

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté des sciences

Département de sciences Agronomiques



**Filière : Sciences Agronomiques**

**Mémoire de fin d'études :**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Aménagement  
Hydro-agricole

**Thème :**

**Caractérisation des propriétés climatiques et leur impact  
sur les ressources et les potentialités hydrauliques dans la  
Wilaya de Skikda.**

**Présenté par :**

- BOUBELLOUTA Fouzia
- GUERNANE Samah

**Membre de Jury:**

M <sup>me</sup> MELLAL Nour El-Houda	(MAA)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M <sup>me</sup> BOUCENNA Nawal	(MAA)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M. KHELFAOUI Hakim	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire : 2022-2023**

## Résumé

Les conditions climatiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eaux, les précipitations et les températures sont les liens les plus importants. La wilaya de Skikda située au Nord de l'Algérie est considérée parmi les zones les plus riches en ressources hydriques soit superficielles ou souterraines du pays. D'après l'indice de De Martonne le climat de la région est de type tempéré caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude avec drainage extérieur non indispensable. La zone d'étude appartient au bassin versant des Côtiers Constantinois Centre qui englobe presque toute la superficie de la wilaya de Skikda, avec des précipitations qui varient en moyenne de 650 mm à 1800 mm et des températures annuelles entre 13.8°C et 21.5°C avec années déficitaires et excédentaires presque égales. Ces précipitations sont en régression notables à cause du changement climatique, la moyenne annuelle est de 514.37mm, 330.48mm et 435.2 mm durant les trois dernières années de 2020 à 2023 respectivement. Alors que le calcul du bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite montre qu'une grande partie des précipitations est reprise par l'évapotranspiration (58.3%), le besoin en eau des plantes matérialisé par le déficit agricole est important (39.6%), alors que la recharge interannuelle est relativement faible. La satisfaction des besoins en eau devient de plus en plus restreinte et la recherche de sources non conventionnelle semble un choix primordiale irréversible. La gestion intégrée des ressources en eau devra être prise avec une grande importance pour le bon approvisionnement en cette source vitale pour les futures générations par la bonne gouvernance d'économie de préservation et d'exploitation de l'eau.

**Mots clés :** *Changement climatique, Précipitation, Température, Evapotranspiration, Réserve, Skikda.*

## **Abstract**

Climatic conditions play an important role in the hydrological behavior of rivers, precipitation and temperature are the most important. The wilaya of Skikda located in the North of Algeria is considered among the richest areas in water resources either in surface or underground water in the country. According to the De Martonne index, the climate of the region is of the temperate type characterized by two seasons, one humid and cold and the other dry and hot with non-essential external drainage. The study area belongs to the Côtiers Constantinois Center watershed which encompasses almost the entire area of the wilaya of Skikda, with rainfall varying on average from 650 mm to 1800 mm and annual temperatures between 13.8°C and 21.5°C. and nearly equal deficit and surplus years. These precipitations are in notable regression due to climate change, the annual average is 514.37mm, 330.48mm and 435.2 mm during the last three years from 2020 to 2023 respectively. While the calculation of the water balance by the method of Thornthwaite shows that a large part of the precipitation is taken up by evapotranspiration (58.3%), the water needs of plants materialized by the agricultural deficit is important (39.6%), whereas interannual recharge is relatively low. The satisfaction of water needs is becoming more and more limited and the search for non-conventional sources seems to be an irreversible primordial choice. The integrated management of water resources should be taken with great importance for the good supply of this vital source for future generations through good governance for the conservation and exploitation of water.

**Keywords:** *Climate change, Precipitation, Temperature, Evapotranspiration, Reserve, Skikda.*

## ملخص

تلعب الظروف المناخية دورًا مهمًا في السلوك الهيدرولوجي للأنهار ، حيث يعتبر هطول الأمطار ودرجة الحرارة أهم الروابط. تعتبر ولاية سكيكدة الواقعة شمال الجزائر من أغنى المناطق بالموارد المائية سواء السطحية أو الجوفية في البلاد. وفقًا لمؤشر De Martonne ، فإن مناخ المنطقة من النوع المعتدل يتميز بموسمين ، أحدهما رطب وبارد والآخر جاف وساخن مع تصريف خارجي غير ضروري. تنتمي منطقة الدراسة إلى حوض الاستقبال التابع للشمال القسنطيني الأوسط الذي يشمل تقريباً كامل منطقة ولاية سكيكدة ، مع هطول أمطار يتراوح في المتوسط من 650 ملم إلى 1800 ملم ودرجات حرارة سنوية تتراوح بين 13.8 درجة مئوية و 21.5 درجة مئوية مع تكافؤ في سنوات الفائض و العجز. تعتبر هذه التساقطات في تراجع ملحوظ بسبب تغير المناخ ، حيث يبلغ المتوسط السنوي 514.37 ملم و 330.48 ملم و 435.2 ملم خلال السنوات الثلاث الماضية من 2020 إلى 2023 على التوالي. في حين أن حساب التوازن المائي بطريقة Thornthwaite يوضح أن جزءاً كبيراً من التساقط يتم تناوله عن طريق التبخر (58.3٪) ، لذلك فإن الاحتياجات المائية للنباتات المعبر عنها بالعجز الزراعي مهمة (39.6٪) ، في حين أن ملاءم المخزون الأرضي بالماء بين السنوات منخفض نسبياً. أصبحت تلبية الاحتياجات المائية محدودة أكثر فأكثر ويبدو البحث عن المصادر غير التقليدية خياراً أساسياً لا رجعة فيه. يجب أن تؤخذ الإدارة المتكاملة لموارد المياه بأهمية كبيرة من أجل الإمداد الجيد لهذا المصدر الحيوي للأجيال القادمة من خلال الحكم الرشيد لاقتصاد الحفاظ والاستغلال الأمثل للمياه.

**الكلمات المفتاحية:** تغير المناخ ، هطول الأمطار ، درجة الحرارة ، التبخر ، مخزون ، سكيكدة.

## REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons tout d'abord à remercier Allah pour nous avoir donné la force et le courage pour pouvoir réaliser ce travail.

Nous tenons à adresser nos plus sincères, nos vifs remerciements, notre respect et notre reconnaissance à notre encadreur docteur **KHELFAOUI Hakim**, qui a accepté de diriger ce travail grâce à ses idées, ses corrections, son soutien, ses conseils et ses critiques tout au long de la réalisation de ce travail.

Nos s'incères remerciements aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner et évaluer au bien notre travail Mme. **Mellal Nour El-Houda** présidente de jury et Mme. **BOUCENNA Nawal** notre examinatrice.

Nous tenons également à exprimer notre remerciement à tous nos enseignants du Département des Sciences Agronomiques de l'université 20 Aout 1955 de Skikda.

Nos sincères remerciements au personnel du laboratoire de dessalement de la Raffinerie de Sonatrach Mr. Mohamed BOUMEHRES et Mme Siham de la direction des ressources hydriques de Skikda (DRH), Mr. MEZGHACHE Hicham et à tous nos amies et nos collègues pour leurs soutiens et leurs conseils.

Nos vifs remerciements, à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à faire ce travail.

	Page
Résumé.....	
Abstract.....	
ملخص.....	
Remerciements .....	
Liste des figures .....	
Liste des tableaux.....	

## SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	01
-----------------------------	----

### Partie I

#### Potentialités hydriques/caractéristiques de la Wilaya de Skikda

1. Situation géographique .....	04
2. Caractéristiques hydrologiques .....	05
2.1. Longueur des principaux Oueds par sous bassin .....	05
2.2. Stations de mesures pluviométriques.....	05
2.3.Réseau hydrographique .....	06
3.Ressources souterraines .....	06
3.1. Mobilisation de ressources souterraines .....	08
3.2. Délimitation des aquifères .....	08
4.Ressources superficielles .....	10
4.1.1.Les barrages .....	10
4.1.1.1. Barrage de Zardezas .....	10
4.1.1.2. Barrage de Guenitra .....	10
4.1.1.3. Barrage de Beni Zid .....	11
4.1.1.4. Barrage de Zit Emba .....	11
5.Potentialités hydriques de la Wilaya .....	11
6.L'aspect socio-économique .....	12
6.1. Population de la Wilaya .....	12
6.2. Population active .....	13
6.3. Agriculture .....	13
6.3.1.Forêts .....	14
6.4. Industrie .....	15
7.Notions de climatologie .....	16
7.1. Les principaux Gaz à Effet de Serre (GES) .....	16
7.2. Conséquences du changement climatique sur les risques naturels .....	16
7.3. Impacts du changement climatique en Algérie .....	17
7.3.1.Changement climatique local .....	17

**Chapitre 1**  
**Matériels et méthodes**

1.Méthodologie générale .....	18
1.1.Mesure de la température .....	19
1.1.1.Définition de la température .....	19
1.1.2.Unités de mesure .....	19
1.2. Mesure de la précipitation .....	19
1.2.1.Définition .....	19
1.2.2.Mesure .....	20
2.Analyse de données .....	21
•Méthode du bilan d'eau selon Thornthwaite .....	21

**Chapitre2**  
**Résultats et discussions**

1.Caractéristiques climatiques .....	23
2.Cadre climatique .....	23
3.Analyse des précipitations .....	23
3.1.Coefficient pluviométrique.....	24
3.2.Variations des précipitations dans le temps .....	26
3.2.1.Variations annuelles .....	26
3.2.2.Variations moyennes mensuelles .....	27
4.Analyse des températures .....	28
4.1. Variations des températures dans le temps .....	28
4.1.1. Variations moyennes mensuelles .....	28
4.1.2. Variations moyennes annuelles .....	29
5.Diagrammes ombrothermiques .....	30
6.Le bilan hydrique .....	32
6.1. Estimation des paramètres du bilan .....	32
6.1.1. L'évaporation-évapotranspiration .....	32
6.1.2.Le ruissellement .....	34
6.1.3.L'infiltration .....	35
6.1.4.1.Représentation graphique du bilan d'eau .....	38
7.Détermination du type du climat (Indice De Martonne) .....	40
8.Le diagramme de L. Emberger .....	41
9.Formule de Wundt .....	42
10.Impact des changements climatiques sur les potentialités hydriques de la région .....	44
10.1.Apport mensuel en eau des barrages .....	44
10.2.Taux d'évaporation des eaux des barrages .....	45
10.3.Taux de prélèvement des eaux des barrages .....	45
11.Approvisionnement en eau .....	46
11.1.Eau non conventionnelle .....	46
11.2.Eaux usées épurées .....	47
11.3.Lutte contre la pollution .....	47
11.4.Utilisation durable des eaux souterraines .....	47

11.5.La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) .....	48
<b>Conclusion générale</b> .....	51
<b>Références bibliographiques</b> .....	54

## LISTE DES FIGURES

<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Fig. 01- Situation géographique de la wilaya de Skikda avec limites du bassin CôtiersConstantinois Centre et les sous bassins (ANRH, 2000).....	04
Fig. 02- Longueur des principaux cours d'eau qui traversent la Wilaya de Skikda.....	05
Fig. 03- Réseau hydrographique dans la Wilaya de Skikda (ANRH, 2000).....	07
Fig. 04- Carte schématique d'extension des nappes dans la wilaya de Skikda.....	09
Fig. 05- Répartition de la population active occupée par secteur d'activité.....	13
Fig. 06- Occupation du sol de la Wilaya de Skikda, (d'après Benamira, 2017).....	15
Fig. 07- Mesure de la Température dans une station météorologique.....	19
Fig. 08-Pluviomètre.....	20
Fig. 09 - Précipitations annuelles médianes « normales» 1965-1995 (D'après ANRH,2003).....	24
Fig. 10 -Les variations des coefficients pluviométriques pour les stations de Skikda, Guenitraet Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).....	26
Fig. 11- Variations des précipitations annuelles (en mm) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).....	27
Fig. 12 - Variations des précipitations moyennes mensuelles (en mm) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).....	28
Fig. 13- Variations des températures moyennes mensuelles (en °C) pour les stations deSkikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).....	29
Fig. 14- Variations des températures moyennes annuelles (en °C) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).....	30
Fig. 15-Digramme ombrothermique pour la station de Skikda (2001-2002/2021-2022).....	30
Fig. 16-Digramme ombrothermique pour la station de Guenitra (2001-2002/2021-2022).....	31
Fig. 17 -Digramme ombrothermique pour la station de Beni Zid (2001-2002/2021-2021).....	31
Fig. 18- Bilan d'eau (Station de Skikda 2001-2002/2021-2022).....	39
Fig. 19- Bilan d'eau (Station de Guenitra 2001-2002/2021-2022).....	39
Fig. 20- Bilan d'eau (Station de Beni Zid 2001-2002/2020-2021).....	40
Fig. 21- Type de climat de la Wilaya de Skikda par la methode de De Martonne.....	41
Fig. 22- Type de climat de la station de Skikda par le climagramme d'Emberger.....	42
Fig. 23 -Abaque de Wundt.....	43
Fig. 24-Variations des apports mensuels en eau des barrages de la wilaya de Skikda (2021-2022).....	44
Fig. 25 -Variations des taux d'évaporation des barrages de la wilaya de Skikda (2021-2022).....	45
Fig. 26- Taux mobilisables des eaux des barrages de la wilaya de Skikda (2021-2022).....	46
Fig. 27- Les éléments de la gestion durable les eaux souterraines: L'offre (en haut) et demande (en bas).....	48

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
Tableau 01. Stations pluviométriques dans le bassin des Côtiers Constantinois Centre (d'après l'ANRH).....	6
Tableau 02. Les ressources souterraines potentielles par sous bassin.....	6
Tableau 03. potentialités hydriques de la Wilaya de Skikda.....	11
Tableau 04. Population des communes de la Wilaya de Skikda l'an 2020.....	12
Tableau 05. Principaux indicateurs du secteur agricole .....	14
Tableau 06. Répartition du patrimoine sylvicole .....	15
Tableau 07. Coordonnées géographiques des stations météorologiques étudiées.....	18
Tableau 08. Coefficients pluviométriques des stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid.....	25
Tableau 09. Détermination des paramètres de la formule du bilan.....	35
Tableau 10. Le bilan hydrique pour la station de Skikda d'après la méthode de C. W.Thornthwaite.....	36
Tableau 11. Le bilan hydrique pour la station de Guenitra d'après la méthode de C. W.Thornthwaite.....	37
Tableau 12. Le bilan hydrique pour la station de Beni Zid d'après la méthode de C. W Thornthwaite.....	38
Tableau 13. Calcul des paramètres de la formule d'Emberger.....	42

## LISTE DES ABREVIATIONS

### ***Abréviation***    ***Synonyme***

ANRH	Agence nationale des ressources hydriques
P.N.E	plan national de l'eau
BTPH	Bâtiments travaux public et hydraulique
SAU	Superficie Agricole Utile
GES	Gaz à Effet de Serre
CO2	carbonique
ETP	Evapotranspiration potentielle
ETR	Evapotranspiration réelle
RFU	réserve facilement utilisable
AEP	alimentation en eau potable
AEI	alimentation eau industrielle
IRR	irrigation
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
DA	déficit agricole
SE	surplus d'eau
ES	épuisement du stock
DRE	Direction des Ressources en Eau
ANIREF	Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

Dans le monde Les effets du changement climatique sont de plus en plus visibles partout. Alors que la température de la Terre continue d'augmenter (Swynghedauw et Weméau 2021). Les études scientifiques montrent clairement que le développement de l'activité économique s'est traduit par une augmentation des températures de la planète et des perturbations climatiques telles que l'accentuation des phénomènes climatiques extrêmes (Guivarch et Taconet, 2020). Ce changement climatique a des impacts directs sur les ressources naturelles, les écosystèmes et les sociétés (Yobom, 2020). Le secteur de l'eau est parmi les secteurs les plus affectés, comme le démontrent les observations et les études réalisées à travers de nombreuses régions du monde, avec de fortes répercussions socioéconomiques et environnementales (Swynghedauw et Weméau 2021).

La ressource en eau potentiellement disponible est estimée entre 10.000 et 12.000 km<sup>3</sup> par an la situation ne semble donc pas critique à l'échelle mondiale. Cependant, les précipitations et les écoulements terrestres sont mal répartis sur l'ensemble du globe. Certaines régions reçoivent beaucoup plus d'eau que d'autres, la répartition des ressources s'en trouve très inégale et certains pays souffrent d'un manque notable d'eau (Butcher et al., 2021). La qualité de l'eau est un paramètre important qui touche à tous les aspects du bien-être des écosystèmes et de l'homme tels que la santé d'une communauté, les denrées alimentaires à produire, les activités économiques, la santé des écosystèmes et la biodiversité. En conséquence, la qualité de l'eau a également une influence sur la détermination des niveaux de pauvreté, de richesse et d'éducation de l'homme.

A l'instar des autres pays, l'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant à toutes les mutations nées aussi bien des changements climatiques, de l'évolution, des enjeux et des besoins sociaux-économiques ainsi que d'une perception du coût réel de l'eau et des conséquences économiques, Dès 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassin et les Comités de Bassin. Le territoire algérien a été subdivisé en 5 grand bassins versants créant dans chacun d'entre eux des organismes de bassin: Agences de Bassin hydrographique et Comités de bassin hydrographique (Mebarki, 2007).

Les réalisations de l'Etat algérien dans le domaine de la mobilisation de l'eau et des grands transferts d'eau permettent la protection de cette ressource vitale et le sécuriser pour les générations futures, afin d'assurer la sécurité de l'eau là où les réalisations de l'Etat à l'horizon 2030 comprennent la construction de 125 barrages, outre l'achèvement des usines de dessalement d'eau de mer, afin d'assurer un équilibre entre les ressources en eau existantes souterraines (Djaffar et Kettab, 2018) utilisées de plusieurs manières, y compris le forage de puits, de sources et les eaux superficielles des rivières et des barrages (Hadeef, 2016).

L'agriculture dans le nord de l'Algérie repose sur l'irrigation par les eaux superficielles et des précipitations. Au sud, les aquifères sédimentaires profonds contiennent d'immenses quantités d'eaux souterraines «fossiles» qui ne sont pas activement rechargées. Les eaux souterraines de ces aquifères profonds sont traditionnellement utilisées depuis des siècles, à une échelle relativement petite, par le biais de foggaras - galeries d'eau (Khelfaoui et *al.*, 2020), il existe également des captages modernes plus vastes. La baisse du niveau des eaux souterraines dans certaines zones montre qu'une certaine surexploitation est en cours.

En matière de potentialités hydriques de la Wilaya de Skikda, la moyenne pluviométrique atteint les 660 mm/an sur l'ensemble du bassin, traduisant un apport globalement de l'ordre de 765 millions de m<sup>3</sup>/an. Ce potentiel se trouve malheureusement confronté à d'énormes contraintes de gestion et de la maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place, réduisant le volume de mobilisation (Khelfaoui et Zouini, 2010). Les eaux superficielles réparties sur quatre barrages utilisés pour l'alimentation en eau potable, en eau industrielle et en eau d'irrigation sont largement exploitées avec un impact remarquable sur le taux de remplissage des ces derniers et leurs utilisations excessives durant ces dernières années. le barrages de Beni Zid, qui a une capacité de stockage de 39 millions de mètres cubes alimente les municipalités de Beni Zid, Collo, Kerkera et Al-Charaya, le barrage de Zit Emba de la commune de Bekkouche Lakhdar (à l'Est de Skikda) alimente les communes de Skikda, Azaba, Djandel, Ain Charchar, Al Sebt et Bekouche Lakhdar, le barrage de Guenitra dans la commune d'Oum Toub (Ouest de Skikda) alimente les communes de Tamalous, Beni Oulbane et leurs agglomérations limitrophes, le barrage de Zerdazas (au Sud), qui est considéré comme le plus ancien barrage a une capacité de stockage de 33 millions de mètres cubes alimente les communes de Zerdazas, El Harrouch, Ain Bouziane et Medjaz Edechich. (Belhadj et Boudoukha, 2014).

L'objectif de la présente étude est de focaliser l'effet des paramètres climatiques sur la dynamique des réserves superficielles et souterraines en eau de la Wilaya suite au changement climatique qu'affecte une large extension de notre monde.

Ce travail a été divisé en deux parties fondamentales :

- La première partie ; concerne la détermination des Potentialités hydriques et les caractéristiques de la Wilaya de Skikda; on a montré quelques caractéristiques hydrologiques, hydrogéologiques, topographiques et géologiques du bassin versant Côtiers Constantinois Centre et l'aspect socioéconomique de la Wilaya de Skikda avec les effets des changements climatiques.
- La deuxième partie : Pratique, divisée elle-même en :
  - Chapitre 1 : Matériels et méthodes ; tout le matériel utilisé aux mesures des paramètres climatique tel que la température et la précipitation, avec les méthodes utilisées pour l'interprétation de l'évolution des paramètres.
  - Chapitre 2 : Résultats et discussion ; par l'outil informatique les résultats ont été tracés sous forme d'histogrammes à l'aide du logiciel Excel, ainsi interprétés.
- Enfin, notre étude est achevée par une conclusion générale.

