

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique et de Génie Civil

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique  
Option : Ouvrage Hydraulique

**Thème: Modélisation de l'évaporation en  
fonction des pressions de vapeur saturante et  
ambiante - Cas du barrage-réservoir de Djorf-  
Torba -Bechar-**

Dirigé par :

**Dr.ASSIA MEZIANI**

Présenté par:

**AYACHI AMOR HADJER**

**MEHRI MOHAMMED DJEMOUI**

Devant le jury composé de :

Président: Mr. *Mohammed Sayah Lembarek*

Examinatrice: Mr . *Mega Nabil*

**Promotion : Juin 2020**

# *Dédicace*

*En dédie ce modeste travail avec vif plaisir*

*à ceux*

*Qui sont les plus proches à nos coeurs,*

*A nos très chères mères*

*A nos chers pères*

*A nos très chères femmes*

*A nos chères soeurs et frères.*

*A nos tantes et oncles*

*A toute la famille*

*A tous nos amis*

# Remerciement

*Il m'est très bien agréable d'adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont permis de mener à bien ce travail et ce ne sont pas ces quelques phrases si personnelles soient-elles qui arriveront à leurs exprimer mes sentiments de reconnaissances. Nous remercions particulièrement la directrice de mémoire Mademoiselle Meziani Asia, pour son support, tant sur le plantechnique que sur le plan personnel. Sa présence et sa disponibilité tout le long de ce projet ont été déterminantes pour le meilleur choix de décisions ainsi que pour la résolution des problèmes rencontrés. Mieux encore, nous lui suis reconnaissant pour l'engagement et l'attention bienveillante qu'il a su m'accorder tout le long de ce projet.*

*Nous remercions spécial aux parents pour leur soutien moral pour mener à bien ce parcours éducatif.*

*Merci!!!*

## Résumé:

Le but de cette étude est de trouver une nouvelle équation qui nous permettra d'obtenir une bonne estimation du phénomène d'évaporation du barrage Djorf-Torba situé à l'est de la ville de l'ouest de Bechar, qui est caractérisée par un climat aride, Cet modèle nous aide à estimer les valeurs d'évaporation de manière simple et facile sans avoir à effectuer de mesures sur le terrain. Dans ce contexte, nous avons utilisé des données climatiques telles que : la température, l'humidité relative, la vitesse du vent et d'autres paramètres pour formuler la nouvelle équation. Ensuite, nous avons comparé les résultats numériques et graphiques avec les modèles choisis afin de confirmer son efficacité et sa fiabilité.

**Mots clés** : Evaporation- Modèle numérique- Barrage Djorf-Torba- Climat arid, l'eau.

## Abstract:

The purpose of this study is to find a new equation that leads to estimate the evaporation from Djorf-Torba reservoir-dam located in east of the western town of Bechar, it's characterized by a arid climate. So, the proposed model can help us to estimate evaporation values in a simple and easy way without having to carry out direct measurements using classic method (evaporation pans). In this subject, we used climate data such as: temperature, relative humidity, wind speed and others parameters to formulate the proposed equation. Then, we compared numerical and graphical results with selected models to confirm its efficiency and reliability.

**Key-words** : Evaporation- numerical model- Djorf-Torba Dam- arid climate ,water.

## المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى ايجاد معادلة جديدة تمكن من الحصول على تقدير جيد لظاهرة التبخر في سد جرف التربة الواقع في غرب بشار ذات المناخ الجاف بحيث تساعدنا هاته الأخيرة في حساب قيم التبخر بطريقة سهلة وبسيطة دون الحاجة الى اخذ قياسات ميدانية ( قياسات مباشرة ) . ففي هذا السياق ، قمنا باستعمال المعطيات المناخية مثل درجة الحرارة ، الرطوبة النسبية ، سرعة الرياح ... الخ لصياغة المعادلة الجديدة ثم مقارنة نتائجها العددية والبيانية مع نماذج مختارة تعسفيا قصد تأكيد فعاليته وموثوقيته .

الكلمات المفتاحية : التبخر – النموذج العددي – سد جرف توربا – المناخ الجاف والماء.

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE .....	iii
LISTE DE TABLEAU .....	v
LISTE DE FIGURE .....	vi
INTROUDICATION GENERALE.....	01

### CHAPITRE I : PRESENTATION DU BARRAGE -DJORF TORBAI.

I Introduction.....	03
II. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BARRAGE DJORF TORBA .....	03
III. CARACTERISTIQUES DU BARRAGE DE DJORF TORBA.....	04
III-1-Caractéristiques hydrologiques.....	04
III-2-Caractéristiques Techniques .....	04
IV- LES CARACTERSTIQUES CLIMATIQUES DE LA REGION DE BECHAR .....	05
IV-1- La Température .....	05
IV-2- Le vent.....	08
IV-3- Humidité relative .....	09
IV-4- La pression atmosphérique .....	10
IV-5- L'insolation .....	11
V- LES PROBLEMES EXISTANTS AU NIVEAU DU BARRAGE DJORF-TORBA .....	12
V-1- L'envasement.....	12
V-2- Les apports solides.....	13
V-3- Impact du barrage Djorf-Torba sur l'environnement.....	13
V-4- L'entretien.....	13
V-5- Le vieillissement.....	13
V-6- Les fuites.....	14
V-7- Les pertes par évaporation.....	14
VI. Conclusion.....	16

## **CHAPITRE II : LES MODELES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION DANS LA REGION ARIDE**

I. Introduction.....	18
II. LES MODELES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION DES PLANS D'EAU.....	18
Méthode directe « Bac Colorado ».....	18
Les méthodes Indirectes -Modèles d'estimation de L'évaporation dans les régions Arides... ..	20
III. Conclusion.....	28

## **CHAPITRE III :ELABORATION D'UN MODELE D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION**

I. Introduction.....	30
II. NOUVEAU MODELE D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION.....	30
Analyse statistique des paramètres hydro-climatiques.....	30
Le modèle numérique .....	31
Performance du modèle.....	31
Critère de Nash –Sutcliffe (NS) .....	31
Critère RSR (RMSE standard déviation ratio.....	32
III.. Résultats graphiques obtenus par le nouveau modèle proposé .....	39
IV. Conclusion.....	45

## **CHAPITRE IV : ETUDE COMPARATIVE DES RESULTAS OBTENUS PAR LES MODELES**

I. Introduction.....	47
II. présentation graphique des modèles choisis et propose .....	47
III . Calcul des erreurs des modèles d'estimation.....	47
IV. Calcul des erreurs pour chaque modèle.....	48
V. Conclusion.....	50
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>52</b>
Référence bibliographique .....	53

*liste de tableau*

<b>Le Tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau N°I.1:</b> Variation annuelle de la température de la région de Bechar(2000-2014).	4
<b>Tableau N°I.2 :</b> Variation mensuelle de la température de la région de Bechar (2000-2014).	5
<b>Tableau N°I.3:</b> Variations mensuelles de vitesse des vents (2000-2014).	6
<b>Tableau N°I.4:</b> Variation mensuelle de l’humidité relative dans le période (2000-2014)	7
<b>Tableau N°I.5 :</b> Variation mensuelle de la pression atmosphérique dans la période (2000-2014).	01
<b>Tableau N°I.6 :</b> Variation des l’insolation mensuelles de la région de Bechar dans période (2000-2014) .	00
<b>Tableau N°I.7:</b> Apport liquide de la Saoura annuel en eau de la Saoura dans le passé et au présent (Kabour, 2016)	01
<b>Tableau N°I.8 :</b> Variation de l’évaporation moyenne mensuelle dans la période (2000-2014).	02
<b>Tableau II.1.</b> Les différentes modèles d’estimations de l’évaporation des plans d’eau	01
<b>Tableau II.2:</b> Modèle de Davidov (1944)	05
<b>Tableau N° III.1:</b> Coefficients d'ajustement (EVP mes)	11
<b>Tableau N° III.2 :</b> Résultats du calcul des indicateurs de performance du nouveau modèle ( 2000 - 2014)	10
<b>Tableau N° III.3 :</b> Matrice de corrélation des paramètres climatologiques	11
<b>Tableau N° III.4 :</b> Résultats numériques obtenus par le nouveau modèle proposée	12
<b>Tableau N° III.5:</b> Résultats inter- annuels de nouveau modèle et du bac Colorado (2000-2014)	20
<b>Tableau IV.1:</b> Les erreurs de calcul pour chaque modèle sont regroupées dans les tableaux ci-dessus :	26

### *liste de figure*

<b>La figure</b>	<b>Page</b>
<b>Figure I.1</b> : Situation de barrage Djorf-Torba, chevelu hydrographique et réparation des stations pluviométrique sur le BV du Oued Guir (Kabour, 2016)	2
<b>Figure I.2</b> : Le Barrage Djorf-Torba (évacué de crue) (ANBT, 2016).	3
<b>Figure I.3</b> : Températures moyennes maximales, minimales et annuelles de la région de Bechar durant la période (2000-2014)	5
<b>Figure I.4</b> : Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Bechar durant la période (2000-2014).	6
<b>Figure I.5</b> : Variation de vitesse des vents en (m/s) moyens mensuelles de la région de Bechar durant la période (2000-2014).	7
<b>Figure I.6</b> : Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle (%) (2000-2014).	01
<b>Figure I.7</b> : Variation de la pression atmosphérique pendant la période (2000-2014).	00
<b>Figure I.8</b> : Variation de l'insolation mensuelle de la région de Bechar (2000-2014)	00
<b>Figure I.9</b> : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle dans le période (2000-2014).	03
<b>Figures II.1 et 2</b> : Bac d'évaporation du barrage Djorf-Torba (Boutoutao, 2011)	07
<b>Figure II.3.</b> Les résultats graphiques obtenus par les modèles utiliser dans les deux barrages entre la période de 2001-2014	00
<b>Figure II.4.</b> Corrélation entre les résultats des modèles choisis et l'évaporation mesurée	05
<b>Figure III.1:</b> Présentation graphique de l'évaporation calculée par le et celle mesurée par le bac Clé du Graphe: La courbe bleue est d'évaporation calculé en (mm), la courbe rouge d'évaporation mesurée. (X) ligne des mois ,(Y) les valeurs de l'évaporation (mm	17
<b>Figure III.2</b> : Variation de l'évaporation interannuelle par le nouveau modèle et du bac Colorado durant la période (2000 – 2014)	21
<b>Figure IV.1:</b> Présentation graphique des modèles-Barrage Djorf-Torba-(2000-2014)	25



## *Liste des abréviations*

**RSR:** Racine carrée moyenne du Rapport d'écart-type erreurs observations .

**E:** Les évaporations (mm) pour les équations (Meyer (1926) , Davidov (1944)) (mm/mois) et Dalton1802 (inh/mois)) .

**D:** les heures de la lumière du jour

**ea:** la pression de vapeur atmosphérique à la température de l'air (Kpa) pour les équations, Mutreja ( 1986), Davidov (1944), Marciano et Harbeck (1954), Mokliak(1931) , Rohwer (1931) , Schmucke(1951), Shuleikin (mmHg) et Hyvarinen et al(1973), Lu et al (2005), Meyer (1915), Boutoutao (1995), Shuliakovski (1889) , Trebert (1896),(mb),et Dalton1802 , Meyer (1926) , Vikulina (1979) (HPa),et Kuzmin(1957), Konstantinov(1968),(pouceHg).

**es:** la pression de vapeur atmosphérique à la température de l'air (Kpa) pour les équations, Mutreja ( 1986), Davidov (1944), Marciano et Harbeck (1954), Mokliak(1931) , Rohwer (1931) , Schmucke(1951), Shuleikin (mmHg) et Hyvarinen et al(1973), Lu et al (2005), Meyer (1915), Boutoutao (1995), Shuliakovski (1889) , Trebert (1896),(mb),et Dalton1802 , Meyer (1926) , Vikulina (1979) (HPa),et Kuzmin(1957), Konstantinov(1968),(pouceHg).

**Hr:** humidité relative ( % ) .

**N:** nombre de jour .

**P:** Pourcentage mensuel d'heures d'ensoleillement dans l'année .

**Ta:** la température de l'air (C°) pour les équation : Lu et al (2005), Konstantinov(1968).

**U:** la vitesse du vent (m/s), pour les équations Kuzmin(1957), Konstantinov(1968), Marciano et Harbeck (1954), Meyer (1915), (Fitzgrald1886) (Mil/Heur)et Mutreja ( 1986)(km/heure).

# **INTRODUCTION GENERALE**

### INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie est un pays aussi grand, est classée sur la liste des pays pauvres en eaux, où l'approvisionnement en eau est lié aux besoins de la population considéré aussi comme un pays ou pauvre en eau surtout au sud algérien parce que les ressources en eau disponible sont en quantité limitée en raison des activités humaines: La croissance démographique, urbanisation, l'augmentation du niveau de vie et les changements climatiques et les variations de conditions naturelles aggravent ces pressions.

Afin de résoudre le problème de manque d'eau, l'exploitation des ressources souterraines et de surface ont été et reste une obligation. Rappelons que le sud algérien est caractérisé par trois climats : semi-aride, aride et hyperaride. Le premier constat qu'on peut constater est bien le facteur climatologique qui est la température influe d'une façon régulière sur la quantité et la qualité des eaux de surface. En Algérie, il y a 75 barrages d'une capacité de 08 milliards de m<sup>3</sup> est amputée annuellement d'une capacité de plus de 50 millions de m<sup>3</sup> (Remini, 2016). Nous enregistrons que les réservoirs d'eaux de surface (Barrages) situés au sud algérien sont comptés de quatre réservoirs d'eaux :Barrage Brézina (El-Bayadh), barrage Djorf-Torba(Bechar), barrage Fom-El-Gherza (Biskra) et barrage Fontaine des Gazelles (Biskra).

Les graves problèmes affectant ces barrages sont bien l'envasement des barrages et les pertes d'eaux. Les études sur l'envasement sont nombreuses. D'après les dernières recherches ont tous confirmé que ce dernier préoccupant presque tous les barrages. Plusieurs recherches ont été effectuées sur l'envasement des barrages mais peu de recherches sur le problème des pertes d'eaux puisque nécessite un suivi et des mesures in situ journalier avec utilisation des instruments de mesure vraiment adéquats pour un très bon diagnostic sur ces problèmes. Prenons l'exemple de l'évaporation des eaux de retenues, la majorité des barrages cités ci-dessus sont équipés par des Bac Colorado ou Bac class-A- les mesures de l'évaporation sont faites mais les valeurs enregistrés présentent des valeurs erronées en d'autre termes pas précis en raison des erreurs de mesures plus la majorité des rapports ne prennent pas en considération les d'autres facteurs climatologiques (exemple le rayonnement solaire, la lumière du jour) comme paramètres à mesurée ou bien sont pas prise en considération comme paramètres à mesurée ou à enregistrer sur les bulletins des stations pluviométriques.

Notons que l'évaporation des plans d'eau est un problème à pendre en considération dans les retenues des barrages algériens, elle dépend de plusieurs facteurs climatologiques tel que la température, la vitesse de vent, la pluie, la pression atmosphérique, Insolation, la lumière du jour....etc.

La majorité de recherches internationales effectuées sont basés sur des mesures in situ des paramètres climatologiques pour quantifier l'évaporation et trouver un moyen pour la réduire au maximum afin d'exploiter au maximum la quantité d'eau des barrages.

En Algérie, les travaux de recherches qui sont menu par Pr. Boutoutao et Dr. Fekih ont abouti à des modèles adéquates afin d'estimer l'évaporation au niveau des plans d'eau ou bien au niveau des barrages. Ces formules nécessitent de mesure des paramètres in situ comme température de l'eau ou bien le rayonnement solaire qui est indispensable dans les bulletins climatologiques.

