



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 de Génie Civil

MEMOIRE

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

Option: *Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement*

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EVAPORATION DE LA
RETENUE DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES
(WILAYA DE BISKRA)**

Dirigé par :

M^{elle} MEZIANI Assia

Présenté par :

- LAOUNI Donia

- BETTAHAR Ouanassa

Membres de Jury :

Mr. SAYAH Lambarek Mohammed	Maitre Assistant-A-	Président
Mme. KHATER Ibtissem	Maitre Assistant-A-	Examinatrice
M ^{elle} MEZIANI Assia	Maitre Assistant-A-	Promotrice

Promotion : Mai 2017

Remerciements

Avant tout Merci à Dieu de tout puissant pour nous avoir donné la force, la volonté et le courage pour pouvoir réaliser ce modeste travail. Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé tout au long de notre travail.

Nous remercions vivement, notre promotrice M^{elle} ASSIA MEZIANI qui nous a aidé avec une extrême bienveillance et autant de gentillesse et grâce à ses orientations et ses conseils judicieux pour élaborer cette étude dans les meilleures conditions de ce la nous tenons à exprimé ici nos profonds respects et notre très grande reconnaissance.

Nous exprimons également notre gratitude et notre profond respect aux Enseignants du département de l'Hydraulique et Génie civil, université d'El-Oued et aux membres de jury de nous avoir fait l'honneur d'assister et discuter notre modeste mémoire et de rapporter notre travail avec leurs critiques constructives.

Nous tenons aussi à remercier bien sincèrement le chef de département, le président du comité scientifique, ainsi que tous les membres de l'administration du département de l'Hydraulique et génie civile, Faculté de la technologie de l'université d'El-Oued qui trouvent également l'expression de nos profonds respects à travers ces lignes.

A tous mes collègues de la promotion master option Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement, promo 2017 à qui je souhaite le succès et la prospérité pour tous.

Dédicace

*C'est avec toute mon affection que
je dédie ce modeste travail :*

*A mon père qui m'a donné vie et qui m'as apporté sans cesse
son amour.*

*A Ma très chère mère qui m'a apporté sans cesse amour,
soutien et encouragement ; et qu'elle trouve ici l'expression
de mes vives reconnaissances.*

Mes très chères frères et sœur.

*A tout mes amis: khadija, wrida , rahma,
faisa, wafa,.....etc
et tous mes collègues de la cinquieme année .*

**BETTAHAR
OUANASSA**

Dédicaces

À la mémoire du père de mon défunt mari

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre ,,,

À cet source de tendresse, de patience et de générosité,,

À ma mère ET mon père!

À mon cher mari, qui était toujours à mes côtés

*À mes chères filles : **SIDRAT ELMOUNTAHA ; LEENA***

À mon deuxième mère ,mère mon mari

À tous mes frères et sœurs, ainsi que leurs enfants

À mes beaux parents et à toute ma famille

*À tous mes amis et collègues en particuliers : **Bouta Marzaka et BEN AROUBA AICHA***

À tous les étudiants de la promotion 2016/2017

Option : Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

DONIA LAOUNI

Table des métiers

Titre	Page
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I :PRESENTATION DU BARRAGE- FONTAINE DES GAZELLES-	
I - INTRODUCTION	4
II-SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BARRAGE FONTAINE DES GAZELLES	5
III- FICHE TECHNIQUE DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES	6
III-1-Caractéristiques hydrologiques	6
III-2-Caractéristiques techniques	6
IV- CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA REGION DE BISKRA	7
IV-1-Température	8
IV-2- Précipitations	9
IV-3- Le Vent	11
IV-4- Humidité relative et Humidité absolue	12
IV -5-La pression Atmosphérique	14
V- COURBE OMBRO-THERMIQUE DE GAUSSEN	15
VI- INDICES CLIMATIQUES	16
VI- 1- Indice d'aridité annuel de MARTONNE	16
VI-2- Indice d'aridité mensuel de Martonne	16
VI-3-Indice climatique d'Emberger	17
VII- CONCLUSIONS	18
CHAPITRE II : METHODES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION DES PLANS D'EAU	
I-INTRODUCTION	20
II-NOTION DE L'EVAPORATION	20
III- EVAPORATION DE DIFFERENTES SURFACES	21
III-1-Evaporation à partir des surfaces humides naturelles	21
III-2-Evaporation de neige et de glace	21
III-3-Evaporation à partir d'un sol nu	21
III-4-Evaporation des nappes d'eau libre	22
IV-LES FACTEURS METEOROLOGIQUES INFLUANT SUR L'EVAPORATION	22
IV-1- L'humidité de l'air	22
IV-2-La température de l'air	22
IV-3-Le rayonnement solaire	22
IV-4-La vitesse et la turbulence du vent	22
IV-5-La pression atmosphérique	23
V-LES FACTEURS PHYSIQUES INFLUANT SUR L'EVAPORATION	23
V-1- Profondeur	23
V-2- Etendue	23

V-3- Salinité	23
VI-METHODES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION	24
VI-1-Méthode du bilan hydrique des étendues d'eau (cas d'une retenue)	24
VI-2-Méthode des bacs d'évaporation	25
VI-3- Méthodes hydrométéorologiques	27
VII- CONCLUSION	29
 CHAPITRE III : APPLICATION DES METHODES DIRECTE ET INDIRECTE	
 AU CALCUL DE L'EVAPORATION	
I-INTRODUCTION	31
II-LES ELEMENTS DU BILAN HYDRIQUE	31
II-1-Les entrées	31
II-1-1- Les apports d'eau	31
II-1-2- Les précipitations	32
II-2-Les sorties	33
II-2-1-L'irrigation	33
II-2-2- L' évaporation	33
II-2-3- Les fuites	34
II-2-4- L'infiltration	34
III- ÉQUIPEMENT HYDRO PLUVIOMETRIQUE DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES	35
V-APPLICATION DE LA METHODE DE CALCUL DE L'EVAPORATION DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES.	39
V-1-- Mesure directe	39
V-2-Mesure indirecte	42
V-2-1-Méthode de bilan hydrique	42
V-2-2-Estimation de l'évaporation par le déficit de saturation de l'air « D »	44
VI. CONCLUSION	46
 CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	
II. RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE BILAN HYDRIQUE ET CELLE DU BAC CLASS-A-	48
II-1-DISCUSSION	51
III. RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE DE DEFICIT DE SATURATION DE L'AIR ET CELLE DU BAC CLASS-A-	52
III-1-DISCUSSION	55
VI. CONCLUSION	56
CONCLUSION GENERALE	77
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	79
ANNEXES	

Liste des Tableaux

N°	Titre	PAGE
	CHAPITRE I : PRESENTATION DU BARRAGE-FONTAINE DES GAZELLES	
Tableau N°1	Variation annuelle de la température de la région de Biskra (2000-2016)	8
Tableau N°2	Variation mensuelle de la température de la région de Biskra (2000-2016)	9
Tableau N°3	Variation des précipitations moyennes mensuelles (2000-2016)	10
Tableau N°4	Variation des précipitations annuelles (2000-2016)	10
Tableau N°5	Variations mensuelles de vitesse des vents (2000-2016)	12
Tableau N°6	Variation mensuelle de l'humidité relative et absolue en fonction de la température (2000-2016)	12
Tableau N°7	Variation de la pression atmosphérique (2000-2016)	14
Tableau N°8	Températures et précipitations moyennes mensuelles (2000-2016).	15
Tableau N°9	Les valeurs d'indices d'aridité mensuels de Martonne, à la station de Biskra (2000-2016).	17
Tableau N°10	Indices d'Emberger	17
	CHAPITRE III: APPLICATION DES METHODES DIRECTE ET INDIRECTE AU CALCUL DE L'EVAPORATION	
Tableau N°1	Exemple du Calcul de l'évaporation du barrage de fontaine des gazelles par la méthode du bilan hydrique (2003)	44
Tableau N°2	Exemple du Calcul de l'évaporation par la méthode du déficit de saturation de l'air« D » (2003)	45
	CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	
Tableau N°1	Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (2000 jusqu'à 2016)	57
Tableau N°2	Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air« D » (2000 jusqu'à 2016)	65

Liste des Figures

N°	Titre	PAGE
	CHAPITRE I : PRESENTATION DU BARRAGE- FONTAINE DES GAZELLES	
Figure 1	Localisation des quatre barrages situés aux régions arides	04
Figure 2	Localisation du Barrage Fontaine des Gazelles Sur le bassin de Oued El-Hai	05
Figure 3	Station pluviométrique du barrage Fontaine des gazelles	07
Figure 4	Températures moyennes maximales, minimales et annuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2016)	08
Figure 5	Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2016)	09
Figure 6	Variation des précipitations mensuelles de la région de Biskra (2000-2016).	10
Figure 7	Variation des précipitations annuelles de la région de Biskra (2000-2016).	11
Figure 8	Variation de vitesse des vents moyens mensuels (km/h) (2000-2016).	12
Figure 9	Variation de l'humidité relative en fonction de la température (2000-2016)	13
Figure 10	Variation de l'humidité absolue en fonction de la température(2000-2016)	13
Figure 11	Variation de la pression atmosphérique pendant la période (2000-2016)	14
Figure 12	Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN (2000-2016).	15
Figure 13	Climagramme d'Emberger	18
	CHAPITRE II : METHODES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION DES PLANS D'EAU	
Figure 1	Le cycle naturel de l'eau	20
Figure 2	La retenue de barrage de Fontaine des Gazelles	25
Figure 3	Bacs d'évaporation Classe-A-	27
Figure 4	Bacs d'évaporation Colorado.	27
Figure 5	Carte de l'évaporation moyenne annuelle (mm) des plans d'eau en Algérie	29

CHAPITRE III :		
APPLICATION DES METHODES DIRECTE ET INDIRECTE AU CALCUL DE L'EVAPORATION		
Figure 1	La retenue de barrage de fontaine des gazelles	35
Figure 2	Pluviomètre de mesure des pluies du barrage de Fontaine des Gazelles (Pluviomètre manuelle)	36
Figure 3	Abri météorologique du barrage de Fontaine des Gazelles (Pluviomètre automatique)	37
Figure 4	Anémomètre totalisateur du barrage de Fontaine des Gazelles.	38
Figure 5	Position de l'échelle limnimétrique sur la digue du barrage de Fontaine des Gazelles.	38
Figure 6	Un bac d'évaporation classe- A- du barrage de Fontaine des Gazelles	40
Figure 7	La règle de mesure de l'évaporation dans le bac class A	41
Figure 8	Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (bilan hydrique et bac class –A) L'année 2003	44
Figure 9	Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (déficit de saturation de l'air et bac class –A) l'année 2003	46
CHAPITRE IV :		
RESULTATS ET DISCUSSION		
Figure 1	Représentation graphiques des deux méthodes (bilan hydrique et bac class –A)	48-50
Figure2	Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (bilan hydrique et du bac class –A).	51
Figure 3	Représentation graphique des deux méthodes (de déficit de saturation de l'air et bac class –A)	52-54
Figure 4	Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (déficit de saturation de l'air et bac class –A)	55



INTRODUCTION
GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

L'eau douce, source de vie, a toujours été, et restera un enjeu vital pour l'Homme. Sa quantité étant quasi constante mais limitée, il est nécessaire de la préserver. L'augmentation de la population, les besoins croissants en nourriture, entre autres, induisent un stress hydrique plus ou moins important selon les régions du globe.

De tous temps, l'Homme a construit des moyens de canaliser et de stocker l'or bleu « Eau ». Le développement des barrages et des lacs réservoirs a permis de stocker des quantités d'eau importantes pour en optimiser la répartition saisonnière. Ainsi, la constitution de réserves l'hiver permet de faire face à une forte demande en eau pendant l'été pour l'irrigation. La gestion complexe de tels ouvrages permet de satisfaire au mieux les demandes en eau. Cependant, la notion de retenues des barrages implique de manière systématique du phénomène de l'évaporation qui crée un problème majeur contre la préservation des ressources hydriques en niveau des ouvrages hydrauliques.

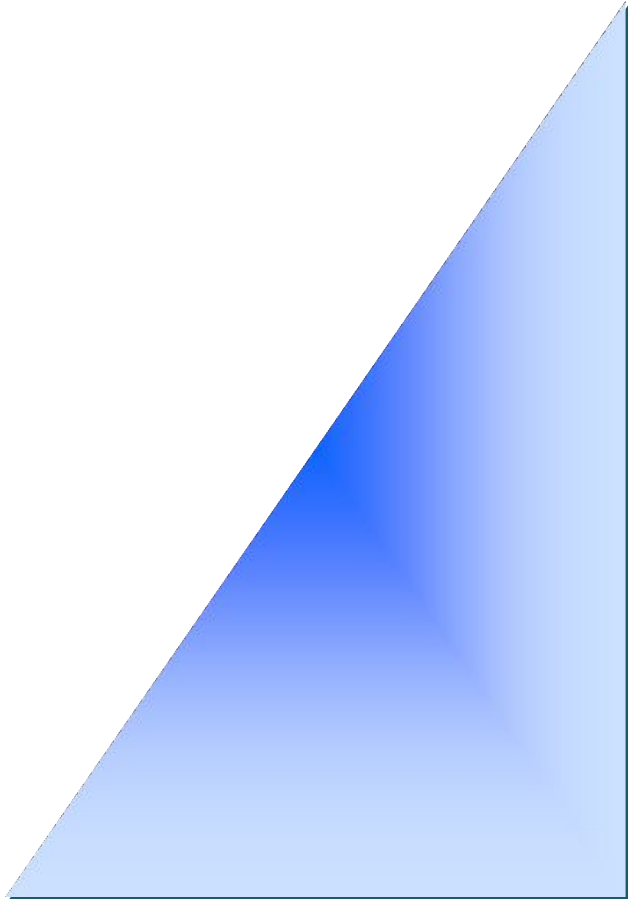
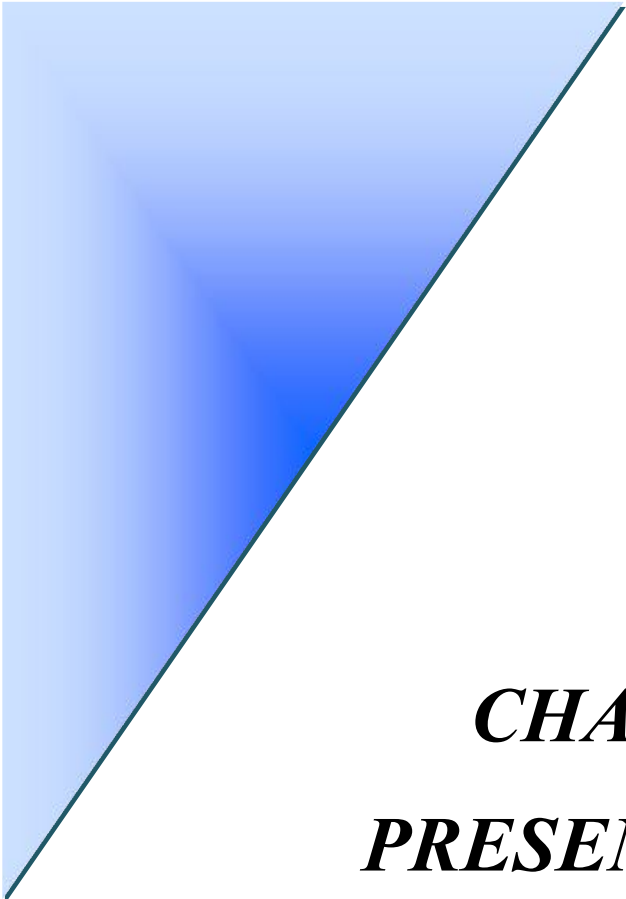
Le réchauffement climatique, plus ou moins prononcé selon les climats, rend nécessaire une estimation de plus en plus précise de cette quantité d'eau évaporée. A travers cette étude, on a essayé d'estimer l'évaporation au niveau d'une retenue du barrage de fontaine des gazelles située au sud algérien. L'estimation de l'évaporation de manière « directe » ne donnant pas des résultats exploitables en raison d'un grand nombre d'incertitudes sur les données mesurées, il a été nécessaire d'utiliser d'autres formules empiriques.

En Algérie, la mesure de l'évaporation est confiée aux services de l'office national de la météorologie (ONM) et aux services de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). La détermination de la valeur de l'évaporation des plans d'eau en Algérie est effectuée donc à partir des stations météorologiques équipées de bacs d'évaporation de ces deux organismes (ONM et ANRH). En absence de ces bacs, elle est déterminée par analogie avec les plans d'eau qui sont toujours mesurés. L'erreur liée à l'évaluation par analogie, peut atteindre des valeurs considérables (mauvais choix du plan d'eau analogue). Quant aux stations météorologiques (bacs d'évaporation), qui offrent de bons résultats, elles sont malheureusement limitées en nombre et elles ne couvrent que quelques régions du pays.

Le but de ce travail est estimé les évaporations de barrage de fontaine des gazelles en utilisant trois méthodes indirectes pour les estimer. Notre étude est suivie d'une étude

comparative des méthodes indirectes choisies et celle du bac d'évaporation. Pour cela notre travail est divisé en quatre chapitres importants :

- ✓ Premier chapitre : Présentation du barrage de fontaine des gazelles.
- ✓ Le second chapitre : Méthodes d'estimation de l'évaporation des plans d'eau
- ✓ Le troisième chapitre : Application des méthodes directes et indirecte au calcul de l'évaporation
- ✓ Le quatrième chapitre : Résultats et discussion



CHAPITRE I :
PRESENTATION DU
BARRAGE- FONTAINE DES
GAZELLES-

I - INTRODUCTION :

En Algérie, la demande en eau est en pleine progression du fait de la forte croissance démographique couplée à l'industrialisation. 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. En matière de quantité, l'infrastructure hydrotechnique Algérienne forte de 74 grands barrages, d'une capacité de 8 milliards de m³ est amputée annuellement d'une capacité de plus de 50 millions de m³ (Remini, 2016).Ceux qui se situent aux régions arides sont comptés de quatre barrages (Fontaine des Gazelles et Foum El-Gherza (Biskra), Djorf –Torba (Bechar) et Brézina (Al-Bayadh).

Nous accordons une attention particulière au barrage de Fontaine des Gazelles qui est destiné à l'irrigation des régions au nord de la ville de Biskra. Il s'agit d'un barrage en terre, à noyau central argileux, avec 42,5 m de hauteur, 385 m de longueur et une capacité totale de la retenue de 55 491 hm³ (ANBT, 2015).

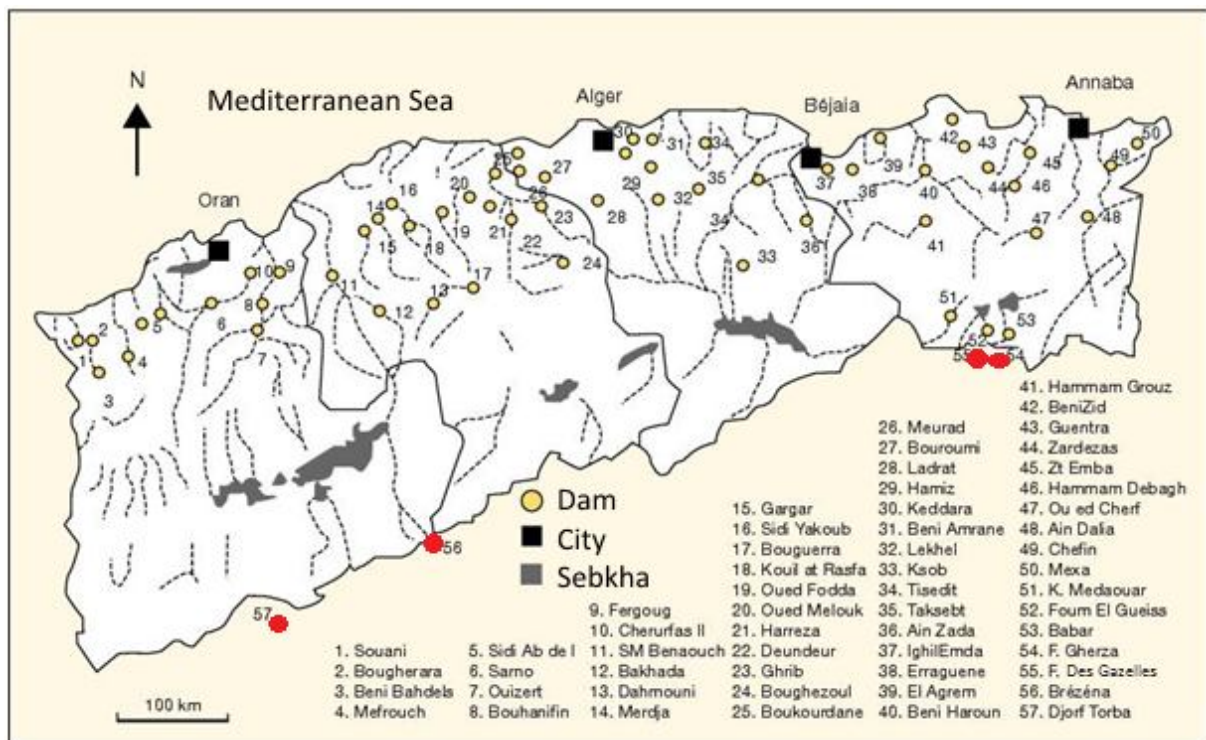


Figure 1. Localisation des quatre barrages situés aux régions arides (Remini, 2009)

II-SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BARRAGE FONTAINE DES GAZELLES

Le barrage de Fontaine des gazelles est situé à 35 Km Nord-Ouest de la ville de Biskra, construit sur Oued El-Hai en année 2000 dont la superficie de son bassin versant 1660 km² et un périmètre de 193 km. Sa construction rentre dans le cadre du développement agricole de la plaine d'El-Outaya .Il fait partie du grand bassin hydrographique de Chott Melghir. Son indice de compacité de Grave lui est de valeur 1,32 d'où le bassin versant est de forme allongé, ce qui augmente théoriquement le temps de concentration.

