rmel

- ✓ Utiliser les données téléchargeables, à partir du GCM choisi, relatives au bassin versant de Rmel : 7 stations pluviométriques contenant des données journalières et 2 stations climatiques liées aux données journalières de la température maximale et minimale. Il est à signaler le téléchargement devrait prendre en considération les données historique et celles projetées pour les différents scénarios (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5). Les données obtenues couvrent les périodes suivantes :
  - Données historiques : 01/01/1980-31/12/2015
  - Données futures : 01/01/2020-31/12/2050 et de 01/01/2051-31/12/2080
- ✓ Appliquer une correction du biais : plusieurs études [10, 11] ont déjà démontré que les données brutes issues des modèles climatiques globaux (MCG) ne peuvent pas être utilisées directement comme entrée des modèles hydrologiques en raison des biais systématiques qui les caractérisent. Les corrections ont été faites sur les données historiques et futures issues du modèle, en utilisant la méthode « Distribution mapping of precipitation and temperature ». Il est à signaler que l'idée de cette méthode est de corriger la fonction de distribution des valeurs climatiques simulées par le RCM pour se convenir avec la fonction de distribution observée. De ce fait, la distribution Gamma [12] avec le paramètre de forme  $\alpha$  et le paramètre d'échelle  $\beta$  (1) est souvent considérée comme appropriée pour la distribution des événements de précipitation :

$$f_{\gamma}(x / \alpha, \beta) = x^{\alpha-1} \cdot \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} ; x \geq 0; \alpha, \beta > 0 \quad (1)$$

- ✓ Pour les séries temporelles de température, la distribution gaussienne [13] avec le paramètre de localisation  $\mu$  et le paramètre d'échelle  $\sigma$  (2) est généralement considérée comme la meilleure [14]

$$f_{N}(x / \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} ; x \in \mathfrak{R} \quad (2)$$

La méthode « Distribution mapping of precipitation and temperature » a été considérée, par Teutschbein et Seibert (2012), comme la plus fiable de point de vue représentativité de deux variables (pluviométrie et température).

Il est à noter que suite à l'utilisation de la correction des biais, deux stations pluviométriques ont été éliminées à défaut de proximité aux stations observées.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Tendence de la température

En se basant sur les observations durant la période 1990-2015, les températures vont connaître dans les horizons futurs une augmentation significative selon les scénarios RCP2.6, RCP4.5 et RCP 8.5.

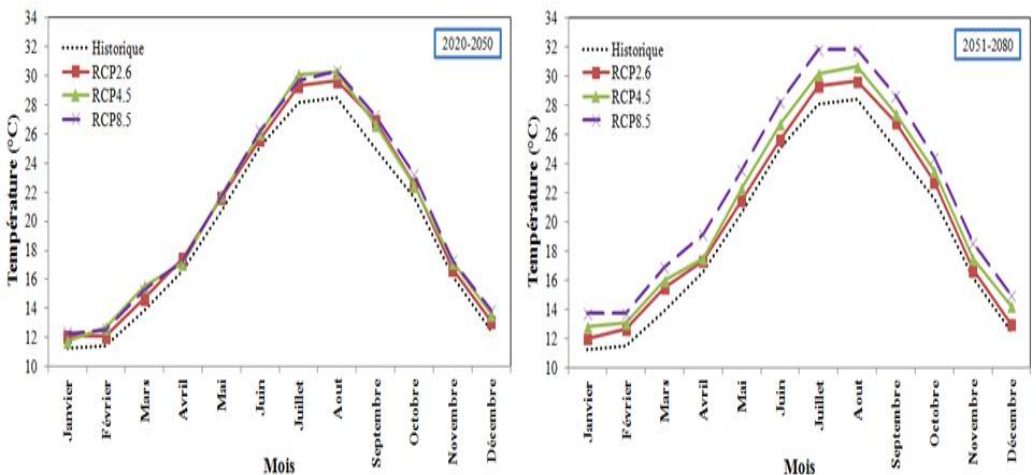


Fig. 3 - Tendence de la température mensuelle future selon les scénarios RCP2.6, RCP4.5 et RCP 8.5

A l'horizon 2050, l'augmentation de la température est la tendance générale de tous les mois tout en marquant une hausse importante pendant les mois d'été et d'automne. Dans les trois scénarios, la température du mois de septembre va être augmentée de  $+1.9^{\circ}\text{C}$  à  $+2.3^{\circ}\text{C}$ .