Nous accordons une attention particulière au problème de l'évaporation du barrage de Djorf- Torba (Béchar) situé au région aride, dont notre but est bien d'élaborer un modèle numérique permettant d'estimer l'évaporation au niveau de ce barrage et de comparer les résultats obtenus avec les modèles choisis. Pour cela ce mémoire fait l'objet d'estimer l'évaporation du barrage Djorf-Torba par un nouveau modèle que nous pensons à l'élaborer. Pour cela nous présentons les axes suivants à suivre :

### **INTRODUCTION GENERALE**

**CHAPITRE I :** Présentation du barrage Djorf-Torba.

**CHAPITRE II :** Les modèles d'estimation de l'évaporation.

**CHAPITRE III :** Estimation de l'évaporation et proposition du modèle.

**CHAPITRE IV :** discussion des résultats et validation du modèle.

### **CONCLUSION GENERALE**

**CHAPITRE I :**  
**PRESENTATION DU BARRAGE DJORF-**  
**TORBA-**

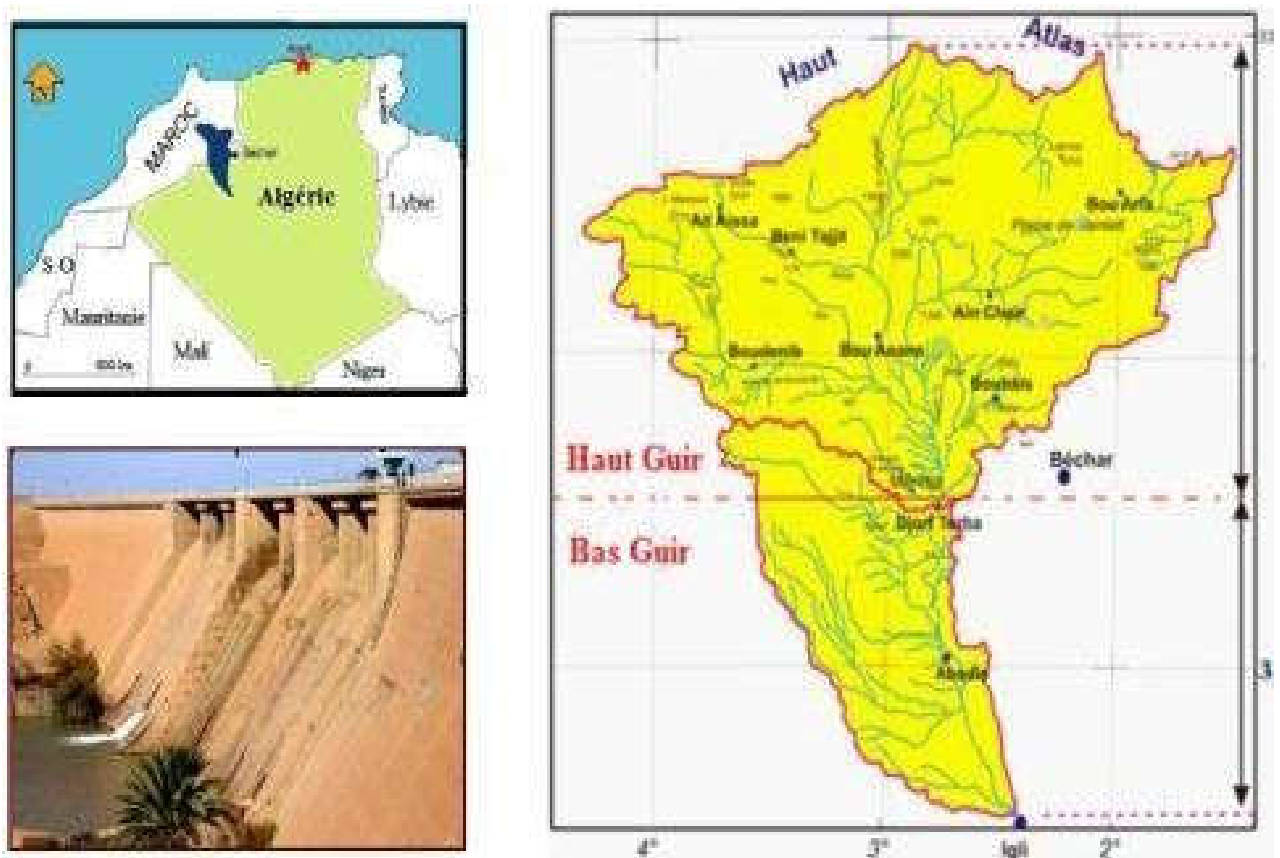
**I. INTRODUCTION :**

En régions arides, les ressources en eau diminuent au fur et à mesure que la pluviométrie du au changement climatique plus précisément la température élevée dans ces régions et a demande en eau est en pleine progression du fait de la forte croissance démographique couplée à l'industrialisation En matière de quantité, l'infrastructure hydrotechnique Algérienne forte de, Les barrages qui se situent aux régions arides sont comptés de quatre barrages (Fontaine des Gazelles et Foug El- Gherza (Biskra), Djorf –Torba (Bechar) et Brézina (Al-Bayadh).

Nous accordons une attention particulière au barrage de Djorf-Torba qui est destiné à l'irrigation, et l'alimentation en eau des périmètres agricole d'Abadla par l'intermédiaire de lâchées au fil de l'eau reprise en tête des périmètres après 58 Km de parcours naturel, et l'alimentation en eau potable de la région de Béchar et de Kenadsa (ANBT, 2004)

**II. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BARRAGE DJORF TORBA**

Le barrage de Djorf-Torba est situé géographiquement à 50 kilomètres à l'ouest de la ville de Béchar, contrôle un vaste bassin versant subsaharien en tête de la vallée de la Saoura. En chevauchant une partie du haut atlas marocain (Figure 2). Il est limité au Nord par la plaine de Tamlalet et le Haut Atlas, à l'Est par le bassin versant de l'Oued Béchar, à l'Ouest par la Hamada de Guir, au Sud par Chebket Mennouna (Boulanouar, 2008). Le barrage Djorf Torba est situé à l'exutoire du Bassin à la partie haute de l'oued Guir (Kabour, 2016).



**Figure I.1 : Situation de barrage Djorf-Torba, chevelu hydrographique et répartition des stations pluviométrique sur le BV du Oued Guir (Kabour, 2016)**

### III.CARACTERISTIQUES DU BARRAGE DE DJORF TORBA

Le barrage de Djorf- Torba est un barrage en Béton destiné à l'alimentation en eau potable

#### III-1-Caractéristiques hydrologiques :

Oued : GUIR

Capacité initiale : 350 Mm<sup>3</sup>/an

Apport moyen annuel : 180 hm<sup>3</sup>/an

Volume régularisé : 100 hm<sup>3</sup>/an

Surface du bassin versant : 23887.2 km<sup>2</sup>

Capacité à la cote de retenue normale: 260 hm<sup>3</sup>

Capacité à la cote de plus haute eau : 750 hm<sup>3</sup>

Débit maximale enregistré : 305 m<sup>3</sup>/s

#### III-2-Caractéristiques techniques :

Type : Béton

Hauteur maximale : 35m

Longueur crête : 762 m

Largeur crête : 7 m

Cote retenue Normale (R.N) : 699 m

Date de mise en eau 1969



**Figure I.2 : Le Barrage Djorf-Torba (évacué de crue) (ANBT, 2016).**

#### **IV. LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA REGION DE BECHAR**

Le climat correspond à la distribution statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période donnée. Il est effectué à l'aide des valeurs moyennes établies à partir des mesures statistiques, mensuelles et annuelles (Baghdadli, 2014). Le changement climatique pourrait avoir des conséquences importantes pour les ressources en eaux et les infrastructures hydrauliques.

Le dimensionnement et le fonctionnement des réservoirs devraient ainsi être modifiés en prenant en compte des scénarios de changement climatique (Nassopoulos, 2012). Notons que, le climat agit sur le cycle de l'eau, la pluie est à l'évidence d'autres facteurs interviennent aussi comme le rayonnement solaire, le vent, l'humidité et la température.

Ils provoquent le transfert des gouttelettes d'eau vers l'atmosphère par évaporation des plans d'eau ou même le sol.

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude où se trouve le barrage Djorf-Torba sont obtenues à partir des données de la station météorologique de l'aéroport de Bechar



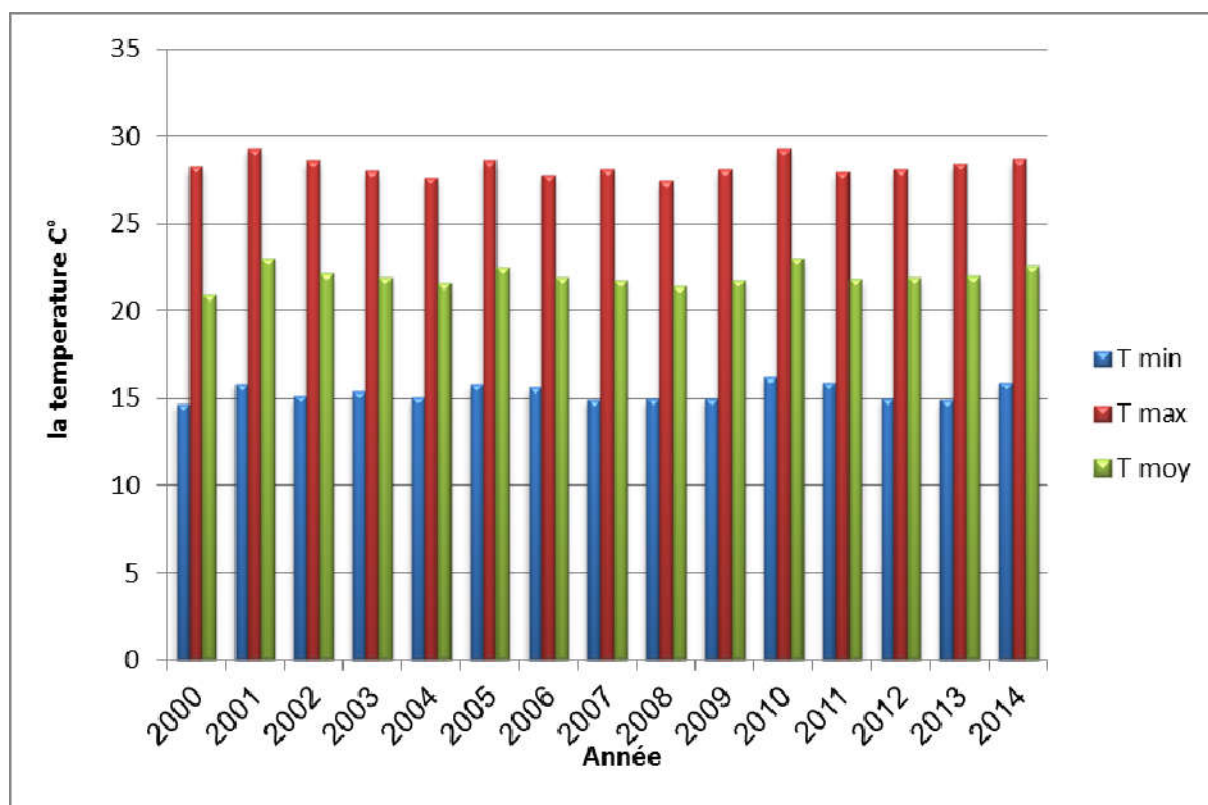
(<https://fr.tutempo.net/>,2016) pour une période s'étalant de 2000 à 2016. Notons que le barrage de Djorf-Torba se dispose d'une station pluviométrique équipée par un pluviomètre et un bac d'évaporation classe -A-. Les mesures des précipitations et de l'évaporation du bac sont faites chaque jour.

#### IV-1- La Température

Une température élevée permettra à la masse d'eau de se réchauffer et d'augmenter l'énergie cinétique de ses molécules. Un plus grand nombre de molécules auront alors l'énergie suffisante pour s'arracher à la surface d'eau (pour s'évaporer). Les tableaux 1 et 2 suivants, nous montre sa variation annuelle et mensuelle.

**Tableau N°I.1:** Variation annuelle de la température de la région de Bechar (2000- 2014).

Température Année	T min	T max	T moy
2000	14.65833	28.25	20.95
2001	15.825	29.30833	22.95833
2002	15.14167	28.575	22.13333
2003	15.425	28.03333	21.94167
2004	15.06667	27.60833	21.60833
2005	15.8	28.58333	22.50833
2006	15.60833	27.81667	21.91667
2007	14.91667	28.13333	21.79167
2008	14.95	27.41667	21.45833
2009	15.00833	28.08333	21.78333
2010	16.25833	29.26667	23.01667
2011	15.925	27.91667	21.81667
2012	15.01667	28.08333	21.88333
2013	14.875	28.425	21.975
2014	15.85833	28.69167	22.60833
<b>Moyenne</b>	15.35556	28.27944	22.02333

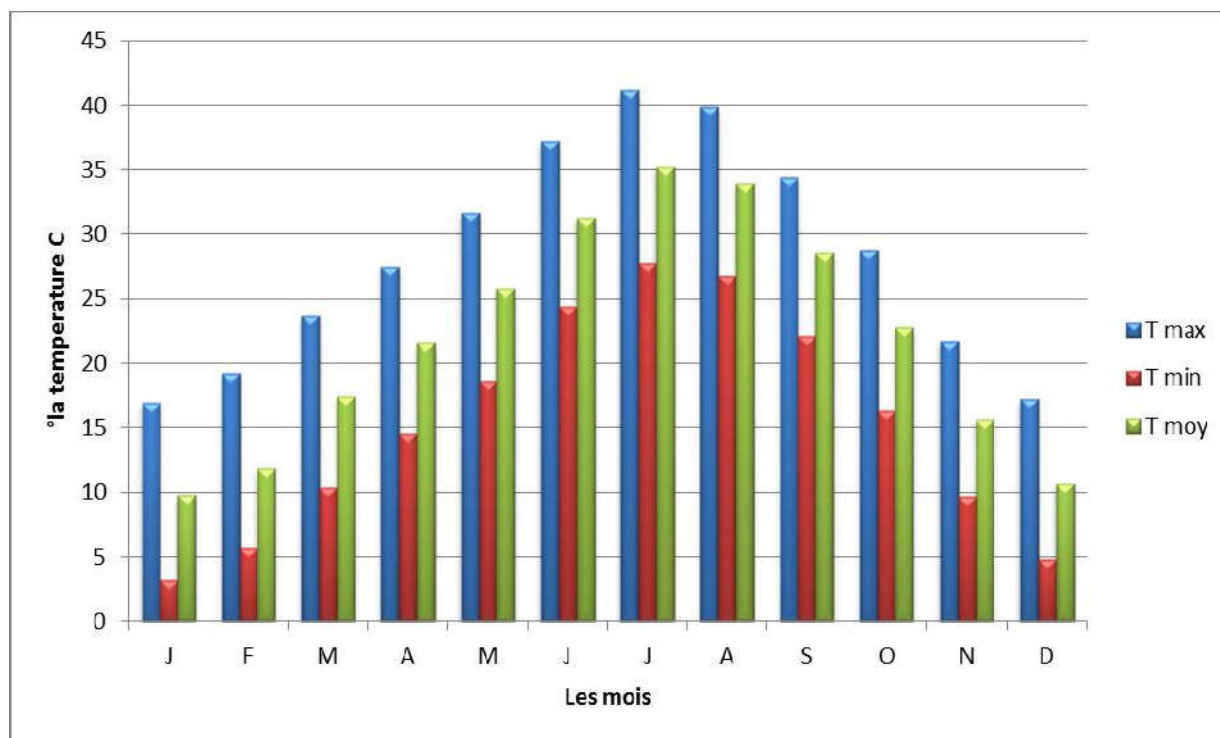


**Figure I.3 : Températures moyennes maximales, minimales et annuelles de la région de Bechar durant la période (2000- 2014).**

La région de Bechar est caractérisée par de fortes températures, la température moyenne annuelle est de 22.02°C (Tableau n°1). Après un aperçu sur les températures moyennes mensuelles, la température moyenne du mois le plus chaud est noté durant le mois d'Juillet avec 35.18°C. Celle du mois le plus froid en janvier atteignant 9.75°C .La température maximale la plus élevée durant cette période est enregistrée durant le mois de juillet avec 41.17°C. Alors que la température minimale est enregistrée durant le mois de janvier avec est 3.18°C (Tableau n°2).

**Tableau N°I.2 : Variation mensuelle de la température de la région de Bechar (2000- 2014).**

Mais	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>T max</b>	16.94	19.16	23.71	27.46	31.67	37.20	41.17	39.88	34.46	28.76	21.70	17.18
<b>T min</b>	3.18	5.69	10.4	14.54	18.6	24.4	27.73	26.80	22.10	16.37	9.66	4.77
<b>T moy</b>	9.75	11.84	17.40	21.56	25.77	31.26	35.18	33.92	28.54	22.74	15.64	10.64



**Figure I.4 : Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Bechar durant la période (2000-2014).**

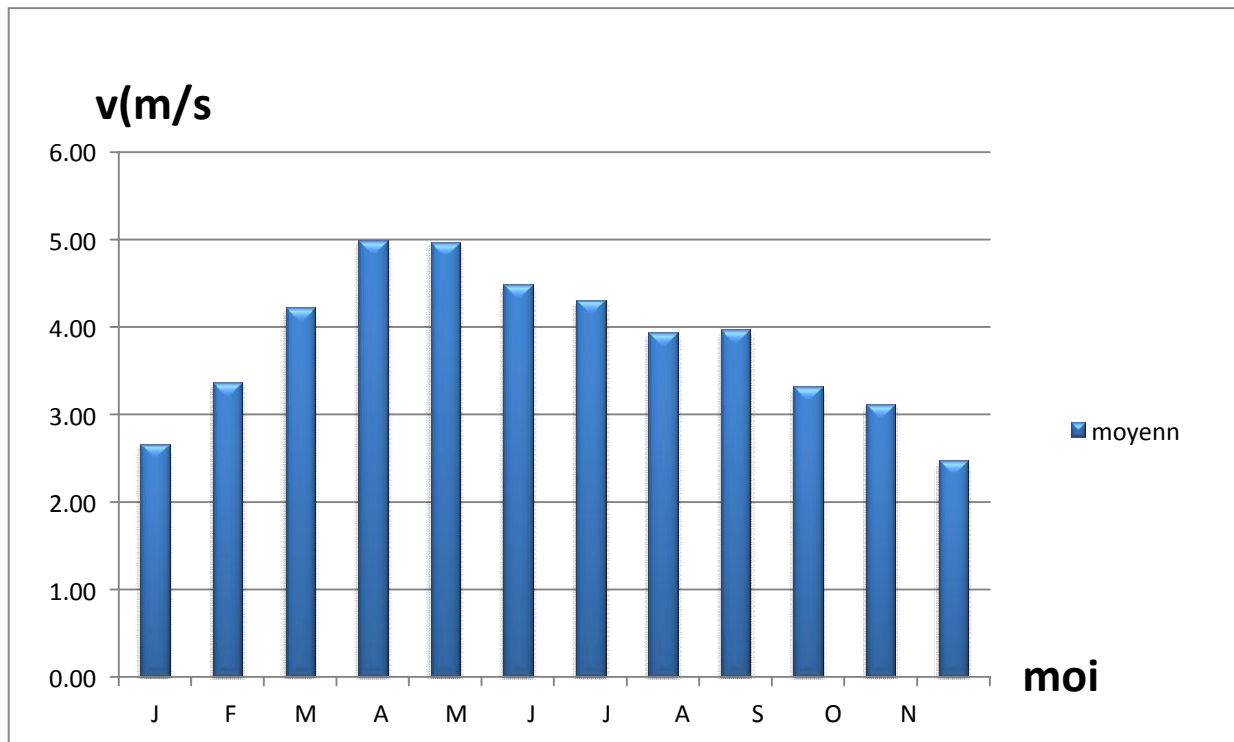
#### IV-2- Le vent

Le vent joue un rôle essentiel sur l'évaporation. En effet, l'air au voisinage de la surface évaporante se sature plus ou moins rapidement et peut arrêter le processus d'évaporation. L'air saturé est remplacé par de l'air plus sec au voisinage de la surface évaporante en raison des mélanges et mouvements créés par le vent.

