

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'El-oued

Faculté de technologie

**Département d'Hydraulique et
Génie civile**



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master en Hydraulique

Option: *Conception et Diagnostic de Système d'Assainissement et d'Eau potable*

THEME :

***Contribution à l'étude de l'évaporation de la retenue du Barrage
de Foug El-Gherza -Wilaya de Biskra-***

Dirigé par :

Melle MEZIANI Assia

Présenté par :

- SOLTANI Mohammed Yacine

- MESSOUDI Mohammed Elhabib

Devant le jury composé de :

Président: Mr. Mohammed Sayah Lembarek

Examinatrice: Mme KHATER Ibtissem

Promotion : Mai 2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect:

** A Mon père qui m'a aidé et encouragé je demande a mon dieu de lui d'acquies dans sa vaste paradis .*

** A ma mère qui n'a pas cessé de me prodiguer*

** A tous mes frères : Souhaib – Chouchane- Zine*

Elabbedine –Taha-Nacime.

** Pour mon cousin Boubaker la miséricorde de Dieu.*

** A toute la famille ((SOLTANI)).*

** A tous mes professeurs en My school.*

** A Tous mes amis de vie et de l'université d'El-oued .*

** A Fils des mes frères Mouiz-Malak-Darine.*

SOLTANI Mohammed Yacine

Promo : 2017.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect:

** A mon père et mon mère et mes frères et sœurs.et mon petits enfans Rabeh Wissalle Rania Ibtissam Faissel*

** A tout(s) (tes) mes ami(s) (es).*

** A Tous mes camarades de l'université d'el-oued.*

**A tous les habitants du wilaya Ouargla et spécialement la commune de Ben Naceur- Daira Taibet.*

MESSAOUDI Mohammed Elhabib

Promo : 2017.

Remerciement

Nous remercions notre Dieu qui nous a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

Nous adressons tous nos respects et nos remerciements à ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour l'élaboration de cette étude et particulièrement à :

-
- *A tous les enseignants d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.*
- *Aux membres du jury qui ont bien voulu examiner notre Travail et de l'apprécier à sa juste valeur*

SOLTANI-MESSAOUDI

Promotion : 2017

Sommaire

Introduction Générale	01
Chapitre I : <i>présentation du barrage Foum El-gherza</i>	02
I-Introduction	03
II-Situation géographique du barrage Foum El-gherza	03
III-Caractéristique climatologie de région du Biskra	04
III-1 Température	05
III-2 Précipitation	06
III-3 les Vents	08
III-4 Humidité relative et Humidité absolu	08
III-5 La pression Atmosphérique	10
IV- Courbe Ombrothermique de GAUSSEN	10
V- Indice Climatique	11
V-1 Indice d'aridité annuel de de MARTONNE	11
V-2 Indice d'aridité mensuel de Martonne	12
V-3 Indice climatique d'Emberger	12
VI-Conclusion	13
Chapitre II :<i>Méthode d'estimation d'évaporation des plan D'eau</i>	14
I- Introduction	15
II- Les facteurs influençant d'évaporation	15
II-1 La Temperature	15
II-2 Faible pression atmosphérique	15
II-3 Humidité relative faible	15
II-4 Vent fort	15
II-5 Evaporation a partir des surface d'eau libre	15
III Méthodes d'estimation D'évaporation du plan d'eau	16
III-1 Méthode empirique	16
III-1.a. Méthode hydrométéorologique	17
III-1.b. Méthode de déficit saturation d'air	18
III-2 Estimations l'évaporation de retenu par méthode analytique	18
A-Bilan Hydrique	18
B-Méthode de bilan énergétique	18
III- 3 Estimations de l'évaporation des retenues par les méthodes directes « Bacs	

d'évaporation et les évaporomètres	19
III -4 Autre Formules	19
IV- Les Avantages et les Inconvénients des Méthodes D'estimation	
de l'évaporation	20
V-Conclusion	21
Chapitre III: Etude Comparative de méthode d'estimation d'évaporation	22
I- Introduction	23
II-Méthode de Bilan Hydrique	23
III-Méthode Direct Bac Colorado	24
III-1 Description de la Bac	24
III-2 Comment est le processus de mesure	24
III-3 Bac Classe A	24
IV- Méthode de déficit de saturation d'air	25
V-Conclusion	26
Chapitre IV: Résultat et Discussion	27
I-Introduction	28
II- Résultats obtenus par le bilan hydrique et celle du bac Colorado	28
II-1. les Tables	29
II-2.Les Graphes	35
III- Résultats obtenus par la méthode de déficit de saturation et celle du bac Colorado avec le	
Bilan hydrique	38
III-1.Les graphes	48
IV-Résultat Annuelle	53
A-Méthode de déficit d'air	53
B-Méthode de Bilan Hydrique	53
V-Discussion	55
VI-Conclusion	55
VII-Conclusion Générale	56

Liste Des Tableaux

Tab I.1- Variation annuelle de température du région Biskra	05
Tab I.2- Variation mensuelle de température du région Biskra	06
Tab I.3- Variation des précipitations mensuelles en fonction des températures mensuelles	06
Tab I.4- Variation des précipitations annuelles	07
Tab I.5- Variations mensuelles de vitesse des vents	07
Tab I.6- Variation mensuelle de l'humidité relative et absolue en fonction de la température	09
Tab I.7 – Variation de pression atmosphérique	10
Tab I.8 - Températures et précipitations moyennes mensuelles	10
Tab I.9 - Les valeurs d'indices d'aridité mensuels de Martonne, à la station de Biskra	11
Tab I.10- Indice D'Emberger	12
Tab III.1 Compte rendu de méthode de calcul de volume de pluie	23
Tab III.2 Compte rendu de méthode de calcul l'évaporation en Bac Colorado	25
Tab III.3 Compte rendu d'année 2011 de méthode déficit de saturation d'air	26
Tab IV.1 Compte rendu annuelle de méthode Bilan Hydrique 2000-2016	29
Tab IV .2 Compte rendu annuelle de méthode de saturation d'air 2000-2016	39
Tab IV.3 Méthode du Bilan Hydrique annuelle	53
Tab IV.4 Méthode de saturation d'air annuelle	54

Liste de Figure

Fig 1: Carte de réseau Hydrographique	03
Fig 2: Barrage de Foug El-gherza	04
Fig 3: Station pluviométrique en le barrage	04
Fig4: Températures moyen minimale et maximale annuelle	04
Fig 5: Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Biskra	06
Fig 6: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra	06
Fig 7: Evolution des précipitations et des températures mensuelles	07
Fig 8: Variation des précipitations annuelles de la région de Biskra	07
Fig 9 : Variation de vitesse des vents moyens mensuels (km/h)	08
Fig 10: Variation de l'humidité relative en fonction de la température	09
Fig 11 : Variation de l'humidité absolue en fonction de la température	09
Fig 12 : . Variation de la pression atmosphérique pendant la période	10
Fig 13 : . Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	11
Fig 14 : . Climagramme d'Emberger	13
Fig II-1: Bacs d'évaporation du barrage Foug-Elgherza	20
Fig III-1: Tasse pour chargé et déchargé en la Bac	24
Fig III-2: Bac Colorado et Classe A	25
Fig IV- 1 Evolution annuelle de l'évaporation par méthode du bilan hydrique et du bac Colorado	53
Fig IV- 2 courbe graphique montre l'évaporation moyen calculé et l'évaporation moyen mesuré en mm par méthode de saturation d'air.	54

الخلاصة

تعتمد هذه الدراسة على تقدير كميات التبخر في سد فم الغرزة الواقع شمال شرق ولاية بسكرة . حيث تم اختيار طريقتين لتقدير قيم التبخر الاولى معادلة التوازن المائي والثانية طريقة العجز في التشبع الهواء . وبعده نقوم بمقارنة النتائج المحصلة مع تلك النتائج المقاسة على مستوى السد التي اعتمدت على باك كولورادو . وتم استنتاج احسن نتائج من المقارنة هي نتائج طريقة العجز في تشبع الهواء مقارنة بنتائج معادلة التوازن المائي . كلمات مفتاحية :سد – التبخر –خزان مائي - فم الغرزة .

Résumé

La présente étude consiste à estimer l'évaporation de la retenue du barrage de Foug Elgherza situé à Biskra. Nous avons choisi deux méthodes de calcul : la première est du bilan hydrique et la deuxième méthode dite de déficit de saturation de l'air. Les résultats de calculs ont été comparés avec ceux mesurés en direct par le Bac d'évaporation.

La méthode climatique qui est méthode de déficit de saturation de l'air a donnée de bons résultats que celle du bilan hydrique.

Mots Clés: Barrage – Evaporation – Réservoir - Foug El-Gherza.

Abstract

The present study consists to estimate the evaporation of the reservoir of Foug Elgherza dam located in Biskra. We have chosen two methods of calculation: the first is the water balance and the second called method of saturation deficit of the air. The results of the calculations were compared with those measured directly by the evaporation pan.

The climatic method which is method of saturation deficit of the air gave good results then of water balance.

Key words: Dam- Evaporation – Reservoir - Foug El-gherza.

Introduction Générale

Au sud algérien, les ressources en eau disponible sont en quantité limitée en raison des activités humaines : la croissance démographique, urbanisation, augmentation du niveau de vie. Le changement climatique et les variations de conditions naturelles aggravent ces pressions.

Dans les régions où les ressources en eau sont limitées, la moindre perturbation d'un seul compartiment du cycle hydrologique peut avoir des répercussions majeures sur l'ensemble du cycle et sur la disponibilité en eau pour les différents usages. Les perturbations peuvent être d'origine climatique ou anthropique ([*Remini, 2009*](#)). L'évaporation constitue un des éléments de cycle hydrologique.

Dans ce mémoire, nous accordons une attention particulière à l'estimation de l'évaporation de la retenue du barrage Foug El-gherza situé au sud Algérien. Plusieurs méthodes d'estimation sont connues (méthodes climatiques, méthodes empiriques,..). En général, l'équation du bilan hydrique constitue une des méthodes de prévision en Hydrologie. L'estimation quantitative par cette méthode nécessite des données bien précises

L'objectif de notre travail est bien l'estimation de l'évaporation par des méthodes choisies pendant une durée de plus de 16 ans, l'étude permettra de connaître l'évolution de l'évaporation dans la retenue du barrage. Pour cela, notre mémoire est subdivisé en 4 axes essentiels :

Introduction Générale

Chapitre 1. Présentation du Barrage- Foug El-Gherza

Chapitre 2. Méthodes d'estimation de l'évaporation des plans d'eau

Chapitre 3. Etude comparative des méthodes d'estimation de l'évaporation

Chapitre 4. Résultats et Discussion

Conclusion Générale

CHAPITRE I

Présentation du Barrage de Foum-Elgherza

I. INTRODUCTION

Le présent chapitre fait l'objet d'une présentation et une analyse climatique de la région où se trouve notre Barrage « Foum- Elgherza ». La région de Biskra s'étend jusqu'à la zone du Chott Melghir au Sud-Est et jusqu'à l'Erg oriental au Sud-Ouest avec (latitude 34° 52' N, longitude 5° 38' E) et son altitude est de 125 mètre au-dessus du niveau de la mer. Le réseau hydrographique de la région est formé par quatre principaux Oueds : Oued Biskra, Oued El-Arab, Oued Abiod et Oued Djeddi. Celui qui alimente notre Barrage est bien celui de Oued El-Biod.

II. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BARRAGE FOUM ELGHERZA

Le barrage de Foum-el-Gherza est situé à l'Est algérien, destiné à l'irrigation, au pied du massif des Aurès à 18 Km à l'Est de Biskra et à environ 400 Km au sud-est d'Alger. Cet ouvrage d'art a un rôle de régulariser le régime du bassin versant d'Oued El-Abiodh (Figure 1).

Le bassin versant Oued Labiod est situé dans le massif des Aurès (partie orientale de l'Atlas saharien), il fait partie du grand bassin hydrologique de Chott Melghir. Il est composé de trois principaux Oueds : Oued Labiod, Oued Chenawra et Oued de T'kout formant par leur confluence Oued Ghassira. L'ensemble de ces Oueds cheminent vers le Sud et se déversent dans Chott Melghir. L'Oued Labiod est formé par la réunion des torrents descendants des raides pentes de Chelia (2326 m) et Ichemoul (2100 m) ([*Houes, 2008*](#)). La surface du bassin versant = 1050 km² et le périmètre du bassin versant = 160 km. Le coefficient de Gravelius Kc est de 1.38 d'où le bassin a une forme allongée.



Figure 2. Barrage de Foum –El-gherza, 01 Mars 2017.

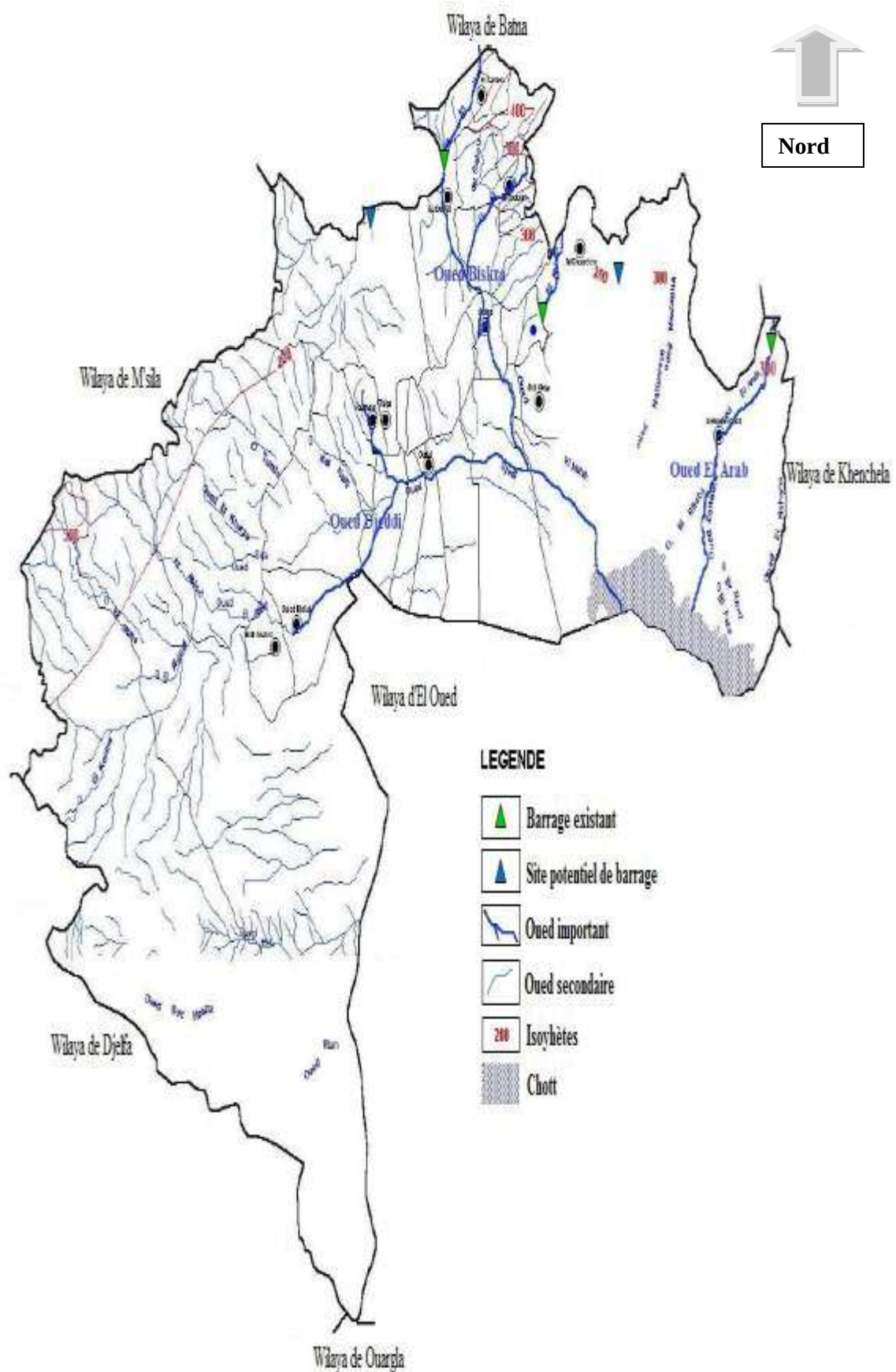


Figure 1. Carte du réseau hydrographique de la région de Biskra ([ANAT, 2014](#))

Les caractéristiques techniques du Barrage de Foum-Elgherza sont :

Capacité Initiale :47 Hm³. Capacité Actuelle 12.89 Hm³ (levé 2007). Surface de la Bassin Versant:1300Km². Apport Annuelle moyen: 21Hm³. Volume Régularisé: 13 Hm³. Hauteur Hors sol: 65m. Hauteur à partir de le fondation :73 m. Longueur voute: 126 m. Longueur culée :60m. Largeur du barrage au niveau de la fondation: 8.40m. Largeur en crête: 3m. Rayon de courbure: 80m. Côte de la Retenu Niveau Normal:198m. Côte des plus hautes eaux: 23.25m. Taille du béton usagé:40.000 m³.

III. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA REGION DE BISKRA

La station météorologique de Biskra (ONM) est la seule station existante qui fonctionne depuis 1913 et est donc représentative du contexte d'étude. Toutefois les enregistrements ne sont disponibles qu'à partir de 1967. Notons que les données climatologiques de la station de Biskra sont obtenues du site web climatologique (<https://fr.tutiempo.net/>, 2016) mentionnées ci-dessous.



pluviométrique

Figure 3. Station pluviométrique du Barrage Foum- Elgherza, Mars 2017

III. 1. Température

La température est un paramètre fondamental pour l'évaluation des caractéristiques des masses d'eaux car elle joue un rôle important dans la variabilité du cycle hydrologique plus précisément sur le phénomène d'évaporation. Le tableau n°1, montre la variation de la température dans la région de Biskra pendant une durée de 16 ans.

