

CHAPITRE II : ANALYSE CLIMATOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

Le but de cette partie est d'étudier les paramètres climatiques qui déterminent en grande partie l'écoulement de surface.

2.1. Etude des précipitations

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime d'un cours d'eau. En effet, les précipitations agissent directement dans l'alimentation de l'écoulement des bassins versants des Oueds Taria et Saïda.

L'équipement climatologique est cependant loin d'être satisfaisant, ceci peut être justifié par l'existence seulement de trois stations pluviométriques dans un bassin étendu tel que le notre.

Un deuxième inconvénient est la rareté de longues séries pluviométriques, ainsi que le problème des lacunes.

La pluviométrie en Algérie a été étudiée jusqu'ici par plusieurs auteurs (Seltzer, 1913-1938 .Gaussen 1913-1947, Medinger, 1913-1953. Chaumont et Pacquin, 1913-1963). La plupart de ces stations ont été arrêtées pendant la guerre d'Algérie.

2.1.1. Collecte des données

La collecte des valeurs mensuelles des précipitations a été effectuée auprès de l'office national de la météorologie d'Oran (ANRH d'Oran). Ces valeurs représentent des totaux pluviométriques mensuels relevés des documents originaux des stations météorologiques du bassin versant des Oueds Taria et Saïda.

2.1.2. Choix des stations utilisées

Pour le besoin de notre étude, nous avons choisi les stations qui se situent à l'intérieur des limites de notre bassin versant, nous avons trois stations qui permettent de donner une interpolation au niveau de notre région.

Tableau 24 : Présentation des stations pluviométriques.

Stations	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observation
Oued Taria	0°04'E	34.5°	500	1990-2003
Oued Saïda	0°08'E	35	560	1990-2003
03 rivières	0°01'O	35	460	1990-2003

Une excellente analyse effectuée sur des données fausses n'a évidemment aucune valeur. Toute analyse suppose deux opérations : d'abord la collecte des données et ensuite leur traitement. Il est clair que la première opération est d'une importance capitale.

2.1.3. Contrôle de l'homogénéité des données

Parfois l'étude des séries chronologiques met en évidence des changements de valeurs qui surviennent brusquement et se maintiennent ultérieurement et se traduisent par une

modification progressive mais systématique de ces valeurs. L'analyse statistique des séries observées exige de celles-ci une homogénéité de leurs composantes.

2.1.4. Méthode de contrôle

Il existe plusieurs méthodes pour tester l'homogénéité :

- Méthode du double cumul (double masse),
- Méthode de régression linéaire,
- Méthode des résidus cumulés,
- Test F.

Dans notre cas ; on retiendra la méthode de la régression linéaire.

2.1.5. Méthode de la régression linéaire

Considérons un couple de valeur (x_i, y_i) relativement à deux stations pluviométriques voisins à un même régime pluviométrique, la méthode des moindres carrés conduit à la détermination de la droite D qui possède la propriété d'être la plus proche de l'ensemble des points de coordonnées (x_i, y_i) , la destination étant mesurée par la somme des carrés des écarts.

La droite d'équation $Y = ax + b$ est la droite d'ajustement de Y par rapport à X ou de X par rapport Y.

Y : valeur estimée ;
a : pente de la droite ;
b : constante.

L'ensemble des couples (x_i, y_i) , est un échantillon aléatoire représentatifs prélevé dans une population dont le caractère Y est une corrélation linéaire avec le caractère x. si les deux variables observées ont pour moyennes arithmétiques respectives \bar{x} et \bar{y} , pour écart-type S_x et S_y , elle permet de connaître la grandeur de r (coefficient de corrélation).

- Si r est égale à +1 ou -1, on a une relation fonctionnelle ;
- Si r égal à zéro, les variables sont dites indépendantes (pas de corrélation) ;
- Si r est égale à 1, on a une corrélation positive ;
- Si $0.6 \leq r \leq 1$, on a une bonne corrélation ;
- Si $0.3 \leq r \leq 0.6$, on a une corrélation médiocre ;
- Si $0 \leq r \leq 0.3$, on a une corrélation faible.

$$a = \frac{Cov(x,y)}{S_x^2}, b = \bar{y} - a\bar{x} \quad \text{avec} \quad Cov(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n} - \bar{x} \cdot \bar{y}$$

$$r = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i y_i / n) - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y} \quad \text{avec} \quad S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \bar{x}^2 \quad S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} - \bar{y}^2$$

S_x^2 : variance de x ; S_y^2 : variance de y ; S_x et S_y sont les écart-type de x et y.

2.1.6. Test d'homogénéité entre les stations

2.1.6.1. Test d'homogénéité entre les stations des oueds Taria et Saïda

L'équation de la droite de régression linéaire est de la forme :

$Y = 0.782x + 21,562$; le coefficient de corrélation est égal : $r = 0.93$

2.1.6.2. Test d'homogénéité entre la station de l'oued Saïda et celle de 03 rivières.

L'équation de la droite de régression linéaire est de la forme :

$Y = 1.2151x + 59,435$; le coefficient de corrélation est égal : $r = 0.83$

2.1.6.3. Test d'homogénéité entre la station d'oued Taria et celle de 03 rivières'

L'équation de la droite de régression linéaire est de la forme :

$Y = 0,6657x + 32,673$; le coefficient de corrélation est égal : $r = 0.81$

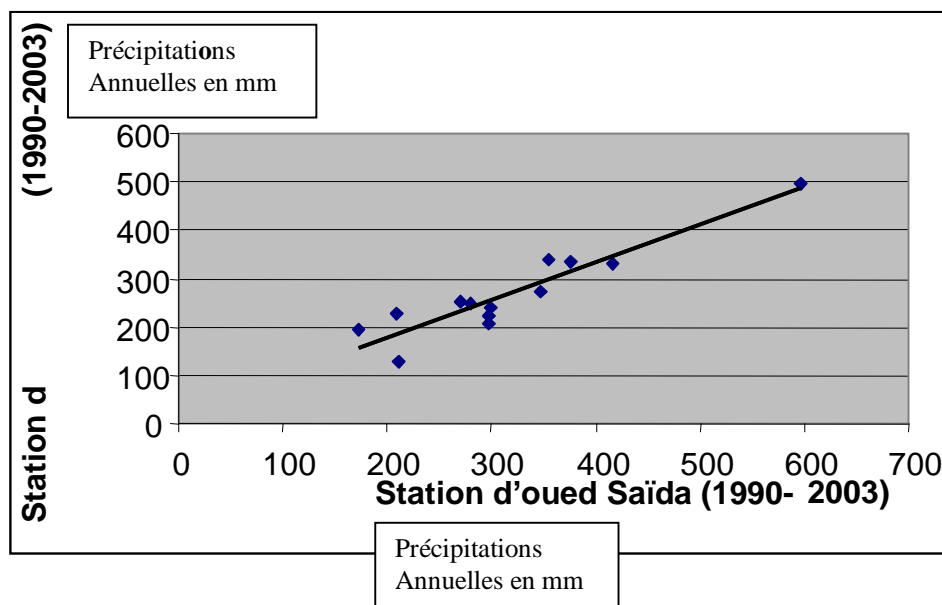


Figure. 14 : Régression linéaire des précipitations annuelles

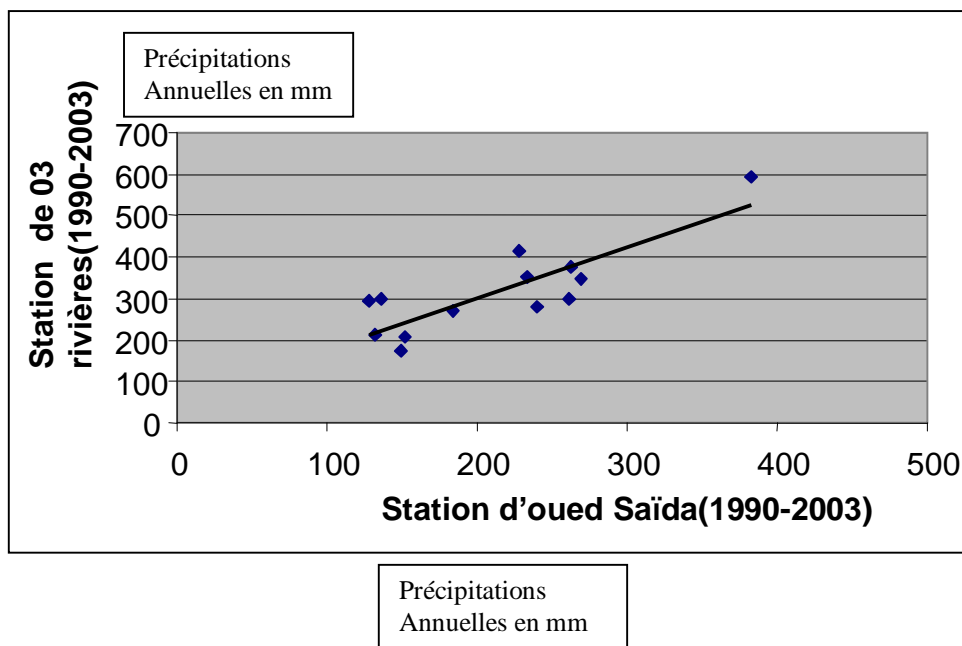


Figure. 15 : Régression linéaire des précipitations annuelles

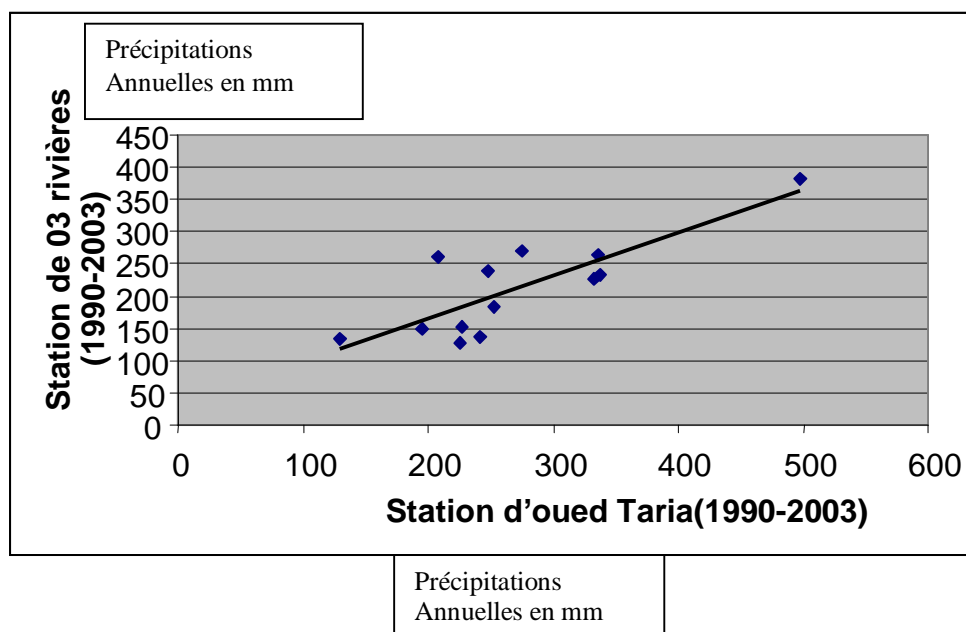


Figure. 16 : Régression linéaire des précipitations annuelles

2.1.7. Emploi des méthodes d'ajustement sur la station d'Oued Saïda

2.1.7.1. Introduction

L'analyse statistique des données pluviométriques ou hydrométriques vise à définir les régions climatiques à travers certaines valeurs caractéristiques et représentatives.