La limite de bassin de Oued El-Hai par rapport aux coordonnées géographiques est donnée suivant la carte topographique de Batna et Barika à l'échelle 1/200.000 (Figure 2) :

Latitude : 35° 5 53 et 35° 35' 21 NORD ; Longitude : 5° 30' et 6° 17' 36 EST

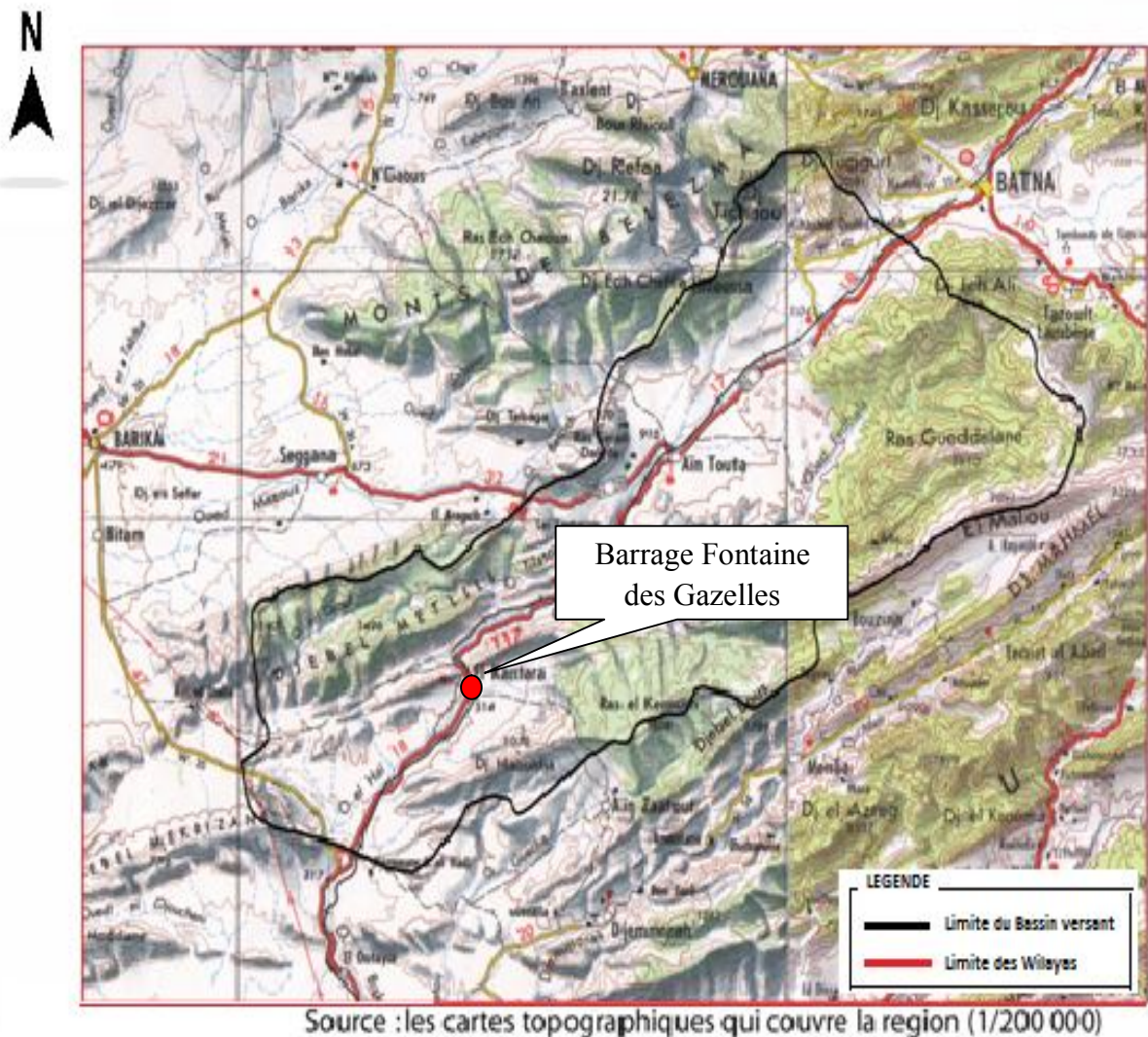


Figure 2. Localisation du Barrage Fontaine des Gazelles Sur le bassin de Oued El-Hai (Rerboudj, 2005)

III- FICHE TECHNIQUE DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES**III-1-Caractéristiques hydrologiques**

- Oued : EL HAI
- Capacité initiale : 55 ,50 hm³
- Capacité dernier levé (2004) : 54 ,74 hm³
- Apport moyen annuel : 20,60 hm³
- Volume Mort : 7,00 hm³
- Volume régularise : 14,00 hm³
- Envasement annuel : 0,25 hm³ /an
- Surface du bassin versant : 1 660 km²

III-2-Caractéristiques techniques

- Type : Terre
- Hauteur : 42 ,5 m
- Longueur crête : 370 m
- Largeur crête : 08,50 m
- Cote retenue Normale (R.N) : 384,00 m
- Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E) : 388 ,00 m
- Déversoir : à seul libre : 3 000 m³ /s vidange de Fond : 21 m³ /s
- Date de début d'exploitation : janvier 2006

IV- CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA REGION DE BISKRA

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 de fontaine des gazelles sont obtenues à partir des données de la station météorologique de l'aéroport de Biskra (<https://fr.tutiempo.net/>, 2016) pour une période s'étalant de 2000 à 2016. Notons que le barrage de fontaine des gazelles se dispose d'une station pluviométrique équipée juste par un pluviomètre et un bac d'évaporation classe -A-. Les mesures des précipitations et de l'évaporation du bac sont faites chaque jour. Pour la température, on a constaté y a des relevés journalières mais présentent beaucoup de lacunes ce que nous a pas permis de les analyser. Ce que nous a amené à choisir une autre station proche de notre barrage étudié.



Figure 3. Station pluviométrique du barrage Fontaine des gazelles (Laouni et Bettahar, 2017).

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

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

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tmax	28.6	29.3	28.89	28.6	28.1	29.05	28.8	28.6	28.5
Tmin	16.6	17.7	16.72	17.3	16.6	16.94	17.0	16.9	16.8
Tmoy	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
Tmax	28.5	28.7	28.6	29.5	28.8	29.6	29.0	29.4	28.86
Tmin	16.3	16.9	16.7	17.2	17.0	17.4	16.8	17.5	16.96
Tmoy	22.4	22.8	22.6	23.4	22.9	23.6	23.0	23.5	22.96

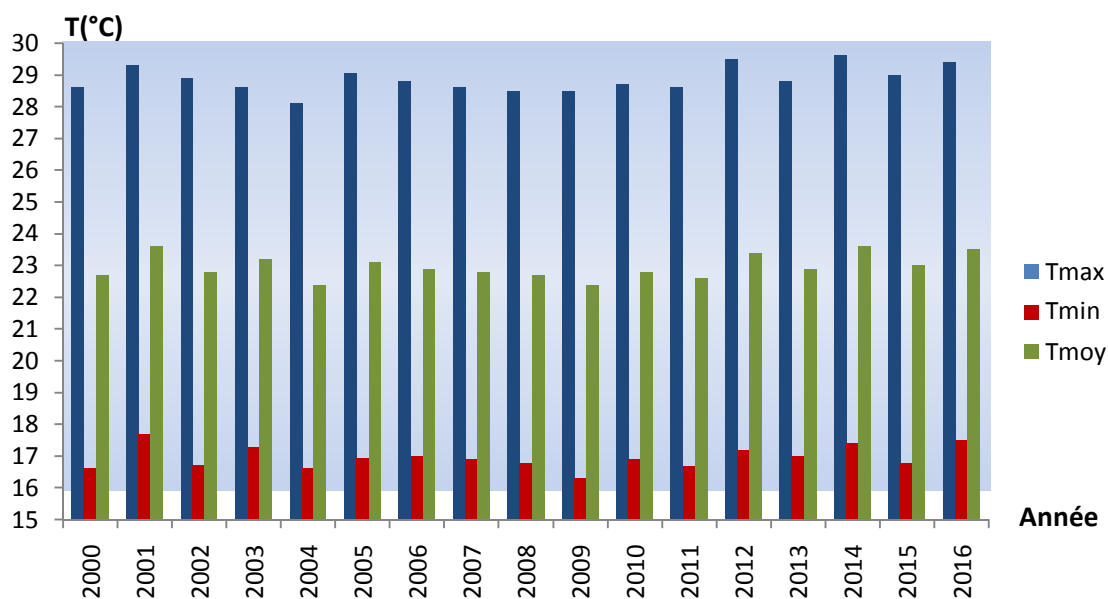


Figure 4. Températures moyennes maximales, minimales et annuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2016)

La région de Biskra est caractérisée par de fortes températures, la température moyenne annuelle est de 22.96 °C (Tableau n°1). Après un aperçu sur les températures moyennes annuelle, la température moyenne du mois le plus chaud est noté durant le mois d'Aout avec

34.18 °C. Celle du mois le plus froid en janvier atteignant 11.33 °C. La température maximale la plus élevée durant cette période est enregistrée durant le mois de juillet avec 42,33 °C. Alors que la température minimale est enregistrée durant le mois de janvier avec 6.54°C (Tableau N°2).

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	17.50	19.00	23.5	26.33	33.00	37.5	42.33	39.00	35.50	29.00	22.94	17.50
Tmin	6.54	7.50	11.52	15.00	19.86	24.55	29.00	28.00	23.00	19.00	12.00	8.40
Tmoy	11.33	15.00	16.00	22.50	27.00	31.6	36.00	34.18	29.00	23.5	20.00	12.67

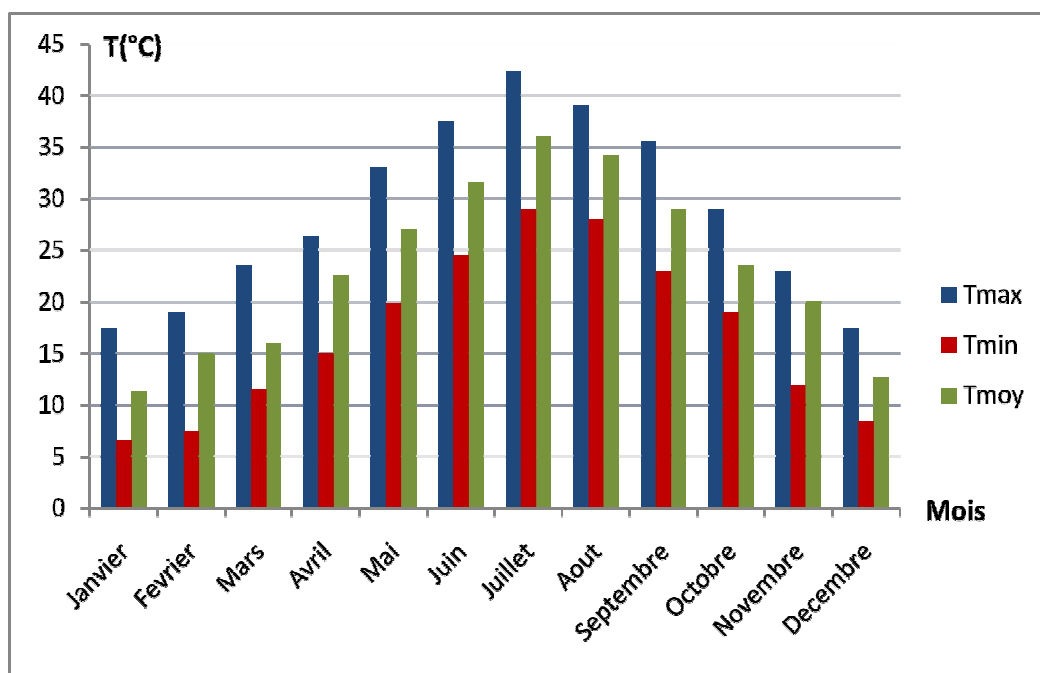


Figure 5. Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2000-2016)

IV-2- Précipitations

La pluviométrie est un facteur écologique essentiel. Avec la température, elle conditionne les climats terrestres, 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 (26.33mm) et elle est minimale le mois de Juillet (1.35mm).

Tableau N°3: Variation des 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

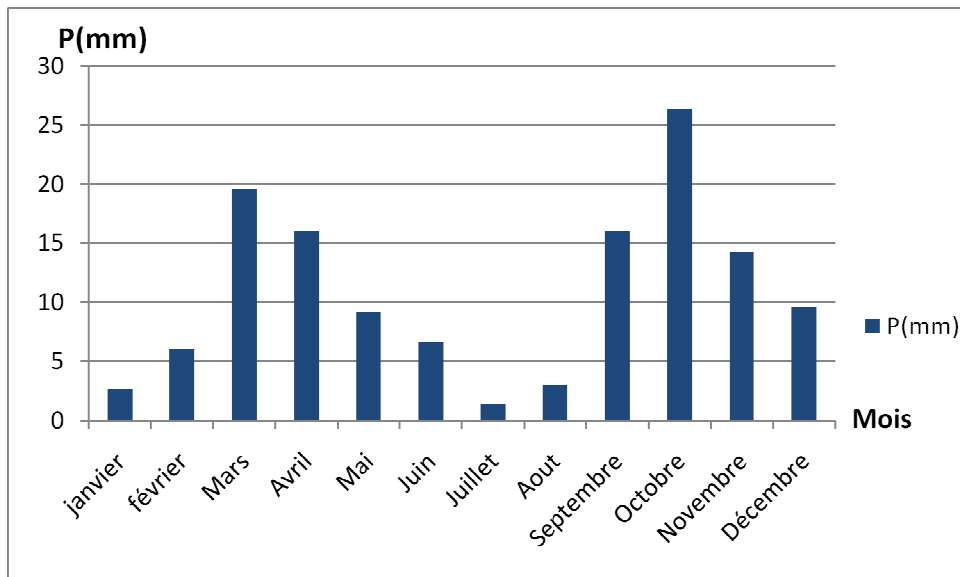


Figure 6. Variation des précipitations mensuelles de la région de Biskra (2000-2016).

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	

Nous constatons que durant les 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 60,7mm.

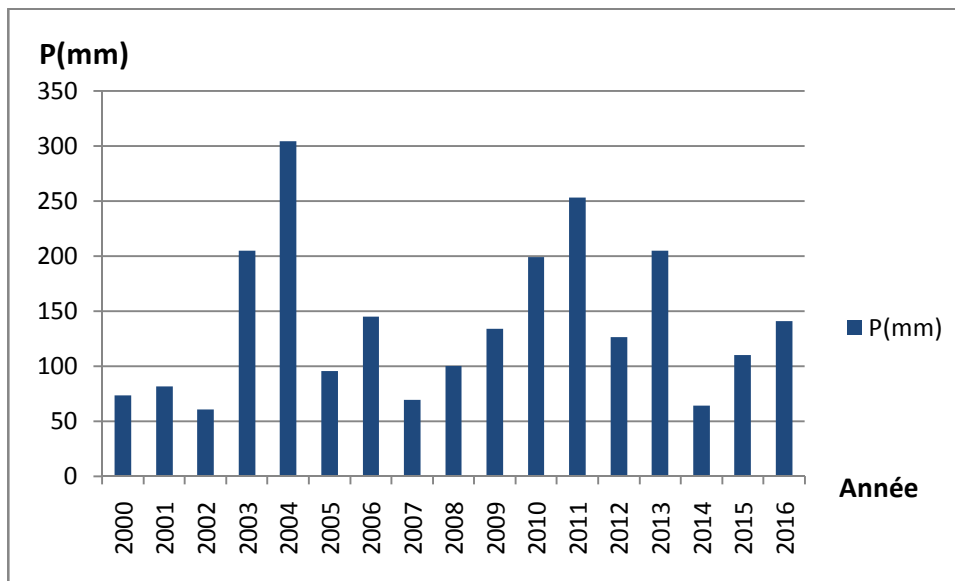


Figure 7. Variation des précipitations annuelles de la région de Biskra (2000-2016).

IV-3- 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.

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

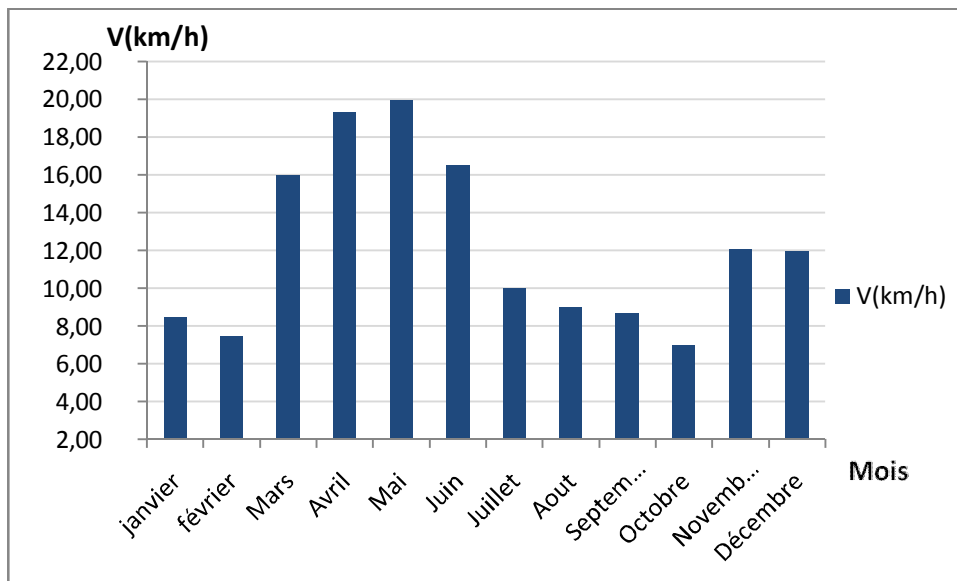


Figure 8. Variation de vitesse des vents moyens mensuels (km/h) (2000-2016).

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 7.00km/h.

IV-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 n°6, nous constatons quel 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.

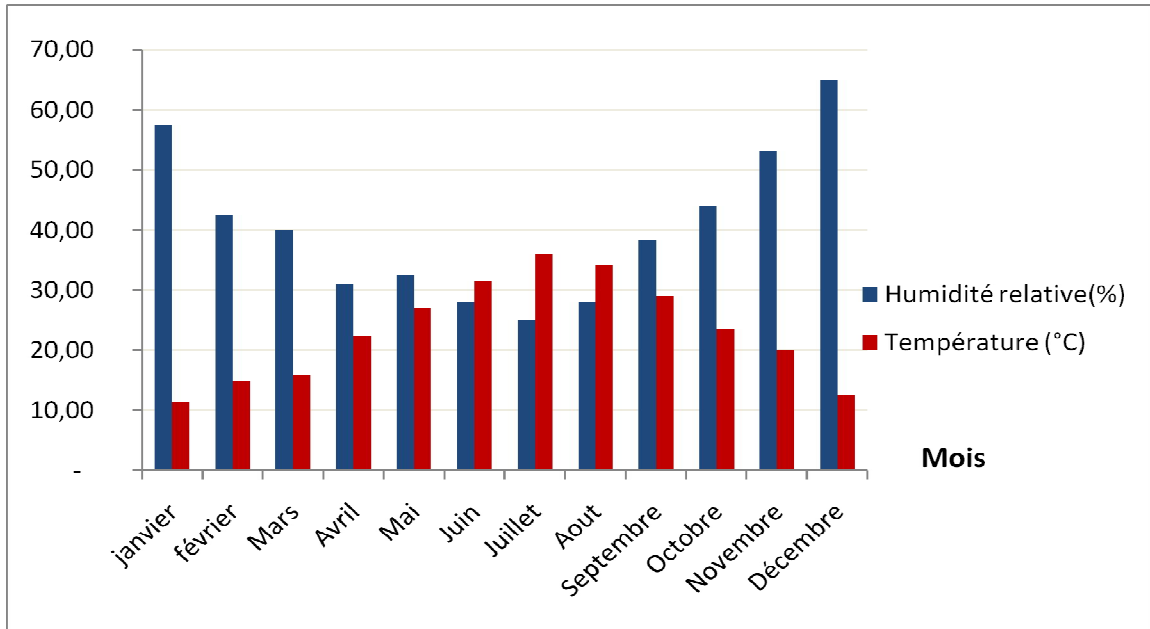


Figure 9. Variation de l'humidité relative en fonction de la température (2000-2016)

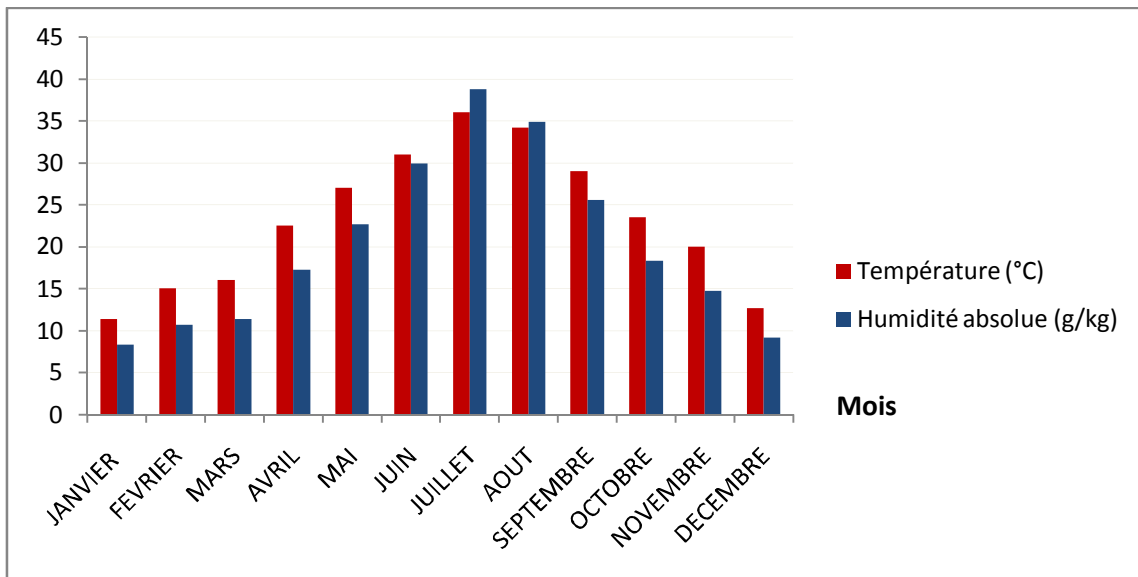


Figure 10. Variation de l'humidité absolue en fonction de la température (2000-2016)

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

IV -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 où 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

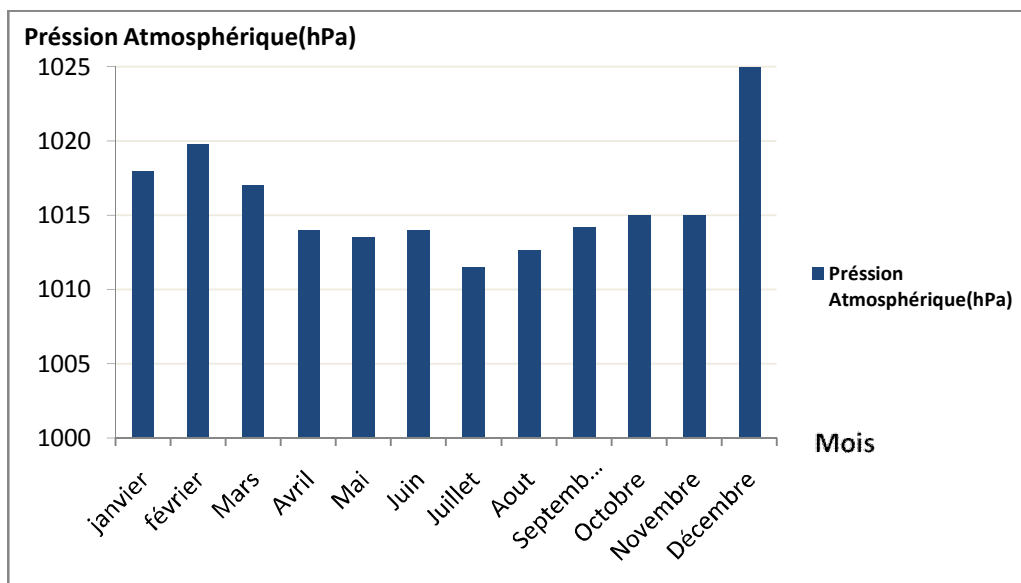


Figure 11. Variation de la pression atmosphérique pendant la période (2000-2016)

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 (1025hPa).

V- COURBE OMBRO-THERMIQUE 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

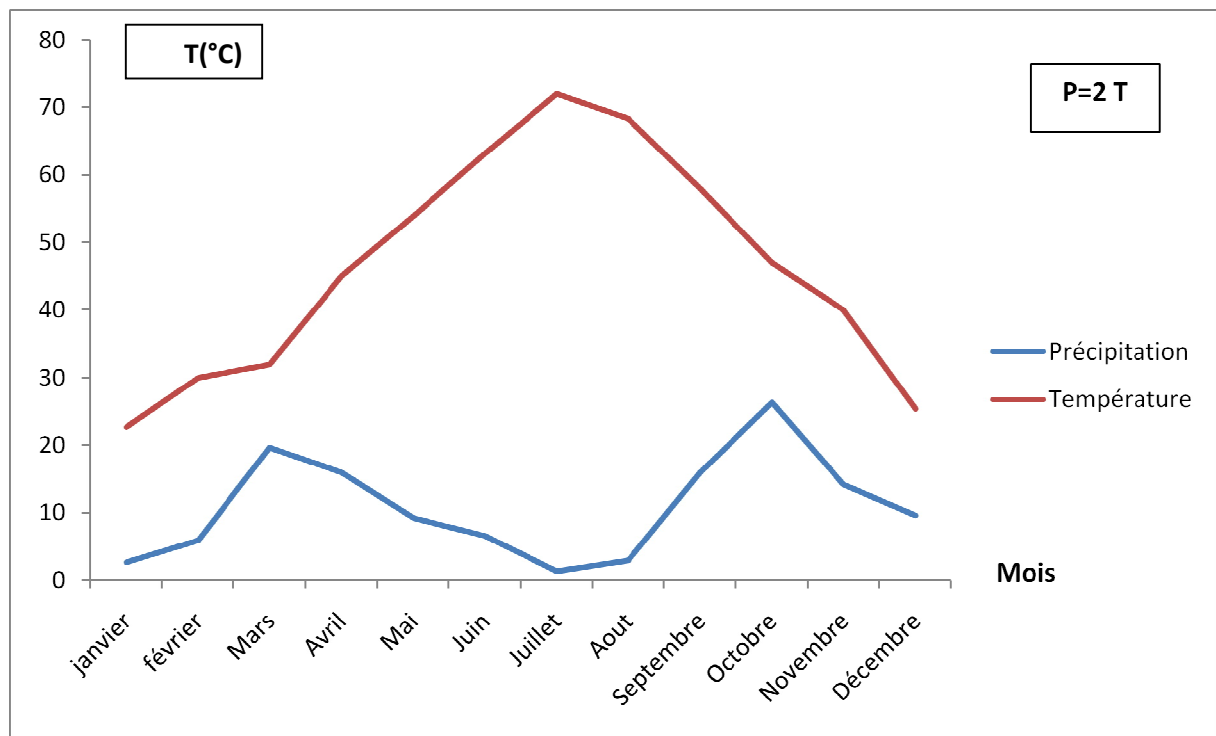


Figure 12. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN (2000-2016).