Tableau n°1: Variation annuelle de la température de la région de Biskra (2000-2016)

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tmax(°C)	28.6	29.3	28.89	28.6	28.1	29.05	28.8	28.6	28.5
Tmin (°C)	16.6	17.7	16.72	17.3	16.6	16.94	17.0	16.9	16.8
Tmoy(°C)	22.7	23.6	22.78	23.2	22.4	23.11	22.9	22.8	22.7
Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Moy(°C)
Tmax(°C)	28.5	28.7	28.6	29.5	28.8	29.6	29.0	29.4	<u>28.86</u>
Tmin (°C)	16.3	16.9	16.7	17.2	17.0	17.4	16.8	17.5	<u>16.96</u>
Tmoy(°C)	22.4	22.8	22.6	23.4	22.9	23.6	23.0	23.5	<u>22.96</u>

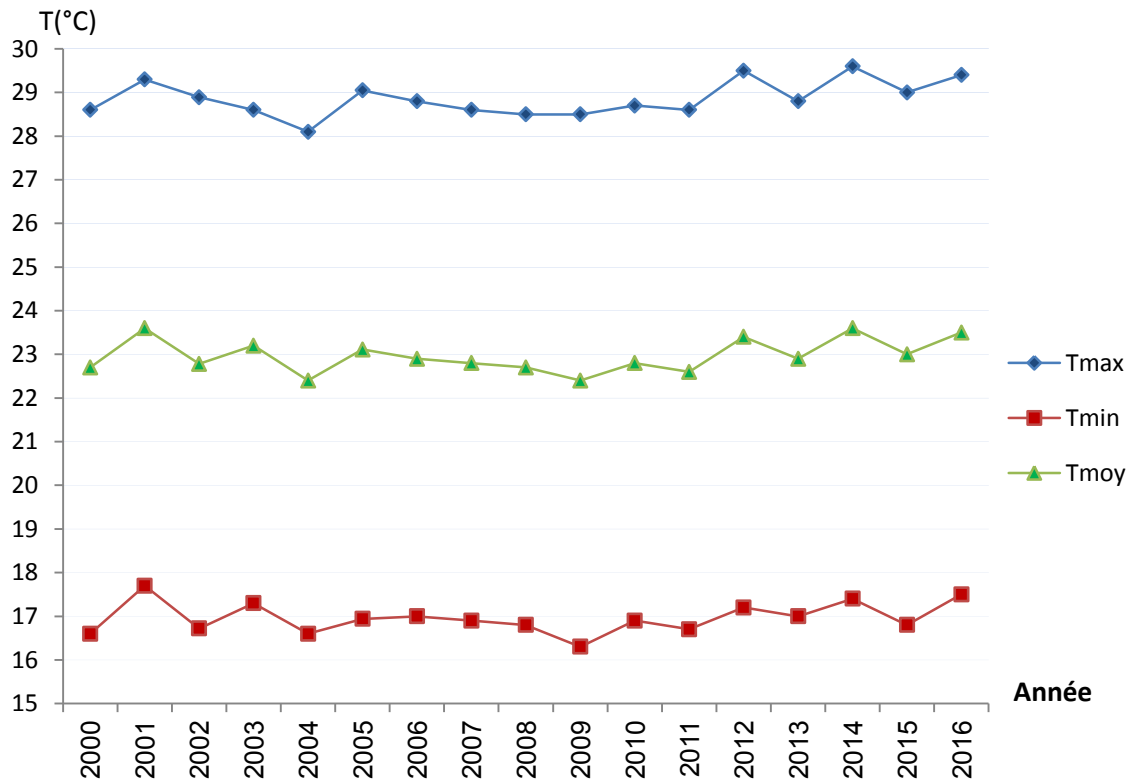


Figure 4. Températures moyennes maximales, minimales et annuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2016)

On note, que la température moyenne annuelle est de **22.96°C**, avec une température moyenne maximale de **28.86°C** et une température moyenne minimale de **16.96°C**. En observant le tableau n°2, la température moyenne mensuelle est maximale le mois de juillet (**36°C**) et minimale le mois de janvier (**11.33°C**).

Tableau n°2 : Variation mensuelle de la température de la région de Biskra (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax (°C)	<u>17.50</u>	19.00	23.5	26.33	33.00	37.5	<u>42.33</u>	39.00	35.50	29.00	22.94	<u>17.50</u>
Tmin(°C)	<u>6.54</u>	7.50	11.52	15.00	19.86	24.55	<u>29.00</u>	28.00	23.00	19.00	12.00	8.40
Tmoy(°C)	<u>11.33</u>	15.00	16.00	22.50	27.00	31.6	<u>36.00</u>	34.18	29.00	23.5	20.00	12.67

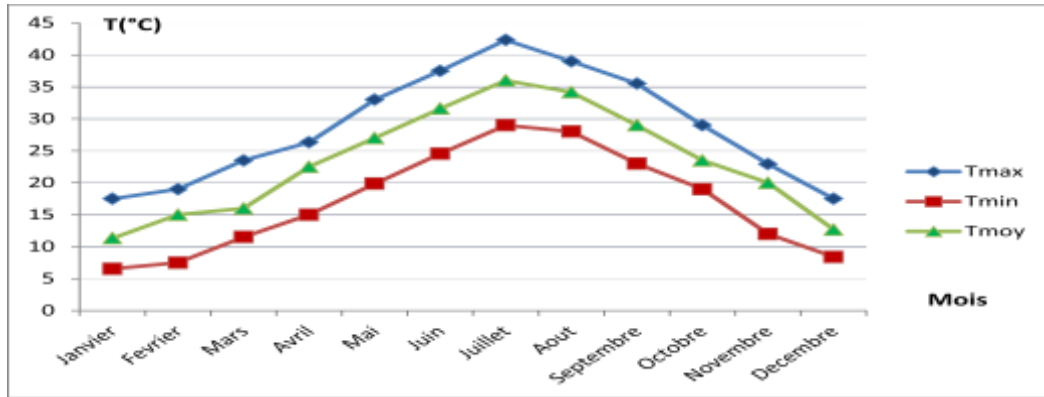


Figure 5. Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2016)

III. 2. Précipitations

La **pluviométrie** est l'étude des précipitations, de leur quantité et de leur répartition dans le temps et dans l'espace. La région de Biskra est caractérisée par une faible pluviométrie, les pluies tombent d'une manière irrégulière. Le tableau n°3, montre que la pluviométrie atteint sa valeur maximale au mois d'Octobre (26.33 mm) et elle est minimale le mois de Juillet (1.35 mm).

Tableau n°3: Variation des précipitations mensuelles en fonction des températures mensuelles (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	2.67	5.99	19.66	16.00	9.20	6.63	<u>1.35</u>	2.97	16.00	<u>26.33</u>	14.24	9.59
Tmin(°C)	<u>6.54</u>	7.50	11.52	15.00	19.86	24.55	<u>29.00</u>	28.00	23.00	19.00	12.00	8.40

Figure 6. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra (2000-2016).

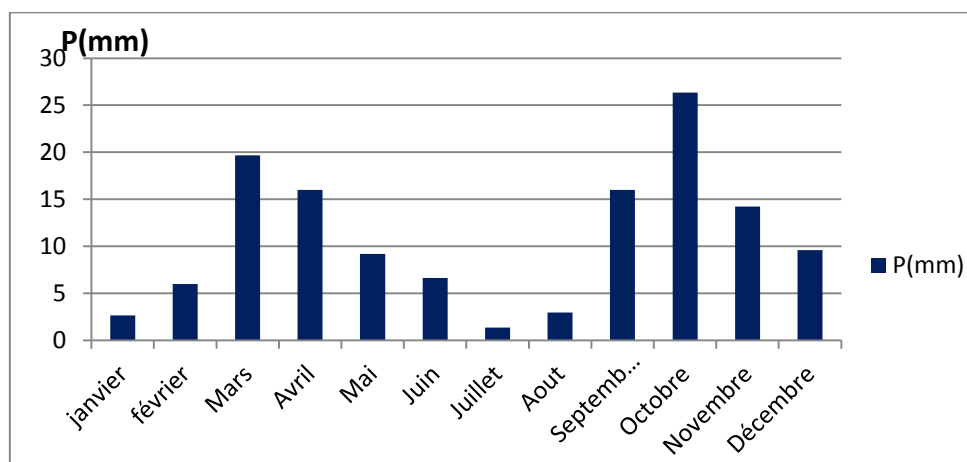
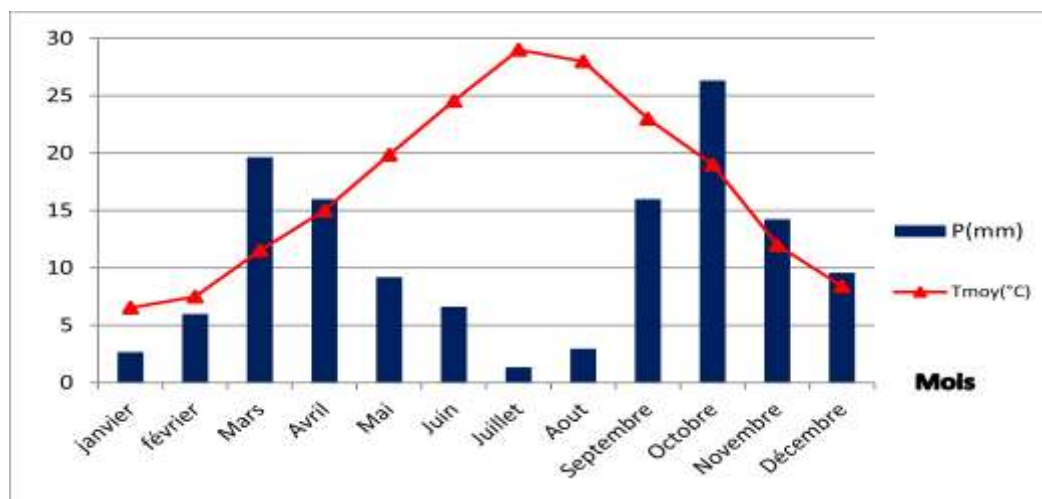


Tableau n°4: Variation des précipitations annuelles (2000-2016)

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
P(mm)	73.15	81.49	60.7	204.48	304.06	95.52	144.78	69.07	100.09
Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
P(mm)	133.61	198.88	252.72	125.98	204.49	63.76	109.72	140.97	

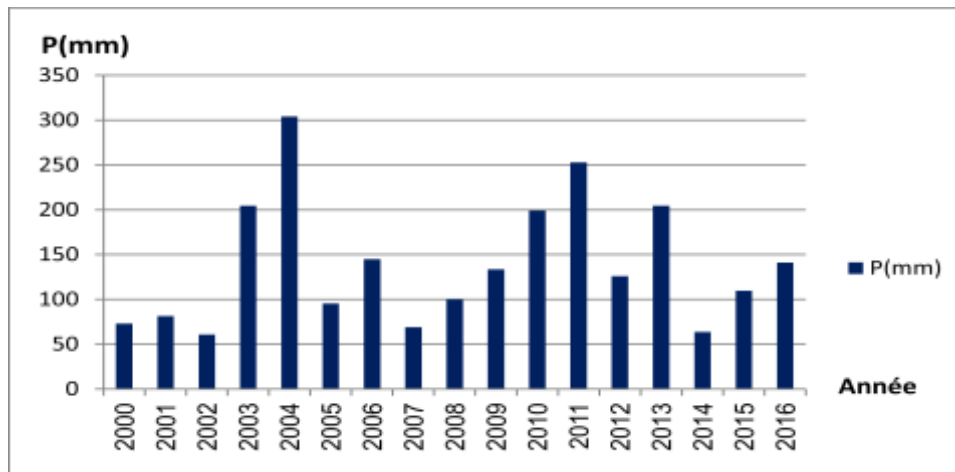
Figure 7. Evolution des précipitations et des températures mensuelles (2000-2016)



La figure 7, présente l'évolution des variables température et précipitations au cours des 12 mois. D'une manière générale, on constate que lors des pluies les températures sont plus élevées (Exemples les mois de Janvier, février, Mai, juin, juillet, Aout et Septembre). Ceci s'explique par le fait que les nuages responsables des pluies limitent l'échappement de la chaleur terrestre vers la haute atmosphère. Pendant les mois Mars, Avril, Octobre, Novembre et Décembre, on constate que lorsque les pluies tombent les températures diminuent.

Nous constatons que durant les 16 années passées, la région a subi des fortes précipitations pendant l'année 2004 (Tableau n°4), la valeur maximale annuelle de précipitations était 304,06 mm. L'année la plus sèche est celle de 2002, la valeur minimale des précipitations était 60,7 mm.

Figure 8. Variation des précipitations annuelles de la région de Biskra (2000-2016).



III. 3. Le Vent

La mesure de la vitesse du vent est effectuée généralement à des hauteurs manométriques égales à 2 mètres du sol.

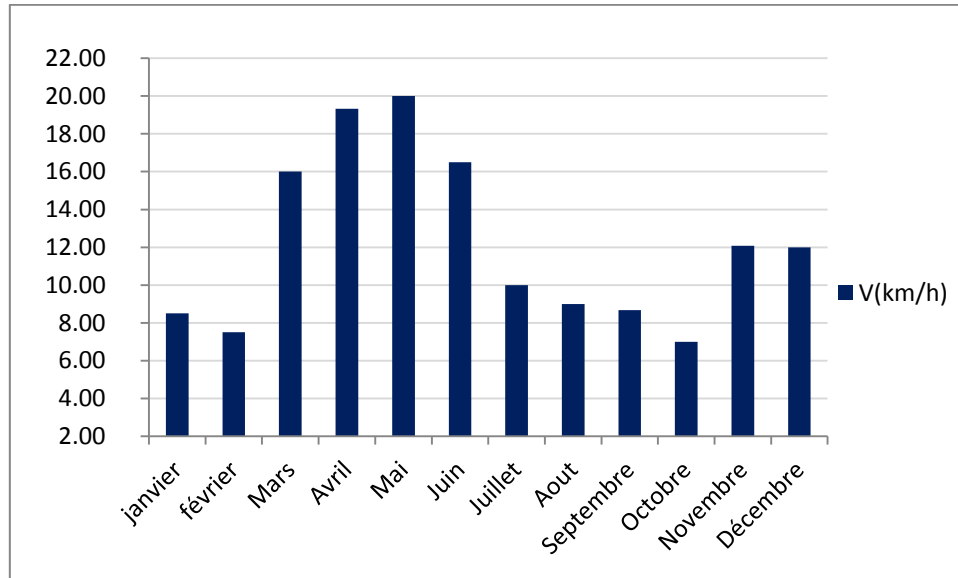
Le vent joue un rôle essentiel sur l'évaporation. En effet, l'air au voisinage de la surface évaporante se sature plus ou moins rapidement et peut arrêter le processus d'évaporation. L'air saturé est remplacé par de l'air plus sec au voisinage de la surface évaporante en raison des mélanges et mouvements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

Les vents dominants à Biskra sont du Nord-Ouest avec un degré moindre à ceux du Nord. Ces derniers soufflent de novembre à Mai, sont des vents moyens et Chauds. De mois de juillet au mois de septembre sévissent les vents du Sud ([*ANAT, 2003*](#)).

Tableau n°5: Variations mensuelles de vitesse des vents (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V(km/h)	8.50	7.50	16.0	19.33	20.00	16.50	10.00	9.00	8.67	7.00	12.07	12.00

Figure 9. Variation de vitesse des vents moyens mensuels (km/h) (2000-2016).



D'après le tableau 5, la vitesse maximale du vent est enregistrée durant le mois de Mai avec une moyenne de 20.00 km/h. Le minimum est enregistré durant le mois d'Octobre avec une vitesse de 7.00 km/h.

III. 4. Humidité relative et Humidité absolue 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).

Autrement dit : Humidité absolue = Humidité relative * la quantité d'eau à saturation Plus l'air est chaud plus il peut contenir de vapeur d'eau (ou d'humidité). Les variations de la température influencent directement l'humidité relative, de sorte que l'humidité relative baisse quand la température s'élève et augmente lorsque la température baisse.

Tableau n°6: Variation mensuelle de l'humidité relative et absolue en fonction de la température (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hr (%)	57.50	42.50	40.00	31.00	32.48	28.00	25.00	28.00	38.33	44.00	53.19	65.00
T (°C)	11,33	15	16	22,5	27	31	36	34,18	29	23,5	20	12,67
Ha (g/kg)	8,34	10,64	11,36	17,2	22,68	29,92	38,75	34,85	25,58	18,3	14,7	9,12

Du tableau 6, nous constatons que le mois le plus humide est le mois de Décembre puisque la valeur de l'humidité relative atteint 65%. Alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet d'une humidité relative de 25%. La figure 9, nous montre que l'humidité relative varie brusquement avec la température.

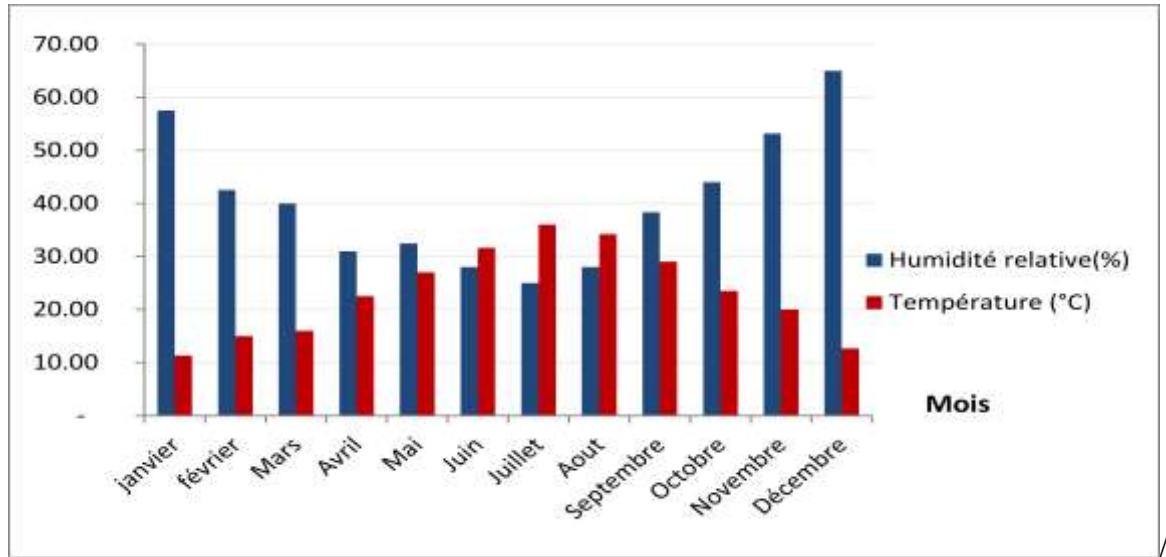


Figure 10. Variation de l'humidité relative en fonction de la température (2000-2016)

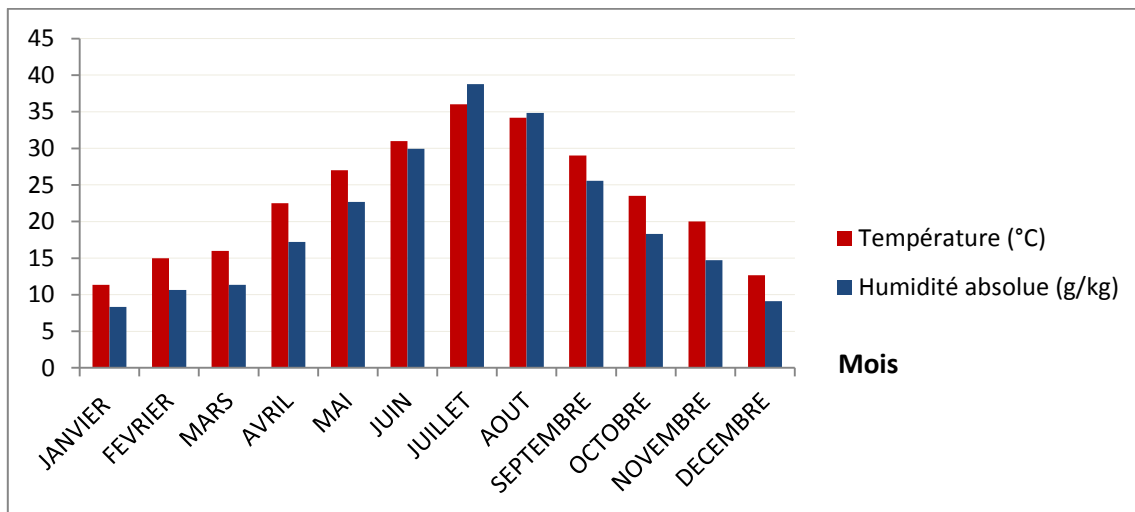


Figure 11. Variation de l'humidité absolue en fonction de la température (2000-2016)

On peut conclure que quand le climat est humide, la valeur de l'humidité absolue diminue et quand il s'agit un climat sec sa valeur augmente. Dans notre région ou se localise notre barrage, la valeur minimale est enregistrée au mois de Janvier (8.34 g/kg) et maximale au mois de juillet (38.75 g/kg). La figure 10, nous montre que l'humidité absolue varie progressivement avec la température.