Les valeurs caractéristiques sont de deux types :

- Valeurs centrales ;
- Valeurs extrêmes.

Les valeurs centrales caractérisent l'abondance des régions et leurs irrégularités (moyenne, médiane).

Les valeurs extrêmes représentent les valeurs que peuvent prendre les précipitations pour une certaine probabilité choisie à l'avance. Pour l'analyse statistique des précipitations annuelles, nous ajusterons à la loi de Gauss (lois normale, log normale et racine), la série d'observation de la station pluviométrique est de 1990-2003.

2.1.7.2 - Loi Normale

Les paramètres caractéristiques de la série sont :

- La moyenne $\bar{P} = 319,69$ mm
- L'écart type $\sigma = 100,97$
- Le coefficient de variation $C_v = 0.32$

Le coefficient de variation est inférieur à 0.5, donc l'adéquation à la loi normale est possible.

Tableau. 25 : Fréquence Cumulée

Rang(i)	P(mm)	$F_i = [i/(1+n)]$
1	173,3	0,067
2	208,1	0,13
3	210,8	0,2
4	270,8	0,27
5	279,4	0,33
6	296,8	0,4
7	297	0,47
8	298,8	0,53
9	347,2	0,6
10	350,9	0,67
11	354,7	0,73
12	376,7	0,8
13	415,5	0,87
14	595,6	0,93

Test Graphique

On rapporte les données sur un papier fonctionnel permettant de représenter la fonction $P = f(F_i)$.

Cette distribution est représentée par la droite d'équation :

$$P = \bar{P} + s.u$$

\bar{P} : moyenne = 319,69 mm

σ : L'écart type = 100,97

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

u : variable réduite ;

Pour $F_1 \longrightarrow 0.47 \longrightarrow u = -0.225$

$F_2 \longrightarrow 0.87 \longrightarrow u = 0.949$

Remplaçons u par sa valeur dans l'équation : $P = 319,69 + 100,97u$; On obtient respectivement :

Pour $\{ F_1 = 0.47 ; P_1 = 296,97 \text{ mm} \}$ et pour $\{ F_2 = 0.87 ; P_2 = 415,51 \text{ mm} \}$

Tableau. 26 : Test d'adéquation de χ^2 (Loi de Gauss)

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (n_i)	Effectifs théoriques (np_i)	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	173-270,8	4	3,5	0,071
2	279,4-298,8	4	3,5	0,071
3	347,2-376,7	4	3,5	0,071
4	415,5-595,6	2	3,5	0,643

χ^2 calculé = 0.856 ;

Le nombre de degré de liberté ddl = $k - 1 = 4 - 1 = 3$; k : nombre de classe (taille de l'échantillon + moyen + l'écart type).

Pour un risque $\alpha = 5\%$ $\longrightarrow \chi^2$ tabulé = 7,815 > χ^2 calculé = 0.856 ; donc l'adéquation à la loi normale est acceptable.

2.1.7.3. Loi log normale

Tableau. 27 : Fréquence cumulées

Rang (i)	Log (mm)	$F_i = [i / (1+n)]$
1	2,24	0,067
2	2,31	0,13
3	2,32	0,2
4	2,43	0,27
5	2,45	0,33
6	2,47	0,4
7	2,47	0,47
8	2,48	0,53
9	2,54	0,6
10	2,55	0,67
11	2,56	0,73
12	2,58	0,8
13	2,62	0,87
14	2,77	0,93

$$\log \bar{p} = 2,50$$

$$\log d = 2,00$$

Test graphique

Sur un papier fonctionnel on représente la fonction $\text{Log } P = f(F_i)$. On obtient une distribution représentée par une droite d'équation :

$$\text{Log } P = \text{Log } \bar{P} + \text{Log } \sigma \cdot u$$

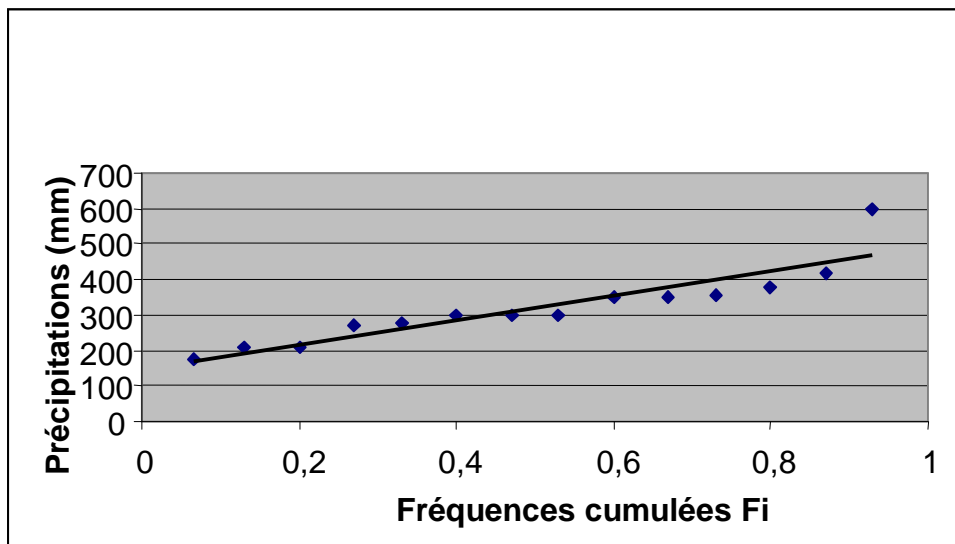


Figure.17 :Représentation graphique:loi normale .Station d'Oued Saïda (1990-2003)

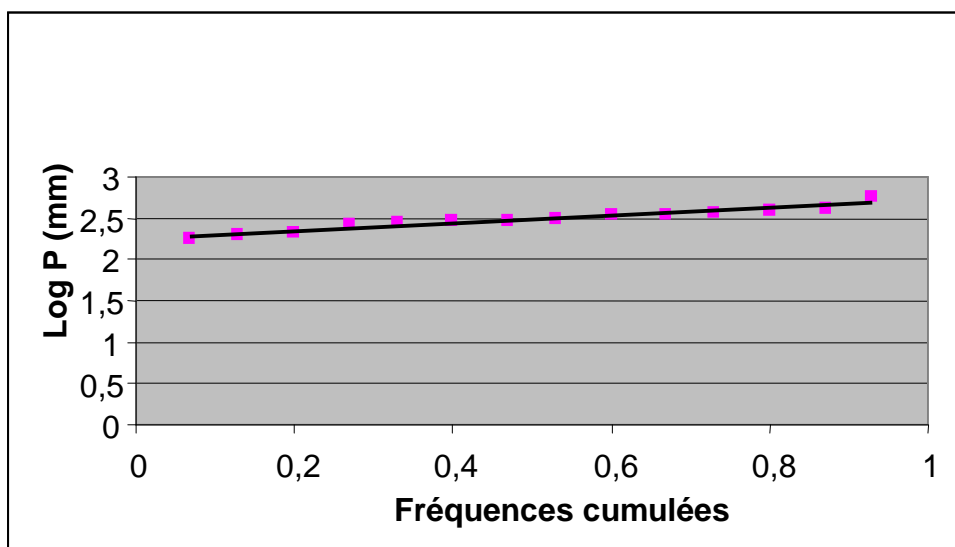


Figure. 18 : Représentation graphique:Loi log normale station d'oued Saïda (1990-2003)

$\overline{\text{Log P}}$: moyenne = 2.50 mm ; $\text{Log } \sigma$: écart type = 2 ; u : variable réduite

Pour $F_1 \longrightarrow 0.47 \longrightarrow u = -0,015$
 $F_2 \longrightarrow 0.87 \longrightarrow u = 0,06$

Si on remplace u par sa valeur dans l'équation suivante : $\text{Log P} = 2.50 + 2u$;

On obtient respectivement : { $F_1 = 0.52$; $\text{LogP}_1 = 2.47 \text{ mm}$ } et { $F_2 = 0.89$; $\text{LogP}_2 = 2.62 \text{ mm}$ }

Tableau. 28: Test d'adéquation de χ^2 (Loi Log normale)

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (n_i)	Effectifs théoriques (np_i)	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	2,24-2,43	4	3,5	0,071
2	2,45-2,48	4	3,5	0,071
3	2,54-2,58	4	3,5	0,071
4	2,62-2,77	2	3,5	0,643

χ^2 calculé = 0,856

Le nombre de degré de liberté ddl = k-3 = 4-3 = 1 ; χ^2 calculé = 0.856 < χ^2 tabulé = 7,815 ; donc l'adéquation par loi Log normale est acceptable.