VI- INDICES CLIMATIQUES

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

VI- 1- Indice d'aridité annuel de MARTONNE

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

$$I = \frac{P_{moy}}{T_{moy}+10} \quad (1)$$

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 : $P=139.03\text{mm}$; $T=16.96\text{ }^{\circ}\text{C}$

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

VI-2- Indice d'aridité mensuel de Martonne

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

$$a = \frac{12P}{T+10} \quad (2)$$

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.

VI-3-Indice climatique d'Emberger

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

$$Q = 2000 \frac{P}{(M^2 - m^2)} \quad (3)$$

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** ».

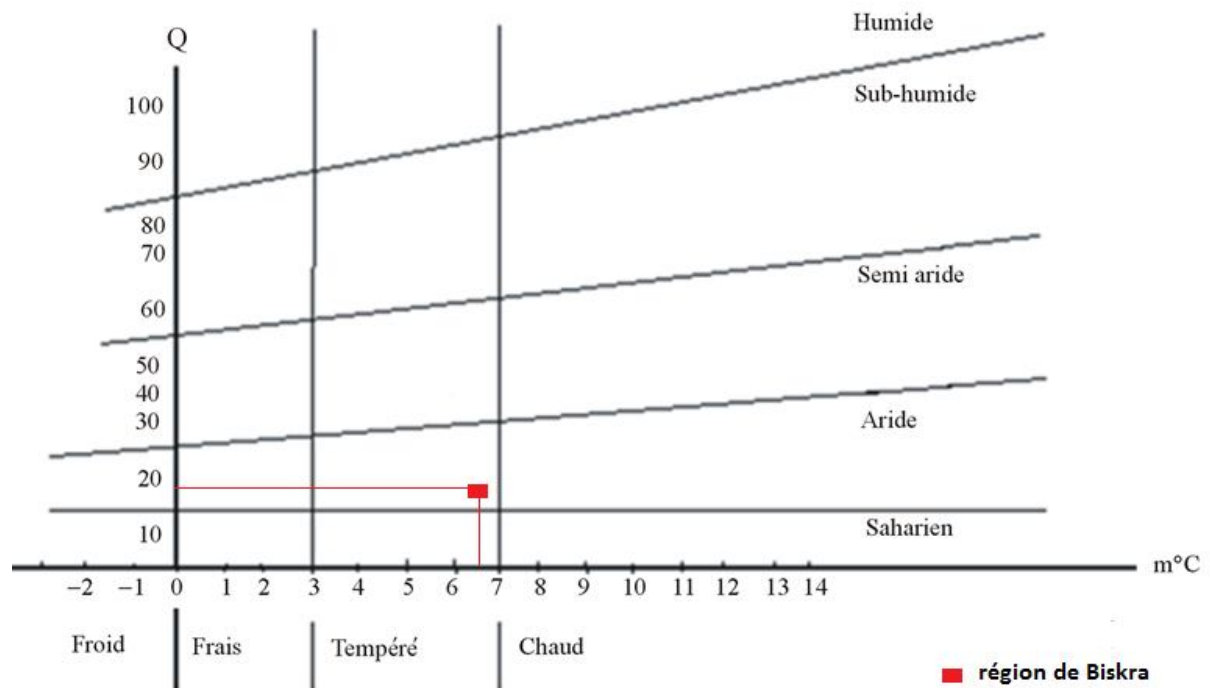


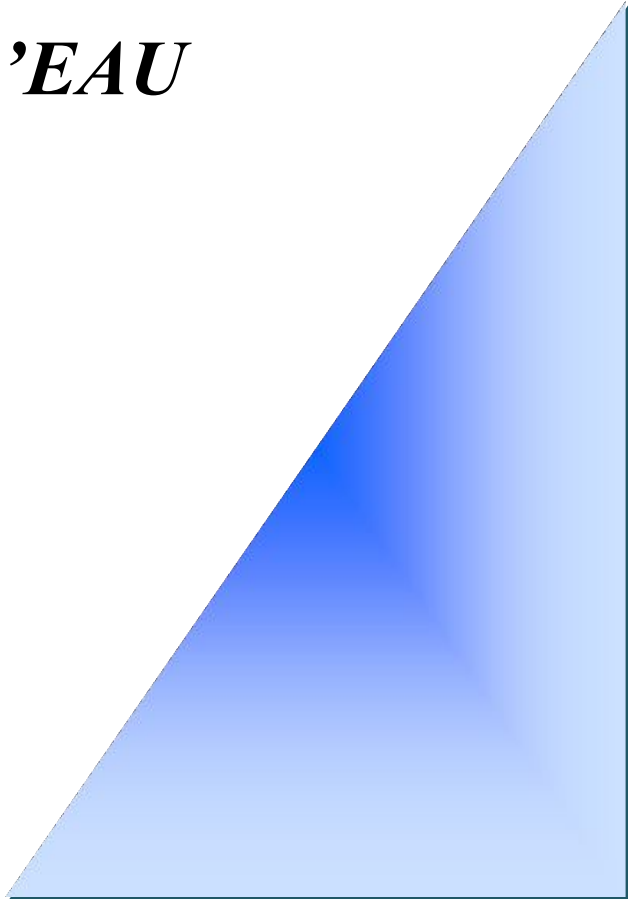
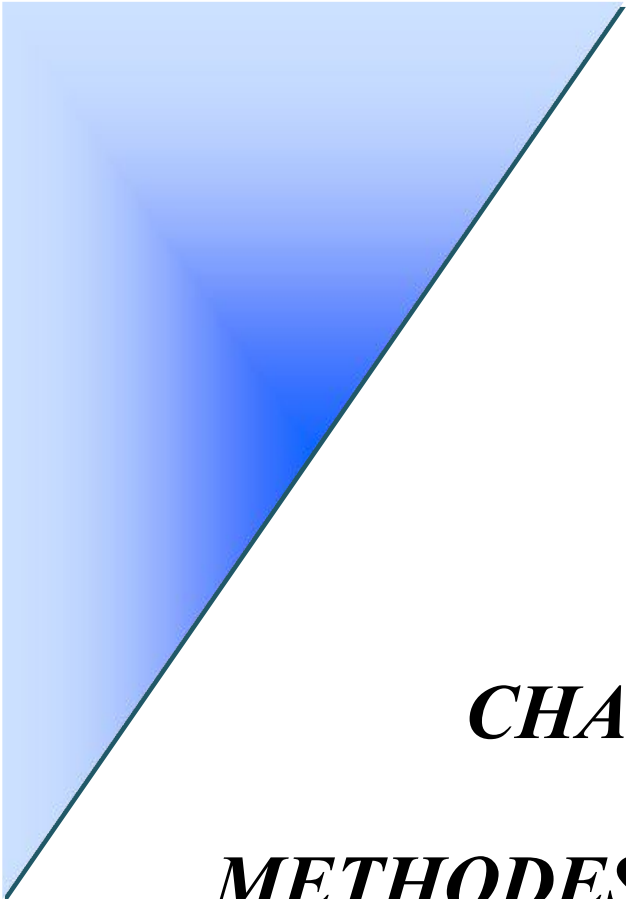
Figure 13. Climagramme d'Emberger

VII- CONCLUSIONS

Ce chapitre a présenté la situation et les caractéristiques climatiques de la région où se trouve le barrage de fontaines des gazelles. Notons que :

- ✓ La température mensuelle maximale est de 42.33°C au mois de juillet;
- ✓ La température mensuelle minimale est de 6.54°C au mois de janvier ;
- ✓ La température moyenne mensuelle est de 11.33°C au mois de janvier et 36.00 °C au mois de juillet ;
- ✓ Les précipitations mensuelles minimales sont enregistrées le mois de juillet (1.35mm) et les précipitations maximales le mois d'Aout (26.33mm);
- ✓ Vitesse des vents moyens mensuels est de 20 km/h au mois de Mai et 7km/h au mois d'Aout;
- ✓ L'humidité relative est de 25% le mois de juillet et 65% le mois de décembre ;
- ✓ L'humidité absolue est de 8.34 k/kg le mois de janvier et 38.75 le mois de juillet ;
- ✓ La pression atmosphérique est de 1018 le mois de janvier et 1025 le mois de décembre ;

Selon les indices climatiques calculés nous confirmons que notre barrage se trouve dans une région à climat aride.



CHAPITRE II :
METHODES D'ESTIMATION
DE L'EVAPORATION DES
PLANS D'EAU

I-INTRODUCTION

En raison de l'absence de données appropriées pour le calcul de l'évaporation, de nombreux articles ont été consacrés à l'estimation de l'évaporation. Pour cela, nous avons effectué une recherche bibliographique sur les différentes méthodes de calcul de l'évaporation des plans d'eau.

II-NOTION DE L'EVAPORATION

Le cycle de l'eau peut se schématiser en trois phases: les précipitations, le ruissellement de surface et l'écoulement souterrain, et l'évaporation. Il est intéressant de noter que dans chacune des phases on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement temporaire et parfois un changement d'état. Il s'ensuit que l'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut se faire à l'aide d'une équation appelée "bilan hydrologique" qui est le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps. L'évaporation débute par le mouvement des molécules d'eau. A l'intérieur d'une masse d'eau liquide, les molécules vibrent et circulent de manière désordonnée et ce mouvement est lié à la température. Plus, elle est élevée, plus le mouvement est amplifié et plus l'énergie associée est suffisante pour permettre à certaines molécules de s'échapper et d'entrer dans l'atmosphère (Musy, 2004). Donc, l'évaporation peut s'expliquer comme un phénomène de diffusion c'est à dire le passage de l'eau liquide à la vapeur d'eau, sous l'effet de l'énergie solaire « la source de la température » (Riou, 1975).

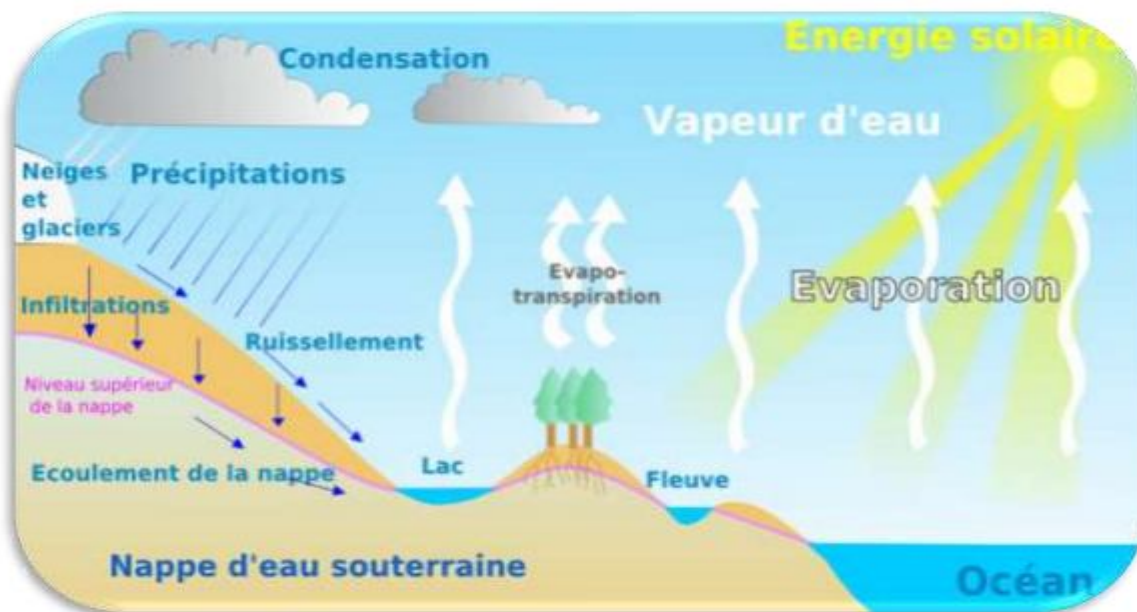


Figure 1. Le cycle naturel de l'eau (Wikipédia, 2014).

III- EVAPORATION DE DIFFERENTES SURFACES

Il y a plusieurs surfaces qui sont en cours de processus d'évaporation, comprenant:

III-1-Evaporation à partir des surfaces humides naturelles :

Le taux d'évaporation d'une surface humide quelconque (eau, neige, glace, sol humide) n'est pas seulement fonction du pouvoir évaporant de l'atmosphère, mais aussi des paramètres caractérisant les disponibilités en eau et l'aptitude de cette surface humide à alimenter l'évaporation.

III-2- Evaporation de neige et de glace :

Assez mal connu, l'évaporation de la neige ou de la glace, qui est un phénomène de sublimation, s'accompagne de l'évaporation de l'eau liquide souvent mélangée à l'eau solide. On estime toutefois qu'en règle générale, les quantités évaporées à partir d'une surface couverte de neige sont assez faibles puisque la neige fond à zéro degré et qu'à cette température, la pression de vapeur saturante est faible. Le taux d'évaporation d'un mélange neige ou glace et eau est plus forte (Remenieras, 1999).

III-3-Evaporation à partir d'un sol nu :

L'évaporation à la surface des sols et la transpiration des végétaux conditionnent le plus souvent le "déficit d'écoulement" d'un bassin. À l'exception des terrains particulièrement poreux ou fissurés, l'évaporation ne peut avoir lieu qu'à partir de la surface d'un sol humide ou de voisinage immédiat de celle-ci. Elle tend à diminuer

L'humidité de cette couche en provoquant un mouvement ascendant de l'eau emmagasinée dans les couches sous-jacentes, L'évaporation des sols nus, en l'absence de réalimentation en eau des couches plus profonds, provoque une diminution de l'humidité dans les couches superficielles et enfin leur assèchement à peu près total (Remenieras, 1959). Les facteurs influençant l'évaporation à partir d'un sol nu sont :

- **Teneur en eau du sol** : Elle conditionne les processus d'évaporation. Plus le sol est sec et plus les flux évaporés seront faibles

- **Capillarité** : Les remontées capillaires permettent d'amener de l'eau jusqu'au front d'évaporation.

- **Couleur du sol et albédo**: Les sols de couleur claire présentant des valeurs d'albédo élevées vont absorber moins de rayonnement que des sols foncés. Toutefois, dans le cas où la quantité d'eau n'est pas un facteur limitant, les écarts entre l'évaporation d'un sol clair et celui d'un sol foncé ne sont généralement que de l'ordre de quelque pour cent, l'avantage étant donné au sol foncé (Musy, 2004).

III-4-Evaporation des nappes d'eau libre :

Comme pour la pluie, l'évaporation se définit par l'épaisseur, exprimée en millimètres, de la couche d'eau évaporée dans l'unité de temps que l'on considère : jour, mois, année (DUBIEF, 1949). La détermination de sa valeur est difficile pour une grande étendue, plusieurs méthodes ont été utilisées pour sa mesure.

IV-LES FACTEURS METEOROLOGIQUES INFLUANT SUR L'EVAPORATION

On regroupe, dans catégorie des facteurs météorologiques, les paramètres qui caractérisent l'état de l'atmosphère au voisinage de la surface évaporant de même que son aptitude à provoquer l'évaporation. Ces paramètres régissent donc la capacité d'évaporation de l'atmosphère (Jabi et Rousselle, 1990).

IV-1-L'humidité de l'air :

L'effet de l'humidité de l'air sur l'évaporation peut s'exprimer à l'aide de la loi de Dalton. Celui-ci avait mis en évidence, que si tous les autres facteurs restent invariables, le taux d'évaporation d'une surface libre est inversement proportionnel à l'humidité de l'air (Jabi et Rousselle, 1990).

IV-2-La température de l'air :

La température de l'air influence directement la température de l'eau T_0 et la tension de vapeur saturante de l'eau e_0 . Elle est de plus liée à d'autres facteurs météorologiques qui influencent eux aussi l'évaporation, comme le rayonnement solaire ou la sécheresse de l'air. Ceci a permis d'établir, pour certains sites, une relation entre les températures moyennes mensuelle et annuelle et l'évaporation résultante. En pratique de telles relations sont fort utiles étant donné que la température est un phénomène facilement mesurable (Jabi et Rousselle, 1990).

IV-3-Le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire fournit aux molécules d'eau l'énergie nécessaire pour activer leur mouvement, les faisant ainsi passer de la phase liquide à la phase vapeur. L'évaporation peut donc être considérée comme un processus qui absorbe de la chaleur, ou processus refroidissant (Jabi et Rousselle, 1990).

IV-4-La vitesse et la turbulence du vent :

Le vent favorise l'évaporation. En effet, il assure le remplacement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par de nouvelles couches ayant une température et une humidité généralement plus faibles. La vitesse et la turbulence du vent atteignent toutefois

une valeur limite au-dessus de laquelle la vapeur d'eau se dissipe au fur et à mesure de sa formation (Jabi et Rousselle, 1990)

IV-5-La pression atmosphérique:

La plupart des auteurs considèrent que l'influence de la pression atmosphérique sur l'évaporation est minime. En général, on admet toute fois que l'évaporation augmente lorsque la pression atmosphérique diminue (Jabi et Rousselle, 1990).

V-LES FACTEURS PHYSIQUES INFLUANT SUR L'EVAPORATION

Les facteurs physiques participant dans les changements d'évaporation des nappes d'eau libre sont:

V-1-Profondeur :

La profondeur de la surface d'eau libre joue un rôle essentiel sur la capacité de cette dernière à emmagasiner de l'énergie. D'une manière générale, la différence essentielle entre une surface d'eau libre peu profonde et une surface d'eau libre profonde réside dans la sensibilité de la première aux variations climatiques saisonnières. Il s'ensuit qu'une surface d'eau libre peu profonde sera sensible aux variations météorologiques selon la saison, tandis qu'une surface d'eau libre profonde, de par son inertie thermique, présentera une réponse évaporative nettement différente. Cependant, les volumes totaux évaporés peuvent être sensiblement les mêmes dans les deux cas. (Musy (b), 2004).

V-2-Etendue :

L'étendue de la surface d'eau libre joue un rôle important sur les quantités évaporées puisque

L'évaporation, à vitesse du vent égale, est proportionnelle à la surface évaporant ainsi qu'à l'humidité relative (Musy, 2004) et (Remenieras, 1999).

V-3-Salinité :

Une augmentation de la teneur en sel de 1 % environ diminue l'évaporation de 1 % suite à la diminution de pression de vapeur dans l'eau salée. Un constat similaire peut être dressé pour d'autres substances en solution puisque la dissolution d'un produit entraîne une diminution de la pression de vapeur. Cette baisse de pression est directement proportionnelle à la concentration de la substance en solution (Musy, 2004). L'évaporation, passage de l'eau d'un état liquide à un état gazeux est une des Phases du cycle de l'eau, est un phénomène à la fois de diffusion, énergétique et climatique. Elle se réalise à partir de la neige et de la glace et c'est la plus faible, à partir des sols nus qui est fonction de la teneur en eau du sol, de sa

capillarité et de sa couleur et albédo et elle est , dans ce cas , la cause de l'assèchement à peu près total des couches superficielles et à partir des nappes d'eau libre qui est fonction en plus des éléments Météorologiques Tels que : l'insolation (quantité de chaleur) , la température de l'air et de l'eau , l'humidité , la pression atmosphérique et le vent ; des éléments physiques tels que : la profondeur et l'étendue de la surface aquatique et la salinité de ses eaux .

VI-METHODES D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION

Le calcul de l'évaporation des nappes d'eau superficielles fait appel à trois méthodes:

VI-1-Méthode du bilan hydrique des étendues d'eau (cas d'une retenue)

Le principe de cette méthode est basé sur l'égalité de la recette et de la dépense du volume d'eau dans la retenue (Figure 15), tout en tenant compte de la variation du stockage. Cette méthode appartient à la loi de conservation de la quantité d'eau dans une retenue ou des étendues d'eau. L'évaporation en volume d'eau est déterminée par la relation suivante :

$$V_E = V_P + V_S + V_{ST} - V_{QS} - V_{QST} \pm \Delta V \quad (1)$$

Où :

Entrées (recette)

V_P - volume de pluie, tombant sur la retenue, Hm^3

V_{QST} - volume d'eaux superficielles reçus par la retenue, Hm^3

V_{ST} - volume d'eau des débits souterrains reçus par la retenue, Hm^3 .

Sorties (dépense)

V_{QS} - volume d'eau évacué par l'exutoire, Hm^3

V_S - volume d'eau des débits souterrains sortant de la retenue, Hm^3

V_E - volume d'eau évaporé de la surface de retenue, Hm^3

$\pm \Delta V$ - stockage ou des stockages subi par la retenue, Hm^3 .

- ❖ L'estimation de l'évaporation par cette méthode du bilan est très peu employée du fait de l'imprécision et de la difficulté d'effectuer des mesures de la plupart des composants de l'équation (1) en particulier les entrées et les sorties souterraines.



Figure 2. La retenue de barrage de Fontaine des Gazelles (Laouni et Bettahar ,2017)

VI-2-Méthode des bacs d'évaporation

Les bacs d'évaporation ont pour but de se rapprocher le plus possible des conditions prévalant à l'évaporation provenant des étendues d'eau naturelles. Il faut donc augmenter le plus possible l'inertie thermique, étant bien entendu qu'on ne parvient jamais à atteindre l'inertie d'un grand réservoir naturel. Il faudrait également que l'état d'humidité de l'atmosphère au contact soit modifié de la même manière que dans la nature, que l'effet du vent soit respecté, etc.

Le phénomène de l'évaporation à partir des bacs lui aussi basé sur la loi du bilan hydrique, avec l'absence totale des débits souterrains et des pertes par infiltration qui sont très difficiles à estimer.

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, décennie), 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.

Les bacs peuvent être installés sous le niveau du sol (enterrés), sur l'eau (bacs flottants) ou à la surface du sol. Le taux d'évaporation des petites surfaces étant supérieur à celui des lacs ou des grands bassins, l'extrapolation de la mesure à partir du bac se fait à partir d'un coefficient de correction inférieur à 1, qui dépend du type de bac.

L'expression simplifiée du bilan hydrique d'un bac pourra se traduire comme suit :

$$E = \Delta H \pm P \quad (2)$$

Où :

E - évaporation, mm;

P - pluie tombant sur le bac, mm;

ΔH - différence de côte du plan d'eau entre deux mesures, mm (BOUTOUTAOU, 1995)

Le passage de l'évaporation du bac à l'évaporation du plan d'eau se fait par multiplication des résultats de mesure sur le coefficient du bac :

$$E = K \cdot E_{\text{bac}} \quad (3)$$

Où :

E : évaporation du plan d'eau en mm

K : coefficient du bac ;(K=0.7- 0.8. Pour le bac Class A et Colorado figure 16 et17)

E_{bac} : évaporation mesurée sur le bac en mm.

- ❖ 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.



Figure 3 .Bacs d'évaporation Classe-A-

Figure 4 .Bacs d'évaporation Colorado.

VI-3- Méthodes hydrométéorologiques :

La méthode hydrométéorologique est la méthode la plus employée pour la détermination de l'évaporation des étendues d'eau (lacs, retenue, etc.....). Les formules de ce genre sont élaborées sur la base des données d'observation des stations météorologiques implantées aux sites des retenues et des stations continentales.

Ces formules sont simples et faciles à utiliser. Les valeurs numériques de leurs paramètres sont des données standards, toujours disponibles dans les bulletins météorologiques ainsi que dans les Atlas climatologiques de L'ONM (l'office national de la météorologie). Ces formules sont scindées en deux groupes :

Le premier comprend les formules reliant l'évaporation à plusieurs paramètres météorologiques telle que la relation entre l'évaporation, la température et l'humidité de l'air ainsi que la relation entre l'évaporation et de déficit de saturation de l'air. Le deuxième contient des formules basées sur la loi physique de Dalton.