III. 5. La pression Atmosphérique

Pour chaque liquide il existe une relation précise entre pression et température d'ébullition, on peut définir la température d'ébullition comme le moment ou apparaît la première bulle de vapeur à la surface d'un liquide. La température d'ébullition de l'eau à la pression atmosphérique au niveau de la mer (1,013 Bars= 1013hPa) est de 100°C,

Tableau n°7: Variation de la pression atmosphérique (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	11,33	15	16	22,5	27	31	36	34,18	29	23,5	20	12,67
P(hPa)	1018	1020	1017	1014	1013	1014	1011	1013	1014	1015	1015	1025

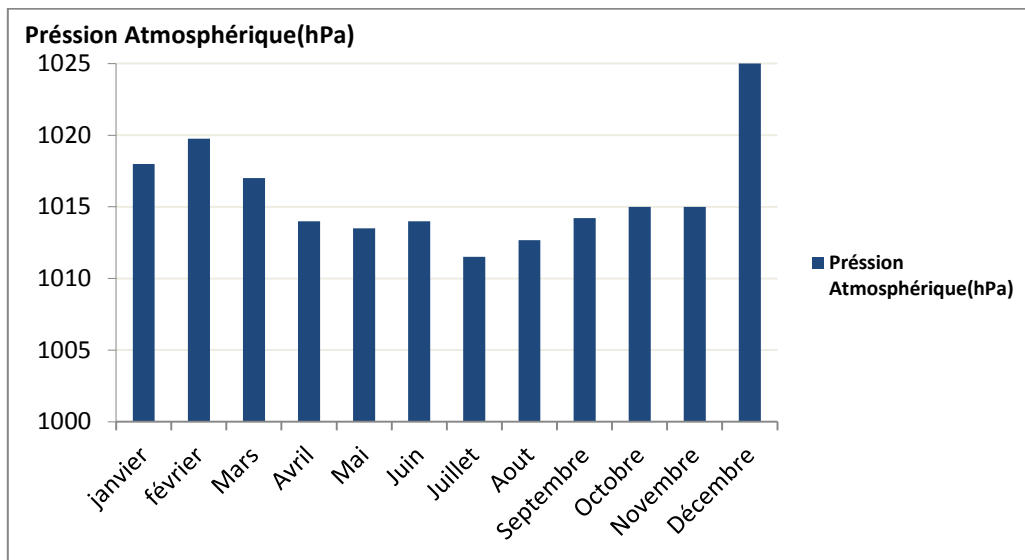


Figure 12. Variation de la pression atmosphérique pendant la période (2000-2016)

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 juillet (1011 hPa) et élevée au mois de décembre (1025 hPa).

IV. COURBE OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN

La figure n°12, relative à la courbe Ombro-thermique montre, que le climat de la région étudiée est caractérisé par une seule saison sèche (Vu que la courbe de précipitations est sous la courbe des températures), s'étalant sur toute l'année. Il s'agit donc d'un climat d'une zone aride.

Tableau n° 8: Températures et précipitations moyennes mensuelles (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	2.67	5.99	19.66	16.00	9.20	6.63	1.35	2.97	16.00	26.33	14.24	9.59
T (°C)	11,33	15.00	16.00	22,50	27.00	31.00	36.00	34,18	29.00	23,50	20.00	12,67
2T(°C)	22,66	30,00	32,00	45,00	54,00	62,00	72,00	68,36	58,00	47,00	40,00	25,34

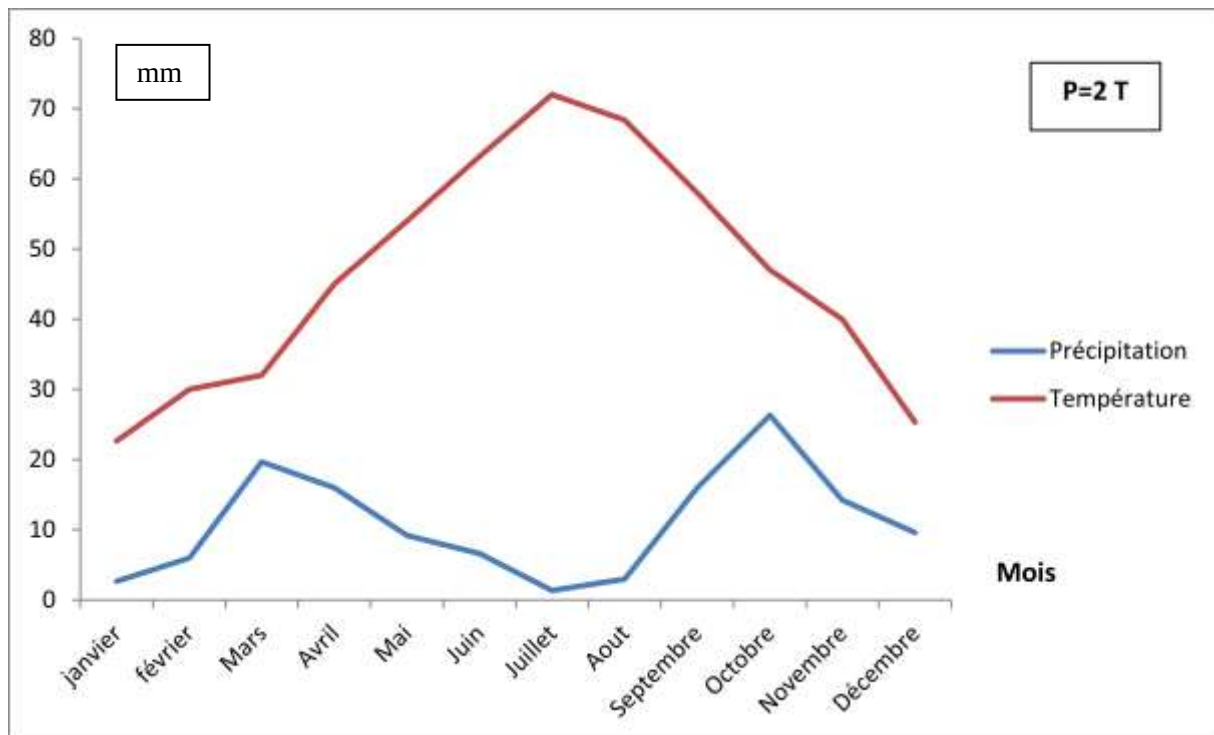


Figure 13. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (2000-2016).

V. INDICES CLIMATIQUES

Afin de bien classer le climat de la région de Biskra d'autres indices climatiques ont été calculés :

V.1. Indice d'aridité annuel De MARTONNE :

En 1923, Martonne a défini un indice appelé « indice d'aridité annuel », donné par la formule suivante:

$$I = \frac{P_{moy}}{T_{moy} + 10}$$

Avec :

P_{moy} : Précipitations moyennes annuelles (mm).

T_{moy}: Températures moyennes annuelles (°C).

En fonction de la valeur de l'indice de Martonne :

- ✓ I < 5: Climat hyper-aride
- ✓ 5 < I < 10: Climat aride
- ✓ 10 < I < 20: Climat semi-aride
- ✓ 20 < I < 30: Climat semi-aride
- ✓ I > 30 : Climat humide.

Application numérique : **P=139.03mm ; T=16.96 °C**

I = 5,16, d'où la région de Biskra a un climat a

V. 2. Indice d'aridité mensuel de Martonne

Un autre indice d'aridité peut être calculé par mois : Il est défini par l'expression:

$$a = \frac{12P}{T + 10}$$

P: précipitations moyennes mensuelles (mm)

T : températures moyennes mensuelles (°C)

Les valeurs de l'indice d'aridité mensuel sont reportées au tableau n° 9.

Tableau n° 9 : Les valeurs d'indices d'aridité mensuels de Martonne, à la station de Biskra (2000-2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	2.67	5.99	19.66	16.00	9.20	6.63	1.35	2.97	16.00	26.33	14.24	9.59
T (°C)	11,33	15.00	16.00	22,50	27.00	31.00	36.00	34,18	29.00	23,50	20.00	12,67
a	1,50	2,88	9,07	5,91	2,98	1,94	0,35	0,81	4,92	9,43	5,70	5,08

D'après le tableau n°9, les mois de Janvier, février, Mai, Juin, juillet et Aout sont classés comme Hyper-aride et les mois de Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre et Décembre sont caractérisés par un régime aride.

V. 3. Indice climatique d'Emberger

L'indice climatique d'Emberger, est défini par l'expression suivante:

$$Q = 2000 \frac{P}{(M^2 - m^2)}$$

Avec :

Q: quotient pluviométrique d'Emberger.

P: précipitations moyennes annuelles en mm.

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, en degré absolu T°C+ 273(°K).

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid, en degré absolu T°C+ 273 (°K).

Tableau n° 10 : Indice d'Emberger

P(mm)	M(°K)	M (°K)	Q
139.03	315.33	279.54	13.06

L'indice d'Emberger de la station de Biskra est de 13.06 calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période de 16 ans (2000-2016), en reportant cette valeur sur le climagramme d'EMBERGER (Figure 13), on constate que la région est soumise à un climat « aride ».

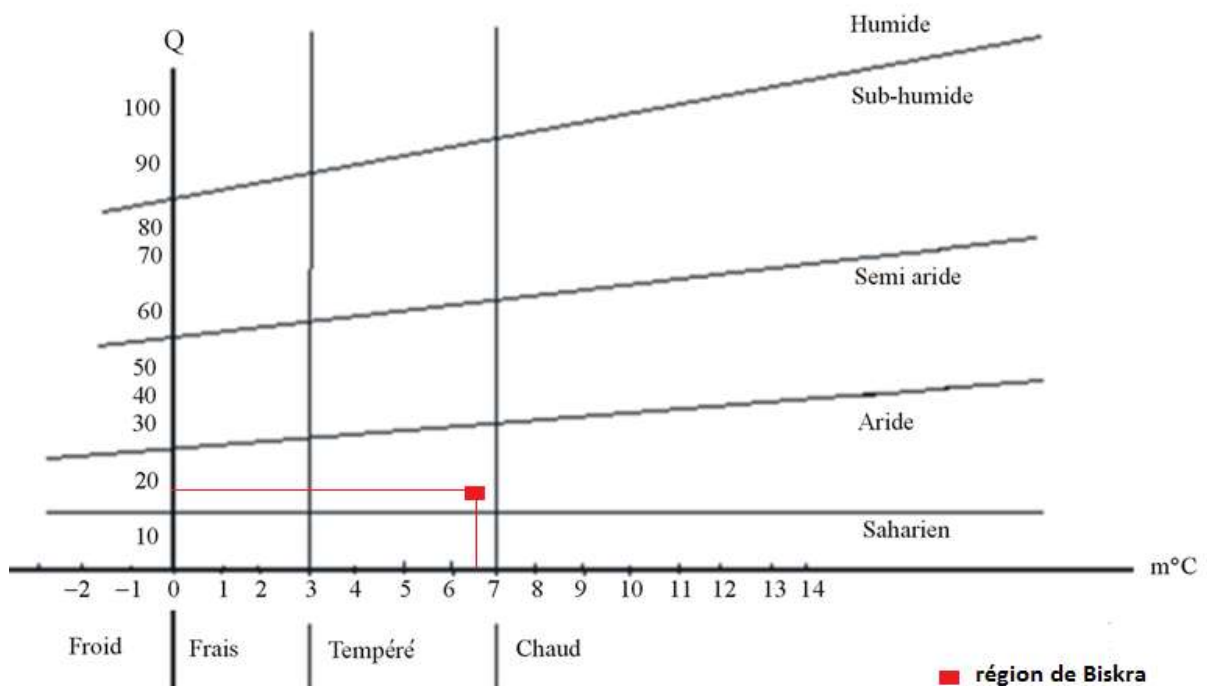


Figure 14. Climagramme d'Emberger

VI. CONCLUSION

D'après une analyse des données climatiques de la région de Biskra durant les 17 années passées, et où se situe notre barrage étudié. Nous confirmons que le climat de la région est bien un climat aride. Les caractéristiques de la région sont :

- ✓ Une température moyenne mensuelle varie : 11.33°C -36°C
- ✓ Précipitation moyenne mensuelle varie : 1.35 mm-26.33mm
- ✓ La vitesse du vent mensuelle varie : 20 km/h-7 km/h
- ✓ L'humidité relative mensuelle varie : 25-65%
- ✓ L'humidité absolue mensuelle varie : 8.34-38.78 g/kg

CHAPITRE II

Méthodes d'estimation de l'évaporation des plans d'eau

I. INTRODUCTION

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène est donc une vaporisation progressive qui a pour effet d'absorber des calories et donc de réduire la température de l'environnement. D'après Rodier (1954), l'évaporation intervient aux différents stades du cycle de l'eau de la façon suivante:

- ✓ Evaporation sur les feuilles des végétaux et absorption par les végétaux au moment des averses avec évaporation ultérieure;
- ✓ Evaporation à la surface du sol au moment du ruissellement;
- ✓ Evaporation à la surface des cours d'eau;
- ✓ Pertes des nappes par remontée capillaire ou par l'intermédiaire des végétaux au cours du tarissement.

II. LES FACTEURS INFLUENÇANT SUR L'EVAPORATION

Certaines conditions peuvent favoriser ou accélérer le processus d'évaporation, c'est-à-dire permettre à un plus grand nombre de molécules d'eau de quitter la surface d'eau liquide pour se retrouver dans l'atmosphère.

II. 1. La température :

Un temps chaud 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).

II. 2. Faible 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.

II. 3. Humidité relative faible

Lorsque l'humidité relative est faible, l'air est loin d'être saturé en vapeur d'eau. Dans ce cas, il est possible d'ajouter beaucoup plus de vapeur d'eau par évaporation que lorsque l'humidité relative est forte.

II.4. Vent fort

Le vent joue un rôle essentiel sur les processus d'évaporation car c'est lui qui permet, par le mélange de l'air ambiant, de remplacer au voisinage de la surface évaporante, l'air saturé par de l'air plus sec. En effet, l'air au voisinage de la surface évaporante va se saturer plus ou moins rapidement et par conséquent stopper le processus d'évaporation (<http://echo2.epfl.ch>).

II.5. Evaporation à partir des surfaces d'eau libre

L'évaporation d'une surface d'eau libre dépend non seulement de propriétés physiques et géométriques de cette surface (profondeur, étendue) mais aussi des propriétés physiques de l'eau (outre la température déjà évoquée ci-dessus, on peut citer la salinité).

III. METHODES D'ESTIMATION D'EVAPORATION DES PLANS D'EAU

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer l'évaporation à partir d'une surface d'eau libre. Ces méthodes peuvent être divisées en trois grandes catégories:

- Mesures directes de l'évaporation en certains sites de mesures. L'extrapolation de ces mesures ponctuelles à une région se fait, en général, par des coefficients d'ajustements.
- Méthodes indirectes ou dites empiriques qui sont le résultat d'un traitement statistique des observations disponibles concernant certains éléments physiques ou atmosphériques facilement mesurables, qui expliquent l'évaporation. Des analyses de corrélation conduisent à développer des relations mathématiques entre ces éléments et l'intensité et la variabilité de l'évaporation.
- Méthodes analytiques qui font appel au bilan énergétique.

Pour estimer l'évaporation, on doit d'abord définir le bilan hydrique, qui est une étude de comparaison du budget de l'eau entre la quantité d'eau tombant sur une zone particulière de la surface de la Terre, comme un exemple, et entre les différentes formes de transformation ou de distribution vous prendre cette évaporation de l'eau et le ruissellement et les fuites autour du sol et les réservoirs souterrains de la terre.

$$E = P - R - I \quad (1)$$

* E: Evaporation en mm ; * P: Précipitation en mm ; *I: Infiltration en mm.

III. 1. Méthodes empirique

La plupart des méthodes empiriques reposent sur les relations existant entre l'intensité de l'évaporation à un endroit donné et les facteurs atmosphériques responsables du phénomène. La grande majorité de ces relations empiriques sont établies à partir de l'équation de **Dalton**:

$$E = C (P_w - P_a) \quad (2)$$

Où:

E - taux d'évaporation (mm/j);

P_w - pression moyenne de vapeur d'eau à la température de l'eau en surface ($K P_a$);

P_a - pression moyenne de l'air sur la surface liquide ($K P_a$);

C - coefficient de proportionnalité.

L'équation originale de **Dalton** prenait en considération l'effet du vent, elle se formulait ainsi:

$$E = (P_w - P_a) \cdot (\alpha + b w) \quad (3)$$

Où w est la vitesse du vent en km/h. Avec des mesures directes sur bacs classe A, **Horton** (1917) développait l'équation suivante:

$$E = 3(Y P_w - P_a) \quad (4)$$

Où Y est un coefficient qui dépend de la vitesse du vent: $Y = 2.0 \cdot e^{-0.124w}$

Pour pouvoir utiliser la formule de Horton pour des grandes surfaces d'eau, la valeur de E doit être multipliée par un coefficient F , qui dans des conditions atmosphériques moyennes peut être pris égal à 0.9. On se rapportera à la littérature spécialisée pour le calcul de F en toutes conditions. L'équation de **Horton** devient alors:

$$E = 2.4(Y P_w - P_a) \quad \text{avec } E \text{ en cm. j}^{-1}. \quad (5)$$

Une autre formule assez simple est donnée par **Meyer**:

$$E = C (P_w - P_a) \cdot (1 + 0.062 \cdot \omega) \quad (6)$$

Où:

E - évaporation en mm/mois;

C - coefficient qui varie entre 110 pour les lacs peu profonds et 80 pour les nappes d'eau de grande profondeur.

Formule de Penman. Traduite en unités métriques, la formule de Penman donnant l'évaporation d'une nappe d'eau libre de faible épaisseur peut s'écrire:

$$E = 0.22 \cdot 10^{-3} \cdot (q_s - q) \cdot (0.93 + u_2) \quad (7)$$

Où:

E - évaporation en kg par m² et par jour;

q_s - concentration massique ou taux d'humidité (sans dimension) en vapeur d'eau dans l'air, lorsque celui-ci est saturé à la température de l'eau;

q - concentration massique en vapeur d'eau dans l'air mesurée au dessus de la surface évaporante;

u_2 - vitesse du vent (en m/s) mesurée à 2 m au dessus de la surface évaporante.

a) Méthode hydrométéorologique

La méthode hydrométéorologique est la méthode la plus employée pour la détermination de l'évaporation des étendues d'eau. Elle est basée sur la loi physique de Dalton. Le matériel nécessaire qui a permis l'établissement de telle méthode sont les données d'observation (5-10 années d'observation) systématique disponibles aux niveaux des stations météorologiques qui sont implantées près des sites des barrages réservoirs algériens ([Boutoutaou, 2011](#)).