**Tableau N°I.3: Variations mensuelles de vitesse des vents (2000-2014).**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V (m/s)	2.67	3.37	4.22	5.00	4.98	4.49	4.32	3.94	3.98	3.32	3.12	2.48

D'après le tableau 3, la vitesse maximale du vent est enregistrée durant le mois d'Avril avec une moyenne de 5 m/s. Le minimum est enregistré durant le mois Décembre avec une vitesse 2.48 m/s.



**Figure I.5 : Variation de vitesse des vents en (m/s) moyens mensuelles de la région de Bechar durant la période (2000- 2014).**

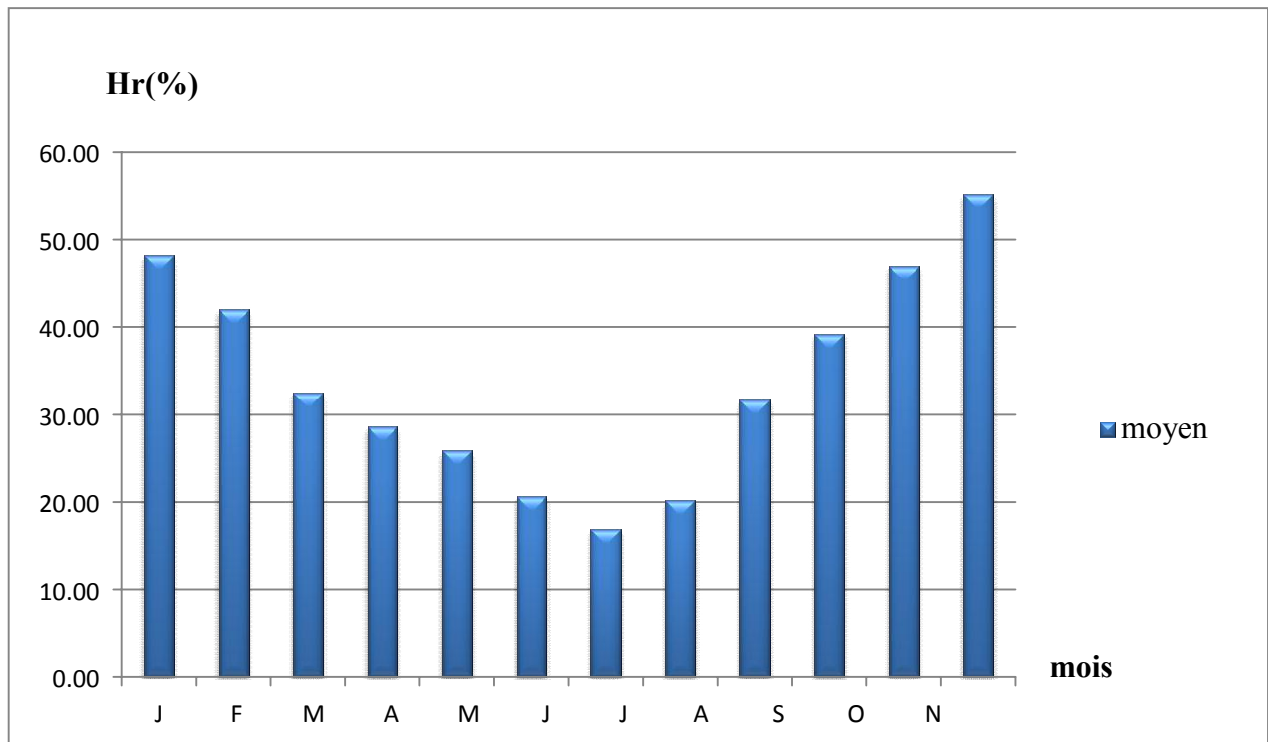
#### IV-3- Humidité relative :

L'humidité relative, c'est le pourcentage de vapeur d'eau que contient l'air par rapport à ce qu'il peut contenir au maximum, c'est à dire par rapport à la saturation. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre. Alors que l'humidité absolue, c'est la quantité d'eau que l'air contient (en pression de vapeur).

**Tableau N°I.4:** Variation mensuelle de l'humidité relative dans le période (2000 -2014)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hr (%)	48.23	42.00	32.53	28.64	25.88	20.68	16.86	20.15	31.72	39.18	47.00	55.16

Du tableau n°4, nous constatons quel mois le plus humide est le mois de Décembre puisque la valeur de l'humidité relative atteint 55.16%. Alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet d'une humidité relative de 16.86%. La figure 7, nous montre que la variation de l'humidité relative moyenne mensuelle (%).



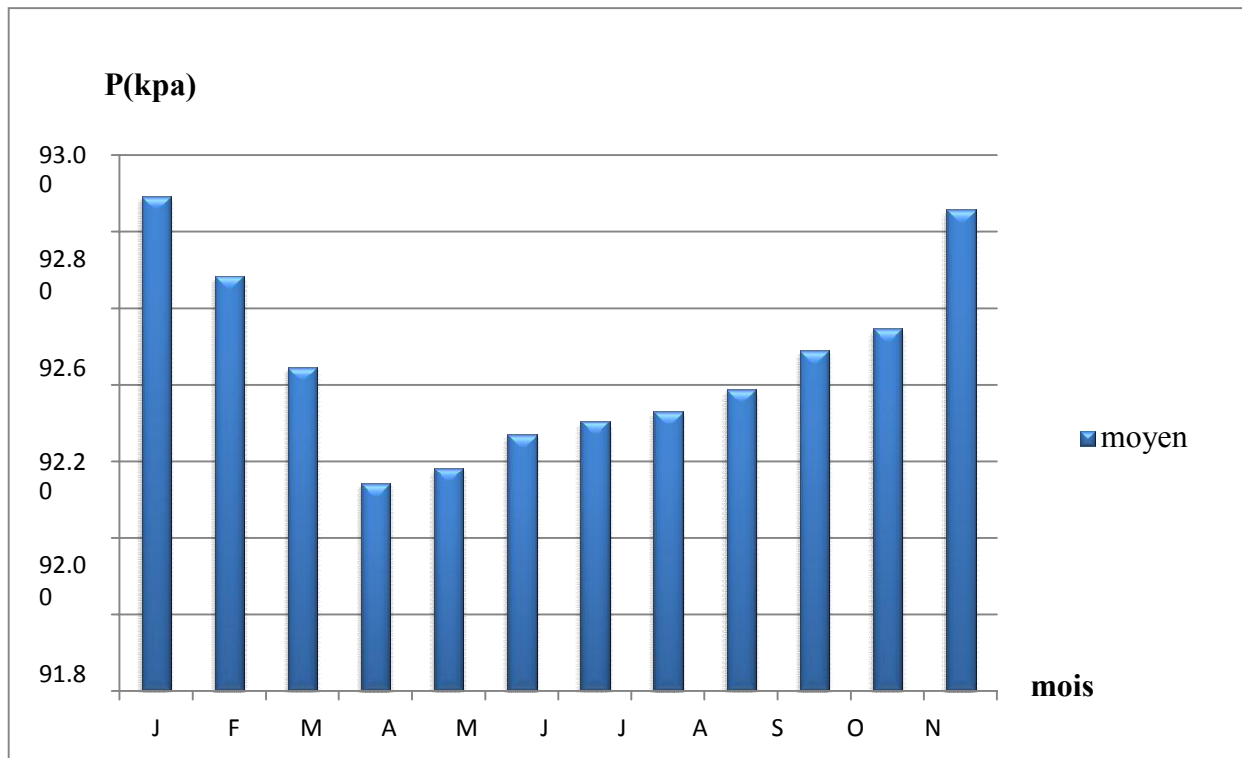
**Figure I.6 : Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle (%) (2000-2014).**

#### IV-4- La pression atmosphérique :

Quand la pression atmosphérique de l'air est faible, l'air pousse moins fort sur la surface de l'eau. Les molécules d'eau auront alors plus de facilité à s'arracher de la surface de l'eau pour se retrouver à l'état de vapeur.

**Tableau N°I.5 : Variation mensuelle de la pression atmosphérique dans la période (2000-2014).**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (kpa)	92.89	92.68	92.45	92.14	92.18	92.27	92.31	92.33	92.39	92.49	92.55	92.86



**Figure I.7 : Variation de la pression atmosphérique pendant la période (2000-2014).**

Quand l'air est plus chaud, donc plus léger, la pression atmosphérique est faible. Quand la pression atmosphérique est haute, c'est l'inverse. C'est le phénomène de l'anticyclone qui annonce un temps dégagé. La pression atmosphérique est faible au mois de Avril (92.14 KPa) et élevée au mois de Janvier (92.89 KPa).

#### **IV-5- L'insolation :**

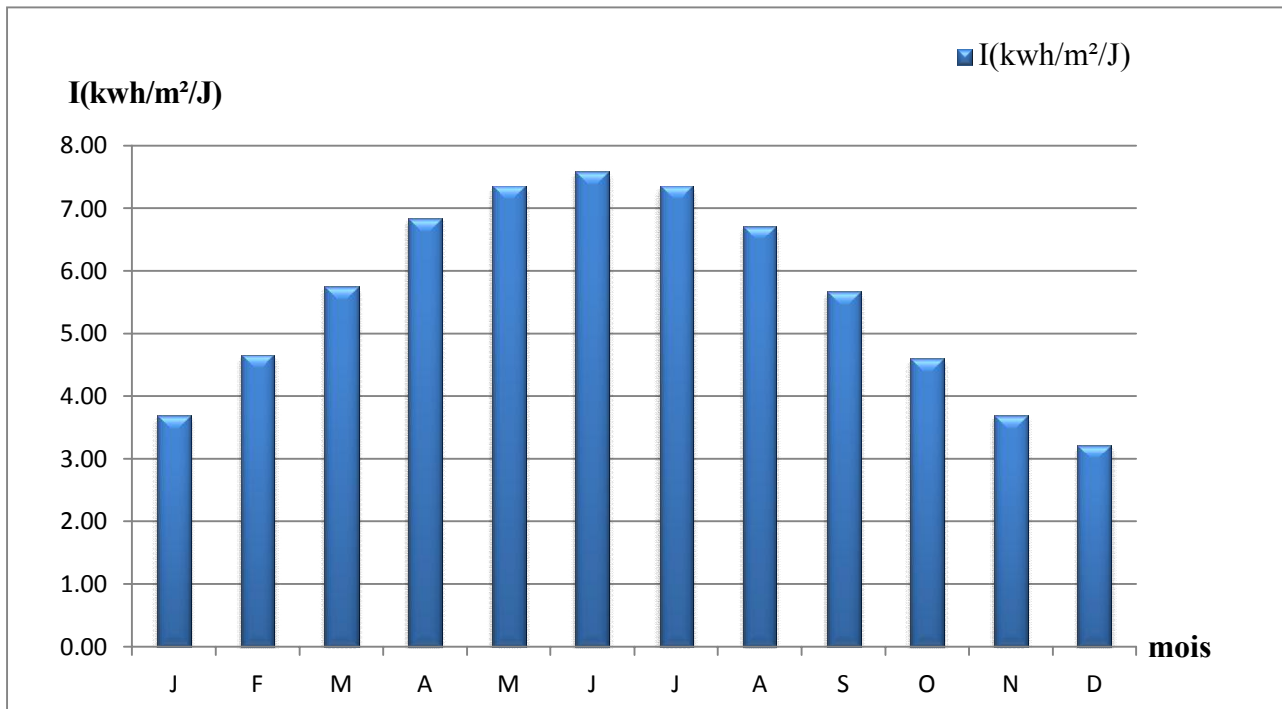
L'insolation dans la météorologie est l'exposition d'un objet au rayonnement direct cette exposition est correctement révélée et estimée par la présence d'ombres portées nettement dessinées. On considère alors que la production de telles ombres est possible lorsque l'éclairement de l'objet par le soleil a une valeur au moins égale à 120 watts par mètre carré, ce qui permet de déterminer à chaque instant s'il y a ou non insolation.

Le tableau suivant donne les variations mensuelles de l'évaporation de la région de Béchar :

**Tableau N°I.6 : Variation des l'insolation mensuelles de la région de Bechar dans période (2000-2014) .**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>I(kwh/m<sup>2</sup>/J)</b>	3.69	4.66	5.76	6.84	7.35	7.59	7.36	6.71	5.67	4.61	3.70	3.22

D'après le tableau 8, l'insolation maximale est enregistrée durant le mois de Juin avec une moyenne de 7.59 kwh/m<sup>2</sup>/J .Le minimum est enregistré durant le mois Décembre avec une insolation 3.22 kwh/m<sup>2</sup>/J.



**Figure I.8 : Variation de l'insolation mensuelle de la région de Béchar (2000-2014)**

## V- LES PROBLEM ES EXISTANTS AU NIVEAU DU BARRAGE DJORF-TORBA

### V-1- L'envasement :

L'envasement de la retenue est lié directement aux phénomènes de l'érosion des sols du bassin versant, les processus de l'érosion peuvent se définir par le creusement de la surface du sol, dégradation et altération des roches et le transport de matériaux (Kabour, 2016). L'arrachement des particules, le transport de matériaux et la sédimentation constituent les trois termes de l'envasement géodynamique (Bennis, 2009). Le régime des apports solides du Guir est fort, les mesures faites de 1953 à 1956 évaluent l'apport solide moyen sur une période de trois ans à 1kg/m<sup>3</sup> (Coyne et Bellier, 1985). Dès Juin 2003, l'agence nationale des barrages et transfert (ANBT) a confié aux bureaux d'étude LEM-GEOID la réalisation de levé Bathymétrique du barrage, cette étude a permis plus particulièrement d'actualiser la capacité de stockage et de la retenue d'eau et la surveillance de l'envasement le taux de l'envasement de barrage Djorf-Torba est de 25% (Kabour, 2016).

**V-2- Les apports solides :**

Une fois le matériau solide arrivé dans le cours d'eau, il sera transporté par la force de courant. Les concentrations sont des sédiments variables suivant le cours d'eau et l'importance des crues (Guidoum, 2014). Il existe différents modes de transport solide dans les cours d'eau, ils dépendent essentiellement de la morphologie du cours d'eau et des terrains traversés (Guidoum, 2014). L'estimation de l'apport solide mène à évaluer le volume envasé du barrage (Riad, 2003).

**V-3- Impact du barrage Djorf-Torba sur l'environnement :**

Avant la construction du barrage de Djorf-Torba, Oued Saoura recevrait les apports de l'Oued Guir (200 millions de m<sup>3</sup>/an) et ceux d'Oued Zousfana (6 millions de m<sup>3</sup>/an), après la construction du barrage, les eaux d'Oued Saoura deviennent plus salées, parce qu'elles ne reçoivent que les faibles apports de l'Oued Zousfana (Tableau N°7) (Kabour, 2016).

**Tableau N°I.7:** Apport annuel en eau de la Saoura dans le passé et au présent (Kabour, 2016).

Oued	Avant la construction du barrage Djorf- Torba			Après la construction du barrage Djorf- Torba		
	Oued Saoura	Oued Guir	Oued Zousfana	Oued Guir	Oued Zousfana	Oued Saoura
<b>Apport liquide/an</b>	206 Hm <sup>3</sup>	200 Hm <sup>3</sup>	6 Hm <sup>3</sup>	/	6 Hm <sup>3</sup>	6 Hm <sup>3</sup>

**V-4- L'entretien :**

Pour prolonger la durée de vie du barrage, l'entretien de ces ouvrages est de venu aujourd'hui une nécessité, pour le cas du barrage de Djorf -Torba, il y a deux possibilités (Kabour, 2016) : La première, concerne l'entretien de l'ouvrage, c'est la direction centrale de l'ANBT (Agence Nationale des Barrages et de Transfert), située à Alger qui prend en charge les projets. La deuxième, concerne les petits travaux d'entretien et de maintenance (l'électricité par exemple), qui sont effectuées par des agents d'entretien sur site.

**V-5- Le vieillissement :**

La principale indication de vieillissement est la durée de vie du barrage qui est de 49 ans, cette durée fait apparaitre plusieurs défauts (Kabour, 2016).

- Des fissurations.
- Des couches de sel et calcaire sur les parois.
- Des pannes fréquentes de l'équipement de l'ouvrage (les vannes secteurs, les



manomètres...).