Plusieurs auteurs considèrent que l'influence de la pression atmosphérique H sur l'évaporation est très faible. Cette influence est souvent masquée par l'action d'autres éléments météorologiques et elle peut être négligée dans les calculs de l'évaporation. La fonction du vent s'exprime sous plusieurs formes mathématiques et il n'existe pas un avis

commun aux auteurs. Il faut souligner que plusieurs paramètres influent sur la fonction du vent. La formule de calcul de l'évaporation proposée est la suivante:

$$E = 0,233 n (es - ea) (1 + 0,39 V) \quad (4)$$

Où :

E : évaporation, mm

es : tension de vapeur d'eau saturante à la température de la surface évaporante, mb;

ea : tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère, mb;

(es -ea) : déficit de saturation dans l'atmosphère, mb;

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)

Une autre méthode d'estimation 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 « ea » 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., 1995) :

Pour le nord de l'Algérie :

$$E = 0.342 n D^{0.80} (1+ 0.39 V) \quad (5)$$

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

$$E = 0.403 n D^{0.73} (1+ 0.39 V) \quad (6)$$

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 :

$$D = 0.0632 (100-H) e^{0.0632(t)} \quad (7)$$

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

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

-A partir de sa formule, Boutoutaou établit la carte de l'évaporation suivant au niveau du territoire algérien, ces travaux ont été les sources de nos recherches bibliographiques :

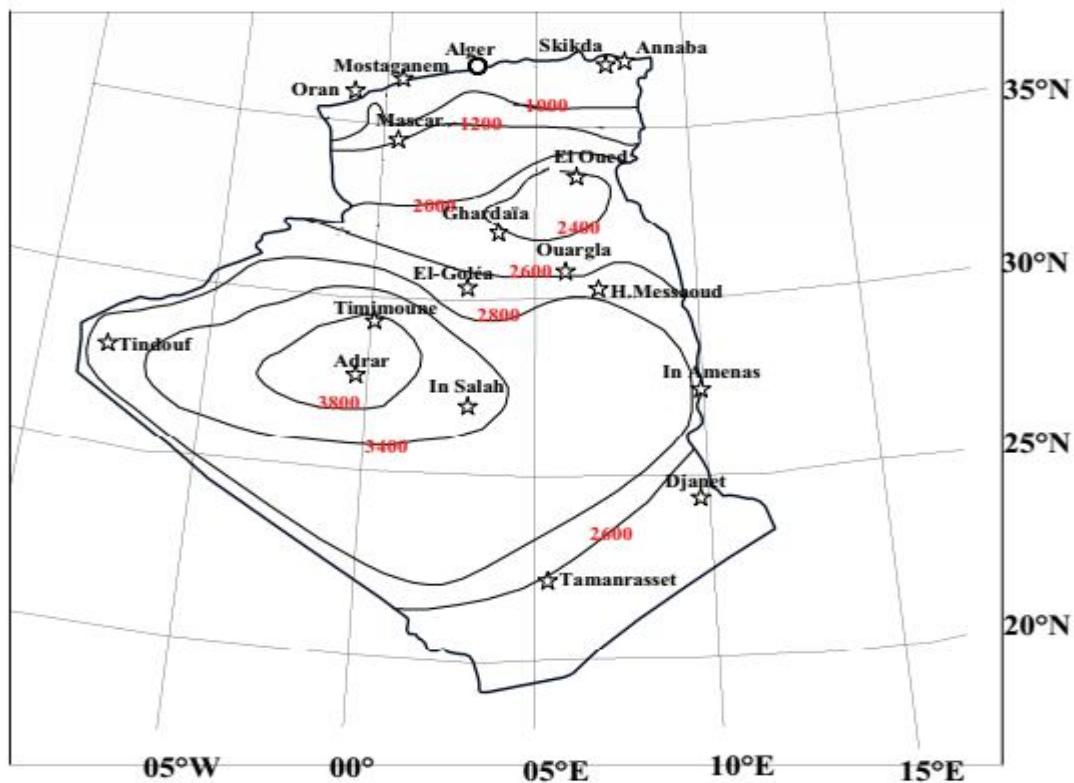

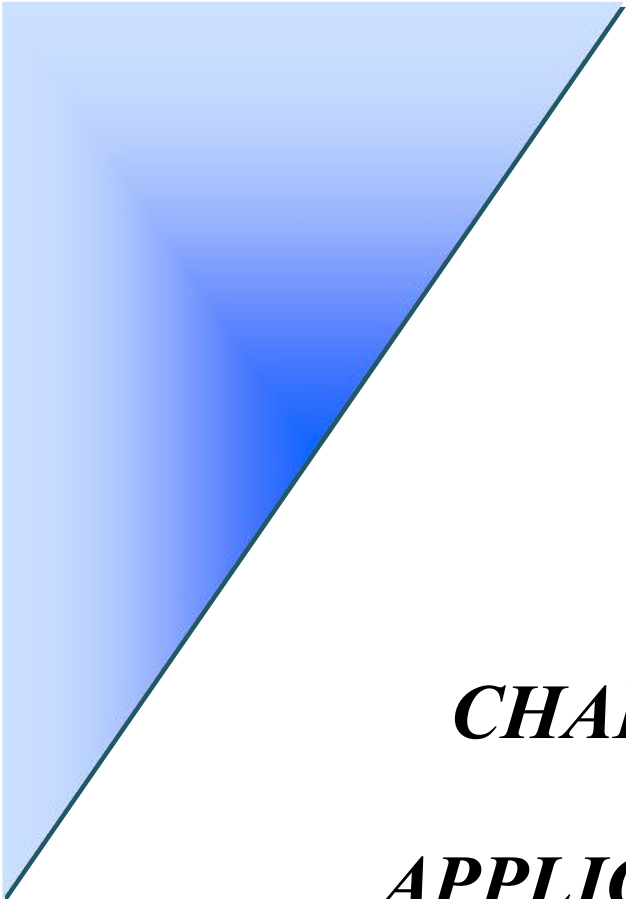


Figure 5. Carte de l'évaporation moyenne annuelle (mm) des plans d'eau en Algérie (Boutoutaou, 1995).

VII- CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons entamé les méthodes d'estimation de l'évaporation les plus connues (méthode du bilan hydrique et les méthodes climatiques) qui ne nécessitent pas beaucoup de données. Les méthodes choisies sont la méthode de bilan hydrique et celle à du déficit de saturation de l'air.



CHAPITRE III :
APPLICATION DES
METHODES DIRECTE ET
INDIRECTE AU CALCUL DE
L'EVAPORATION

I-INTRODUCTION

L'information disponible pour la connaissance des ressources en eau dans les régions semi arides et arides n'est généralement pas très abondante et l'utilisation des relevés de niveau d'eau dans les retenues de barrages qui reste en général une évaluation grossière et manque de précision, pour pallier l'insuffisance du réseau hydrométrique, constitue une possibilité non négligeable d'accroissement de cette information. Signalons que nous avons trouvé une grande difficulté à trouver des données complètes et correctes pour les estimations de l'évaporation de la retenue. Dans ce chapitre, nous présentons la méthodologie de calcul pour chaque méthode.

II-LES ELEMENTS DU BILAN HYDRIQUE

Afin d'appliquer la méthode du bilan hydrique, il est important de connaître les volumes d'eau qui entrent et qui ressortent dans la retenue. Ceux-ci sont la base d'un bilan hydrologique, pour un mois ou une année, qui caractérisera le fonctionnement d'un réseau hydrographique. On peut utiliser une autre présentation de l'équation du bilan hydrologique sous forme de :

$$\Delta V = \text{Entrées} - \text{Sorties} \quad (1)$$

II-1-Les entrées

Elles sont constituées des éléments suivants :

II-1-1- Les apports d'eau

Les apports et le comportement hydrologique des cours d'eau sont la résultante de l'interaction complexe des facteurs climatiques et physiographiques dont le caractère de disparité spatiale, dans l'Est algérien, est nettement marqué. Dans le présent chapitre, l'apport en eau se définit comme la quantité d'eau dérivée des mesures de volume non régularisés dans une zone géographique donnée transféré vers l'exutoire du bassin versant. Le volume d'eau est la quantité d'eau de ruissellement en surface provenant de l'eau des précipitations ou de l'accumulation annuelle de neige. Le débit englobe les processus hydrologiques (par exemple, interception, infiltration et évapotranspiration), l'état du stockage d'eau (par exemple, lacs,

aquifères, accumulation annuelle de neige) dans un bassin hydrographique et dépend de variables climatiques (comme la température) et physiographique (la topographie).

L'apport en eau s'appuie sur le débit non régularisé en ce sens que seules les mesures démontrant le débit naturel (c'est-à-dire, non endigué ou détourné) sont utilisées dans son calcul. Le débit est utilisé exclusivement pour estimer l'apport en eau parce qu'il peut être mesuré avec un niveau de précision connu, comparativement à d'autres parties du cycle de l'eau, telles que les précipitations et l'évapotranspiration, qui peuvent présenter des taux d'incertitude plus élevés.

Les apports à un lac varient généralement suivant les saisons. Ces mouvements saisonniers sont principalement dus aux variations saisonnières du climat. Actuellement, le niveau de nombreux lacs est toutefois régulé par des vannes à la sortie des réservoirs et les mouvements saisonniers sont très fortement atténués, voire supprimés. Rappelons que la présence de plans d'eau influence fortement le comportement hydrologique d'un bassin versant, notamment par leur capacité de stockage qui a pour effet de laminer les crues (Musy, 2003).

Nous mentionnons que les apports d'eau sont mesurés et enregistrés par le service technique du barrage de Fontaine des gazelles.

II-1-2- Les précipitations

Les précipitations constituent un phénomène qui décrit le transfert de l'eau, dans une phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle), entre l'atmosphère et le sol. Au-dessus des continents, les précipitations représentent l'élément le plus important du cycle hydrologique, leur volume étant supérieure à celui des autres composantes. D'après le principe de conservation de la masse et en considérant l'échelle de la planète pendant une période de temps suffisamment longue, les précipitations sont égales à l'évaporation. On peut considérer ce phénomène comme l'aboutissement d'un processus formé par les trois étapes suivantes (Lamas, 1993).

- le refroidissement de l'air jusqu'à la saturation; la condition de saturation est un état thermodynamique appelé point de rosée;
- le changement de phase de vapeur d'eau en liquide ou en solide;
- la croissance de gouttelettes jusqu'à la formation de vapeur d'eau; La mesure de la pluviométrie et des volumes d'eau précipités sur une aire donnée est difficile à réaliser. En effet, l'irrégularité des précipitations aussi bien temporelle que spatiale rend l'instrumentation considérable et très coûteuse.

Notons que, les mesures de précipitations se font par le pluviomètre dans la station pluviométrique situé au niveau du barrage de fontaines des gazelles.

II-2-Les sorties

Un calcul de bilan hydrique nécessite la prise en compte de l'eau perdue naturellement, par évaporation ou par évapotranspiration, et par ruissellement et aussi les eaux destinés au besoin. En plus de la faible quantité d'eau reçue par notre barrage à cause de la sécheresse qui a touché le pays depuis une vingtaine d'années, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (Toumi et Remini, 2002).

II-2-1-L'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides. L'irrigation peut aussi avoir d'autres applications:

- ✓ L'apport d'éléments fertilisants soit au sol, soit, par aspersion, aux feuilles (fertilisation foliaire); dans la culture hydroponique, l'irrigation se confond totalement avec la fertilisation;
- ✓ La lutte contre le gel, par aspersion d'eau sur le feuillage (vergers, vignobles) peut permettre de gagner quelques degrés de température précieux au moment des gelées printanières, voire dans certains cas par inondation.

Généralement on parle d'«arrosage» pour les petites surfaces (jardinage) réservant le terme d'«irrigation» pour les surfaces plus importantes (agriculture de plein champ, horticulture), mais il n'y a pas de norme en la matière. Selon le glossaire international d'hydrologie, l'irrigation c'est un apport artificiel d'eau sur des terres à des fins agricoles.

II-2-2- L'évaporation

Rappelons que, l'évaporation est la transformation d'eau en vapeur d'eau, et un processus physique de transfert d'eau vers l'atmosphère qui affecte toutes les masses d'eau présentes sur terre. Considérons le cas spécifique de la surface libre d'un lac ou d'un réservoir. Le taux d'évaporation s'exprime généralement en mm/jour, mm/mois ou mm/an (Anctil, 2005).

L'évapotranspiration représente l'eau « évaporée » par la végétation, qui naturellement absorbe une partie importante des eaux météoriques. D'une manière générale, l'évapotranspiration annuelle est supérieure aux précipitations dans les zones de plaines et inférieure sur les reliefs, plus forte en période printanière et estivale qu'en période automnale ou hivernale. L'évaporation et l'évapotranspiration dépendent des composants de l'air (humidité, température, pression...) mais également de l'insolation et de la vitesse du vent (Baudouin, 2009).

II-2-3- Les fuites

Le problème de fuites revêt une grande importance, surtout pour notre pays où le développement économique est lié aux quantités d'eau emmagasinées au sein des retenues de barrages. Le barrage de fontaine des gazelles est un cas concret où le problème de fuites à travers les appuis est devenu dangereux et épineux, puisque d'une part on assiste chaque année à un accroissement du débit de fuites pour la même côte du lac (Toumi et Remini, 2004). D'autre part à la méconnaissance avec précision des endroits de circulation d'eau.

II-2-4- L'infiltration

L'infiltration qualifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol, lorsque celui-ci reçoit une averse ou s'il est exposé à une submersion. L'eau d'infiltration remplit en premier lieu les interstices du sol en surface et pénètre par la suite dans le sol sous l'action de la gravité et des forces de succion. L'infiltration influence de nombreux aspects de l'hydrologie, du génie rural ou de l'hydrogéologie. L'infiltration est conditionnée par les principaux facteurs ci-dessous.(L. lamas, 1993):

- ✓ L'épaisseur de la couche saturée du sol.
- ✓ L'humidité du sol.
- ✓ La compaction due à l'impact des gouttes d'eau sur le sol.
- ✓ Le mouvement des particules fines dans le processus d'infiltration; celles-ci jouent le rôle de filtre.
- ✓ La compaction due à l'homme et aux animaux.
- ✓ La couverture végétale.
- ✓ La température en raison de l'écoulement laminaire de l'eau infiltrée, tout changement de viscosité influence nécessairement la capacité d'infiltration.
- ✓ Le gel.

- ✓ La quantité d'air dans le sol.

III- ÉQUIPEMENT HYDRO PLUVIOMETRIQUE DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES

Dans le but d'établir le bilan hydrologique du barrage de fontaine des gazelles et de mettre en place un outil du suivi futur de sa disponibilité en eau qui dépend des entrées et des sorties de la retenue du barrage, une station de mesurera été installée près de la retenue (Figure 1).



Figure 1. La retenue de barrage de fontaine des gazelles (Laouni et Bettahar ,2017).

Notons que le barrage depuis sa mise fonction en 2000. Une station pluviométrique a été installée et équipé par des appareils de mesure suivants :

- Un pluviomètre (manuel et automatique) permettant d'enregistrer les cumuls de précipitation sur une journée (Figure 2 et 3).
- Un bac d'évaporation enterré de type classe A de 1.14 m de diamètre et 80 cm de profondeur (Figure 6).
- Une échelle limnimétrique (Figure 5).
- Une centrale d'enregistrement et de mémorisation des données au niveau de la direction du barrage

- L'appareil de mesure de vitesse de vent (Figure 4).



Figure 2.Pluviomètre de mesure des pluies du barrage de Fontaine des Gazelles
(Pluviomètre manuelle) (Laouni et Bettahar ,2017).



Figure 3. Abri météorologique du barrage de Fontaine des Gazelles (Pluviomètre automatique) ; (Laouni et Bettahar, 2017)



Figure 4. Anémomètre totalisateur du barrage de Fontaine des Gazelles.
(Laouni et Bettahar, 2017)



Figure 5. Position de l'échelle limnimétrique sur la digue du barrage de Fontaine des Gazelles (Laouni et Bettahar ,2017).

V-APPLICATION DES METHODES AU CALCUL DE L'EVAPORATION DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES.

L'évaporation à partir des plans d'eau est estimé par les deux méthodes : Directe (Bac d'évaporation class A) et indirecte (Bilan hydrique).

V-1-- Mesure directe

La méthode de mesure de l'évaporation se fait par l'appareil spéciale appelé le bac d'évaporation -class A- (figure 6).La mesurée d'évaporation dans le bac classe A se base sur la formule suivante:

$$E_{bac} = \Delta H \pm P \quad (2)$$

- E_{bac} : évaporation de bac, mm;
- P : pluie tombant sur le bac, mm;
- ΔH : différence de côte du plan d'eau entre deux mesures, mm

Alors que l'évaporation dans la retenue est donnée par la formule suivante :

$$E_r = E_{bac} \times S_r \times K \quad (3)$$

- E_r : évaporation de la retenue barrage ;(Hm^3).
- S_r : surface de la retenue de barrage ;(Mm^2).
- $K=0.7$: le coefficient de correction de bac.

• Application de calcul de l'évaporation du mois de février 2003:

Les données nécessaires au calcul de l'évaporation sont empruntées de compte rendu mensuel du barrage de fontaine des gazelles :

On a

$$S_r = 3.477 Mm^2 ; E_{bac} = 1.4 mm$$

$$\text{Donc : } E_r = (1.4 \times 3.477 \times 0.7) / 1000 = 0.0034 Hm^3$$



Figure 6. Un bac d'évaporation classe- A- du barrage de Fontaine des Gazelles
(Laouni et Bettahar ,2017).

- ❖ Dans le bac d'évaporation class A, on voit une règle placée à l'intérieur du bac et cette dernière mesure la hauteur évaporée dans ce bac. (Figure 7).



Figure 7. La règle de mesure de l'évaporation dans le bac class A
(Laouni et Berttahr, 2017).

V-2-Mesure indirecte

V-2-1-Méthode de bilan hydrique

Le bilan hydrique est le suivi de l'ensemble des entrées et des sorties d'un système donné, (lac ou réservoir). Il est établi pour un lieu et une période donnés par une comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Il tient aussi compte de la constitution de réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. Le bilan est évidemment positif lorsque la différence entre les apports et les pertes est positive ou que le rapport est supérieur à 1.

- Les apports d'eau sont effectués par les précipitations et les apports sur ce lieu.
- Les pertes d'eau sont effectuées par l'évaporation, les besoins d'eau et l'infiltration.

Les données de mesures, établies par l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts, permettent de suivre l'évolution mensuelle et interannuelle du bilan hydraulique de barrage depuis sa mise en exploitation. Dans notre cas le bilan du barrage de fontaine des gazelles consiste en une balance d'eau, effectuée mois par mois, de débit entrant (apport), et débit sortant (pertes par évaporation, prélèvement pour irrigation, ...) et variation du stock du réservoir.

Rappelons que sur un intervalle de temps donné, l'équation générale du bilan hydrologique d'une retenue d'eau, découle de l'application du principe de la conservation des volumes d'eau (Lebdi, 2002). Elle s'écrit :

$$\Delta V = (V_{\text{apport}} + V_{\text{pluie}}) - (V_{\text{evp}} + V_{\text{inf}} + V_{\text{irrig}}) \quad (4)$$

Où :

- ΔV : La variation de volume (Hm^3),
- V_{apport} : Le volume des apports (Hm^3),
- V_{pluie} : est le volume des pluies (Hm^3),
- V_{evp} : est le volume d'évaporation (Hm^3),
- V_{inf} : volume d'infiltration (Hm^3),
- V_{irrig} : volume d'irrigation (Hm^3).

La formule du bilan hydrique peut s'écrire aussi sous la forme simplifiée (Voir chapitre 2) :

$$VE = V_P + V_S + V_{ST} - V_{QS} - V_{QST} \pm \Delta V \quad (5)$$

Notons que :

$V_{ST} = V_{QST}$ parce qu'il l'infiltration égale exfiltration.

ΔV est négligeable pendant une durée plus longue dans notre cas 17 ans.

$$V_E = V_P + V_S - V_{QS} \quad (6)$$

V_P : Volume de pluie, tombant sur la retenue, (Hm^3).

V_S : Volume d'eau superficiel entrant (les apports) dans la retenue, (Hm^3).

V_{QS} : Volume d'eau superficiel sortant dans la retenue (consommation totale), (Hm^3).

Nous avons calculé le volume journalier de pluie par la relation suivante :

$$V_{PJ} = (P \times S) / 1000 \quad (7)$$

$$V_{Pmois} = \sum V_{PJ} \quad (8)$$

Où :

- V_{PJ} -volume journalier de pluie, tombant sur la retenue ; Hm^3 .
- V_{Pmois} -volume mensuel de pluie , tombant sur la retenue ; Hm^3 .
- P - Précipitations journalières ; mm.
- S – surface journalier de retenue de barrage; Mm^2 .

a) Données des bases :

Les données météorologiques nécessaires au calcul de l'évaporation sont empruntées de Agence Nationale des Barrages et Transferts du Barrage Fontaine des gazelles Wilaya de Biskra.

b) Exemple d'application de l'année 2003 ; le mois février :

On a : $P_{11} = 1.2 \text{ mm} ; S_{28} = 3.372 \text{ Mm}^2$.

A.N :

$$V_{P11} = (1.2 \times 3.372) / 1000 = 0.004 \text{ Hm}^3$$

$$V_{P28} = (0.5 \times 3.379) / 1000 = 0.002 \text{ Hm}^3 ,$$

$$V_{Pmois} = 0.002 + 0.004 = 0.006 \text{ Hm}^3$$

-Tableau N°1. : Exemple du Calcul de l'évaporation du barrage de fontaine des gazelles par la méthode du bilan hydrique pendant l'année **2003** :

Mois/2003		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V pluie	Hm3	0.292	0.006	0.032	0.041	0.010	0	0	0	0.091	0.250	0.026	0.085
P vérifié	mm	89.00	1.70	10.10	12.10	2.80	0.00	0.00	0.00	25	54	5.2	16.6
Apports	Hm3	2.006	0.414	1.692	6.622	0.701	0.573	0.504	1.959	7.402	15.788	1.441	0.812
Consommation totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	2.298	0.420	0.032	6.663	0.711	0.573	0.504	1.959	7.493	16.038	1.467	0.897
EVP mesurée (BAC class A)	Hm3	0.238	0.249	0.473	0.621	1.076	0.94	1.082	0.88	0.749	0.495	0.408	0.407

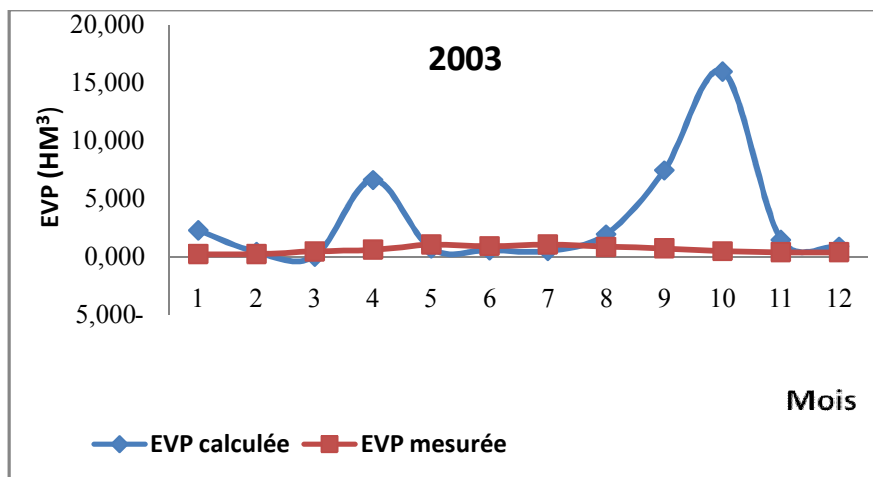


Figure 8. Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (bilan hydrique et bac class –A) L'année 2003

V-2-2-Estimation de l'évaporation par le déficit de saturation de l'air« D »

On a calculé les valeurs mensuelle et annuelle de l'évaporation du plan d'eau de la retenue de gazelles -Biskra (par formule(6) et (7) du chapitre 2, pour les zones semi-aride) :

- Température moyenne mensuelle de l'air (°C),
- Humidité moyenne mensuelle de l'air (%),
- Vitesse du vent moyenne mensuelle (m/s).