La formule de calcul de l'évaporation proposée (**Boutoutaou, 1995**) est la suivante :

$$E = 0,233 n (e_s - e_a) (1 + 0,39 V) \quad (8)$$

Où :

E : évaporation, mm ;

e_s - tension de vapeur d'eau saturante à la température de la surface évaporante, millibar;

e_a - tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère, millibar;

$(e_s - e_a)$ - déficit de saturation dans l'atmosphère, millibar;

V - vitesse du vent, m/s;

n - nombre de jours du mois considéré. (pour janvier n = 31, février n = 28 etc. Pour les calculs journaliers n = 1)

b) Détermination de l'évaporation par le déficit de saturation de l'air « D »

Généralement, le choix d'une méthode de calcul d'une caractéristique hydrologique est lié à la disponibilité des données de mesure ou d'observation exigée par la méthode choisie. Parfois les données de quelques éléments météorologiques sont manquantes en particulier la donnée de la tension de vapeur d'eau « e_a » ou bien elle peut exister sous forme d'humidité relative « H » en %. L'évaporation du plan d'eau dans ce cas peut-être déterminée à partir du déficit de saturation de l'air « D » (BOUTOUTAOU D., 2011) :

- Pour le nord de l'Algérie :

$$E = 0.342 n D^{0.80} (1 + 0.39 V) \quad (9)$$

Pour le sud de l'Algérie: (zones arides et semi-arides)

$$E = 0.403 n D^{0.73} (1 + 0.39 V) \quad (10)$$

E – évaporation du plan d'eau, mm;

n - nombre de jours du mois considéré (n = 30 ou 31 selon le mois pour les calculs mensuels et n = 1 pour les calculs journaliers) ;

V- vitesse du vent, (moyenne mensuelle) m/s ;

D – déficit de saturation de l'air, mb (millibars), donné par la relation suivante :

$$D = 0.0632 (100-H) \exp 0.0632 (t) \quad (11)$$

- H – moyenne mensuelle de l'humidité de l'air, % ;

- t – moyenne mensuelle de la température de l'air °C

III. 2. Estimation de l'évaporation des retenues par les méthodes analytiques

a) Bilan Hydrique:

Cette méthode est basée sur l'égalité de la recette et de la dépense du volume d'eau dans la retenue avec la prise en considération de la variation de stockage.

$$VE = Vp + Vs + Vst - VQs - VQST \pm \Delta V \quad (12)$$

Où

VE : Volume d'eau évaporé en (m³) Vp : Volume de pluie (m³)
Vs : Volume d'eau superficielle (m³) Vst. Volume d'eau souterrain (m³)(Exfiltration)
VQs. Volume d'eau évacué (m³) VQst. Volume d'eau souterrain(Infiltration) (m³)
 ΔV . stockage et déstockage (m³).

b) Méthode du bilan énergétique. Cette méthode, complexe à mettre en œuvre, n'est citée ici que pour mémoire.

c) L'équation du bilan énergétique appliquée à une masse d'eau ayant une surface libre est donnée par l'équation:

$$Q_0 = Q_s - Q_r + Q_a - Q_{ar} + Q_v - Q_{bs} - Q_e - Q_h - Q_w \quad (13)$$

Avec:

Q_0 - taux d'accroissement de l'énergie emmagasinée dans la masse liquide;

Q_s - radiation solaire incidente (onde courte);

Q_r - radiation solaire réfléchie;

Q_a - radiation incidente à grande longueur d'onde provenant de l'atmosphère;

Q_{ar} - radiation à grande longueur d'onde réfléchie;

Q_v - énergie nette d'advection dans les échanges horizontaux;

Q_{bs} - radiation à grande longueur d'onde émise par l'eau;

Q_e - énergie utilisée par l'évaporation;

Q_h - énergie perdue par la masse d'eau sous forme de chaleur;

Q_w - énergie nette d'advection de l'eau évaporée.

En général, tous ces éléments sont exprimés en j/cm²/min.

III. 3. Estimation de l'évaporation des retenues par les méthodes directes « Bacs d'évaporation et les évaporomètres »:

Le phénomène d'évaporation à partir des Bacs d'évaporation, basée sur la loi du bilan Hydrique, avec l'absence totale des débits souterrain et des pertes par infiltration qui son très difficile à estimer.

$$E_{\text{bac}} = Dh \pm P \quad (14)$$

Où

E_{bac} : évaporation du bac en (mm) P : pluie tombé sur la bac en (mm) Dh : différence de cotes du plan d'eau en (mm)

$$E = K * E_{\text{bac}} \quad (15)$$

E : Evaporation de plan d'eau (mm) ; K : Coefficient de la Bac (0.7-0.8 pour la bac A et Colorado) ; E_{bac} : Evaporation mesuré sur la bac (mm).

Ou bien à l'aide des les évaporomètres sont des corps en porcelaine poreuse. Pour mesurer les variations relatives du pouvoir évaporant de l'atmosphère, les météorologistes et les agronomes utilisent souvent des sphères, des cylindres ou des plaques de porcelaine blanche poreuse saturée d'eau; le taux d'évaporation d'un tel système est parfois considéré comme voisin de celui des plantes.

III. 4. Autres formules d'estimation de l'évaporation dans les réservoirs, bassin et lacs

Les scientifiques Smith en 1993 et Ashare en 1995 ont développé une formule d'estimation d'évaporation, dans les zones limitées (Ex: Bassin, lacs...).

$$E = \frac{(P_s - P_{\text{min}})(0.089 + 0.0782V/T)}{3600} \quad (16)$$

E : Evaporation en (kg/h*m²) ; P_s : pression d'air saturé en Kpa ; V : vitesse du vent en (m/s) ; T : la chaleur latente en (Kj/kg).

IV- LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES METHODES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION

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 coté; 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. Le plan



a) Bac d'évaporation Colorado



b) Bac d'évaporation class A

Figure 1. Bacs d'évaporation du barrage Foum-Elgherza, Mars 2017

Les méthodes indirectes (méthodes faisant appel au bilan d'énergie, d'eau ou au transfert de masse) soit elles utilisent des formules empiriques. La plupart des formules empiriques reposent sur des relations entre l'évaporation à un endroit donné et les facteurs atmosphériques responsables de celle-ci. Elles sont pour la plus part établies d'après l'équation de Dalton. Elles permettent toutes d'évaluer l'évaporation et ne prennent donc pas en considération les effets dus à la présence de végétation

V- CONCLUSION

Notons que les méthodes d'estimation de l'évaporation des plans d'eau sont nombreuses, chaque méthode nécessite des données précises afin d'aboutir à des résultats disant bonne. Nous avons choisi deux méthodes d'estimation celle du bilan hydrique et celle de déficit de saturation. La raison pour la quelle nous justifions notre choix ce que les données que nous avons collecté ne permet d'utiliser ces deux méthodes.

CHAPITRE III

Etude Comparative des Méthodes d'estimation de l'évaporation

INTRODUCTION

Ce chapitre fait l'objet d'une étude comparative entre les méthodes d'estimation de l'évaporation calculées « Méthode du bilan hydrique et Méthode du déficit de saturation de l'air » et celle mesurée (Bac Colorado) au niveau de la station pluviométrique du barrage de Foum-Elgherza.

I. MÉTHODE DU BILAN HYDRIQUE

Comme on a mentionné dans le chapitre 2, la méthode du bilan hydrique repose sur l'équation (12) (voir chapitre 2) :

$$VE = Vp + Vs + Vst - VQs - VQST \pm \Delta V \quad (12)$$

Où

VE : Volume d'eau évaporé en (hm³) Vp : Volume de pluie (m³)

Vs : Volume d'eau superficielle (hm³) Vst. Volume d'eau souterrain (hm³) (Exfiltration)

VQs. Volume d'eau évacué (hm³) VQst. Volume d'eau souterrain (Infiltration) (hm³)

ΔV. stockage et déstockage (hm³).

Explication l'équation : Cette équation est divisée en deux parties : Entrée et Sortie

Où l'équation d'évaporation égale, **VE** = Entrée – Sortie. Alors que

Entrée: **Vp** volume de pluie, reçu par la retenue en m³ et calculé comme suite:

$$Vp = S * Hp / 1000 \text{ .en Hm}^3 \left[\begin{array}{l} S \dots \text{Surface de la retenue en km}^2 \\ Hp \dots \text{la pluie tombée en la retenue en mm.} \end{array} \right.$$

Tableau01: Compte rendu de la méthode de calcul de volume de pluie de l'année 2009

Mois	J	F	M	A	M	J	ju	A	S	O	N	D
S(km2)	3,099	3,097	3,091	3,1	3,094	3,096	3,094	3,09	3,095	3,095	3,096	3,096
Hp (mm)	41,1	8	32	17,38	27,2	0	1	0	46,4	4	0	14,4
Vp (hm3)	0,121	0,023	0,1	0,054	0,088	0	0,003	0	0,126	3,011	0	0,042

Avec

Vs = Volume d'eau superficielle entrant dans la retenue (On appelle: Apport) en m^3 .

On pose le question Qu'est-ce les Apport: Est un la quantité d'eau entrant dans les retenu de barrage afin d'être source différente, que ce soit une rivière ou d'une source d'eau ou la vallée et précipitation.

Vst = volume d'eau souterrain entrant dans la retenu en m^3 . (Exfiltration en les couches interne du sol)

Sortie: **VQs** = volume d'eau évacué en m^3 (par drainage, irrigation, AEP....), On appelle la consommation totale en m^3 .

VQst = Volume d'eau souterrain sortant de la retenu en m^3 (Infiltration, l'eau infiltré en le couche interne du sol est sorte).

ΔV = Stockage et déstockage subi par la retenu en m^3 .

On conclut l'équation : **$VE = Vp + Vs - VQs$** puisque **$\Delta V = 0$** (stockage en hiver et déstockage en l'été) .

$Vst - VQst = 0$ (Exfiltration – Infiltration = 0).

III-METHODE DIRECTE « BAC COLORADO »

1. Description les Bacs d'évaporation: La forme carré de $1 m^2$ d'ouverture et de 60 cm de profondeur , il est enterré de façon telle que le rebord est à 10 cm au dessus du sol. L'eau est sensiblement au niveau de sol.

2. Comment est le processus de mesure: Elle fait manuellement par Tasse il y a un signe distinctif au bord supérieur de la Bac, la méthode Basé sur augmentation ou une diminution de la quantité d'eau de sorte que ce quantité calculé frappé la surface de retenu on consulte la quantité évaporé en la retenue.



Tasse pour chargé et déchargé le Bac d'évaporation, Mars 2017

3-Bac Classe A: La forme est circulaire de 1.20 m de diamètre et de 0.25 m de profondeur, en tôle galvanisée non peinte, et posé sur un socle laissant circuler l'air librement, coefficient de correction au flux d'évaporation de Bac afin d'estimer le flux du lac ou de réservoir à proximité pour le barrage Foum El-Gherza ce coefficient est "0.78"

Pour estimer l'équation de la Bac Colorado: **$E_{Bac} = Dh \pm P$**

E_{bac}. évaporation du bac en (mm) P. pluie tombé sur la bac en (mm) dh. différents sans la cote du plan d'eau en (mm) ,et aussi l'évaporation en plan d'eau est

$$E = K * E_{Bac}$$

K : coefficient de la bac (0.7 -0.8)

E_{bac} : l'évaporation du la bac mm

E : l'évaporation en plan d'eau mm .

Figure 02 : Bac Colorado et Classe A en Barrage Foum El-gherza Biskra



Tableau 02: Compte rendu de la méthode de calcule l'évaporation en Bac Colorado d'année 2009 Barrage Foum El-gherza Biskra

Mois	J	F	Ma	Av	Ma	Ju	Jui	Ao	S	O	N	D
p(mm)	41,1	8	32	17,3	27,2	0	1	0	46,4	4	0	14,4
Dh(mm)=	-40,9	-7,825	-31,749	-16,98	-26,67	0,74	-1	0	-46,52	-3,65	0,233	-14,25
Bac Colorado(mm)	0,10	0,17	0,25	0,31	0,52	0,74	0	0	0,37	0,34	0,23	0,15

VI-Méthode du déficit de saturation

Puisque notre barrage se situe dans le sud algérien alors le choix de l'équation est bien celle numéroté 10 du chapitre 2.

Pour le sud de l'Algérie: (zones arides et semi-arides)

$$E = 0.403 n D^{0.73} (1 + 0.39 V) \quad (10)$$

Explication du Méthode :

E – évaporation du plan d'eau, mm;

n - nombre de jours du mois considéré (n =30 ou 31 selon le mois pour les calculs mensuels et n = 1 pour les calculs journaliers) ;

V- vitesse du vent, (moyenne mensuelle) m/s ;

D – déficit de saturation de l'air, mb (millibars), donné par la relation suivante :

$$D = 0.0632 (100-H) \exp 0.0632 (t) \quad (11)$$

- H – moyenne mensuelle de l'humidité de l'air, % ;

- t – moyenne mensuelle de la température de l'air °

Exemple de calcul :

Tableau 03:Compte rendu d'année 2011 de la méthode de déficit de saturation d'air ,
Barrage Foug El-Gherza Biskra

Mois	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D
n jour	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
H %	55,3	47,3	50,9	46,1	42,9	35,5	27,1	31,2	37,1	47,8	55,4	55,3
T (°C)	12,1	13,2	16	22,1	24,9	29,8	37,7	34,1	30,3	22,4	17,4	13,4
exp(0,0632*t)	2,15	2,3	2,75	4,04	4,82	6,58	8,96	8,63	6,79	4,18	3	2,33
0,0632*(100-H)	2,82	3,33	3,1	3,4	3,6	4,07	4,6	4,34	3,97	3,29	2,81	2,82
Déficit d'air	6,07	7,67	8,53	13,7	17,4	26,8	41,3	37,6	27	14	8,47	6,6
V m/s	2,64	5,22	4,36	3,97	3,72	3,17	3,67	3,19	3,22	2,61	3,42	3,5
Evaporation mm	94,5	154,34	161,36	209,03	246,5	298,06	495,05	395,6	302,37	169,4	134,1	117,01

V. CONCLUSION

Notons que les données nécessaires pour chaque méthode sont obtenues grâce aux tableaux des comptes rendu mensuels (du barrage Foug El-Gherza) ou bien des tableaux du chapitre 1 concernant les données climatiques.

Nous rappelons, que le but de ce chapitre est d'expliquer la démarche de calcul par les deux méthodes : la méthode de bilan hydrique nécessite la connaissance des apports d'eau, la consommation totale et le volume d'eau tombé dans la retenue. Alors que celle du déficit de saturation, la connaissance de l'humidité relative, la température moyenne et la vitesse du vent sont obligatoires.

Le prochain chapitre nous allons présenter les résultats numériques et graphiques pendant la durée étudiée.

CHAPITRE IV

Résultats et Discussion

1-INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats numériques : Méthode de bilan hydrique, méthode de déficit de saturation et méthode directe qui est celle du bac d'évaporation.

Les données collectées sont fournies par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts, de Biskra permettent de suivre l'évolution interannuelle du bilan hydrologique de la retenue du barrage de Foum El Gherza depuis sa mise en exploitation et par la suite d'établir un bilan à l'échelle de la retenue en vue d'en déduire les conclusions quant au fonctionnement et la gestion des eaux du barrage qui est en perte de capacité.

II. RESULTATS OBTENUS PAR LE BILAN HYDRIQUE ET CELLE DU BAC

COLORADO

Les résultats du bilan hydrique et du bac d'évaporation sont obtenus après un calcul mensuel depuis l'année 2000 jusqu'au 2016 sont regroupés dans les tableaux suivants :

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Tableaux: Résulta de calculs par les deux Méthodes : Bilan hydrique et Bac Colorado

Compte Rendu d'année 2000.

Mois		JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEP	OCT	NOVE	DECE
Vpluie	Hm3	0	0	0	0,001	0,008	0	0	0	0,006	0	0,002	0,007
Pvérifié	mm	0	0	0	2,7	3,4	0	0	0	3,5	0	3,5	5,72
Apports	Hm3	0,133	0,151	0,17	0,039	10,586	0,409	0,248	0,215	3,672	0,437	0,04	0,031
consom totale	Hm3	0	0,52	0,572	0	1,234	1,758	1,682	0,972	0	2,615	0	0
Evp Calculée= Vpluie+Apport- consom total	Hm3	0,133	-0,369	-0,402	0,04	9,36	-1,349	-1,434	-0,757	3,678	-2,178	0,042	0,038
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,057	0,077	0,069	0,04	0,432	0,559	0,572	0,401	0,297	0,229	0,146	0,093

Compte Rendu d'année 2001

Mois		JANVIER	FEVRIE	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0,038	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0,036	0,045	0,023
Pvérifié	mm	28,3	0	0	0	1,4	0	0	0	0,1	15,3	22,9	12,1
Apports	Hm3	0,703	0,14	0,071	0,002	2,6	0,094	0,014	0,01	1,326	8,453	1,114	0,095
consom totale	Hm3	0	0,972	0,378	0	0	1,296	0,054	0	0	1,404	1,296	0
Evp Calculée	Hm3	0,741	-0,832	-0,307	0,002	2,602	-1,202	-0,04	0,01	1,326	7,085	-0,137	0,118
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,089	0,109	0,147	0,123	0,234	0,341	0,206	0,099	0,132	0,356	0,153	0,108

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2002

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,004	0	0,004	0,003	0	0	0	0,001	0,001	0,014	0,028	0
Pvérifié	mm	2,2	0	2,6	2	0	0,3	0	1,2	0,8	7,5	15,6	0,2
Apports	Hm3	0,05	0,019	0,758	0,015	0,029	0,183	0,002	4,039	0,047	3,877	1,62	0,024
consom totale	Hm3	0	0	2,7	0	0	0,483	0,48	0	0	0	2,15	0
Evp Calculée	Hm3	0,054	0,019	-1,938	0,018	0,029	-0,3	-0,478	4,04	0,048	3,891	-0,502	0,024
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,085	0,143	0,266	0,238	0,31	0,26	0,067	0,128	0,317	0,238	0,168	0,129

Compte Rendu d'année 2003

Mois		JANVIER	FEVRIE	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILL	AOU	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,246	0,013	0,011	0,232	0,004	0	0	0,005	0,07	0,084	0,009	0,033
Pvérifié	mm	106,5	4,8	4,1	8,5	1,6	0,1	0	2	25,9	32,2	3,1	11,7
Apports	Hm3	9,141	0,252	0,907	4,905	0,103	2,037	0,062	1,146	4,496	5,085	0,149	1,344
consom totale	Hm3	0	0	0	2,7	0	1,62	1,08	0	0	2,7	0	0
Evp Calculée	Hm3	9,387	0,265	0,918	2,437	0,107	0,417	-1,018	1,151	4,566	2,469	0,158	1,377
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,183	0,177	0,28	0,435	0,628	0,713	0,807	0,743	0,528	0,4	0,24	0,171

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2004

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILL	AOU	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,002	0,001	0,269	0,219	0,101	0,003	0	0,002	0,023	0,009	0,097	0,144
Pvérifié	mm	0,7	0,5	88,2	62,2	31	0,9	0	0,6	7,8	3	35,1	45,7
Apports	Hm3	0,773	1,338	18,19	45,13	30,99	25,42	0,162	2,27	5,569	0,008	3,837	12,80
consom totale	Hm3	1,512	1,296	0,216	3,24	1,034	0,57	0,589	0,589	0,57	0,589	0	0
Evp Calculée	Hm3	-0,737	0,043	18,25	42,116	30,057	24,86	-0,427	1,683	5,022	-0,572	3,934	12,95
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,171	0,238	0,375	0,5	0,53	0,73	0,84	0,746	0,629	0,431	0,207	0,153

Compte Rendu d'année 2005

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0	0,071	0,007	0	0	0,017	0,005	0,002	0,015	0,001	0,006	0,017
Pvérifié	mm	0	22,9	2,4	0	0	5,9	1,7	0,8	6,8	0,6	2,8	9,5
Apports	Hm3	4,505	3,474	7,148	0,839	0,053	1,492	0,338	0,065	0,262	0	0,031	1,71
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	2,268	0,432	0	0	0	2,7
Evp Calculée	Hm3	4,505	3,545	7,155	0,839	0,053	1,509	-1,925	-0,365	0,277	0,001	0,037	-0,973
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,175	0,172	0,316	0,497	0,755	0,761	0,877	0,677	0,415	0,302	0,209	0,095

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2006

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLE	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,056	0,044	0	0,019	0,008	0,026	0,002	0	0,044	0,03	0,036	0,023
Pvérifié	mm	30,81	22,13	0	8,9	2,5	8,7	0,8	0,1	16,5	10,5	13,2	8,51
Apports	Hm3	1,695	2,177	1,165	2,391	21,574	0,57	1,721	0,171	5,68	0,617	0,54	0,387
consom totale	Hm3	0	0	0	0,552	1,587	0	1,62	1,242	0,728	0,898	0	0
Evp Calculée	Hm3	1,751	2,221	1,165	1,858	19,995	0,596	0,103	-1,071	4,996	-0,251	0,576	0,41
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,134	0,125	0,318	0,434	0,735	0,922	0,896	0,729	0,539	0,498	0,229	0,135

Compte Rendu d'année 2007

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0	0,013	0,023	0,056	0,03	0	0	0,003	0,036	0,01	0	0,001
Pvérifié	mm	0	5,5	5	24,11	13,1	0	0	2,3	22,7	0,3	0,2	0,5
Apports	Hm3	3,6	0,182	0,973	0,529	0,916	0,015	0,592	0,34	2,926	0,352	0,142	0,139
consom totale	Hm3	1,214	0,96	0	0	2,7	0	1,512	1,188	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	2,386	-0,765	0,996	0,585	-1,754	0,015	-0,92	-0,845	2,962	0,362	0,142	0,14
EVP mesurée(BAC)	Hm3	0,186	0,204	0,312	0,342	0,533	0,619	0,577	0,425	0,296	0,284	0,187	0,121