#### V-6- Les fuites :

Quel que soit l'emplacement d'un barrage, il y'aura toujours des pertes d'eau, non pas à travers le corps de l'ouvrage, mais à travers les berges et les fondations. En raison de forte poussé hydrostatique exercée par l'eau sur le fond et les berges de l'ouvrage, un certain volume d'eau s'infiltré et s'évacue (Moussaoui et Benthmane, 2007). Le problème est beaucoup plus grave qu'on imagine, il ne s'agit plus de perte de la capacité de l'eau, mais plutôt de la déstabilisation de l'ouvrage (Moussaoui et Benthmane, 2007). Au niveau du barrage de Djorf-Torba, les fuites proviennent principalement du contournement de l'amorce de voile au large en rive droite.

L'expertise du bureau d'étude Coyne et Belier (1985) a signalé des fuite substantielles au niveau de la galerie sur l'aile rive gauche, bas rive gauche, au centre, rive droite, galerie des calcaires. Lorsqu'il y a une haute retenue, les débits de fuites peuvent être sensiblement mesurés aux joints entre les plots (Coyne et Bellier, 1985).

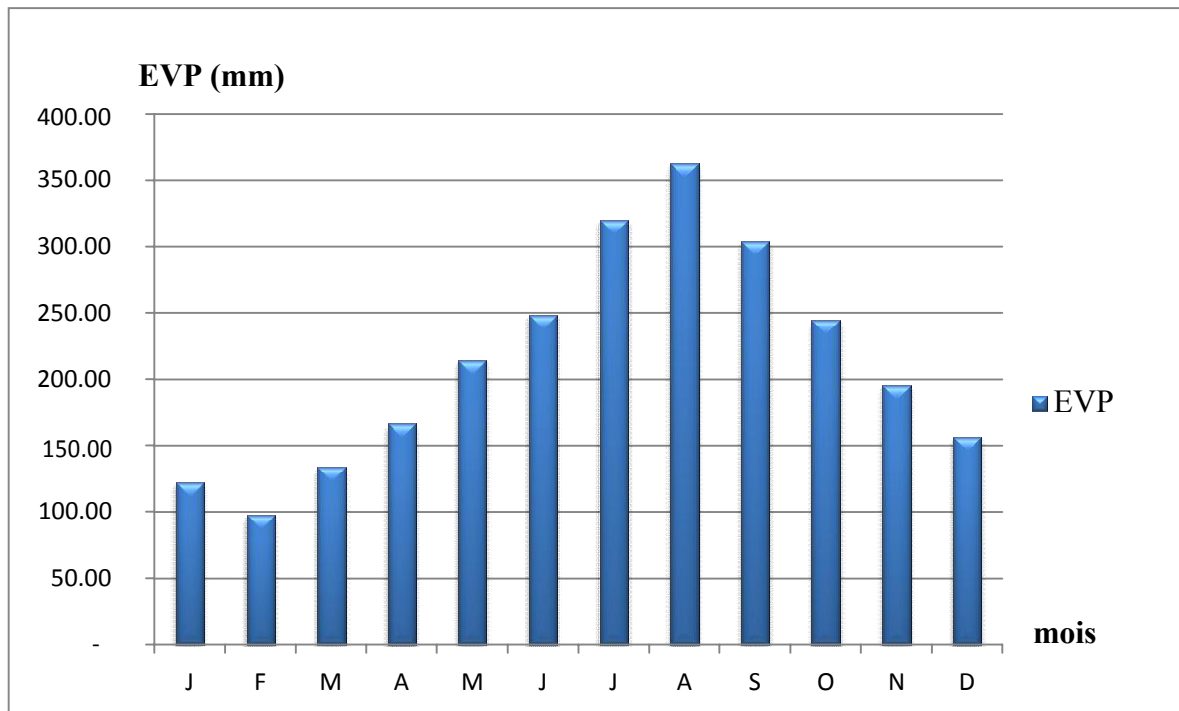
#### V-7- Les pertes par évaporation :

L'évaporation est le processus par lequel un liquide se transforme en vapeur ou en gaz. L'évaporation se produit à partir d'un plan d'eau quand l'atmosphère au-dessus de celui-ci a une humidité relative inférieure à 100%. La principale source d'énergie susceptible de provoquer l'évaporation est le rayonnement solaire. La quantité d'eau évaporée dépend de la vitesse du vent et du degré de turbulence de l'air au-dessus de la surface évaporant, ainsi que de la différence de tension de vapeur entre le plan d'eau et l'air non saturé au-dessus de celui-ci. Le tableau I. 8, nous montre sa variation mensuelle de l'évaporation de barrage Djorf-Torba dans la période (2000-2014).

**Tableau N°I.8 :** Variation de l'évaporation moyenne mensuelle dans la période (2000-2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
EVP(mm)	122.47	98.29	134.01	166.43	214.86	248.79	320.41	362.78	304.02	244.84	195.48	156.75

Du tableau n°8, nous constatons quel mois le plus évaporée est le mois de Aout puisque la valeur de l'évaporation attient 362.78mm. Alors que le minimum de L'évaporation dans le mois de Février est 98.29 mm. La figure 10, nous montre que la variation de l'évaporation mensuelle dans la période (2000-2014).



**Figure I.9 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle dans le période (2000-2014).**

## VI. CONCLUSION

La situation géographique du barrage de Djorf-Torba montre bien l'importance de cet ouvrage dans l'approvisionnement des ressources hydriques dans la région de Béchar. Les caractéristiques climatiques de la région où se trouve le barrage de Djorf-Torba nous montre que:

- La température mensuelle maximale est de 41.17°C au mois de Juillet.
- La température mensuelle minimale est de 3.18°C au mois de Janvier.
- La température moyenne mensuelle est de 9.75°C au mois de Janvier et 35.12°C au mois de Juillet.
- La vitesse des vents moyens mensuels est de 2.48 m/s au mois de Décembre et 5m/s au mois d'Avril.
- L'humidité relative est de 16.86% le mois de Juillet et 55.16% le mois de Décembre.
- La pression atmosphérique est de 92.14 KPa le mois d'Avril et 92.89Kpa le mois de Janvier.
- L'évaporation mensuelle maximale est de 362.78 mm au mois d'Aout.
- L'évaporation mensuelle minimale est de 98.29 mm au mois de Février.
- L'insolation mensuelle maximale est de 7.59 kwh/m<sup>2</sup>/J au mois de Juin. L'insolation mensuelle minimale est de 3.22 kwh/m<sup>2</sup>/J au mois de Décembre.

Parmi les problèmes majeurs qui affecte notre Barrage se sont bien les fuites et l'évaporation de la retenue. Cette dernière fait l'Object de notre étude.

**CHAPITRE II**  
**LES MODELES D'ESTIMATION DE**  
**L'EVAPORATION**

**I. INTRODUCTION :**

Ce chapitre fait l'objet de présenter les méthodes d'estimation de l'évaporation, cas des mesures indirectes en utilisant 29 modèles différents en comparant avec les mesures directes en utilisant le «Bac Colorado» classe-A au niveau de la station pluviométrique du barrage de Djorf –Torba. Notons que les données des mesures directes de l'évaporation au niveau du barrage ont été obtenues par des rapports de l'ANBT (2014).

**II- LES MODELES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION DES PLANS D'EAU****II-1 Méthode directe « Bac Colorado » :**

La mesure directe de l'évaporation se fait généralement au moyen du bac d'évaporation qui est un contenant de section cylindrique ou carrée dont les variations du niveau d'eau, mesurées à des intervalles de temps fixes (jour, semaine, décade), sont un reflet de l'intensité de l'évaporation. L'avantage principal des bacs est leur économie et leur facilité d'installation; leur inconvénient est la difficulté d'évaluer les effets du rayonnement direct et le transfert de chaleur à travers les parois.

Le bac d'évaporation «classe A» a un diamètre de 121.9 cm et une profondeur de 25.4 cm. La profondeur de l'eau y est maintenue entre 17.5 et 20 cm. Il est réalisé en fer galvanisé non peint et posé sur un caillebotis à environ 15 cm au dessus du niveau du sol. L'utilisation de ce bac est recommandée en raison du grand nombre d'appareils du même type déjà installés et pour lesquels on possède de longues séries d'observations sous divers climats. Il présente l'avantage de la facilité d'installation, et les mesures ne sont pas faussées par le rejaillissement des gouttes de pluie sur le terrain environnant lors de fortes averses : par contre il est très sensible aux variations de la température de l'air et aux effets de l'insolation. Le bac Colorado. Il se présente sous la forme d'un parallélépipède, dont la section droite est un carré de 0.914 m de côté : sa profondeur est de 0.462 m; il est enterré dans le sol de manière que ses arêtes supérieures soient à 0.10 m au dessus de la surface de celui-ci.



**Bac d'évaporation Classe « A » (Boutoutao, 2011)**



**Bac d'évaporation Colorado (Boutoutao, 2011)**

**Figures II.1 et 2 : Bac d'évaporation du barrage Djorf-Torba (Boutoutao, 2011)**

**II.2. Les méthodes Indirectes -Modèles d'estimation de L'évaporation dans les régions****Arides:**

Les différentes modèles d'estimation de l'évaporation couramment utilisé sont citées dans le tableau ci – dessous:

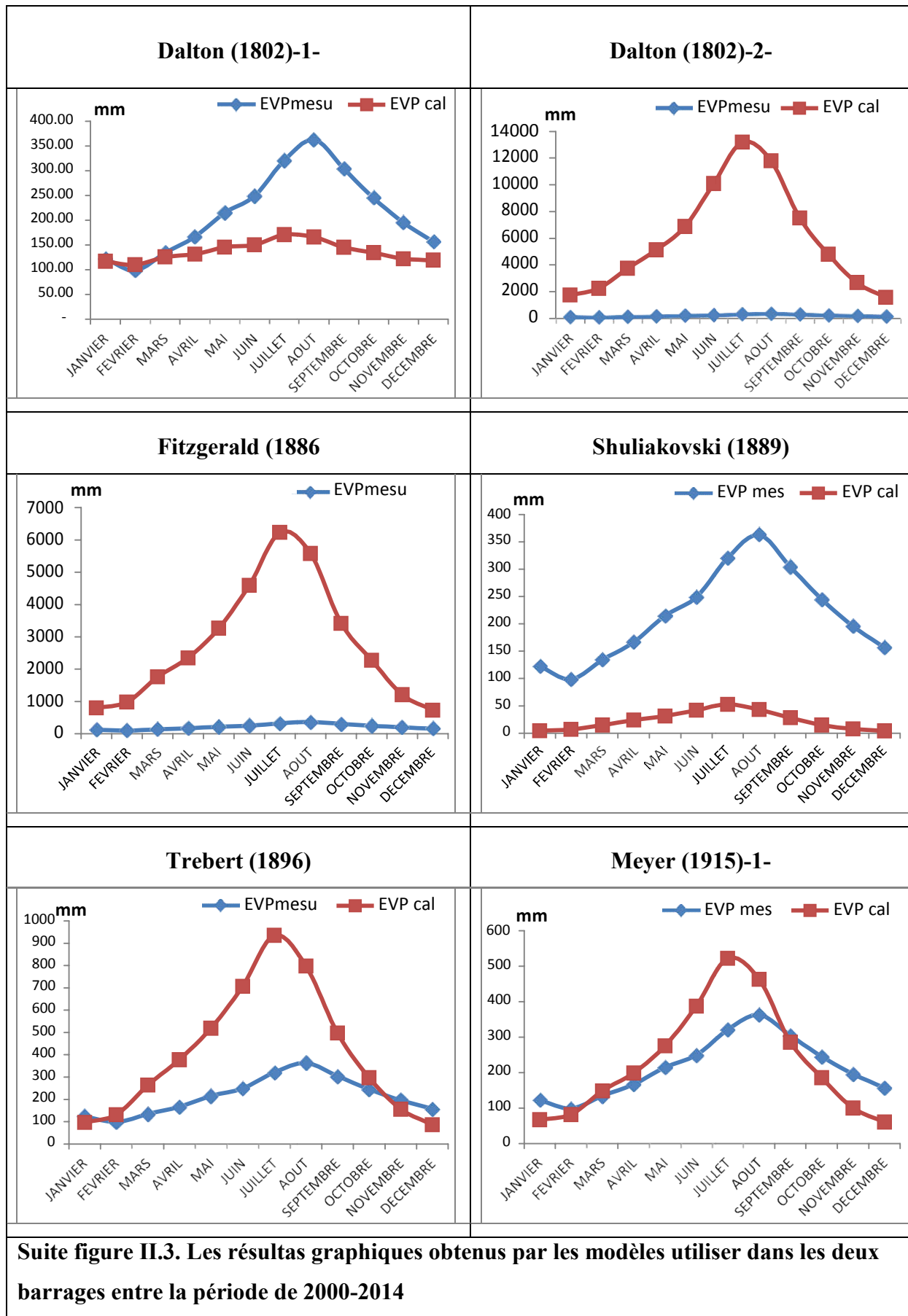
**Tableau II.1.** Les différentes modèles d'estimations de l'évaporation des plans d'eau

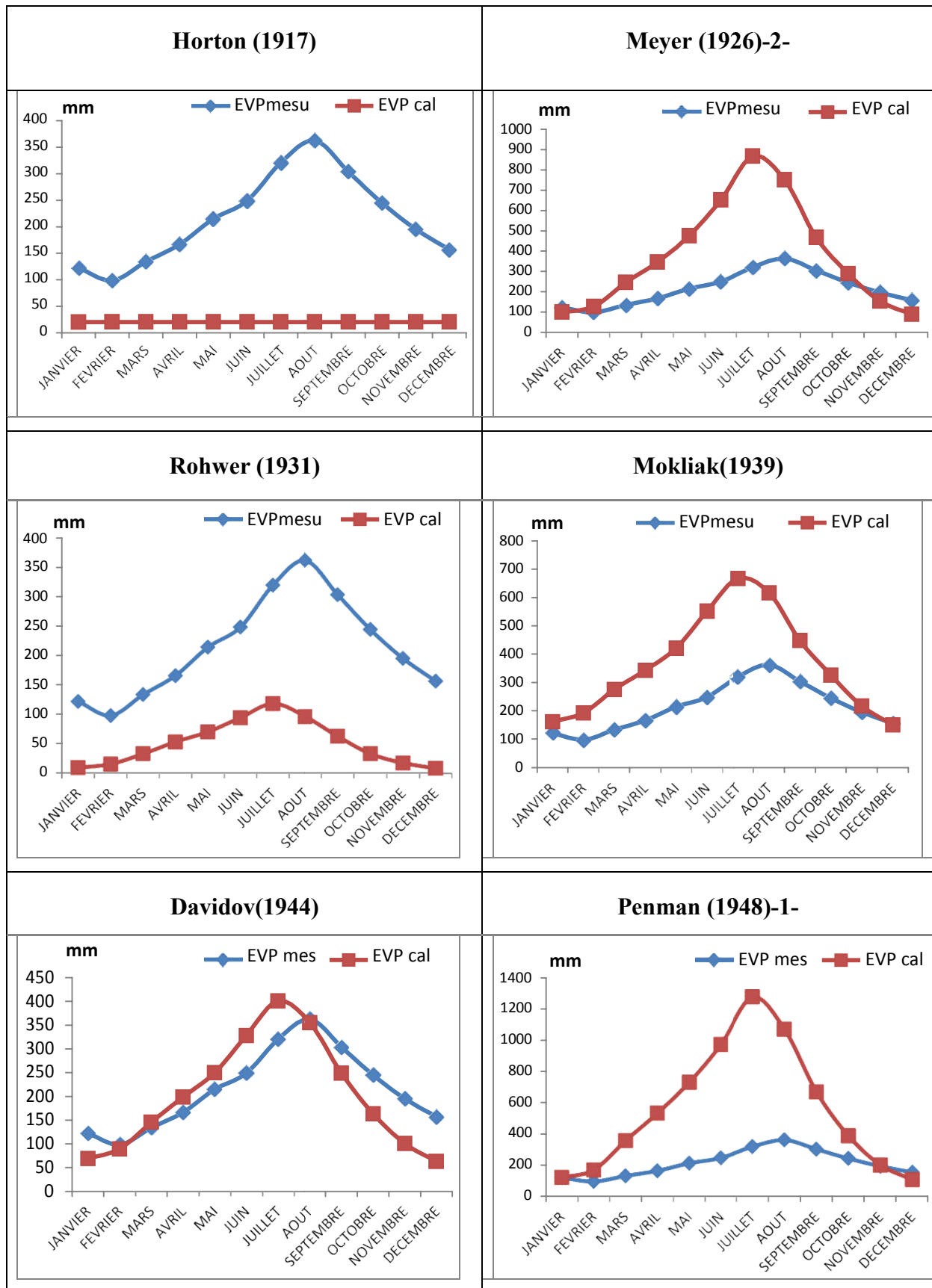
	REFERENCE	LES FORMULES	UNITES
1	Dalton (1802)-1-	$E=(0,3648+0,07223*U)*(es-ea)$ (1)	Pouce/mois
2	Dalton (1802)-2-	$E=a(es-ea)$ (1)	mm/mois
3	Fitzgerald (1886)	$E=(4*0,199*U(es-ea))$ (1)	Pouce/mois
4	Shuliakovski (1889)	$E = (0,15 + 0,108 U) (es - ea)$ (2)	Mm/mois
5	Trebert (1896)	$E=(0.3075*\sqrt{U})*(es-ea)$ (1)	mm/mois
6	Meyer (1915)-1-	$E=11(1+0,1*U)(es-ea)$ (1)	Pouce/mois
7	Horton (1917)	$E=0.4*2- - (es-ea)]$ (1)	Pouce/mois
8	Meyer (1926)-2-	$E=(0,375+0,05026*U)(es-ea)$ (1)	mm/mois
9	Rohwer (1931)	$E = 0,484 ( 1 + 0,6U) ( es -ea )$ (2)	mm/mois
10	Mokliak(1931)	$E=30(es-ea)$ (3)	Mm/mois
11	Davidov(1944)	$E=15(1+0.125U)(es-ea)$ (3)	Mm/mois
12	Penman (1948)-1-	$E=f(u) (es-ea)$ (2)	Mm/jour
13	Penman (1948)-2-	$E=0,30(1+0,2U)(es-ea)$ (1)	Mm/jour
14	Albrecht (1950)	$E=(0.1005+0.297U)(es-ea)$ (4)	Mm/jour
15	Schmucke(1951)	$E=30(es-ea)$ (3)	Mm/mois
16	Marciano et Harbeck 1954	$E=1.156u(es-ea)$ (5)	cm/jour
17	Kuzmin,( 1957(	$E = 15,24 ( 1 + 0,13U)(es-ea)$ (5)	Cm/jour
18	Brockamp and Wenner (1963)	$E=0.543 \times \times (es-ea)$ (4)	Mm/jour
19	WMO (1966)	$E = (0.1298 + 0.0934U \times ( es -ea )$ (4)	Mm/jour
20	Konstantinov (1968)	$E=0,024(Tw-Ta)/U)+0,1664(es-ea))$ (1)	Mm/jour
21	Mahringer(1970)-1-	$E= 0.15072*(\sqrt{3.6*U})*(s -ea)$ (1)	Mm/jour
22	Mahringer(1970)-2-	$E = 2.8597 (es - ea)$ (4)	Mm/jour
23	Hyvarinen et al(1973)	$E = ( 1.15 + 0,108U) ( es -ea )$ (6)	Mm/jour
24	Vikulina (1979)	$E = 0.14*(1 + 0.74*u)* ( es -ea )$ (1)	Mm/mois
25	Stiger(1980)	$E =0.26(0.5+0.54U)(es-ea)$ (6)	Mm/jour
26	Mutreja,( 1986)	$E = 3.5(es- ea) ( 1 - 0,15U)$ (5)	Mm/jour

