



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU DE DRAINAGE D'UN PERIMETRE DE 350 Ha à OUM DROU WILAYA DE CHLEF (MOYEN CHELIFF)

Présenté par :

LECHAA Mohamed Tahar

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
HACHEMI Abdelkader	MCB	Président
BENKACI Ali Tarek	MCB	Examineur
MAZOUZI Sabra	MCA	Examineur
RASSOUL Abdelaziz	MCA	Promoteur

Septembre -2020-

Remercîment

- *Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions*
- *Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Mr.A.RASSOUL (mon Promoteur).*
- *Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.*
- *Je voudrais aussi remercier l'ensemble des professeurs, la direction de l'école et le ministère de tutelle pour avoir veillé à notre formation.*
- *Un remerciement particulier à tous les travailleurs de la bibliothèque de l'ENSH*
- *Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.*

ملخص:

تقع المنطقة الزراعية لأم دروع بولاية الشلف. تعتبر جزءا من محيط Moyen Cheliff الذي يعاني للأسف من مشاكل الملوحة، غير أن هذه الأخيرة تسببت في عواقب وخيمة على النشاط الزراعي وحتى على المياه الجوفية. الهدف من هذه المذكرة هو تصميم شبكة صرف للتقليل من ملوحة التربة في المنطقة.

Résumé :

La zone agricole d'Oum Drou se situe dans la wilaya de Chlef. Elle fait partie du périmètre de moyen Cheliff qui a malheureusement des problèmes de salinité, car cette dernière a causé des graves conséquences au niveau d'activité agronomique et même sur les eaux souterraine. Le but de ce mémoire est la projection d'un réseau de drainage en fonction de la salinité du périmètre d'étude.

Abstract :

The agricultural zone of Oum Drou is located in Chlef, Algeria. It is part of the average Cheliff perimeter which unfortunately has salinity problems, which has caused serious consequences in terms of agricultural activities and even on groundwater. The goal of this thesis is the projection of a drainage network according to the salinity of the study area.

Table des matières

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude et analyse des conditions naturelles	
I.1: Introduction:.....	1
I.2: La situation géographique de Chlef :.....	1
I.3: La Situation géographique:.....	2
I.4: Présentation Générale de la plaine du moyen Cheliff:.....	3
I.5: Présentation du périmètre :	4
I.5.1: L'infrastructure routière:.....	5
I.5.2: La topographie et le relief:.....	5
I.5.3: La climatologie :.....	6
I.6: L'étude géologique et hydrogéologique :	14
I.7: Géologie du bassin du Cheliff :.....	14
I.8: La géologie de la zone d'étude :	16
I.9: La Piézométrie :	18
I.10: Les ressources en sol :	19
I.10.1: Le ESP :	20
I.11: Les Ressources en eau :	20
I.11.1: Mesure du sodium :	21
I.11.2: Résidu sec en carbonate :.....	22
I.11.3: La toxicité :.....	22
I.11.4: La salinité :	22
I.11.5: Le potentiel d'hydrogène dans l'eau (pH) :.....	22
I.11.6: Description du barrage d'Oum-Drou :.....	24
I.12: Conclusion :	25
Chapitre II: L'étude hydrologique	
II.1: Introduction :.....	26
II.2: Présentation de la station :	26
II.3: Comblement des observations manquantes :	26
II.3.1: La droite de régression :	27
II.4: L'homogénéité de la série pluviométrique :	29
II.5: Le choix de la loi d'ajustement :.....	31
II.5.1: Ajustement à la loi normale :.....	31
II.5.2: Ajustement à la loi log normale.....	33
II.5.3: Résultat :.....	35
II.6: Précipitation de projet	35
II.7: Conclusion :	36

Chapitre III: Le Drainage

III.1: Introduction :	37
III.2: Situation du drainage agricole dans le monde :	37
III.3: Principaux modes du drainage :	38
III.3.1: Drainage De surface :	39
III.3.2: Drainage Souterrain :	39
III.3.3: Drainage Par fossé :	40
III.3.4: Par drain enterré :	40
III.3.5: Puits du drainage :	41
III.4: Conclusion :	42

Chapitre IV: Les besoins en eau des cultures

IV.1: Introduction :	43
IV.2: Le choix des cultures :	43
IV.2.1: Estimation des coefficients culturaux	43
IV.3: L'eau dans le sol :	44
IV.3.1: La définition de la réserve en eau dans le sol :	45
IV.3.2: Calcule de la réserve en eau facilement utile dans le sol :	45
IV.4: L'évapotranspiration :	46
IV.4.1: Méthodes pour estimer l'évapotranspiration :	46
IV.4.2: Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET_R):	47
IV.5: L'Occupation des sols et la rotation des cultures :	48
IV.5.1: La rotation culturale :	49
IV.6: Calcul des besoins en eau des cultures :	50
IV.7: Conclusion :	54

Chapitre V: Les débits d'eau à évacuer

V.1: Introduction :	55
V.2: Les débits de drainage :	55
V.2.1: Les pertes dans le réseau d'irrigation:	55
V.2.2: Le lessivage du sol :	57
V.2.3: La pluie :	60
V.3: Conclusion :	73

Chapitre VI: Le dimensionnement du réseau de drainage

VI.1: Introduction :	74
VI.2: La Profondeur des drains	74
VI.3: Ecartement entre les drains :	75
VI.3.1: L'équation de GLOVER-DUMM	75
VI.3.2: L'équation de HOOGHOUDT :	76
VI.4: La pente des drains :	77
VI.5: La Longueur des drains :	77
VI.6: Débit à évacuer :	78
VI.7: Diamètre des drains :	78
VI.8: L'installation des drains :	79

VI.9: Conclusion :	80
--------------------------	----

Chapitre VII: L'entretien du système de drainage et l'estimation des devis

VII.1: Entretien et pérennité des systèmes de drainage :	81
VII.2: Causes de non fonctionnement du drainage :	81
VII.2.1: Obstructions d'origine technique :	81
VII.2.2: Obstructions d'origine naturelle :	83
VII.3: Devis quantitative et estimative.....	84
VII.4: Conclusion :	85