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2008

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,004	0	0	0	0,004	0	0	0,008	0,029	0,066	0,044	0,079
Pvérifié	mm	1	0,1	0	0	18	0	0	4,3	16,7	34,3	18,2	32,5
Apports	Hm3	0,7	0,163	0,099	0,01	0,117	0,001	6,774	0,885	0,107	2,595	2,728	2,403
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0,864	1,836	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0,704	0,163	0,099	0,01	0,121	0,001	5,91	-0,943	0,136	2,661	2,772	2,482
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,107	0,136	0,239	0,309	0,347	0,327	0,651	0,509	0,352	0,182	0,187	0,09

Compte Rendu d'année 2009

Mois		JANVI	FEVRI	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUILL	AOU	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,121	0,025	0,1	0,054	0,088	0	0,003	0	0,126	0,011	0	0,042
Pvérifié	mm	41,1	8	32	17,3	27,2	0	1	0	47	4	0	14,4
Apports	Hm3	9,126	12,147	12,981	38,556	18,008	2,191	0	0	3,501	1,486	0,407	0,595
consom totale	Hm3	1,296	3,024	3,022	2,58	2,39	2,592	0	0	0	0	0	0,216
Evp Calculée	Hm3	7,951	9,148	10,059	36,03	15,706	-0,401	0,003	0	3,627	1,497	0,407	0,421
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,106	0,175	0,251	0,317	0,529	0,741	0	0	0,373	0,341	0,233	0,15

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2010

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,039	0,51	0,07	0,11	0,015	0,032	0	0,002	0,032	0,01	0,057	0,04
Pvérifié	mm	14,39	18,3	23,4	39,3	5,5	11,5	0	1	15,2	4,7	26,5	1,8
Apports	Hm3	1,448	2,298	2,678	1,83	0,115	1,709	1,412	0	0,456	0,644	1,218	0,694
consom totale	Hm3	2,484	0	1,906	1,766	0	2,376	0,432	0	0	0	0,756	1,88
Evp Calculée	Hm3	-0,997	2,808	0,842	0,174	0,13	-0,635	0,98	0,002	0,488	0,654	0,519	-1,146
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,157	0,186	0,351	0,365	0,51	0,656	0,738	0	0,36	0,272	0,173	0,138

Compte Rendu d'année 2011

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,012	0	0,076	0,117	0,175	0,004	0	0,016	0	0,33	0,012	0
Pvérifié	mm	6,3	0	36,7	41,5	55	1,4	0	7	0	107	4,1	0
Apports	Hm3	0,249	0,3	8,042	2,587	0	0	0	0	0	0	0	0
consom totale	Hm3	0	0	0	2,44	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0,261	0,3	8,118	0,264	0,175	0,004	0	0,016	0	0,33	0,012	0
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,101	0,137	0,218	0,349	0	0	0	0	0	0	0	0

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2012

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLE	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0	0,002	0,015	0,019	0	0	0	0	0,047	0,023	0,038	0,002
Pvérifié	mm	0	0,7	5,8	7	0	0	0	0	29,8	15,9	25,5	1,3
Apports	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,653	0,026	1,259	0,104
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0	0,002	0,015	0,019	0	0	0	0	0,7	0,049	1,297	0,106
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,385	0,239	0,13	0,1132

Compte Rendu d'année 2013

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLE	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,022	0,464	0,027	0,065	0,002	0,004	0	0	0,125	0,045	0	0,03
Pvérifié	mm	14,3	2,4	18,4	35,22	1	2,9	0	0,5	48,6	17,7	0	14,7
Apports	Hm3	0,083	0,114	0,268	2,872	0	0,074	0	0	12,464	0,034	0,035	0,153
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,36	2,79	0,495	0
Evp Calculée	Hm3	0,105	0,578	0,295	2,937	0,002	0,078	0	0	12,229	-2,711	-0,46	0,183
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,101	0,133	0,225	0,28	0,498	0,382	0,327	0,187	0,411	0,383	0,238	0,121

Chapitre IV. Résultats Et Discussion

Compte Rendu d'année 2014

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0,022	0,004	0,029	0	0,004	0,003	0	0	0,006	0	0,001	0
Pvérifié	mm	11,2	1,9	15,7	0	2,5	1,9	0	0	7,1	0,5	1,8	1,4
Apports	Hm3	0,175	0,032	0,933	0,039	0,039	0,003	0	0,033	0,016	0	0	0
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0,197	0,036	0,962	0,039	0,043	0,006	0	0,033	0,022	0	0,001	0
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,129	0,166	0,214	0,329	0,389	0,399	0,418	0,34	0,206	0,129	0,042	0,011

Compte Rendu d'année 2015

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLE	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0	0,001	0,077	0	0	0	0	0	0,045	0,093	0,013	0
Pvérifié	mm	8,5	20,2	46,8	0	0	0,2	0	0	20,5	37,8	4,5	0
Apports	Hm3	0	0	8,42	0,212	0,006	0	0	2,135	2,575	29,872	0,077	0,029
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0	0,001	8,497	0,212	0,006	0	0	2,135	2,62	29,965	0,09	0,029
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0	0	0	0	0,535	0,536	0,448	0,35	0,4	0,35	0,24	0,2

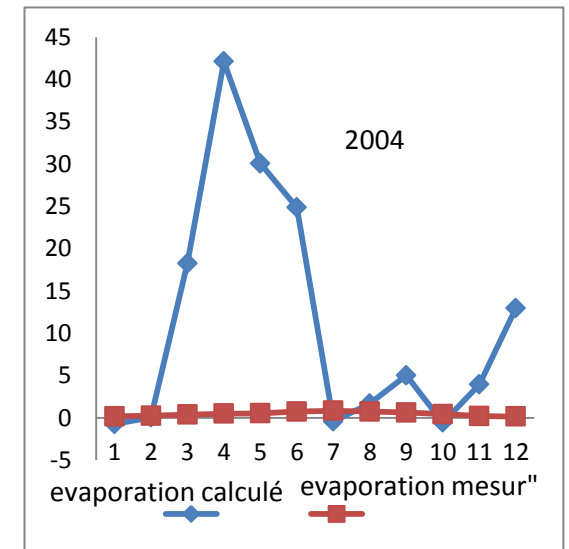
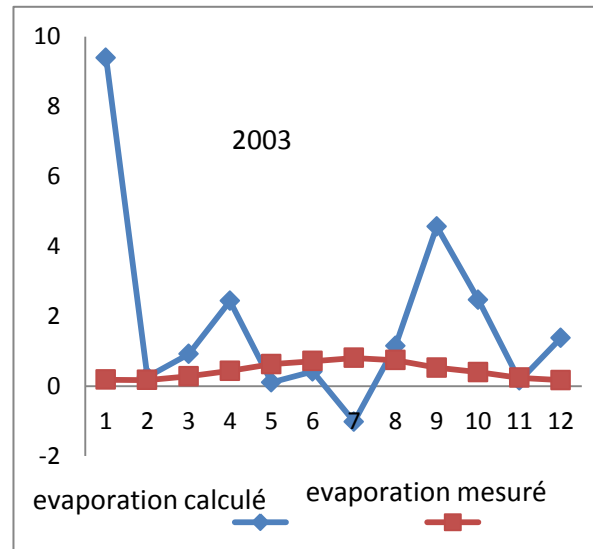
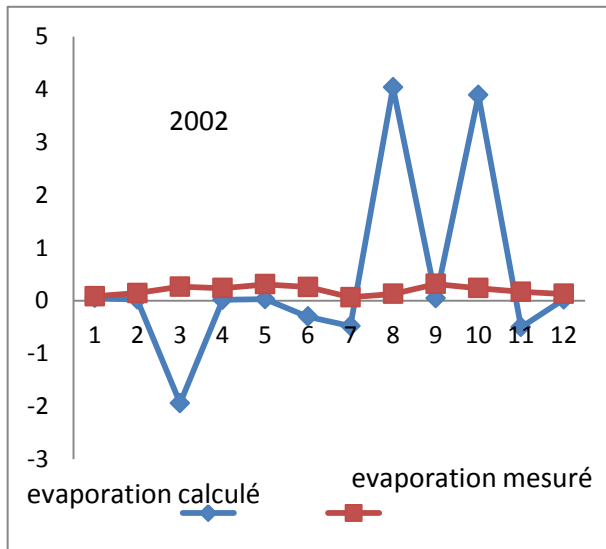
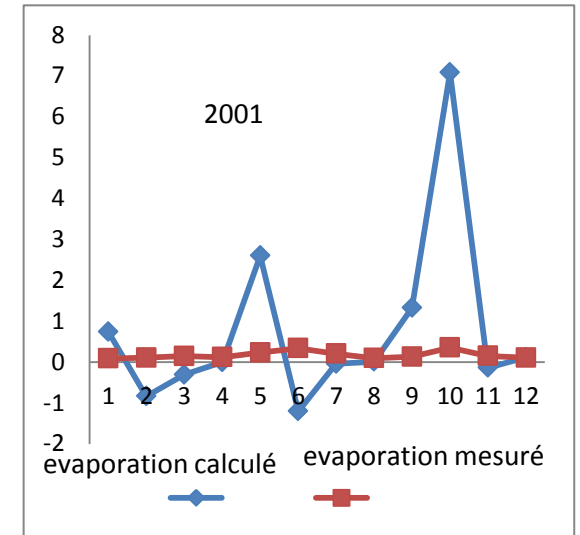
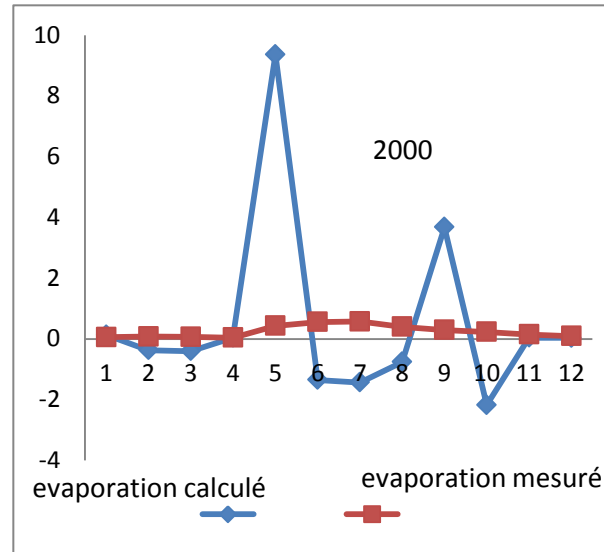
Compte Rendu d'année 2016

Mois		JANVI	FEVRI	MAR	AVRI	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	Sep	Oct	Nov	Dec
Vpluie	Hm3	0	0	0,009	0,134	0,006	0,044	0	0,001	0,023	0,002	0,053	0,004
Pvérifié	mm	0	0,1	4	53	2	16	0	0,4	11,3	0,8	29	2,2
Apports	Hm3	0	0	0,008	5,769	0,8	5,769	0,8	0,679	0,46	0,378	0,752	0,211
consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0	0	0,017	5,903	0,806	5,813	0,8	0,68	0,483	0,38	0,805	0,215
EVP mesurée(BAC colorado)	Hm3	0,112	0,132	0,12	0,3	0,462	0,389	0,32	0,19	0,413	0,326	0,152	0,092

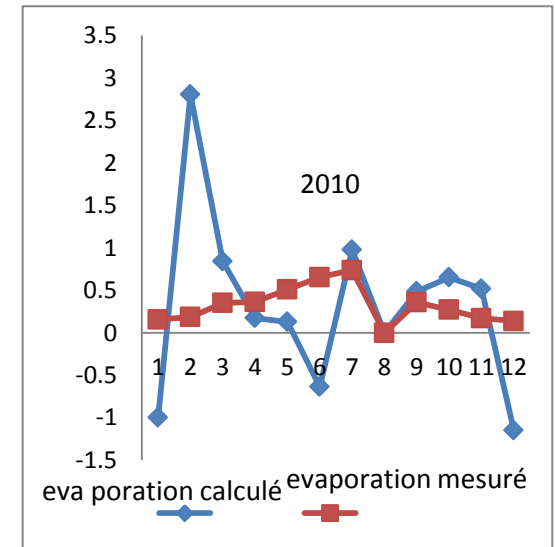
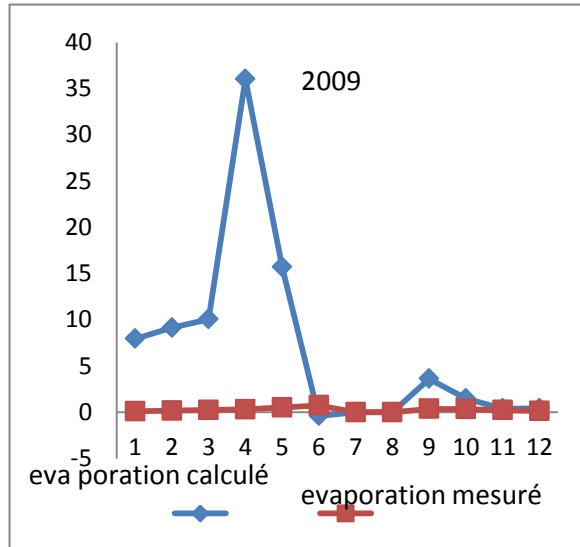
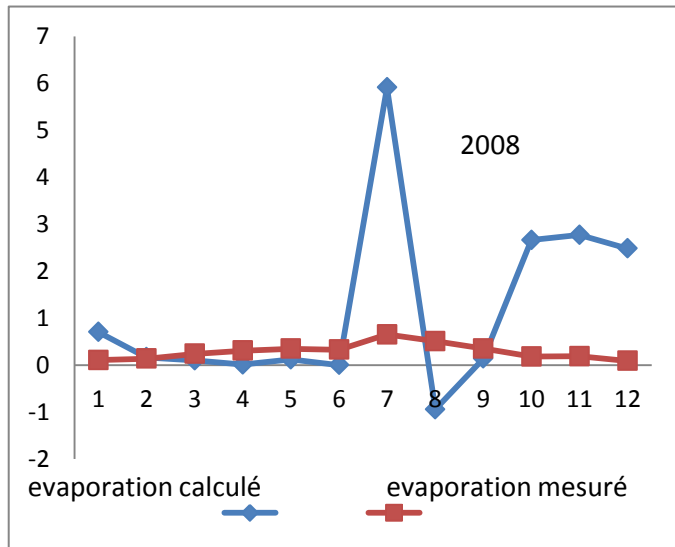
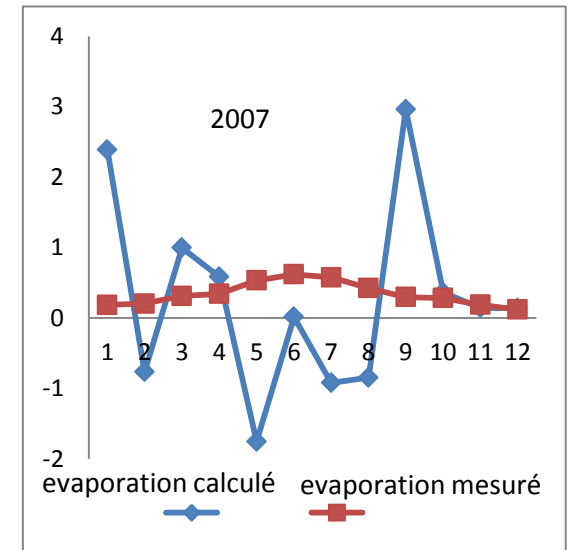
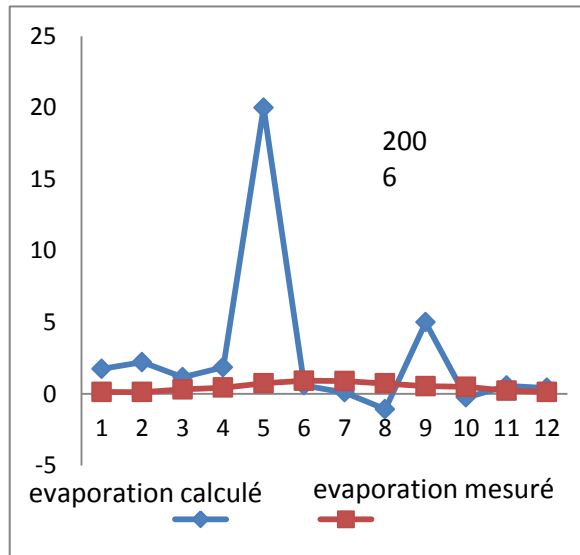
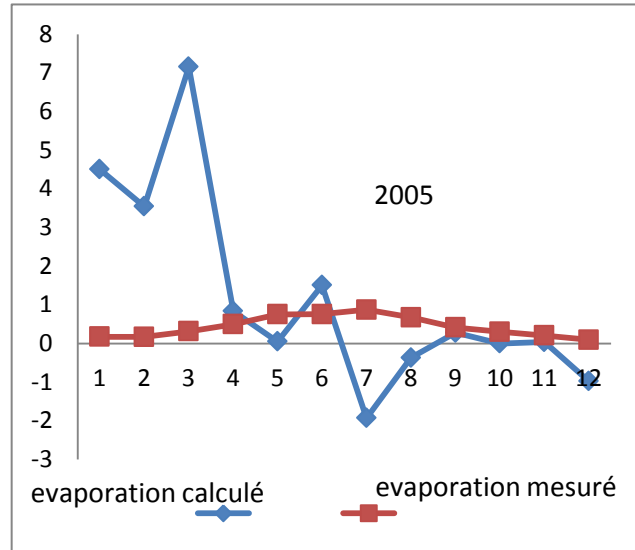
Graphes : Evolution de l'évaporation par