2.1.7.4. Loi Racine

Tableau. 29 : Fréquences cumulées

Rang(i)	$\bar{O}P$ (mm)	$F_i = [i/(1+n)]$
1	13,16	0,067
2	14,43	0,13
3	14,52	0,2
4	16,46	0,27
5	16,72	0,33
6	17,23	0,4
7	17,23	0,47
8	17,29	0,53
9	18,63	0,6
10	18,73	0,67
11	18,83	0,73
12	19,41	0,8
13	20,38	0,87
14	24,40	0,93

$$\sqrt{\bar{p}} = 17,88$$

$$\sqrt{\sigma} = 10,05$$

Test graphique

Sur un papier fonctionnel on représente la fonction $P = f(F_i)$; on obtient une distribution représentée par la droite dont l'équation est de la forme :

$$\sqrt{P} = \sqrt{\bar{p}} + \sqrt{\sigma} \cdot u$$

$\sqrt{\bar{p}}$ = moyenne = 17,88 ; $\sqrt{\sigma} = 10,05$; u : variable réduite ;

Pour $F_1 \longrightarrow 0,47 \longrightarrow u = -0,064$
 $F_2 \longrightarrow 0,87 \longrightarrow u = 0,25$

Si on remplace u par sa valeur dans l'équation : $\sqrt{P} = 17,88 + 10,05u$

On obtient respectivement : $\{F_1 = 0.52 ; \sqrt{P} = 17,24\}$ et $\{F_2 = 0.89 ; \sqrt{P} = 20,39\}$

Tableau. 30 : Test d'adéquation de χ^2 (loi racine)

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (n_i)	Effectifs théoriques (np_i)	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	13,16-16,46	4	3,5	0,071
2	16,72-17,29	4	3,5	0,071
3	18,63-19,41	4	3,5	0,071
4	20,38-24,40	2	3,5	0,643

χ^2 calculé = 0.856 ; le nombre de degré de liberté $ddl = k-1 = 4-1 = 3$; χ^2 calculé = 0.856 < χ^2 tabulé = 7,815 ; donc l'adéquation par la loi racine est acceptable.

2.1.7.5. Calcul de la période de retour (cas où le module est le plus fort)

On a :

$$T = \frac{1}{1-F}$$

Avec : T : période de retour ;

P = 595,6 et F = 0.93 ; donc T = 14 ans.

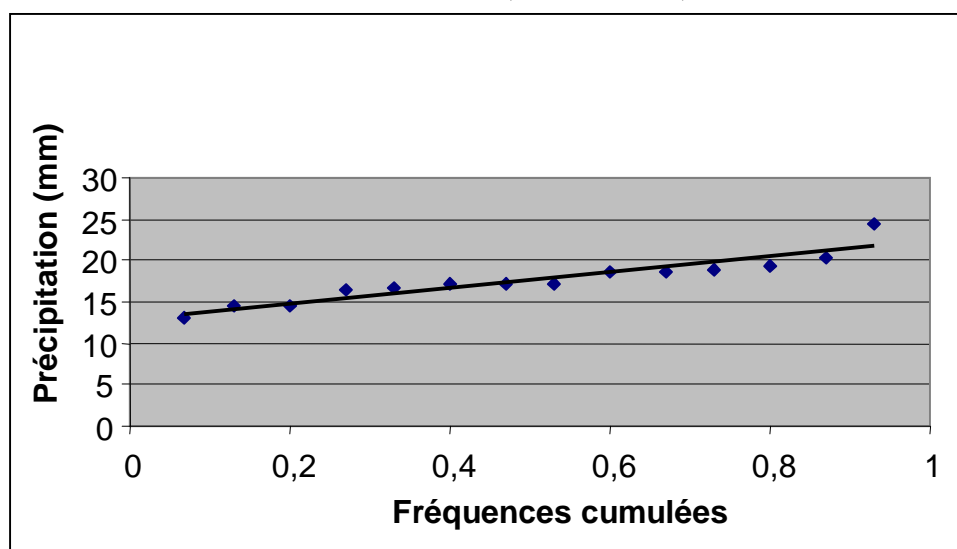


Figure 19 : Représentation graphique: Loi racine Station de Oued Saïda (1990-2003)

2.2. Variabilité des précipitations annuelles

Bien que la notion de la moyenne pluviométrique estompe la réalité des faits climatiques, sa connaissance demeure nécessaire pour aborder l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyen annuel et l'écoulement, elle permet également de cerner la variabilité des précipitations en fonction de la période d'observation.

Malgré l'existence de certains écarts entre les différentes stations, nous avons pu constater une certaine homogénéité.

La figure ci-dessous présente la variation des précipitations annuelles des trois stations pluviométriques, montre le phénomène de fluctuation des précipitations annuelles qui se traduit par des oscillations pluviométriques liées à l'instabilité des types de temps. Le calcul des coefficients de variation, pour les trois séries pluviométriques, nous a donné des coefficients qui égalent 0.32.

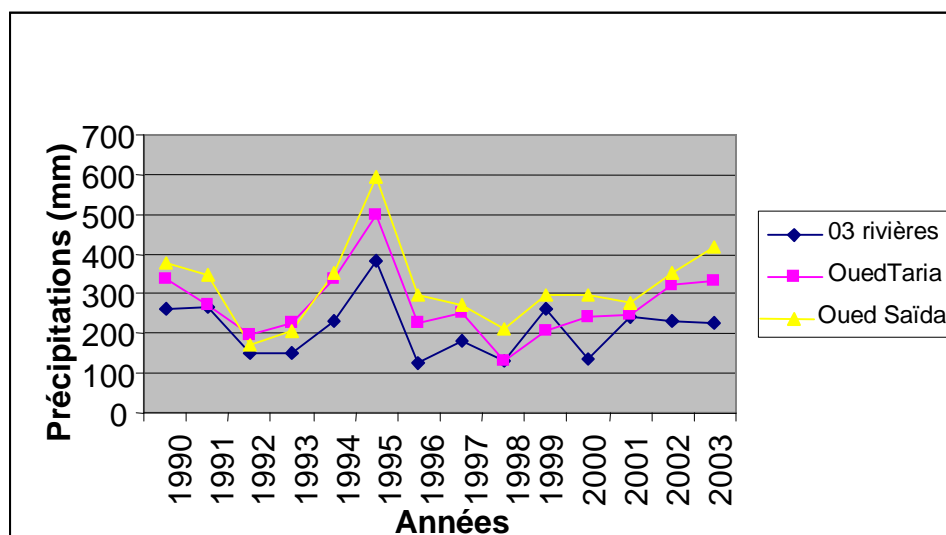


Figure. 20 : Variation annuelle des précipitations (1990-2003)

2.2.1. Précipitations mensuelles

Les variations moyennes mensuelles des trois stations sont données par le tableau ci-dessous, elles représentent les moyennes sur une série de 14 ans pour les trois stations.

Tableau. 31 : Présentation des précipitations moyennes mensuelles.

Stations	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aot	Sept	Oct	Nov	Dec
Oued Saïda	32,44	34,08	42,61	31,68	30,36	7,76	4,11	11,97	19,43	36,59	33,06	35,61
Oued Taria	29,88	30,76	28,86	26,91	26,96	7,98	3,69	7,64	19,72	26,76	35,94	28,44
03 rivières	22,31	27,07	26,44	22,19	17,4	1,72	0,18	3,89	16,94	21,4	31,65	22,32

La variation des précipitations mensuelles est présentée dans la figure ci-dessous, dans cette dernière, nous pouvons remarquer que le mois le plus pluvieux, pour la station d'Oued Saïda, est le mois d'Octobre, le mois le sec est celui de juillet.

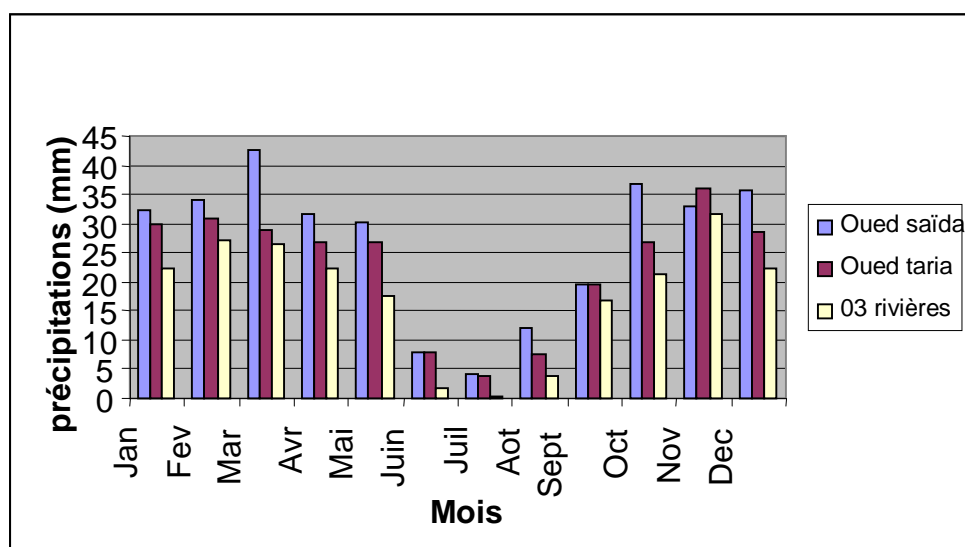


Figure. 21 : Variation mensuelle moyenne des précipitations

222. Précipitations saisonnières

Les quatre saisons de l'année sont :

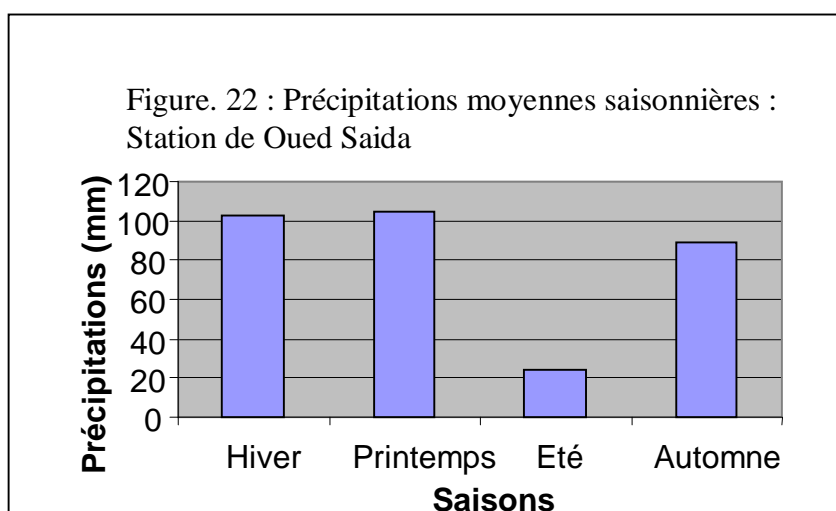
- L'hiver (Décembre, Janvier, Février) ;
- Le printemps (Mars, Avril, Mai) ;
- L'été (Juin, Juillet, Août) ;
- L'Automne (Septembre, Octobre, Novembre).