A l'horizon de 2080, les mois de janvier, février et mars vont connaître avec les mois d'été et d'automne un accroissement important.

Les trois scénarios ont montré que la température du mois de septembre va être augmentée d'une manière exceptionnelle, en comparaison avec les autres mois, en atteignant des hausses de  $+1.9^{\circ}\text{C}$  à  $+2.3^{\circ}\text{C}$  à l'horizon de 2050 et de  $+1.8^{\circ}\text{C}$  à  $+3.7^{\circ}\text{C}$  à l'horizon de 2080.

### 3.2. Tendence Pluviométrique

L'analyse du régime pluviométrique futur dans le bassin versant de Rmel a été menée sur la base des cinq stations pluviométriques retenues après correction des biais, et qui ont été utilisées pour ressortir la pluie moyenne en se basant sur la méthode de Thiessen (Fig.4).

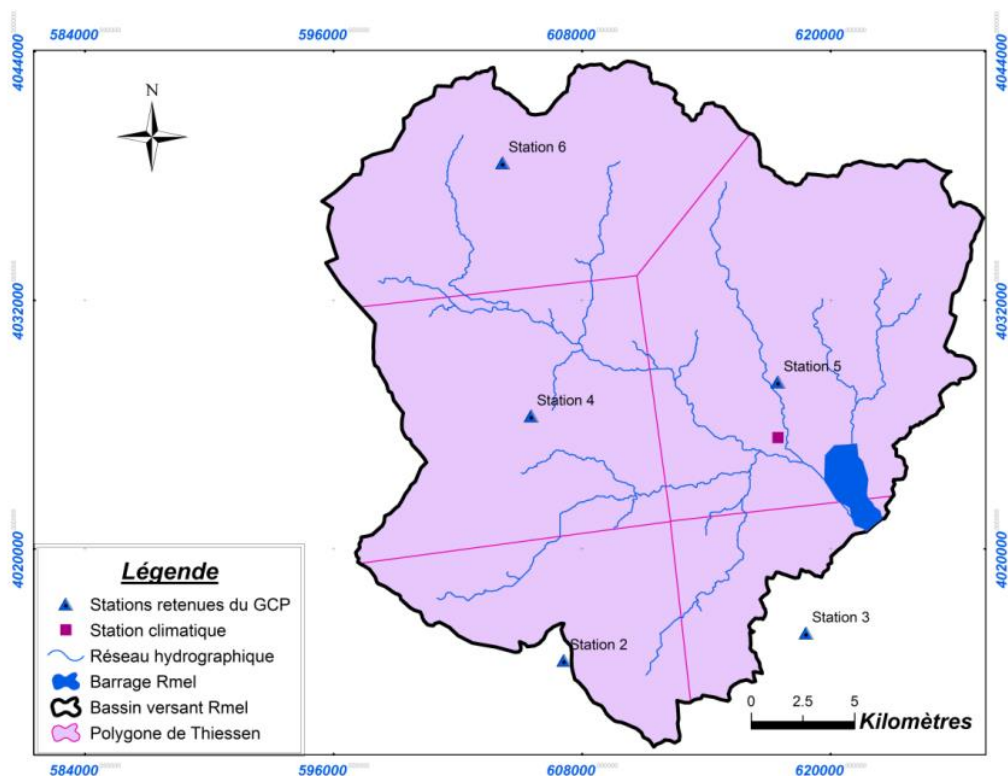


Fig. 4 - Représentativité spatiale des stations pluviométriques du GCM par la méthode de Thiessen

En analysant les résultats issus des trois scénarios (Tableau 1), le bassin versant de Rmel va subir une diminution accrue de la pluviométrie, à l'horizon de 2050. Cette diminution varierait de -11% à 12%.