Méthodes du bilan hydrique et bac Colorado

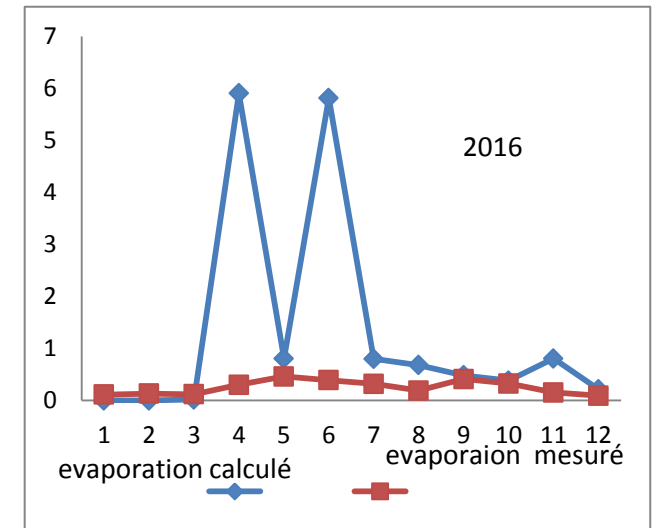
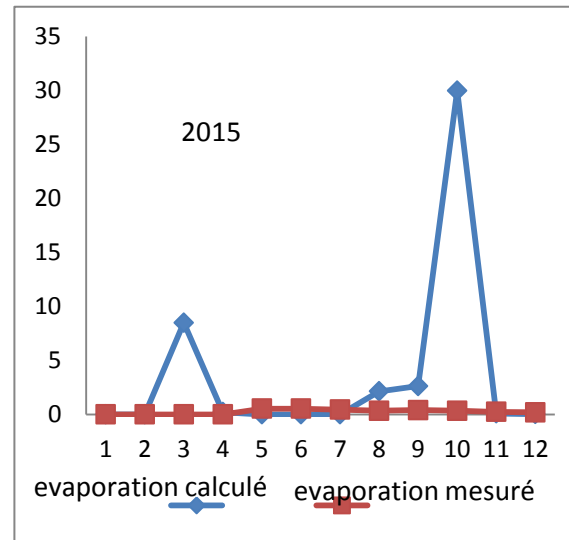
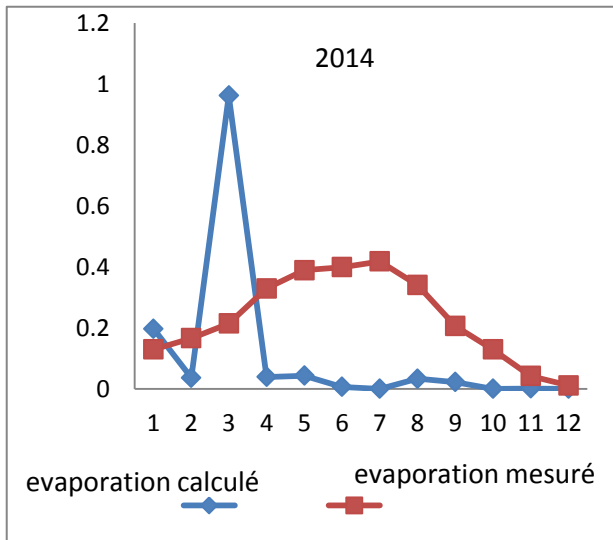
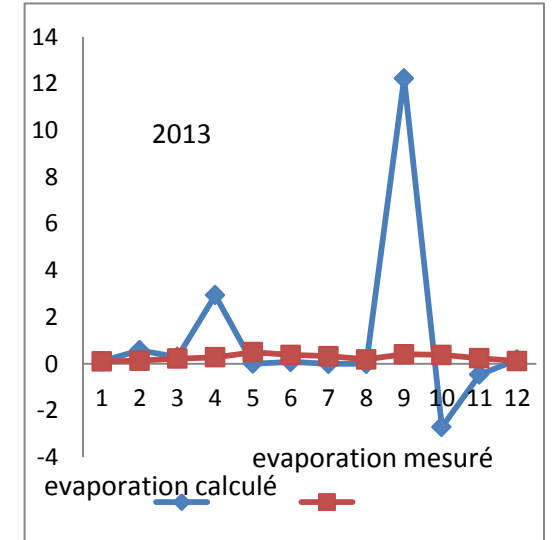
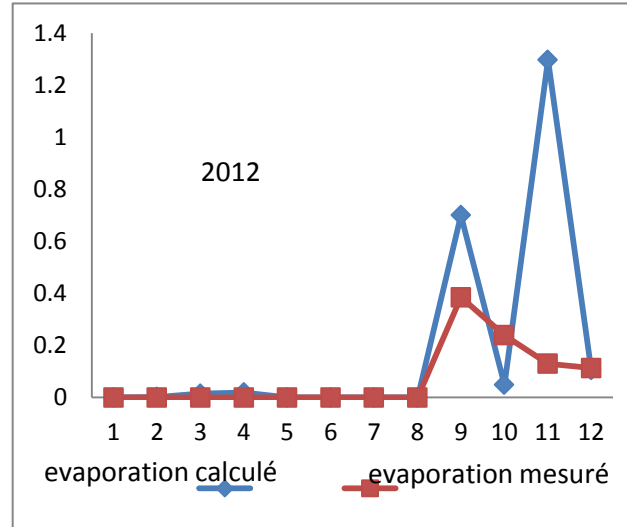
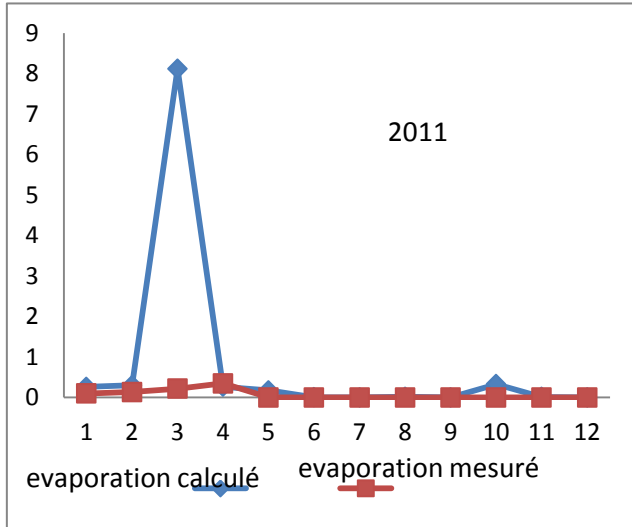
Clé du Graphe: La courbe bleu est d'évaporation calculé en (mm), la courbe rouge d'évaporation mesurée. (X) ligne des mois, (Y) les valeurs de l'évaporation (hm³)



Chapitre IV. Résultats Et Discussion



Chapitre IV. Résultats Et Discussion



III. RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE DE DEFICIT DE SATURATION ET CELLE DU BAC COLORADO:

Les résultats obtenus après un calcul mensuel depuis l'année 2000 jusqu'au 2016 sont regroupés dans les tableaux suivants :

Compte rendu d'année 2000 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	3,61	3,90	4,31	7,87	6,12	4,98	4,67	3,34	3,33	5,38	5,08	4,10
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	59,4	41,6	36,9	32,7	32,5	28,5	24,2	26,1	26,1	48	48,5	52,8
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	9,4	13,6	17,8	22,2	28,9	30,9	34,4	33,3	33,3	21,9	17	13,2
exp(0,0632*t)	1,81	2,36	3,08	4,07	6,21	7,05	8,79	8,20	8,20	3,99	2,93	2,30
Deficit de saturation de l'air(mb)	4,65	8,72	12,28	17,30	26,50	31,85	42,13	38,31	38,31	13,12	9,53	6,87
Evaporation calculée(mm)	92,34	142,2	208,86	293,88	462,37	444,58	540,50	411,39	398,12	253,67	186,97	132,80
Evaporation mesurée (mm)	62,32	105,39	173,20	256,24	306,23	351,02	409,26	353,56	265,91	179,58	133,12	89,49

Compte rendu d'année 2001 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	5,11	5,33	6,64	6,36	7,47	5,53	6,06	5,19	5,67	4,31	5,11	3,61
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	56,2	41,5	32,2	31,1	31,8	23,3	23,2	28,6	40,9	42,5	55,1	63,3
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	11,7	13,3	21,3	21,5	26,4	32,8	36	34,3	30,2	26,9	16,5	11,2
exp(0,0632*t)	2,09	2,32	3,84	3,89	5,30	7,95	9,73	8,74	6,74	5,47	2,84	2,03
Deficit de saturation de l'air(mb)	5,80	8,57	16,47	16,95	22,86	38,53	47,23	39,43	25,19	19,89	8,05	4,71
Evaporation calculée (mm)	134,91	169,72	346,55	332,14	480,24	548,49	700,45	552,70	409,09	296,98	165,90	93,22
Evaporation mesurée (mm)	85,35	113,89	242,44	250,00	332,69	402,41	445,77	385,63	252,34	200,20	97,21	71,20

Compte rendu d'année 2002 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	3,47	4,25	6,44	6,67	7,89	3,39	3,44	4,61	4,22	2,89	5,42	4,58
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	56	40	34,3	32,6	27,5	24,9	26	28,9	34,6	43,5	53,1	56,1
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	10,7	14,8	19,4	21,9	26	31,6	34,4	33,4	29	23,1	17,1	13,9
exp(0,0632*t)	1,97	2,55	3,41	3,99	5,17	7,37	8,79	8,26	6,25	4,31	2,95	2,41
Deficit de saturation de l'air(mb)	5,47	9,66	14,15	17	23,70	34,97	41,13	37,10	25,85	15,37	8,73	6,68
Evaporation calculée (mm)	101,66	159,86	303,76	344,33	513,45	375,95	441,39	488,85	343,86	195,31	183,08	139,29
Evaporation mesurée (mm)	58,32	102,55	212,55	218,21	311,20	339,97	335,78	371,12	265,33	167,94	120,18	94,54

Compte rendu d'année 2003 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	5,83	5,17	2,86	6,08	5,58	2,86	2,92	3,00	3,92	3,94	3,92	5,22
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	60,8	50,1	42,7	36,9	33,1	28,4	21,4	26	39,1	52,5	56,9	60,5
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,1	12,2	16,7	21,6	27,5	32,7	36,7	34,8	29	24,5	17,4	12
exp(0,0632*t)	2,15	2,16	2,87	3,92	5,69	7,90	10,17	9,02	6,25	4,70	3,00	2,13
Deficit de saturation de l'air(mb)	5,32	6,82	10,41	15,62	24,04	35,74	50,52	42,18	24,06	14,12	8,18	5,33
Evaporation calculée(mm)	138,66	140,61	146,16	303,19	404,43	348,11	467,84	416,36	311,51	219,09	141,93	128,7
Evaporation mesurée (mm)	101,61	83,72	131,77	200,37	290,00	330,79	412,45	392,12	282,10	195,05	107,66	76,56

Compte rendu d'année 2004 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	4,86	3,39	4,86	5,97	5,36	3,11	2,78	3,61	3,39	2,94	3,44	4,22
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	55,1	45,8	46,5	44,6	41,5	31,6	27,7	30,6	35,8	41,3	58,9	66,3
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,7	15	17,6	19,8	23,1	30,3	33,4	34,7	28,5	24,6	15,5	12,5
exp(0,0632*t)	2,23	2,58	3,04	3,50	4,31	6,79	8,26	8,96	6,06	4,73	2,66	2,20
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,33	8,84	10,28	12,24	15,92	29,34	37,72	39,31	24,58	17,56	6,92	4,69
Evaporation calulée (mm)	139,18	130,87	198,29	250,48	291,16	315,28	362,42	438,91	290,60	217,42	116,28	102,22
Evaporation mesurée (mm)	77,38	114,75	176,36	202,44	219,21	305,48	369,09	353,27	268,67	194,64	91,89	63,35

Compte rendu d'année 2005 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	4,50	4,00	4,28	5,42	3,69	4,00	3,56	3,64	3,50	2,08	2,81	3,06
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	51,2	49,3	39,3	31	26,1	27,8	24,5	27,5	43,8	49,5	46,7	65
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	10,2	10,8	17,9	22	28	31,9	36	33,8	28,5	24,1	23	10,9
exp(0,0632*t)	1,91	1,98	3,10	4,02	5,87	7,51	9,73	8,47	6,06	4,59	4,28	1,99
Deficit de saturation de l'air(mb)	5,88	6,34	11,89	17,51	27,41	37,26	46,43	38,80	21,51	14,64	14,41	4,41
Evaporation calculée (mm)	125,38	113,23	203,15	304,25	341,87	408,41	491,14	436,66	268,62	160,60	177,55	80,82
Evaporation mesurée (mm)	72,19	71,01	130,10	206,64	326,32	338,75	413,44	370,01	236,36	177,58	130,40	67,36

Compte rendu d'année 2006 méthode de saturation d'air

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	4,22	4,22	5,67	5,17	4,44	5,33	4,25	3,97	4,19	3,56	3,08	3,86
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	59	59,8	42,2	34,6	32,8	23,8	27,1	28,3	40	40	57,7	64,4
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	10	12,2	17,8	23,4	28,6	31,8	34,5	33,9	27,4	24,8	17,1	13,1
exp(0,0632*t)	1,88	2,16	3,08	4,39	6,10	7,46	8,85	8,52	5,65	4,79	2,95	2,29
Deficit de saturation de l'air(mb)	4,88	5,49	11,25	18,14	25,89	35,93	40,77	38,61	21,43	18,18	7,88	5,15
Evaporation calculée (mm)	105,10	105,42	234,72	302,32	367,21	508,74	497,42	458,52	298,49	247,71	120,15	103,56
Evaporation mesurée (mm)	97,12	79,50	184,31	255,83	314,41	398,00	404,27	371,08	253,98	227,89	108,49	64,83

Compte rendu d'année 2007 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	2,83	5,47	6,22	4,94	6,11	5,17	3,64	3,97	4,28	5,11	4,61	5,19
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	55,4	47,9	40,7	47,7	31,1	22,5	25,4	26,8	41,2	42,4	44,4	47,2
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,3	15,6	16,5	20,5	26,6	33,1	33,7	34,4	29,1	24	15,9	12,7
exp(0,0632*t)	2,18	2,68	2,84	3,65	5,37	8,10	8,41	8,79	6,29	4,56	2,73	2,23
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,13	8,83	10,63	12,08	23,39	39,68	39,67	40,68	23,38	16,59	9,60	7,45
Evaporation calculée(mm)	98,83	176,47	240,44	218,19	422,10	535,35	443,80	476,37	322,03	290,63	176,33	163,69
Evaporation mesurée (mm)	74,43	111,83	171,63	187,74	307,29	388,82	396,98	365,60	244,58	211,78	142,57	96,79

Compte rendu d'année 2008 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	2,94	2,58	5,44	5,56	6,97	4,44	4,58	3,67	3,89	3,31	4,08	3,39
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	50,8	45	37,4	29,3	31,8	28,6	23,8	29,7	38,7	59,8	58,7	69,6
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,1	13,9	17,8	22,6	26,6	30,8	36,2	34,4	29,6	22,5	15,3	10,9
exp(0,0632*t)	2,15	2,41	3,08	4,17	5,37	7,00	9,85	8,79	6,49	4,15	2,63	1,99
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,68	8,37	12,19	18,64	23,15	31,61	47,45	39,07	25,15	10,53	6,86	3,83
Evaporation calculée (mm)	107,37	108,78	242,08	323,94	460,55	411,12	582,85	440,90	230,41	159,51	127,90	77,25
Evaporation mesurée (mm)	82,15	104,66	188,45	257,56	309,12	338,49	418,24	339,84	278,40	140,04	115,79	53,05

Compte rendu d'année 2009 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	4,56	4,56	4,19	5,64	4,03	3,75	2,97	3,42	3,39	2,14	3,42	2,86
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	66,3	50,9	45,9	41,9	30,7	24,7	24	26	50,5	44,9	45,9	60,2
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12	12,1	16,2	18,7	26,3	32,1	36	34,8	27,1	23	16,9	13,2
exp(0,0632*t)	2,13	2,15	2,78	3,26	5,27	7,60	9,73	9,02	5,54	4,28	2,91	2,30
Deficit de saturation de l'air(mb)	4,55	6,67	9,52	11,97	23,08	36,19	46,73	42,18	17,34	14,90	9,95	5,79
Evaporation calculée(mm)	104,79	127,39	170,58	236,88	317,66	408,85	446,47	447,54	225,32	164,63	150,88	95,30
Evaporation mesurée (mm)	53,17	82,43	119,43	150,22	249,32	362,12	424,56	392,84	211,24	174,72	118,74	75,93

Compte rendu d'année 2010 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	-	-	2,75	4,06	5,42	4,72	2,97	3,00	2,92	3,50	3,72	3,33
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	55,7	52,1	44,4	46,3	33,9	32,5	26,6	32	39,5	43,9	57,9	48,6
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,6	14,6	18,3	22,1	24,4	31,1	35,2	34,4	28,7	22,5	16,6	12,4
exp(0,0632*t)	2,22	2,52	3,18	4,04	4,67	7,14	9,25	8,79	6,13	4,15	2,86	2,19
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,21	7,62	11,17	13,72	19,53	30,45	42,91	37,79	23,45	14,70	7,60	7,11
Evaporation calculée (mm)	47,37	50,57	150,75	211,13	340,36	415,96	419,49	384,28	258,58	210,18	130,24	120,33
Evaporation mesurée (mm)	83,42	96,28	171,68	189,36	264,24	353,30	412,33	358,99	256,81	193,74	119,25	101,52

Compte rendu d'année 2011 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	2,64	5,22	4,36	3,97	3,72	3,17	3,67	3,19	3,22	2,61	3,42	3,50
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	55,3	47,3	50,9	46,1	42,9	35,5	27,1	31,2	37,1	47,8	55,4	55,3
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,1	13,2	16	22,1	24,9	29,8	34,7	34,1	30,3	22,4	17,4	13,4
exp(0,0632*t)	2,15	2,30	2,75	4,04	4,82	6,58	8,96	8,63	6,79	4,12	3,00	2,33
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,07	7,67	8,53	13,77	17,41	26,80	41,29	37,52	26,98	13,59	8,47	6,59
Evaporation calculée (mm)	94,55	154,34	161,35	209,03	246,55	298,06	459,05	395,60	302,37	169,40	134,10	117,01
Evaporation mesurée (mm)	77,31	104,21	125,92	176,45	220,86	295,00	378,00	350,81	274,69	162,45	146,59	86,84

Compte rendu d'année 2012 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	3,50	4,58	3,47	5,89	3,28	3,17	3,08	2,14	2,42	2,81	2,08	3,33
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	48,7	45,7	40	37,2	29,6	22,7	22,2	24,3	30	40,7	57,6	53,4
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12	10,7	17,4	21,4	27,1	34,3	36,5	35,7	29,8	24,5	18,1	13
$\exp(0,0632*t)$	2,13	1,97	3,00	3,87	5,54	8,74	10,04	9,55	6,58	4,70	3,14	2,27
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,92	6,75	11,39	15,35	24,67	42,69	49,38	45,68	29,09	17,63	8,41	6,70
Evaporation calculée (mm)	12,30	129,03	173,67	292,63	295,48	418,65	474,09	372,97	275	212,53	103,72	115,16
Evaporation mesurée (mm)	80,93	88,83	149,31	217,89	298,92	419,07	462,53	428,88	310,49	213,20	110,58	91,68

Compte rendu d'année 2013 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	3,72	4,50	4,92	3,89	4,89	3,75	1,42	-	-	-	-	0,03
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	52,6	44,6	41,4	33,8	30,3	26,9	27,2	30,6	39,9	45,4	44,1	58,9
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,7	12,3	18,4	22,2	25,9	30,2	34,5	32,4	29,8	26,1	17,3	12,2
$\exp(0,0632*t)$	2,23	2,18	3,20	4,07	5,14	6,74	8,85	7,75	6,58	5,20	2,98	2,16
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,68	7,62	11,85	17,02	22,64	31,16	40,72	33,99	24,98	17,96	10,54	5,62
Evaporation calculée (mm)	122,58	139,32	221,53	240,89	354,08	366,52	290,30	163,90	126,65	102,87	67,48	44,51
Evaporation du plan d'eau mesurée (mm)	84,01	114,05	195,03	236,78	379,66	342,57	371,57	327,77	226,28	200,96	141,66	70,11

Compte rendu d'année 2014 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	-	0,08	4,44	4,11	4,11	4,31	3,97	2,86	3,17	0,31	-	0,03
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	57,7	47,8	46,4	34,8	32,8	28,6	25,9	28,4	36,6	35,8	50,4	59,2
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	12,7	14,9	16,3	22,9	26,9	30,6	34,5	35,1	31,2	25,3	18,5	13
exp(0,0632*t)	2,23	2,56	2,80	4,25	5,47	6,92	8,85	9,19	7,18	4,95	3,22	2,27
Deficit de saturation de l'air(mb)	5,97	8,46	9,49	17,52	23,25	31,21	41,44	41,59	28,78	20,08	10,09	5,86
Evaporation calculée (mm)	46,01	56,36	176,51	254,52	323,36	399,27	482,86	401,83	313,98	124,89	65,36	45,93
Evaporation mesurée (mm)	80,91	108,47	142,95	224,48	292,55	325,63	376,30	369,80	280,02	231,36	134,13	107,26