Le tableau ci-dessous présente les précipitations moyennes saisonnières des différentes stations.

Tableau. 32 : Présentation des précipitations moyennes saisonnières.

Stations	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
Oued Saïda	102.13	104.65	23.84	89.08
Oued taria	89.08	82.73	19.31	82.42
03 rivières	71.7	66.03	5.79	69.99

Les distributions des précipitations moyennes saisonnières sont représentées dans les figures suivantes (graphes). L'hiver représente la saison la plus pluvieuse, par contre la saison la plus sèche est celle de l'été.



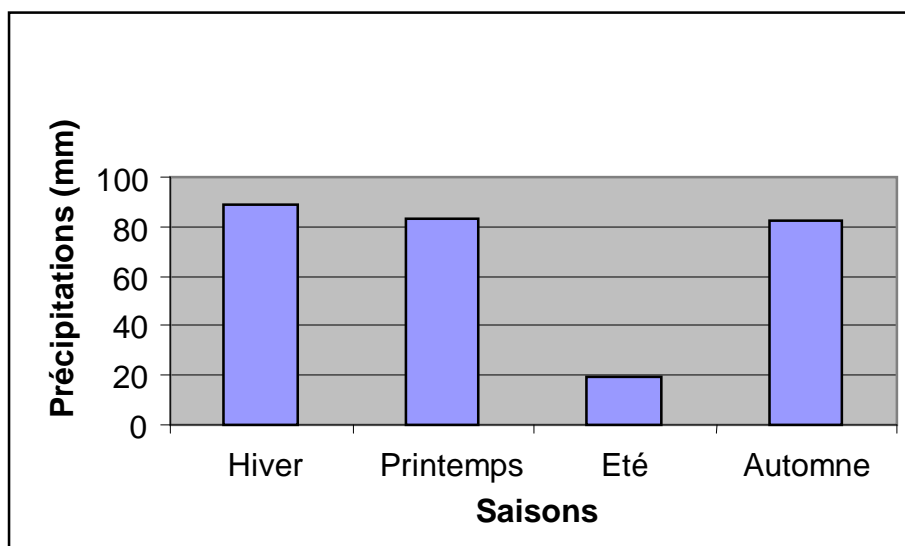


Figure 23 : Précipitations moyennes saisonnières: Station d'Oued Taria

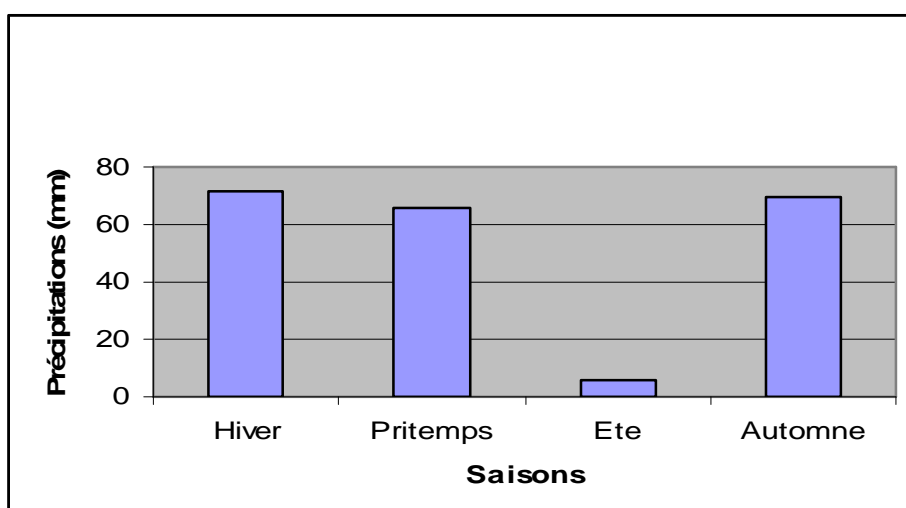


Figure 24 : Précipitations moyennes saisonnières : Station de 03 rivières

2.3. Etude des températures

2.3.1. Températures mensuelles et annuelles

Les températures moyennes mensuelles et annuelles agissent directement sur le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques.

Le tableau ci-dessous présente les températures mensuelles minimales (m), mensuelles moyennes et mensuelles maximales (M) de la station d'Ouizert.

NB : La Station d'Ouizert est similaire à celle d'oued Saïda et oued Taria.

Tableau .33: Présentation des températures de la station d'Ouizert.

	Sept	Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Tmax	38,6	34,5	28,6	27	24,7	26,2	34,2	32,4	38,7	43,7	44,6	43
Tmin	1,8	0,6	0,3	0,1	-1,8	0,1	1,7	2,8	8,2	13,7	16,7	2,0
(M+m)/2	20,2	17,6	14,5	13,6	11,5	13,2	18,0	17,6	23,5	28,7	30,7	22,5

La figure suivante représente les températures minimales, moyennes et maximales de la station d'Ouizert.

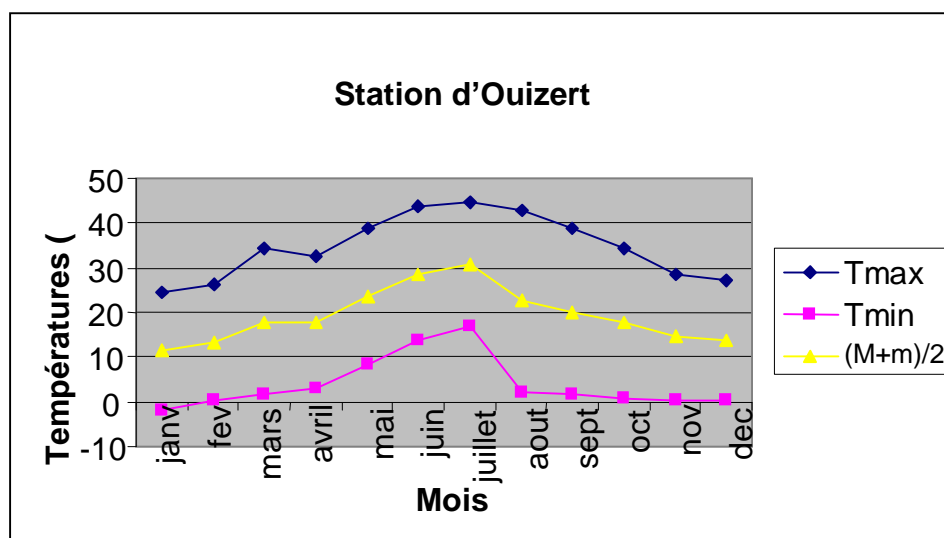


Figure. 25 : Variations mensuelles des températures

24. Classification du climat de la région

Pour déterminer le type de climat, nous avons utilisé la station d'Ouizert. Pour cette étude, nous avons utilisé plusieurs méthodes.

2.4.1. Méthode pluviométrique

Selon Gaussen et Bagnouls, un mois est dit sec si le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (°C) $P \leq 2 * T$, cette relation permet d'établir des diagrammes pluviothermiques sur lesquels, la température est portée à une double échelle de celle des précipitations.

Pour un mois sec, la courbe des températures passe au dessus de la courbe des précipitations.

Le tableau suivant présente les températures moyennes mensuelles de la station d'Ouizert et les précipitations moyennes mensuelles de la station d'Oued saïda.

Tableau. 34 : Précipitations et températures moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	32,44	34,08	42,61	31,68	30,36	7,76	4,11	11,97	19,43	36,59	33,06	35,61
T(°C)	11,45	13,15	17,95	17,60	23,45	28,7	30,65	22,5	20,20	17,55	14,45	13,55

Le diagramme pluviothermique est présenté dans la figure suivante dans laquelle nous constatons que la période excédentaire s'étale de mi-septembre jusqu'à mi-Mai, tandis que la période déficitaire s'étale de mi-Mai jusqu'à mi-Septembre.

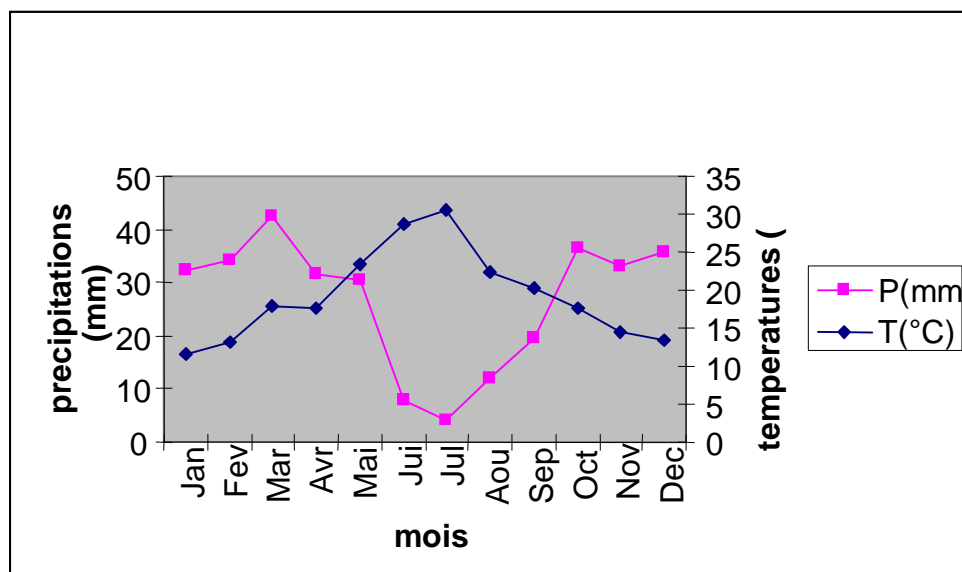


Figure. 26 : Courbe des précipitations et températures moyennes mensuelles: station d'oued Saïda

2.4.2. Méthode de courbe Ombrothermique

Cette méthode qui a été mise au point par Euverte consiste à rapporter en ordonnée :

- Les précipitations (mm) sur une échelle logarithmique,
- Les températures (°C) sur une échelle arithmétique.

En abscisses, nous reportons les mois de l'année.