27	Boutoutao (1995)	$E = 0,233 n (es - ea) (1 + 0,39 U)(1)$	mm/mois
28	Lu et al (2005)	$E = 35,755 D [ea / (Ta+273,3)] (2)$	Mm/mois
29	Shuleikin	$E=24U(es-ea) (3)$	Mm/mois

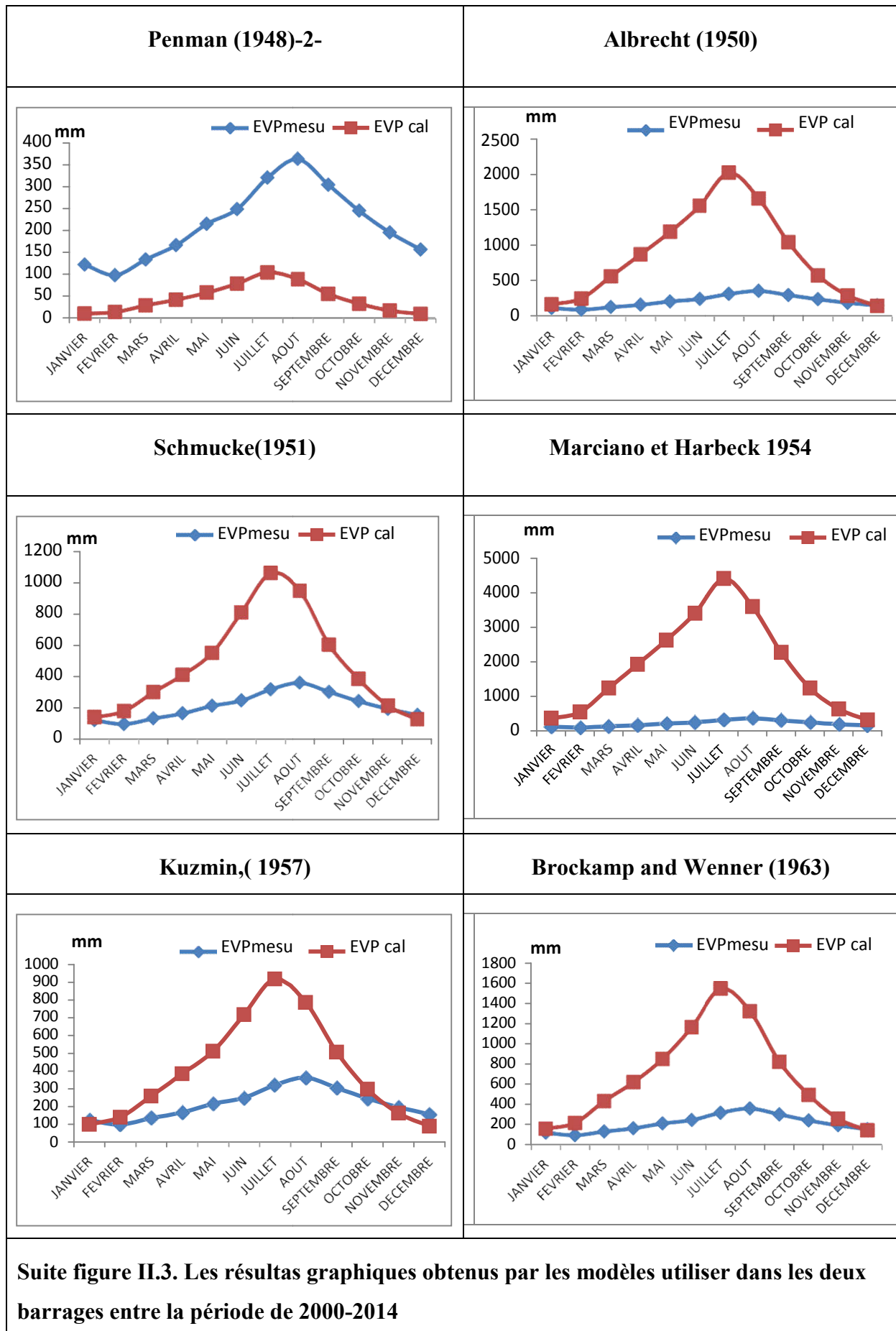
Suite Tableau II. Les différentes méthodes d'estimations de l'évaporation des plans d'eau

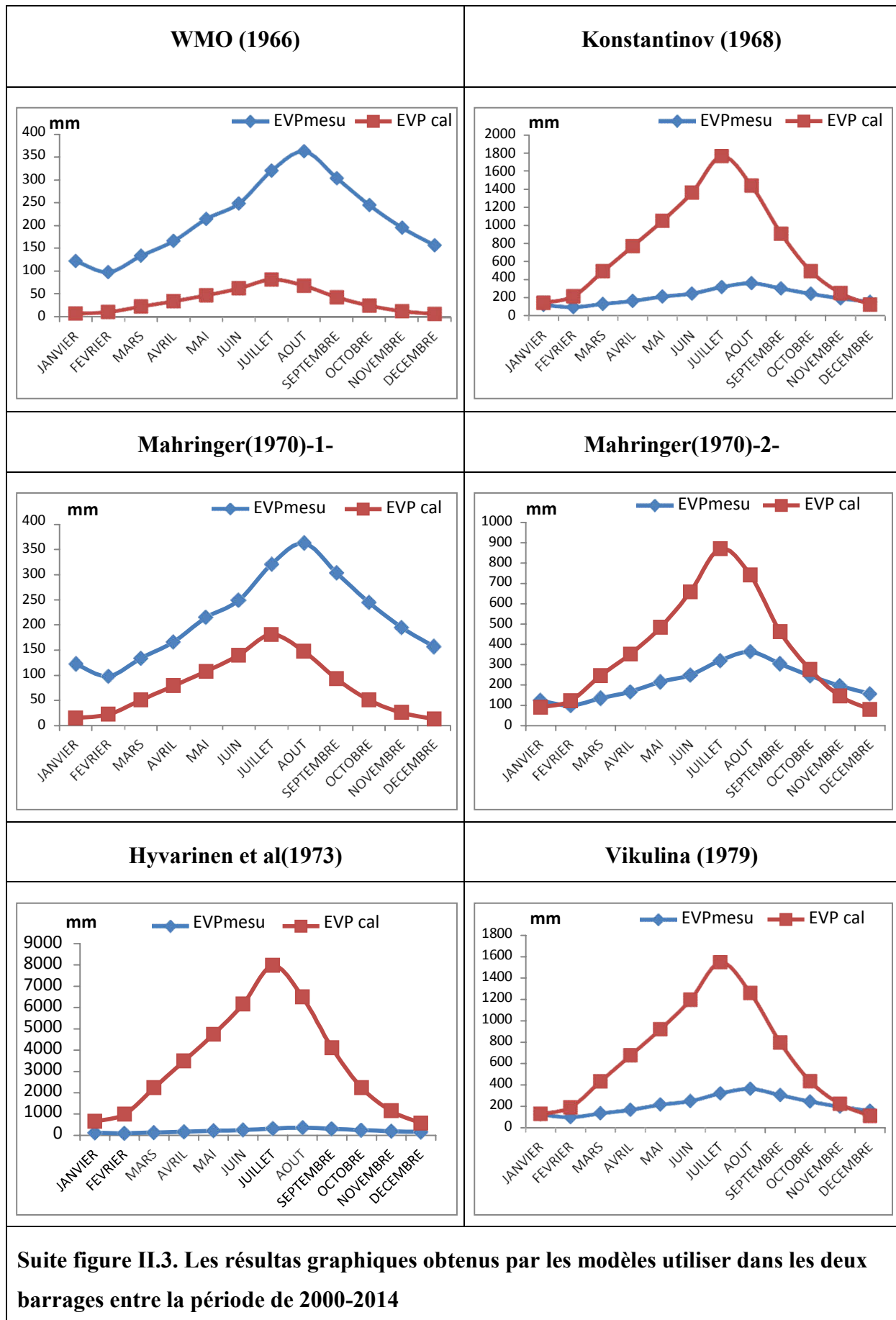


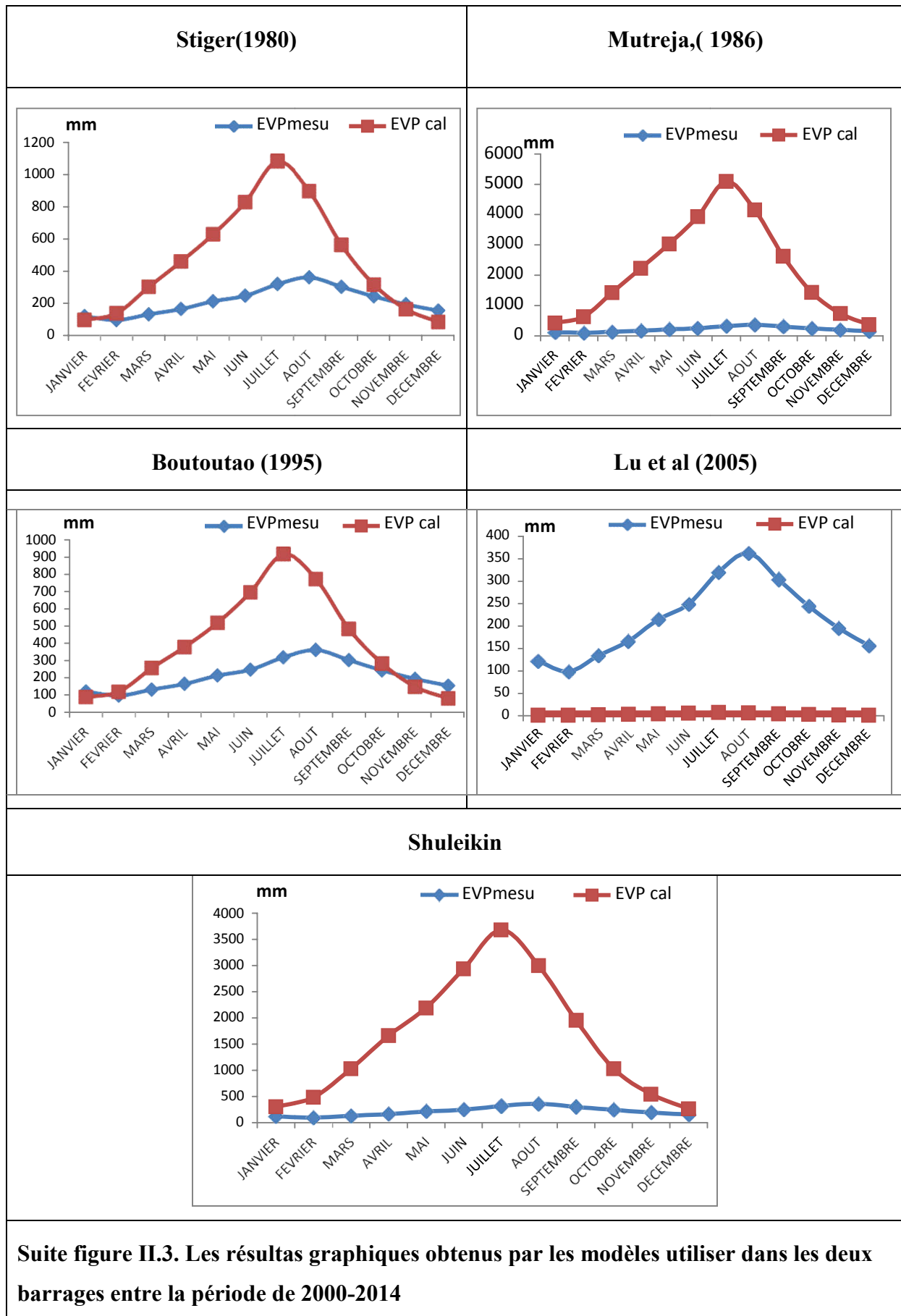




Suite figure II.3. Les résultats graphiques obtenus par les modèles utiliser dans les deux barrages entre la période de 2000-2014





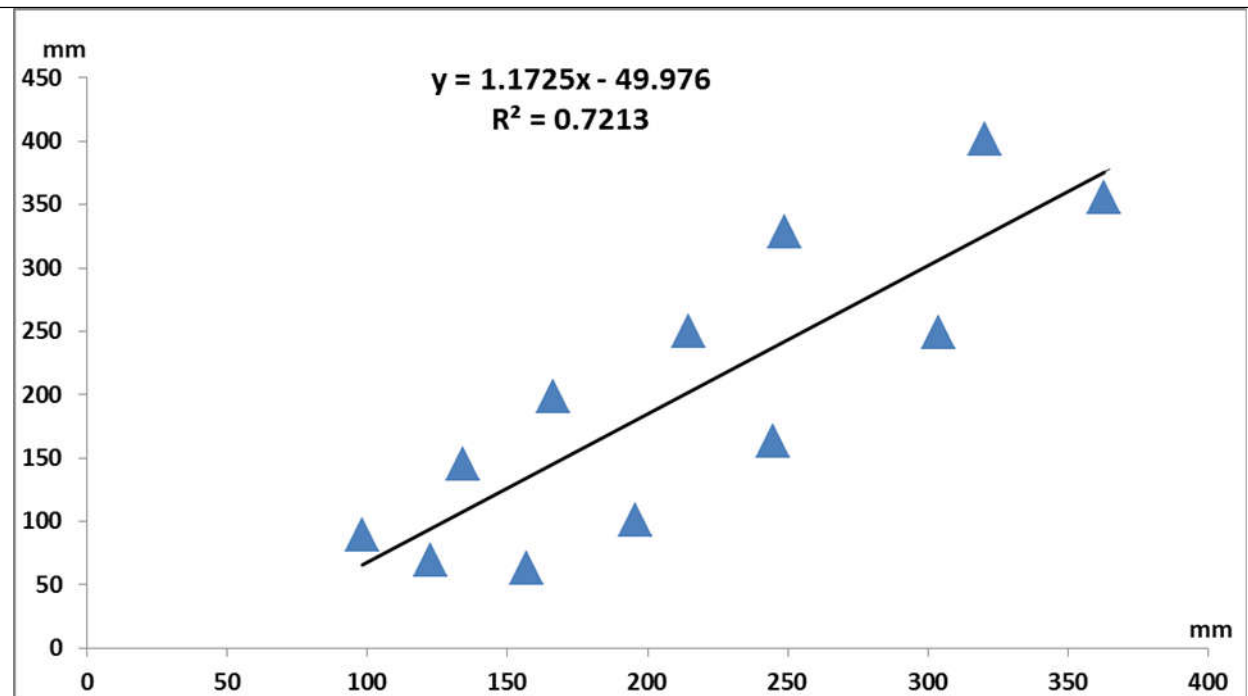


Les 29 modèles choisis ne donnent pas de bons résultats sauf le modèle de Davidov (1944).

Après les estimations par les modèles choisis, nous constatons graphiquement que la majorité des modèles sont loin de l'évaporation mesurée. On a choisi un modèle selon son coefficient de corrélation, le critère de Nash et le coefficient RSR sont bons. Le modèle est bien:

1- Davidov(1944)

Les tableaux du calcul, les graphes de modèle et l'évaporation de bac (voir l'annexe)



**Figure II.4. Corrélation entre les résultats des modèles choisis et l'évaporation mesurée**

Le coefficient de corrélation de modèle choisi est de 0.72 .