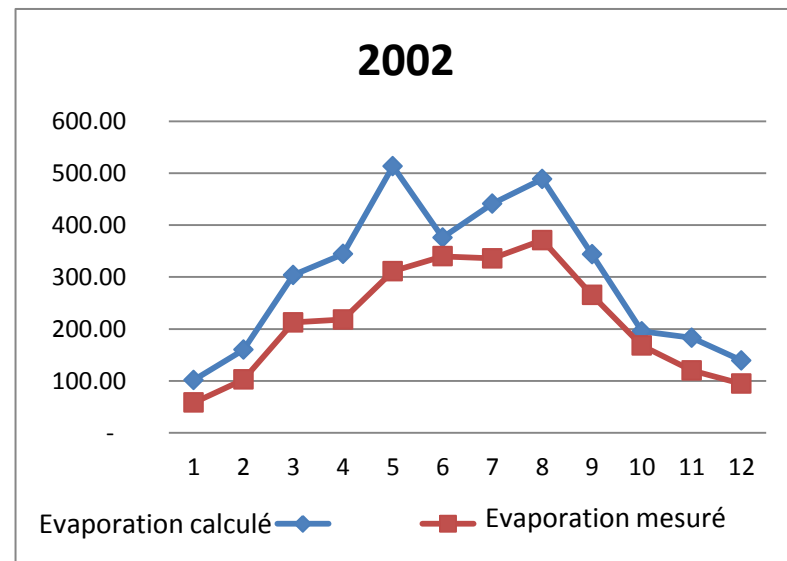
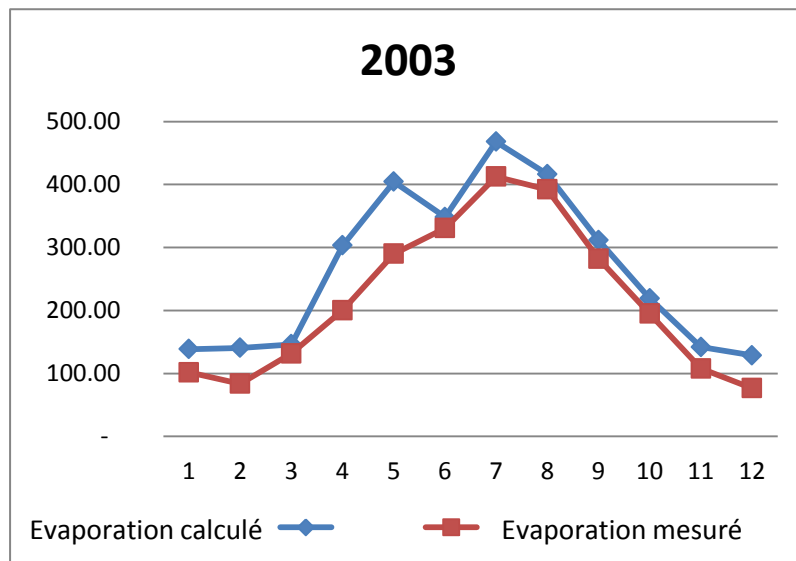
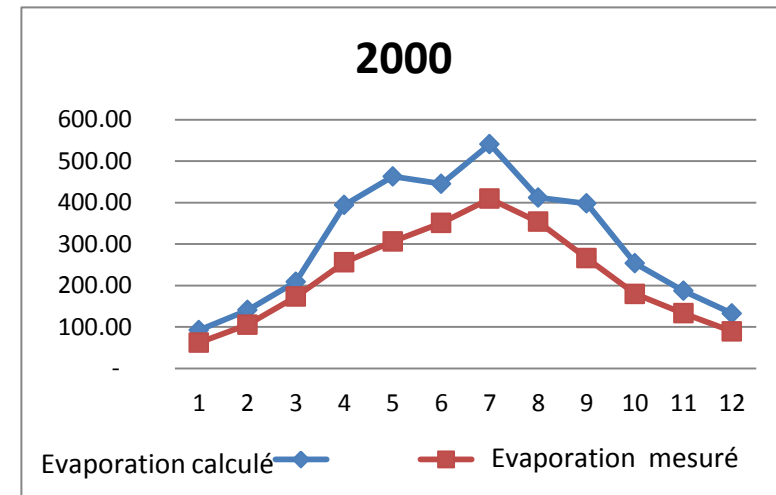
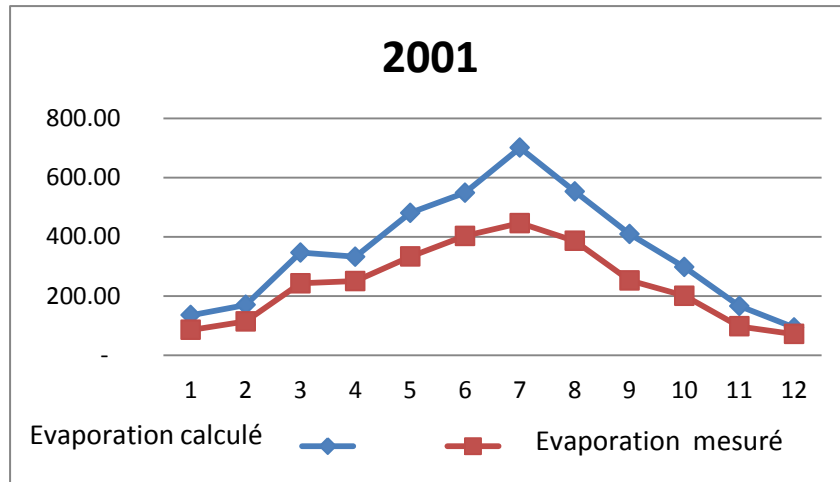
Compte rendu d'année 2015 méthode de saturation d'air:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	3,14	5,75	5,69	3,25	4,50	4,19	3,36	3,58	3,47	3,89	2,97	1,19
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	55,6	55,4	44,2	36,6	30,3	28	26,1	32,6	45	52,2	54,1	61,7
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	11,9	12,3	16,6	22,5	28,1	31,3	34,5	34,4	29,5	23,6	17,6	12,2
exp(0,0632*t)	2,12	2,18	2,86	4,15	5,91	7,23	8,85	8,79	6,45	4,44	3,04	2,16
Deficit de saturation de l'air(mb)	5,95	6,13	10,07	16,61	26,01	32,90	41,33	37,46	22,43	13,42	8,82	5,23
Evaporation calculée (mm)	102,18	139,97	217,18	213,23	371,45	408,21	436,85	421,82	275,63	209,35	127,94	61,30
Evaporation mesurée (mm)	83,64	95,82	150,02	217,16	326,09	338,10	379,23	341,45	268,16	165,00	115,56	63,21

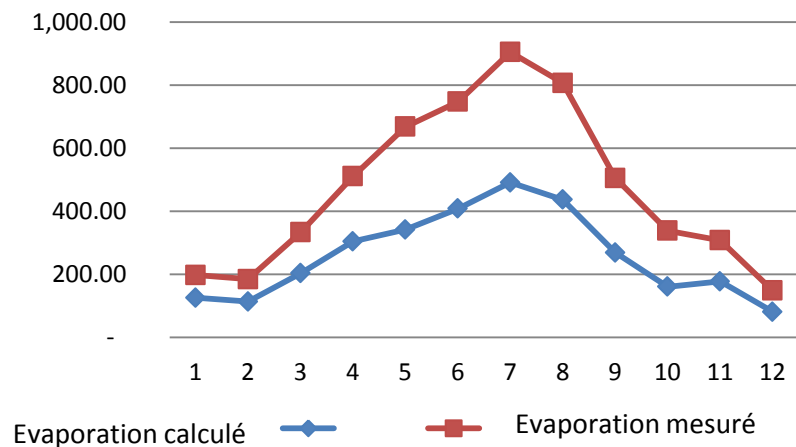
Compte rendu d'année 2016 méthode de saturation d'air

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
nombre du jours	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
vitesse du vent (m/s)	2,86	4,17	6,14	4,67	5,42	4,25	3,69	3,06	3,75	3,03	3,83	3,03
Moyenne mensuelle de l'humidité de l'air(%)	53,8	47,5	37,9	44,3	33,4	33,4	27,9	33,2	44,9	43,3	58,8	65,9
Moyenne mensuelle de la température de l'air (°C)	13,3	15,1	17,4	23	26,8	31,9	34,6	33,2	29	25,6	17,2	14,3
exp(0,0632*t)	2,32	2,60	3,00	4,28	5,44	7,51	8,91	8,15	6,25	5,04	2,97	2,47
Deficit de saturation de l'air(mb)	6,77	8,62	11,79	15,06	22,90	31,61	40,58	34,41	21,77	18,07	7,72	5,32
Evaporation calculée (mm)	106,75	145,25	256,76	246,90	382,31	399,7	455,29	362,47	282,12	225,36	134,13	92,31
Evaporation mesurée (mm)	101,84	126,87	204,73	220,98	311,31	347,56	395,20	331,21	262,36	209,92	128,47	64,05

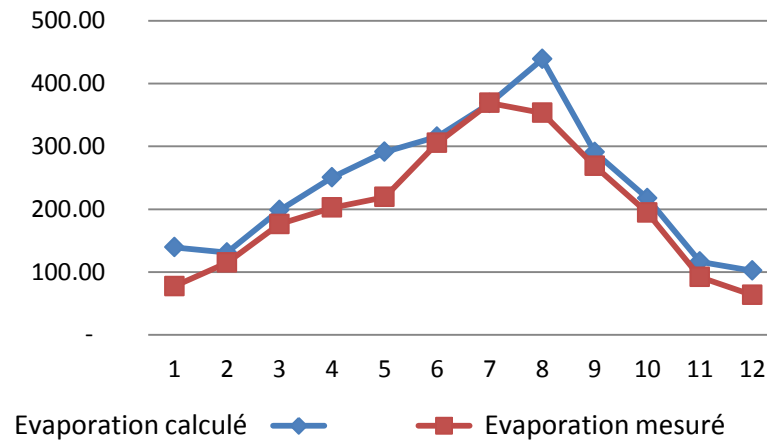
Graphes: Evolution de l'évaporation par les deux méthodes : Déficit de saturation et bac Colorado



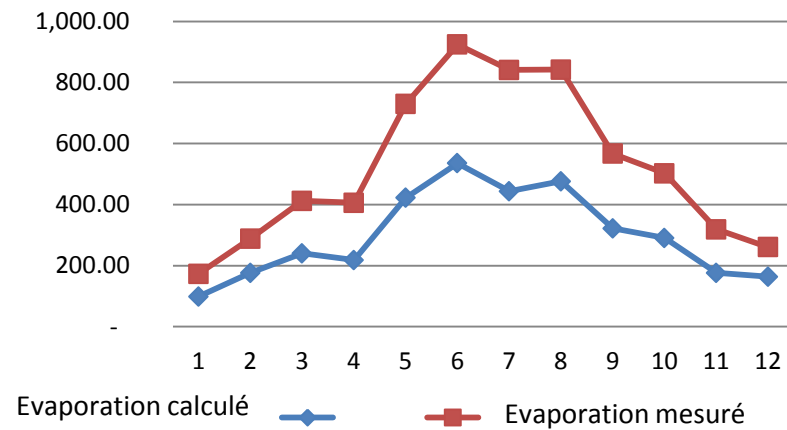
2005



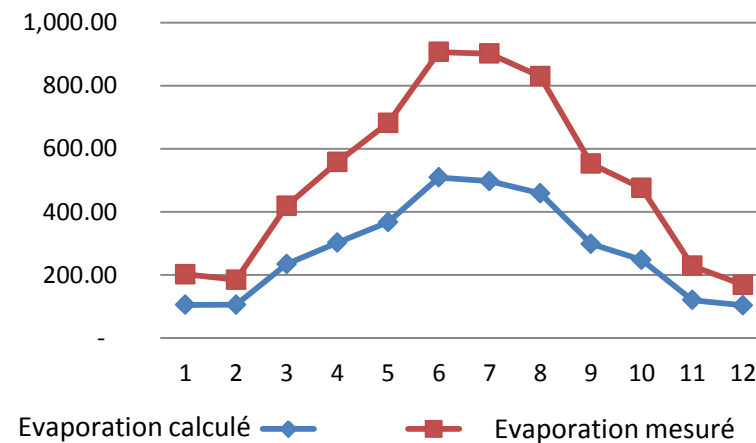
2004

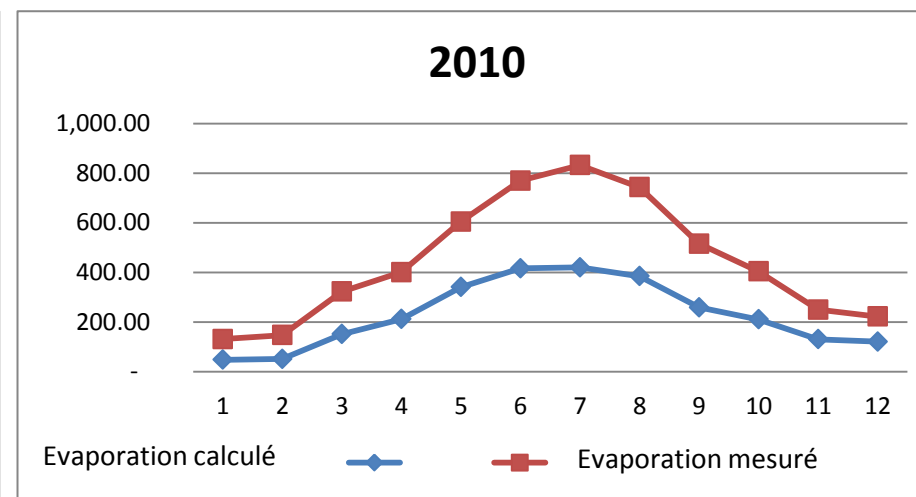
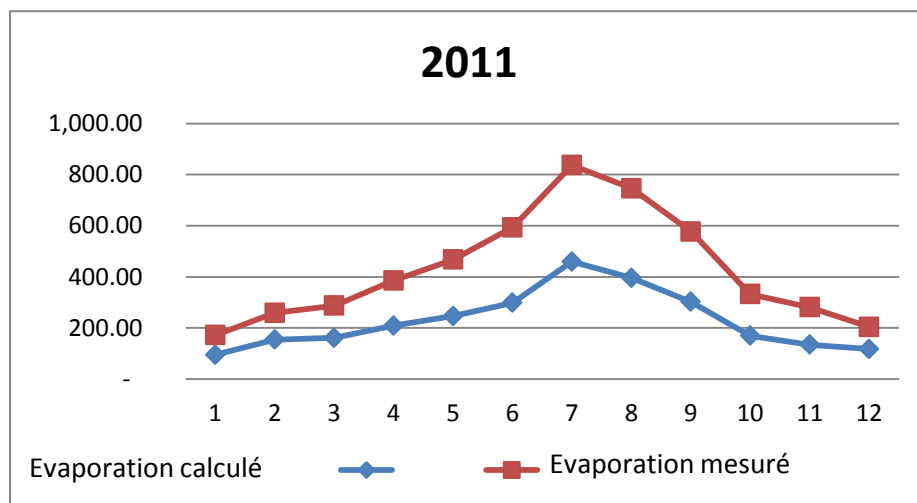
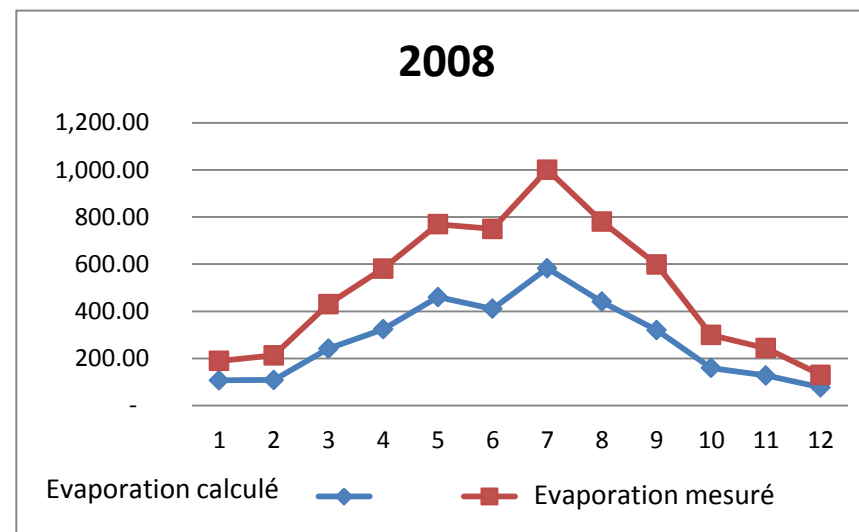
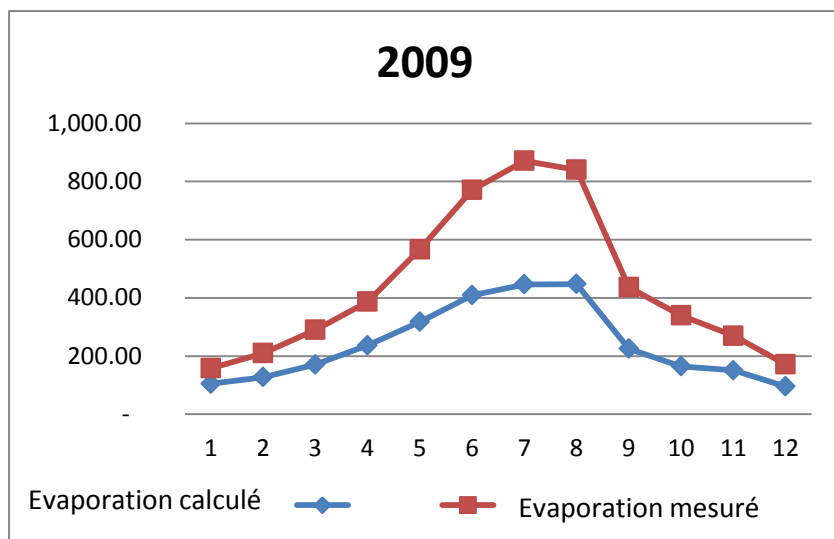