*Partie I*

---

**POTENTIALITÉS HYDRIQUES /  
CARACTÉRISTIQUES DE LA WILAYA DE  
SIKDA**

## 1. Situation géographique

La Wilaya de Skikda est située au Nord-Est de l'Algérie avec une bande côtière d'environ 140 km de longueur, elle comprend 13 Daïras regroupant en total 38 communes, limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la Wilaya d'Annaba, la Wilaya de Jijel à l'Ouest et les wilayas de Constantine et de Guelma et de Mila au Sud (Fig. 01) avec une superficie estimée à 4137,68 km<sup>2</sup>, et une population qui dépasse 1 115 380 habitants (2020).

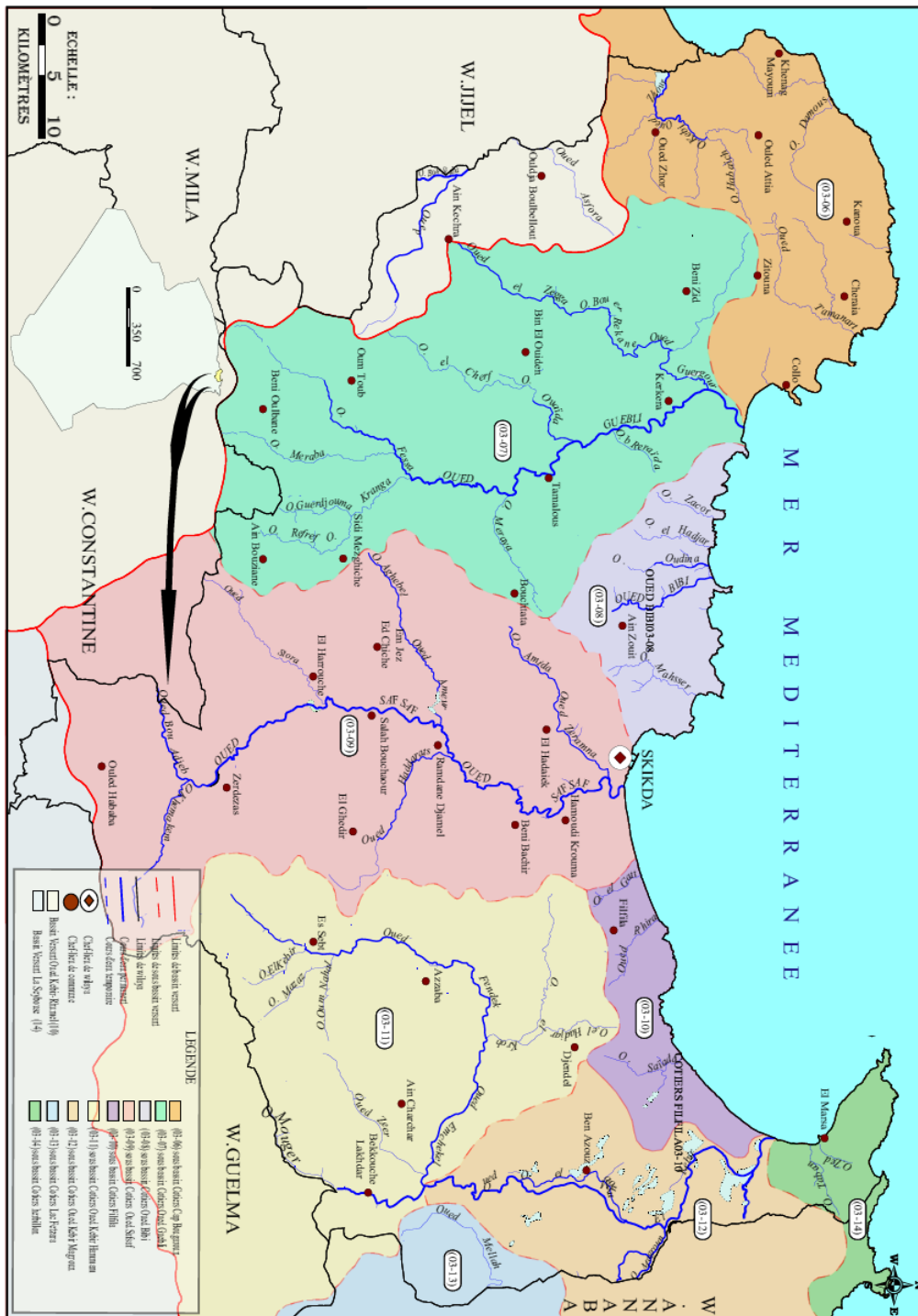


Fig. 01- Situation géographique de la wilaya de Skikda avec limites du bassin Côtiers Constantinois Centre et les sous bassins (ANRH, 2000).

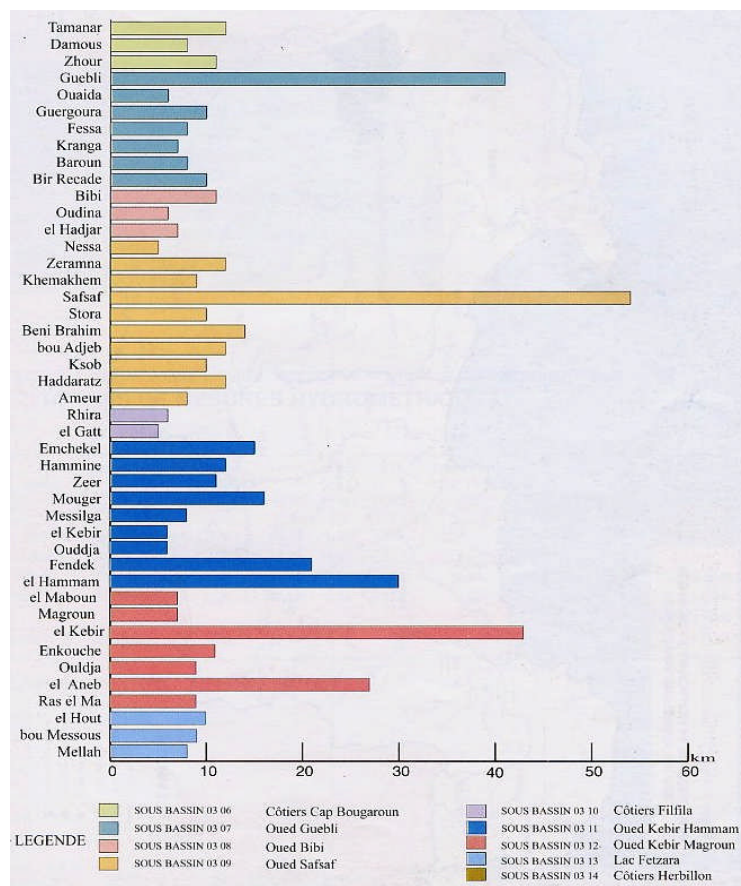
## 2. Caractéristiques hydrologiques

La Wilaya de Skikda est localisée dans le bassin des Côtiers Constantinois Centre qui possède une superficie de 5582 km<sup>2</sup> et qui fait partie du bassin Constantinois. Il présente un chevelu hydrographique dense totalisant un réseau de plus de 4200 km.

Le bassin des Côtiers Constantinois Centre est subdivisé lui-même en neuf sous bassins versants (Fig. 01).

### 2.1. Longueur des principaux Oueds par sous bassin

Les principaux cours d'eau de la Wilaya de Skikda sont Oued Saf-Saf, Oued Guebli, Oued El Kebir et Oued El Hammam (Fig. 2).



*Fig. 2- Longueur des principaux cours d'eau qui traversent la Wilaya de Skikda (ANRH, 2000).*

### 2.2. Stations de mesures pluviométriques

Le bassin des Côtiers Constantinois Centre est équipé de dix sept (17) stations pluviométriques gérées par l'ANRH.

**Tableau 01-** Stations pluviométriques dans le bassin des Côtiers Constantinois Centre  
(d'après l'ANRH).

Stations pluviométriques		
Sous bassin	Denomination	Nombre
03 06	Côtiers Cap Bougaroun	/
03 07	Oued Guebli	5
03 08	Oued Bibi	/
03 09	Oued Saf-Saf	7
03 10	Côtiers Filfila	/
03 11	Oued Kebir Hammam	3
03 12	Côtiers Kebir Magroun	2
03 13	Lac Fetzara	/
03 14	Côtiers Herbillon	/

### 2.3. Réseau hydrographique

Le bassin versant du Côtiers Constantinois Centre qui englobe presque toute la superficie de la Wilaya de Skikda possède un chevelu hydrographique dense et très ramifié suite à sa topographie accentuée et la lame d'eau précipitée (Fig. 3).

### 3. Ressources souterraines

Les ressources d'eau souterraines sont de degré importante surtout dans les horizons aquifères des nappes alluviales du sable, gravier et galets des vallées de l'Oued Saf-Saf et l'Oued Guebli, ainsi que dans les horizons aquifères du massif cristallophyllien fissuré dans la partie Ouest de la Wilaya (Fig. 4). Les précipitations importantes constituent la source primordiale d'alimentation des ces nappes, ces dernières sont largement captées par des forages et puits destinés à l'alimentation en eau potable, irrigation et même en industrie.

**Tableau 02-** Les ressources souterraines potentielles par sous bassin (ANRH, 2000).

Sous bassin	Superficie (km <sup>2</sup> ) selon (P.N.E)	Potentialités des nappes (hm <sup>3</sup> /an) Selon (P.N.E)
03 06	497	1,00
03 07	995	2,20
03 08	/	/
03 09	1130	3,9
03 10	/	/
03 11	1223	11,4
03 12	396	0,6
03 13	721	13,4
<b>Total</b>	<b>4962</b>	<b>32,5</b>

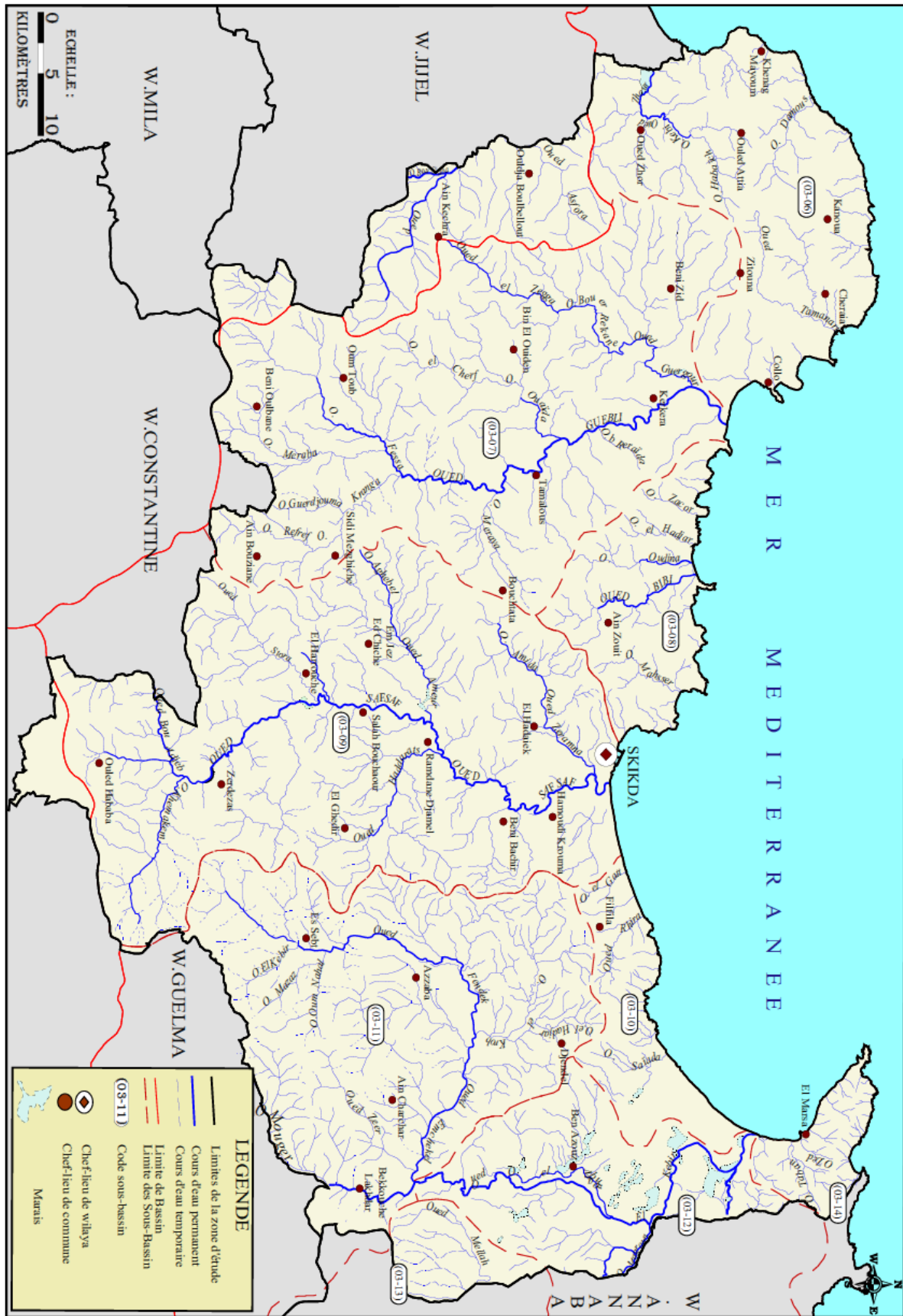


Fig. 3- Réseau hydrographique dans la Wilaya de Skikda (ANRH, 2000).

### 3.1. Mobilisation de ressources souterraines

Selon les renseignements recueillis de l'ANRH, 147 forages sont actuellement en exploitation dans le bassin, mobilisant un potentiel de 1925,8 l/s soit 60,73 hm<sup>3</sup>/an selon la répartition suivante :

- Alimentation en eau potable : 84.55%, 51.35 hm<sup>3</sup>/an (130 Forages).
- Alimentation en eau industrielle : 11.76%, 7.14 hm<sup>3</sup>/an (13 Forages).
- Irrigation : 3.69 %, 2.24 hm<sup>3</sup>/an (4 Forages).

### 3.2. Délimitation des aquifères

En fonction de leurs caractéristiques propres, les nappes de la région de Skikda peuvent être regroupées en cinq formations aquifères essentiellement formées par des dépôts alluvionnaires du quaternaire:

- La plaine de Collo : Le réservoir est une nappe semi captive se présentant par des formations essentiellement alluvionnaires d'épaisseur 15-25 m, avec toit représenté par des argiles sableuses et un substratum marneux.
- La plaine de Oued Zhour : libre avec un toit perméable formé de sables, graviers et galets, l'ensemble de l'aquifère (sables et graviers) qui a une épaisseur allant de 30 à 35 m avec un substratum de marnes. Sa réserve est estimée à 10 Mm<sup>3</sup>
- Vallée de Saf-Saf : Le bassin versant de l'Oued Saf-Saf est le plus important de toute la région de Skikda marquée par une réserve régulatrice estimée à presque 125 Mm<sup>3</sup> (ANRH, 2000). Les différentes structures et unités géologiques existantes dans le sous bassin de Oued Saf-Saf d'étude définissent les cinq types de nappes suivantes (Ben Rabah, 2006) :
  - La nappe des grès numidiens caractérisée par une alternance irrégulière de grès et d'argiles qui occupe les sommets à l'intérieur du bassin versant.
  - Les nappes des flyschs mauritaniens caractérisées par des argiles, poudings, calcaire phtalique qui s'étendent de Ain Bouziane jusqu'au Sud-Ouest d'El-Harrouch.
  - La nappe des schistes composée de schistes, phyllades, gneiss et marbres elle occupe la limite Ouest du bassin et se poursuit plus au Sud de Staiha jusqu'au Nord-est (Dj. Gouhdi).
  - La nappe des calcaires qui s'étend du Sud-Ouest jusqu'au Nord-Est du bassin.

- La nappe des alluvions : c'est l'aquifère majeur de toute cette partie, il longe l'Oued Saf-Saf et ses affluents. Il est composé d'un ensemble de formation perméable telle que graviers, sables et galets avec des passages de sable argileux.

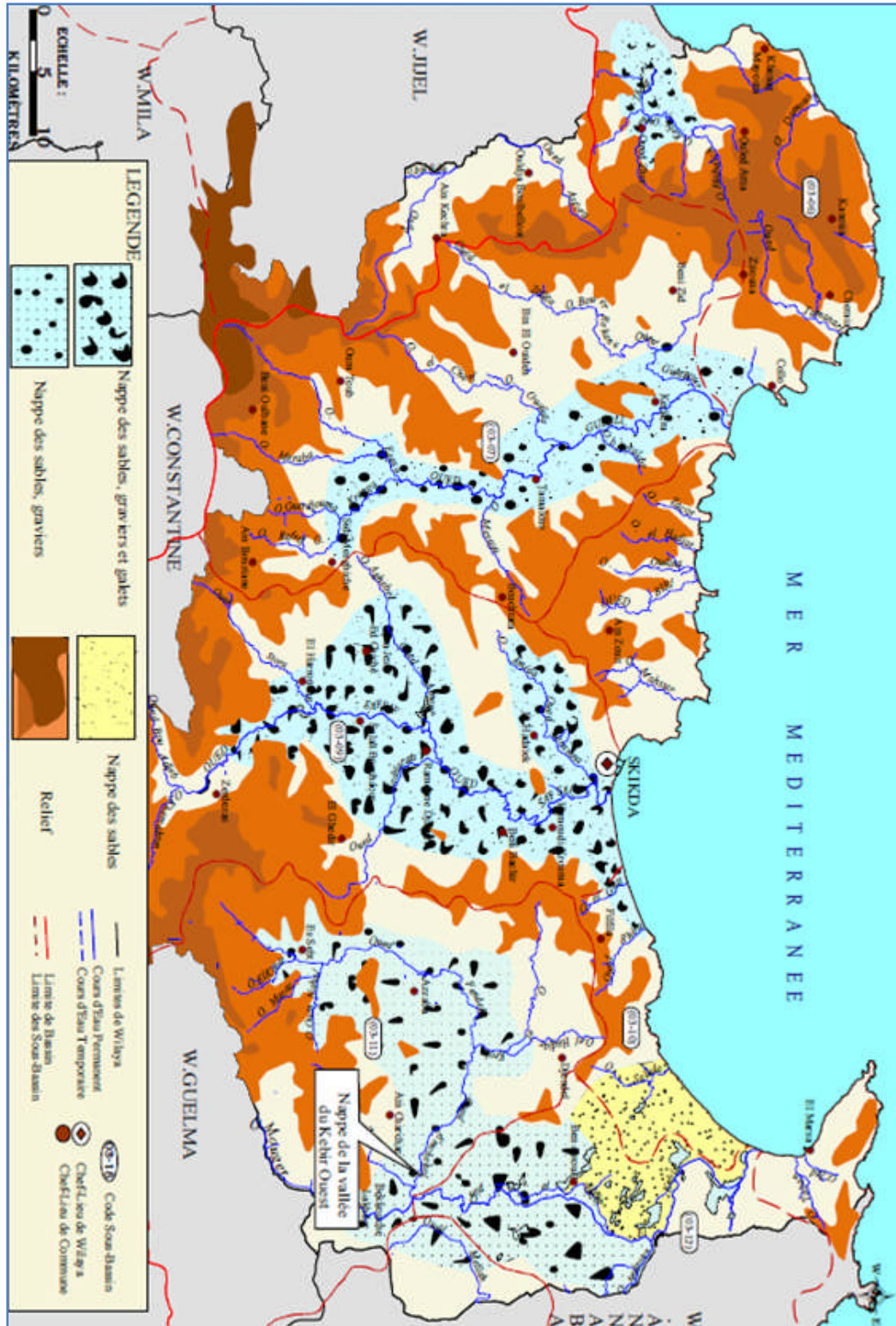


Fig. 4- Carte schématique d'extension des nappes dans la wilaya de Skikda (ANRH, 2000).

- La plaine d'Oued Kebir Ouest : existence de deux aquifères superposés ; la première alluviale de Kebir Ouest, formée d'un mélange de sable, graviers et galets, se localise sous un toit imperméable à semi perméable, son épaisseur varie de 5 m jusqu'à 20 mètres. La deuxième nappe étant captive, possède un toit imperméable formé d'argiles limoneuses dont d'épaisseur entre 10 à 20 mètres légèrement incliné vers le Sud. Le substratum est formé en général par des marnes
- Massif dunaire de Guerbez : révèlent l'existence de deux nappes superposées distinctes l'une superficielle et l'autre profonde séparées par une couche semi-perméable à certain endroits. La première libre formée par un matériel sableux, son épaisseur est variable de 5 à 10 m. La seconde est une nappe semi captive à matériel alluvionnaire grossier constitue de sable, graviers et galets. Son épaisseur moyenne est de 15 mètres.