Deux courbes peuvent être dressées concernant :

- L'évolution des températures mensuelles,

- L'évolution concomitante des précipitations.

Les points d'intersection des deux courbes déterminent la période où les besoins en eau sont satisfaits. Lorsque la courbe des températures passe au dessus de la courbe des précipitations, nous sommes dans une période déficitaire qui dans notre cas s'étend sur six mois pour la station d'Oued Saïda. (Voir figure 27)

Par contre, lorsque la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire, cela se produit de mi-Octobre jusqu'à Avril.

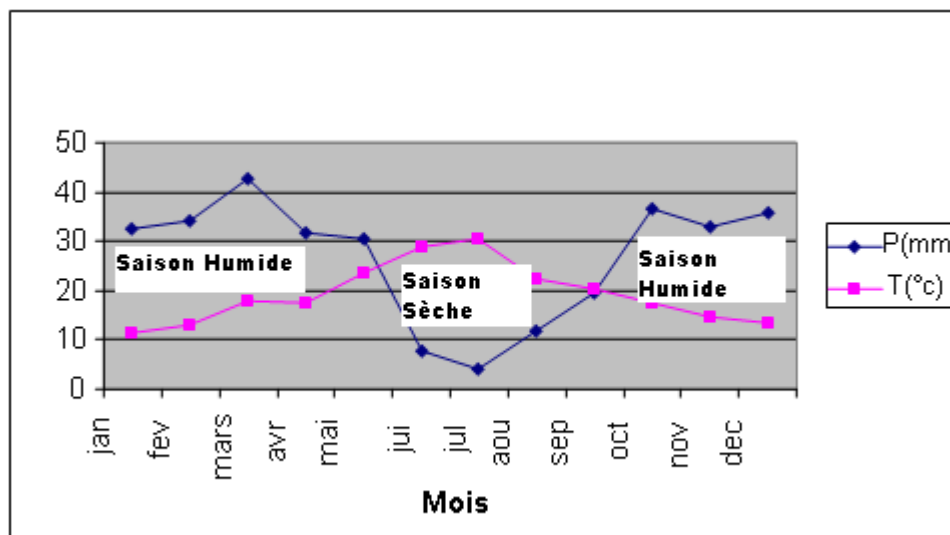


Figure. 27 : Courbe Ombrothermique : Station d'Oued Saïda

Les variations du rapport P/T permet de définir 3 types de stations :

- Période très sèche « Euro méditerranéenne » où $P/T < 1$, dans notre cas c'est de Juin jusqu'à Septembre.
- Période sèche « Subméditerranéenne » où $1 < P/T < 2$, c'est le cas du mois d'Avril et Mai.
- Période humide où $P/T > 3$, c'est le cas du mois de Janvier, Février.

Le tableau suivant présente les valeurs de P/T pour les 12 mois de la station d'Oued Saïda et Ouizert.

Tableau .35 : Valeurs de P/T

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P/T	2,83	2,59	2,37	1,80	1,29	0,27	0,13	0,53	0,96	2,08	2,29	2,63

2.5. Les indices climatiques généraux

L'utilisation de ces indices permet de cerner le type de climat de la région.

2.5.1. Indice de De Martonne :

De Martonne (1933) a introduit un indice d'aridité :

$$I = P/(T+10)$$

I : indice d'aridité de De Martonne,

P : précipitation moyenne annuelle (mm) station d'Oued Saïda ;

T : température moyenne annuelle (°C) station de Ouizert.

A l'échelle annuelle, I= 12,07 compris entre 10 et 20, donc nous avons un régime semi-aride.

Le rapport sur l'abaque montre que notre station est située en régime semi-aride à l'écoulement temporaire et formation herbacée.

Indice d'aridité mensuel « i » :

Il est intéressant de considérer les variations mensuelles en utilisant la relation mise au point par les élèves de De Martonne.

$$i = (12 * P)/(T+10)$$

i : indice d'aridité mensuel ;

P : précipitation moyenne mensuelle (mm) ;

T : température moyenne mensuelle (°C)

Le tableau suivant présente les valeurs de i.

Tableau. 36 : valeurs de i

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
I	18,15	17,68	18,29	13,77	10,89	2,41	1,21	4,42	7,72	15,94	16,23	18,15

2.5.2. Méthode d'EMBERGER

Cette méthode permet l'étude de la somme des climats de la zone méditerranéenne et le détermination d'un quotient pluviométrique (fig 30)

$$Q_z = \frac{P}{[(M+m)/2] * (M-m)} * 1000$$

Q_z : Quotient pluviométrique ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) de la station d'Oued Saïda ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K) ;

m : Moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

P: 319,7mm .

M :303.65(°K)

m : 284.45 (°K)

Après le calcul, le Q_z pour la station d'Oued Saïda est égal à 56.63 En reportant cette valeur sur le climagramme qui comporte, en ordonnée les valeurs de Q_z et en abscisse la température

minimale du mois le plus froid en °C. Nous pouvons constater que la station d'Oued Saïda présente un climat semi-aride à hiver tempéré.

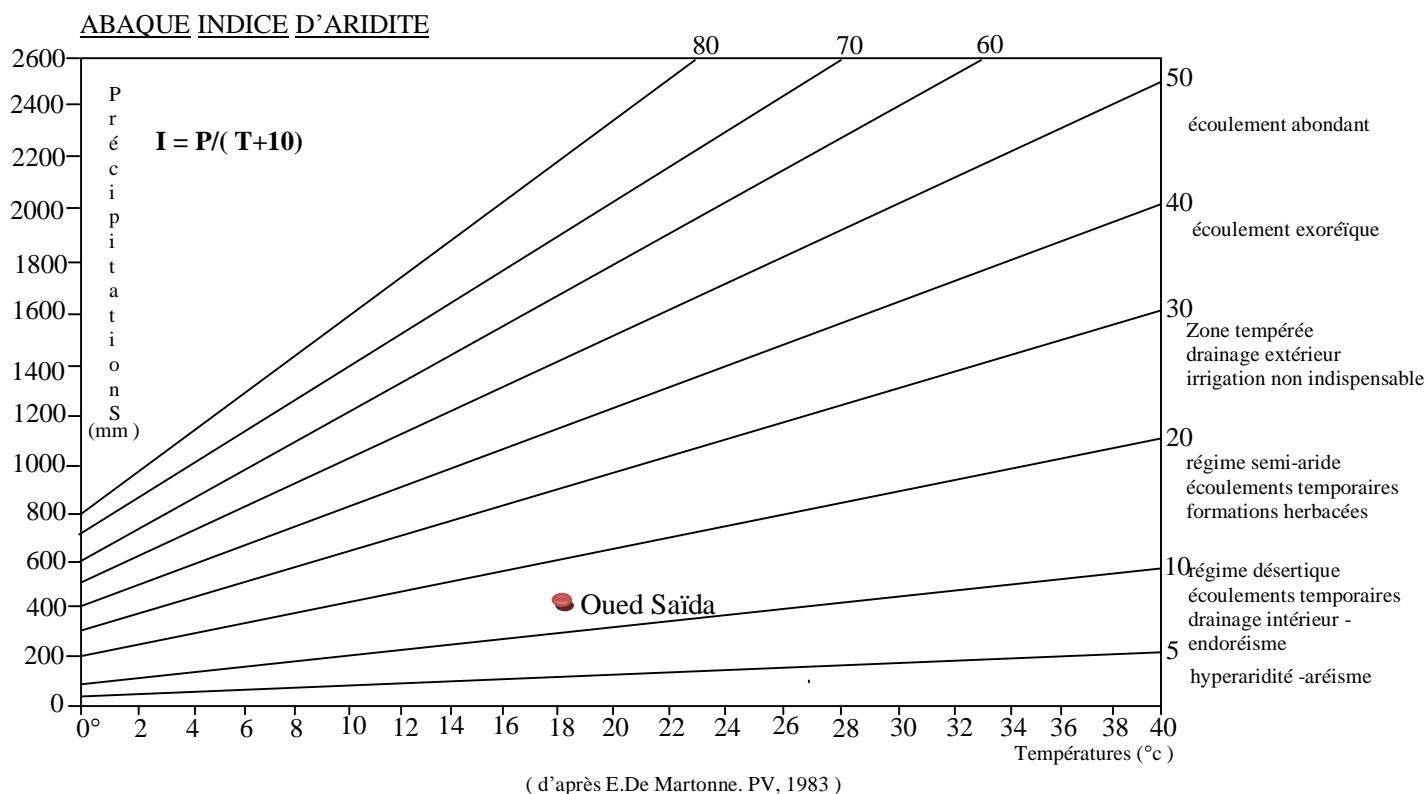
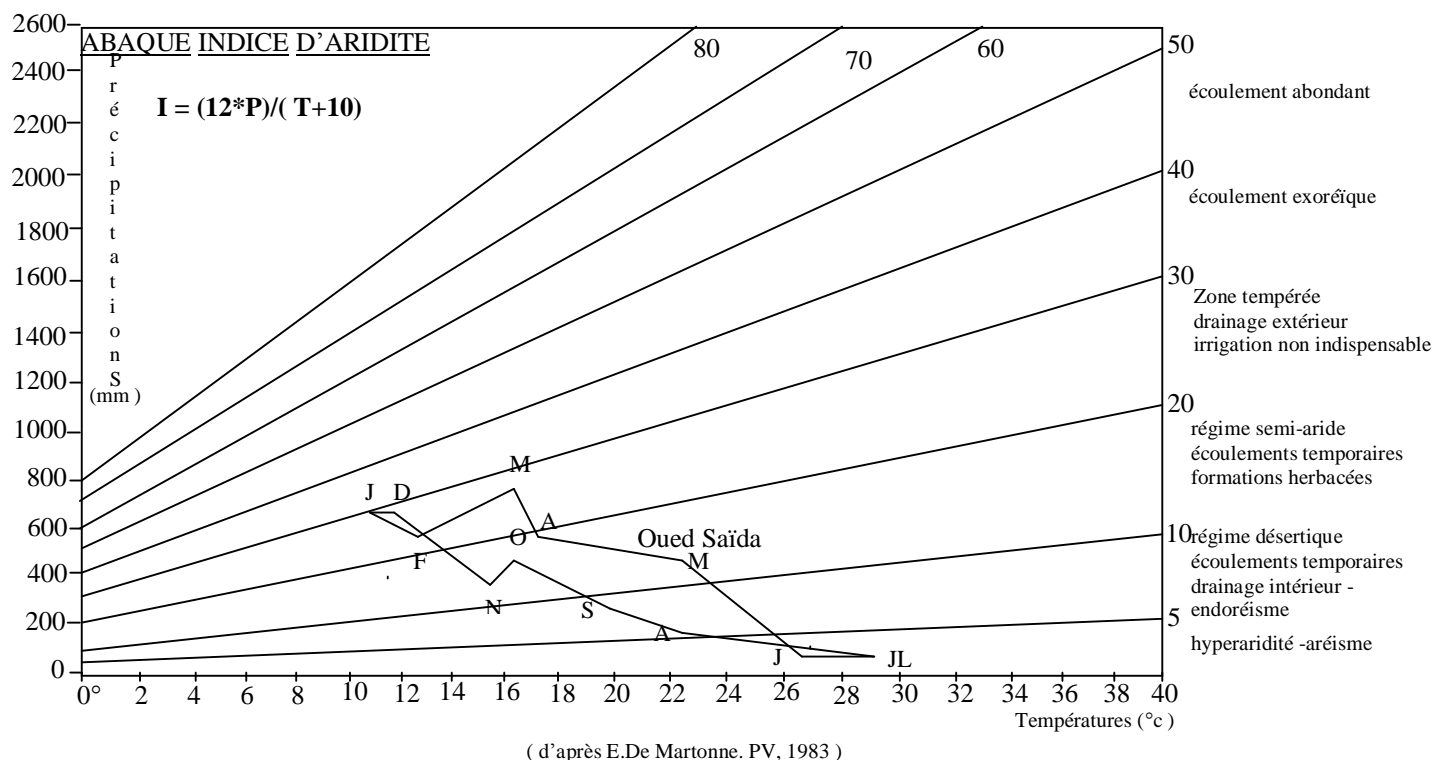