Notons que les données climatiques sont regroupées dans un tableau dans l'annexe.

CHAPITRE III APPLICATION DES METHODES DIRECTE ET INDIRECTE AU CALCUL DE L'EVAPORATION

Tableau N°2 : Exemple du Calcul de l'évaporation par cette méthode pendant l'année 2003
se font comme suit:

Mois/2003	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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée (mm)	138.66	140.61	146.13	303.19	404.43	348.11	467.84	416.36	311.51	219.09	141.73	128.69	3,166.35
Evaporation mesurée (mm)	119.45	106.55	198.60	267.00	427.00	377.00	443.00	359.00	298.00	172.00	121.00	116.00	3,004.60

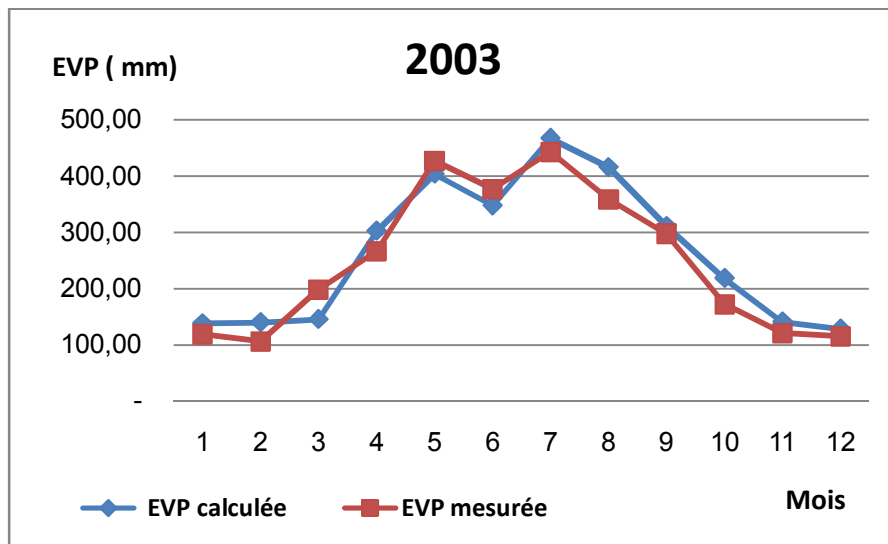


Figure 9. Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (déficit de saturation de l'air et bac class –A) l'année 2003

- ❖ Les résultats de calcul pour le reste de l'année d'étude sont récapitulés dans les tableaux qui sont décrits dans le quatrième chapitre.

VI. CONCLUSION

Ce chapitre, nous a permis de bien comprendre comment on procède à l'estimation et au calcul de l'évaporation de la retenue par les deux méthodes choisies. La méthode de bilan hydrique plus facile à appliquer mais on constate que les valeurs obtenues sont beaucoup plus grandes que celles mesurées. Au contraire, la méthode de déficit de saturation de l'air nécessite des données climatiques bien précises et les résultats obtenus sont beaucoup plus proches avec ceux mesurés.



CHAPITRE IV :
RESULTATS ET DISCUSSION

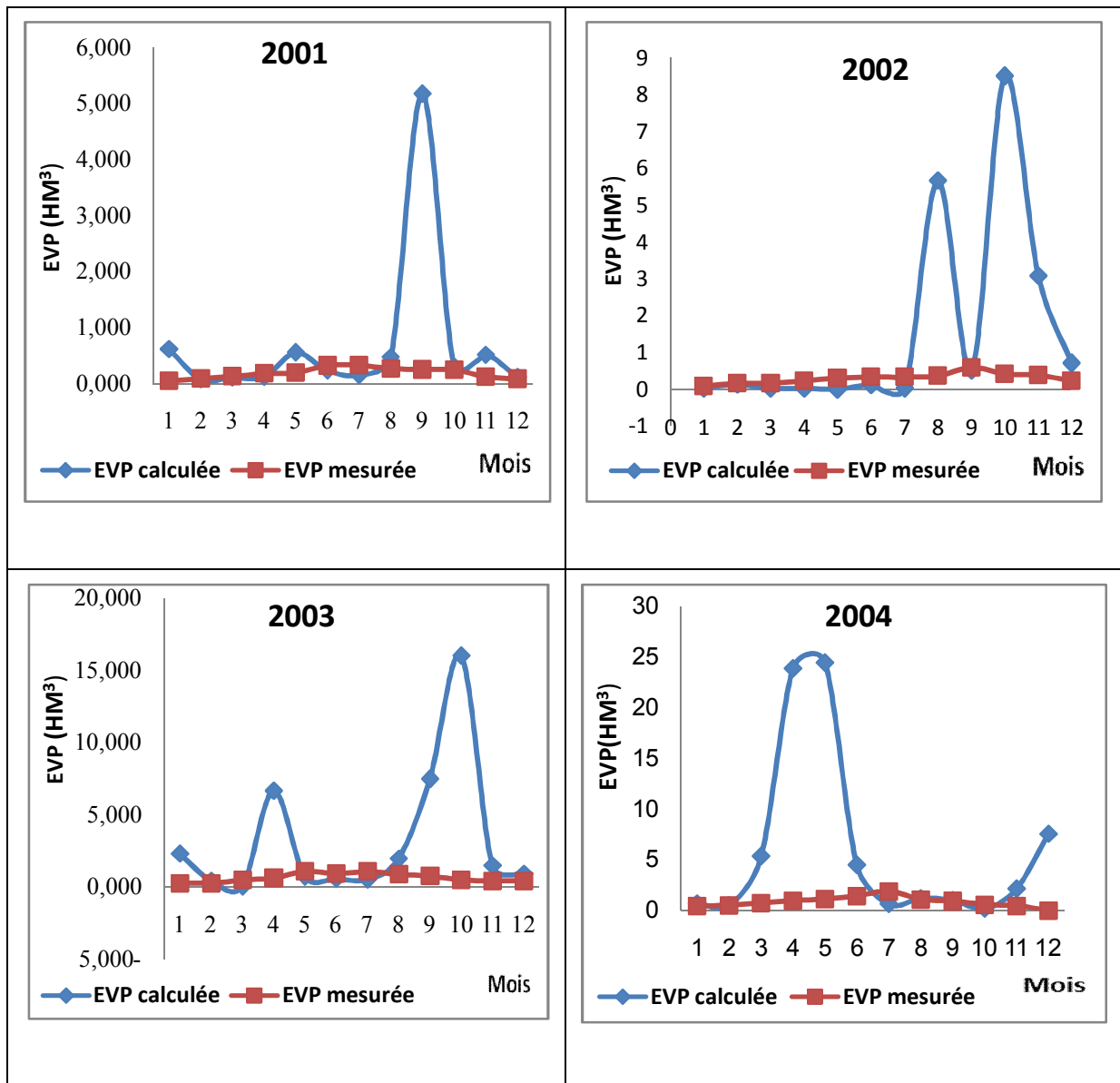


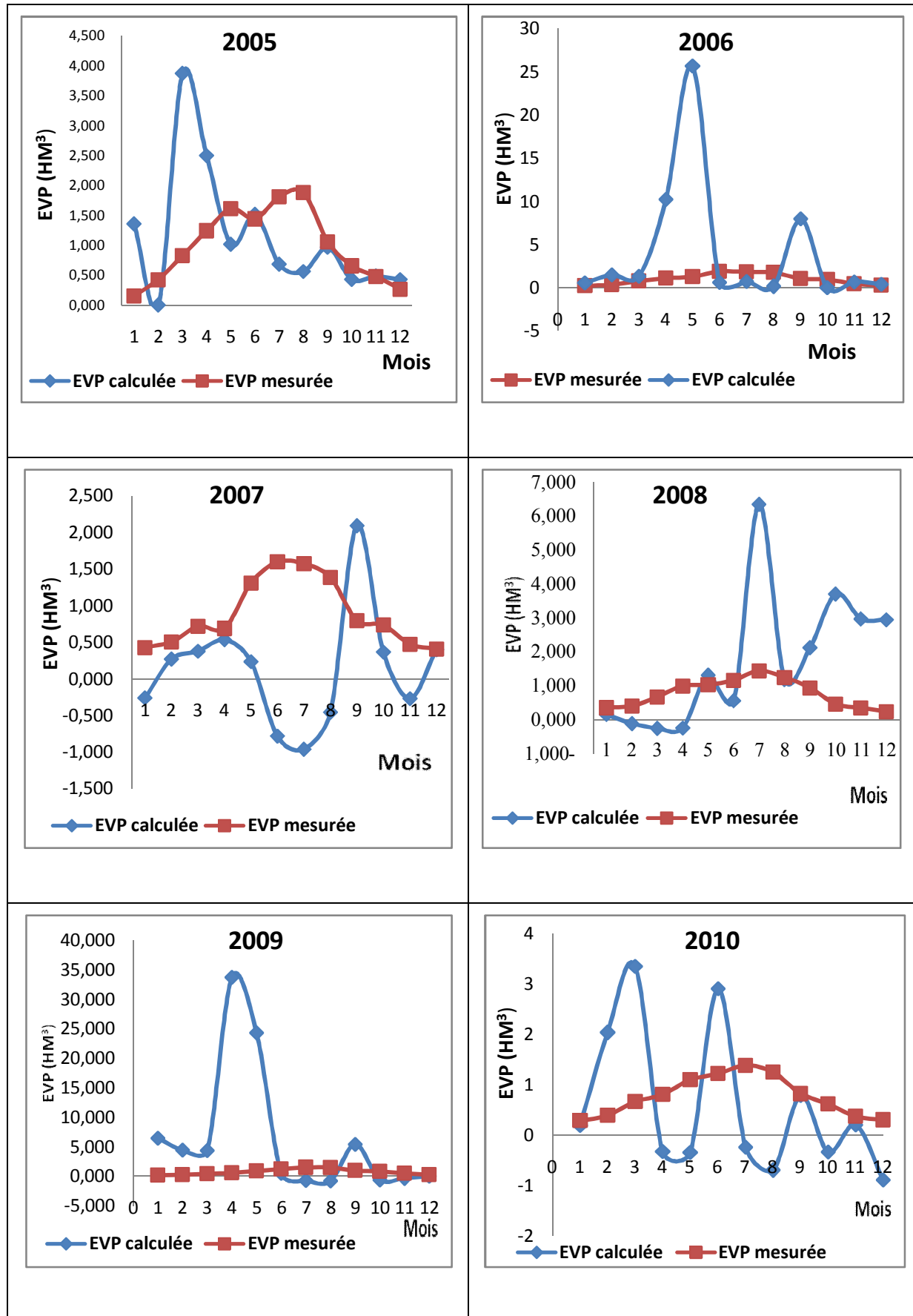
I. INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est bien de présenter les résultats de calcul de l'évaporation par les méthodes choisies (Bilan hydrique et méthode de déficit de saturation de l'air) et de les comparer avec ceux mesurés par le bac d'évaporation class –A-. La présentation des graphes est une obligation afin de mieux analyser les deux méthodes pendant la durée d'étude Hm³ (2001-2016).

II. RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE BILAN HYDRIQUE ET CELLE DU BAC CLASS-A-

Les résultats numériques sont récapitulés dans le tableau N°1, le tracé des graphes pour chaque année étudié se figure ci-dessous.





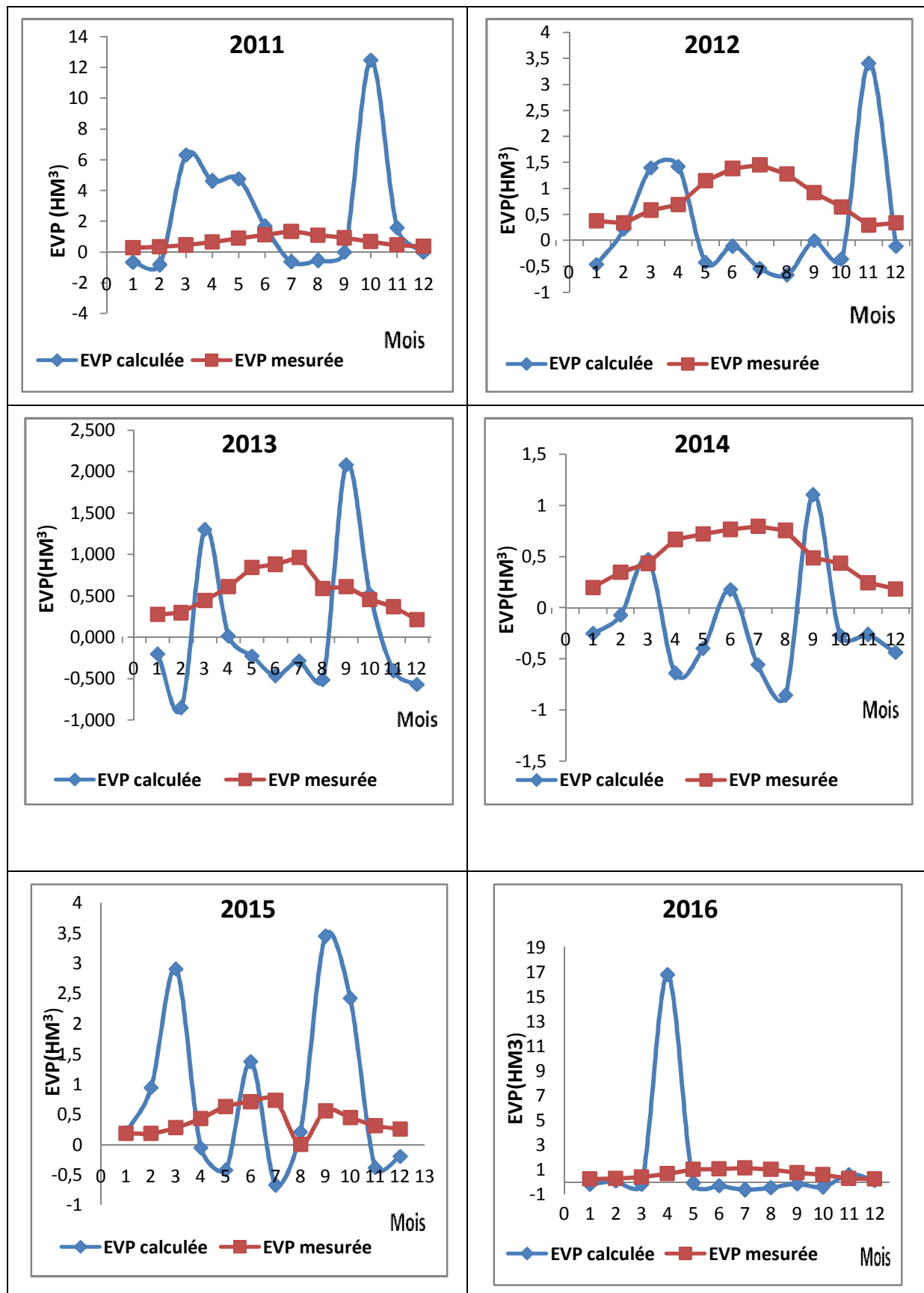


Figure 1. Représentation graphique des deux méthodes (bilan hydrique et bac class –A)

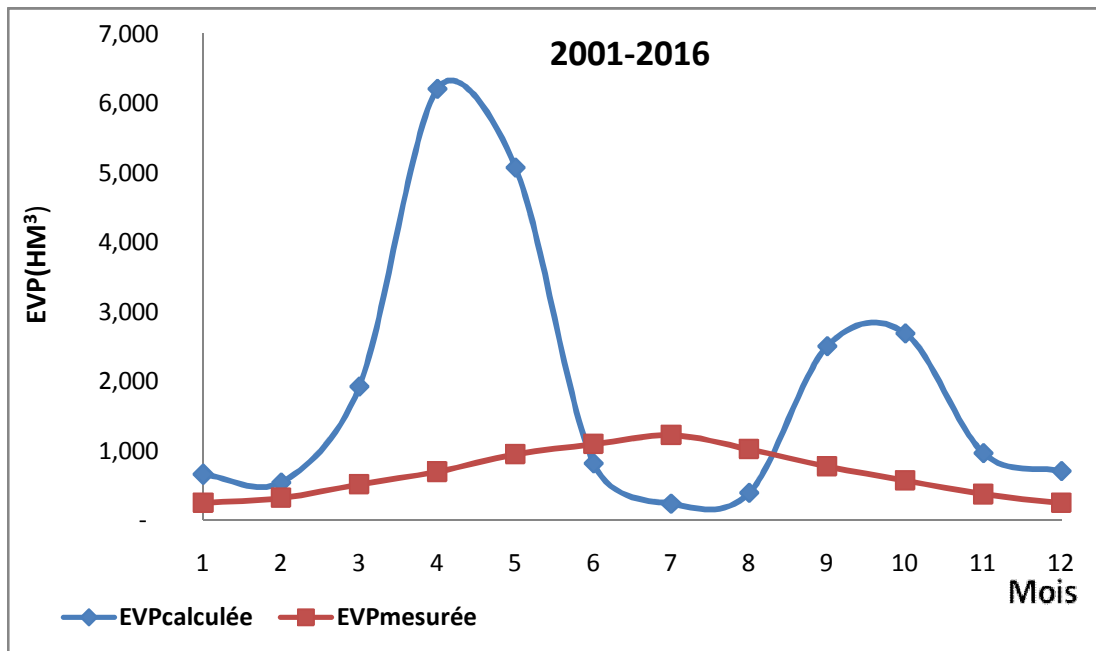


Figure 2. Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (bilan hydrique et du bac class –A).

II-1-DISCUSSION

Selon la figure 1, les graphes schématisés des deux méthodes pendant l'année étudiée dans la Figure1, on remarque que les valeurs calculées sont très loin des valeurs mesurées. La cause principale est bien aux erreurs dans les bilans annuels pendant la saisie des données.

Prenons l'exemple de l'année 2001, on constate que l'évaporation maximale est enregistrée dans le mois de septembre, elle vaut 5.676 Hm³, En vérifiant, le bilan hydrique (Tableau N°1), on constate que la retenue a reçu des apports de 5.676 Hm³ plus un volume de précipitations de l'ordre de 15.10 Hm³ selon le compte rendu mensuel du barrage.

En 2002, nous remarquons que pendant le mois Aout et Octobre, l'évaporation atteint des valeurs maximales : 5.676 Hm³ et 8.510 Hm³. En vérifiant le compte rendu durant ces mois, on constate que la retenue à reçu des apports d'eau 5.636 Hm³ et 8.456 Hm³.

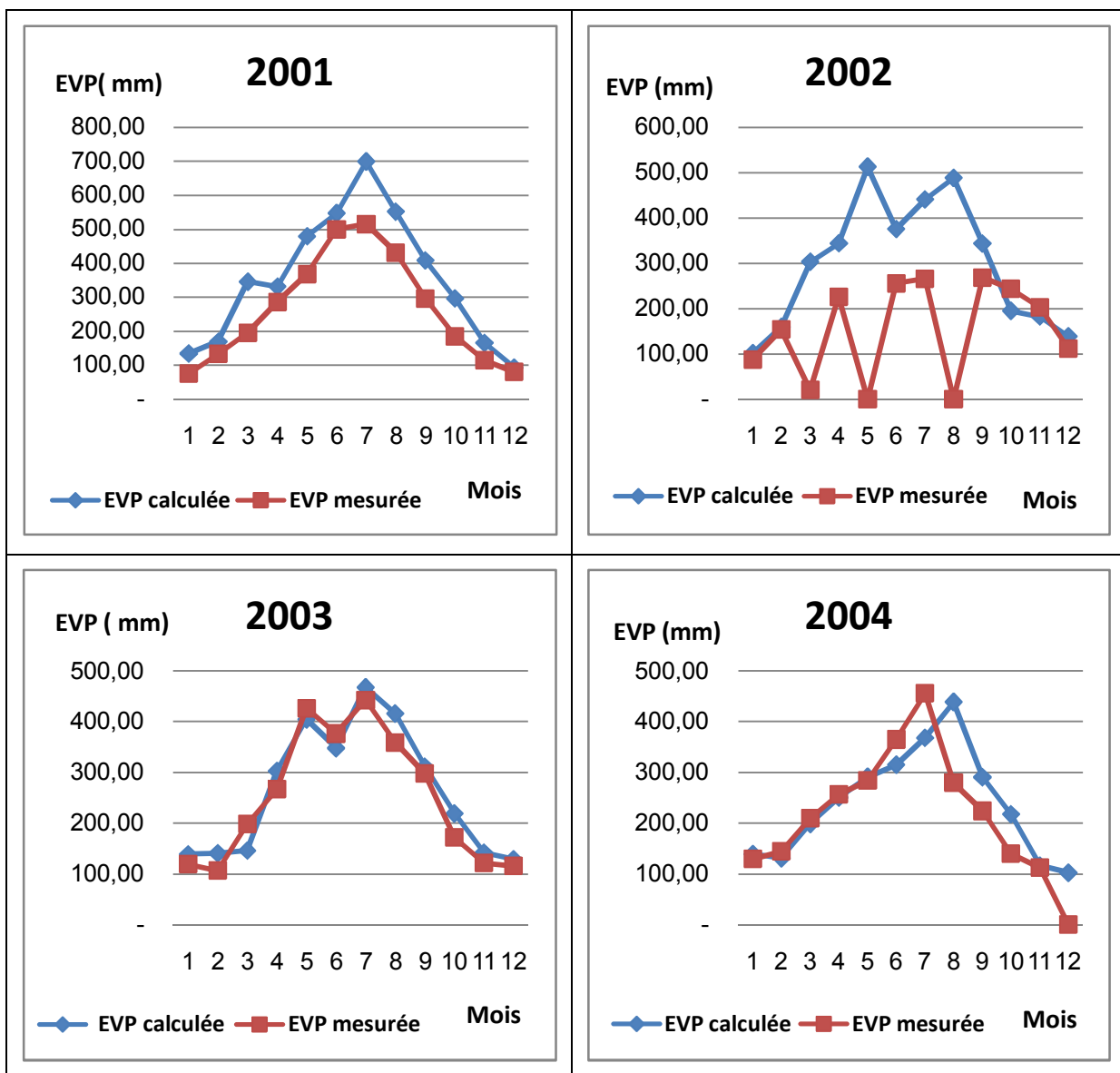
En 2003, l'évaporation est maximale dans les mois avril et octobre, 6.663 Hm³ et 16.038 Hm³. les apports d'eau sont de valeurs 6.622 Hm³ et 15.788 Hm³. Même remarque pour l'année 2004. La retenue a reçu les forts apports d'eau au cours de ces années mais la chose qui nous a vraiment étonnée que y'avait pas de consommations d'eau durant ces années.