A l'horizon 2080, les scénarios RCP2.6 et RCP4.5 ont montré que la diminution va être atténuée pour atteindre respectivement -3% et -6%. Cependant, le scénario pessimiste (RCP8.5) a montré que la pluviométrie va continuer à augmenter pour atteindre 23%.

A l'échelle mensuelle, le scénario RCP2.6 a révélé que les pluies futures des mois d'automne (septembre et octobre) vont être augmentées par rapport à la répartition actuelle. Ce qui prouve qu'il s'agit essentiellement des pluies sporadiques et intenses. En revanche, pour le scénario RCP2.6, on remarque que les quantités des pluies vont être diminuées d'une manière importante durant la saison du printemps.

Tableau I- Tendence de la pluviométrie moyenne aux horizons de 2050 et 2080 selon les scénarios RCP2.6, RCP4.5et RCP 8.5

Scénarios climatiques	RCP 8.5		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
<b>2020-2050</b>	-11%	-11%	-12%
<b>2051-2080</b>	-3%	-6%	-23%

Quant au scénario intermédiaire RCP4.5, la tendance de la répartition mensuelle se diffère d'une période à une autre. A l'horizon de 2050, on assistera à une diminution importante pendant les mois du printemps et à un degré moins importante en automne, alors qu'il y aura une augmentation en hiver. Cependant, à l'horizon 2080 on aura une augmentation en automne et une diminution pendant les autres mois.

Pour le scénario CRP8.5, on attendra une augmentation de la pluviométrie uniquement en septembre et en octobre alors que les autres mois vont subir une diminution importante, aux horizons 2050 et 2080.

## CONCLUSION

L'utilisation des modèles climatiques (globaux et régionaux) permettant aux spécialistes de prévoir ce qui se passera aux différents horizons (à moyen et à long termes) concernant les tendances des températures et des précipitations. A cet égard, l'utilisation de trois RCPs (optimiste, modéré et pessimiste) a montré que la Tunisie semi-aride ne sera pas épargnée par les conséquences du changement climatique. Ces tendances vont avoir une répercussion néfaste sur les ressources en eau.

## Références

1. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
2. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 688 pp
3. Banque mondiale, 2017. Au-delà des pénuries : la sécurité de l'eau au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Brochure du résumé analytique. Banque mondiale, Washington, DC. Licence : Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
4. Ministère de l'environnement. 2012. Stratégie nationale sur le changement climatique. Rapport final de la stratégie fait avec l'appui de la GTZ. 165 p.
5. ITES (Institut Tunisien des Etudes Stratégique). 2014. Système hydraulique de la Tunisie à l'horizon 2030. 222p.
6. AWF/ADB (facilité Africaine de l'Eau/Banque Africaine pour le développement). 2016. Elaboration de la vision et de la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2050 pour la Tunisie « eau 2050 ». Rapport d'évaluation. 52p.
7. Ministère de l'environnement. 2011. Stratégie nationale sur le changement climatique de la Tunisie. Rapport final de diagnostic fait avec l'appui de la GTZ. 148 p.
8. Giorgi F., Jones C., Asrar G. R. 2009. Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. WMO Bulletin 58 (3) - July 2009
9. Ben Khelifa W. 2018. Modélisation du ruissellement et du transport solide au niveau de la zone semi-aride tunisienne. Thèse doctorat à l'Institut National Agronomique de Tunisie.
10. Teutschbein, C. and Seibert, J. 2010. Regional Climate Models for Hydrological Impact Studies at the Catchment Scale: A Review of Recent Modeling Strategies, Geogr. Comp., 4, 834–860, doi:10.1111/j.1749-8198.2010.00357.x, 2010.
11. Teutschbein, C., Seibert, J., 2012. Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. Journal of Hydrology 456-457, 12-29.
12. Thom, H.C.S., 1958. A note on the gamma distribution. Mon. WeatherRev. 86 (4), 117–122.
13. Cramér, H., 1999. Mathematical Methods of Statistics, ninth ed. Princeton University Press, US.
14. Thom, H.C., 1954: the rational relationship between heating degree days and temperature. Mon. Wea. Rev., 82, 1–6.