Les résultats de critère de Nash et coefficient RSR sont donnés par les tableaux ci-dessous

**Tableau II.2: Modèle de Davidov (1944) Barrage Djorf-Torba**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Nash</b>	0.6580	0.9920	0.9927	0.9629	0.9737	0.8981	0.9364	0.9996	0.9670	0.8893	0.7657	0.6412
<b>Rsr</b>	0.5848	0.0896	0.0855	0.1927	0.1621	0.3192	0.2521	0.0206	0.1816	0.3327	0.4841	0.5990

**II-3 CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous sommes concentrés sur le choix des bons modèles d'estimation de l'évaporation pour le barrage. vingt-neuf modèles ont été choisis et les résultats graphiques et statistiques montrent que seulement un modèle est bon.

Le modèle choisi qui est : Davidov(1944)

Il présente une bonne corrélation et le critère de Nash proche de 1 et le coefficient RSR est considéré comme favorable puisqu' il est inférieur à 0,5.

**CHAPITRE III :**  
**PROPOSITION DU MODELE ET**  
**ESTIMATION DE L'EVAPORATION**



**I. Introduction**

Nous allons dans ce chapitre proposé un modèle numérique unique et adéquat afin d'estimer l'évaporation de Barrage Djorf-Torba tout en utilisant des données climatologiques disponibles (Température, Humidité relative, vitesse de vent...). Nous signalons qu'une analyse statistique des données climatologiques est obligatoire afin d'élaborer le modèle. Ainsi, la validation de ce modèle est obtenue par la vérification du critère de Nash

**II. NOUVEAU MODELE D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION :**

**Analyse statistique des paramètres hydro-climatiques**

Les analyses statistiques ont été faites par l'utilisation de logiciel XLSTAT. Nous constatons d'après le tableau de matrice de corrélation que :

1. L'évaporation est strictement liée au Tmoy, es, Tmax, Tmin et  $\Delta$ .
2. Une corrélation d'ordre moyenne entre l'évaporation et I, P, V.
3. Une très faible corrélation entre l'évaporation et la chaleur la tente  $\lambda$
4. Le meilleure modèle qui conduit à une très bonne corrélation est la température moyenne et l'insolation selon les tests de Cp de Mallows, AIC de Akaike, PC d'Amemiya et SBC de Schwarz.

D'où le coefficient d'ajustement ou de corrélation est donné par :

<b>Coefficients d'ajustement (EVP(mm))</b>	
<b>Observations</b>	/
<b>Somme des poids</b>	/
<b>DDL</b>	/
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>27.0</b>
<b>R<sup>2</sup> ajusté</b>	<b>27.0</b>
<b>MCE</b>	/
<b>RMCE</b>	/
<b>MAPE</b>	/
<b>DW</b>	/
<b>AIC</b>	/
<b>SBC</b>	/
<b>PC</b>	/

**Tableau N° III.1: Coefficients d'ajustement (EVP mes)**

**Le modèle numérique:**

Il peut exprimer comme suit :

$$EVP (mm) = 85,77123 + 9,97 * ((es - ea)^{0,8}) * (1 + 0,125 * U)$$

**EVP:** Evaporation calculée (mm).

**es et ea:** la tension de vapeur d'eau saturante à la température de la surface évaporante (mmHg).

**U:** est la vitesse moyenne mensuelle du vent en (m/s)

**Performance du modèle**

Après l'achèvement de la formulation du nouveau modèle, nous devons calculer deux indicateurs de performance qui sont: le critère de Nash – Sutcliffe et le RSR (RMSR standard Déviation ratio). Ces derniers permettent d'évaluer la performance et plus la pertinence de notre modèle numérique.

**Critère de Nash –Sutcliffe (NS)**

Le critère de Nash est un indicateur de performance construit à partir de la normalisation du RMSE standard déviation ratio (RSR) dont les valeurs sont comprises dans l'intervalle  $]-\infty ; 1]$ . Il permet d'estimer la capacité d'un modèle à reproduire un comportement observé. Le critère de Nash se calcule comme suit :

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model})^2}{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - \bar{X}_{obs})^2} \dots\dots\dots(18)$$

Avec:

**NS :**Le critère de Nash-Sutcliffe ( Sans dimension )

**X<sub>obs</sub>:**Valeur moyenne de l'évaporation mesurée en un mois (mm)

**X<sub>model</sub>:**Valeur moyenne de 'évaporation calculée en un mois (mm)

**X<sub>obs</sub> :**Valeur moyenne de l'évaporation mesurée en 12 mois

- ❖ Si la valeur obtenue par ce critère est proche de 1, on dit ; le modèle est excellent.
- ❖ Si la valeur obtenue par ce critère est inférieure à 0,5 , on dit ; le modèle est mauvais
- ❖ Si la valeur obtenue par ce critère est supérieure à 0,7 ,on dit ; le modèle est satisfaisant

**Critère RSR (RMSE standard déviation ratio )**

Le RSR est un critère similaire au Nash-Sutcliffe néanmoins utilisé, base sur la normalisation du RMSE au lieu du MSE. Il peut s'exprimer comme suit :

$$RSR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model})^2}{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - \overline{X_{obs}})^2}} \dots\dots\dots(21)$$

Avec

RSR : Standard déviation ratio (Sans dimension)

Les autres termes sont similaires à la relation de Nash.

- Si la valeur du critère de RSR est proche de 0, on dit ; bonne performance des valeurs observées.

- Si la valeur du critère de RSR est inférieure à 0,2 , on dit ; performance acceptable aux valeurs observées.

Les résultats du calcul des indicateurs de performance du modèle proposé sont illustrés dans le tableau suivant

**Tableau N° III.2 :** Résultats du calcul des indicateurs de performance du nouveau modèle ( 2000 - 2014)

Indicateur	Valeur	Évaluation du modèle
Critère de Nash – Sutcliffe (NS)	<b>0.99</b>	Modèle Bon
Critère RSR	<b>0.09</b>	bonne performance

Par le biais les résultats indiqués dans le tableau (N°III.2), nous pouvons dire que notre modèle est bon pour estimer l'évaporation au niveau de notre barrage.

Tableau N° III.3 : Matrice de corrélation des paramètres climatologiques

	Tmoy	V	I	P	H	D	Tmax	Tmin	es	ea	es-ea	$\Delta$	$\lambda$	EVP(mm)
Tmoy	1	0.66	0.83	-0.78	-0.92	0.89	1.00	1.00	0.98	0.77	0.97	0.99	-1	0.90
V	0.66	1	0.93	-0.95	-0.84	0.88	0.65	0.64	0.57	0.26	0.59	0.59	-0.66	0.33
I	0.83	0.93	1	-0.90	-0.97	0.99	0.83	0.82	0.80	0.38	0.82	0.80	-0.83	0.53
P	-0.78	-0.95	-0.90	1	0.86	-0.89	-0.77	-0.77	-0.69	-0.49	-0.69	-0.70	0.78	-0.53
H	-0.92	-0.84	-0.97	0.86	1	-0.97	-0.92	-0.90	-0.89	-0.49	-0.91	-0.90	0.92	-0.68
D	0.89	0.88	0.99	-0.89	-0.97	1	0.89	0.88	0.86	0.47	0.88	0.87	-0.89	0.63
Tmax	1.00	0.65	0.83	-0.77	-0.92	0.89	1	1.00	0.99	0.77	0.98	0.99	-1.00	0.90
Tmin	1.00	0.64	0.82	-0.77	-0.90	0.88	1.00	1	0.98	0.79	0.97	0.99	-1.00	0.91
es	0.98	0.57	0.80	-0.69	-0.89	0.86	0.99	0.98	1	0.73	0.99	1.00	-0.98	0.91
ea	0.77	0.26	0.38	-0.49	-0.49	0.47	0.77	0.79	0.73	1	0.65	0.74	-0.77	0.89
es-ea	0.97	0.59	0.82	-0.69	-0.91	0.88	0.98	0.97	0.99	0.65	1	0.99	-0.97	0.87
$\Delta$	0.99	0.59	0.80	-0.70	-0.90	0.87	0.99	0.99	1.00	0.74	0.99	1	-0.99	0.91
$\lambda$	-1	-0.66	-0.83	0.78	0.92	-0.89	-1.00	-1.00	-0.98	-0.77	-0.97	-0.99	1	-0.90
EVP(mm)	0.90	0.33	0.53	-0.53	-0.68	0.63	0.90	0.91	0.91	0.89	0.87	0.91	-0.90	1

**Paramètres Hydro-Climatiques :** **Tmin**; température minimal de l'air (°C). **Tmax**; température maximal de l'air (°C). **Tmoy**; température moyenne de l'air (°C) **Hr%**; Humidité relative. **V(m/s)**; vitesse de vent **I**; Insolation mensuelle en (KWh /m2) **D** ; déficit de saturation dans l'air (KPa).  $\Delta$ ; La pente de la courbe de saturation en (KPa /°C) .  $\lambda$ ; la chaleur latent de vaporisation en (MJ /Kg).

**Tableau N° III.4:** Résultats numériques obtenus par le nouveau modèle proposée**Tableau n°1: Compte Rendu d'année 2000**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	4.36	3.92	5.00	7.67	6.47	5.14	5.67	5.47	5.86	4.92	4.67	4.22
es-ea	0.63	0.54	1.52	1.99	2.33	3.88	4.92	4.23	3.03	1.56	1.22	0.80
EVPmes	71.00	59.00	106.00	193.00	201.00	227.00	364.00	381.00	303.00	280.00	183.00	146.00
EVP cal	139.25	131.06	199.35	255.80	263.33	328.81	391.35	352.76	295.93	201.11	178.47	149.78

**Tableau n°2: Compte Rendu d'année 2001**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	4.50	3.56	4.53	4.47	5.53	4.67	4.64	4.22	4.94	4.14	3.83	2.75
es-ea	0.84	1.01	1.84	2.22	2.55	4.42	5.08	4.49	3.31	2.28	0.99	0.59
EVPmes	154.00	139.00	194.00	240.00	302.00	341.00	354.00	340.00	322.00	270.00	247.00	202.00
EVP cal	153.70	158.80	213.04	233.13	264.33	345.77	375.52	339.69	296.20	232.22	159.35	129.75

**Tableau n°3: Compte Rendu d'année 2002**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.00	2.94	4.17	5.44	4.67	5.31	3.69	4.28	3.56	2.56	3.81	2.06
es-ea	0.69	1.09	1.37	1.73	2.48	4.04	4.72	4.01	2.96	1.76	1.02	0.69
EVPmes	134.00	104.00	155.00	143.00	195.00	196.00	244.00	243.00	201.00	214.00	173.00	110.00
EVP cal	132.00	158.96	183.66	216.17	249.46	339.76	338.41	318.56	257.88	189.52	160.56	132.27

**Tableau n°4: Compte Rendu d'année 2003**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	3.19	3.56	3.64	4.78	4.64	5.31	4.19	3.56	3.33	4.72	3.17	3.19
es-ea	0.71	0.81	1.37	1.89	2.70	3.97	4.92	4.01	2.81	1.53	0.79	0.68
EVPmes	105.00	77.00	110.00	150.00	222.00	236.00	303.00	344.00	318.00	203.00	208.00	153.00
EVP cal	139.01	146.51	179.33	218.69	260.38	336.08	358.37	304.87	247.76	197.58	143.28	137.14

**Tableau n°5: Compte Rendu d'année 2004**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.42	3.61	5.22	4.92	6.64	4.31	4.78	4.78	3.72	3.97	2.28	3.67
es-ea	0.71	0.94	1.43	1.87	1.96	3.62	4.56	4.37	3.08	2.29	0.81	0.59
EVPmes	148.00	120.00	154.00	168.00	161.00	193.00	249.00	430.00	322.00	323.00	221.00	118.00
EVP cal	135.23	154.85	195.65	219.11	242.62	300.91	354.38	345.45	265.70	231.07	139.99	133.77

**Tableau n°6: Compte Rendu d'année 2005**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.31	3.42	4.64	4.83	4.64	4.47	4.47	3.94	4.14	2.64	3.31	2.28
es-ea	0.55	0.69	1.47	2.22	3.24	3.44	5.09	4.48	2.62	1.76	1.68	0.52
EVP mes	89.00	73.00	85.00	116.00	180.00	202.00	325.00	353.00	317.00	247.00	199.00	162.00
EVP cal	125.67	138.84	193.43	237.55	288.17	295.25	372.04	333.21	249.40	190.07	192.58	123.90

**Tableau n°7: Compte Rendu d'année 2006**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	3.17	3.61	4.47	5.61	6.03	4.94	4.19	4.00	3.33	2.61	2.78	2.39
es-ea	0.35	0.65	1.54	2.18	2.67	3.32	4.53	4.28	2.10	1.79	0.83	0.43
EVP mes	63.00	58.00	89.00	110.00	226.00	204.00	247.00	257.00	230.37	177.71	162.38	125.22
EVP cal	116.08	136.99	195.99	244.64	278.12	297.05	340.96	325.74	214.03	191.41	144.03	119.07

**Tableau n°8: Compte Rendu d'année 2007**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	1.11	2.42	4.03	5.25	3.75	4.11	4.00	4.39	5.06	3.78	2.92	2.22
es-ea	0.68	1.00	1.27	1.52	2.43	3.82	4.63	4.06	3.12	1.64	0.99	0.59
EVP mes	130.04	109.34	149.18	184.47	222.84	280.81	363.08	430.75	343.00	306.00	213.00	226.00
EVP cal	127.53	151.02	176.78	201.26	234.91	307.00	341.25	322.98	288.20	195.16	153.44	127.66

**Tableau n°9: Compte Rendu d'année 2008**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	1.28	2.78	3.58	4.94	6.11	3.58	4.31	3.53	3.78	3.22	3.06	2.56
es-ea	0.60	0.83	1.39	2.10	2.46	3.62	4.75	4.28	2.27	0.76	0.57	0.43
EVP mes	200.00	116.00	125.00	183.00	264.00	274.00	349.00	379.00	330.00	77.00	118.00	104.00
EVP cal	124.34	144.03	180.06	232.24	266.63	288.36	353.06	316.39	227.71	142.18	129.78	119.58

**Tableau n°10: Compte Rendu d'année 2009**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	3.50	2.86	3.56	3.89	4.22	3.92	4.11	4.11	3.50	2.08	2.17	2.56
es-ea	0.46	0.67	0.93	1.29	2.28	3.14	4.59	4.34	1.56	1.63	1.01	0.79
EVP mes	75.00	68.00	141.00	150.00	223.00	319.00	362.00	288.00	243.00	207.00	184.00	205.00
EVP cal	124.22	134.90	154.06	176.64	233.52	271.93	341.77	330.79	188.55	178.71	149.82	140.14

**Tableau n°11: Compte Rendu d'année 2010**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.58	3.81	4.00	5.08	5.36	4.47	4.47	3.39	3.28	3.28	2.83	2.14
es-ea	0.71	0.90	1.44	1.83	2.37	3.50	4.86	4.10	2.38	1.36	0.91	0.71
EVP mes	116.00	108.00	152.00	180.00	216.00	318.00	420.00	499.00	442.00	308.00	238.00	199.00
EVP cal	136.25	153.45	186.10	218.57	251.99	298.11	361.60	305.56	226.95	175.77	148.28	133.73

**Tableau n°12: Compte Rendu d'année 2011**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.17	3.22	4.72	5.11	4.61	3.75	4.14	3.33	3.89	2.56	2.94	1.33
es-ea	0.63	0.71	1.09	1.80	1.92	2.83	4.37	4.09	3.37	1.36	0.72	0.42
EVP mes	155.00	89.00	94.00	150.00	151.00	201.00	314.00	315.00	294.00	240.00	190.00	169.00
EVP cal	129.70	139.17	170.86	217.10	218.57	254.48	332.28	304.15	282.18	170.27	138.57	114.71



**Tableau n°13: Compte Rendu d'année 2012**

mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.08	3.47	2.94	4.81	3.72	4.36	3.81	3.00	3.36	2.97	3.33	1.42
es-ea	0.42	0.49	1.05	1.29	2.54	3.85	4.65	4.15	2.75	1.70	0.92	0.47
EVP mes	131.00	126.00	175.00	174.00	229.00	262.00	369.00	447.00	333.00	294.00	211.00	158.00
EVP cal	116.97	126.01	157.11	183.66	240.23	312.68	337.87	300.22	245.28	190.52	151.86	117.77