#### **4. Ressources superficielles**

La Wilaya de Skikda dispose d'une potentialité importante en ce qui concerne les ressources superficielles matérialisées par les Oueds, barrages, retenues collinaires et zones humides par rapport à la plu part des Wilayas de l'Algérie. La Wilaya dispose de quatre barrages de capacité moyenne et plus de 40 retenues collinaires d'une capacité de stockage qui dépasse 3 300 000 m<sup>3</sup>.

##### **4.1.1. Les barrages**

###### **4.1.1.1. Barrage de Zardezas**

Situé dans la commune de Zardezas cet ouvrage alimente en eau potable les régions d'El Harrouch, Sidi Mezghich, Salah Bouchaour, Zardezas, Ain Bouziane et Medjez Edchich ainsi que la zone industrielle de la ville de Skikda, il permet aussi l'irrigation de la plaine de Saf-Saf (1800 Ha) tout en protégeant la vallée du Saf-Saf contre les inondations. Sa capacité initiale est estimée à 32 million de m<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 18 million de m<sup>3</sup>, son volume régularisable est de 18 million de m<sup>3</sup> par année.

###### **4.1.1.2. Barrage de Guenitra**

Localisé dans la commune d'Oum Toub il satisfait les besoins en eau potable de la Daïra de Skikda et sa zone industrielle, communes de Tamalous Sidi Mezghiche, avec le barrage de Zardezas il assure l'irrigation de la plaine de Saf-Saf. Sa capacité initiale est

estimée à 120 million de m<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 117 million de m<sup>3</sup> d'eau, son volume régularisable est estimé à près de 30 million de m<sup>3</sup> par an.

#### 4.1.1.3. Barrage de Beni Zid

Réalisé dans la commune de Beni Zid d'une capacité initiale est de 40 million de m<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir qu'un volume de 39 million de m<sup>3</sup>, il est destiné pour assurer les besoins en eau potable de la ville de Collo et l'irrigation de 1500 Ha de terres agricoles, son volume régularisable est estimé à 20 million de m<sup>3</sup> par an.

#### 4.1.1.4. Barrage de Zit Emba

Implanté dans la commune de Bekkouche Lakhdar c'est un ouvrage d'une capacité totale initiale est de 120 million de m<sup>3</sup>, actuellement, il ne peut contenir que 116.59 million de m<sup>3</sup>, il couvre les besoins en eau potable de la région de Azzaba et assure l'irrigation du périmètre de Zit Emba (7000 Ha). Son volume régularisable est de 45 million de m<sup>3</sup> (ANB de Skikda, 2005).

## 5. Potentialités hydriques de la Wilaya

Les potentialités hydriques sont récapitulées dans le tableau 03.

*Tableau 03- potentialités hydriques de la Wilaya de Skikda (Source DRE de Skikda, 2023).*

Eléments pertinents	Données
Capacité globale d'eau mobilisable	155 204 000 M <sup>3</sup>
Capacité globale d'eau mobilisée	93 177 000 M <sup>3</sup>
Nombre de barrages	4
Capacité des barrages	290 667 000 M <sup>3</sup>
Capacité des retenues collinaires	1 410 000 M <sup>3</sup>
Nombre de forages	161
Capacité des forages (volume de production)	45 000 M <sup>3</sup>
Nombre de branchements des ménages au réseau - AEP	207 456
Consommation moyenne en eau potable par habitant (source : facturation aux ménages)	157/ Litres/jour/habitant
Taux global de raccordement au réseau - AEP	94,34 %
Taux de déperdition dans le réseau - AEP	40 %
Nombre de stations d'épuration	1
Taux global de raccordement au réseau d'assainissement	87,33 %

## 6. L'aspect socio-économique

### 6.1. Population de la Wilaya

D'après la Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires

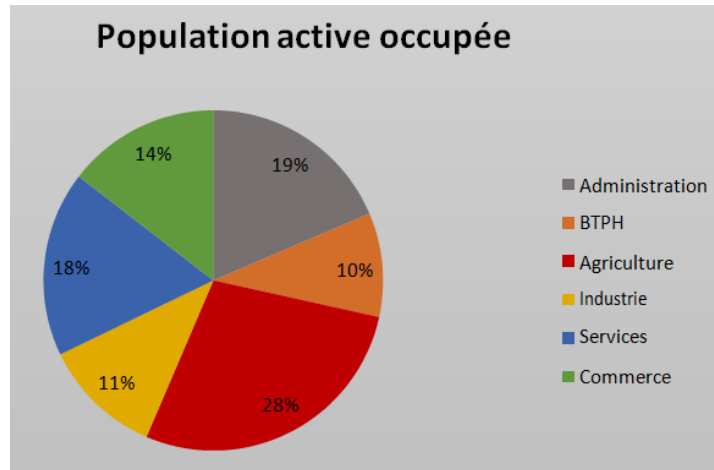
La population de la Wilaya est estimée à 1 115 380 habitants en 2020 (Tableau 04).

*Tableau 04- Population des communes de la Wilaya de Skikda l'an 2020 (ANIREF, 2021).*

Commune	Population totale	Superficie(km <sup>2</sup> )	Densité habitant/km <sup>2</sup>
Skikda	202 567	52	3 896
Hamadi Krouma	37 637	31	1 214
Fil Fila	35 901	65	552
El Hadaiek	22 288	48	464
Bouchtata	11 415	112	102
Ain-Zouit	2 444	108	23
Ramdane Djamel	36 466	144	253
Beni Bechir	11 932	42	284
Collo	44 178	24	1 841
Beni Zid	25 622	139	184
Cheraia	23 225	66	352
Zitouna	10 342	34	304
Kanoua	8 658	68	127
Ouled Attia	13 437	104	129
Khenak Mayoune	5 676	47	121
Oued Z'hor	8 351	88	95
Azzaba	70 468	178	396
Djendel	10 714	212	51
Ain Charchar	19 463	102	191
Es-Sebt	18 902	244	77
El Ghedir	7 989	46	174
Ben Azzouz	36 102	239	151
Bekkouche Lakhdar	18 791	150	125
La Marsa	7 422	112	66
El Harrouch	60 654	96	632
Salah Bouchaour	36 851	96	384
Emjez Edchich	24 855	77	323
Zardezas	15 546	102	152
Ouled Habeba	10 363	199	52
Sidi Mezghiche	31 686	95	334
Beni Ouelbene	31 039	162	192
Ain Bouziane	11 872	76	156
Tamalous	63 467	178	357
Bin El Ouidene	26 775	104	271
Kerkera	33 648	86	391
Ain Kechera	30 423	143	213
Ouldja Boulbalout	5 553	70	79
Oum Toub	42 658	179	238
<b>Total wilaya</b>	<b>1 115 380</b>	<b>4 118</b>	<b>271</b>

## 6.2. Population active

La population se répartie suivant les activités exercée dans la wilaya de Skikda en : 28% en domaine agricole, 19% en administration, 18% secteur des services, 14% en commerce, 11% en industrie et 10% en bâtiments, travaux public et hydraulique BTPH, (Fig. 5).



*Fig. 5- Répartition de la population active occupée par secteur d'activité (Ben Rabah, 2006).*

## 6.3. Agriculture

La wilaya de Skikda est une région à vocation agricole avec 191119 ha affectés à l'agriculture. La superficie agricole utile qui est de 131879 ha se trouvant principalement dans les hauts piémonts et les montagnes qui représentent 31 % de la superficie totale de la wilaya (Ben Rabah, 2006).

Les principales cultures dans la wilaya de Skikda sont :

- Les céréales.
- Cultures maraîchères (2870 ha).
- Cultures fourragères.
- Arboriculture (2130 ha).
- Cultures industrielles (2891 ha).

La stratégie nationale de développement agricole a retenu la wilaya de Skikda comme zone de production intensive des cultures maraîchères, fruitières, industrielles et fourragères.

En effet, ces cultures sont à même de garantir des productions couvrant les besoins locaux et de dégager un surplus potentiel destiné aux autres wilayas car concordant avec les niveaux d'irrigation et les potentialités naturelles répertoriées sur le territoire. Quant aux actions à engager, elles visent principalement :

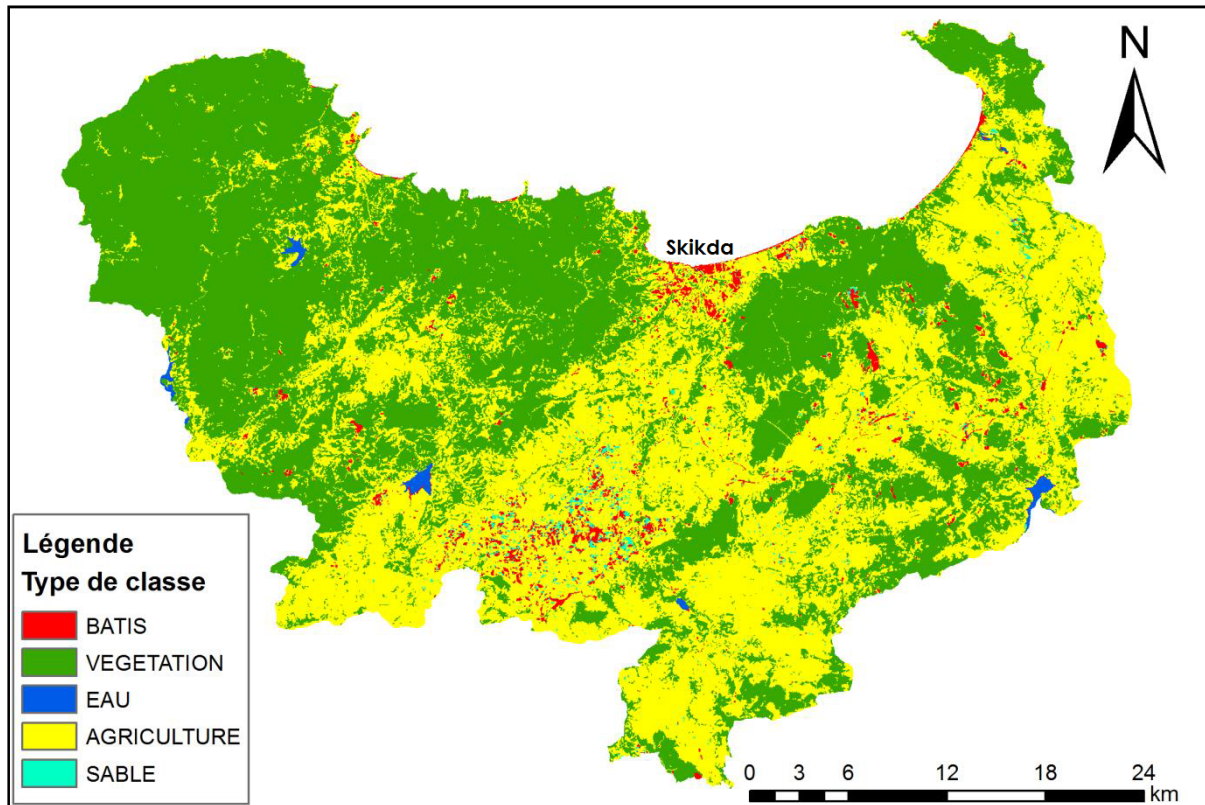
- L'augmentation du potentiel foncier agricole par des travaux de mise en valeur des terres de parcours et des terres improductives occupées par les broussailles et qui s'avèrent nécessaires pour atteindre la norme objective nationale de 0,24 Ha de la Superficie Agricole Utile (SAU)/habitant alors que la moyenne locale n'est que de 0,12 Ha de la Superficie Agricole Utile (SAU) /habitant.
- La mobilisation des ressources hydriques et leur utilisation par des systèmes économiseurs d'eau telle que le procédé de goutte à goutte ;
- Le développement de l'apiculture, la cuniculture, l'aviculture, l'élevage de caprins et d'ovins en zones de montagne pour l'occupation des familles rurales, la création d'emplois additionnels et l'amélioration des revenus des exploitations ;
- La valorisation des productions agricoles par la multiplication des unités agroalimentaires et des infrastructures de stockage (petites et moyennes laiteries, unités de transformation des denrées agricoles et chambres froides).

**Tableau 05-** Principaux indicateurs du secteur agricole (ANIREF, 2021).

Désignation	Données
Superficie agricole totale	193 023 Ha
SAU (Superficie Agricole Utile) totale	131 879 Ha
SAU (Superficie Agricole Utile) irriguée	28 550 Ha
Nombre d'ovins	253 028
Nombre de bovins	139 688
Caprins	130 774
Aviculture (nombre de batteries)	44
Taux de boisement	48,18%
Nombre de laiteries	3
Production laitière (Par an)	149 693 Hl
SAU totale / Superficie agricole totale	0,68 %
SAU (Superficie Agricole Utile) irriguée / SAU totale	21,66 %

### 6.3.1. Forêts

Avec une superficie totale de 411 800 ha, la wilaya de Skikda possède un patrimoine forestier évalué à 198 420 ha soit un taux de boisement de l'ordre de 48,18%, (Fig. 6).



**Fig. 6-** Occupation du sol de la Wilaya de Skikda, (d'après Benamira, 2017).

Ce patrimoine sylvicole est constitué de 127 940 ha de forêts et de 70 479 ha de maquis (Tableau 06). Sa répartition par essence est la suivante :

**Tableau 06-** Répartition du patrimoine sylvicole (ANIREF, 2021).

Désignation	Superficie (Ha)	Taux (%)
Chêne liège	62 832	77
Pin maritime	5 431	7
Eucalyptus	1 900	2
Chêne liège - pin maritime	5 864	7
Chêne liège - chêne zen	166	3
Autre (dont aulne)	170	4
<b>Total</b>	<b>76 363</b>	<b>100</b>

#### 6.4. Industrie

Concentrée autour des agglomérations principales: Skikda (Complexe de raffinage de pétrole brut, complexe de liquéfaction du gaz naturel, et complexe des matières plastiques), Azzaba (Complexe mercuriel), Collo (Menuiserie bois et alu- minium, transformation du

liège, conditionnement du poisson), El Harrouch (Minoterie et semoulerie), Ben Azzouz (unité de concentré de tomate).

## **7. Notions de climatologie**

La climatologie a pour objet d'étude du climat sur des périodes plus longues et, grâce à la paléoclimatologie, il est possible d'étudier les variations climatiques de la Terre depuis plusieurs millions d'années. Un des indicateurs qui permet d'étudier le climat et le changement climatique est notamment la température moyenne de l'atmosphère au niveau de la surface terrestre (Gaussen et Bagnouls, 1952). La source principale d'énergie sur la Terre est le soleil. Jusqu'aujourd'hui, tous les changements du climat ont donc été intimement liés à cet astre.

Le changement climatique que nous connaissons aujourd'hui est bien trop rapide. Il a donc été établi que la cause est humaine, liée à l'émission des fameux gaz à effet de serre.

### **7.1. Les principaux Gaz à Effet de Serre (GES)**

Les deux principaux gaz responsables de l'effet de serre de la Terre sont la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), (Luna-Ortiz, 2023). Il peut s'ajouter les gaz à effet de serre d'origine anthropique comme : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et des gaz de synthèse (CFC, PFC, HFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>), utilisés notamment comme gaz réfrigérants (De\_Richter et *al.*, 2016)..

### **7.2. Conséquences du changement climatique sur les risques naturels**

La fréquence, l'intensité et la durée des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, sécheresses, cyclones...) seront accentuées, bien qu'il ne soit pas encore possible de l'affirmer pour les orages, les tornades ou le grêle par exemple.

Ainsi, l'augmentation de la fréquence moyenne d'apparition ou de l'intensité moyenne des événements extrêmes peut indiquer un changement climatique. Sont considérés comme des événements extrêmes : les cyclones, les tempêtes, les canicules ou les événements pluvieux intenses.

### **7.3. Impacts du changement climatique en Algérie**

En Algérie les impacts du changement climatique touche en premier lieu le secteur de l'agriculture du fait que la majeure partie est de type pluviale, ce qui va causer des baisses de production notamment pour la céréaliculture. Cela est dû à la baisse des précipitations annuelles ce qui va exacerber le phénomène de désertification dans les zones se trouvant aux franges arides et semi-arides. Egalement, la biodiversité va être impactée de ce changement en l'occurrence les écosystèmes forestiers et aquatiques.

#### **7.3.1. Changement climatique local**

Le changement climatique est néfaste dans la Wilaya de Skikda, l'une des régions les plus arrosée de l'Afrique du Nord par des précipitations qui dépassent 1200 mm dans les dernières décennies, mais actuellement elle n'atteint guère les 400 mm en 2021-2022, ce qui est considéré comme une terrible menace pour les réserves en eau, les écosystèmes et gestion durable pour les autorités responsables.

*Partie II*

---

# **PARTIE PRATIQUE**

## *Chapitre 1*

# **Matériels et méthodes**

## 1. Méthodologie générale

Toute étude hydroclimatologique nécessite des renseignements bien précis des différents facteurs qui régissent les variations climatiques afin de mieux comprendre l'évolution des réserves d'eaux souterraines et superficielles.

Les conditions climatiques jouent un rôle capital car elles permettent de :

- Déterminer les influences des facteurs climatiques sur la vie des hommes est leurs activités, précisément l'agriculture,
- Dégager les risques qui engendrent en partie des contraintes tels que l'érosion, les inondations et les glissements de terrain,
- Quantifier les ressources en eau de surface et de déterminer la part de l'eau qui s'infiltre pour constituer les réserves souterraines,
- Déterminer les périodes biologiquement favorables pour le développement de la végétation ainsi que le choix des types de culture, la période de semence et d'irrigation.

Pour l'étude de l'impact climatologique sur les variations des réserves et potentialités hydriques dans la région de Skikda en se sert de l'analyse des paramètres de précipitation et température issues des trois stations météorologiques montrées dans le tableau 07. Les périodes d'études concernées sont :

- 2001-2002/2021-2022 (21 ans) pour la station de Skikda.
- 2001-2002/2021-2022 (21 ans) pour la station de Guenitra (Oum Toub).
- 2001-2002/2020-2021 (19 ans) pour la station de Beni Zid.

**Tableau 07** - Coordonnées géographiques des stations météorologiques étudiées.

Stations	Coordonnées géographiques		Altitude (m)	N° de code	Période d'étude
	X	Y			
Station de Skikda	06°54'E	36°53'N	1	60355	2001-2002/2021-2022 (21 ans)
Station de Guenitra (Oum Toub)	6°43'09''E	36°37'15''N	169	030724	2001-2002/2021-2022 (21 ans)
Station de Beni Zid	06°32'28''E	36°54'24''N	248	030706	2001-2002/2020-2021 (20 ans)

## 1.1. Mesure de la température

### 1.1.1. Définition de la température

La température d'un corps est l'énergie cinétique moyenne des molécules ou des atomes qui le composent. Plus la température est élevée, plus les molécules ou les atomes s'agitent vite. Pour observer et prévoir le temps, les météorologues mesurent la température de l'air.

### 1.1.2. Unités de mesure

Mesurée par un thermomètre. La température mesurée en météorologie ne correspond pas à la température physique ressentie. Il s'agit par définition de la mesure de la température de l'air sous abri, à une hauteur de 1,5 mètre du sol (Fig. 7), cet abri laisse ainsi circuler l'air et protège l'instrument de mesure du rayonnement direct du soleil. Pour déterminer la grandeur physique de la température, plusieurs échelles ont été définies. Les données recueillies des trois stations sont mesurées en degré Celsius (°C).



*Fig. 7- Mesure de la Température dans une station météorologique (thermomètre).*

## 1.2. Mesure de la précipitation

### 1.2.1. Définition

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide

(neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

### 1.2.2. Mesure

Mesurée par un pluviomètre (Fig. 8), celui-ci mesure l'épaisseur d'eau tombée en un lieu, donc des millimètres (l'eau ne devant ni s'écouler, ni s'infiltrer, ni s'évaporer). Une épaisseur d'un millimètre correspond à un litre réparti sur un mètre carré. Le "mm" correspond en volume, à une hauteur d'eau de 1 mm sur une surface plane de 1 m<sup>2</sup> (soit 1L).

Un pluviomètre est un récipient conique (en forme d'entonnoir) gradué en millimètre d'eau (les graduations sont donc plus rapprochées dans la partie basse et étroite que dans la partie haute et large).

Les précipitations solides (neige ou grêle) seront fondues pour être mesurées.

En dehors des périodes de gel, le pluviomètre enregistreur peut être utilisé. Ce dernier mémorise chaque volume d'eau reçu. L'étude du pluviogramme donne ainsi une représentation précise des précipitations, à la fois en termes de quantité et de répartition temporelle.