## Variabilité climatique et aridité dans la région de Tlemcen (ALGERIE)

Rédha ABOURA<sup>1</sup>, Amina SIBA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels, Département, d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers ; Université de Tlemcen, BP 119, 13000 Algérie. +213 6 69 66 44 33, [aredha78@yahoo.fr](mailto:aredha78@yahoo.fr)

<sup>2</sup>Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels, Département, d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers ; Université de Tlemcen, BP 119, 13000 Algérie. +213 6 68 83 60 82, [siba\\_amina@yahoo.fr](mailto:siba_amina@yahoo.fr)

### Résumé

*De nombreux auteurs ont travaillé sur le climat de l'Algérie en général et sur l'Oranie en particulier, notre travail a pour objet de faire une comparaison entre les données de Seltzer (1913 – 1938) et des données récentes (entre fin des années 80 et 2014) au niveau de la région de Tlemcen située à l'extrême ouest Algérien pour détecter les changements climatiques survenus. Pour la réalisation de ce travail, on a choisi trois stations météorologiques présentant un gradient de continentalité croissant. Il s'agit de la station de Ghazaouet située sur le littoral, en passant par la station de Maghnia qui est une plaine continentale mitoyenne à la frontière algéro-marocaine et arrivant à la station de Zenata qui est une station de référence pour la région de Tlemcen installée dans l'aéroport international Messali El Hadj de Tlemcen.*

*La synthèse bioclimatique a été basée surtout sur le Q2 d'Emberger et les diagrammes ombrothermiques dont les résultats par approche comparative ont montré que dans une période approximative de 80 ans, le changement du régime hydrique est très remarquable avec une baisse des précipitations dans les stations continentales (Maghnia et Zenata) et une augmentation de la température de l'hiver dans la station de Ghazaouet.*

*Les diagrammes ombrothermiques confirment la tendance climatique de notre région à l'aridité avec une durée de sécheresse qui ne dépassait pas 4 à 5 mois pour l'ancienne période et arrivant jusqu'à 8 mois pour la nouvelle période avec un régime saisonnier perturbé.*

**Mots clés :** Bioclimat, Dynamique, Aridité, Tlemcen, Algérie.

### Bioclimatic dynamics and drought trend in Tlemcen region (ALGERIA)

#### Abstract

*Many authors have worked on the climate of Algeria in general and Oranie in particular, our work aims to make a comparison between data from Seltzer (1913 - 1938) and recent data (between the late 80s and 2014) at the level of the region of Tlemcen located in the far west of Algeria to detect climate changes that have occurred. Three weather stations with increasing continental gradients were selected for this work. This is the station of Ghazaouet located on the coast, passing through the Maghnia station which is a continental plain adjoining the Algerian-Moroccan border and arriving at the station of Zenata which is a reference station for the Tlemcen region installed in the Messali El Hadj international airport in Tlemcen. The bioclimatic synthesis was based mainly on Emberger Q2 and ombrothermal diagrams whose comparative approach showed that in a period of approximately 80 years, the change in the water regime is very remarkable with a decrease in precipitation in the continental stations (Maghnia and Zenata) and an increase in winter temperature in the station of Ghazaouet. The ombrothermal diagrams confirm the climatic tendency of our region to aridity with a drought duration that did not exceed 4 to 5 months for the old period and arriving up to 8 months for the new period with a disturbed seasonal regime.*

**Key Words:** Bioclimat, Dynamic, Aridity, Tlemcen, Algeria.

## I. INTRODUCTION

Le climat correspond aux conditions météorologiques moyennes (températures, précipitations, ensoleillement, humidité de l'air, vitesse des vents, etc.) qui règnent sur une région donnée durant une longue période. Le changement de ces paramètres fait l'objet de plusieurs études et essentiellement celui de la température et de la précipitation.