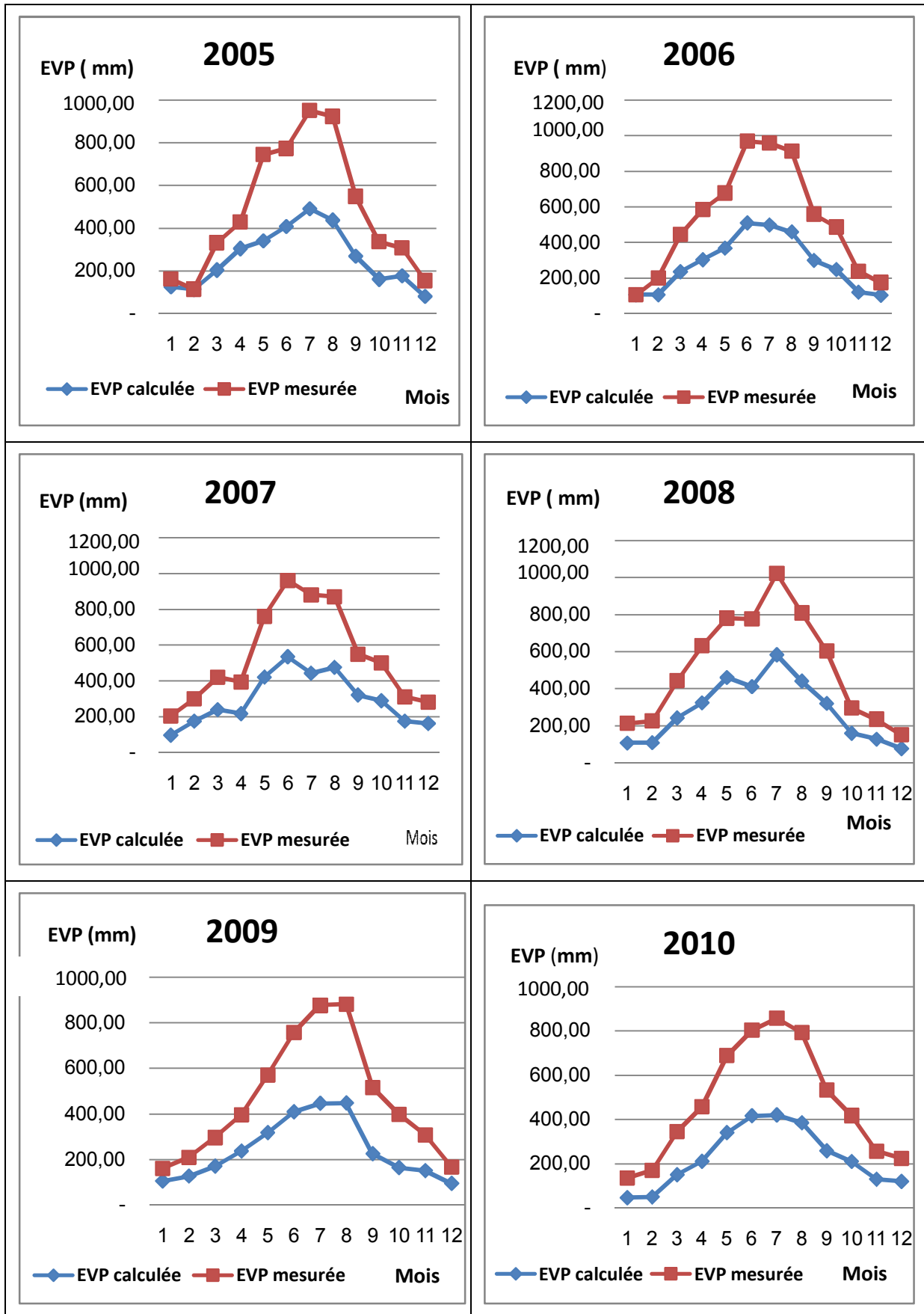
Les années 2005-2006, la consommation des eaux de barrage, on été enregistrée mais toujours l'évaporation atteint des valeurs plus grandes.

De 2007 jusqu'au 2016, on constate y a des mois ou l'évaporation a une valeur négative. En consultant les comptes rendus mensuels, on remarque que la consommation est plus importante que les apports entrants d'où on considère que durant ces mois y avait un déstockage la retenue pour des valeurs positives de l'évaporation.

III. RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE DE DEFICIT DE SATURATION DE L'AIR ET CELLE DU BAC CLASS-A-

Les résultats numériques sont récapitulés dans le tableau 2 ensuite on a tracé les graphes pour chaque année étudié (figure 3).





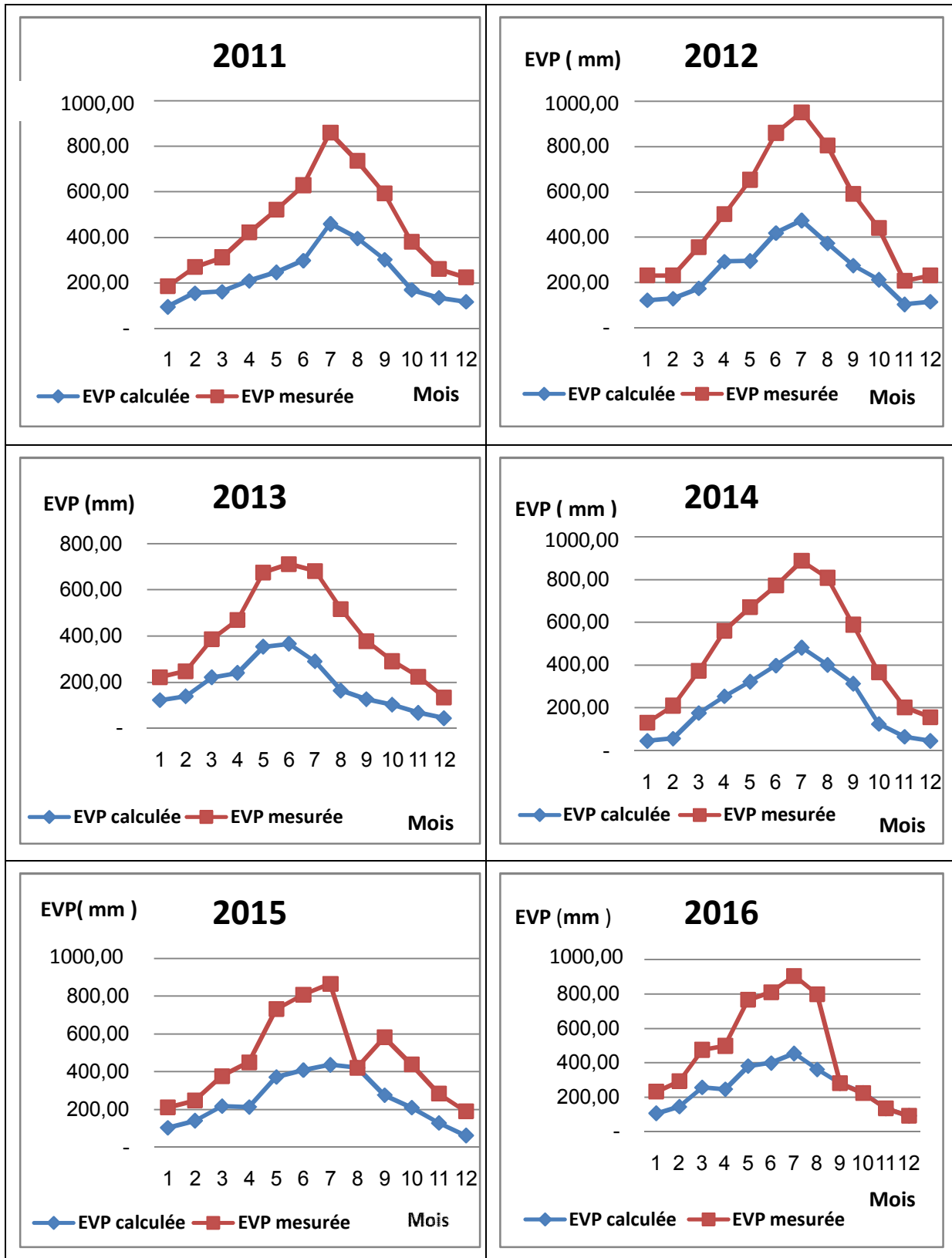


Figure 3. Représentation graphique des deux méthodes (de déficit de saturation de l'air et bac class -A)

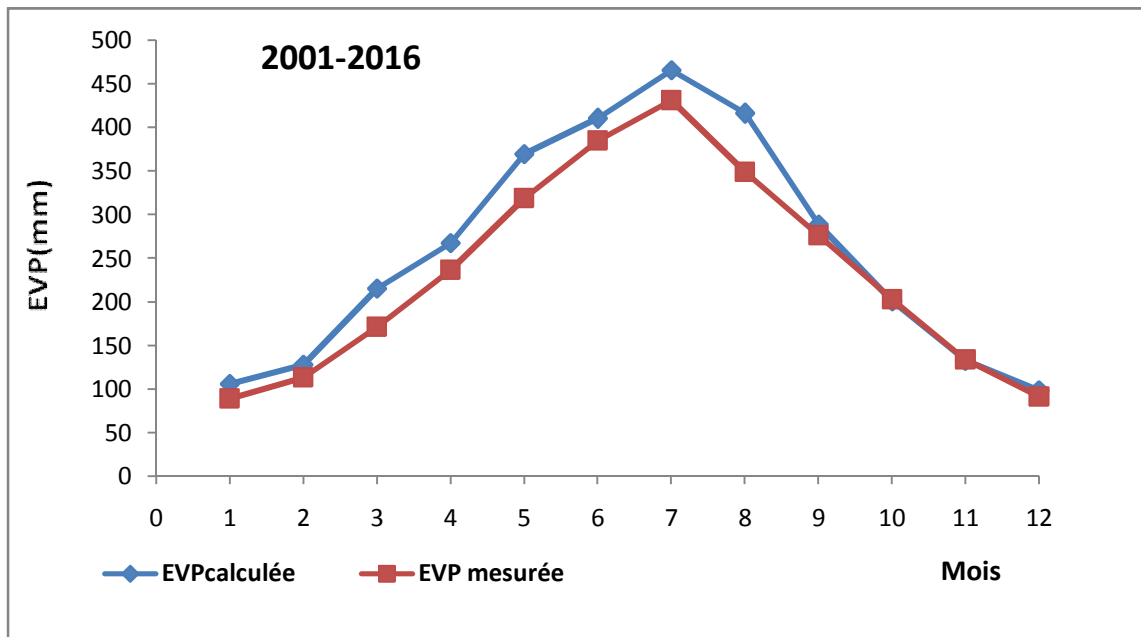


Figure 4. Variation mensuelle de l'évaporation par les deux méthodes (déficit de saturation de l'air et bac class -A)

III-1-DISCUSSION

Selon les graphes de la figure 3, Nous constatons que les valeurs de l'évaporation calculées sont très proche aux valeurs de l'évaporation mesurée et la forme des courbes sont presque identique, Ca n'empêche de mentionner qu'il y a quelques valeurs très loin, nous pensons que sont se des valeurs erronées pendant l'enregistrement de données ou bien d'absence d'information (les mesures par le bac n'ont pas été effectuées). Prenons l'exemple de l'année 2002 en particulier dans les mois: Mars, Mai et Aout, l'évaporation mesurée était de : 0 mm ce qui n'est pas logique surtout les mois Mai et Aout l'évaporation doit atteindre des valeurs importantes dans ces mois. L'année 2003, c'est l'année parfaite ou en peut dire que les évaporations calculées et mesurées sont identiques ce qui explique la fiabilité de la méthode de déficit de saturation. Signalons que l'écart de l'erreur maximale est de l'ordre de 26% (Voir Tableau N°2).

VI. CONCLUSION

Dans ce chapitre on conclut que les résultats obtenus par la méthode de déficit de saturation de l'air, cette dernière aboutit à des estimations meilleures que celle du bilan hydrique. Cette méthode empirique repose sur des relations entre l'évaporation à un endroit donné et les facteurs atmosphériques responsables de celle-ci. Elle permet d'évaluer l'évaporation et ne prennent donc pas en considération les effets dus à la présence de végétation.

Table N° 1. Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A-

2000	mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.005	/	/
Pvérifié	mm	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.00	6.10	0.00	0.00
Apports	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.076
consom totale	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	6.105	0	0.076
Evp Calculée	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-6.1	0	0
EVP mesurée	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.000	0.128	0.077	0.073

2001	mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.018	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024	0	0.018	0.027
Pvérifié	mm	19.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.10	0.00	11.60	17.00
Apports	Hm3	0.598	0.082	0.108	0.122	0.558	0.235	0.155	0.155	0.474	5.157	0.308	0.497	0.09
Consom totale	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0.616	0.082	0.108	0.122	0.558	0.235	0.155	0.155	0.474	5.181	0.308	0.515	0.117
EVP mesurée	Hm3	0.052	0.091	0.130	0.184	0.194	0.325	0.328	0.328	0.270	0.253	0.248	0.126	0.085

2002	mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0	0	0.010	0.001	0	0	0	0	0.040	0.014	0.054	0.086	0.033
Pvérifié	mm	0.00	0.00	6.40	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	23.50	7.00	19.50	29.50	11.00
Apports	Hm3	0.031	0.133	0.022	0.021	0	0.113	0.031	0.031	5.636	0.498	8.456	3.004	0.677
consomtotaie	Hm3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evp Calculée	Hm3	0.031	0.133	0.032	0.022	0	0.113	0.031	0.031	5.676	0.512	8.510	3.090	0.710
EVP mesurée	Hm3	0.092	0.172	0.161	0.223	0.305	0.334	0.334	0.334	0.371	0.599	0.414	0.386	0.225

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

2003	mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3		0.292	0.006	0.032	0.041	0.010	0	0	0	0.091	0.250	0.026	0.085
Pvérifié	mm		89.00	1.70	10.10	12.10	2.80	0.00	0.00	0.00	25	54	5.2	16.6
Apports	Hm3		2.006	0.414	1.692	6.622	0.701	0.573	0.504	1.959	7.402	15.788	1.441	0.812
consomtota	Hm3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EvpCalculée	Hm3		2.298	0.420	0.032	6.663	0.711	0.573	0.504	1.959	7.493	16.038	1.467	0.897
EVP mesurée	Hm3		0.238	0.249	0.473	0.621	1.076	0.94	1.082	0.88	0.749	0.495	0.408	0.407

2004	mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3		0	0	0.223	0.357	0.194	0.020	0	0	0.034	0.030	0.098	0.547
Pvérifié	mm		0	0	42.4	65.2	32.3	3.6	0	0	5.8	0.2	16.9	92
Apports	Hm3		0.701	0.509	5.13	23.55	24.28	4.472	0.629	1.202	0.995	0.17	2.051	7.011
Consom totale	Hm3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EvpCalculée	Hm3		0.701	0.509	5.353	23.909	24.470	4.492	0.629	1.202	1.029	0.200	2.149	7.558
EVP mesurée	Hm3		0.459	0.516	0.744	0.988	1.126	1.438	1.88	1.102	0.938	0.582	0.469	0

2005/ Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0	0	0.110	0.098	0	0	0.04	0	0.025	0.003	0.083	0.074
Pvérifié	mm	0	0	18.5	16.5	0	0	6.2	0	4.6	0.6	15.5	13.8
Apports	Hm3	1.357	0	4.033	2.66	1.016	1.516	0.646	0.561	0.938	0.425	0.401	0.353
consom totale	Hm3	0	0	0.272	0.262	0	0	0	0	0	0	0	0
EvpCalculée	Hm3	1.357	0.000	3.871	2.496	1.016	1.516	0.681	0.561	0.963	0.428	0.484	0.427
EVP mesurée	Hm3	0.157	0.426	0.828	1.242	1.613	1.441	1.809	1.878	1.060	0.658	0.479	0.268

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

2006 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0	0.162	0	0.232	0.32	0.050	0	0.016	0.270	0.019	0.188	0.082
Pvérifié	mm	0	29.8	0	40	55.3	8.5	0	2.8	46.70	3.30	32.80	14.30
Apports	Hm3	0.589	1.595	1.621	10.504	25.975	1.345	1.584	0.806	8.389	0.722	0.506	0.337
consom totale	Hm3	0	0.05	0.258	0.501	0.643	0.746	0.865	0.66	0.681	0.728	0	0
Evp Calculée	Hm3	0.589	1.499	1.363	10.235	25.651	0.649	0.719	0.162	7.978	0.013	0.694	0.419
EVP mesurée	Hm3	0.254	0.345	0.812	1.126	1.291	1.884	1.849	1.781	1.058	0.961	0.468	0.280

2007 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.012	0.036	0.114	0.085	0.018	0.007	0	0.014	0.182	0.035	0	0
Pvérifié	mm	2.20	6.40	20.50	15.40	3.20	1.30	0.00	2.80	36.8	7.1	0	0
Apports	Hm3	0.512	0.699	0.964	1.074	1.051	0.545	0.381	0.425	2.733	1.061	0.404	0.885
consom totale	Hm3	0.784	0.465	0.701	0.626	0.834	1.334	1.342	0.895	0.823	0.73	0.674	0.485
Evp Calculée	Hm3	-0.260	0.270	0.377	0.533	0.235	-0.782	-0.961	-0.456	2.092	0.366	-0.270	0.400
EVP mesurée	Hm3	0.428	0.504	0.717	0.689	1.307	1.596	1.572	1.381	0.796	0.737	0.471	0.408

2008 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.015	0.009	0.011	0.002	0.108	0.028	0.007	0.006	0.169	0.187	0.078	0.230
Pvérifié	mm	3.1	1.8	2.4	0.5	23.7	6.2	1.5	1.2	36.30	38.00	14.90	45.00
Apports	Hm3	0.883	0.464	0.483	0.518	1.993	1.532	7.62	1.947	2.611	4.088	3.575	3.247
consom totale	Hm3	0.741	0.586	0.746	0.763	0.789	1	1.287	0.766	0.657	0.575	0.685	0.535
Evp Calculée	Hm3	0.157	-0.113	-0.252	-0.243	1.312	0.560	6.340	1.187	2.123	3.700	2.968	2.942
EVP mesurée	Hm3	0.356	0.4	0.67	0.995	1.03	1.162	1.441	1.245	0.942	0.460	0.351	0.237

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

2009/ Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.271	0.057	0.110	0.275	0.150	0.00	0.00	0.00	0.398	0.020	0.00	0.066
Pvérifié	mm	49.8	10.00	18.50	46.00	25.00	0.00	0.00	0.00	71.00	3.60	0.00	22.00
Apports	Hm3	6.574	4.686	4.560	33.787	24.510	1.788	0.822	0.639	5.633	0.381	0.556	1.013
consom totale	Hm3	0.383	0.276	0.272	0.284	0.310	1.269	1.493	1.421	0.581	0.972	0.882	1.057
Evp Calculée	Hm3	6.462	4.467	4.398	33.778	24.350	0.519	-0.671	-0.782	5.450	-0.571	-0.326	0.022
EVP mesurée	Hm3	0.192	0.301	0.462	0.585	0.925	1.270	1.525	1.485	1.004	0.821	0.543	0.248

2010 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.048	0.145	0.197	0.077	0.103	0.094	0	0.010	0.067	0.034	0.065	0.005
Pvérifié	mm	8.75	27.00	35.50	14.50	20.00	18.00	0.00	2.00	13.6	7.00	13.50	1.00
Apports	Hm3	1.186	3.164	4.778	1.413	0.739	3.883	0.989	0.490	1.605	0.655	0.458	0.266
consom totale	Hm3	1.036	1.267	1.615	1.812	1.18	1.065	1.223	1.191	0.881	1.018	0.313	1.156
Evp Calculée	Hm3	0.198	2.042	3.36	-0.322	-0.338	2.912	-0.234	-0.691	0.791	-0.329	0.210	-0.885
EVP mesurée	Hm3	0.293	0.399	0.670	0.809	1.105	1.228	1.388	1.253	0.827	0.621	0.378	0.309

2011 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.035	0.013	0.189	0.303	0.255	0.052	0.001	0.00	0.053	0.410	0.012	0.031
Pvérifié	mm	7.5	2.8	41.3	61.6	48.40	9.50	0.20	0.00	10.50	77.20	2.10	5.50
Apports	Hm3	0.633	0.457	6.890	5.621	5.260	2.160	0.329	0.380	0.676	12.636	1.643	0.555
consom totale	Hm3	1.351	1.316	0.781	1.316	0.76	0.562	0.969	0.941	0.737	0.577	0.092	0.610
Evp Calculée	Hm3	-0.683	-0.846	6.298	4.608	4.755	1.650	-0.639	-0.561	-0.008	12.469	1.563	-0.024
EVP mesurée	Hm3	0.266	0.318	0.435	0.637	0.880	1.113	1.322	1.080	0.903	0.658	0.438	0.361

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

2012 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.00	0.011	0.072	0.043	0.00	0.00	0.00	0.00	0.031	0.051	0.218	0.033
Pvérifié	mm	0.00	2.00	13.80	8.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	11.20	47.50	7.00
Apports	Hm3	0.705	0.848	2.513	2.789	0.764	0.627	0.491	0.381	0.628	0.286	3.613	0.548
consom totale	Hm3	1.172	0.645	1.193	1.414	1.19	0.742	1.034	1.047	0.667	0.699	0.430	0.697
Evp Calculée	Hm3	-0.467	0.214	1.392	1.418	-0.426	-0.115	-0.543	-0.666	-0.008	-0.362	3.401	-0.116
EVP mesurée	Hm3	0.373	0.337	0.582	0.685	1.149	1.384	1.452	1.279	0.916	0.640	0.292	0.341

2013 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.046	0.025	0.100	0.172	0.053	0.030	0.002	0.091	0.038	0.044	0.00	0.071
Pvérifié	mm	10.30	5.60	23.10	40.00	12.30	7.20	0.50	0.00	9.70	11.20	0.00	19.20
Apports	Hm3	0.380	0.224	2.196	1.194	0.611	0.337	0.563	0.35	2.782	1.158	0.131	0.147
consom totale	Hm3	0.628	1.101	0.993	1.353	0.893	0.832	0.852	0.956	0.738	0.684	0.537	0.791
Evp Calculée	Hm3	-0.202	-0.852	1.303	0.013	-0.229	-0.465	-0.287	-0.515	2.082	0.518	-0.406	-0.573
EVP mesurée	Hm3	0.276	0.295	0.442	0.610	0.840	0.880	0.964	0.590	0.610	0.456	0.367	0.211

2014 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.035	0	0.038	0	0.015	0.001	0.00	0.00	0.109	0.015	0.018	0.011
Pvérifié	mm	9.50	0.00	10.50	0.00	4.50	0.30	0.00	0.00	37.80	5.00	6.50	4.00
Apports	Hm3	0.36	0.896	1.493	0.665	0.529	0.798	0.426	0.185	1.739	0.285	0.254	0.145
consom totale	Hm3	0.649	0.971	1.06	1.306	0.945	0.623	0.986	1.043	0.744	0.574	0.536	0.595
Evp Calculée	Hm3	-0.254	-0.075	0.471	-0.641	-0.401	0.176	-0.56	-0.858	1.104	-0.274	-0.264	-0.439
EVP mesurée	Hm3	0.199	0.346	0.433	0.667	0.722	0.765	0.795	0.756	0.488	0.434	0.244	0.184

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

2015 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0.015	0.085	0.080	0.00	0.001	0.044	0.00	0.00	0.085	0.058	0.00	0.00
Pvérifié	mm	5.50	31.50	28.50	0.00	0.50	15.00	0.00	0.00	28.50	18.50	0.00	0.00
Apports	Hm3	0.724	1.319	3.278	0.577	0.316	1.938	0.00	0.206	3.761	2.963	0.172	0.256
consom totale	Hm3	0.54	0.464	0.456	0.632	0.739	0.613	0.67	0.00	0.40	0.603	0.555	0.454
Evp Calculée	Hm3	0.199	0.94	2.902	-0.055	-0.422	1.369	-0.67	0.206	3.446	2.418	-0.383	-0.198
EVP mesurée	Hm3	0.184	0.179	0.278	0.430	0.631	0.707	0.731	0.000	0.559	0.447	0.311	0.257

2016 / Mois	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vpluie	Hm3	0	0.015	0.012	0.236	0.014	0.042	0	0.019	0	0	0	0
Pvérifié	mm	0.00	5.00	4.00	60.30	3.20	10.00	0.00	5.00	8.90	5.30	26.30	4.40
Apports	Hm3	0.265	0.247	0.219	16.689	0.570	0.525	0.283	0.22	0.438	0.307	0.943	0.748
consom totale	Hm3	0.00	5.00	4.00	60.30	3.20	10.00	0.00	5.00	8.90	5.30	26.30	4.40
Evp Calculée	Hm3	0.265	-4.738	-3.769	-43.375	-2.616	-9.433	0.283	-4.761	-8.462	-4.993	-25.357	-3.652
EVP mesurée	Hm3	0.238	0.267	0.397	0.651	1.000	1.040	1.136	1.014	0.748	0.565	0.267	0.213