Le pluviomètre doit être installé entre 0,5 et 2 mètres du sol, sur un terrain plat, loin de tout abri ou mur, et sur un espace le plus découvert possible. La présence d'arbres à proximité est néfaste au bon fonctionnement du pluviomètre car leur ramure peut détourner des précipitations.



**Fig. 8-** Pluviomètre.

## 2. Analyse de données

Les données sont représentées dans le chapitre 2 (Résultats et discussion) sous formes d'histogrammes, courbes et tableaux statistiques des différents paramètres climatiques (précipitation, température, bilan hydrique, ETP, ETR, infiltration, ruissellement,...).

La méthode de Thornthwaite (1948) a été adoptée pour cette étude afin de déterminer les paramètres du bilan hydrique.

- **Méthode du bilan d'eau selon Thornthwaite :**

Cette méthode est basée sur la notion de réserve facilement utilisable noté RFU.

On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (RFU), cette eau peut être reprise par l'évapotranspiration par l'intermédiaire des plantes.

La quantité d'eau stocker dans la RFU est bornée par zéro (RFU vide) et RFU max. (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de zéro à 200 mm) suivant les terrains avec une moyenne de l'ordre de 100 mm sur les terrains de remplissage alluvionnaire ; exemple : notre zone d'étude.

On admet que la satisfaction de l'ETP est prioritaire sur l'écoulement, c.-à-d. ; avant qu'il y ait écoulement il faut avoir satisfaire ce qu'on appelle le pouvoir évaporant ( $ETP = ETR$ ), par ailleurs le remplissage de la RFU est également prioritaire sur l'écoulement.

On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle à partir de la pluie du mois  $P$ , de l'ETP et de l'RFU.

*1<sup>ier</sup> cas : si  $P > ETP$  :*

- $ETP = ETR$
- Il reste une quantité d'eau =  $P - ETP$  qui est affectée entre milieu à la RFU.
- Lorsque RFU est pleine (saturée), le surplus sera destiné à l'écoulement.

*2<sup>ème</sup> cas : si  $P < ETP$  :*

- On évapore toute la pluie pour satisfaire le pouvoir évaporant.
- On prend de la RFU (jusqu'à la vidée) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR.

- Si le RFU = 0 le déficit agricole (DA) représente la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux plantes pour qu'elles ne souffrent pas de la sécheresse ;

$$DA = ETP - ETR$$

**N. B.** : l'ETP est toujours supérieur à l'ETR

## *Chapitre 2*

# Résultats et discussion

## 1. Caractéristiques climatiques

Les conditions climatiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eaux, les précipitations et les températures sont les liens les plus importants. Ainsi l'étude des données climatologiques facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux superficielles, ce qui permet d'expliquer le comportement hydrologique de la région.

Il est nécessaire aussi d'établir le bilan hydrique qui permet d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation.

## 2. Cadre climatique

L'étude climatique est basée essentiellement sur l'analyse des précipitations et des températures.

Les données recueillies des stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid, sont sous forme de moyennes mensuelles et annuelles des hauteurs de pluie et des moyennes mensuelles et annuelles des températures pour une période de 21 (2001-2002/2021-2022) pour les stations de Skikda et de Guenitra, alors que la station de Beni Zid la période est de 20 ans (2001-2002/2020-2021).

Ces données permettent d'estimer la répartition dans le temps et dans l'espace, ainsi que la quantité d'eau infiltrée et évaporée.

## 3. Analyse des précipitations

La Wilaya de Skikda, située au Nord-Est de l'Algérie reçoit une précipitation importante, elle est considérée comme la zone la plus arrosée de l'Algérie et de l'Afrique du Nord.

Nous pouvons remarqués dans la figure 9, que la zone d'étude se situe dans une région de précipitation moyenne annuelle qui varie entre 600 mm/an comme pluviométrie minimale (au Sud et à l'Est de la région) à plus que 1200 mm/an comme valeur maximale (la partie Ouest et Nord-Ouest).

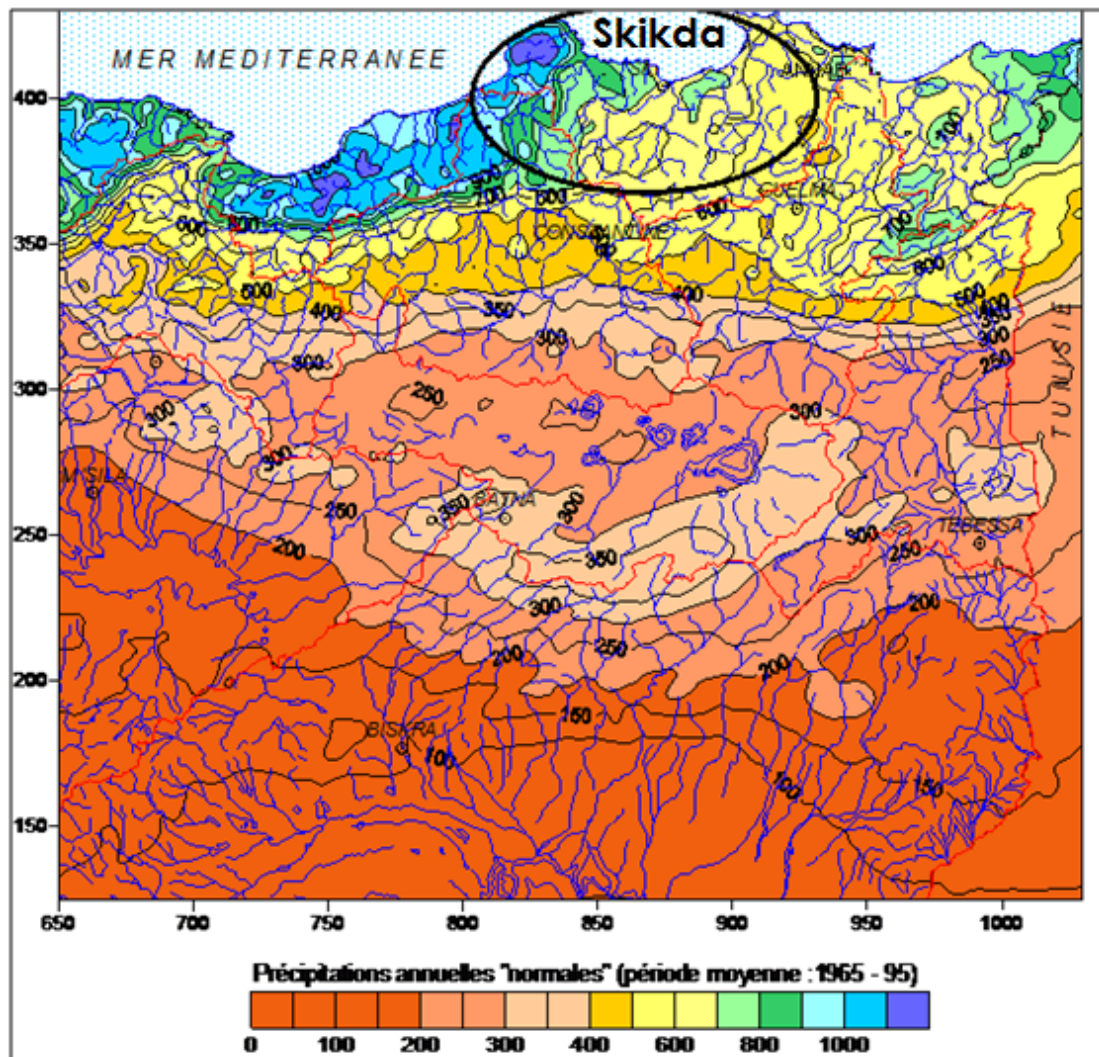


Fig. 9- Précipitations annuelles médianes « normales » 1965-1995 (D’après ANRH, 2003).

### 3.1. Coefficient pluviométrique

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l’écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d’eau ainsi que celui des nappes.

La variabilité interannuelle des précipitations est exprimée par le coefficient pluviométrique (CP). Ce paramètre est très important dans la détermination des années excédentaires et les années déficitaires. Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d’une année à la pluviométrie moyenne d’une série à une station donnée.

$$CP = \frac{P}{\bar{P}}$$

Avec :

$CP$  : coefficient pluviométrique.

$P$  : hauteur des pluies annuelles (mm).

$\bar{p}$  : moyenne annuelle pluviométrique (mm).

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie (Tableau 5).

$$\left\{ \begin{array}{l} CP > 1 \implies \text{année excédentaire} \\ CP < 1 \implies \text{année déficitaire} \end{array} \right.$$

**Tableau 8 - Coefficients pluviométriques des stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid.**

Année hydrologique	Coefficient pluviométrique pour la Station de Skikda	Coefficient pluviométrique pour la Station de Guenitra	Coefficient pluviométrique pour la Station de Beni Zid
2001-2002	0,75	0,79	0,75
2002-2003	1,46	1,47	1,40
2003-2004	1,44	0,96	0,91
2004-2005	1,45	1,37	1,30
2005-2006	0,81	0,86	0,82
2006-2007	0,91	1,14	1,08
2007-2008	0,88	0,81	0,77
2008-2009	1,28	1,05	1,00
2009-2010	1,25	1,06	1,00
2010-2011	0,94	1,04	0,98
2011-2012	1,10	1,03	0,98
2012-2013	1,04	1,04	0,99
2013-2014	1,03	1,13	1,07
2014-2015	1,17	1,10	1,05
2015-2016	0,76	0,89	0,84
2016-2017	0,64	0,64	0,60
2017-2018	0,97	1,02	0,97
2018-2019	1,02	1,17	1,11
2019-2020	0,99	1,01	0,95
2020-2021	0,67	0,84	1,16
2021-2022	0,43	0,58	0,75

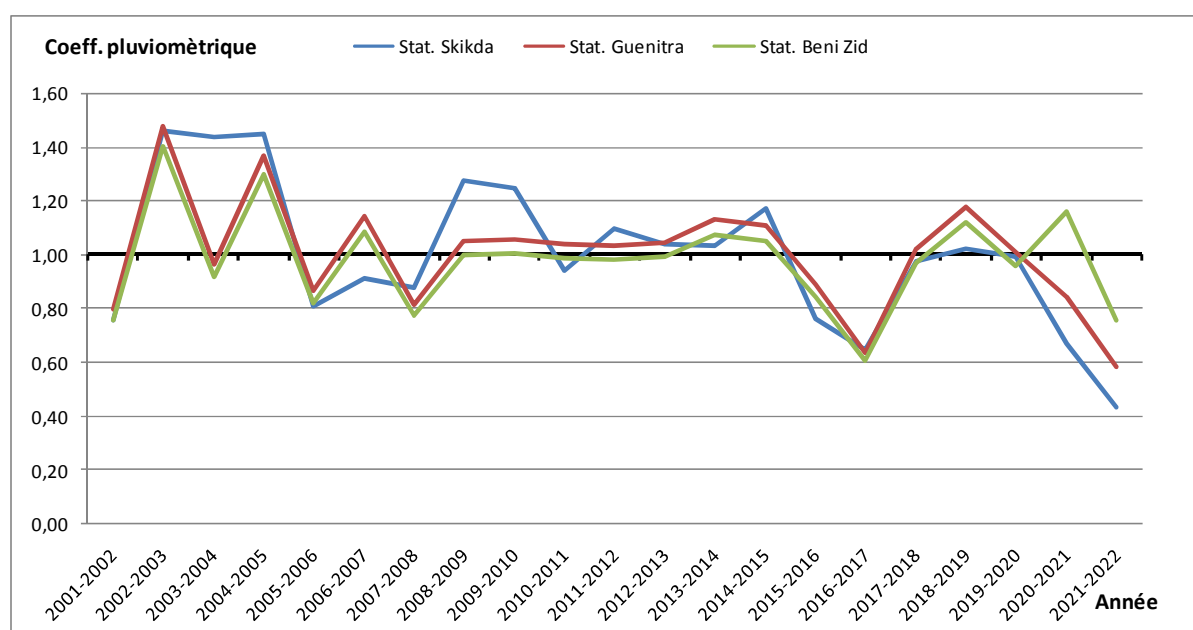
*Remarque* : la pluviométrie annuelle moyenne ( $\bar{p}$ ) de chaque station est :

- Station de Skikda :  $\bar{p} = 766,70$  mm
- Station de Guenitra :  $\bar{p} = 652,29$  mm
- Station de Beni Zid :  $\bar{p} = 652,29$  mm

D'après la figure 9, les années excédentaires pour la station Skikda sont Dix (10) : 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2008-2009, 2009-2010, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015, 2018-2019. Les onze (11) années qui restent sont déficitaires (Fig. 10).

Les années excédentaires pour la station de Guenitra sont treize (13) : 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2014-2015, Les 08 années qui restent sont déficitaires (Fig. 10).

Les années excédentaires pour la station de Beni Zid sont Neuf (09) : 2002-2003 ; 2004-2005 ; 2006-2007, 2008-2009, 2008-2010, 2013-2014, 2014-2015, 2018-2019, 2020-2021. Les onze (11) années qui restent sont déficitaires (Fig. 10).



**Fig. 10** - Les variations des coefficients pluviométriques pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).

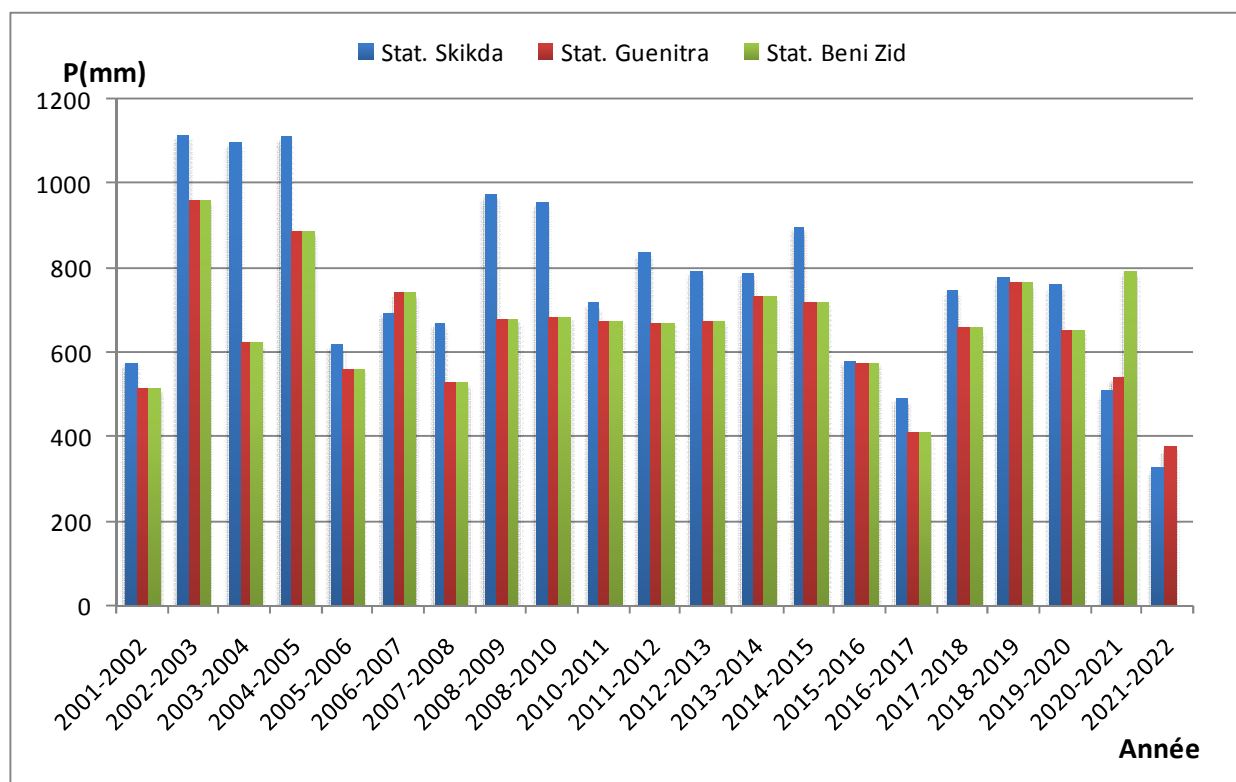
## 3.2. Variations des précipitations dans le temps

### 3.2.1. Variations annuelles

La pluviométrie la plus faible a été enregistrée au cours de l'année 2021-2022 pour la station de Skikda qui de l'ordre de 330.49 mm, pour la station de Guenitra c'est l'année 2021-2022 qui est la plus sèche avec un taux de 379 mm, et enfin avec 414.7 mm de précipitations en 2016-2017 pour la station Beni Zid (Fig. 11).

En outre la pluviométrie maximale a été enregistrée en 2002/2003 avec un taux de 1119,9mm dans la station de Skikda, et 961,9 mm à la station de Guenitra et de 961,9 mm de hauteur pour la station de Beni Zid.

La dernière année (2021/2022) est considérée comme l'année la plus sèche de toute la série étudiée, ce qui confirme l'état du changement climatique qui affecte pas mal de pays ces dernières années.

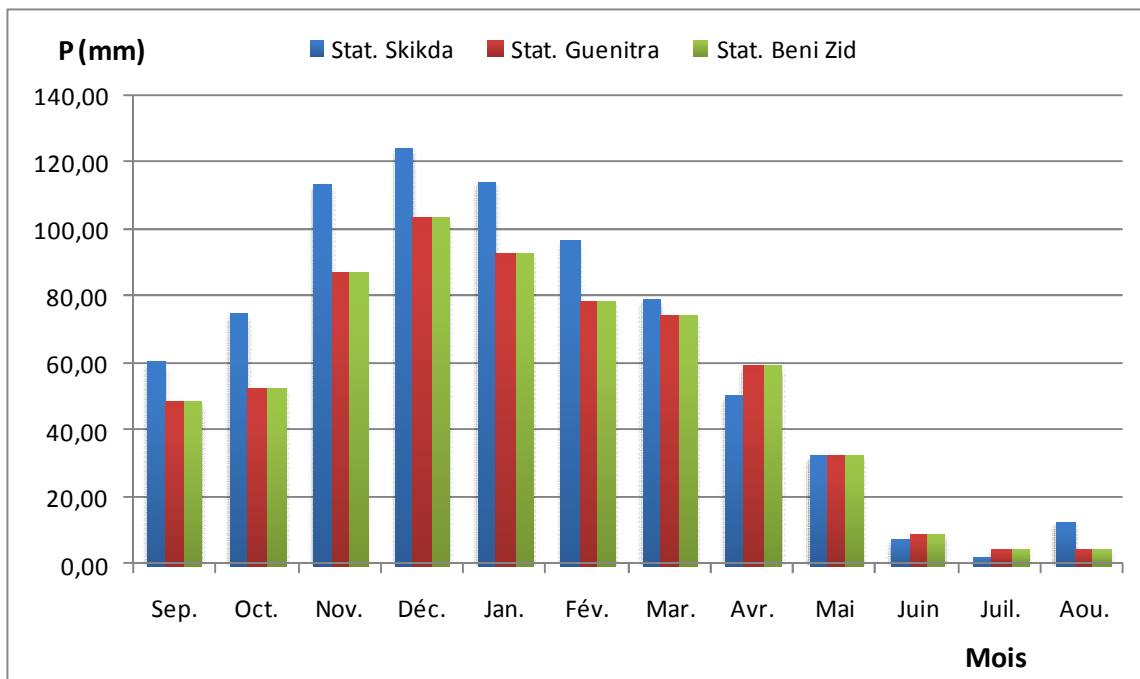


**Fig. 11** - Variations des précipitations annuelles (en mm) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).

### 3.2.2. Variations moyennes mensuelles

La distribution des précipitations moyennes mensuelles illustrée par la figure 12, montre que :

- Le mois le plus pluvieux est celui de décembre pour les trois stations, avec 125.8 mm pour la station de Skikda, 104.18 mm pour les stations de Guenitra et Beni Zid.
- Le mois le plus sec est celui de juillet pour les trois stations dont on a enregistré 2.36mm, 4.76 mm et 4.76 mm respectivement.



**Fig. 12** - Variations des précipitations moyennes mensuelles (en mm) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).

#### 4. Analyse des températures

Si les précipitations constituent l'apport en eau, les températures jouent un rôle important dans les pertes en eau par le phénomène de l'évapotranspiration. Elles constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat d'une région.

Elles permettent d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement, interviennent dans le développement du rythme biologique des végétaux et facilitent l'établissement du bilan hydrique.