Liste des tableaux

Tableau I.1:La pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	6
Tableau I.2:La répartition mensuelle des températures (°C).....	7
Tableau I.3:La Répartition mensuelle d'évaporation (mm).....	8
Tableau I.4:La répartition mensuelle d'humidité (mm).....	9
Tableau I.5:La répartition mensuelle des vitesses des vents (m/s).....	10
Tableau I.6:les Durées moyennes D'insolation.....	10
Tableau I.7:Classification du climat selon MARTON.....	11
Tableau I.8:La variation de précipitation et la température.....	13
Tableau I.10:Evolution de niveau piézométrique au niveau du puits 106/35.....	18
Tableau I.11:La classification de la salinité.....	22
Tableau II.1:les données de la station d'Oum Drou.....	26
Tableau II.2:La série pluviométrique d'Oum Drou après la restitution.....	28
Tableau II.3:Calcul du U de Mann-Whitney.....	30
Tableau II.5:L'ajustement à la loi Normal.....	31
Tableau II.6:l'Ajustement à la loi log Normal.....	33
Tableau II.7: La Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	35
Tableau III.1:Les coefficients culturaux (Kc) des différentes cultures.....	44
Tableau III.2:Calcul de l'évapotranspiration de référence (ETR).....	47
Tableau III.4:L'occupation des sols proposés.....	48
Tableau III.3:Calcul de l'évapotranspiration de référence (ETR) par CROPWAT.....	48
Tableau III.5:Tableau de rotation des cultures.....	49
Tableau III.6:Le tableau récapitulatif des besoins nets en eaux.....	53
Tableau IV.1:Calcul des doses de lessivage.....	59
Tableau IV.2:Les pluies journalières maximales ajustées à la loi de Gumbel pour des périodes de retour différentes.....	61
Tableau IV.3:les pluies pour une période de retour de 5 ans avec l'application de la formule de Montanari.....	62
Tableau IV.4:la pluviométrie de 1er trimestre.....	66
Tableau IV.5:la pluviométrie de 2er trimestre.....	67
Tableau IV.6:la pluviométrie de 3eme trimestre.....	68
Tableau IV.7:Les valeurs maximales de la pluviométrie.....	69
Tableau IV.8:Les pluies critiques de 1er semestre.....	70
Tableau IV.9:Les pluies critiques de 2er semestre.....	70
Tableau IV.10:Les pluies critiques de 3er semestre.....	71
Tableau V.1:Les recommandations moyennes préconisées par le FAO (1979).....	74

Liste des figures

Figure I.1: la situation géographique de la wilaya de Chlef.....	1
Figure I.2: Situation géographique de la ville de Oum Drou (Google maps 2020).....	2
Figure I.3: Carte du périmètre de Oum Drou (source : Google Earth 2020).....	4
Figure I.4: Situation géographique de la plaine du moyen Cheliff.....	5
Figure I.5: La situation géographique du périmètre.....	5
Figure I.7: La précipitations moyennes mensuelles (station Oum-Drou).	6
Figure I.8: le diagramme d'évaporation.....	8
Figure I.9: Evolution de l'humidité moyenne mensuelle (2015).....	9
Figure I.10: Climagramme pluviothermique d'Emberger.....	12
Figure I.11: Digramme Ombrothermique.....	13
Figure I.12: Carte géologique du Moyen Cheliff occidental d'après Scet-Agri (1985).....	15
Figure I.13: Coupe S – N montrant la disposition structurale d'Oum-Drou.....	17
Figure I.14: Evolution du niveau piézométrique du puits 106/35 dans la nappe Alluviale.....	18
Figure I.15: Carte pédologique de la zone d'étude.....	19
Figure I.16: Classification des eaux du barrage d'Oum-Drou.....	23
Figure I.17: Classification des eaux de la nappe.....	23
Figure I.18: Barrage d'Oum Drou.....	24
Figure I.19: Le profil en travers du barrage d'Oum Drou.....	24
Figure II.2: Ajustement de loi Normal.....	32
Figure II.3: Ajustement de loi log Normal.....	34
Figure III.1: Occupation des sols.....	49
Figure IV.1: Courbe IDF.....	65
Figure V.1: Paramètres dans l'équation de drainage de Hooghoudt.....	76
Figure V.2: une coupe descriptive d'un drain.....	79
Figure VI.1: Schéma d'une draineuse à outil taupe.....	82
Figure VI.2: Le colmatage des drains.....	84

Liste des abréviations :

Abréviation	signification
CI	Continentele intercalaire
Ceiw	Conductivité électrique de l'eau d'irrigation
Cees	Conductivité électrique de la pate saturée
ETR	Evapotranspiration réel
ETM	Evapotranspiration maximal
Ha	Hectare
Mm	Millimètre
J	Jour
LR	Leaching requiment (Fraction de lessivage)
PH	Potentiel d'hydrogène
SAR	Sodium Adsorption Ratio

Liste des planches

Planche 01: Plan topographique d'un périmètre à Oum Drou (W.Chlef)

Planche 02: Plan d'occupation du sol dans le périmètre d'Oum Drou

Planche 03 : Profile en long du collecteur

Planche 04 : Plan du réseau de drainage d'un périmètre à Oum Drou

Introduction

Introduction

Le périmètre de **Moyen Cheliff** est une entité agricole très ancienne qui date depuis la période coloniale.

La région d'Oum Drou souffre actuellement d'un problème de Salinité lié étroitement à l'Accumulation des sels solubles mais surtout à une mauvaise exploitation et gestion des ressources hydriques.

La mise en valeur des sols salés pose un problème technique dont la solution ne peut être envisagée que par la mise en œuvre du drainage.

Pour diminué la concentration des sels au niveau du sol, il faut faire une opération de lessivage du sol, dont les drains évacuent les eaux de surface ou souterraine excédentaires, par des moyen naturels ou artificiels, afin de le valoriser pour l'agriculture.

Et dans ce cas la, il est indispensable d'avoir un système de drainage et la réalisation de ce dernier au niveau du périmètre d'**Oum-Drou**, exige une étude globale sur la région.

Chapitre I:
Présentation de la zone d'étude
et analyse des conditions
naturelles

I.1: Introduction:

Avant de réaliser n'importe quelle étude, il faut bien renseigner sur la région et la zone d'étude. Dans ce chapitre, on va faire une présentation globale sur la zone de **OUM-DROU**, concernant la situation géographique, caractéristiques climatiques et topographiques afin d'avoir les données nécessaires pour un projet de drainage agricole.

I.2: La situation géographique de Chlef :

La wilaya de **Chlef** est située au nord – Ouest du pays dans le Tell occidental à 250 km à l'ouest de la capitale avec une superficie de 4791 km². Elle est délimitée :

- Au nord par la mer méditerranée
- Au sud par **Tissemsilt**
- à l'est **Ain Defla** et **Tipaza**
- à l'ouest par **Mostaganem** et **Rilizane**



Figure I.1: la situation géographique de la wilaya de Chlef

I.3: La Situation géographique:

La commune de **Oum Drou** est située à l'est de la ville de Chlef ,à environ **10 Km**, avec une superficie de 83.9 km².Elle est limitée :

- Au nord par la commune de **Labioud Medjadja**.
- A l'Ouest par la commune de **CHLEF**.
- A l'est par la commune d'**Ouled Abbas**.
- Au Sud par la commune de **HARCHOUN**.