**Tableau n°14: Compte Rendu d'année 2013**

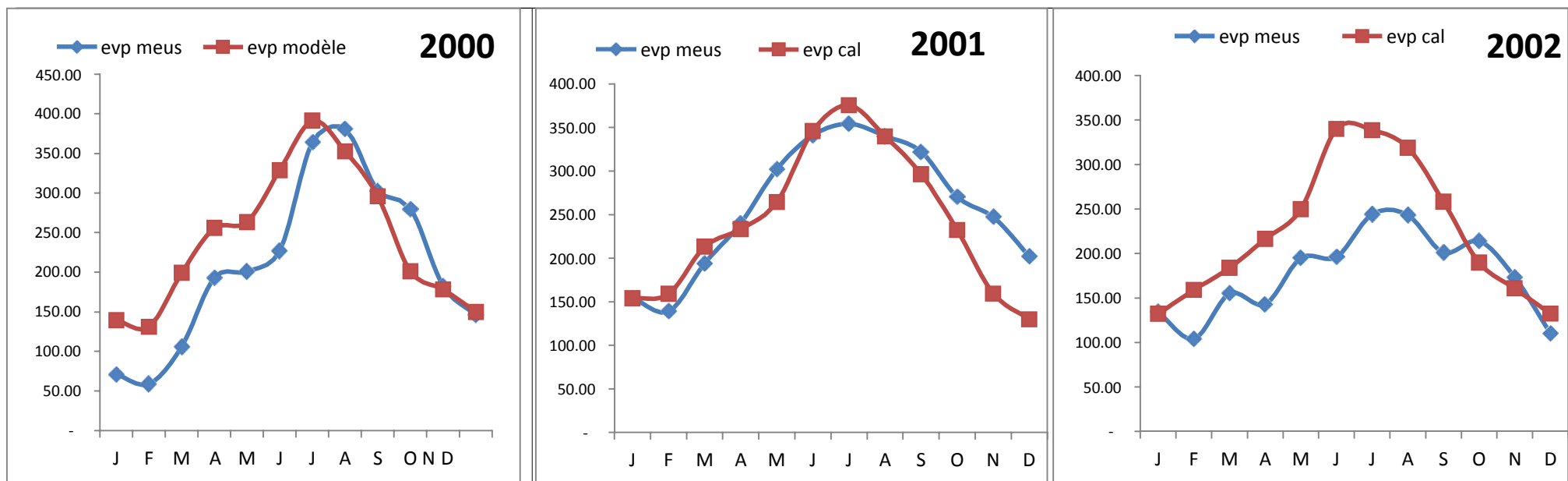
mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.53	3.64	4.39	4.31	4.28	4.58	4.28	3.31	3.56	2.83	2.00	2.47
es-ea	0.83	0.90	1.33	1.59	1.93	3.51	4.40	3.98	2.36	2.27	1.03	0.45
EVP mes	146.00	107.00	137.00	169.00	231.00	284.00	312.00	424.00	297.00	292.00	200.00	137.00
EVP cal	142.19	152.31	183.07	197.39	215.34	300.24	336.63	299.05	229.18	216.25	149.72	120.01

**Tableau n°15: Compte Rendu d'année 2014**

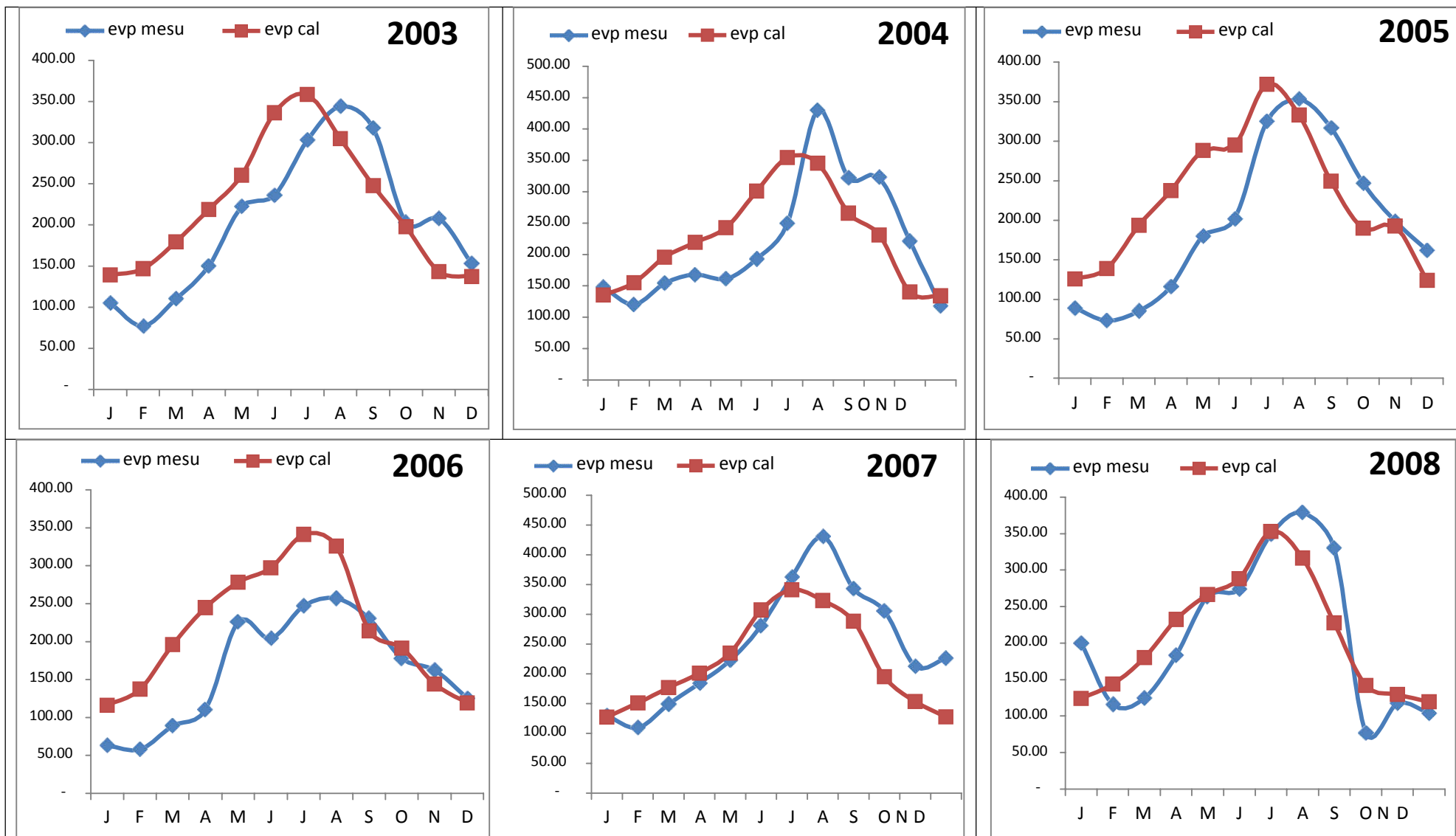
mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
U	2.81	3.78	4.44	3.83	4.00	4.42	4.03	3.78	4.33	3.53	3.72	1.92
es-ea	0.61	0.87	1.08	1.98	3.04	3.19	4.83	4.47	2.62	2.05	0.89	0.37
EVP mes	120.00	121.00	144.00	186.00	199.00	194.00	231.00	311.00	264.90	233.93	184.78	136.96
EVP cal	131.24	151.80	168.40	213.69	268.17	282.11	350.72	329.57	252.16	213.53	152.29	113.93

**III.. Résultats graphiques obtenus par le nouveau modèle proposé**

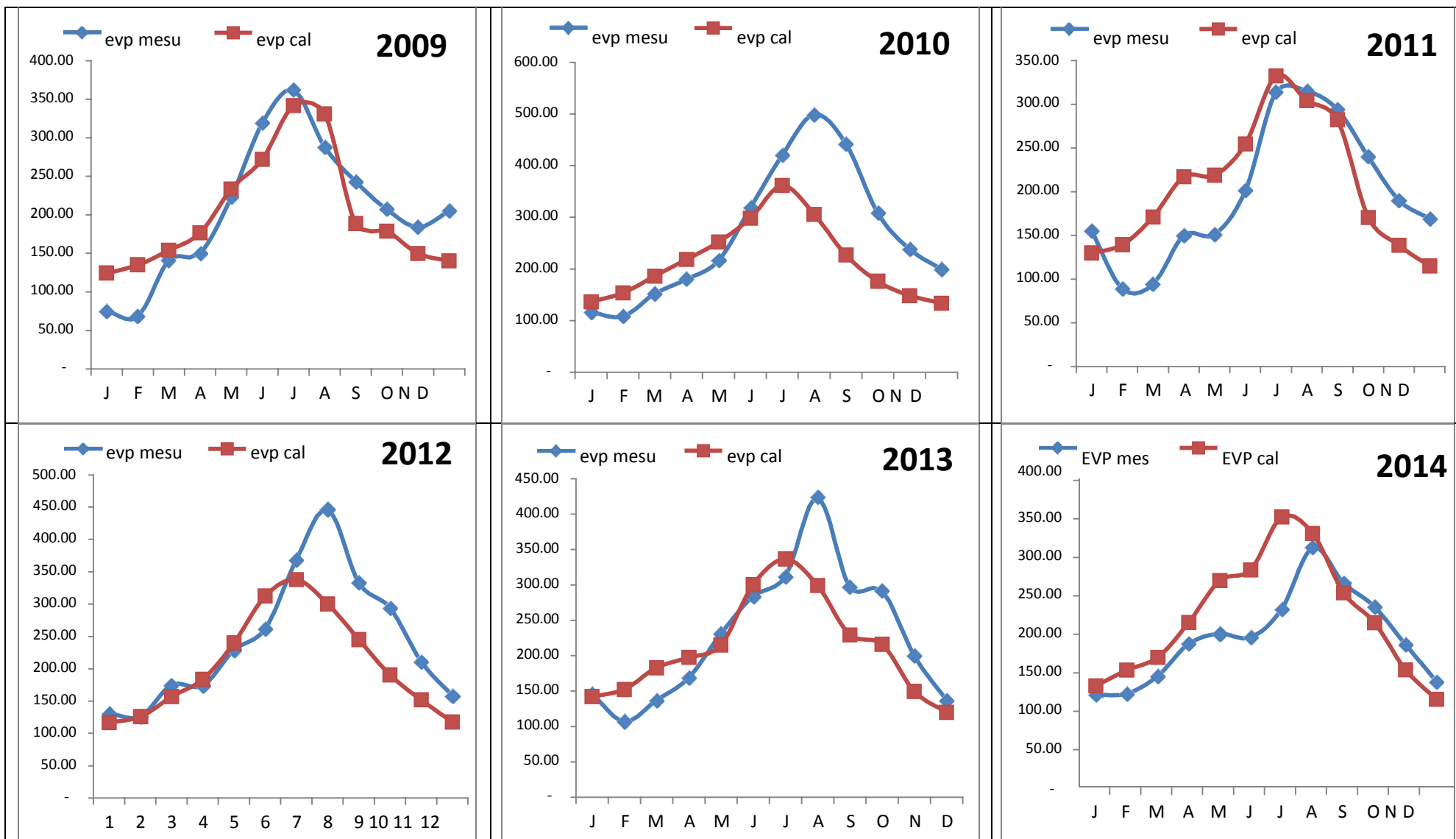
Pour faciliter la visualisation des résultats de la simulation numérique du nouveau modèle durant la période ( 2000 – 2014 ) , nous traçons les graphiques suivants :



**Figure III.1: Présentation graphique de l'évaporation calculée par le et celle mesurée par le bac Clé du Graphe: La courbe bleue est d'évaporation calculé en (mm), la courbe rouge d'évaporation mesurée. (X) ligne des mois ,(Y) les valeurs de l'évaporation (mm).**



Suite figure III.1: Présentation graphique de l'évaporation calculée par le et celle mesurée par le bac Clé du Graphe: La courbe bleue est d'évaporation calculé en (mm), la courbe rouge d'évaporation mesurée. (X) ligne des mois ,(Y) les valeurs de l'évaporation (mm).



Suite Figure III.1: Présentation graphique de l'évaporation calculée par le et celle mesurée par le bac Clé du Graphe: La courbe bleue est d'évaporation calculé en (mm), la courbe rouge d'évaporation mesurée. (X) ligne des mois, (Y) les valeurs de l'évaporation (mm).

Les résultats inter- annuels sont représentés dans le tableau ci-dessous

**Tableau III.5:** Résultats inter- annuels de nouveau modèle et du bac Colorado (2000-2014)

<b>Mois</b>	<b>EVP(mm)</b>	<b>Modèle</b>	<b>Errure %</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>Janvier</b>	122.47	131.52	-7%	81.96	8394.99
<b>Fevrier</b>	98.29	145.48	-48%	2226.44	13410.61
<b>Mars</b>	134.01	182.30	-36%	2332.15	6413.47
<b>Avril</b>	166.43	217.77	-31%	2636.28	2271.87
<b>Mai</b>	214.86	252.18	-17%	1392.77	0.59
<b>Juin</b>	248.79	303.88	-22%	3034.42	1203.80
<b>Juillet</b>	320.41	352.02	-10%	999.14	11303.06
<b>Aout</b>	362.78	322.15	11%	1650.68	22107.48
<b>Septembre</b>	304.02	249.60	18%	2961.49	8086.66
<b>Octobre</b>	244.84	192.95	21%	2692.19	945.31
<b>Novembre</b>	195.48	151.94	22%	1895.78	346.49
<b>Decembre</b>	156.75	127.77	18%	839.56	3288.35
<b>Totale</b>	2569.13	2629.57	-2%	159744.87	22742.85
<b>Moyenne</b>	214.0942			<b>Moyenne</b>	0.86

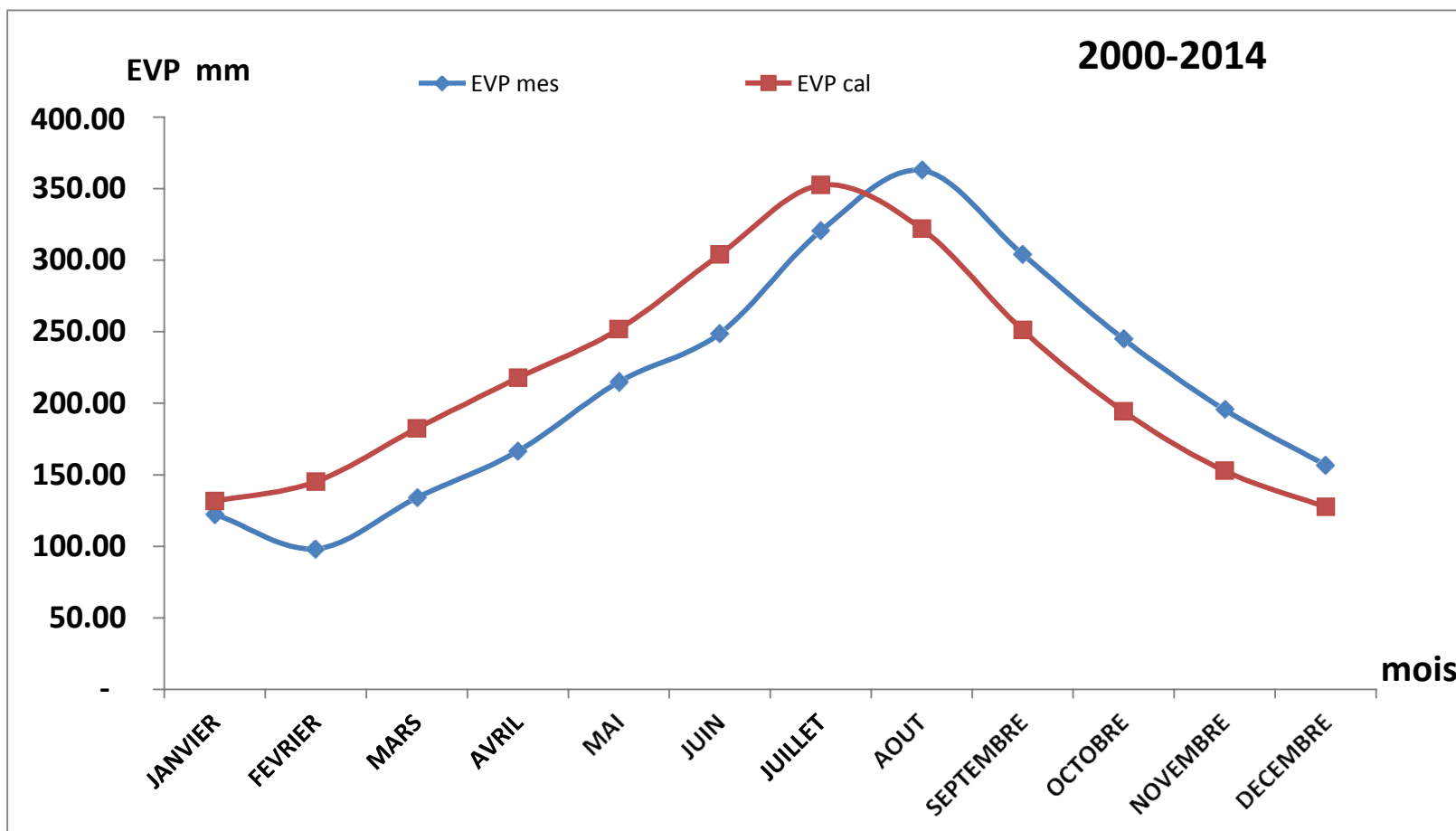


Figure III.4 : Variation de l'évaporation interannuelle par le nouveau modèle et du bac Colorado durant la période (2000 – 2014)

**Tableau n°16** : le critère de Nash de modèle némirique dans le barrage de Djourf-Torba

Mois	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
EVP mes	122.47	98.29	134.01	166.43	214.86	248.79	320.41	362.78	304.02	244.84	195.48	156.75
EVPMOD	131.56	145.25	182.46	217.71	251.72	303.90	352.41	321.93	251.14	194.36	152.80	127.55
X	82.62	2205.00	2347.16	2629.48	1358.91	3037.48	1024.55	1668.80	2796.08	2548.75	1821.30	852.51
Y	8394.92	9660.82	17959.30	27699.45	46163.03	61895.26	102659.66	131611.57	92427.18	59947.89	38211.56	24569.03
Nash	0.99	0.77	0.87	0.91	0.97	0.95	0.99	0.99	0.97	0.96	0.95	0.97
RSR	0.10	0.48	0.36	0.31	0.17	0.22	0.10	0.11	0.17	0.21	0.22	0.19

#### IV. CONCLUSION

Pour conclure ce chapitre, nous pouvons dire que les résultats obtenus par notre modèle numérique ainsi que sa comparaison avec les valeurs d'évaporation mesurées sont bonnes. Ce nouveau modèle exige de connaître trois paramètres climatologiques sont 8 vitesse moyenne la mensuelle du vent( $U$ ) et la tension de vapeur d'eau saturante à la température de la surface évaporante ( $e_s$ ) et  $e_a$  est la pression actuelle de la vapeur dans l'air ( $e_a$ ) pour son application. Finalement, on suggère l'utilisation de ce modèle pour estimer l'évaporation au niveau du barrage Djorf-Torba afin de réduire les erreurs de mesure qui sont parfois mal saisie dans les rapports ou bulletins de la station climatologique situé au niveau du barrage.