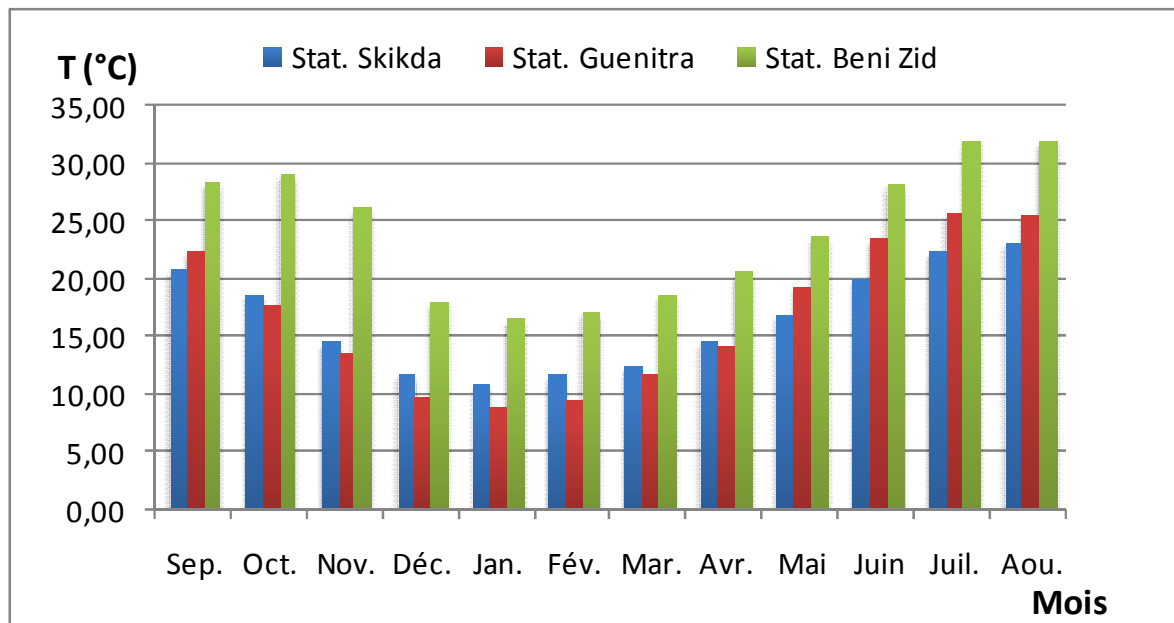
#### 4.1. Variations des températures dans le temps

##### 4.1.1. Variations moyennes mensuelles

D'après ces résultats (Fig. 13) on remarque que :

- Le mois le plus chaud est celui de juillet pour les stations de Guenitra et de Beni Zid avec des températures de 25.8°C et 32.27°C respectivement, alors que c'est le mois d'août pour la station de Skikda avec 23.23°C.

- Les mois le plus froid est celui de janvier pour les trois stations de Skikda, Guenitra et de Beni Zid avec des températures de 10.93°C, 8.9°C et 16.56 °C respectivement, (Fig. 13).



**Fig. 13 - Variations des températures moyennes mensuelles (en °C) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).**

#### 4.1.2. Variations moyennes annuelles

- D'après ces résultats on remarque que :
- L'année la plus chaude est celle de 2021-2022 avec des températures de 21.5 °C pour La station de Skikda, l'année 2005-2006 pour la station de Guenitra avec 20.54 °C et l'année 2016-2017 avec 30.02 °C pour la station de Beni Zid (Fig. 14).
  - L'année la plus froide est celle de 2012-2013 avec des températures de 18.6 °C pour La station de Skikda, l'année 2018-2019 pour la station de Guenitra avec 13.79 °C et l'année 2012-2013 et 2018-2019 avec 22.65 °C pour la station de Beni Zid (Fig. 14).

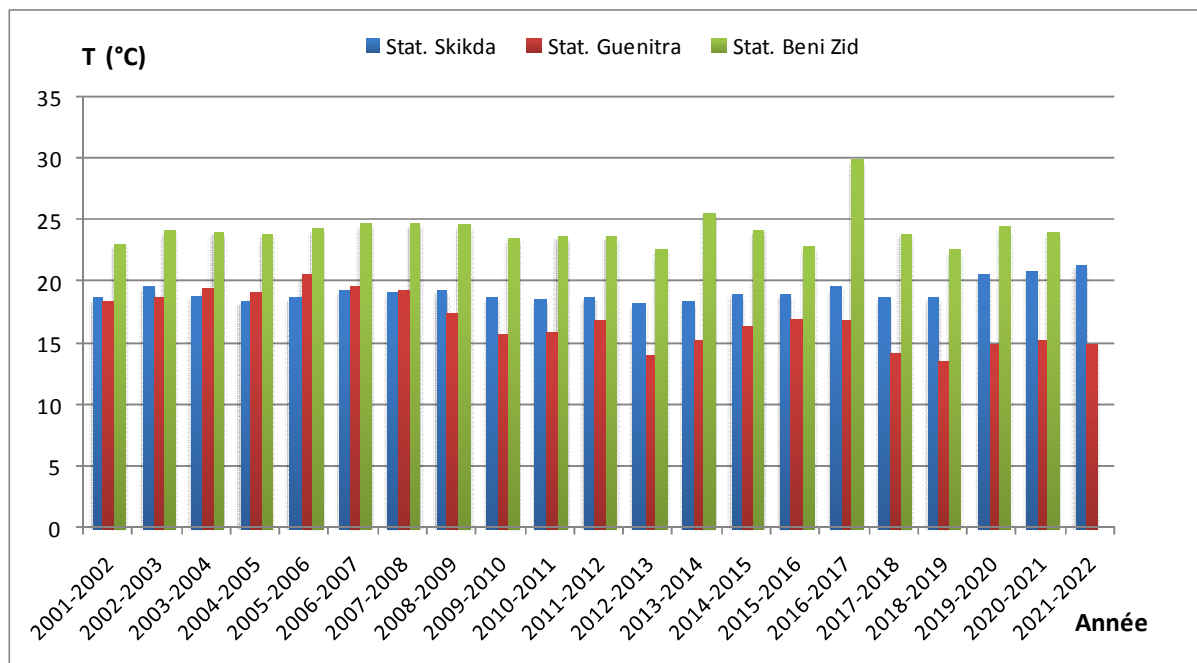


Fig. 14- Variations des températures moyennes annuelles (en °C) pour les stations de Skikda, Guenitra et Beni Zid (2001-2002/2021-2022), (2001-2002/2021-2021).

### 5. Diagrammes ombrothermiques

- Pour la station de Skikda (Fig. 15), le diagramme montre que la période sèche débute du mois du mai jusqu'au début du mois de septembre (04 mois), ensuite, la période humide commence du mois de septembre jusqu'au mois de mai.

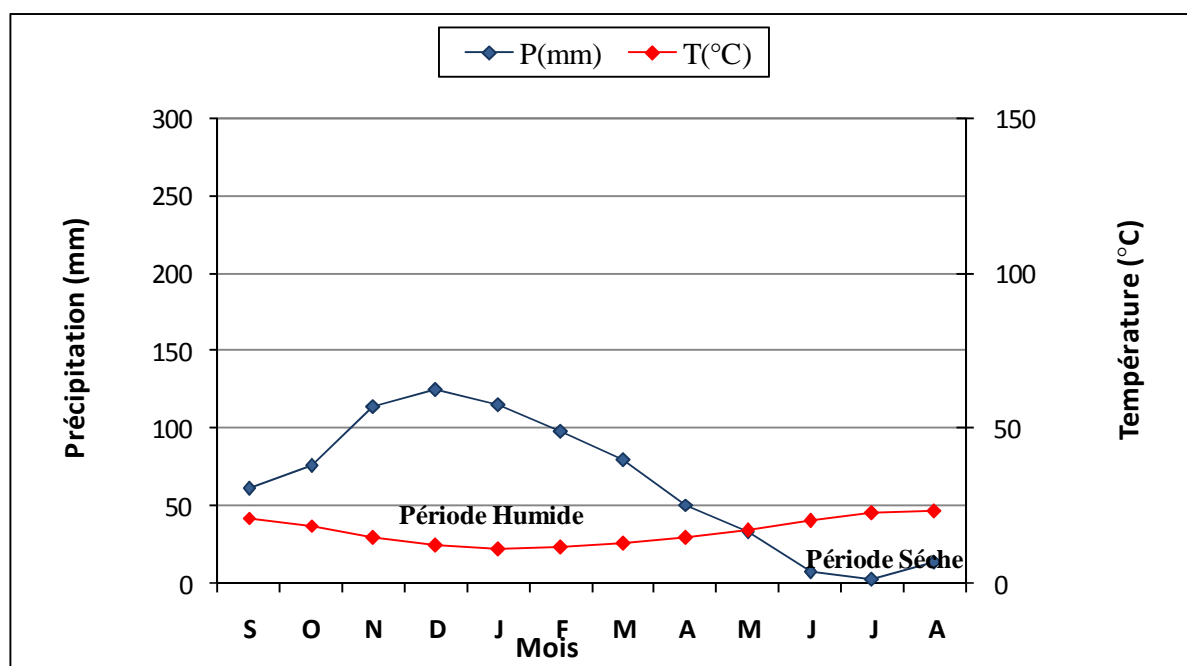


Fig. 15- Diagramme ombrothermique pour la station de Skikda (2001-2002/2021-2022).

- Pour la station de Guenitra (Fig. 16), la même allure que celle de Skikda ; la période sèche débute de la fin du mois de mai et s'étend jusqu'au début du mois d'octobre. Alors que la période humide commence du mois d'octobre jusqu'au début de mai (08 mois).

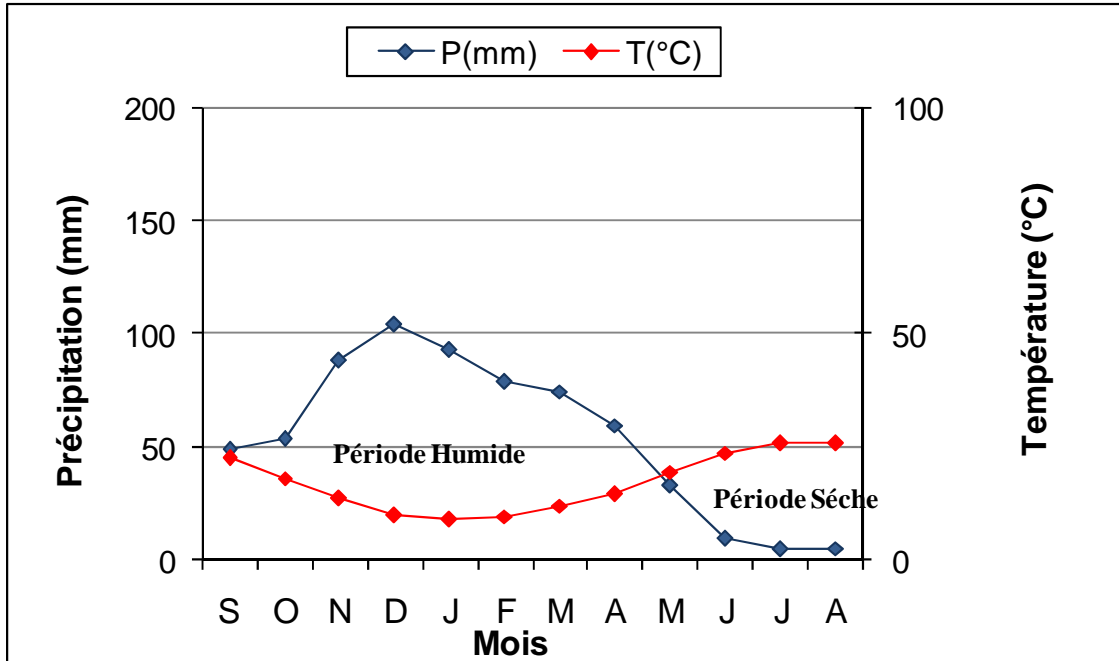


Fig. 16- Diagramme ombrothermique pour la station de Guenitra(2001-2002/2021-2022).

- Station de Beni Zid : même allure que les deux autres, (Fig. 17).

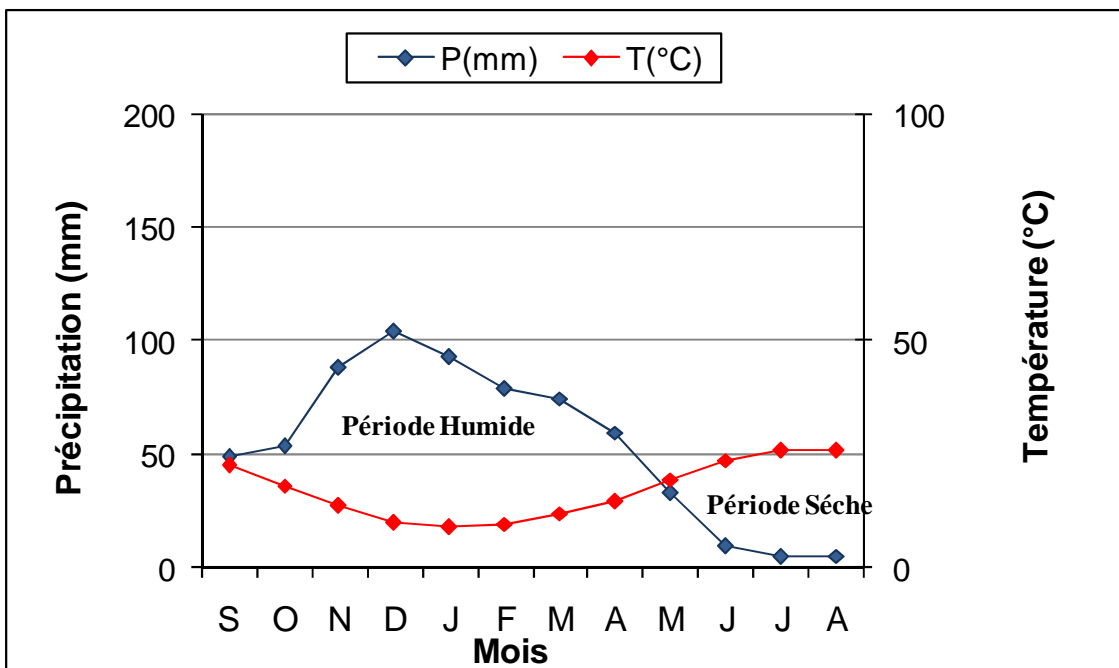


Fig. 17- Diagramme ombrothermique pour la station de Beni Zid (2001-2002/2021-2021).

## 6. Le bilan hydrique

Le bilan hydrique est l'étude comparée de la lame d'eau précipitée sur une surface donnée et des différentes formes de transfert de cette eau : soit par écoulement, infiltration ou évaporation.

L'équation du bilan s'écrit : 
$$P = R + E + I$$

Tels que : P : précipitation moyenne annuelle (mm).

R : ruissellement de surface moyen annuel (mm).

E : évapotranspiration moyenne annuelle (mm).

I : infiltration moyenne annuelle (mm).

### 6.1. Estimation des paramètres du bilan

#### 6.1.1. L'évaporation-évapotranspiration

L'évaporation se définit comme étant le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Les plans d'eau et la couverture végétale sont les principales sources de vapeur d'eau. On parle de sublimation lors du passage direct de l'eau sous forme solide (glace) en vapeur. Le principal facteur régissant l'évaporation est la radiation solaire.

Le terme évapotranspiration englobe l'évaporation et la transpiration des plantes. On distingue :

- ☞ **Evapotranspiration potentielle (ETP)** (ou évapotranspiration de référence) : c'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en pleine croissance. Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.

L'ETP est calculée par la formule de C.W. Thornthwaite (1948), qui utilise la température de l'air et la latitude de la station, et qui est donnée par l'expression suivante :

$$ETP = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a K$$

Avec ; ETP : évapotranspiration potentielle du mois (en mm).

T : température moyenne mensuelle de la période (en °C).

I : indice thermique annuel qui représente la somme des indices mensuels (i) :

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{avec : } i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.5}$$

$$a = \left(\frac{1.6}{100}\right)I + 0.5$$

K : coefficient d'ajustement mensuel lié à la latitude.

☞ **Evapotranspiration réelle (ETR)** : Elle correspond à la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique. L'ETR peut être déterminé par : La formule de Turc (1954); qui permet d'évaluer directement l'ETR annuelle à partir de la hauteur annuelle de la pluie et de la température moyenne annuelle :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec ; ETR : évapotranspiration réelle en mm/an.

P : hauteur annuelle de pluie en mm.

L : pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l'ETR lorsque P devient grand.  $L = 300 + 25t + 0.05t^3$

t : température annuelle en °C.

Pour la station de Skikda : P = 766.7 mm, t = 19.29 °C

$$\Rightarrow L = 300 + 25(19.29) + 0.05(19.29)^3 = 1141.14$$

$$ETR = \frac{766.7}{\sqrt{0.9 + \frac{(766.7)^2}{(1141.14)^2}}} \Rightarrow \boxed{ETR = 567.5 \text{ mm}}$$

On a pour la station de Guenitra : P = 652.23 mm, t = 16.95 °C

$$\Rightarrow L = 300 + 25(16.95) + 0.05(16.95)^3 = 967.23$$

$$ETR = \frac{652.23}{\sqrt{0.9 + \frac{(652.23)^2}{(967.23)^2}}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{ETR = 481.7 \text{ mm}}$$

On a pour la station de Beni Zid :  $P = 678,40 \text{ mm}$ ,  $t = 24,34^\circ\text{C}$

$$\Rightarrow L = 300 + 25(24,34) + 0.05(24,34)^3 = 1629.49$$

$$ETR = \frac{687.4}{\sqrt{0.9 + \frac{(678.4)^2}{(1629.49)^2}}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{ETR = 667.37 \text{ mm}}$$

### 6.1.2. Le ruissellement :

Le ruissellement de surface est la quantité d'eau, qui au cours d'une précipitation, échappe à l'infiltration et à l'évapotranspiration.

Le ruissellement est calculé par :

- La formule de Tixeront-Berkaloff:

$$\boxed{R = \frac{P^3}{3} \times (ETP)^2} \quad , \text{ si } : P < 600 \text{ mm}$$

Avec : R : ruissellent en m.

P : précipitation moyenne annuelle en m.

ETP : évapotranspiration potentielle en m.

- La formule de Tixeront-Berkaloff modifié par Romantchouk :

$$\boxed{R = \frac{P^3}{3}} \quad , \text{ si } : P > 600 \text{ mm}$$

Avec : R : ruissellent en m.

P : précipitation moyenne annuelle en m.

Et comme  $P > 600 \text{ mm}$  dans les trois stations, on va utiliser la deuxième formule :

- Le ruissellement pour la station de Skikda :

$$\boxed{R = \frac{(0.7667)^3}{3} = 0.150m \Rightarrow R = 150mm}$$

- Le ruissellement pour la station de Guenitra :

$$R = \frac{(0.65223)^3}{3} = 0.0924m \Rightarrow R = 92.4mm$$

- Le ruissellement pour la station de Beni Zid :

$$R = \frac{(0.6784)^3}{3} = 0.104m \Rightarrow R = 104mm$$

### 6.1.3. L'infiltration

Par la formule du bilan :  $P = R + I + ETR$

Donc :  $I = P - R - ETR$

Les résultats sont récapitulés dans le tableau 9 :

**Tableau 9** – Détermination des paramètres de la formule du bilan.

Stations	P (mm)	R (mm)	ETR (mm)	I (mm)
Skikda	766.7	150	567.5	49.2
Guenitra	652.23	92.4	481.7	78.13

### 6.1.4. La méthode du bilan d'eau selon C.W. Thornthwaite

Basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (RFU). On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (RFU), cette eau peut être reprise par l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. Pour notre cas la région de Skikda on prend RFU = 100 mm. La satisfaction de l'ETP est prioritaire sur l'écoulement, c'est-à-dire avant qu'il y ait écoulement il faut avoir satisfait ce qu'on appelle le pouvoir évaporant (ETP = ETR), par ailleurs le remplissage de la RFU est également prioritaire sur l'écoulement. On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle à partir de la pluie du mois, de l'ETP et de RFU. Les résultats sont montrés dans les *Tableaux 10, 11 et 12*.