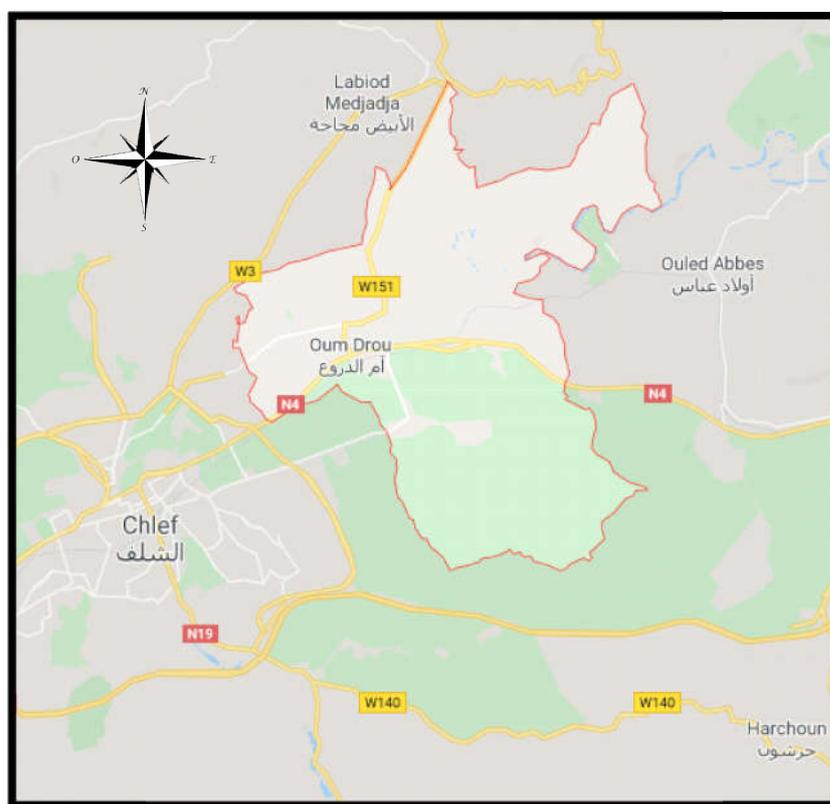


Figure I.2: Situation géographique de la ville de Oum Drou (Google maps 2020)

I.4: Présentation Générale de la plaine du moyen Cheliff:

Le grand bassin du **Cheliff** se trouve dans une région montagneuse située au Sud – Ouest d'Alger (**Figure I.4**). Il y a les chaînes de l'**Atlas Tellien** parallèlement au littoral méditerranéen. Le bassin versant du moyen Chélif appartient à l'ensemble du Chellif – Zahrez et occupe sa partie Nord avec une superficie de **4300 km²**. Il est drainé par l'oued Chlef qui le traverse sur une longueur de **750 km** avant qu'il ne se déverse dans la méditerranée à proximité de **Mostaganem**.

La zone étudiée qui appartient à trois sous bassins versants de la plaine du moyen Chélif (sous bassins versants d'**Oued Ras-Ouahrane**, d'**Oued Sly** et d'**Oued Cheliff- Ouarizane**) est limitée au Sud par le massif de l'Ouarsenis occidental, au Nord par la partie Sud de la chaîne du **Dahra**, à l'Ouest par le bas Cheliff et à l'Est par les sous bassin **O. Fodda** et **Tighazel**. Le bassin du moyen Cheliff occidental englobe deux sous bassin versants : Ras-Ouahrane et Sly codés respectivement (0122 et 0123) et une partie du sous bassin Cheliff-Ouarizane codé (0124).

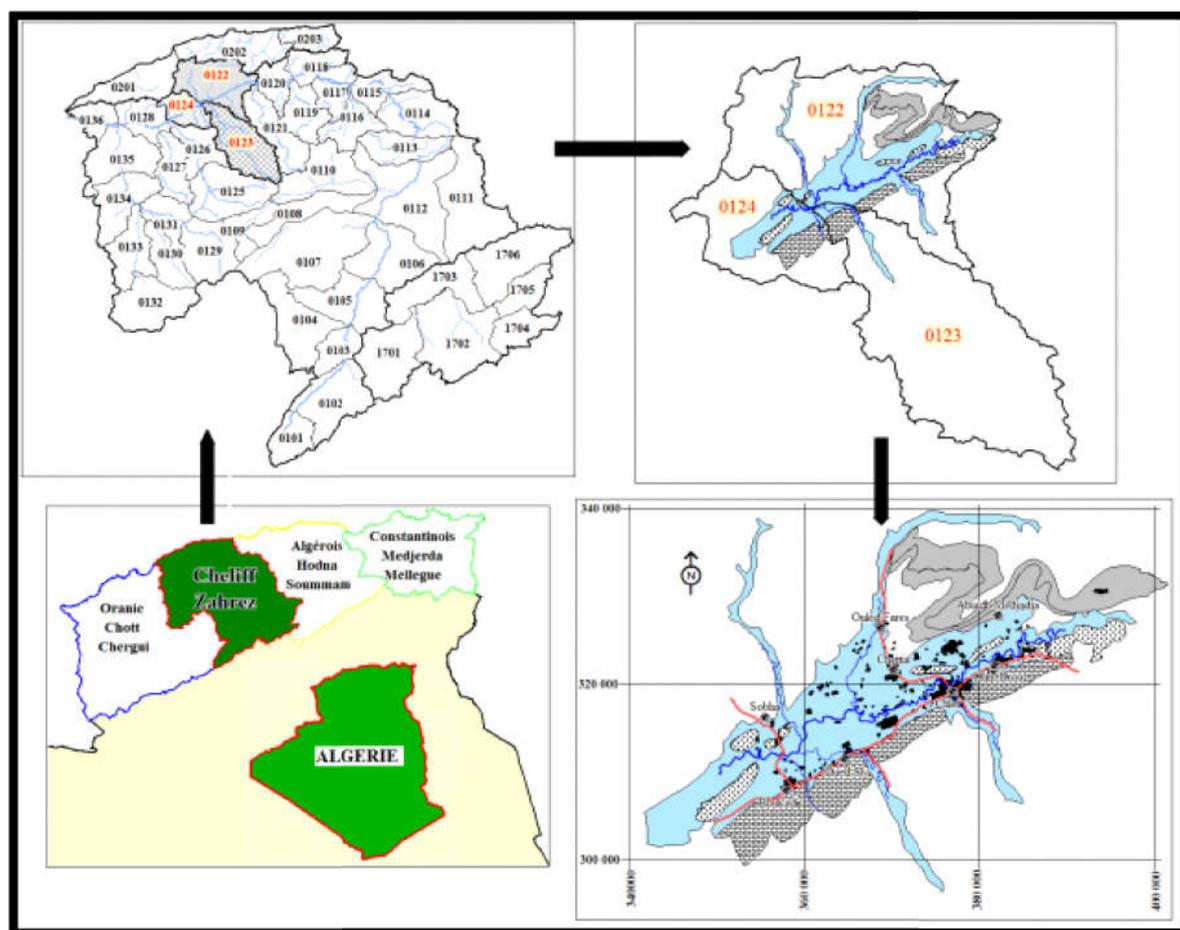


Figure I.3: Situation géographique de la plaine du moyen Cheliff

I.5: Présentation du périmètre :

La zone d'étude est située dans la partie ouest de la commune d'Oum Drou avec une superficie de **350 ha**. Elle est caractérisée aussi par une altitude moyenne de 125 à 99 mètres. Elle fait partie d'une vaste plaine qui s'appelle **moyen Cheliff zone B** qui s'étend sur une largeur de 12 km (Sud-Nord) et une longueur de 59 km (ouest-est).

Le périmètre de moyen Cheliff est composé de 2 plaines :

- La plaine d'Echlef d'une surface irrigable de **16 433 ha**.
- La plaine d'oued Fodda d'une surface irrigable de **4 539 ha**

Il est drainé par l'oued Chlef qui le traverse sur une longueur de **750km** avant qu'il ne se déverse dans la Méditerranée à proximité de **Mostaganem**.