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

Années	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
2000	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2001	mm	0.616	0.082	0.108	0.122	0.558	0.235	0.155	0.474	5.181	0.308	0.515	0.117
2002	Hm3	0.031	0.133	0.032	0.022	0	0.113	0.031	5.676	0.512	8.510	3.090	0.710
2003	Hm3	2.298	0.420	0.032	6.663	0.711	0.573	0.504	1.959	7.493	16.038	1.467	0.897
2004	Hm3	0.701	0.509	5.353	23.909	24.470	4.492	0.629	1.202	1.029	0.200	2.149	7.558
2005	Hm3	1.357	-	3.871	2.496	1.016	1.516	0.681	0.561	0.963	0.428	0.484	0.427
2006	Hm3	0.589	1.499	1.363	10.235	25.651	0.649	0.719	0.162	7.978	0.013	0.694	0.419
2007	mm	- 0.260	0.270	0.377	0.533	0.235	- 0.782	- 0.961	- 0.456	2.092	0.366	- 0.270	0.400
2008	Hm3	0.157	- 0.113	- 0.252	- 0.243	1.312	0.560	6.340	1.187	2.123	3.700	2.968	2.942
2009	Hm3	6.462	4.467	4.398	33.778	24.350	0.519	-0.671	-0.782	5.450	- 0.571	- 0.326	0.022
2010	Hm3	0.198	2.042	3.360	- 0.322	-0.338	2.912	- 0.234	- 0.691	0.791	-0.329	0.210	- 0.885
2011	Hm3	- 0.683	- 0.846	6.298	4.608	4.755	1.650	- 0.639	- 0.561	- 0.008	12.469	1.563	- 0.024
2012	mm	- 0.467	0.214	1.392	1.418	- 0.426	-0.115	- 0.543	- 0.666	- 0.008	- 0.362	3.401	-0.116
2013	Hm3	- 0.202	- 0.852	1.303	0.013	- 0.229	-0.465	- 0.287	- 0.515	2.082	0.518	- 0.406	- 0.573
2014	Hm3	-0.254	-0.075	0.471	- 0.641	- 0.401	0.176	- 0.560	- 0.858	1.104	- 0.274	-0.264	-0.439
2015	Hm3	0.199	0.940	2.902	-0.055	- 0.422	1.369	- 0.670	0.206	3.446	2.418	- 0.383	- 0.198
2016	Hm3	- 0.194	0.086	- 0.194	16.787	-0.099	- 0.317	- 0.643	- 0.478	-0.156	-0.409	0.593	0.127
EVP calculée	Hm3	0.659	0.548	1.926	6.208	5.071	0.818	0.241	0.401	2.505	2.689	0.968	0.711

Résultats numériques des méthodes du bilan hydrique et du Bac class-A- (Table N° 1)

Années	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
2000	Hm3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2001	mm	0.052	0.091	0.13	0.184	0.194	0.325	0.328	0.27	0.253	0.248	0.126	0.085
2002	Hm3	0.092	0.172	0.161	0.223	0.305	0.334	0.334	0.371	0.599	0.414	0.386	0.225
2003	Hm3	0.238	0.249	0.473	0.621	1.076	0.94	1.082	0.88	0.749	0.495	0.408	0.407
2004	Hm3	0.459	0.516	0.744	0.988	1.126	1.438	1.88	1.102	0.938	0.582	0.469	0
2005	Hm3	0.157	0.426	0.828	1.242	1.613	1.441	1.809	1.878	1.06	0.658	0.479	0.268
2006	Hm3	0.254	0.345	0.812	1.126	1.291	1.884	1.849	1.781	1.058	0.961	0.468	0.28
2007	mm	0.428	0.504	0.717	0.689	1.307	1.596	1.572	1.381	0.796	0.737	0.471	0.408
2008	Hm3	0.356	0.4	0.67	0.995	1.03	1.162	1.441	1.245	0.942	0.46	0.351	0.237
2009	Hm3	0.192	0.301	0.462	0.585	0.925	1.27	1.525	1.485	1.004	0.821	0.543	0.248
2010	Hm3	0.293	0.399	0.67	0.809	1.105	1.228	1.388	1.253	0.827	0.621	0.378	0.309
2011	Hm3	0.266	0.318	0.435	0.637	0.88	1.113	1.322	1.08	0.903	0.658	0.438	0.361
2012	mm	0.373	0.337	0.582	0.685	1.149	1.384	1.452	1.279	0.916	0.64	0.292	0.341
2013	Hm3	0.276	0.295	0.442	0.61	0.84	0.88	0.964	0.59	0.61	0.456	0.367	0.211
2014	Hm3	0.199	0.346	0.433	0.667	0.722	0.765	0.795	0.756	0.488	0.434	0.244	0.184
2015	Hm3	0.184	0.179	0.278	0.43	0.631	0.707	0.731	0	0.559	0.447	0.311	0.257
2016	Hm3	0.238	0.267	0.397	0.651	1	1.04	1.136	1.014	0.748	0.565	0.267	0.213
EVP mesurée	Hm3	0.254	0.322	0.515	0.696	0.950	1.094	1.226	1.023	0.778	0.575	0.375	0.252

Table N°2. Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air « D »

2000 / 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	3.97	4.31	7.86	6.11	4.97	4.67	3.33	3.33	5.39	5.08	4.11	
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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée(mm)	92.34	142.20	208.86	393.88	462.37	444.58	540.58	411.39	398.12	253.67	186.97	132.80	3,667.76
Evaporation mesurée (mm)										196.00	115.00	116.00	427.00

2001 / 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	
Déficit 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	Total
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	4,230.42
Evaporation mesurée (mm)	75.40	133.00	196.00	287.00	369.00	501.05	516.00	432.00	297.00	185.80	114.40	80.00	3,186.65

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2002/ 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	
Déficit de saturation de l'air(mb)	5.47	9.66	14.15	17.00	23.70	34.97	41.13	37.10	25.84	15.37	8.73	6.68	Total
Evaporation calculée (mm)	101.66	159.86	303.70	344.33	513.45	375.95	441.39	488.85	343.62	195.31	183.08	139.29	3,590.50
Evaporation mesurée (mm)	88.00	154.00	20.10	227.00	0.00	256.00	267.00	0.00	269.00	244.00	203.00	112.00	1,840.10

2003/ 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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée(mm)	138.66	140.61	146.13	303.19	404.43	348.11	467.84	416.36	311.51	219.09	141.73	128.69	3,166.35
Evaporation mesurée (mm)	119.45	106.55	198.60	267.00	427.00	377.00	443.00	359.00	298.00	172.00	121.00	116.00	3,004.60

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2004 / 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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée (mm)	139.18	130.87	198.29	250.48	291.16	315.28	368.42	438.91	290.60	217.42	116.27	102.22	2,859.10
Evaporation mesurée (mm)	129.00	144.00	210.00	257.00	284.00	365.00	456.00	280.00	224.00	140.00	112.00	0.00	2,601.00

2005 / 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	
Déficit de saturation de l'air(mb)	5.88	6.34	11.89	17.51	27.41	34.26	46.43	38.80	21.51	14.64	14.41	4.41	Total
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	3,111.68
Evaporation mesurée (mm)	36.23	0.00	127.83	124.55	403.00	365.00	460.60	487.00	280.00	176.00	129.00	73.00	2,662.21

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2006 / 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	
Déficit 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	Total
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	3,349.34
Evaporation mesurée (mm)	0.00	93.00	211.00	283.00	311.00	462.00	463.00	456.00	261.00	239.00	117.00	70.00	2,966.00

2007 / 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	
Déficit 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	Total
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	3,564.23
Evaporation mesurée (mm)	107.00	126.00	181.00	177.00	340.00	427.00	438.00	396.00	229.00	212.00	137.00	119.00	2,889.00

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2008 / 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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée (mm)	107.37	108.72	242.08	323.94	460.55	411.12	582.85	440.90	320.41	159.51	127.90	77.25	3,362.59
Evaporation mesurée (mm)	105.00	118.00	202.00	308.00	320.00	365.00	439.00	368.00	282.00	137.00	107.00	74.00	2,825.00

2009 / 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	
Déficit 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	Total
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	2,896.28
Evaporation mesurée (mm)	57.00	83.00	126.56	159.52	253.00	349.00	430.00	434.00	291.54	234.50	158.00	73.00	2,649.12

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2010 / 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	
Déficit 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	Total
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	2,739.24
Evaporation mesurée (mm)	88.00	120.00	194.00	246.00	347.00	387.00	437.00	407.00	274.00	207.00	126.00	103.00	2,936.00

2011 / 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	
Déficit 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	Total
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	2,741.42
Evaporation mesurée (mm)	90.00	114.00	150.00	212.00	274.00	330.00	400.00	340.00	290.00	211.00	127.00	106.00	2,644.00

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2012 / 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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée (mm)	121.30	129.03	173.67	292.63	295.48	418.65	474.09	372.97	275.00	212.53	103.72	115.16	2,984.24
Evaporation mesurée (mm)	111.00	103.00	183.00	210.00	358.00	442.00	477.00	433.00	317.00	228.00	104.00	116.00	3,082.00

2013 / 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	
Déficit 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	Total
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	2,240.63
Evaporation mesurée (mm)	100.00	108.00	165.00	229.00	322.00	346.00	392.00	353.00	252.00	189.00	157.00	90.00	2,703.00

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2014 / 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	
Déficit 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	Total
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	2,690.89
Evaporation mesurée (mm)	86.00	155.00	197.00	306.00	347.00	372.00	404.00	406.00	275.00	241.00	138.00	111.00	3,038.00

2015 / 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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée (mm)	102.18	139.97	217.18	213.23	371.45	408.20	436.85	421.82	275.63	209.35	127.94	61.30	2,985.10
Evaporation mesurée (mm)	110.00	107.00	160.00	237.00	360.00	401.00	429.00	0.00	307.00	229.00	156.00	129.00	2,625.00

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air << D >> Table N°2

2016 / 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	
Déficit 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	Total
Evaporation calculée (mm)	106.75	145.24	256.76	246.90	382.31	399.70	455.29	362.47	282.12	225.36	134.13	92.31	3,089.32
Evaporation mesurée (mm)	126.00	148.00	219.00	252.00	384.00	411.00	450.00	436.00	/	/	/	/	2,426.00

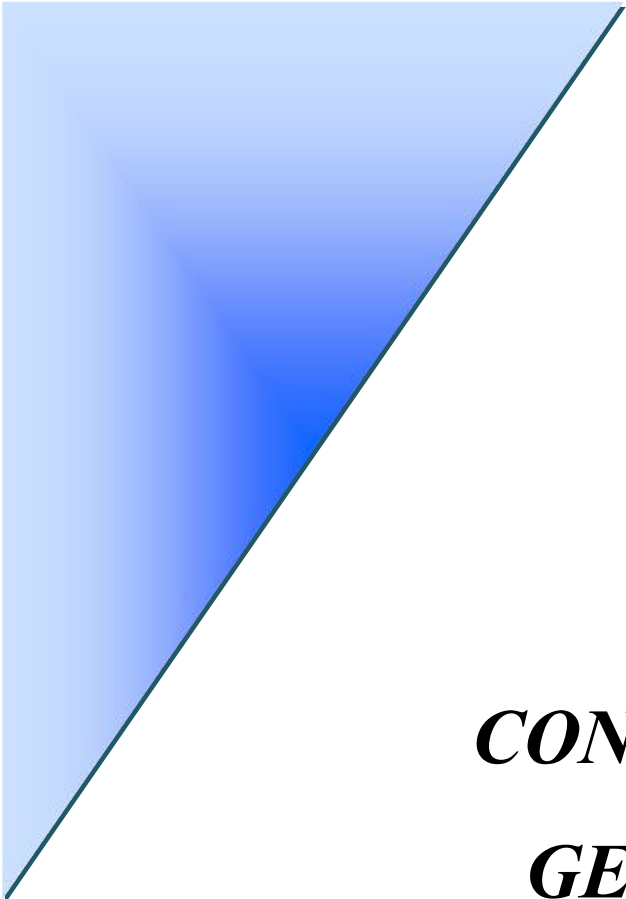
Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air « D » Table N°2

ANNEES	Unité	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2000	mm	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2001	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
2002	mm	101.66	159.86	303.70	344.33	513.45	375.95	441.39	488.85	343.62	195.31	183.08	139.29
2003	mm	138.66	140.61	146.13	303.19	404.43	348.11	467.84	416.36	311.51	219.09	141.73	128.69
2004	mm	139.18	130.87	198.29	250.48	291.16	315.28	368.42	438.91	290.60	217.42	116.27	102.22
2005	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
2006	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
2007	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
2008	mm	107.37	108.72	242.08	323.94	460.55	411.12	582.85	440.90	320.41	159.51	127.90	77.25
2009	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
2010	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
2011	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
2012	mm	121.30	129.03	173.67	292.63	295.48	418.65	474.09	372.97	275.00	212.53	103.72	115.16
2013	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
2014	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
2015	mm	102.18	139.97	217.18	213.23	371.45	408.20	436.85	421.82	275.63	209.35	127.94	61.30
2016	mm	106.75	145.24	256.76	246.90	382.31	399.70	455.29	362.47	282.12	225.36	134.13	92.31
EVP calculée	mm	106.039	127.944	215.212	267.753	369.517	410.416	466.108	416.229	289.002	200.403	132.673	98.787

Résultats numériques des méthodes par le déficit de saturation de l'air « D » Table N°2

ANNEES	Unité	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
2000	mm	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2001	mm	75.40	133.00	196.00	287.00	369.00	501.05	516.00	432.00	297.00	185.80	114.40	80.00
2002	mm	88.00	154.00	20.10	227.00	0.00	256.00	267.00	0.00	269.00	244.00	203.00	112.00
2003	mm	119.45	106.55	198.60	267.00	427.00	377.00	443.00	359.00	298.00	172.00	121.00	116.00
2004	mm	129.00	144.00	210.00	257.00	284.00	365.00	456.00	280.00	224.00	140.00	112.00	0.00
2005	mm	36.23	0.00	127.83	124.55	403.00	365.00	460.60	487.00	280.00	176.00	129.00	73.00
2006	mm	0.00	93.00	211.00	283.00	311.00	462.00	463.00	456.00	261.00	239.00	117.00	70.00
2007	mm	107.00	126.00	181.00	177.00	340.00	427.00	438.00	396.00	229.00	212.00	137.00	119.00
2008	mm	105.00	118.00	202.00	308.00	320.00	365.00	439.00	368.00	282.00	137.00	107.00	74.00
2009	mm	57.00	83.00	126.56	159.52	253.00	349.00	430.00	434.00	291.54	234.50	158.00	73.00
2010	mm	88.00	120.00	194.00	246.00	347.00	387.00	437.00	407.00	274.00	207.00	126.00	103.00
2011	mm	90.00	114.00	150.00	212.00	274.00	330.00	400.00	340.00	290.00	211.00	127.00	106.00
2012	mm	111.00	103.00	183.00	210.00	358.00	442.00	477.00	433.00	317.00	228.00	104.00	116.00
2013	mm	100.00	108.00	165.00	229.00	322.00	346.00	392.00	353.00	252.00	189.00	157.00	90.00
2014	mm	86.00	155.00	197.00	306.00	347.00	372.00	404.00	406.00	275.00	241.00	138.00	111.00
2015	mm	110.00	107.00	160.00	237.00	360.00	401.00	429.00	0.00	307.00	229.00	156.00	129.00
2016	mm	126.00	148.00	219.00	252.00	384.00	411.00	450.00	436.00	/	/	/	/
EVP mesurée	mm	89.26	113.28	171.32	236.38	318.69	384.75	431.35	349.19	276.44	203.02	133.76	91.47

EVP Hm3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
EVP cal	106.04	127.94	215.21	267.75	369.52	410.42	466.11	416.23	289.00	200.40	132.67	98.79
EVP mesu	89.26	113.28	171.32	236.38	318.69	384.75	431.35	349.19	276.44	203.02	133.76	91.47
Erreur	0.19	0.13	0.26	0.13	0.16	0.07	0.08	0.19	0.05	- 0.01	- 0.01	0.08



CONCLUSION
GENERALE



CONCLUSION GENERALE

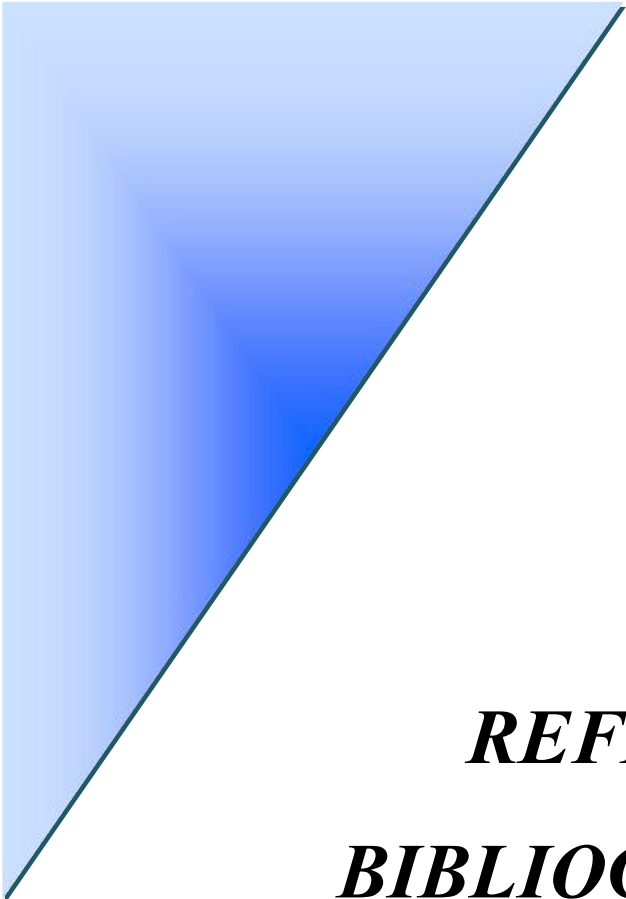
Les régions arides sont bien connus pour la forte variabilité spatiale et temporelle des conditions climatiques et des processus hydrologiques, ainsi que pour les changements rapides provoqués par des activités humaines (par exemple, Cudennec et al. 2007; Leduc et al. 2007). Cette sensibilité particulière et la fragilité accrue du climat sont préoccupantes à l'échelle mondiale, car les zones semi-arides et arides couvrent un tiers des continents et abrite plus de 20% de la population mondiale. Dans ces régions, l'évaporation implique une perte totale de ressources en eau à l'échelle du bassin. Pour des raisons scientifiques et sociales, une estimation fiable de la perte due à l'évaporation est donc nécessaire pour améliorer la gestion des ressources en eau.

La quantification de l'évaporation des surfaces d'eau libre n'est pas une chose aisée. Le plus souvent sa détermination « directe » est impossible. L'utilisation de modèles empiriques devient être alors nécessaire. La meilleure des méthodes ne peut donner de bons résultats avec des données erronées. Les valeurs des lames d'eau évaporées sont obtenues par les informations disponibles sur les comptes rendus mensuels du barrage. Cependant, les volumes évaporés peuvent paraître faibles par rapport au volume global de la retenue.

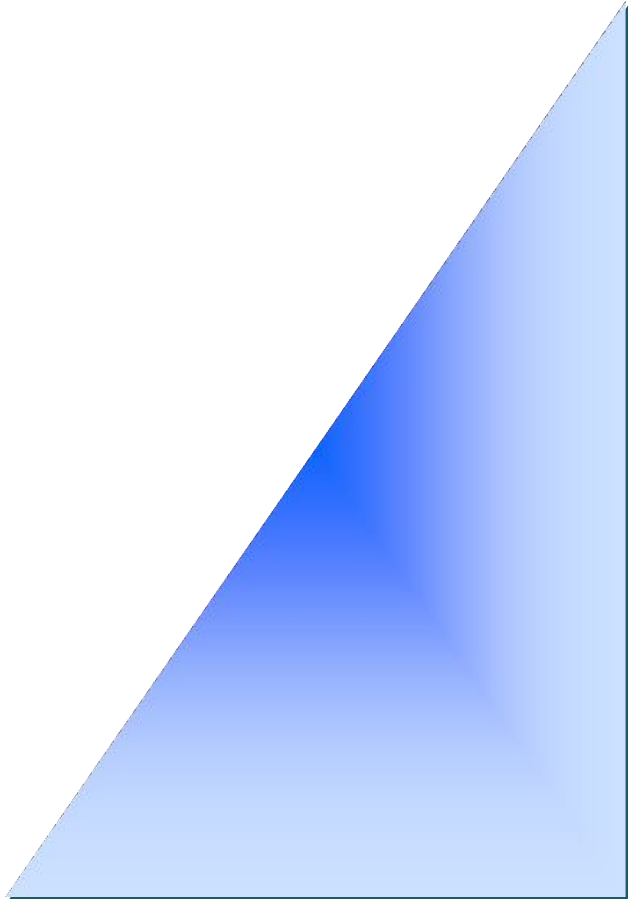
L'estimation de l'évaporation par les deux méthodes indirectes : Bilan hydrique et déficit de saturation de l'air, nous a permis de quantifier les volumes et les hauteurs d'eau évaporés de la retenue mais l'une son estimation était satisfaisante l'autre qui est méthode de bilan hydrique était mauvaise. L'avantage principal de cette méthode est que nous a permis de mentionner le déstockage au cours de chaque mois.

Les résultat obtenue dans le quatrième chapitre par la méthode déficit de saturation de l'air de l'année 2016 sont : Evaporation calculée Total = 3089.32, et l'évaporation mesurée=2426. et pour 2014 on a trouve: Evaporation calculée Total = 2690.89, et l'évaporation mesurée=3038, Nous constatons que les valeurs de l'évaporation calculées sont très proche aux valeurs de l'évaporation mesurée.

A la fin de ce travail, nous pouvons dire que les méthodes indirectes précisément celles basées sur les données climatologiques sont beaucoup plus adéquates et fiables. Mais, le choix de la méthode dépend de la climatologie de la région ou se trouve les retenues. Pour notre cas, l'écart maximal d'erreur obtenu par la méthode de déficit de saturation et celle du bac est de l'ordre 26%. Ce qui confirme la fiabilité de cette méthode climatique.