La température et la pluviosité sont les deux éléments principaux du climat [1]. Elles peuvent être envisagées à l'échelle de la région [2].

Emberger a repris des travaux sur le climat méditerranéen et a mis progressivement au point une méthode efficace permettant de caractériser les sous unités [3]. L'été est pris comme le trimestre le plus chaud et le plus sec [4].

Estienne et Godard, s'accordent à dire que le climat n'est tempéré qu'en bordure de mer où l'hiver est frais et plus humide [5].

Pour apprécier le climat qui règne dans nos régions, nous prenons en considération :

- L'interprétation de facteurs climatiques en se basant sur les données des stations météorologiques de la nouvelle période et de l'ancienne période,
- Calcul du quotient pluviothermique,
- La période sèche par le biais du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson [6].

La région de Tlemcen est à climat méditerranéen qui est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale. Ce climat est défini aux termes des précipitations [7] et de la température [8], il est caractérisé par une haute variabilité saisonnière [9] avec des étés chauds et secs et des hivers frais et humide [10].

L'importance de ce travail est de mettre en relief une comparaison entre l'ancienne et la nouvelle période de la région d'étude.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Situation géographique

La région d'étude se trouve sur la partie occidentale du Nord-Ouest algérien.

La Wilaya de Tlemcen est située sur le littoral Nord-ouest du pays et dispose d'une façade maritime de 120 km. C'est une wilaya frontalière avec le Maroc. D'une superficie de 9017,69 Km<sup>2</sup>, le Chef-lieu de la wilaya est située à 432 km à l'Ouest de la capitale Alger.

La région étudiée est située entre 34°25' et 35°25' de latitude Nord et 1°55' et 2°30' de longitude Ouest, avec une altitude moyenne de 850m.

Elle est limitée géographiquement :

Au Nord par la mer Méditerranée, au Nord-est par la wilaya d'Ain Temouchent, à l'Est par la wilaya de Sidi Bel-Abbès, à l'Ouest par la frontière algéro-marocaine et au Sud par la wilaya de Naâma.

Trois stations météorologiques ont fait l'objet de notre étude (Ghazaouet, Maghnia et Zenata) le tableau 1 résume leurs données géographiques. Nous avons pu couvrir, pour les stations de références, deux périodes, une ancienne et l'autre nouvelle.

Tableau n° 01 : données géographiques des stations d'étude

Station	périodes	Latitude Nord	Longitude Ouest	Altitude	Wilaya
Ghazaouet	1913-1938	35°06'00"	01°52'21"	04	Tlemcen
	1986-2014				
Maghnia	1913-1938	34°52'	1°47'	426	Tlemcen
	2002-2013				
Zenata	1913-1938	35°01'	1°27'	246,1	Tlemcen
	1986-2011				

## 2.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique et pour estimer rapidement l'influence des principaux éléments, divers systèmes sont proposés. Le plus utilisé en région méditerranéenne est le climagramme pluviométrique d'Emberger (1954).

Le calcul du Q2 d'Emberger va nous permettre de situer nos stations dans des étages bioclimatiques.

Les valeurs du Q2 étant d'autant plus basses lorsque le climat est plus sec.

Le quotient (Q2) a été formulé de la façon suivante :  $Q2 = 1000P / (M+m/2)$  (M-m)

P : pluviosité moyenne annuelle (somme des moyennes de précipitations annuelles).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (Température en  $K = T^{\circ}C + 273$ ).

m : moyenne des minima du mois le plus froid.

## 2.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Bagnouls et Gausson (1953) ont établi un diagramme qui permet de représenter la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles des températures en  $^{\circ}C$  avec celles des précipitations en mm ; en admettant que le mois est sec lorsque « P est inférieur ou égal à 2T ».

Pour présenter ces diagrammes ; ces auteurs proposent une double échelle en ordonnée à gauche des précipitations (P) et à droite les températures (T) soit double des précipitations ( $1^{\circ}C = 2mm$ ). En considérant la période de sécheresse, lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures, et humide dans le cas contraire.