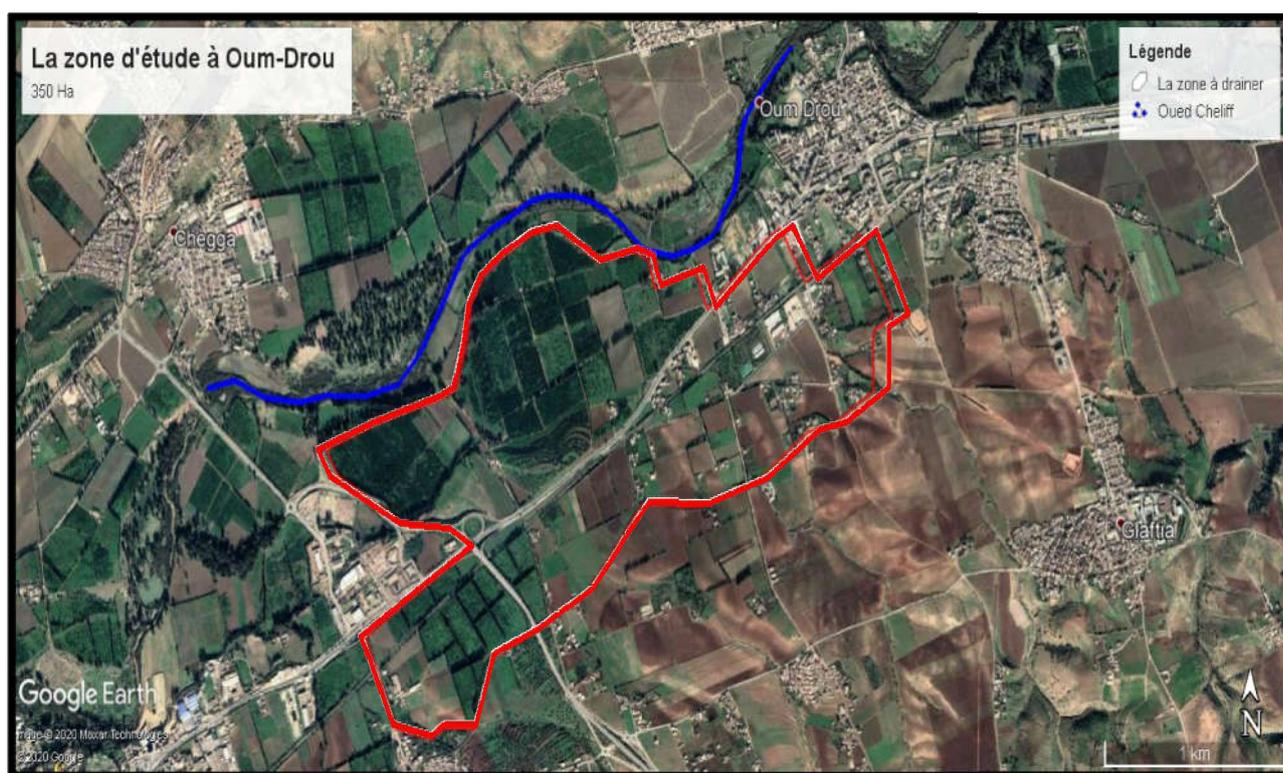


Figure I.4: Carte du périmètre de Oum Drou (source : Google Earth 2020)

I.5.1: L'infrastructure routière:

La zone de projet est bien desservie par l'infrastructure routière, Elle est également traversée par la route nationale N4

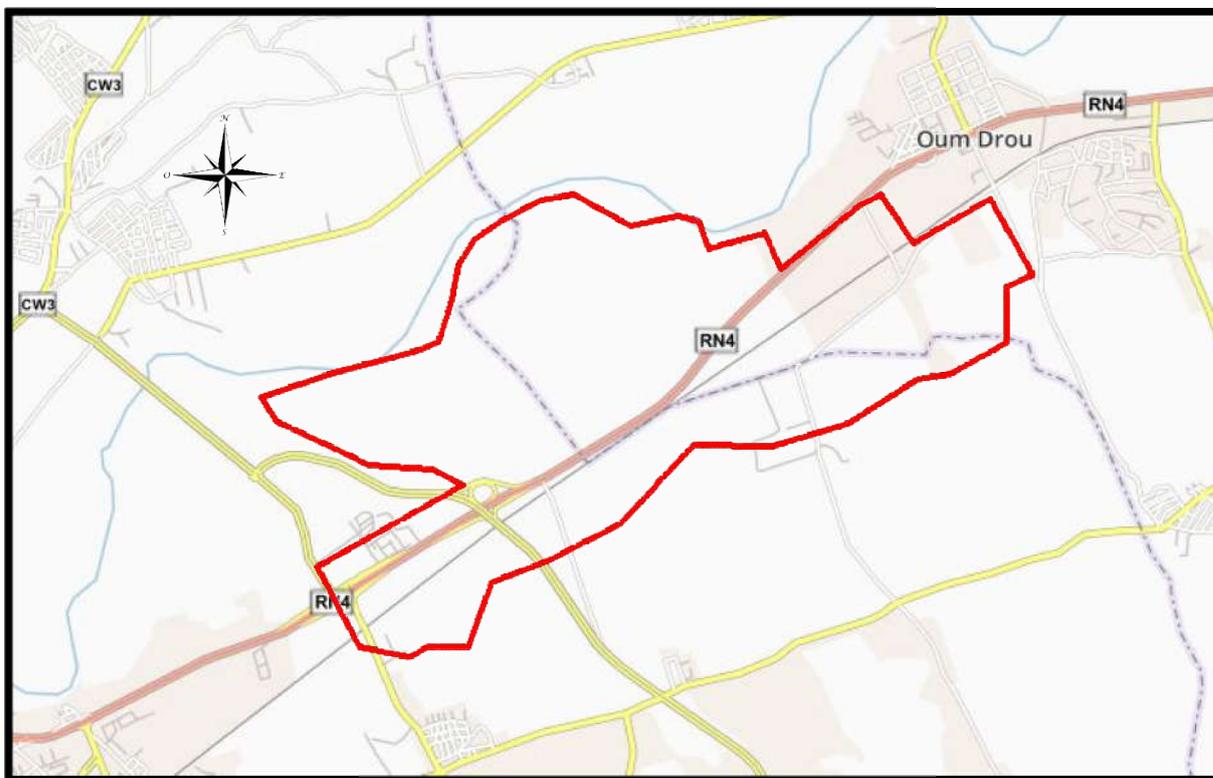


Figure I.5: La situation géographique du périmètre

I.5.2: La topographie et le relief:

La connaissance des caractéristiques topographiques, et le relief est un facteur essentiel pour la détermination de l'aptitude des terrains au ruissellement, l'infiltration et l'évaporation.

Selon la carte topographique, on peut dire que le périmètre à une topographie plane non accidentée, caractérisée par une altitude moyenne de **130 à 98 mètres**, et une pente moyenne de **0.35%** vers l'ouest.

I.5.3: La climatologie :

L'étude climatologique est la seule manière pour connaître le type de climat, et pour faire cette étude il est primordial d'identifier certains paramètres comme la précipitation, l'évaporation, la température, évaporation et l'insolation.