**Tableau 10-** Le bilan hydrique pour la station de Skikda d'après la méthode de C. W. Thornthwaite.

Mois	T (°C)	I	K	ETP (mm)	P (mm)	BH	RFU (mm)	ETR (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
S	21,02	8,79	1,05	88,24	60,8462	-27,39	0,00	60,85	27,39	0,00
O	18,72	7,38	0,91	61,29	75,4714	14,18	14,18	61,29	0,00	0,00
N	14,84	5,19	0,75	32,41	114,111	81,70	95,88	32,41	0,00	0,00
D	12,07	3,80	0,70	20,40	125,081	104,69	100,00	20,40	0,00	100,57
J	10,93	3,27	0,73	17,59	114,863	97,27	100,00	17,59	0,00	97,27
F	11,66	3,60	0,78	21,26	97,5705	76,31	100,00	21,26	0,00	76,31
M	12,67	4,08	1,02	32,58	79,2081	46,63	100,00	32,58	0,00	46,63
A	14,81	5,18	1,15	49,51	50,659	1,15	100,00	49,51	0,00	1,15
M	17,10	6,44	1,32	74,83	33,001	-41,83	58,17	74,83	0,00	0,00
J	20,14	8,25	1,33	103,04	7,50095	-95,54	0,00	65,67	37,37	0,00
J	22,67	9,86	1,35	131,04	2,3619	-128,68	0,00	2,36	128,68	0,00
A	23,23	10,23	1,24	126,17	13,049	-113,12	0,00	13,05	113,12	0,00
<b>Annue l</b>	<b>16,65</b>	<b>76,07</b>		<b>758,36</b>	<b>773,72</b>	<b>15,36</b>		<b>451,80</b>	<b>306,56</b>	<b>321,93</b>

*T* : température moy. mensuelle, *I* : indice thermique, *K* : coefficient d'ajustement, *P* : précipitation moy. mensuelle, *BH* : bilan hydrique, *RFU* : réserve facilement utilisable, *DA* : déficit agricole, *Exc.* : excédent

Les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de C. W. Thornthwaite, montrent qu'une grande partie des précipitations (773.72) est reprise par l'évapotranspiration (ETR = 451.80 mm), le déficit agricole est important (306.56 mm), alors que la recharge interannuelle est relativement faible.

C'est à partir du mois de Juin jusqu'au mois d'octobre que toute la réserve en eau dans le sol est épuisée (RFU=0), devant cette situation une irrigation des cultures semble indispensable pour lutter contre la sécheresse du sol et l'évapotranspiration intense (déficit agricole DA > 0).

**Tableau 11-** Le bilan hydrique pour la station de Guenitra d'après la méthode de C. W. Thornthwaite.

Mois	T (°C)	I	K	ETP (mm)	P (mm)	BH	RFU (mm)	ETR (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
S	22,56	9,79	1,03	99,12	49	-50,12	0,00	49,00	50,12	0,00
O	18,03	6,97	0,97	60,82	53,3048	-7,51	0,00	53,30	7,51	0,00
N	13,60	4,55	0,86	31,48	87,9095	56,43	56,43	31,48	0,00	0,00
D	9,91	2,82	0,81	16,18	104,176	87,99	100,00	16,18	0,00	44,43
J	8,90	2,40	0,87	14,18	93,1286	78,95	100,00	14,18	0,00	78,95
F	9,60	2,69	0,85	16,00	78,9762	62,98	100,00	16,00	0,00	62,98
M	11,90	3,71	1,03	29,18	74,4048	45,23	100,00	29,18	0,00	45,23
A	14,36	4,94	1,10	44,63	59,5762	14,94	100,00	44,63	0,00	14,94
M	19,42	7,80	1,21	87,45	32,8286	-54,63	45,37	87,45	0,00	0,00
J	23,67	10,52	1,22	128,60	9,38095	-119,22	0,00	54,76	73,84	0,00
J	25,80	11,99	1,24	154,10	4,7619	-149,34	0,00	4,76	149,34	0,00
A	25,70	11,92	1,16	143,12	4,84762	-138,27	0,00	4,85	138,27	0,00
<b>Annuel</b>	<b>16,95</b>	<b>80,11</b>		<b>824,86</b>	<b>652,30</b>	<b>-172,56</b>		<b>405,77</b>	<b>419,09</b>	<b>246,53</b>

*T* : température moy. mensuelle, *I* : indice thermique, *K* : coefficient d'ajustement, *P* : précipitation moy. mensuelle, *BH* : bilan hydrique, *RFU* : réserve facilement utilisable, *DA* : déficit agricole, *Exc.* : excédent

Les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de C. W. Thornthwaite, montrent qu'une grande partie des précipitations (652.3 mm) est reprise par l'évapotranspiration (ETR = 405.77 mm), le déficit agricole est important (419.09 mm), alors que la recharge interannuelle est relativement faible.

C'est à partir du mois de Juin jusqu'au mois de Novembre que toute la réserve en eau dans le sol est épuisée (RFU=0), devant cette situation une irrigation des cultures semble indispensable pour lutter contre la sécheresse du sol et l'évapotranspiration intense (déficit agricole DA > 0).

**Tableau 12-** Le bilan hydrique pour la station de Beni Zid d'après la méthode de C. W. Thornthwaite.

Mois	T (°C)	I	K	ETP (mm)	P (mm)	BH	RFU (mm)	ETR (mm)	Def. (mm)	Exc. (mm)
S	28,67	14,07	1,05	159,61	49	-110,61	0,00	49,00	110,61	0,00
O	29,21	14,47	0,91	143,37	53,3048	-90,06	0,00	53,30	90,06	0,00
N	26,23	12,30	0,75	96,21	87,9095	-8,30	0,00	87,91	8,30	0,00
D	18,13	7,03	0,70	44,33	104,176	59,84	59,84	44,33	0,00	0,00
J	16,56	6,13	0,73	38,90	93,1286	54,23	100,00	38,90	0,00	14,07
F	17,29	6,54	0,78	45,15	78,9762	33,83	100,00	45,15	0,00	33,83
M	18,76	7,41	1,02	69,01	74,4048	5,39	100,00	69,01	0,00	5,39
A	20,80	8,66	1,15	94,73	59,5762	-35,16	64,84	94,73	0,00	0,00
M	23,84	10,64	1,32	141,06	32,8286	-108,23	0,00	97,67	43,38	0,00
J	28,32	13,81	1,33	197,48	9,38095	-188,10	0,00	9,38	188,10	0,00
J	32,27	16,83	1,35	257,25	4,7619	-252,48	0,00	4,76	252,48	0,00
A	32,22	16,79	1,24	235,59	4,84762	-230,74	0,00	4,85	230,74	0,00
<b>Annuel</b>	<b>24,36</b>	<b>####</b>		<b>1522,68</b>	<b>652,30</b>	<b>-870,39</b>		<b>599,00</b>	<b>923,68</b>	<b>53,29</b>

*T* : température moy. mensuelle, *I* : indice thermique, *K* : coefficient d'ajustement, *P* : précipitation moy. mensuelle, *BH* : bilan hydrique, *RFU* : réserve facilement utilisable, *DA* : déficit agricole, *Exc.* : excédent

Les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de C. W. Thornthwaite, montrent qu'une grande partie des précipitations (652.3) est reprise par l'évapotranspiration (ETR = 599 mm), le déficit agricole est important (923.68 mm), alors que la recharge interannuelle est relativement faible.

C'est à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Décembre que toute la réserve en eau dans le sol est épuisée (RFU=0), devant cette situation une irrigation des cultures semble indispensable pour lutter contre la sécheresse du sol et l'évapotranspiration intense (déficit agricole DA > 0).

#### 6.1.4.1.Représentation graphique du bilan d'eau

Les figures 18 et 19 illustrent les résultats des tableaux 10, 11 et 12. L'observation de l'allure des courbes presque identiques de la station de Skikda (Fig. 18) et de Guenitra (Fig. 19) montre que : l'évapotranspiration réelle (ETR) atteint son maximum au mois de Mai avec 74,83 mm et 87,45 mm respectivement, ce qui provoque un déficit agricole nécessitant une

irrigation. A partir du mois d'octobre on assiste à une reconstitution du stock qui devient important entraînant une RFU maximale (SE), et ceci jusqu'au mois d'avril où l'épuisement du stock commence.

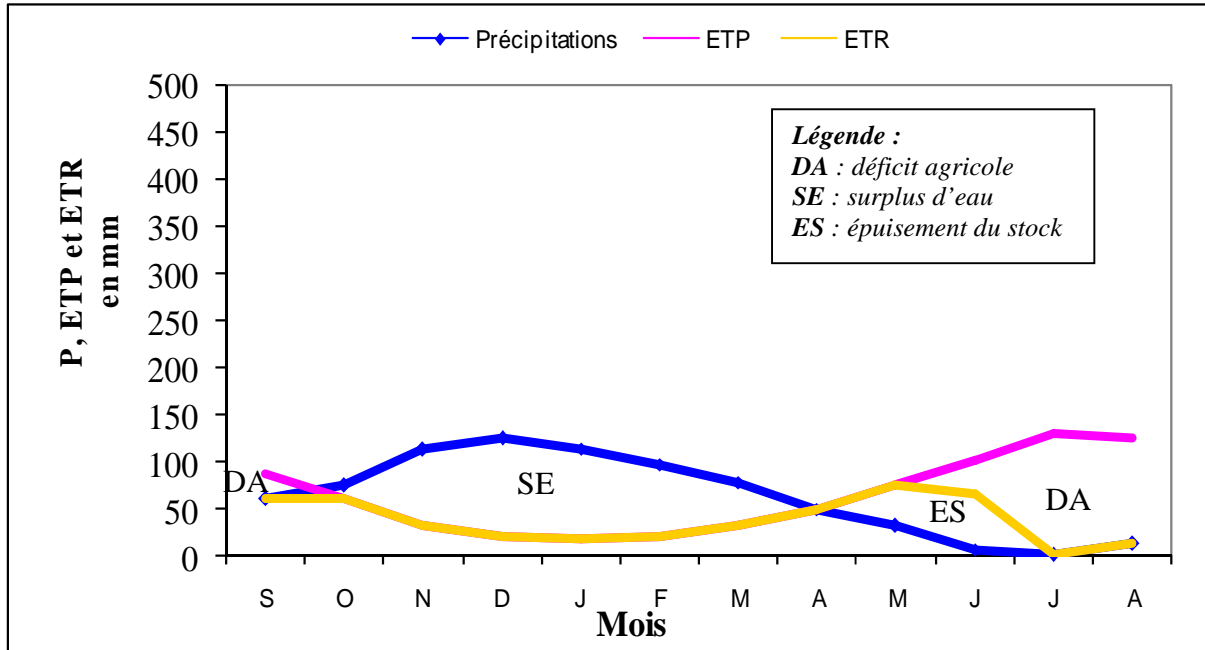


Fig. 18 - Bilan d'eau (Station de Skikda 2001-2002/2021-2022)

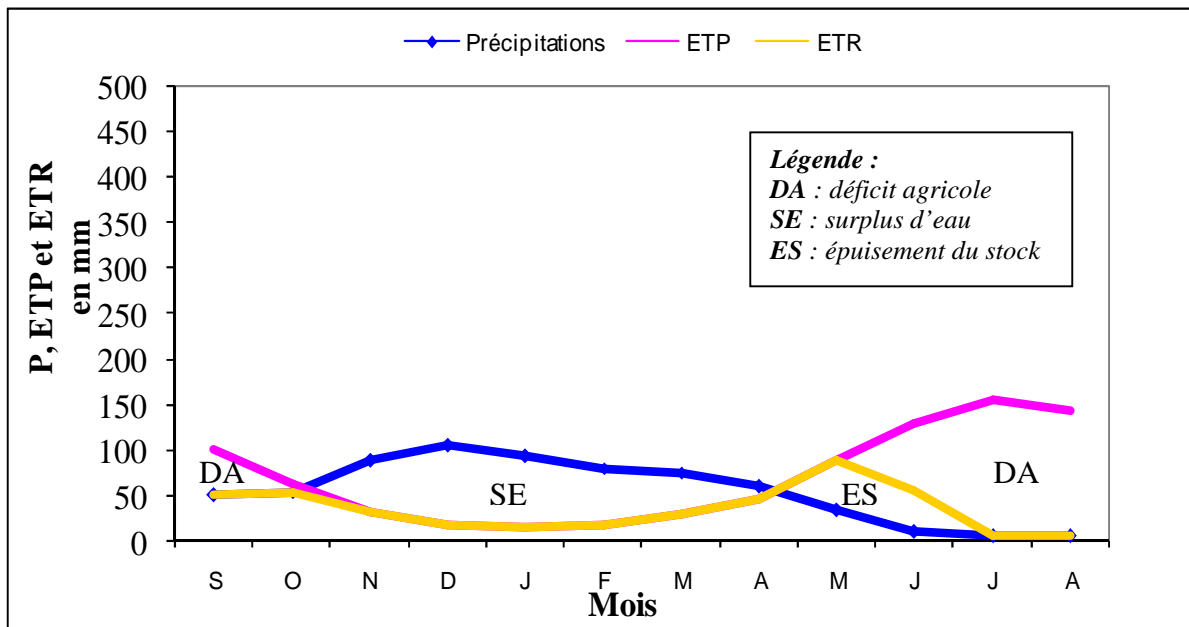


Fig. 19 - Bilan d'eau (Station de Guenitra 2001-2002/2021-2022)

Alors que la figure 20 de la station de Beni Zid montre que : l'évapotranspiration réelle (ETR) atteint son maximum au mois de Mai avec 97,67 mm, ce qui provoque un déficit agricole nécessitant une irrigation jusqu'au mois de Novembre. A partir du mois de Novembre on assiste à une reconstitution du stock qui devient important entraînant une RFU maximale (SE), et ceci jusqu'au mois de Mars où l'épuisement du stock commence.

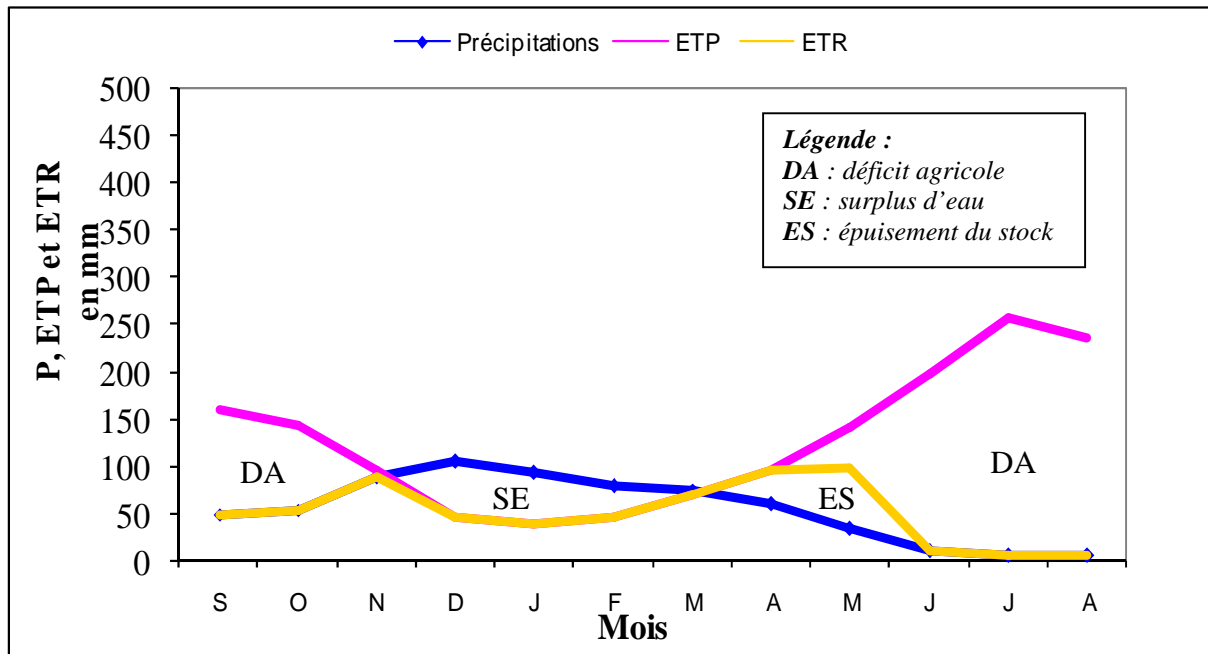


Fig. 20 - Bilan d'eau (Station de Beni Zid 2001-2002/2020-2021)

## 7. Détermination du type du climat (Indice De Martonne)

Pour la détermination du type de climat De Martonne a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui est fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles :

$$A = P / T + 10$$

Avec : A : indice d'aridité annuelle

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en mm.

Selon De Martonne :

$A < 5$  : le climat est hyper aride.

$5 < A < 10$  : le climat est très sec.

$10 < A < 20$  : le climat est sec.

$20 < A < 30$  : le climat est tempère.

$A > 30$  : le climat est humide (écoulement abondant).

- Pour la station de Skikda  $A = 766.7 / (19.29 + 10) = 26.17$
- Pour la station de Guenitra  $A = 652.23 / (16.95 + 10) = 24.2$

Les résultats de l'indice d'aridité trouvés pour les stations de la zone d'étude (Skikda) montrent que le climat est du type tempéré caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude avec drainage extérieur non indispensable (Fig. 21).

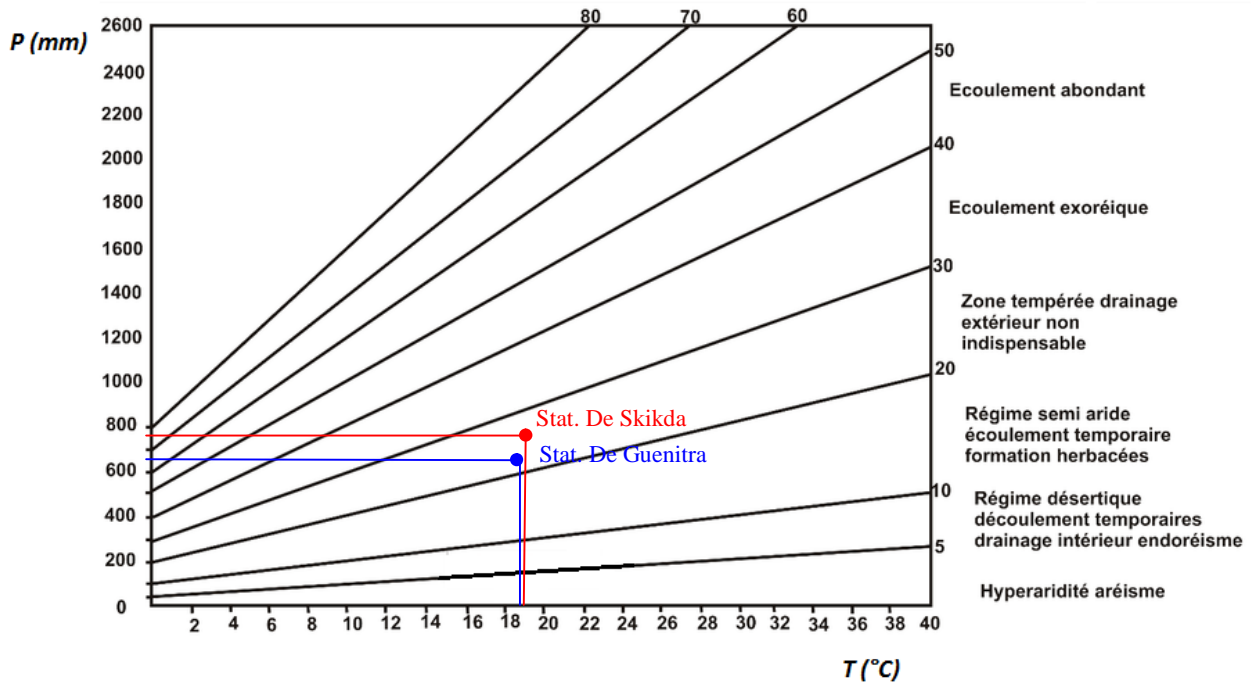


Fig. 21- Type de climat de la Wilaya de Skikda par la methode de De Martonne.