Notre zone d'étude se situe dans un climat méditerranéen donc elle possède une période sèche. La durée de la saison sèche subit fortement l'influence de l'altitude (Bagnouls et Gausson, 1953). En d'autres termes, en montagne, les températures s'élèvent plus tardivement et diminuent plus tôt qu'en bord de la mer.

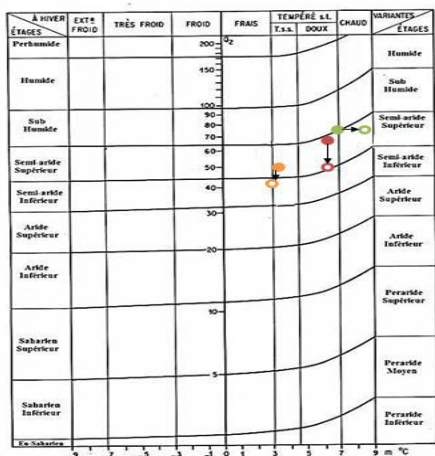
## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Quotient pluviothermique d'Emberger

La figure 01 représente le climagramme qui traduit la dynamique des étages bioclimatiques entre les deux périodes pour deux stations qui sont Ghazaouet et Maghnia et une stabilité pour la station de Zenata où l'étage reste le même.

On a constaté par la lecture du climagramme d'Emberger qu'il y a un changement de l'étage sub humide à hiver tempéré doux à l'étage semi aride supérieur à hiver chaud dans la région de Ghazaouet pour la nouvelle période alors que pour la région de Maghnia l'étage change du semi aride inférieur à hiver tempéré à semi aride inférieur à hiver frais.

Pour la région de Zenata l'étage est de type semi aride supérieur à hiver tempéré doux avec plus d'aridité récemment.



AP :

NP :

Ghazaouet : ●

Ghazaouet : ○

Maghnia : ●

Maghnia : ○

Zenata : ●

Zenata : ○

Fig. 1 - Position des stations d'étude dans les deux périodes sur le climagramme pluviométrique d'Emberger

### 3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Pour l'ancienne période (1913-1938) la durée de la sécheresse est de 6 mois pour les trois stations météorologiques (Ghazaouet, Maghnia et Zenata). Elle s'étale du mois de Mai au mois d'Octobre. Cette période où il y a eu une augmentation de deux mois pour la nouvelle période des deux stations de Ghazaouet (1986-2014) et Maghnia (2002-2013) et qui s'étale entre le mois d'Avril et le mois de Novembre, ce qui confirme la dynamique vers une sécheresse dans la nouvelle période. Pour la station de Zenata (1986-2011) la période sèche est de 7 mois du mois d'Avril au mois d'Octobre.

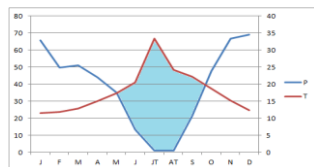


Fig. 2 - Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (AP) Station de Ghazaouet (1913-1938)

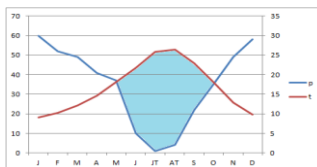


Fig. 3 - Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (AP) Station de Maghnia (1913-1938)



Fig. 4 - Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (AP) Station de Zenata (1913-1938)

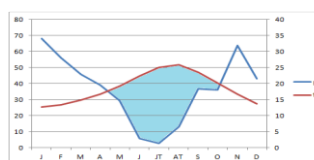


Fig. 5 - Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (NP) Station de Ghazaouet (1986-2014)



Fig. 6 - Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (NP) Station de Maghnia (2002-2013)

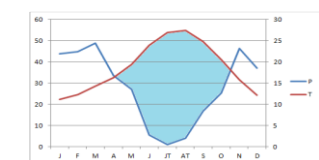


Fig. 7 - Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (NP) Station de Zenata (1986-2011)

## CONCLUSION

Notre région d'étude se situe dans un étage bioclimatique aride à semi-aride avec un hiver frais à tempéré. La comparaison entre l'ancienne et la nouvelle période pour les trois stations confirme une tendance vers un bioclimat plus aride. Deux périodes ont été mises en évidence une sèche et l'autre humide qui se caractérise par des variations pluviométriques généralement irrégulières après l'étude et l'exploitation des données météorologiques. Les précipitations saisonnières montrent que globalement la saison hivernale est la plus arrosée. La sécheresse atteint une durée de 7 à 8 mois voir plus dans l'année avec une intensité de plus en plus importante.