I.5.3.1: La précipitation :

Le régime des précipitations est largement influencé par la localisation des stations pluviométrique et par leurs altitudes. Et pour avoir une idée sur le régime pluviométrique, nous allons donner une simple analyse de la période **1992-2017**.

Les données collectées proviennent de la station pluviométrique **d'Oum-Drou** et d'après le tableau ci-dessous (**Tableau I.1**), les précipitations varient entre 0.67 mm et 58.73 mm avec une moyenne annuelle de 30.86 mm.

Tableau I.1: La pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P(mm)	17.81	31.64	58.73	44.37	53.47	48.54	31.8	43.94	28.45	7.22	0.67	3.74
P %	4.8	8.54	15.86	11.98	14.45	13.11	8.59	11.86	7.68	1.95	0.18	1

Source A.N.R.H station d'Oum-Drou (Chlef)

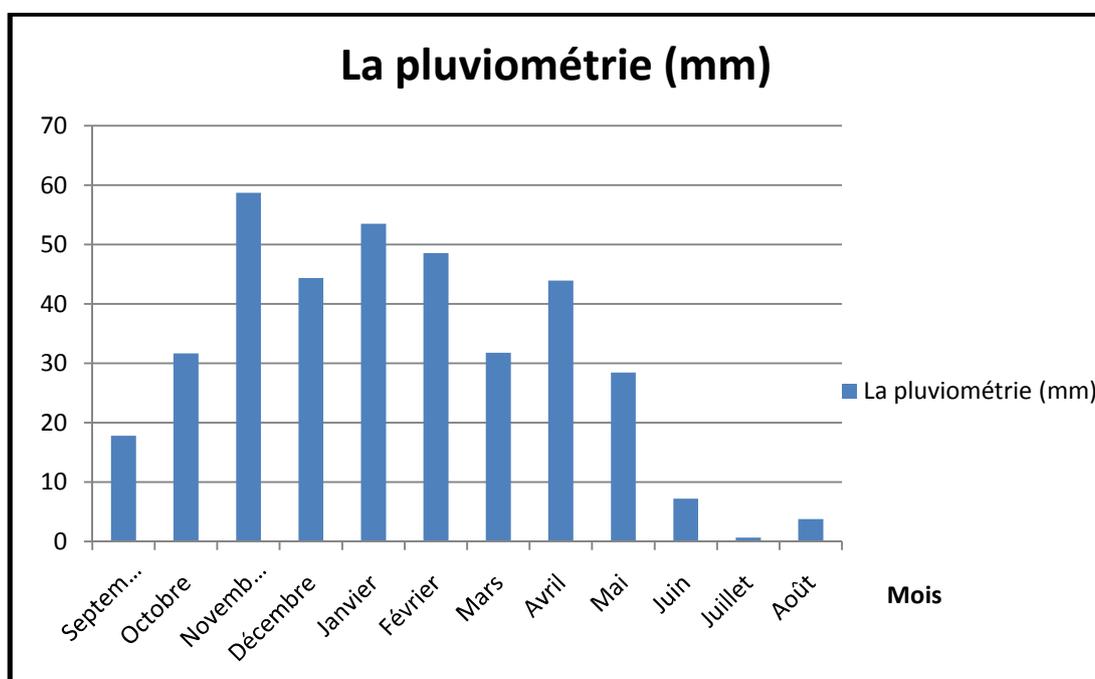


Figure I.6: La précipitation moyennes mensuelles (station Oum-Drou).

I.5.3.2: La température :

La température est un paramètre climatique très important dans une étude climatologique, et ce tableau (**Tableau I.2**) ci-dessous résume la variation de cette dernière.

Tableau I.2: La répartition mensuelle des températures (°C)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Max	32.3	27.9	22.2	20.6	15.6	14.6	20.6	26.5	31.4	33.7	40.9	37.7	27
Moy	25.9	22.1	16.4	14.3	10.6	10.7	14.2	19.7	23.9	26.4	32.6	31	20.65
Min	19.6	16.3	10.7	08.8	05.5	06.9	07.9	12.8	16.3	19	24.2	24.3	14.36

Source : ONM-Chlef 2015

Selon les données de la température, il est clair que le mois d'**Aout** est le plus chaud avec une température moyenne de **31 °C**, en revanche les mois de **janvier** et **février** sont les mois les plus froids de l'année avec une température moyenne de **10.6 (°C)** et **10.7 (°C)** respectivement.

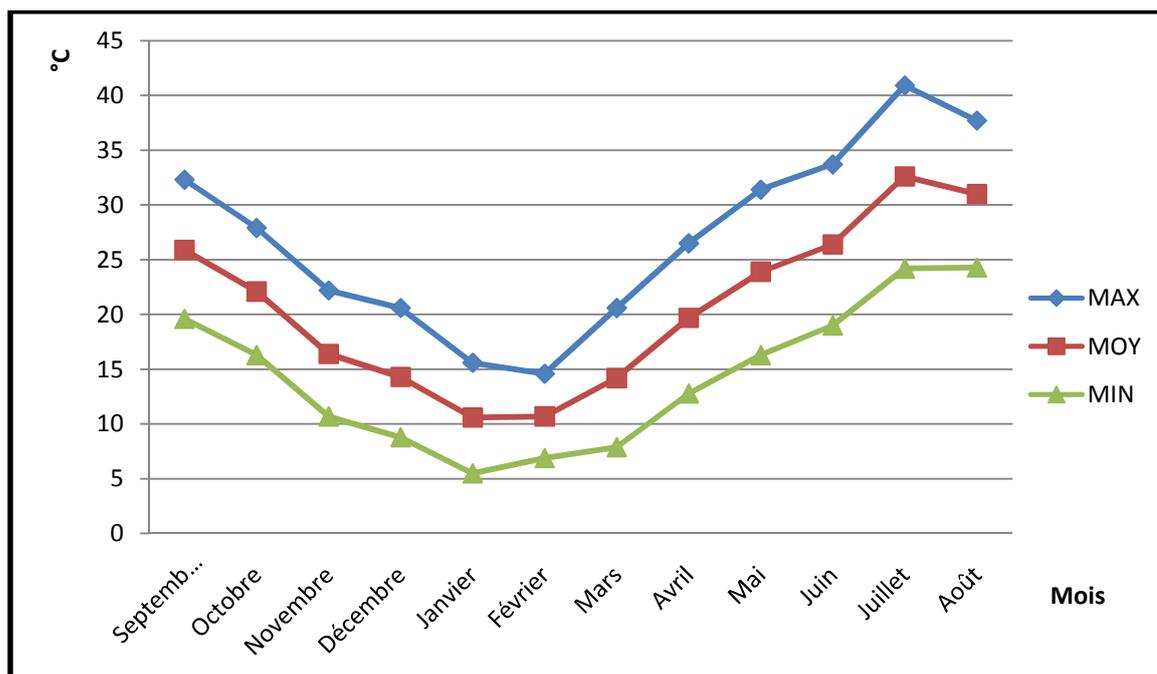


Figure I.8: Evolution des températures moyennes mensuelles (2015)

I.5.3.3: L'Evaporation :

L'évaporation est la perte en eau par restitution directe à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. La quantification de ce dernier est très importante pour le dimensionnement d'un réseau de drainage.