### 8. Le diagramme de L. Emberger

Pour préciser le climat de la région, nous employons le climagramme de L. Emberger (1932), (Fig. 22) sur lequel nous avons reporté les données relatives de la station de Skikda uniquement (à cause du manque des  $T_{min}$  et  $T_{max}$  de chaque mois pour les autres stations) avec en abscisse la moyenne de la température minimale (en °C), et en ordonnée  $Q_2$  donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Avec :  $P$  : Précipitations annuelles en mm ;

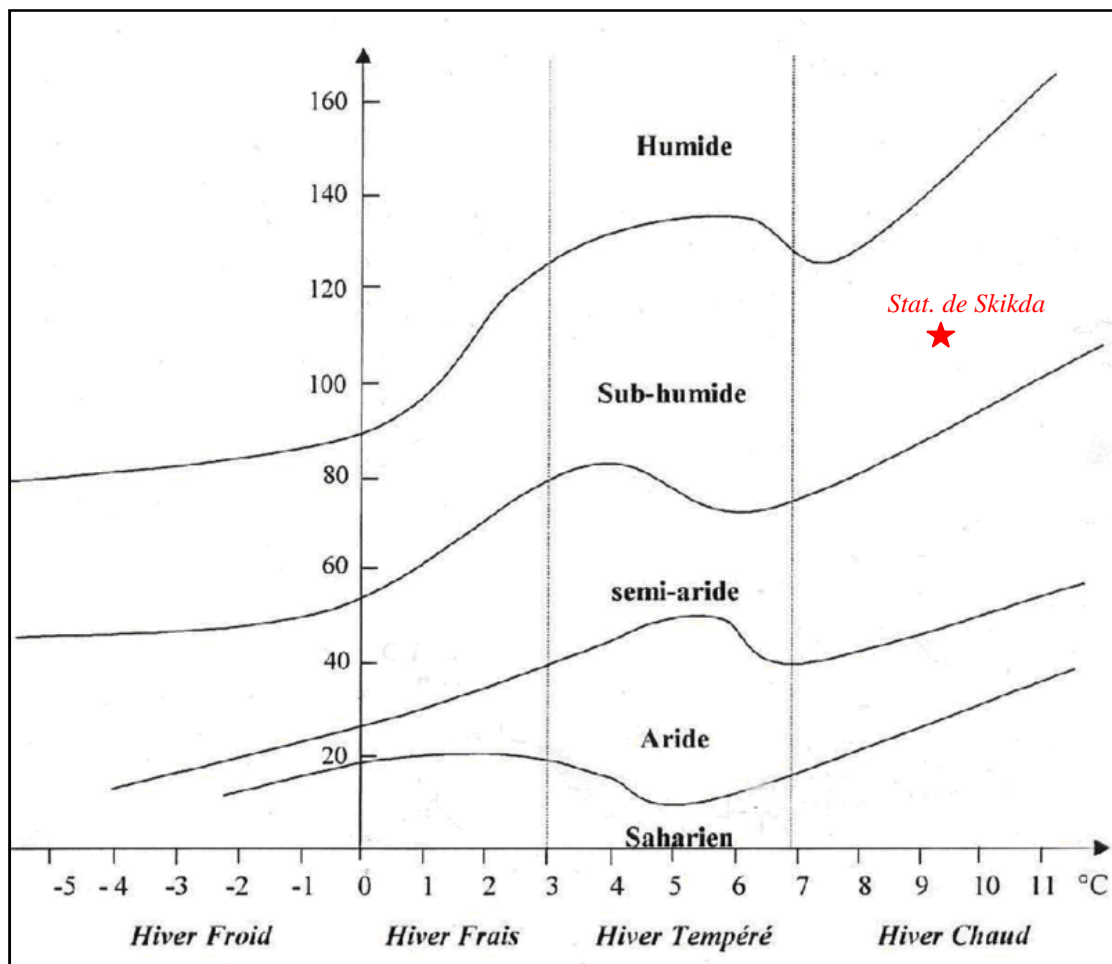
$M$  : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degré Kelvin (°k) ;

$m$  : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré Kelvin (°k),

$$(T^{\circ}k = T^{\circ}C + 273 ,2)$$

**Tableau 13-** Calcul des paramètres de la formule d'Emberger.

Stations	P (mm)	M		m		Q2
		°C	°k	°C	°k	
Station de Skikda	766.7	32.5	305.7	9.42	282.62	112.92

**Fig. 22-** Type de climat de la station de Skikda par le climagramme d'Emberger.

La valeur du quotient pluviométrique pour la station de Skikda est de : 112.92 ce qui indique un régime subhumide dans le diagramme d'Emberger.

## 9. Formule de Wundt

Cette méthode permet d'obtenir graphiquement l'ETR (le déficit d'écoulement) à partir d'un diagramme (de WUNDT) en fonction de la température moyenne et les précipitations.

En utilisant les résultats obtenus des stations de Skikda, Guenitré et de Beni Zid, on obtient les résultats montés par la figure 23.

À partir du diagramme de WUNDT, dont lequel les températures et les précipitations sont prises en considération (Pardé, 1954), nous pouvons obtenir graphiquement l'*ETR* (le déficit d'écoulement) La projection des grandeurs de *P* et *T* nous donne la valeur de l'*ETR* (*De*) sur le diagramme.

- Pour la station de Skikda l'*ETR* (*De*) est de l'ordre de 674 mm soit 87.87 %. Le ruissellement alors est  $R = P - ETR = 766.7 - 674$ , ***R* = 92.7 mm.**
- Pour la station de Guenitra l'*ETR* (*De*) est de l'ordre de 573 mm soit 87.85 %. Le ruissellement alors est  $R = P - ETR = 652.23 - 573$ , ***R* = 79.23 mm.**
- Pour la station de Beni Zid l'*ETR* (*De*) est de l'ordre de 668 mm soit 98.46 %. Le ruissellement alors est  $R = P - ETR = 678.4 - 668$ , ***R* = 10.4 mm.**

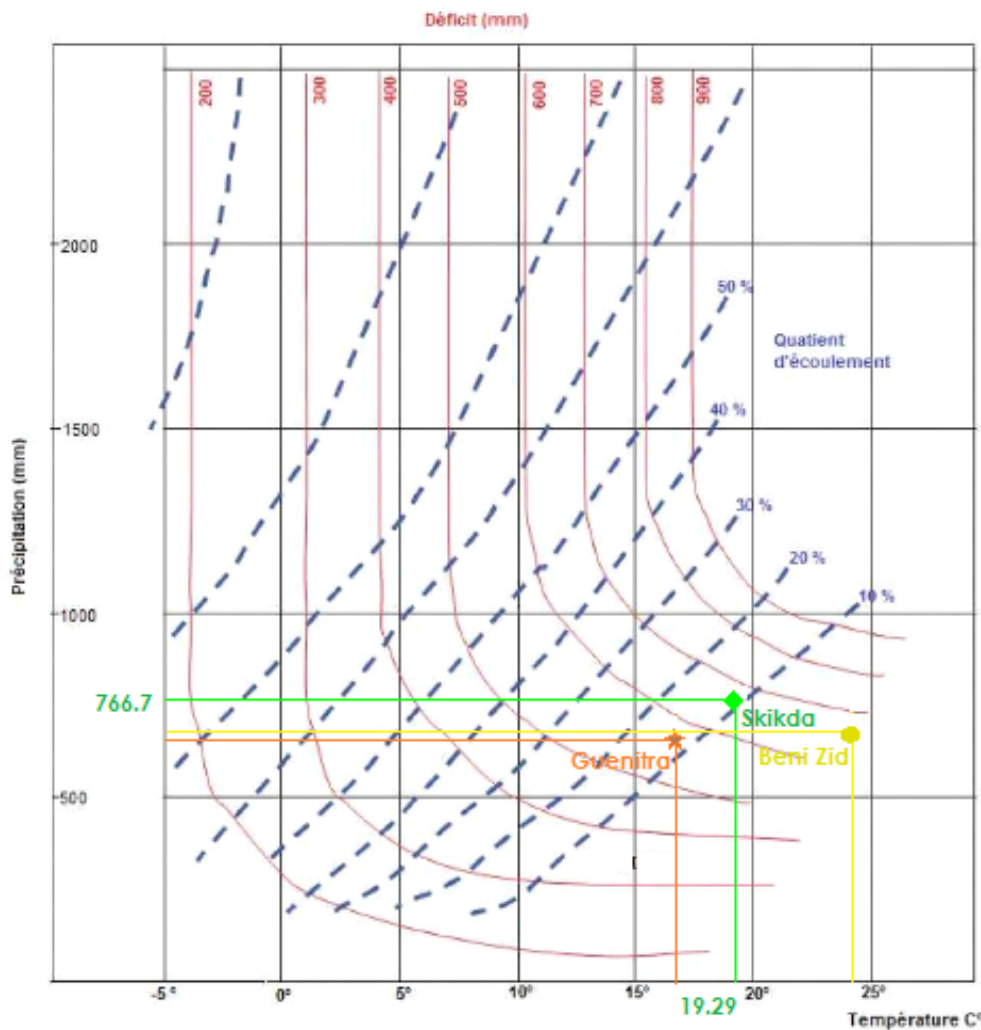


Fig.23- Abaque de Wundt.

## 10. Impact des changements climatiques sur les potentialités hydriques de la région

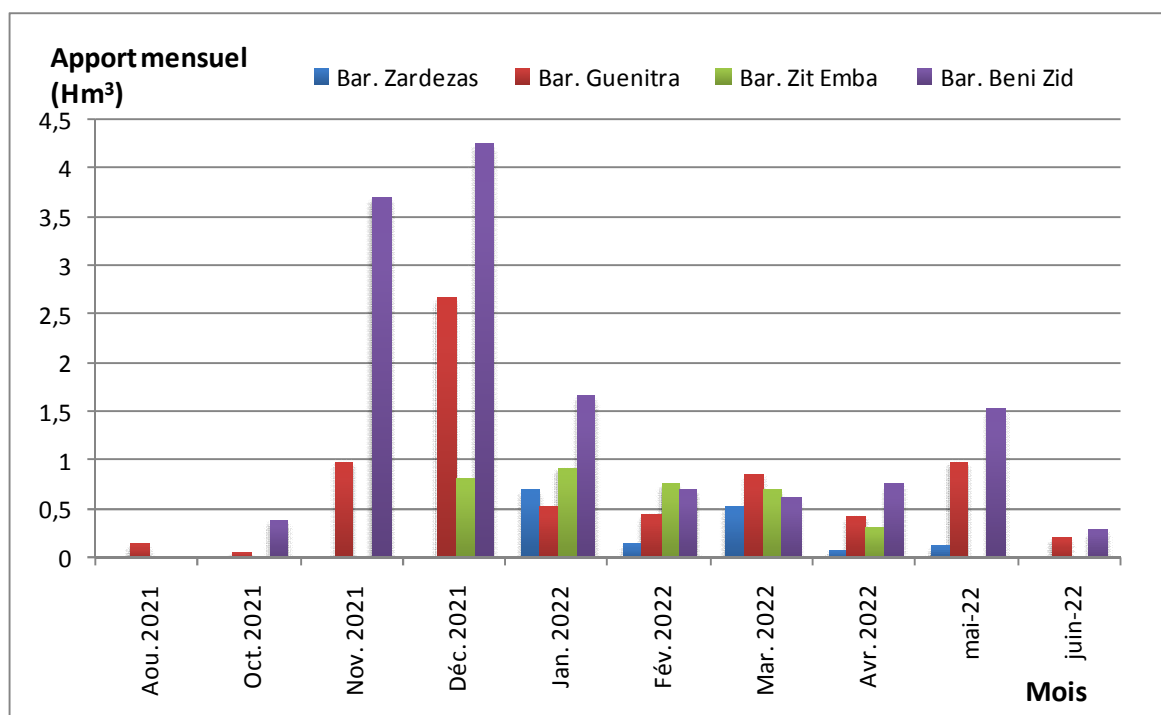
Les réserves en eau des nappes des dépôts alluvionnaires du quaternaire de la wilaya de Skikda ne cessent de se diminuer d'une année à l'autre suite aux faibles précipitations enregistrées surtout pour les trois dernières années (2020-2023), ainsi qu'à la forte évapotranspiration suite aux températures élevées.

Cette anomalie climatique qu'a touchée tous le monde est bien individualisée au Nord de l'Algérie. Les réserves d'eau superficielles matérialisées par les quatre barrages sont en régression et le risque de pénurie d'eau doit le maître en considération.

Avec l'explosion démographique, l'épanouissement des zones industrielles et le développement des surfaces agricoles irriguées la satisfaction des besoins en eau devient de plus en plus restreinte.

### 10.1. Apport mensuel en eau des barrages

D'après la figure 24, les apports mensuels en eau pour les quatre barrages de la wilaya de Skikda est bien distinct ; le barrage de Beni Zid reçoit la plus haute lame d'eau accumulée pour l'année 2021-2022, le mois de novembre plus les mois de la saison hivernale (Janvier et février) constituent les principales périodes de remplissage de ce barrage.

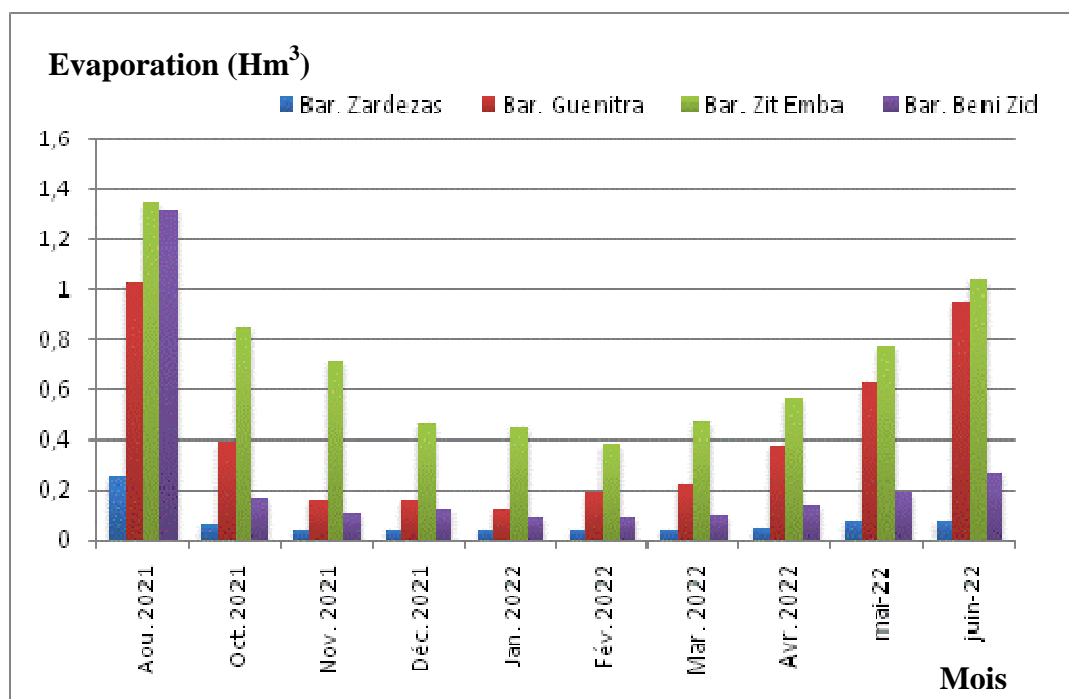


**Fig. 24-** Variations des apports mensuels en eau des barrages de la wilaya de Skikda (2021-2022).

Alors que le barrage de Zardezas et d'un degré moindre de Zit Emba ne reçoivent que de très faibles taux de remplissage durant toute l'année, ce qui impacte négativement sur leurs réserves.

## 10.2. Taux d'évaporation des eaux des barrages

Les eaux accumulées au niveau des barrages subissent des transformations de son état physique pour donner la vapeur d'eau par évaporation à cause des rayons solaires et des températures élevées principalement aux mois de mai jusqu'au novembre. Les barrages les plus touchés par cette évaporation sont ceux de Zit Emba à la commune de Bekkouche Lakhdar et de Guenitra à Oum Toub, ces régions sont caractérisées par un été plus chaud (Fig. 25).

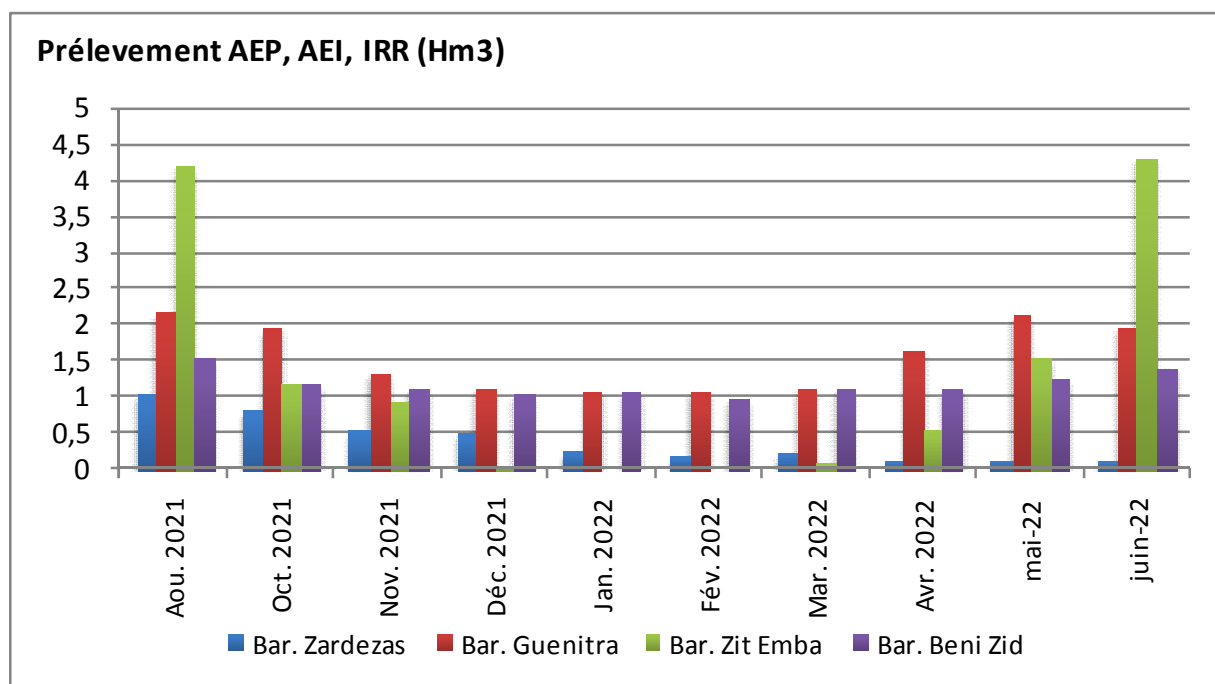


**Fig. 25-** Variations des taux d'évaporation des barrages de la wilaya de Skikda (2021-2022).

## 10.3. Taux de prélèvement des eaux des barrages

Les taux de prélèvement de l'eau des quatre barrages dépendent de leur destination soit en alimentation en eau potable (AEP), alimentation eau industrielle (AEI) ou en eau d'irrigation (IRR)

D'après la Figure 26, on remarque que les eaux des barrages de Guenitra et de Beni Zid sont largement mobilisées pour les mois de toute l'année soit à la satisfaction du secteur agricole dans la partie Ouest de la Wilaya de Skikda (barrage de Beni Zid) soit pour l'alimentation en eau potables des communes avoisinantes, l'irrigation de la partie Sud de la zone d'étude et l'alimentation de la zone industrielle pétrochimiques de la Wilaya pour le barrage de Guenitra. Les eaux des deux autres barrages de Zit Emba et de Zardezas sont moins mobilisées à cause de leur faible volume régularisable ; elles sont destinées principalement à l'irrigation durant les mois secs (de mai à octobre).



**Fig. 26-** Taux mobilisables des eaux des barrages de la wilaya de Skikda (2021-2022).

## 11. Approvisionnement en eau

Les ressources d'eau conventionnelles (barrages et forages) ne suffisent pas la satisfaction des besoins urbains, agricoles et industriels de la wilaya de Skikda à court terme, ce qui nécessite de trouver des sources indépendantes des contraintes climatiques.

### 11.1. Eau non conventionnelle

La wilaya de Skikda dispose d'une unité de dessalement d'eau de mer à Ben M'Hidi réalisée en 2002 et mis en service en 2003 d'une capacité initiale de 10000 m<sup>3</sup>/jour, soit 3.65

hm<sup>3</sup>/an. La capacité actuelle après le transfert de trois modules de 3000 m<sup>3</sup>/j ramène la capacité à 7000m<sup>3</sup>/j, cependant la production actuelle moyenne est de 3500 m<sup>3</sup>/j ceci est lié à des pannes techniques et coupures électriques.

Il existe au niveau de la zone industrielle une station de déminéralisation pour une capacité de 4500 m<sup>3</sup>/j destinée au renforcement de l'alimentation en eau industrielle de la zone industrielle de Skikda.

Une nouvelle station de dessalement d'eau de mer, d'une capacité de 100.000 m<sup>3</sup>/jour, sera prochainement réalisée à Skikda. Ce projet qui s'étendra sur une superficie de quatre hectares. La nouvelle station de dessalement est destinée à alimenter en eau potable diverses communes de la wilaya de Skikda, et à atténuer le problème des perturbations dans la distribution du précieux liquide, a-t-on fait savoir à la wilaya. Des instructions ont été données pour le lancement de l'étude technique du projet et l'aménagement du terrain d'assiette, en coordination avec toutes les directions concernées

### **11.2. Eaux usées épurées**

En perspective, il est projeté le recyclage des eaux usées pour l'irrigation des terres agricoles. La station d'épuration de la ville de Skikda mise en exploitation à la capacité de traiter 42000m<sup>3</sup>/j, soit 15.33 hm<sup>3</sup>/an à l'horizon 2025.