## Références

1. R. Dajoz, Précis d'écologie. eds. Dunod. Paris. (2006). 93 p.
2. F. Ramade, Dictionnaire Encyclopédique de l'écologie et des Sciences de l'Environnement, Edition internationale. Paris. (1993). 822 p.
3. L. Emberger, Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Mass. et Cie Paris. (1971). 520 p.
4. P.h. Daget, L. Ahdali, P. David, Le bioclimat méditerranéen et ses modalités dans les pays arabes. Bull. Ecol. Terr. Biocé. Tome 3. N° 12. U.R.B.T. Alger. (1988). pp. 73-93.
5. P. Estienne, A. Godard, Climatologie. Collection 3ème Ed. (1970). 80 p.
6. F. Bagnouls, H. Gausсен, Saison sèche et indicexéothermique. Doc. Carte. Vég. Art. 8. Toulouse. (1953/1957). 47 p.
7. F. Di Castri, Climatological comparisons between Chile and the Western Coast of North America. In: F. Di Castri, H. A. Mooney, eds. Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure. Springer-Verlag, New York. (1973). 405 p.
8. H. Aschmann, Distribution and peculiarity of Mediterranean Ecosystems. In: F. Di Castri, H. A. Mooney, (eds). Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure. Springer-Verlag, New York. (1973). 405 p.
9. R.P. Paskoff, Geomorphological processes and characteristics land-forms in the Mediterranean Regions of the World. In: Di Castri, F. & Mooney, H. A. eds. Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure. Springer-Verlag, New York. (1973). 405 p.
10. P.H. Daget, J.P. Michel-Villag, Délimitation de la région méditerranéenne selon les régimes des précipitations. In: Proceedings of Symposium Israel-France: ecological research and development of arid zones with winter precipitation. Special Publication, 39. Volcani Centre Bet-Dagan, Israel. (1975). pp. 3-1.



# Colloque – Formation Internationale



Eau-Environnement-Climat'2018 (E<sup>2</sup>C-2018)

Ressources en Eau, Environnement et Changement Climatique

Hammamet, le 22 au 27 Octobre 2018

Changement Climatique et Adaptation

Climate Change and Adaptation

## Sommaire

**Apport des techniques statistiques à l'étude de La variabilité climatique : Exemple du bassin versant de l'oued Saida (NW Algérien).**

Dahmani Meriem Nadia , Baba-Hamed Kamila , Bouanani Abderrazak.

**La réutilisation des eaux usées dans le contexte des changements climatiques : Cas de la Wilaya de Mascara, Algérie.**

Benali Benzater, Anouar Hachemaoui, Abdelkader Elouissi, Boumediene Benaricha.

**A Critical Discourse Analysis of a US Former President's Speech on Climate Change.**

Léonard Koussouhon, Franck Amoussou.

**Les ressources en eau dans les Oasis marocaines, rareté et stratégies d'adaptation aux changements climatiques-cas de la province de Zagora.**

Abdelaaziz El-Araby, Abdelaziz Yahyaoui, Ali Faleh.

**Étude du tarissement des cours d'eau pendant le changement de la variabilité climatique Cas de « Medjerda-Mellègue ».**

Wacila Khoualdia, Mahfoudi Abdelouadoud & Mahfoudi AbdelBasset.

**Tendances climatiques futures en Tunisie semi-aride (cas du bassin versant de Rmel).** Walid

Ben Khelifa, Taoufik Hermassi, Hamadi Habaieb.

**Variabilité climatique et aridité dans la région de Tlemcen (ALGERIE).**

Aboura Rédda, Siba Amina.