Figure 29 : ABAQUE INDICE D'ARIDITE

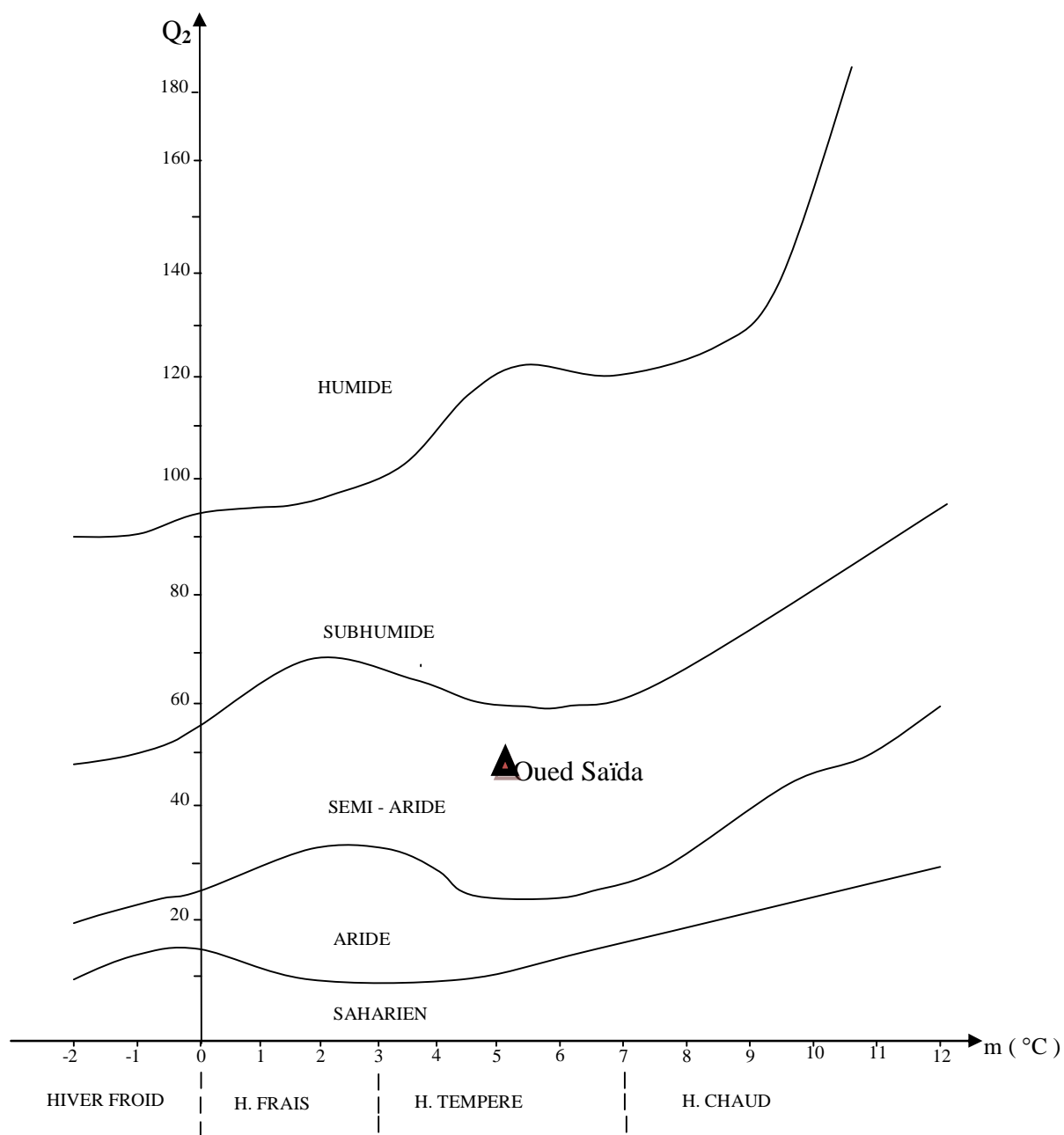
CLIMAGRAMME D'EMBERGER

Figure 30 : Climagramme d'Emberger

2.5.3. Méthode de STEWART

$$Q_z = 3.43 * \frac{P}{(M+m)}$$

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm) ;

Q_z : Quotient pluviométrique ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°C) ;

m : moyenne des températures minimales du mois le plus le froid (°C) ;

Le calcul de Q_z donne une valeur de 30.3 qui est compris entre 2 et 50. Donc, selon STEWART, nous sommes dans un régime semi-aride.

2.5.4. Indice de De Moral

De Moral (1964) a introduit un indice I_A :

$$I_A = \frac{P}{T^2 - 10 * T + 200}$$

Nous obtenons $I_A = 0,84$

Pour préciser le caractère climatique mensuel, De Moral a proposé un indice mensuel I_m :

$$I_m = \frac{P_m}{(T^2/10) - T + 20}$$

I_m : Indice mensuel de De Moral ;

P_m : Précipitation mensuelle (mm) ;

T : Températures mensuelles (°C).

Les valeurs des indices mensuels de De Moral sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau. 37 : Indices mensuels de De Moral

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
I_m	1.50	1,41	1.24	0.95	0.59	0.11	0.05	0.25	0,48	1,1	1,25	1,44

De Moral a classifié les mois en 4 types :

- Mois pluvieux : $P > 0.1 * T^2 + T + 30$
- Mois humide : $0.1 * T^2 + T + 30 > P \geq 0.2 * T^2 - T - 20$
- Mois sec : $0.1 * T^2 + T + 20 > P \geq 0.05 * T^2 - T + 10$
- Mois aride : $P < 0.05 * T^2 - T + 10$

Le tableau suivant présente la classification des mois selon De Moral.

Tableau. 38 : Classification de De Moral

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Type	Humi	Humi	Humi	Humi	Sec	Arid	Arid	Arid	Sec	Humi	Humi	Humi

D'après toutes les méthodes que nous avons utilisé, le climat de la région où se trouve notre bassin versant est un climat semi-aride.

Conclusion

Les différents indices utilisés ont donné des résultats concordant, la région est soumise à un régime semi-aride.

2.5.5. L'évapotranspiration et le déficit d'écoulement

L'évapotranspiration désigne les pertes d'eau sous forme de vapeur, elle correspond à un phénomène complexe qui regroupe à la fois des processus de transpiration qui correspondent à l'utilisation de l'eau atmosphérique et de l'eau dans l'atmosphère par les végétaux. Le déficit d'écoulement est défini par la différence entre les précipitations et la lame d'eau écoulée à l'échelle du bassin versant.

Pour permettre d'atteindre une estimation acceptable des valeurs de l'évapotranspiration et du déficit d'écoulement, nous utilisons des méthodes empiriques.

2.5.5.1. Evapotranspiration réelle

a- Méthode de Turc

Elle est établie à partir des observations faites sur 254 bassins versants situés sous tous les climats du globe.

$$E.T.R = \frac{P}{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}$$

E.T.R : Evapotranspiration réelle (mm) ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (°C) ;

$$L = 0.05 * T^2 + 25 * T + 300$$

L=800,32

Le tableau suivant présente les résultats de cette méthode pour la station d'Oued Saïda.

Tableau .39 : Résultats d'après Turc

Paramètres	P(mm)	T(°C)	E.T.R	Ecoulement et Infiltration
Oued Saïda	319,7	19,27	310,39	50,78 soit 15,88 % de P(mm)

b- Méthode de COUTAGNE

Le déficit d'écoulement qui est l'équivalent de l'évapotranspiration réelle est donné par la relation suivante :

$$D = P - l * P^2$$

D : Déficit d'écoulement (mm/an) ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm/an) ;

T : Température moyenne annuelle (°C) ;

$$l = 1/(0.8 + 0.14 * T)$$

Malheureusement, nous n'avons pas utilisé cette méthode parce qu'elle ne vérifie pas la condition d'application qui est : $1/8\lambda < P < 1/2\lambda$

c- Méthode de WUNDT

L'hydrogéologue WUNDT a établi un abaque qui permet d'obtenir une valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations.