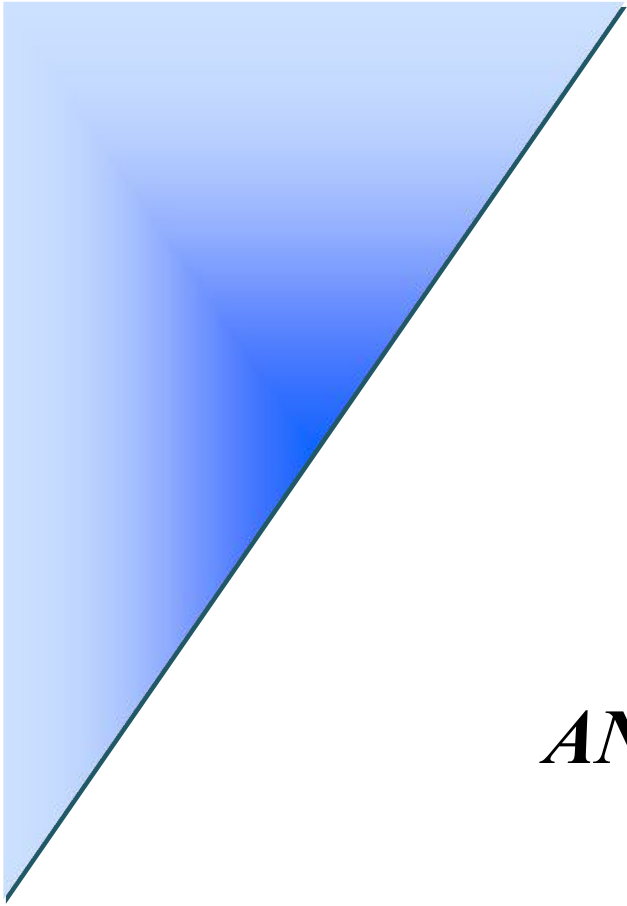
REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



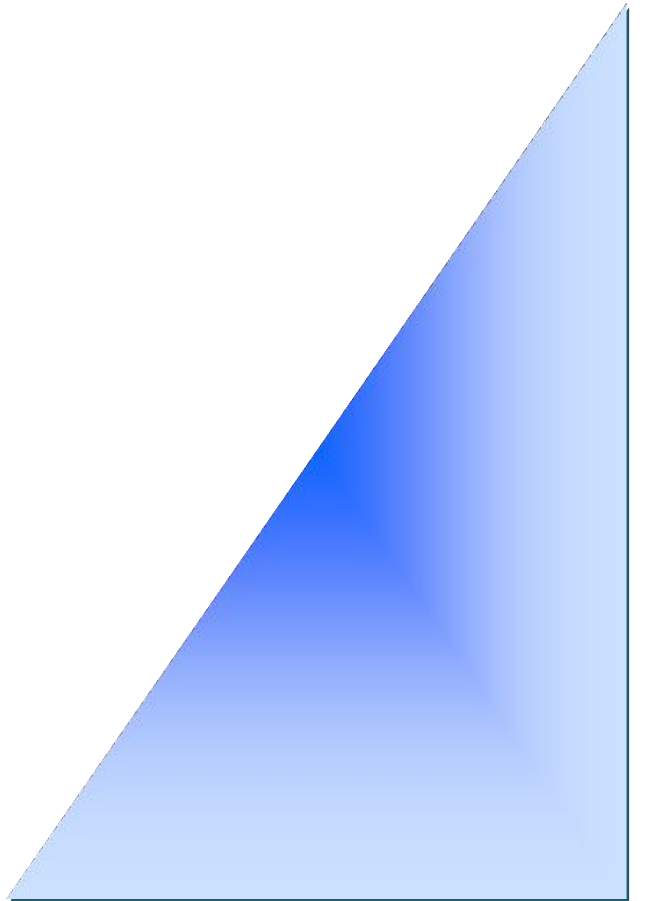
Références bibliographiques

- ANAT, 2003.** (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire).- Carte bioclimatique de l'Algérie.
- ANBT, 2015.** Comptes rendu mensuels et annuels d'une période 2000 jusqu'au 2016.Algérie.
- Anctil, 2005.** Hydrologie (cheminements de l'eau), Presses internationales polytechnique, Canada (317p.)
- Baghdadli . I, 2014.** L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch. Mémoire Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. Algérie.
- Baudouin .L, (2009),** Hydrologie des crues application aux cuves de sassenage (Isère),(week-end scientifique de la ligue spéléologique de Bourgogne), Spéléo club de Chablis, 14 et 15 novembre 2009.
- BOUTOUTAOU. J , 1995.** Evaporation des plans d'eau des retenus et des barrages en Algérie. Thèse doctorat d'état en sciences techniques. Institut d'hydraulique . Moscou.
- El Jabi .N et Rousselle .J, 1990 .** Hydrologie fondamentale,1990 .2e édition revue et corrigée département de génie civil Ecole Polytechnique de Montréal.
- Laouni et Bettahar, 2017.** Photos prise in situ (Barrage fontaines des gazelles). Biskra.
- Lebdi,2002 .**Projet water saving in irrigated agriculture (WASIA), rapport final, pp. 219-245, Tunisie
- Llamas. J, (1993).** Hydrologie générale (Principe et applications), éditeur gaëtan morin, Canada (527p)
- Musy A, 2004.** Cours hydrologie générale chapitre 1, Ecole polytechnique Fédérale Lausanne.
- Musy, 2003.** Hydrologie (une science de la nature), collection gérer l'environnement, presses polytechnique et universitaires Romandes (314p)
- 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
- ANBT, 2015.** Comptes rendu mensuels et annuels d'une période 2000 jusqu'au 2016.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.
- Remenieras,1959.** Eléments d'hydrologie appliquée , Edition Armand COLIN ,paris.
- Remenieras,1999.** L' hydrologie de l'ingénieur , Edition EYOLLES, Paris
- RIOU, 1975.** Evapotranspiration en zone semi-aride de deux couverts végétaux (gazon, blé) obtenue par plusieurs méthodes. I. - Evaluation de l'ETP (conditions hydriques non limitantes)
- Site web :<https://fr.tutiempo.net/>, 2016.** Bulletins des données climatologiques de la région de Biskra. Algérie
- Toumi et Remini 2002.** Contribution à l'étude des fuites dans les barrages Algériens, 1ères journées pluridisciplinaires sur les sciences de l'ingénieur "JPSI'1 2002", Université Hassiba ben Bouali Chlef, 15-17 Décembre.
- Toumi et Remini, 2004.** Barrage de Foum El Gherza face au problème de fuites, Larhyss Journal, Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, N° 03, juin 2004, (p.25-38)
- Wikipédia, 2014 .**Référence électronique .



ANNEXES



Les tableaux : les valeurs des éléments climatologies mensuel de chaque année :

Mois janvier/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	9.4	15.3	4.6	1024.7	59.4	0	13	13	23.4
2001	11.7	17.1	6.5	1020.3	56.2	34.54	11.3	18.4	35.1
2002	10.7	17	4.8	1028.6	56	1.27	11.2	12.5	23.8
2003	12.1	16.5	7.4	1018.3	60.8	68.33	11.4	21	41
2004	12.7	18.6	7.9	1018.4	55.1	1.02	11.7	17.5	33.8
2005	10.2	16	4.8	1024.5	51.2	0	11.5	16.2	31.1
2006	10	14.9	5.4	1019.6	59	16	10.9	15.2	29.6
2007	12.3	19	6.7	1026.9	55.4	0	11.2	10.2	21.8
2008	12.1	18.7	6.3	1024.9	50.8	3.05	10.7	10.6	24.2
2009	12	16.5	8.1	1015.6	66.3	38.1	10.8	16.4	34.8
2010	12.6	18.2	7.2	1013.7	55.7	15.75	11.1	0	22.2
2011	12.1	18.4	6.7	1018	55.3	6.35	10.7	9.5	23.9
2012	12	18.2	6.4	1022.6	48.7	0	10.6	12.6	26.4
2013	12.7	18.2	7.8	1018.3	52.6	64.77	10.9	13.4	30.4
2014	12.7	18.1	7.9	1016.6	57.7	8.13	10.7	0	-
2015	11.9	18	5.5	1021.9	55.6	1.26	9.7	11.3	38.3
2016	13.3	19.8	7.2	1024.1	53.8	0	9.9	10.3	23.3
MOY	11.33	17.50	6.54	1,018.00	57.50	2.67	13.00	8.50	41.00

Mois février/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	13.6	20.5	7.8	1026.8	41.6	0	13	14.3	28.9
2001	13.3	19.5	7.6	1021	41.5	0.25	12.1	19.2	35.7
2002	14.8	21.6	8.4	1021.8	40	0	11.1	15.3	32
2003	12.2	16.9	7.3	1018.8	50.1	1.53	12.2	18.6	39
2004	15	21.1	9.1	1021.1	45.8	1.02	10.4	12.2	26.5
2005	10.8	15.9	6	1017.1	49.3	18.04	11.3	14.4	33.2
2006	12.2	17.4	7.5	1016.5	59.8	28.71	11.1	15.2	32.5
2007	15.6	20.8	10.6	1018.9	47.9	2.03	11.2	19.7	36.6
2008	13.9	20	8.2	1026	45	0	11.1	9.3	20.2
2009	12.1	18	6.2	1016.9	50.9	7.12	10.9	16.4	32.4
2010	14.6	20.1	9	1010.4	52.1	17.78	10.9	0	-
2011	13.2	19	7.7	1016.8	47.3	0	10.9	18.8	34.7
2012	10.7	16.8	5.2	1018.5	45.7	1.27	10.8	16.5	28.6
2013	12.3	18.7	6.7	1015	44.6	2.03	10.7	16.2	32.6
2014	14.9	20.8	9.3	1017	47.8	4.06	10.8	0.3	22.2
2015	12.3	17.4	7.5	1014.5	55.4	17.53	9.6	20.7	36.3
2016	15.1	20.9	9.4	1020.7	47.5	0.51	9.7	15	30.8
MOY	15	19	7.50	1,019.75	42.50	5.99	13.00	7.50	35.50

Mois mars/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	17.8	24	11.4	1019.7	36.9	3.05	12.4	15.5	27.4
2001	21.3	27.6	14.6	1014.9	32.2	0	11	23.9	41.6
2002	19.4	25.3	12.8	1015.6	34.3	0.51	10.8	23.2	41.7
2003	16.7	22.2	10.5	1021.2	42.7	57.15	12	10.3	24.9
2004	17.6	23.3	11.5	1019	46.5	107.95	9.4	17.5	32.6
2005	17.9	23.7	12.1	1017.6	39.3	6.86	10.5	15.4	32.9
2006	17.8	24	11.5	1016	42.2	0	10.8	20.4	38.6
2007	16.5	22.4	10.4	1016.3	40.7	10.92	11.2	22.4	36.4
2008	17.8	24	11.5	1013.8	37.4	1.02	10.5	19.6	36
2009	16.2	22.6	9.8	1016	45.9	13.21	10.8	15.1	31.7
2010	18.3	23.7	12.7	1015.4	44.4	23.87	10.2	9.9	38.7
2011	16	21.5	10.4	1017.1	50.9	38.1	10.3	15.7	32.4
2012	17.4	23.4	10.9	1020.9	40	6.35	10.2	12.2	27.6
2013	18.4	23.7	12.7	1009.5	41.4	18.28	10.7	17.7	33.5
2014	16.3	22	10.8	1014.6	46.4	16.01	9.9	16	33.5
2015	16.6	22.9	10.7	1016.4	44.2	27.95	10	20.5	34.3
2016	17.4	23.4	11.6	1014.4	37.9	3.05	9.7	22.1	38.4
MOY	16	23.5	11.52	1,017.00	40.00	19.66	11.00	16.00	36.00

Mois avril/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	22.2	27.6	16.4	1010.9	32.7	10.16	9.7	28.3	49.6
2001	21.5	27.3	15	1014.9	31.1	0	11.9	22.9	39.3
2002	21.9	27.6	15.2	1012.4	32.6	2.03	9.8	24	43.9
2003	21.6	27.4	15.3	1012.3	36.9	4.58	10.7	21.9	39.3
2004	19.8	25	14.3	1013.2	44.6	67.06	11.2	21.5	37.7
2005	22	27.5	15.6	1013.9	31	0	10.4	19.5	37.7
2006	23.4	29.3	16.7	1012.6	34.6	14.23	10	18.6	36.6
2007	20.5	26	14.6	1013.4	47.7	12.95	9.2	17.8	35.2
2008	22.6	29.2	15.6	1013.5	29.3	0	9.5	20	40.5
2009	18.7	24.7	12.6	1014	41.9	8.89	11.5	20.3	37.3
2010	22.1	28	15.5	1013.1	46.3	30.23	11	14.6	32.4
2011	22.1	28.5	15	1011.6	46.1	38.6	10.5	14.3	30.7
2012	21.4	27.1	15.4	1008.8	37.2	4.57	10.3	21.2	39.2
2013	22.2	28.5	15.5	1011.3	33.8	24.89	10.1	14	33.1
2014	22.9	29.7	15.8	1012.7	34.8	0	11.6	14.8	31.6
2015	22.5	28.9	15.9	1017.1	36.6	0	10	11.7	27.3
2016	23	29.1	16.4	1011.4	44.3	53.86	8.8	16.8	32.9
MOY	22.50	26.33	15.00	1,014.00	31.00	16.00	10.33	19.33	36.72

Mois Mai/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	28.9	34.5	21.9	1012.2	32.5	16.5	10.3	22	41.6
2001	26.4	31.8	20.4	1012.3	31.8	0.76	11	26.9	43.6
2002	26	31.8	19.2	1012.7	27.5	0.51	10	28.4	46.9
2003	27.5	33.3	20.5	1013.1	33.1	3.3	10.5	20.1	37.3
2004	23.1	28.6	17.4	1012.7	41.5	38.61	10.9	19.3	36.2
2005	28	34.6	20.9	1014.6	26.1	0	11	13.3	31.4
2006	28.6	34.8	21.7	1014	32.8	2.79	10	16	35
2007	26.6	32.8	19.7	1013	31.1	1.27	11.3	22	36.8
2008	26.6	32.4	20.6	1010.3	31.8	9.15	9	25.1	42.3
2009	26.3	32.9	19.1	1015.7	30.7	15.24	10.9	14.5	30.1
2010	24.4	30.2	18.2	1011.1	33.9	7.11	11.1	19.5	36.3
2011	24.9	30.6	18.7	1012.8	42.9	54.61	10.7	13.4	28.4
2012	27.1	33.4	19.7	1013.3	29.6	0	10.6	11.8	28.3
2013	25.9	32.5	19.4	1010.2	30.3	1.02	9.6	17.6	38.1
2014	26.9	33.1	20.1	1012.1	32.8	2.03	10.6	14.8	32.9
2015	28.1	34.8	20.3	1013.5	30.3	2.03	9.6	16.2	32.1
2016	26.8	33	19.8	1013.3	33.4	1.52	9	19.5	36.7
MOY	27	33	19.86	1,013.50	32.48	9.20	10.00	20.00	35.00

Mois Juin/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	30.9	36.6	24.1	1015.8	28.5	0	11.7	17.9	36.7
2001	32.8	38.8	25.7	1013.7	23.3	0	10.9	19.9	36
2002	31.6	37.6	24.5	1013.7	24.9	3.81	11.1	12.2	26.6
2003	32.7	38.7	25.1	1013.4	28.4	2.03	11.1	10.3	27
2004	30.3	36.5	23.2	1014.8	31.6	1.02	10.9	11.2	26.2
2005	31.9	37.7	25.2	1014	27.8	24.89	10.8	14.4	32.3
2006	31.8	38.1	24.7	1015.3	23.8	7.87	10	19.2	35.4
2007	33.1	39.5	25.9	1010.8	22.5	0.51	10.6	18.6	31.9
2008	30.8	36.7	24.1	1012.9	28.6	0	9.8	16	34.1
2009	32.1	38.4	24.7	1012.7	24.7	0	11.6	13.5	28.7
2010	31.1	37.5	24.4	1008.8	32.5	27.44	10.3	17	35.7
2011	29.8	35.8	23.4	1012.3	35.5	1.01	11.3	11.4	28.8
2012	34.3	40.7	27.4	1011.6	22.7	0	10.1	11.4	27
2013	30.2	36.5	22.5	1012.6	26.9	20.07	9.4	13.5	32.6
2014	30.6	37	23.3	1011.8	28.6	3.81	11.1	15.5	33.5
2015	31.3	37.6	24.2	1012.6	28	1.27	10.1	15.1	31.1
2016	31.9	38	24.9	1012.8	33.4	19.05	9	15.3	33.3
MOY	31.6	37.5	24.55	1,014.00	28.00	6.63	9.50	16.50	30.00

Mois Juillet/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	34.4	40.4	27.6	1012.5	24.2	0	10.5	16.8	32.8
2001	36	42.1	29	1012.2	23.2	0	10.3	21.8	42.2
2002	34.4	40.5	27.7	1011.5	26	12.7	8.3	12.4	28.4
2003	36.7	43	29.3	1013.2	21.4	0	10	10.5	27.6
2004	33.4	39.7	26.5	1013.8	27.7	0	10.5	10	24
2005	36	42.2	29	1012.3	24.5	3.05	10.1	12.8	32.1
2006	34.5	40.8	27.9	1014.4	27.1	0	10.6	15.3	36.3
2007	33.7	39.9	26.7	1013.9	25.4	0	10.4	13.1	23.6
2008	36.2	42.5	29.6	1012.2	23.8	0	8.4	16.5	37.9
2009	36	42.7	28.2	1013.2	24	3.56	11.1	10.7	29
2010	35.2	41.4	28.2	1011	26.6	0	10.6	10.7	30
2011	34.7	41.1	27.9	1008.9	27.1	3.05	10.4	13.2	34.5
2012	36.5	43	29.2	1011.2	22.2	0.51	10.1	11.1	27.7
2013	34.5	40.4	27.6	1012.5	27.2	0	10.4	5.1	29.3
2014	34.5	40.5	27.6	1010.8	25.9	0	10	14.3	31.5
2015	34.5	41	27.3	1012	26.1	0	11.4	12.1	28
2016	34.6	40.6	28.1	1014.1	27.9	0	9.5	13.3	30.4
MOY	36.00	42.33	29.00	1,011.50	25.00	1.35	10.00	10.00	27.75

Mois Aout/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	33.3	39.8	25.8	1015.5	26.1	0	10.8	12	25.6
2001	34.3	40.3	27.8	1013.9	28.6	8.89	10.6	18.7	35.6
2002	33.4	39	27.3	1011.9	28.9	5.85	8.8	16.6	36.7
2003	34.8	40.7	27.7	1014.4	26	0	11.3	10.8	27.5
2004	34.7	40.8	28.4	1013.3	30.6	14.99	10	13	34.6
2005	33.8	40.2	27.2	1012.6	27.5	2.03	10.5	13.1	32.3
2006	33.9	40.1	27.6	1010.9	28.3	0.76	10.2	14.3	31.8
2007	34.4	40.2	28.3	1011.4	26.8	0	10.1	14.3	25.6
2008	34.4	40.5	28	1012	29.7	0	10.1	13.2	30.3
2009	34.8	40.9	28.3	1010.6	26	0	10.9	12.3	28.8
2010	34.4	41.1	27.9	1010.7	32	4.06	10.3	10.8	29.7
2011	34.1	40.4	27.5	1011	31.2	0	11	11.5	31.5
2012	35.7	42.5	28.7	1012.7	24.3	0	9.7	7.7	24.8
2013	32.4	38.5	26.4	1012.2	30.6	11.19	11.3	0	-
2014	35.1	41.1	28.4	1010.6	28.4	0	10.2	10.3	25.7
2015	34.4	40.2	28.4	1013.1	32.6	2.03	9.5	12.9	30.5
2016	33.2	39.2	26.8	1015	33.2	0.76	9.8	11	26.2
MOY	34.18	39.00	28.00	1,012.67	28.00	2.97	10.50	9.00	28.07

Mois Septembre/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	33.3	39.8	25.8	1015.5	26.1	0	10.8	12	25.6
2001	30.2	35.4	24.5	1013.2	40.9	3.04	10.1	20.4	40.8
2002	29	34.6	22.7	1013.7	34.6	0.51	10.6	15.2	34.1
2003	29	34.5	23.1	1015.7	39.1	6.1	11.2	14.1	31.5
2004	28.5	34.5	22.1	1017.3	35.8	4.07	11.3	12.2	30.5
2005	28.5	34.1	22.9	1015.6	43.8	3.06	11.5	12.6	30.3
2006	27.4	32.8	21.3	1014.8	40	16	11.4	15.1	30.6
2007	29.1	34.9	23.5	1015.2	41.2	36.06	10.7	15.4	29.4
2008	29.6	35	23.9	1013.8	38.7	19.3	10.3	14	31.7
2009	27.1	32.7	21.4	1012.1	50.5	32	10.9	12.2	27.1
2010	28.7	34.5	23.2	1012.2	39.5	12.19	10.9	10.5	25.5
2011	30.3	36.6	24.4	1012.5	37.1	29.21	10.4	11.6	29.8
2012	29.8	36	23	1013.3	30	3.05	10.5	8.7	23.8
2013	29.8	35.1	24.3	1013.4	39.9	7.11	10.2	0	18.3
2014	31.2	37.2	25.1	1012.7	36.6	25.66	10.1	11.4	27.8
2015	29.5	35.1	23.7	1014.7	45	18.29	9.3	12.5	28.7
2016	29	34.7	23.4	1016.1	44.9	31.5	9.4	13.5	31.1
MOY	29.00	35.50	23.00	1,014.22	38.33	16.00	10.56	8.67	29.21

Mois Octobre/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	21.9	27.3	16.4	1016.8	48	5.59	11.6	19.4	34.7
2001	26.9	32.6	20.8	1019.5	42.5	0.5	10.7	15.5	29.7
2002	23.1	29.2	17.2	1017.5	43.5	12.19	11.6	10.4	26.3
2003	24.5	29.1	19.7	1014.3	52.5	47.24	10.9	14.2	30.6
2004	24.6	30.8	18.6	1016.2	41.3	4.31	10.7	10.6	27.3
2005	24.1	29.5	18.3	1018.2	49.5	0.51	11.2	7.5	23.1
2006	24.8	31.7	18.2	1016	40	0	11.4	12.8	27.4
2007	24	28.9	19	1015.3	42.4	3.3	11.4	18.4	32.2
2008	22.5	27.3	17.9	1018.2	59.8	22.35	10.8	11.9	26.7
2009	23	29	17.1	1014	44.9	0	11.6	7.7	22.8
2010	22.5	28.4	16.7	1012.3	43.9	13.97	11	12.6	25.2
2011	22.4	28.3	16.5	1017.8	47.8	79	10.8	9.4	23.4
2012	24.5	30.3	19	1013.1	40.7	84.07	10.8	10.1	24.9
2013	26.1	31.8	20.6	1015.9	45.4	40.14	10.7	0	-
2014	25.3	32.1	19.1	1015.9	35.8	1.02	10.7	1.1	20.4
2015	23.6	28.8	18.5	1016.1	52.2	35.3	9.8	14	26.8
2016	25.6	31.8	19.9	1016.3	43.3	1.77	9.5	10.9	24.5
MOY	23.5	29	19.00	1,015.00	44.00	26.33	11.00	7.00	25.06

Mois Novembre/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	17	22.8	11.8	1018.1	48.5	4.07	11.4	18.3	34
2001	16.5	21.2	11.9	1017.9	55.1	17.27	10.9	18.4	32.8
2002	17.1	21.9	12.7	1016	53.1	20.56	11.3	19.5	37.4
2003	17.4	22.7	12.7	1017.7	56.9	1.27	11	14.1	31.6
2004	15.5	21.1	10.5	1018.3	58.9	33.02	11.5	12.4	26.3
2005	23	28.9	17.3	1021.4	46.7	0	11.1	10.1	27.3
2006	17.1	23.2	11.8	-	57.7	48.01	11.2	11.1	22.9
2007	15.9	21.8	11	1017.7	44.4	0	11.7	16.6	28.6
2008	15.3	20.8	10.3	1017.7	58.7	17.02	10.8	14.7	28.3
2009	16.9	23.8	11.1	1017.7	45.9	0.25	11.2	12.3	25.6
2010	16.6	22.1	12	1012	57.9	44.45	10.6	13.4	29.4
2011	17.4	22.6	12.7	1016.7	55.4	2.79	10.9	12.3	29.7
2012	18.1	23.9	12.8	1014.2	57.6	24.13	10.7	7.5	22
2013	17.3	22.6	12.5	1014.3	44.1	0	11.1	0	11.1
2014	18.5	24.3	13	1013.8	50.4	2.53	10.2	0	-
2015	17.6	23.6	12.6	1023.3	54.1	4.06	10.4	10.7	23.3
2016	17.2	22.6	12.1	1017	58.8	22.6	9.4	13.8	26.1
MOY	20	22.94	12	1,015.00	53.19	14.24	11	12.07	28

Mois Décembre/ Année	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM
2000	13.2	19	8.1	1020.3	52.8	6.6	11.2	14.8	35.1
2001	11.2	16.1	7	1021.5	63.3	15.24	11	13	24.4
2002	13.9	19.3	9.4	1019.8	56.1	0.76	11.9	16.5	31.7
2003	12	16.8	7.7	1019.4	60.5	12.95	10.9	18.8	35.6
2004	12.5	17.1	8.6	1017.9	66.3	30.99	10.9	15.2	32.2
2005	10.9	16	6.5	1020.3	65	14.73	10.8	11	24.1
2006	13.1	17.8	9	1025.5	64.4	10.41	10.8	13.9	30
2007	12.7	18.2	8	1022.8	47.2	2.03	9.9	18.7	33.5
2008	10.9	15.9	6.6	1019.4	69.6	28.2	10.7	12.2	25
2009	13.2	19.2	7.8	1013.7	60.2	15.24	10.8	10.3	30.3
2010	12.4	18.1	7.4	1014.9	48.6	2.03	10.5	12	24.9
2011	13.4	19.1	8.7	1023.8	55.3	0	11.1	12.6	25.5
2012	13	18.4	8	1020.8	53.4	2.03	10.9	12	26.6
2013	12.2	18.1	7.2	1023.6	58.9	14.99	10.6	0.1	35.2
2014	13	18.6	7.7	1020.2	59.2	0.51	10.4	0.1	18.3
2015	12.2	19.2	6.6	1031.9	61.7	0	10.2	4.3	14
2016	14.3	19.1	10	1025	65.9	6.35	9.7	10.9	20.6
MOY	12.67	17.50	8.40	1,025.00	65.00	9.59	11.00	12.00	23.00

T : Température moyenne (°C)

TM : La température maximale (°C)

Tm : température minimale (°C)

SLP : La pression atmosphérique au niveau de la mer (hPa)

H : Humidité relative moyenne (%)

PP : Précipitations et / ou la fonte des neiges total (mm)

VV : visibilité moyenne (Km)

V : Vitesse moyenne du vent (Km/h)

VM : Vitesse maximale de vent soutenu (Km/h)