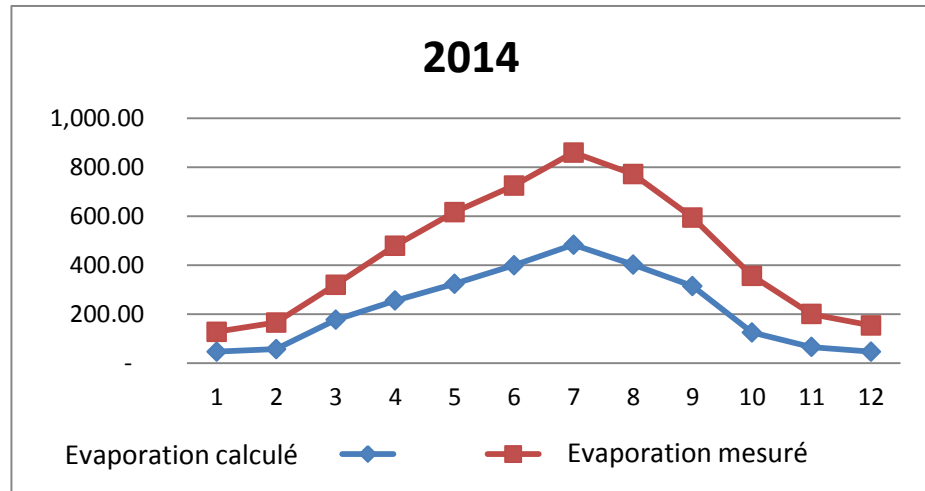
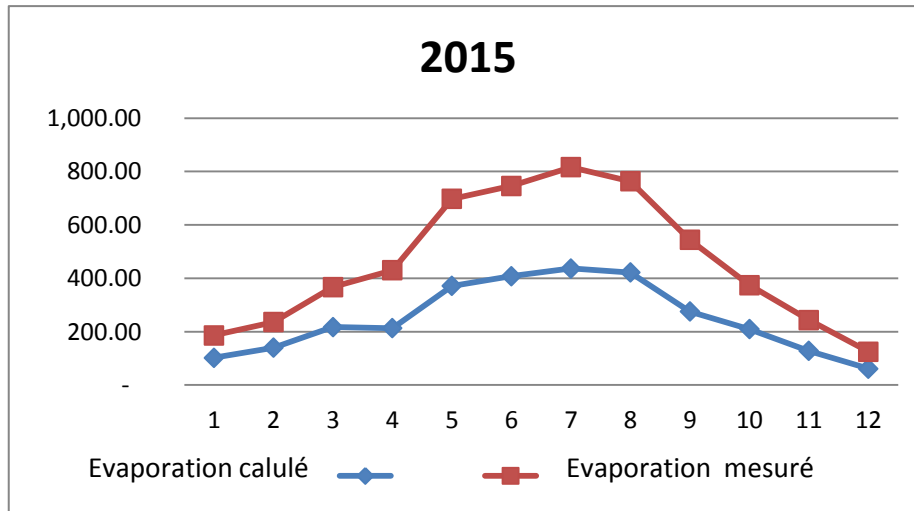
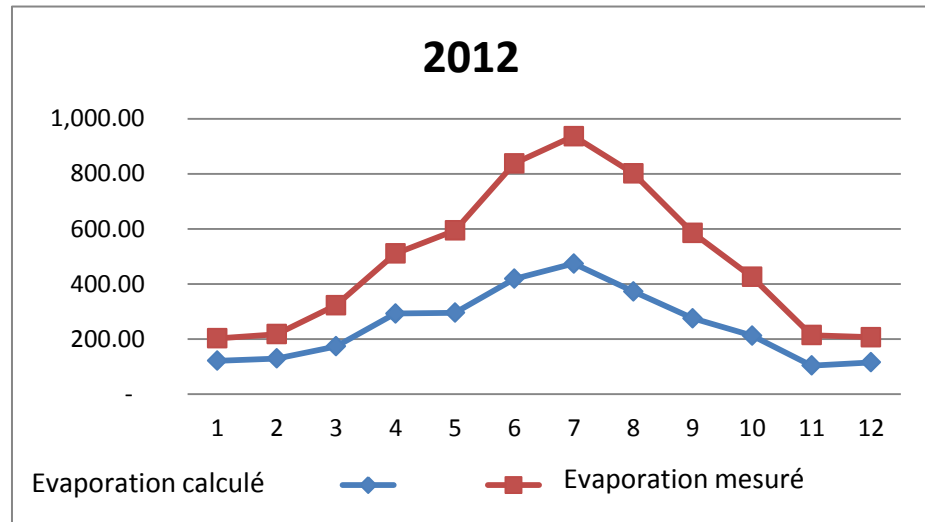
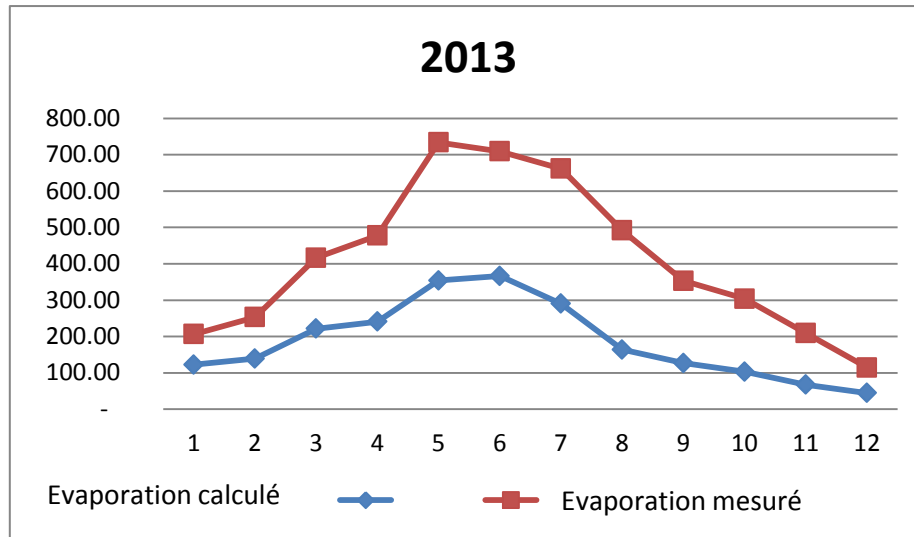
2007

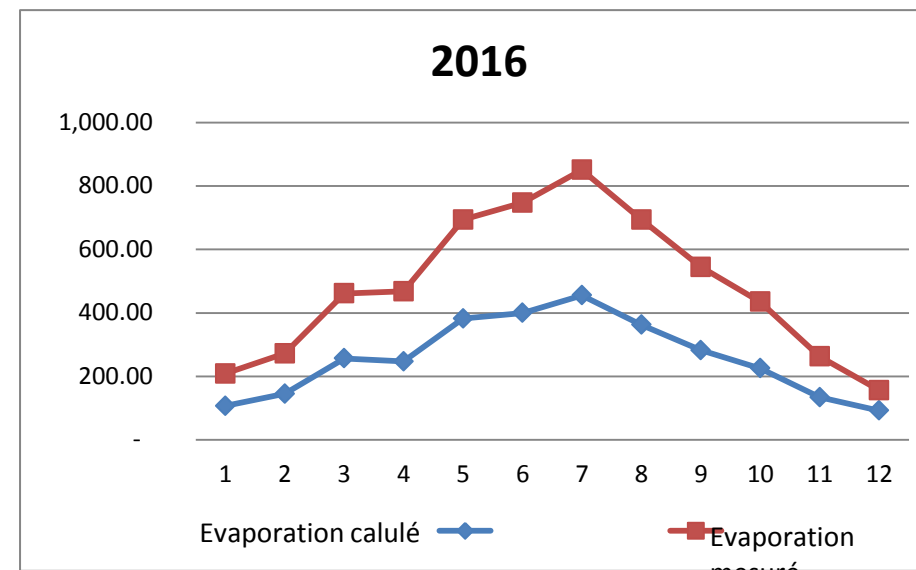


2006









Clé de Graphe: La courbe bleu est d'évaporation calculé en (mm), la courbe rouge d'évaporation mesurée. (X) ligne des mois, (Y) les valeurs de l'évaporation (mm)

IV. RESULTATS ANNUELS :

Les résultats annuels sont représentés dans les figures ci-dessous :

IV. 1. Méthode de Bilan Hydrique: les valeurs d'évaporation calculées et l'évaporation mesurées annuelle sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau01: Résultats annuels des Méthodes de Bilan Hydrique et du bac Colorado (2000-2016)

Mois	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>JU</i>	<i>JUI</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
EVP calculé	1,525	1,210	2,696	5,216	5,240	1,485	0,161	0,445	2,306	1,105	0,587	0,970
EVP mesu	0,111	0,136	0,218	0,286	0,437	0,490	0,456	0,325	0,356	0,292	0,173	0,113

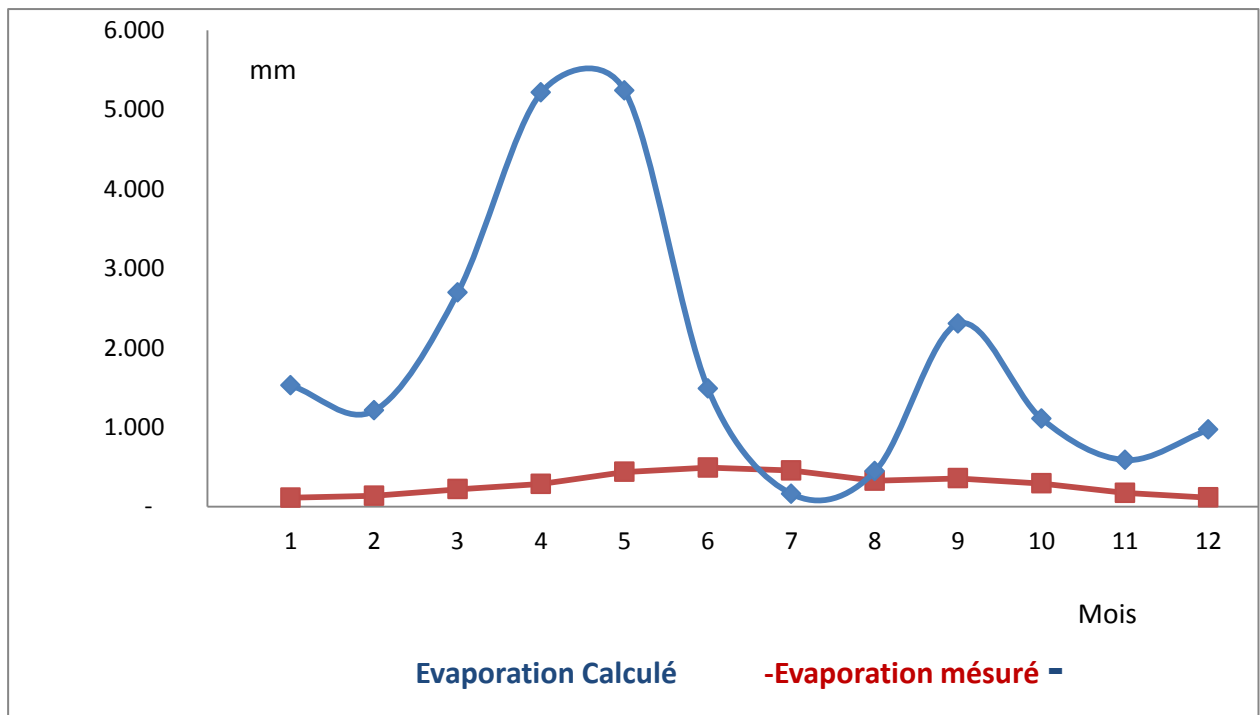


Figure01 : Evolution annuelle de l'évaporation par méthode du bilan hydrique et du bac Colorado.

Sur l'axe (X) : Mois, L'axe (Y) : les valeurs de l'évaporation annuelle.

La courbe graphique montre que les deux méthodes n'ont pas la même forme n'ont plus de valeurs

IV. 2. Methode de deficit d'air : Rappelons qu' elle est un basé sur vitesse de vent et les valeurs moyenne du l'humidité relative et la temperature moyenne avec la pourcentage du deficit de saturation d'air.

Tableau02: Résultats annuels des Méthodes du déficit de saturation et du bac Colorado (2000-2016)

Mois	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>JU</i>	<i>JUI</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
EVP calculé	105.23	128.78	214.83	275.17	380.86	412.30	465.19	415.94	301.30	203.53	136.36	100.78
EVP mesu	97.75	100.20	168.77	261.2	297.55	353.93	398.02	365.49	261	190.89	121.30	86.65

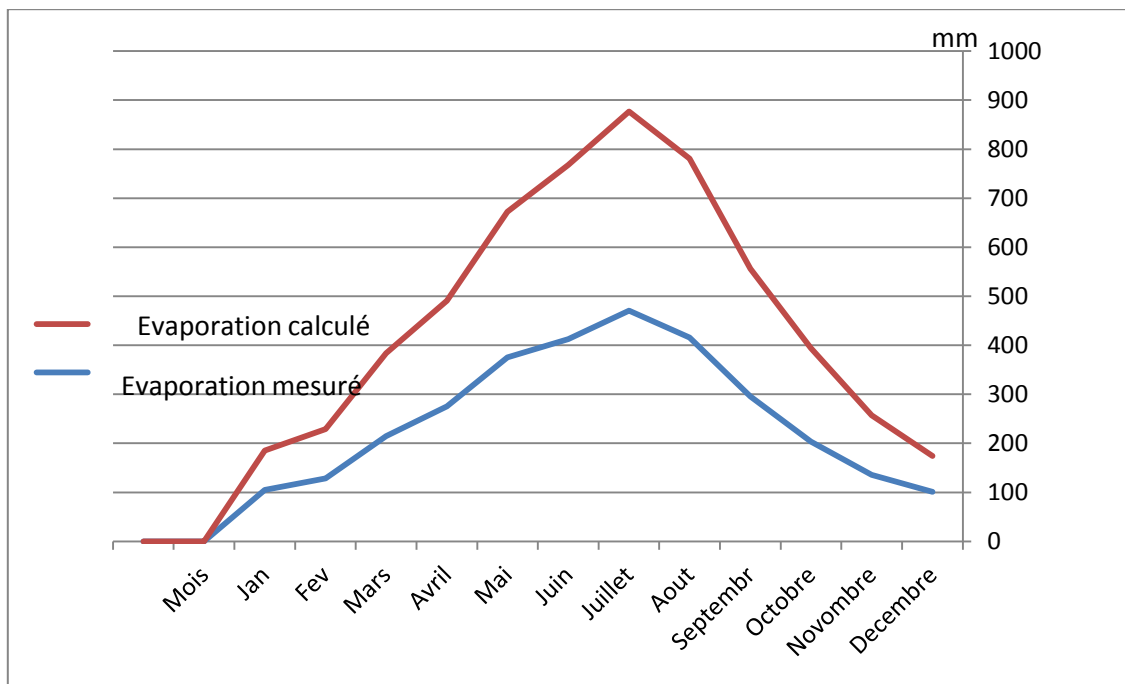


Figure02: courbe graphique montre l'évaporation moyen calculé et l'évaporation moyen mesuré en mm par méthode de saturation d'air.

L'axe (X) de Mois, L'axe (Y) de valeur de quantité en mm, la courbe bleu d'évaporation moyen mesuré; et la courbe rouge d'évaporation moyen calculé.

VI-DISCUSSION

VI.1. Méthode de Bilan Hydrique

La comparaison des valeurs d'évaporation calculées et mesurées, nous constatons qu'il ya une grande différence entre les résultats calculés et mesurés où la méthode de bilan hydrique, l'évaporation calculée varie de $0.161 - 5.241 \text{ hm}^3$ alors que l'évaporation mesurée varie de $0.111 - 0.490 \text{ hm}^3$.

Nous avons posé la question pourquoi cette grande différence de ces valeurs ?! Grâce à notre étude nous avons noté en raison de la présence de quantités importantes de pluie en plus de la présence de la consommation. On a constaté aussi qu'il ya peu de points presque proche de valeur entre les deux valeurs mesurées et calculées au fil de temps 2000-2016. Nous mentionnons aussi des valeurs négatives de l'évaporation d'où on a définit que dans ce mois la retenue a subi un déstockage dans le cas contraire c'est-à-dire un signe positif, on a un stockage dans la retenue.

A Noter que toutes les grandes valeurs sont enregistrées dans les mois de Mai et Juin par CRM (Compte rendu mensuel du barrage) quant à la différence entre l'enregistrement, on constate y a des erreurs néfastes dans les comptes rendus, elles peuvent-être au niveau du dispositif de lecture.

VI.2. Méthode de déficit d'air:

D'après la comparaison des valeurs d'évaporation calculées et mesurées, nous constatons qu'il ya pas une grande différence entre les résultats calculés et mesurés où la méthode de déficit de saturation, l'évaporation calculée varie de $100.78 - 465.19 \text{ mm}$ alors que l'évaporation mesurée varie de $86.65 - 398.02 \text{ mm}$. L'écart d'erreur maximal est de l'ordre de 47%. En analysant les valeurs mesurées, nous concluons que les valeurs enregistrées dans les comptes CRM ne sont pas précises, or les évaporations calculées en fonction de la température et le rapport de saturation de la vapeur d'eau et l'humidité relative et la vitesse de vent donnent des résultats très bons. Notons, il peut y avoir des erreurs dans les dispositifs de lecture si la différence entre les deux méthodes était significative.

VII. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous sommes concentrés sur la comparaison des valeurs calculées et mesurées et enregistrées par la direction du barrage Foum El-Gherza.

Nous confirmons que la méthode de déficit de saturation de l'air est plus proche et adéquate que celle de bilan hydrique. Les formes des courbes sont presque les mêmes juste on rencontre beaucoup des erreurs de mesures et d'enregistrement au niveau du barrage.

CONCLUSION GENERALE

La compréhension et l'analyse du cycle de l'eau et l'étude de bilan hydrologique sont la base de toute étude et réflexion au sujet de la gestion des eaux de surface et des barrages pour une bonne utilisation de la ressource d'eau.

Dans ce contexte, nous avons présenté notre étude sur le barrage de Foug El Gherza qui a pour objectif d'étudier un des paramètres du bilan hydrologique qui était l'évaporation de la retenue. La collecte des données consiste à rechercher toutes les informations hydro-pluviométriques et climatologiques disponibles de la région étudiée. Cette étape était une phase déterminante de notre étude.

Le bilan hydrologique du barrage de Foug El-Gherza est basé sur l'application de l'équation de conservation de la masse, qui consiste en une simple opération de calcul du bilan hydrologique entre la variation des éléments d'entrées et de sorties au niveau du barrage.

Nous avons noté, une faiblesse du taux annuel de remplissage (déstockage) de la retenue du barrage de Foug El-Gherza marquant une importance du déficit de régularisation du barrage, montre un abaissement critique du stock d'eau jusqu'à l'usage du volume mort, tels sont les éléments qui ont caractérisé le fonctionnement de la retenue du barrage de Foug El Gherza à travers l'analyse des bilans annuels de la retenue sur une période 2000- 2016.

La méthode de déficit de saturation de l'air est basée sur des données climatologiques (humidité relative, la vitesse du vent, ...). La comparaison des deux méthodes choisies a montré que celle de déficit de saturation converge vers la méthode directe qui est celle du bac Colorado. La méthode de bilan hydrique nécessite des données bien précises malheureusement qu'on ne dispose pas vu les manques d'informations et au même temps les erreurs d'enregistrement.

A la fin, l'estimation de l'évaporation au niveau des retenues des barrages est un très bon sujet de recherche mais peu de chercheurs abordent ce sujet aussi peu de formules algériennes expérimentées et utilisées ici en Algérie. Malheureusement, les stations pluviométriques au niveau des barrages ne fonctionnent pas régulièrement ce qui nous a pas aidé de faire une étude climatologique du barrage grâce aux données enregistrées par ces stations plus des erreurs d'enregistrement et de mesure. Nous suggérons, que les estimations de l'évaporation au niveau des retenues des barrages se font par des méthodes climatologiques mais algériennes.

Référence

ANBT, Agence Nationale des Barrages et Transferts, Biskra Algérie.

www.anrh.dz, Site de l'Agence national des ressources hydrique, Algérie.

ANBT, 2015. Comptes rendu mensuels et annuels d'une période 2000 jusqu'au 2016. Algérie.

(ANAT, 2014) Agence Nationale de Transfert l'Aménagement du Territoire.

ANAT, 2003. (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire).- Carte bioclimatique de l'Algérie.

Baghdadli I, 2014. L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch. Mémoire Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. Algérie.

Boutoutaou ,1995. Laboratoire d'exploitation et Valorisation des Resource Naturelle en Zone Aride Université de Kasdi Merbah Ourgla

Doudi Leila(2008). Etude de bilan Hydrologique de La retenue du barrage Foug El-gherza Mémoire de fin d'étude de Magister ,Faculté de science Technologie département d'Hydraulique et Génie civile université Mohammed khaidar Biskra

(Houes, 2008). Evaluation par analyse multicritères du risque d'érosion dans la vallée de l'Oued Labiod (Approche systémique), Thèse de magister, faculté des sciences, département des sciences de la terre, université El Hadj Lakhdar, Batna, Algérie

Nassopoulos, 2012. Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée. These de doctorat de l'Université'e Paris-Est. France

Remini B, 2016. Envasement des barrages dans les régions arides exemples algériens, larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°27, Sept 2016, pp. 63-90. Biskra. Algérie.

Remini, B. Leduc, C. and Hallouche, W. 2009. Evolution des grands barrages en régions arides : Quelques exemples algériens. Sécheresse Journal. 96, 103.

Rerboudj A, 2005. Essai de quantification de l'érosion et perspective de la protection du barrage de fontaine des gazelles contre l'envasement (approche numérique). Thèse Magister. Université colonel el hadj Lakhdar – Batna faculté des sciences département des sciences de la terre. P9. Batna, Algérie.

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).

Site web :<https://fr.tutiempo.net/>, 2016. Bulletins des données climatologiques de la région de Biskra. Algérie

Site web; <http://medhycos.mpl.ird.fr>)

Site web: (<https://fr.tutiempo.net/>, 2016).

مِنْ خَيْرِ مَا لَكَ