L'application de cette méthode a donné les résultats suivants :

Tableau. 40 : ETR méthode de WUNDT

Station	P (mm)	T(°C)	D (mm)	Écoulement superficiel et Souterrain
Oued Saïda	319,7	19,27	310	9,7 mm soit 3,03 % de P(mm)

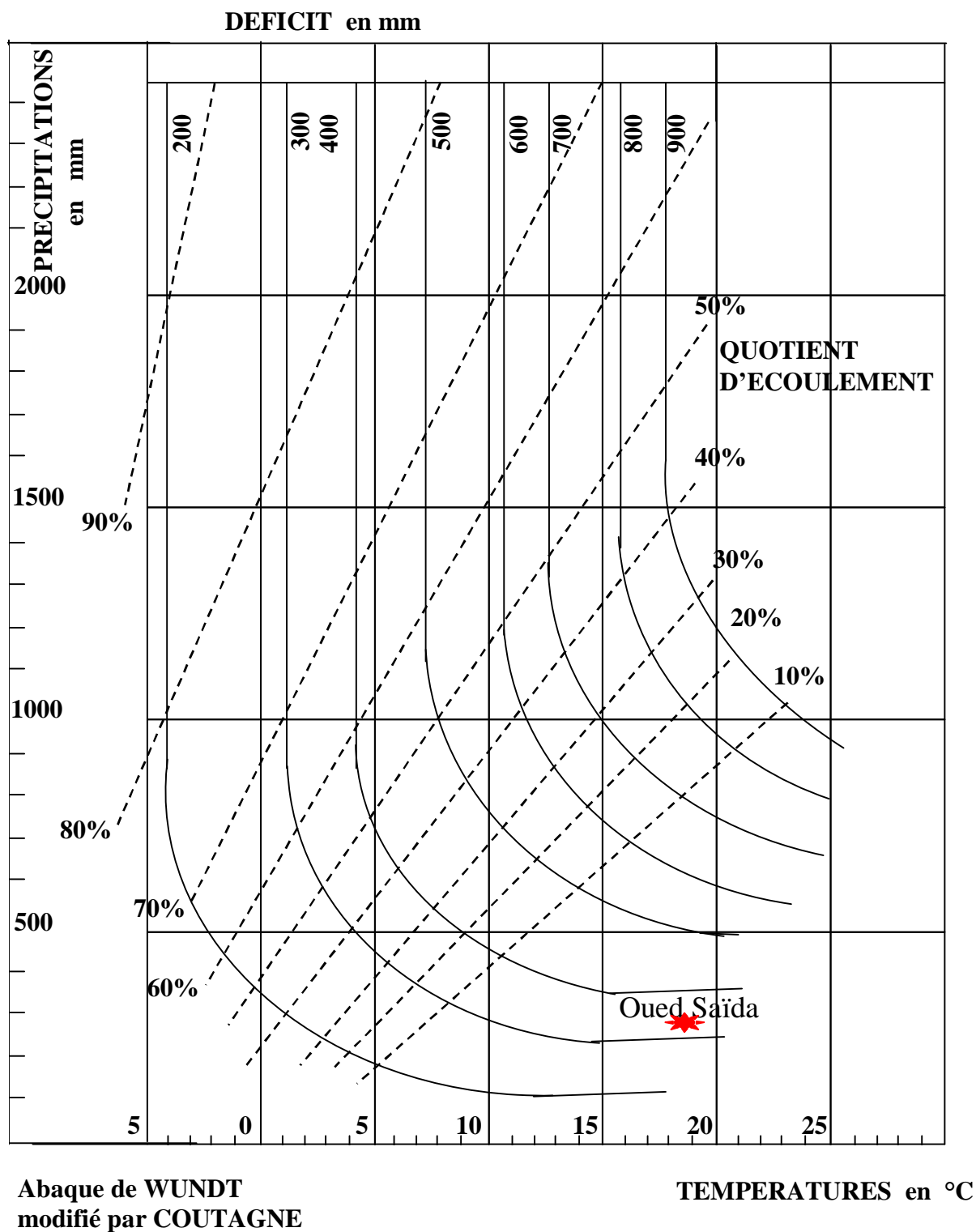


Figure. 31 : Evaluation de l'écoulement et du déficit en fonction des températures moyennes et des précipitations

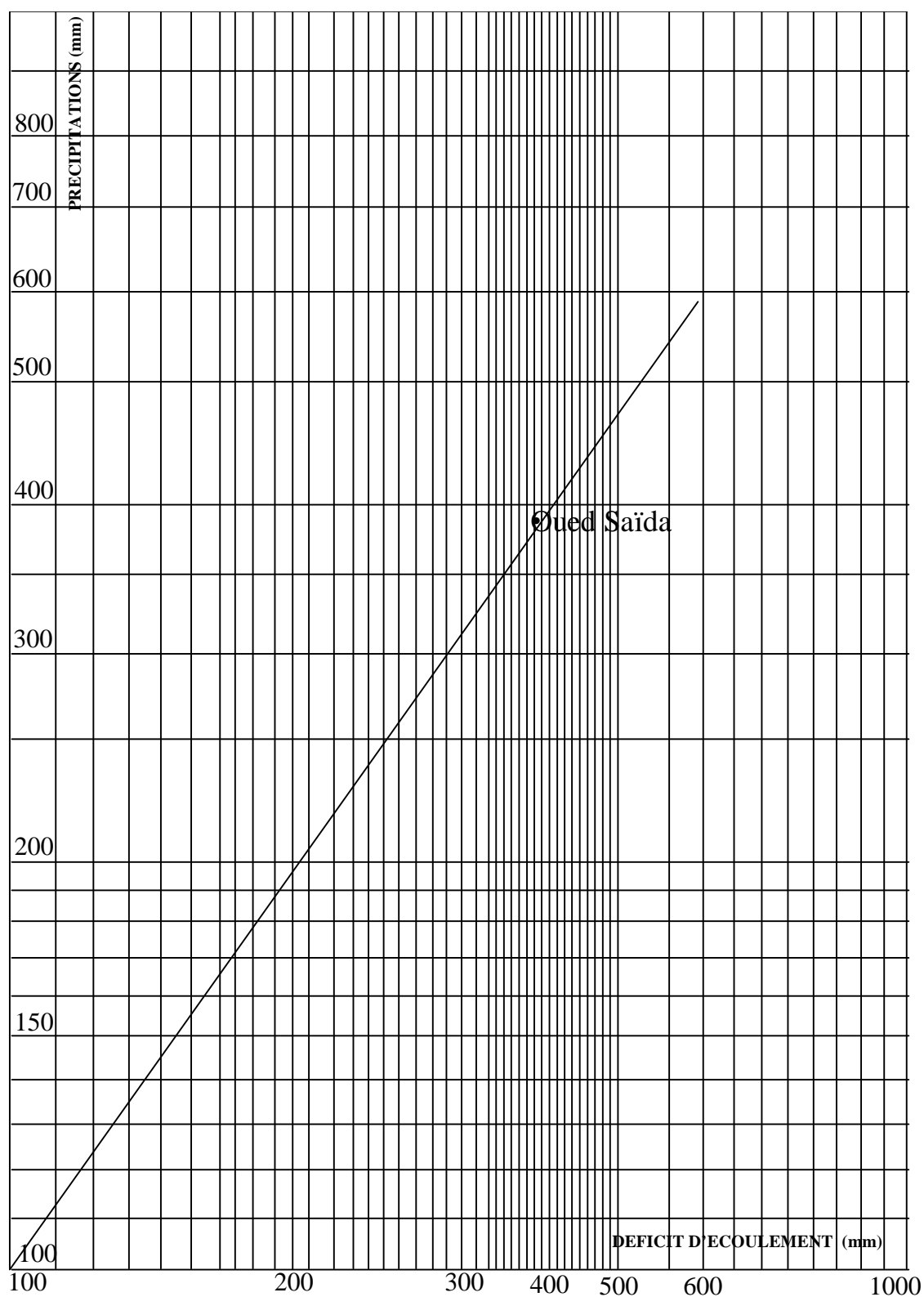


Figure. 32 : Abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en Algérie (P.VERDEIL,09/1988)

d- Méthode de VERDEIL

Cette méthode consiste à reporter les valeurs des précipitations moyennes annuelles sur l'abaque représentatif du phénomène en Algérie.

Nous avons obtenu un déficit d'écoulement $D = 300$ mm ; ce qui correspond à un écoulement superficiel de 19,7 mm soit 6,16 % des précipitations.

2552. Evapotranspiration potentielle**a- Méthode de THORNTWAITE**

La formule de THORNTWAITE permet de déterminer pour chaque mois une évapotranspiration potentielle (E.T.P)

$$E.T.P = 1.6 * [(10 * T) / I]^a$$

E.T.P : Evapotranspiration potentielle (cm) ;

T : Température moyenne mensuelle (°C) ;

I : Somme des indices thermiques mensuels de l'année.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_n = 95,74, \text{ avec } i = [T/5]^{1.514} ;$$

$$a = \frac{1.6}{100} I + 0.5$$

$$a = 2,03$$

L'abaque (figure 33) établi par THORNTWAITE permet de calculer les indices thermiques mensuels en fonction des températures, puis de déterminer un indice annuel, qui une fois reporté sur l'abaque de THORNTWAITE nous donne les valeurs estimées de l'E.T.P pour les différents mois.

Les valeurs obtenues seront corrigées en fonction de la latitude et la durée du jour.