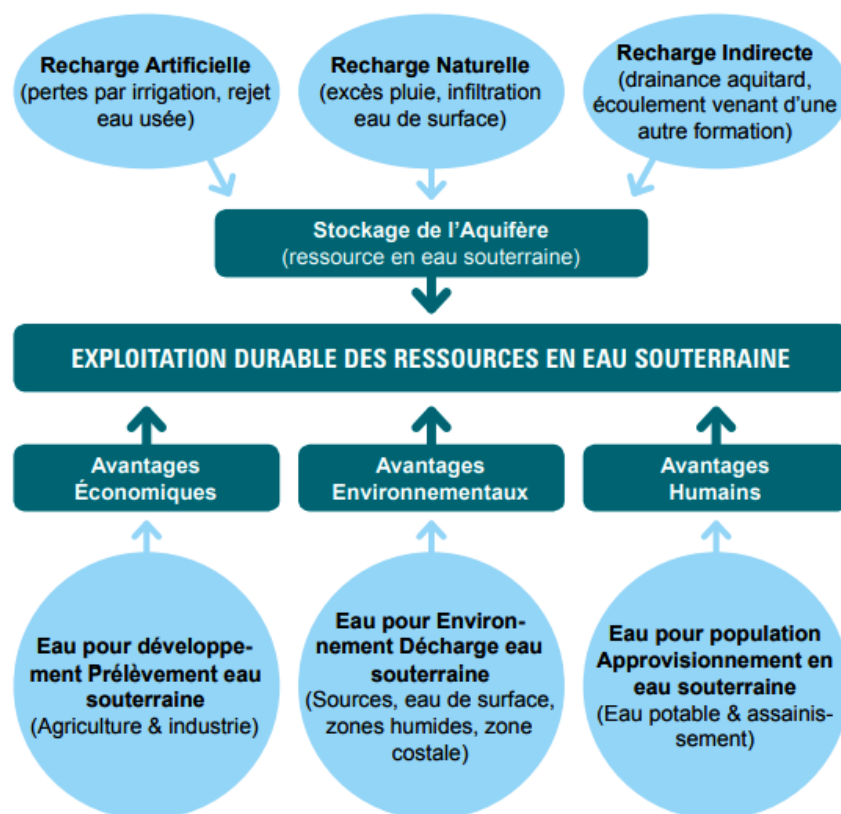
### **11.3. Lutte contre la pollution**

La pollution de l'eau est intrinsèquement liée aux activités humaines. Outre son rôle fondamental pour la vie et l'industrie, l'eau entraîne et transporte les déchets domestiques, agricoles et industriels à l'origine de la pollution. La dégradation de la qualité de l'eau due à la pollution diminue sa capacité à être utilisée en aval et menace la santé publique et les écosystèmes aquatiques, réduisant ainsi les volumes disponibles et augmentant la concurrence pour une eau de qualité acceptable, tous les oueds du bassin versant du Cotiers constantinois Centre reçoivent des rejets des eaux usées domestiques non traitées avec des concentrations distinctes d'une commune à l'autre.

### **11.4. Utilisation durable des eaux souterraines**

L'utilisation durable des eaux souterraines exige une compréhension approfondie des multiples facteurs qui ont une incidence sur la ressource (Fig. 27). Il s'agit de :

- La protection de la ressource en eau souterraine qui passe par la protection des importants forages d’approvisionnement en eau et des zones de recharge vis à vis des activités polluantes telles que les sites de décharges des déchets, les usines de traitement des eaux usées, etc.
- Dans les régions où l’eau est rare, l’approche par la gestion de la recharge des aquifères, par exemple à partir des eaux de crue occasionnelle ou l’excès d’eau d’irrigation, peut être introduite afin de promouvoir la durabilité de la ressource en eau souterraine.
- Dans tous les cas, là où c’est possible, l’utilisation conjointe de l’eau de surface et l’eau souterraine doit se faire afin d’assurer l’utilisation durable et optimale de la totalité de la ressource en eau.



*Fig. 27- Les éléments de la gestion durable les eaux souterraines: L'offre (en haut) et demande (en bas).*

### 11.5. La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

C'est une approche qui favorise l'exploitation et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux.

Pour une durabilité à long terme pour satisfaire l'approvisionnement en eau dans la wilaya de Skikda en en Algérie il faut installer une bonne politique de la gestion intégrée des ressources en eau. Il existe trois principaux «piliers» qui fournissent un cadre pour la mise en œuvre de la GIRE ; ce sont:

- l'efficacité économique;
- viabilité environnementale;
- et l'équité sociale.

Tous les plans GIRE doivent fonctionner avec ces trois objectifs fondamentaux à l'esprit.

Pour améliorer la GIRE, il ya trois domaines clés pour la réforme de la GIRE :

- Créer un environnement propice - politique de l'eau; lois et réglementation de l'eau; instruments financiers et économiques.
- Rôles institutionnels - les cadres organisationnels; développement des capacités institutionnelles.
- Instruments de gestion - évaluation et suivi des ressources en eau; informations sur la demande en eau; outils d'allocation, des modèles prévisionnels.

Lorsque le processus commence, il est important de prendre en compte :

- Quels changements doivent être effectués pour atteindre les objectifs convenus?
- Où et quand est-ce possible de changer compte tenu de la situation sociale, politique, économique et institutionnelle actuelle?
- Quelle est la séquence logique des changements? Quels changements doit on introduire en premier lieu, afin de rendre possibles d'autres?

Dans la wilaya de Skikda l'agriculture souffre également des problèmes de manque d'eau, en plus, les responsables de la gestion de l'eau qui doivent placer la disponibilité de l'eau pour les besoins d'alimentation en première priorité, n'avaient pas donné suffisamment d'importance à la préservation des écosystèmes dans leurs actions de développement des ressources en eau. La stratégie de gestion des ressources en eau basée essentiellement sur la gestion de l'offre, ne peut pas à elle seule, assurer la satisfaction des besoins des différents usagers de l'eau dans la wilaya à moyen et long terme d'une manière durable.

Dans cette optique, la gestion intégrée des ressources en eau dans la région devrait être appréhendée en terme de maîtrise des instruments de régulation (tarification et financement),

d'amélioration de la gouvernance de l'économie de l'eau, de réduction des pertes en eau dans les réseaux de distribution, de développement de la recherche scientifique dans le domaine de la maîtrise des ressources en eau et entreprendre des vastes programmes d'informations et de sensibilisation des citoyens.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Située au Nord-Est du pays, avec une superficie estimée à 4137,68 km<sup>2</sup>, et population qui achève un million d'habitant, la wilaya de Skikda limitée au Nord par la mer Méditerranée, constitue l'une des wilayas les plus riches en ressources hydriques soit en eaux superficielles ou souterraines. Les principaux cours d'eau de la wilaya de Skikda sont Oued Saf-Saf, Oued Guebli, Oued El Kebir et Oued El Hammam. La zone d'étude appartient au bassin versant des Côtiers Constantinois Centre qui a une superficie de 5582 km<sup>2</sup> et qui englobe presque toute la superficie de la wilaya de Skikda, avec des précipitations qui varient en moyenne de 650 mm à 1800 mm (1800 mm à Zitouna), pour l'ensemble du bassin, il existe dix sept (17) stations pluviométriques et cinq (5) stations hydrométriques suivies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H).

Ce bassin possède un chevelu hydrographique dense et très ramifié suite à sa topographie accentuée et la lame d'eau précipitée totalisant un réseau de plus de 4200 km, qui draine Neuf (09) sous bassins versants, où c'est construit quatre barrages de capacité globales de 290 667 000 m<sup>3</sup> (Barrage de Guenitra, Barrage de Zardezas, Barrage de Beni Zid et Barrage de Zit Emba) et plus de 40 retenues collinaires d'une capacité de stockage qui dépasse 3300000 m<sup>3</sup>. Les ressources d'eau souterraines sont de degré importante surtout dans les horizons aquifères des nappes alluviales du sable, gravier et galets des vallées de l'Oued Saf-Saf, Oued Guebli, Oued Zhour, Oued Kebir Ouest et le massif dunaire de Guerbez, ainsi que dans les horizons aquifères du massif cristallophyllien fissuré dans la partie Ouest de la Wilaya. Les précipitations importantes constituent la source primordiale d'alimentation des ces nappes captées par plus de 147 forages actuellement en exploitation dans le bassin, mobilisant un potentiel de 1925,8 l/s soit 60,73 hm<sup>3</sup>/an destinés à l'alimentation en eau potable (84.55%), alimentation en eau industrielle (11.76%), et en eau d'irrigation (3.69 %).

L'agriculture demeure avec une superficie agricole utile qui est de 131879 ha la première activité dans la Wilaya de Skikda (exercée par 28% de la population), les principales cultures dans la wilaya de Skikda sont les céréales, les cultures maraîchères (2870 ha), les cultures fourragères, l'arboriculture (2130 ha), et les cultures industrielles (2891 ha). L'industrie constitue elle-même la 2<sup>ème</sup> activité exercée, concentrée autour des agglomérations principales de la commune de Skikda (Complexe de raffinage), Azzaba (Complexe mercuriel), Collo (bois et liège), El Harrouch (Minoterie et semoulerie), Ben Azzouz (unité de concentré de tomate).

L'étude de l'impact climatologique sur les variations des réserves et potentialités hydriques dans la région de Skikda par l'analyse des paramètres de précipitation et température issues des trois stations météorologiques de Skikda, Guenitra et Beni Zid pour une période de suivie

de 21 ans (20 ans pour la station de Beni Zid) et traité avec des méthodes de l'évaluation du bilan hydrique de Thornthwaite et de l'ETP montre que les précipitations annuelles sont de l'ordre de 650mm à 766mm, les températures annuelles varient entre 16.9°C et 24°C dans les trois stations. Actuellement dans les dernières années la précipitation n'atteint guère les 400 mm (2021-2022), ainsi pour la température élevée (21.5°C en 2021-2022) ce qui est considéré comme une terrible menace pour les réserves en eau, les écosystèmes et gestion durable. Le diagramme ombrothermique montre que la période sèche débute :

- Du mois de mai jusqu'au début du mois de septembre (04 mois) d'octobre pour les stations de Skikda et de Beni Zid ;
- De la fin du mois de mai et s'étend jusqu'au début du mois d'octobre pour la station de Guenitra.

Ensuite, la période humide commence :

- Du mois de septembre jusqu'au mois de mai pour la station de Skikda et de Beni Zid ;
- Du mois d'octobre jusqu'au début de mai pour la station de Guenitra.

La résolution de l'équation du bilan montre que une forte quantité d'eau précipitée c'est évaporée ( $P=766.7\text{mm}$ ,  $ETR = 567.5\text{mm}$  à la station de Skikda), 150 mm ruisselée à travers les Oueds et courts d'eau et 49.2 mm infiltrée dans les aquifères. Pour la station de Guenitra  $P = 652.23$  mm,  $R=92.44\text{mm}$ ,  $ETR=481.7\text{mm}$  et  $I=78.13\text{mm}$ .

Les valeurs de l'ETR obtenues par la méthode de C. W. Thornthwaite, montrent pour les stations de Skikda et de Gueintra que l'évapotranspiration réelle ( $ETR = 451.80$  mm/405.77 mm respectivement) atteint son maximum au mois de Mai avec 74,83 mm et 87,45 mm respectivement, ce qui provoque un déficit agricole (306.56 mm/419.09 mm respectivement) nécessitant une irrigation. A partir du mois d'octobre on assiste à une reconstitution du stock qui devient important entraînant une RFU maximale, et ceci jusqu'au mois d'avril où l'épuisement du stock commence ( $RFU=0$ ).

L'évapotranspiration réelle (ETR) pour la station de Beni Zid atteint son maximum au mois de Mai avec 97,67 mm, ce qui provoque un déficit agricole nécessitant une irrigation jusqu'au mois de Novembre. A partir du mois de Novembre on assiste à une reconstitution du stock qui devient important entraînant une RFU maximale, et ceci jusqu'au mois de Mars où l'épuisement du stock commence.

La détermination du type de climat par l'indice de De Martonne montre que le climat est de type tempéré caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude avec drainage extérieur non indispensable.

La valeur du quotient pluviométrique pour la station de Skikda dans le diagramme d'Emberger est de 112.92 ce qui indique un régime subhumide.

À partir du diagramme de WUNDT, dont lequel les températures et les précipitations sont prises en considération, nous pouvons obtenir graphiquement l'ETR (le déficit d'écoulement) qui donne les valeurs suivantes :

- Pour la station de Skikda l'ETR est de l'ordre de 674 mm soit 87.87 %. Le ruissellement alors est  $R = P - ETR = 766.7 - 674$ ,  $R = 92.7$  mm.
- Pour la station de Guenitra l'ETR est de l'ordre de 573 mm soit 87.85 %. Le ruissellement alors est  $R = P - ETR = 652.23 - 573$ ,  $R = 79.23$  mm.
- Pour la station de Beni Zid l'ETR est de l'ordre de 668 mm soit 98.46 %. Le ruissellement alors est  $R = P - ETR = 678.4 - 668$ ,  $R = 10.4$  mm.

Avec l'explosion démographique, l'épanouissement des zones industrielles et le développement des surfaces agricoles irriguées la satisfaction des besoins en eau devient de plus en plus restreinte. Les ressources d'eau conventionnelles (barrages et forages) ne suffisent pas à court terme, les sources non conventionnelles semblent indispensable pour cette satisfaction, la wilaya dispose d'une station de dessalement d'eau de mer, d'une capacité de  $7000\text{m}^3/\text{j}$  qui s'ajoute à la station de déminéralisation de  $4500\text{ m}^3/\text{j}$  destinée à l'alimentation en eau industrielle de la raffinerie de Skikda. La wilaya sera renforcée prochainement par une nouvelle station de  $100.000\text{ m}^3/\text{jour}$ .

#### ***En perspective :***

- Il est projeté le recyclage des eaux usées pour l'irrigation des terres agricoles par l'installation de nouvelles stations d'épuration dans les communes à grande densité d'habitant pour soulager l'unique station en service de Skikda.
- Lutter contre la pollution et la protection des écosystèmes.
- L'utilisation durable des eaux souterraines.
- La réalisation de nouvelles petites retenues collinaires.
- La diminution des taux des fuites dans le réseau d'AEP
- L'utilisation des modernes systèmes d'irrigation tel que la goutte à goutte.
- La Gestion Intégrée des Ressources en Eau, dans cette optique, la gestion intégrée des ressources en eau dans la région devrait être appréhendée en terme de maîtrise des instruments de régulation (tarification et financement), sensibilisation de l'opinion publique, stimuler la volonté politique d'agir, d'amélioration de la gouvernance de l'économie de l'eau, de réduction des pertes en eau dans les réseaux de distribution, de développement de la recherche scientifique dans le domaine de la maîtrise des ressources en eau et entreprendre des vastes programmes d'informations et de sensibilisation des citoyens.

## Références bibliographiques

Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière. Ministère de l'Industrie. Monographie Wilaya de Skikda (2021). Site internet : <https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHE%20WILAYA%20SKIKDA.pdf>

Belhadj M. Z. Boudoukha A. (2014). Avilissement Des Eaux De Surface Du Barrage De Zit-emba. wilaya De Skikda Par Une Contamination Des Métaux Lourds Et Une Pollution Anthropique. Le Journal de l'Eau et de l'Environnement Volume 13, Numéro 24, Pages 10-19

Ben Rabah S. (2006). Etat actuelle des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthèse) bilan – gestion – perspective. Mémoire de Magister : université Badji Mokhtar- Annaba, 150p.

Benamira F. (2017). Etude diachronique de l'évolution de la végétation forestière par télédétection : cas de la wilaya de Skikda. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, 46p.

Bouchedja A. (2012). Ministère des Ressources en Eau, Euro-RIOB 2012 : 10ème Conférence Internationale, Istanbul\_Turquie.

Butcher, J.B., Zi, T., Pickard, B.R., Job S. C., Johnson T. E., Groza B. A. (2021). Efficient statistical approach to develop intensity-duration-frequency curves for precipitation and runoff under future climate. *Climatic Change* 164, 3. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-02963-y>

Carrick A. G., Juniper T, Shuckburgh E. (2017). Le petit livre du changement climatique : société de la météorologie et du climat. Edition Dunod, France.

De\_Richter R., Ming T., Caillol S., Liu W. (2016). Fighting global warming by GHG removal: Destroying CFCs and HCFCs in solar-wind power plant hybrids producing renewable energy with no-intermittency. Volume 49, 449-472p. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.02.027>

Djaffar S., Kettab A. (2017). La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir ? *Algerian Journal of Environmental Science and Technology* April edition. Vol.4. No1. (2018) ISSN: 2437-1114.

Emberger L. (1932). Sur une formule climatique et ses applications en botanique: la météorologie, 92 et 93, 423-432 p.

Gausson H., Bagnouls F. (1952). L'indice xérothermique. In: *Bulletin de l'Association de géographes français*, N°222-223, 29e année, pp. 10-16.

Guivarch C., Taconet N. (2020). Inégalités mondiales et changement climatique. Revue de l'OFCE N° 165, 35-70p.

Hadef A. (2016). L'eau superficielle en Algérie de sa naissance a sa gestion, Mémoire de Master, université constantine 1 ,55p.

Khelfaoui F., Derradji Z. (2010). Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, nord-est algérien). Revue « Nature et Technologie ». N° 03, 50-56p.

Khelfaoui H., Dajbri L., Lakhel F-Z., Chaffai H., Hani A., Sayad L. (2020). Determination of the origin of mineralization and groundwater salinity in the Adrar region in the southwest of Algeria. Journal of Groundwater Science and Engineering Vol.8 No.2: 158—171p. DOI: 10.19637/j.cnki.2305-7068.2020.02.007

Luna-Ortiz E. (2023). Ensuring consistency in VLE and density modelling of (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>) mixtures that are relevant in CCS pipeline transport: fitting BIPs for various EoS implemented in 'off-the-shelf' property packages. International Journal of Greenhouse Gas Control. 127 103933

Martonne E. De (1925-1927) : Traité de géographie physique. A. Colin, Paris, 4e édition, 1519 p. (tome 3 avec A. Chevalier et L. Cuénot). Thornthwaite, C.W., (1948). An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review 38, 55-94

Mebarki A. (2007). Les bassins hydrologiques de l'Algérie orientale : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de doctorat d'état, Univ. Mentouri de Constantine, 360 p.

Pardé M. (1954). Les abaques de Mr W. Wundt pour évaluer les débits moyens annuels des rivières d'après les précipitations et les températures. In: Annales de Géographie, t. 63, n°335, pp. 52-56.

Rouabhi A . Polycopiés de cours : Bioclimat Et Changement Climatique, mémoire de Master. Université Ferhat Abbas - Setif1, 39p.

Swynghedauw B., Weméau J.-L. (2021). Rapport 20-07. Conséquences du changement climatique sur la santé humaine et animale Consequences of climate change on human and animal health. Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine

Thornthwaite C.W., (1948). An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review 38, 55-94.

Turc, L., (1954). Le bilan d'eau des sols : relations entre précipitations, l'évapotranspiration et l'écoulement. *Ann. Agron.* 5, 491-596. Volume 205, Issue 3, March 2021, Pages 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2021.01.009>

Yobom, O. (2020). Climate change and variability: empirical evidence for countries and agroecological zones of the Sahel. *Climatic Change* 159, 365–384. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02606-37>.

**Nom et prénom : - BOUBELLOUTA Fouzia**

**- GUERNANE Samah**

**Titre : Caractérisation des propriétés climatiques et leur impact sur les ressources et les potentialités hydrauliques dans la Wilaya de Skikda.**

**Résumé** : Les conditions climatiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eaux, les précipitations et les températures sont les liens les plus importants. La wilaya de Skikda située au Nord de l'Algérie est considérée parmi les zones les plus riches en ressources hydriques soit superficielles ou souterraines du pays. D'après l'indice de De Martonne le climat de la région est de type tempéré caractérisé par deux saisons l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude avec drainage extérieur non indispensable. La zone d'étude appartient au bassin versant des Côtiers Constantinois Centre qui englobe presque toute la superficie de la wilaya de Skikda, avec des précipitations qui varient en moyenne de 650 mm à 1800 mm et des températures annuelles entre 13.8°C et 21.5°C avec années déficitaires et excédentaires presque égales. Ces précipitations sont en régression notables à cause du changement climatique, la moyenne annuelle est de 514.37mm, 330.48mm et 435.2 mm durant les trois dernières années de 2020 à 2023 respectivement. Alors que le calcul du bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite montre qu'une grande partie des précipitations est reprise par l'évapotranspiration (58.3%), le besoin en eau des plantes matérialisé par le déficit agricole est important (39.6%), alors que la recharge interannuelle est relativement faible. La satisfaction des besoins en eau devient de plus en plus restreinte et la recherche de sources non conventionnelle semble un choix primordiale irréversible. La gestion intégrée des ressources en eau devra être prendre avec une grande importance pour le bon approvisionnement en cette source vitale pour les futures générations par la bonne gouvernance d'économie de préservation et d'exploitation de l'eau.

**Mots clés** : *Changement climatique, Précipitation, Température, Evapotranspiration, Réserve, Skikda.*

**Année Universitaire : 2022/2023**