Le tableau ci-dessous (**Tableau I.3**) nous montre l'évolution de l'évaporation moyenne mensuelle durant une année.

Tableau I.3:La Répartition mensuelle d'évaporation (mm)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Evapo (mm)	165	101	59.4	57.3	48.9	64.5	85.2	139	187	213	246	206.1	131.1

Source : ONM-Chlef 2015

Le diagramme (**Figure I.9**) montre que le maximum d'évaporation se manifeste dans le mois de juillet avec un taux de **326.4 mm** et le mois de janvier a eu une valeur d'évaporation minimale de **53.8 mm**.

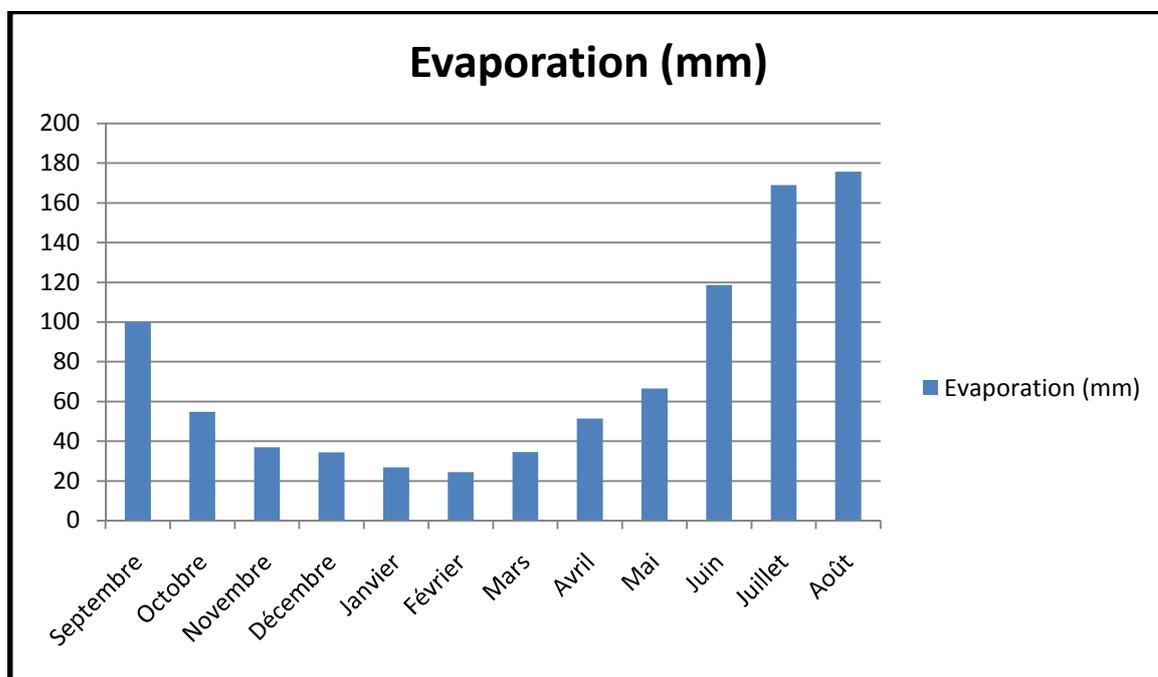


Figure I.7:le diagramme d'évaporation

I.5.3.4: L'humidité relative :

L'humidité relative est le rapport entre la pression de la vapeur d'eau et la pression de la vapeur saturante, et selon le tableau (Tableau I.4), on peut déduire que l'humidité relative à la région de Chlef est très importante, car elle touche le pique de 74% en mois de janvier

Tableau I.4:La répartition mensuelle d'humidité (mm)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Max	77	86	92	83	92	92	91	85	77	74	65	74	82.33
Min	31	45	53	46	56	52	52	34	28	27	26	29	39.5
Moy	54	65.5	72.5	64.5	74	72	72	59.5	52.5	50.5	45.5	51.5	61

Source : Bureau assistance Météo-Chlef 2015

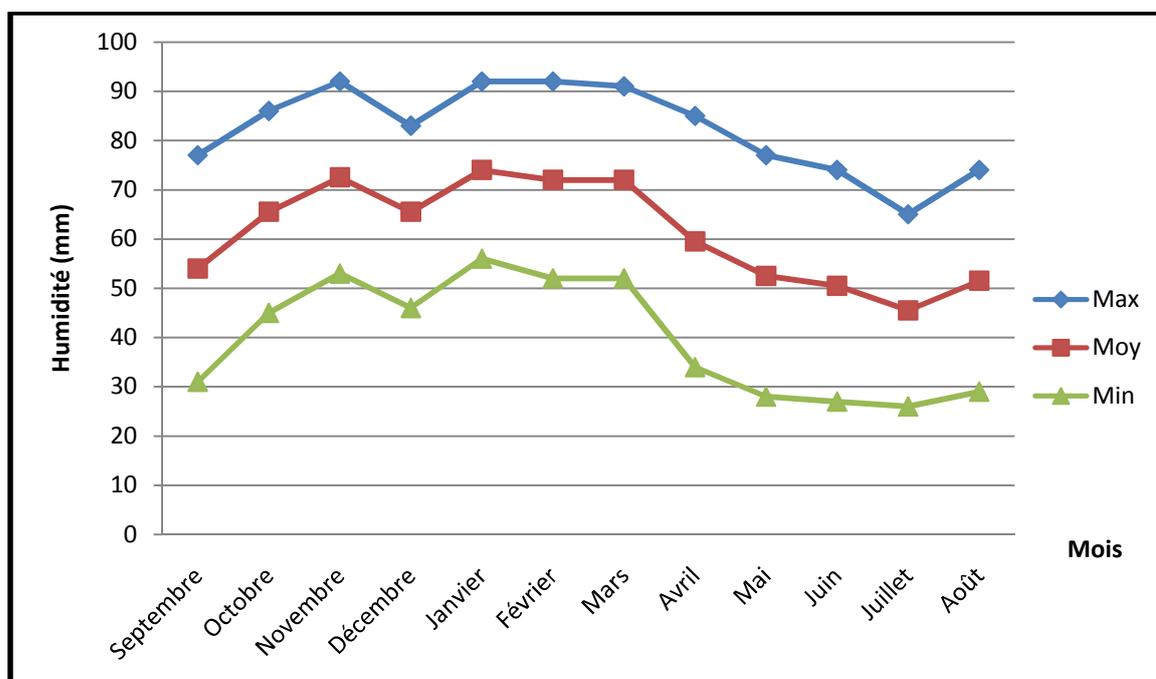


Figure I.8:Evolution de l'humidité moyenne mensuelle (2015)

I.5.3.5: Le vent :

Généralement Les vents dominants à a **Oum-Drou** soufflent d'ouest vers l'est, avec une vitesse modérée de **2.6 m/s**

Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent captées par la station d'**Oum-Drou** sont mentionnées dans le tableau suivant (**Tableau I.5**) :

Tableau I.5:La répartition mensuelle des vitesses des vents (m/s)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Vent Moyen (m/s)	2.7	1.9	1.7	1.9	2.5	4	2.3	2.8	2.9	3.1	2.5	2.3	2.6

Source : Bureau assistance Météo-Chlef 2015

I.5.3.6: L'insolation :

L'insolation est l'un des paramètres utiles pour le calculer l'évapotranspiration potentielle.