- Evaluation de l'écoulement et du déficit en fonction des températures moyennes et des précipitations

Le tableau. 41: donne les valeurs de l'E.T.P corrigées de la station d'Oued Saïda.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T(°C)	11,4 5	13,1 5	17,9 5	17,6	23,4 5	28,7	30,65	22,5	20,2	17,5 5	14,4	13,55
I	3,51	4,32	6,92	6,72	10,3 8	14,09	15,57	9,75	8,28	6,69	4,99	4,52
E.T.P(cm)	2,1	2,4	3,9	3,7	7,2	10,5	18,5	6,8	6,1	4,7	3,2	2,6
Facteur Correcteur	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
E.T.P(mm)) Corrigé	18.2 7	20.4	40.1 7	40.3 3	87.1 2	127.0 5	227.55	78.8 8	62.8 3	45.5 9	27.5 2	22.1

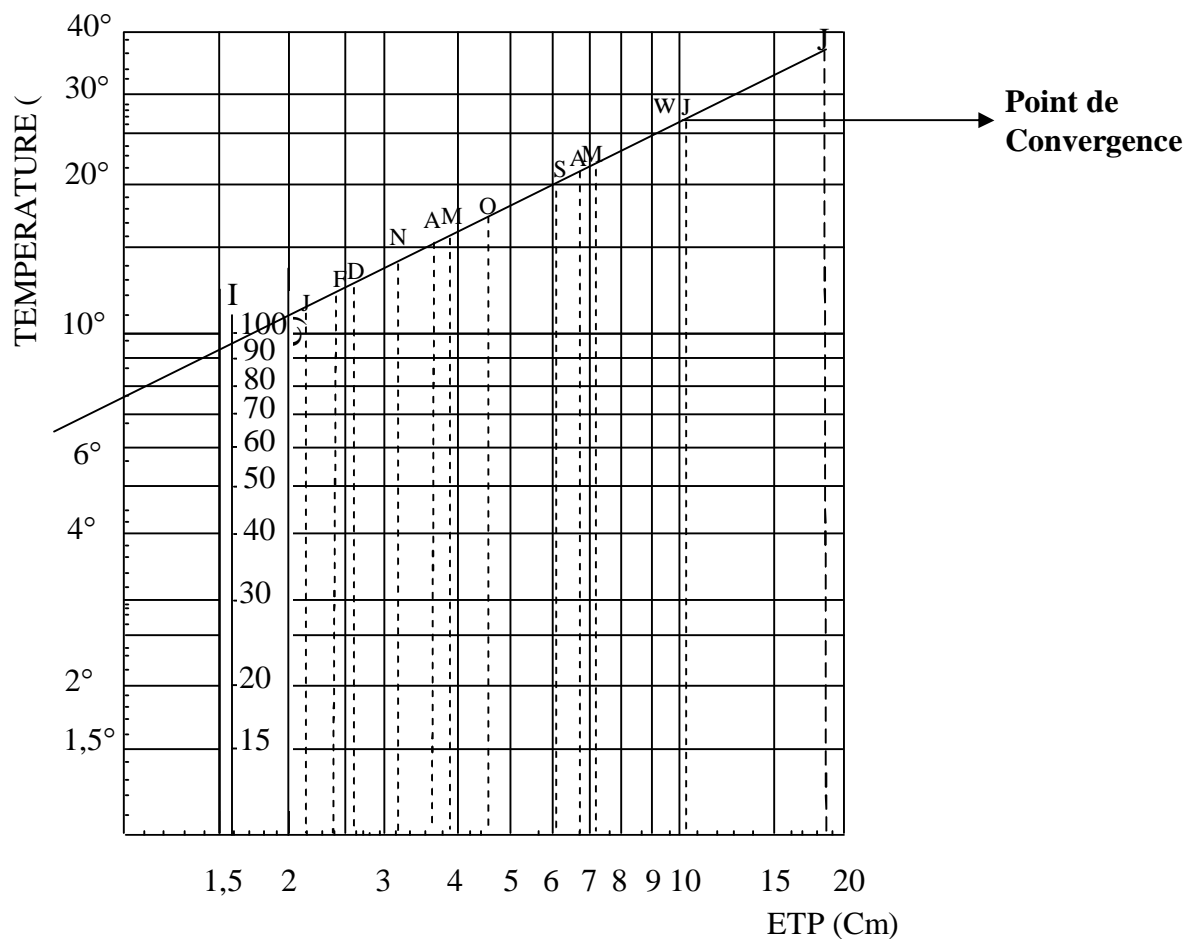


Figure n°33 : Calcul de l'ETP d'après la méthode de THORNTHWAITE

2.5.6. Calcul de la réserve utile

Elle est calculée selon la méthode de HALLAIRE à partir de la capacité de rétention du sol (C.R).

$$R.U = [(C - f)/100] * h * D + 30 \text{ mm}$$

R.U : réserve utile ;

D : densité apparente du sol, $D=1$;

h : profondeur du sol (mm) ; 30 mm : enracinement capillaire ;

C-f : 5% pour les sols sableux ;

: 10-15% pour les sols limoneux ;

: 15-20% pour les sols argilo-limoneux.

Pour l'ensemble de notre bassin, nous avons :

- Un sol argilo-limoneux, d'où $[(C-f)/100] = 20 \%$
- La profondeur du sol est égale à 30 cm.

Alors, $R.U = 90 \text{ mm}$.

2.5.7. Evapotranspiration réelle selon THORNTWAITE

Dans le calcul de l'E.T.R, deux cas peuvent se présenter :

- Précipitations supérieures à l'E.T.P
- Précipitations inférieures à l'E.T.P.

a) Cas où $P > E.T.P$

L'E.T.R sera égale à l'E.T.P. L'excédent des précipitations sera emmagasiné dans l'humidité du sol dont il augmente les réserves jusqu'à saturation (voir bilan).

b) Cas où $P < E.T.P$

Dans ce cas, nous avons aussi deux cas qui sont :

- Aussi longtemps que la réserve utile d'eau sera capable de combler la différence entre l'E.T.P et les précipitations, l'E.T.R sera égal à l'E.T.P.
- Si la réserve est insuffisante pour satisfaire l'E.T.P, l'E.T.R sera inférieur à l'E.T.P et elle est égale à la somme des précipitations du mois plus les réserves disponibles. A ce moment là, nous avons l'apparition du déficit agricole.

D'après la différence entre les précipitations et l'E.T.P, nous trouvons la variation de réserve d'eau du sol.

- Si $P - E.T.P > 0$, nous avons un excédent d'eau,
- Si $P - E.T.P < 0$, nous avons manque d'eau.

Par sa rétention spécifique, le sol pourra, constituer une réserve qui sera mise à la disposition de la végétation aux mois déficitaires. Nous adoptons comme moyenne 90 mm que le sol peut retenir et soustraire de l'écoulement interne.

Le bilan hydrique est présenté dans le tableau suivant

Tableau. 42 : Bilan hydrique de la station d'oued Saïda.

Mois	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	
P(mm)	33.06	35.61	32.44	34.08	42.61	31.68	
ETP _c	27.52	22.1	18.27	20.4	40.17	40.33	
Variation + ou -	5.54	13.51	14.17	13.68	2.44	-8.65	
Réserve d'eau	90	90	90	90	90	81.35	
ETR	27.52	22.1	18.27	20.4	40.17	31.68	
Déficit agricole	0	0	0	0	0	8.65	
Excédent	5.54	13.51	14.17	13.68	2.44	0	
Mois	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Total
P(mm)	30.36	7.76	4.11	11.97	19.43	36.59	319.7
ETP _c	87.12	127.05	227.55	78.88	62.83	45.59	797.81
Variation + ou -	-56.76	-119.29	-223.44	-66.91	-43.4	-9.0	
Réserve d'eau	24.59	0	0	0	0	0	555.94
ETR	30.36	7.76	4.11	11.97	19.43	36.59	270.36
Déficit agricole	56.76	119.29	223.44	66.91	43.4	9	527.45
Excédent	0	0	0	0	0	0	49.34

Lorsque nous avons calculé les valeurs du bilan d'eau (tableau ci-dessus), mois par mois, et que le R.F.U est épuisée, c'est-à-dire, pendant les mois d'été. L'E.T.P ne peut être satisfaite entièrement, il y a alors un déficit égal à (E.T.P – P). Ce déficit est important à connaître en Agronomie, car il représente les besoins en eau des plantes à satisfaire par l'irrigation, il permet aussi de caractériser la sécheresse d'une région avec plus de réalité que l'indice de De Martonne.

2.5.8 - Calcul de Ruissellement par la méthode de T'ixeront et Berkaloïff

Il correspond à l'écoulement par gravité à la surface du sol de la partie des précipitations non infiltrées ou non évaporées.

$$R = P^3 / (3 * E^2)$$

R : ruissellement (m) ;

P : Pluviométrie annuelle (m) ;

E : E.T.P (m) ;

Pour la station d'Oued Saïda, nous avons trouvé, R= 0.01222 m.

R = 12.22 mm

Lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin versant :

Cette lame est estimée à partir d'une moyenne des 3 séries, pluviométriques.

Moyenne Arithmétique

$$P = \sum_{i=1}^n P_i / n ,$$

P : Lame moyenne tombée sur le bassin (mm/an) ;

P_i : Précipitations moyennes annuelles pour les différentes stations (mm) ;

n : Nombre de stations, $n = 3$,

Alors $P = (P_1 + P_2 + P_3) / 3$; dans notre cas $P = 268,92\text{mm}$

2.5.9. Bilan hydrologique

$$P = E + R + I$$

P : précipitation annuelle (mm) ;

E : E.T.P moyenne annuelle (mm) ;

R : ruissellement (mm) ;

I : infiltration (mm).

Tableau. 43 : Moyenne arithmétique ETR (mm)

	WUNDT	VERDEIL	Turc	Moyenne arithmétique ETR (mm)
ETR	310	300	310.39	306.80

2.5.10 - Calcul de l'infiltration

$$I = P - E - R$$

$P = 319.7 \text{ mm}$

$E = 306.8\text{mm}$

$R = 12.22 \text{ mm},$

Donc, $I = 0.68 \text{ mm}.$

2.5.1.1. Volume d'eau précipité sur le bassin

$$V = P \cdot A$$

V : volume d'eau tombé (m^3) ;

P : Lamé d'eau tombée sur le bassin (m/an) ;

A : Surface du bassin versant (m^2).

Pour le BV de Taria ;

$$V = 268,92 \cdot 10^6 \cdot 270 = 72608,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an},$$

Pour le BV de Saïda ;

$$V = 268,92 \cdot 10^6 \cdot 146 = 39262,32 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{an},$$

2.5.1.2 - Volume d'eau dans le bassin :

$$V = S \cdot I$$

V : volume infiltré dans le bassin (m³) ;

S : surface du bassin (m²) ;

I : lame d'eau infiltrée dans le bassin (m).

Tableau. 44: Volume d'eau estimé en hm³/an

	B V de Taria	B V de Saïda
S (km²)	270	146
V (m³)/an	183600 ≈ 0.18 hm ³ /an	99280 ≈ 0.099 hm ³ /an

2.6. Conclusion

Afin de mieux cerner les caractères climatologiques du bassin, une restructuration du réseau hydrométrique doit être imposée.

Selon toutes les méthodes utilisées, il ressort de notre étude que la région jouit d'un régime semi-aride avec des influences méditerranéennes. Les relevés thermiques analysés montrent que la température moyenne annuelle est de 19,27 °C à la station de oued Saïda.

Le bilan hydrologique indique que la valeur du volume infiltré dans les bassins des oueds Taria et Saïda donnent respectivement les valeurs suivantes : 0.18 hm³/an et 0.099 hm³/an.