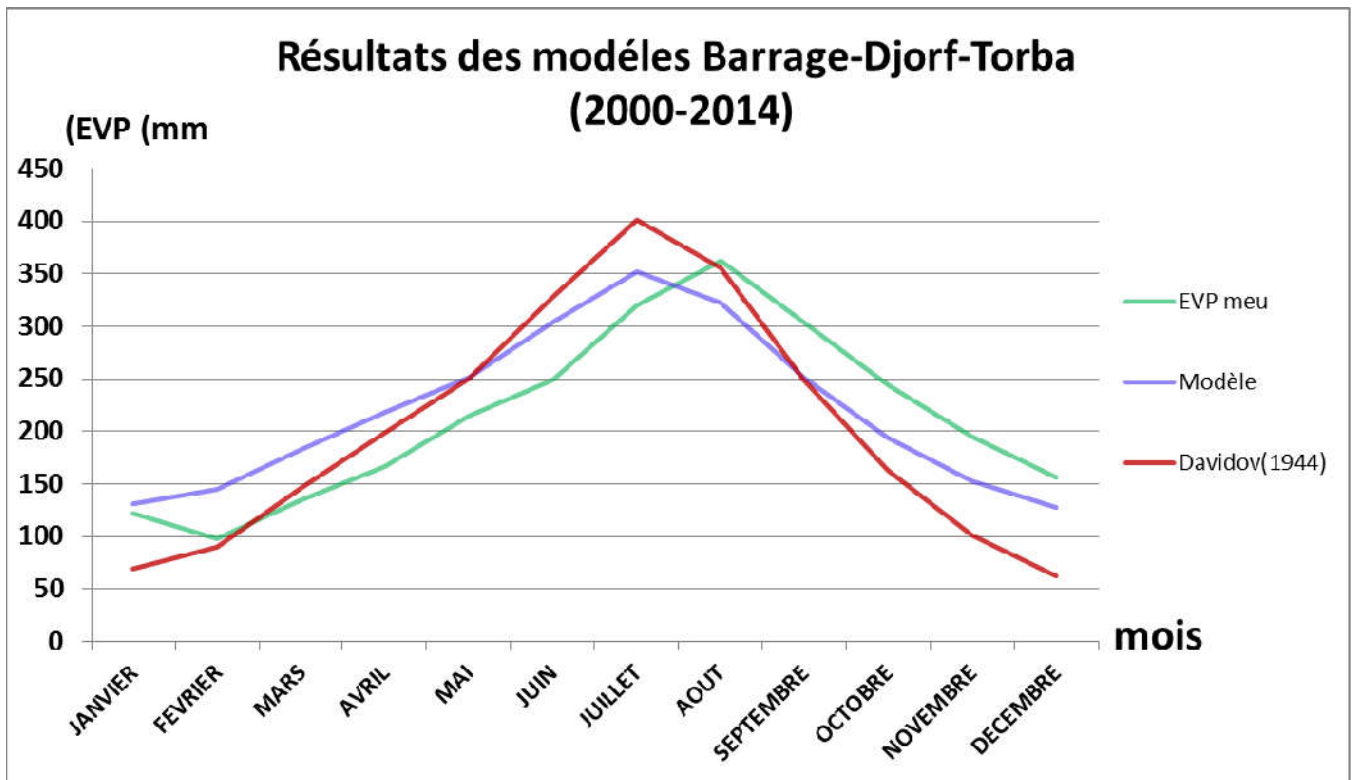
**CHAPITRE IV :**  
**DISCUSSION DES RESULTATS ET**  
**VALIDATION DU MODELE**

### I-Introduction

Ce chapitre est consacré à une comparaison entre le modèle choisis et notre modèle proposé. Nous allons établir un graphe final ou tous les modèles sont tracés. Le calcul des erreurs est une nécessité afin de confirmer l'efficacité des modèles choisis aussi le modèle proposé.

### II-présentation graphique des modèles choisis et propose :

Nous rappelons que le modèle donnant des bons résultats est celui de Davidov (1944).



**Figure IV.1: Présentation graphique des modèles (Davidov et modèle proposé) -Barrage Djorf-Torba-(2000-2014)**

D'après le figure 1 , nous remarquons clairement que pour le cas du barrage Djorf-Torba:

-Les tracés de la courbe de l'évaporation de modèle suivant : Davidov (1944) et le modèle proposé sont proches mais pas identique de celle de l'évaporation mesurée.

### III- Calcul des erreurs des modèles d'estimation :

Pour juger de l'efficacité des modèles numériques choisis et du modèle que nous avons proposé, nous devons calculer les erreurs numériques au cours de leur application.

D’où l’erreur est calculée par la relation suivante :

$$Erreur = \frac{(Ec - Em)}{Ec} \times 100$$

**IV - calcul des erreurs pour chaque modèle :**

**Tableau IV.1:** Les erreurs de calcul pour chaque modèle sont regroupées dans les tableaux ci-dessus :

**Tableau n°1 :** Erreurs obtenues par le modèle de Davidov (2000-2014)- Barrage Djorf-Torba

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>EVP meu</b>	122.4694	98.289487	134.0123	166.4315	214.8558	248.7876	320.4055	362.7831	304.0183896	244.842591	195.4777729	156.7451068
<b>EVP cal</b>	68.89005	89.485206	145.4737	198.5094	249.6783	328.1905	401.1791	355.3176	248.8078316	163.37414	100.8507014	62.85468554
<b>Erreur (Ec/Em)/Em%</b>	-77.78	-9.84	7.88	16.16	13.95	24.19	20.13	-2.10	-22.19	-49.87	-93.83	-149.38

**Tableau n° 2:** Erreurs obtenues par le modèle proposé (2001-2014) Barrage Djorf-Torba

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>EVP meu</b>	122.46941	98.289487	134.0123	166.4315	214.8558	248.7876	320.40546	362.7831	304.0183896	244.8425909	195.4777729	156.7451068
<b>EVP cal</b>	131.55878	145.24688	182.4598	217.71	251.7192	303.9009	352.41407	321.9321	251.1403786	194.3574863	152.8011032	127.54726
<b>Erreur (Ec/Em)/Em%</b>	6.91	32.33	26.55	23.55	14.64	18.14	9.08	-12.69	-21.06	-25.98	-27.93	-22.89

Les erreurs calculés par le modèle Davidov et celui qu'on proposé montre que: Dans le barrage Djorf-Torba:

-Le modèle de Davidov (1944) présente une erreur minimale de 2.1%. Et une erreur maximale de 149.38% (Trop d'erreur). Alors que le modèle proposé, les erreurs sont inférieures à 30 % . On pense que le modèle proposé peut être utilisé pour une estimation de l'évaporation en cas d'absence d'enregistrement de l'évaporation au niveau de la station climatologique.

**V- CONCLUSION**

Dans la phase finale fait l'évaluation du modèle proposé et celui qui était choisi : D'après la comparaison graphique et les résultats numériques obtenus par le modèle numériques, nous pensons qu'on peut appliquer le modèle choisis : pour le cas du barrage de djorf-torba situé dans un région aride afin de simplifie la tache au releveurs de la station météorologique du barrage en cas de manque d'information sur l'évaporation.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Rappelons que, notre mémoire a pour objectif d'élaborer un modèle numérique adéquat afin d'estimer l'évaporation au niveau du barrage Djorf-Torba (Béchar). Mais avant, nous avons collecté les données climatiques nécessaires afin de les analyser et au même temps pour qu'on puisse les utiliser pour l'estimation avec autres modèles à titre de comparaison avec celui qu'on a élaboré.

Notons que la majorité des paramètres hydrauliques qui sont disponibles sont la température, la vitesse du vent, l'humidité relative, la pression atmosphérique et ceux qui sont un peu difficile à les retrouver sont bien le rayonnement solaire, la lumière du jour (ne sont pas enregistrées).

Les modèles d'estimation de l'évaporation ont été choisis selon les conditions et le type de climat de la région d'étude (aride). Nous avons estimé l'évaporation par 29 modèles proposés par différents chercheurs la plus part internationaux, mais il y a modèle qui aboutissent à des résultats un peu proche à l'évaporation mesurée dans notre barrage étudié. Le modèle de Davidov (1944) qui présentent une corrélation 0.72 , le critère de Nash aussi proche de 1 dans l'intervalle 0,7 à 0,99 , le RSR est très inférieur à 0.5 dans l'intervalle 0.084 à 0.5 et enfin les erreurs obtenues sont inférieurs de 30% dans le résultats de modèle de barrage. Le nouveau modèle qui est basé sur le modèle choisis (Davidov) a conduit à un très bon modèle numérique pour estimer l'évaporation de Barrage. Afin de confirmer la validité de ce modèle le critère de Nash était calculé et vaut 0,99 c'est qui conclut que notre modèle est Bon ainsi que RSR vaut 0.09 pour le barrage . La corrélation de notre modèle est bonne aussi de valeur de 0,72.

Le nouveau modèle qui est basé sur une analyse statistique des données climatologiques a montrés que les facteurs influent sur l'évaporation sont bien la température et l'insolation. Le jumelage des deux paramètres a conduit à un très bon modèle numérique pour estimer l'évaporation du Barrage. Afin de confirmer la validité de ce modèle le critère de Nash était calculé et vaut 0.97 c'est qui conclut que notre modèle est excellent. La corrélation de notre modèle est très bonne aussi, de valeur 0.97. Les graphes Finaux (Du modèle et EVP mesurée) sont pratiquement identiques

Notons, que ce modèle peut être seulement utilisé pour estimation de l'évaporation en cas de lacunes de données de l'évaporation pas plus.

# **REFERENCE BIBLIOGRAPHIE**



## Référence bibliographie

### des 22 références citées dans le texte

- (1) **Mihi,N et Oubziza,A(2019)** Elaboration d'un modèle numérique pour l'estimation de l'évaporation a partir des données climatique limitées: cas deux barrage részevoires Foum El-Gherza et Fontaine Des Gazelles –Biskra- Mémoire Master .Université Echahide Hamma Lakhdar, d'El-Oued, Algérie.
- (2) **Nedjima,R (2019)** élaboration d'un modele numerique pour l'estimation de l'évapotation à partir des données climatiques limitees : cas du barrage réservoirfoum el - guiss- kenchela Mémoire Master Université Echahide Hamma Lakhdar, d'El-Oued, Algérie.
- (3) **Continental Hydrology**. Physics of Water, Atmospheric Precipitation and evaporation .
- (4) **Rezaei,M & Valipour,M & Valipour,M**. Modelling Evapotranspiration to Increase the Accuracy of the Estimations Based on the Climatic Parameters.
- (5) **Wmo2008**. évaporation, évapotranspiration et humidité du sol chapitre 4.
- (6) **Hydrological Sciences Journal** . current methods for the study of evaporation from water surfaces and evapotranspiration
- (7) **ANBT**. Agence Nationale des Barrages et Transferts, Biskra Algérie.
- (8) **ANBT, 2004**. Lèves bathymétriques des barrages en exploitation Djorf- Torba .
- (9) **Remini B, (2009)** . La problématique de l'eau en Algérie de Nord, Larhyss Journal, Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, N° 08, juin 2010, (p.27-40).
- (10) **Boulanouar S** . « Caractérisation hydrologique du bassin versant d'Oued Guir (Sud-Ouest Algérien) », Mém. Ingénieur, Université de Bechar (2008)
- (11) **Kabour A, 2016** . Le barrage de Djorf Torba (Béchar, Sud-Ouest Algérien), sous contraintes du climat, de l'environnement
- (12) **Baghdadli I, 2014**. L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch. Mémoire Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. Algérie.

- (13) **Nassopoulos, 2012**. Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est. France
- (14) **ANBT,2016** . Document de barrage. document de barrage. Djorf-Torba, biskra, algerie: direction de barrage Djorf-Torba .
- (15) **Bennis , S** . « Hydraulique et hydrologie », 2<sup>ème</sup> édition (Revue et Augmentée), presse de l'université du Québec (2009) .
- (16) **Coyne et Bellier, 1985** . « Barrage de Djorf-Torba sur l'Oued Guir », Monographie, Bureau de conseils d'ingénierie, Paris (1985) .
- (17) **Guidoum, A** . « Étude hydrologique du bassin versant d'Oued Chemorah à la station de Chemorah (Batna) », Mém. de Magister, Université de Batna (2014)
- (18) **Riad, S** . « Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc » , Thèse de doctorat, Université Ibnou Zohra, Agadir, Maroc (2003) .
- (19) **Moussaoui et A, Benthmane** . « Étude de transfert d'eau à partir du barrage Djorf-Torba » , Mém. Ingénieur, Université de Bechar (2007) .
- (20) **Boutoutaou D.(2011)**.Notion sur l'évaporation des plans d'eau (Barrage, Lac, Cours d'eau, Chott, Sebkhia, etc) en Algérie. Laboratoire d'Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides. Université Kasdi Merbah Ouargla,296p et 299p.
- (21) **Graie-GT Autosurveillance-sous-groupe Modelisation.2018**.Critères et indicateurs d'autoévaluation des modèles ,Document de Travail ,version 1 ,p6 et p 7.
- (22) **Site web** : <https://fr.tutiempo.net/>, 2016. Bulletins des données climatologiques de la région de Bechar . Algérie

# **ANNEXES**

**Tableau:** Les calculs du résultats graphiques obtenus par le modèle utiliser dans le barrage Djorf-Torba entre la période de 2001-2014 dans les tableaux ci-dessus

**Tableau n°1 :** Les calculs du résultats graphiques obtenues par le modèle de Davidov (2000-2014)- Djorf-Torba

	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	
<b>2000</b>	80.46	68.13	170.89	255.80	267.14	365.65	459.75	401.68	316.18	173.53	139.46	96.31	
<b>2001</b>	102.20	109.87	191.48	221.71	268.65	391.16	435.93	382.03	316.60	220.33	110.71	66.17	
<b>2002</b>	69.58	110.17	147.34	196.27	246.39	382.29	380.26	350.39	259.05	156.16	112.57	69.99	
<b>2003</b>	80.10	91.39	140.76	199.99	262.70	376.59	410.13	329.64	243.72	168.21	86.53	77.28	
<b>2004</b>	74.42	103.93	165.31	200.61	235.99	323.68	404.12	390.69	270.70	218.60	81.57	72.21	
<b>2005</b>	60.02	79.85	161.97	228.35	304.52	315.16	430.70	372.27	246.18	156.92	160.69	57.36	
<b>2006</b>	45.61	77.05	165.83	239.02	289.39	317.87	383.93	361.03	192.97	158.93	87.65	50.10	
<b>2007</b>	62.83	98.16	136.93	173.76	224.38	332.84	384.36	356.88	304.55	164.58	101.81	63.02	
<b>2008</b>	58.03	87.65	141.86	220.37	272.10	304.79	402.14	346.97	<i>213.54</i>	<i>84.87</i>	<i>66.21</i>	<i>50.86</i>	
<b>2009</b>	57.84	73.91	102.74	136.72	222.29	280.07	385.15	368.64	154.63	139.82	96.37	81.80	
<b>2010</b>	75.94	101.82	150.95	199.80	250.08	319.46	414.99	330.68	212.41	135.41	94.04	72.16	
<b>2011</b>	66.10	80.34	128.02	197.58	199.80	253.82	370.88	328.55	295.51	127.13	79.43	43.54	
<b>2012</b>	46.94	60.54	107.33	147.28	232.39	341.38	379.29	322.64	239.99	157.60	99.43	48.14	
<b>2013</b>	84.89	100.11	146.38	167.93	194.94	322.67	377.42	320.87	215.76	196.31	96.22	51.51	
<b>2014</b>	68.41	99.34	124.31	192.46	274.42	295.40	398.62	366.80	250.33	192.21	100.08	42.37	<b>total</b>
<b>EVP cal</b>	<b>68.89</b>	<b>89.49</b>	<b>145.47</b>	<b>198.51</b>	<b>249.68</b>	<b>328.19</b>	<b>401.18</b>	<b>355.32</b>	<b>248.81</b>	<b>163.37</b>	<b>100.85</b>	<b>62.85</b>	<b>2,412.61</b>

Les résultats numériques inter-annuels de modèle sélectionné:

**Formule :** Modèle de Davidov(1944)

	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
<b>EVP mes</b>	122.4694	98.28949	134.0123	166.4315	214.8558	248.7876	320.4055	362.7831	304.01839	244.8426	195.47777	156.7451068
<b>EVP cal</b>	68.89005	89.48521	145.4737	198.5094	249.6783	328.1905	401.1791	355.3176	248.807832	163.3741	100.8507	62.85468554