Ce tableau suivant (**Tableau I.6**) regroupe la variation de la durée d'insolation pour chaque mois :

Tableau I.6:les Durées moyennes D'insolation

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Durée d'insolation (heures)	8.1	7.4	5.6	5.3	5.2	6.2	8.0	8.4	9.6	10.6	11.7	9.8	8

Source : fr.tutiuempo.net

I.5.3.7: Classification de climat :

Il existe beaucoup plusieurs méthodes qui permettent de déterminer le type de climat et la période sèche, nous citons plusieurs indices comme l'indice de Martonne, de Moral, d'Euverte et celle d'Emberger. Pour notre cas, nous allons calculer l'indice d'aridité annuel de DeMartonne et l'indice d'Emberger.

I.5.3.8: Indice d'aridité annuel de "DE MARTONNE"

Cet indice est Fondé sur le régime des précipitations et les températures, il nous permet à connaître le degré de sécheresse dans la région.

$$I = \frac{P}{T + 10} \dots \dots \dots (I.2)$$

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Selon l'indice climatique de MARTONNE, Les limites des climats sont donnée dons le tableau ci dessous :

Tableau I.7:Classification du climat selon MARTON

Valeur de I _A	Type de climat
0 à 5	Hyper aride
5 à 10	Aride
10 à 20	Semi-aride
20 à 30	Semi-humide
30 à 40	Humide

Dans notre cas : P= 370.4 mm T= 20.7 °C

$$I = \frac{370.4}{20.7 + 10}$$

$$I_A = 12.06$$

D'après ces résultats nous remarquons que notre zone d'étude peut être classée en zone **Semi-aride**.

I.5.3.8.1: Le quotient pluviothermique d'Emberger :

Parmi les méthodes fameuses qui servent à déterminer le type de climat est la méthode d'Emberger, cette méthode repose le diagramme de Sauvage composé par 2 axes (sur l'axe des X on a la température Moyenne du mois le plus froid et sur l'axe Y on a le quotient pluviothermique d'Emberger qui se calcule comme suite :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 + m^2} \dots \dots \dots (I.3)$$

Avec :

- P : moyenne annuelle en (mm).
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré absolu (°K).
- m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré absolu (°K).

On reporte Q2 en fonction de la moyenne des minima du mois le plus froid en °C

Dans notre cas : P=370.4 mm ; M =45.5 °C ; m = 5.5 °C.

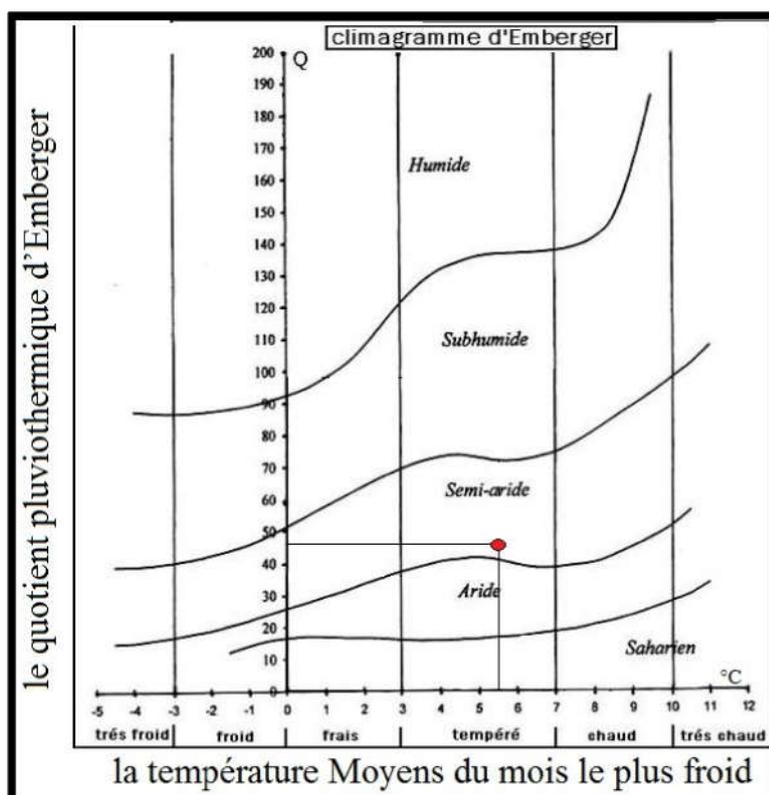


Figure I.9:Climagramme pluviothermique d'Emberger

Selon les résultats nous remarquons que notre zone d'étude peut être classée en zone Semi-aride.

I.5.3.8.2: Le digramme Ombrothermique de 'GAUSSEN ET BAGNOULS' :

La raison de tracer le diagramme Ombrothermique est de faire ressortir les mois ou la période sèche au cours de l'année, et d'après BAGNOULS et GAUSSEN, un mois est caractérisé par les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne mensuelle ($p < 2T$).

Tableau I.8:La variation de précipitation et la température

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P(mm)	17.81	31.64	58.73	44.37	53.47	48.54	31.8	43.94	28.45	7.22	0.67	3.74
T (°C)	25.9	22.1	16.4	14.3	10.6	10.7	14.2	19.7	23.9	26.4	32.6	31

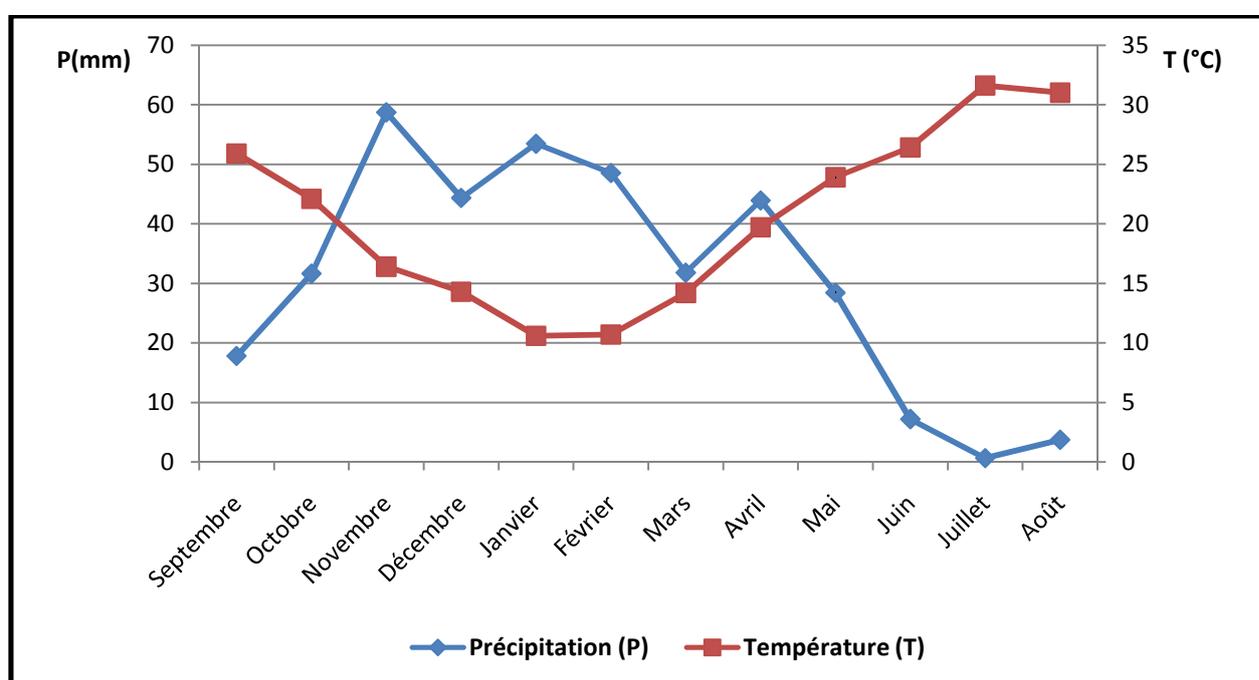


Figure I.10:Digramme Ombrothermique

À partir de ce diagramme Ombrothermique, on peut déduire que la période sèche commence par **Mai** jusqu'au fin **Octobre**.

I.6: L'étude géologique et hydrogéologique :

Une étude géologique est une étude de sol qui vise à :

- déterminer les caractéristiques mécaniques des terrains
- apprécier les risques naturels recensés dans le secteur
- Elle résulte d'une étude de terrain qui permet d'obtenir la géologie (les types de sols rencontrés), le niveau piézométrique (le niveau d'eau au droit du site) et les premières caractéristiques mécaniques (résistance apparente) des sols. Les résultats, une fois interprétés, permettant alors de savoir quels types de cultures pouvons-nous y planter.

I.7: Géologie du bassin du Cheliff :

Le bassin du Cheliff est un bassin néogène post- nappe, la chaîne tellienne constitue le substratum de ce bassin, on distingue :

- Un substratum tellien anté-néogène
- Un bassin néogène post-nappe
- La chaîne tellienne est constituée d'une suite de reliefs parallèles à la côte méditerranéenne, formés essentiellement de terrains jurassiques et crétacés.

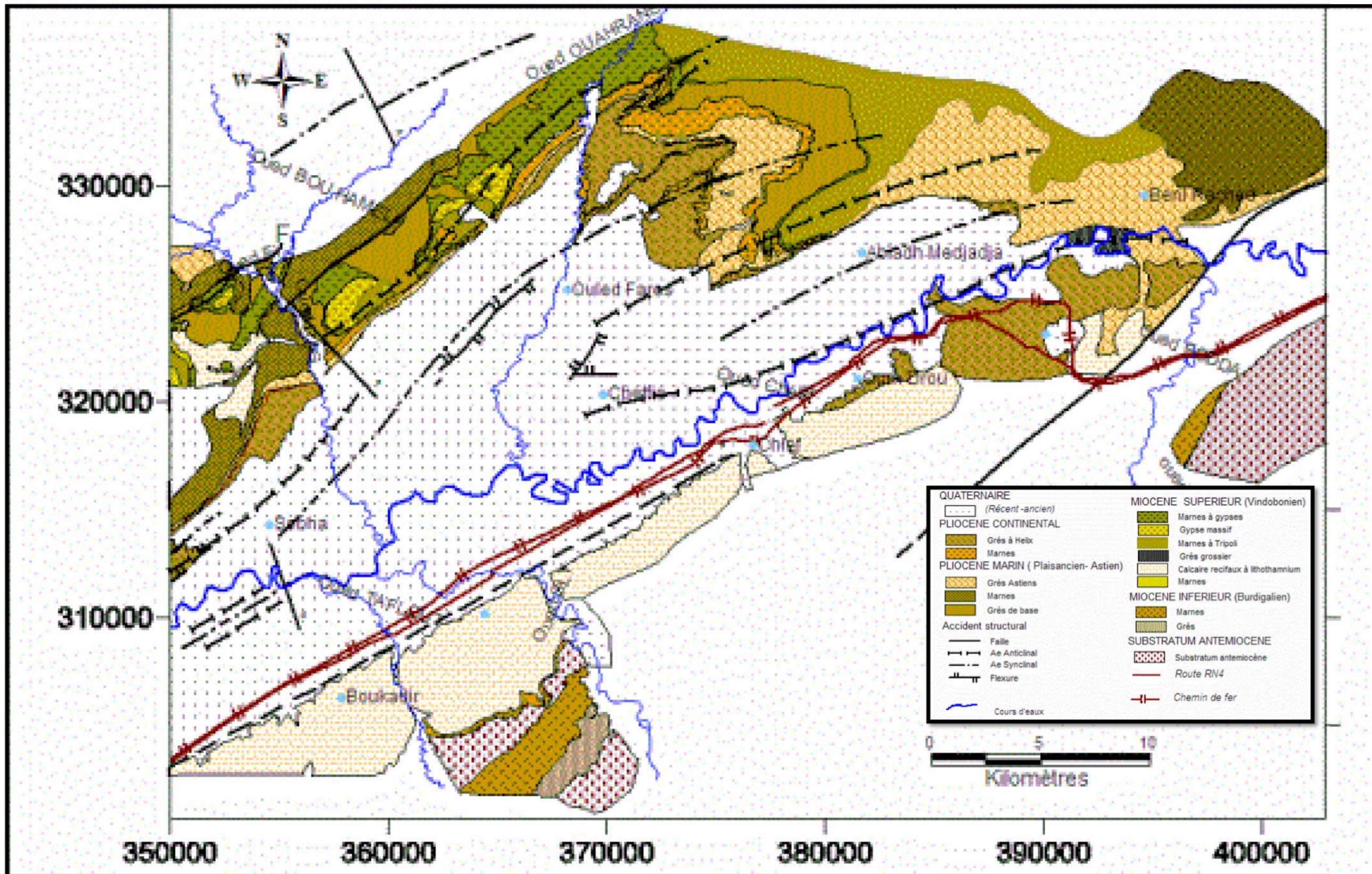


Figure I.11: Carte géologique du Moyen Cheliff occidental d'après Scet-Agri (1985)

I.8: La géologie de la zone d'étude :

Notre zone d'étude est caractérisé par les dépôts quaternaires continentaux, ils sont prédominants dans la plaine de Mouafkia et la dépression de Chlef Oum Drou où ils affleurent largement. On distingue un quaternaire ancien et un quaternaire récent.

- **Le Quaternaire ancien** est constitué par des alluvions grossières essentiellement conglomératiques intercalées de quelques lentilles argileuses. Il affleure sur les Medjadjas, les montagnes rouges et la bordure Sud de la dépression Chlef – Oum Drou. L'épaisseur de ces dépôts est en moyenne de 100 m mais ils peuvent atteindre des épaisseurs plus grandes, au synclinal de Boukadir et d'Ouled Farés il peut atteindre environ 200 m.
- **Le Quaternaire récent** correspond à des alluvions dont la prédominance des éléments fins (limons) le caractérise, son épaisseur atteint 70 m dans la plaine de Mouafkia. Les limons bruns à rougeâtre, les limons gris et les alluvions actuelles formés de limons, de sables, de galets et de cailloutis occupent le fond des talwegs et les zones de confluence des oueds.

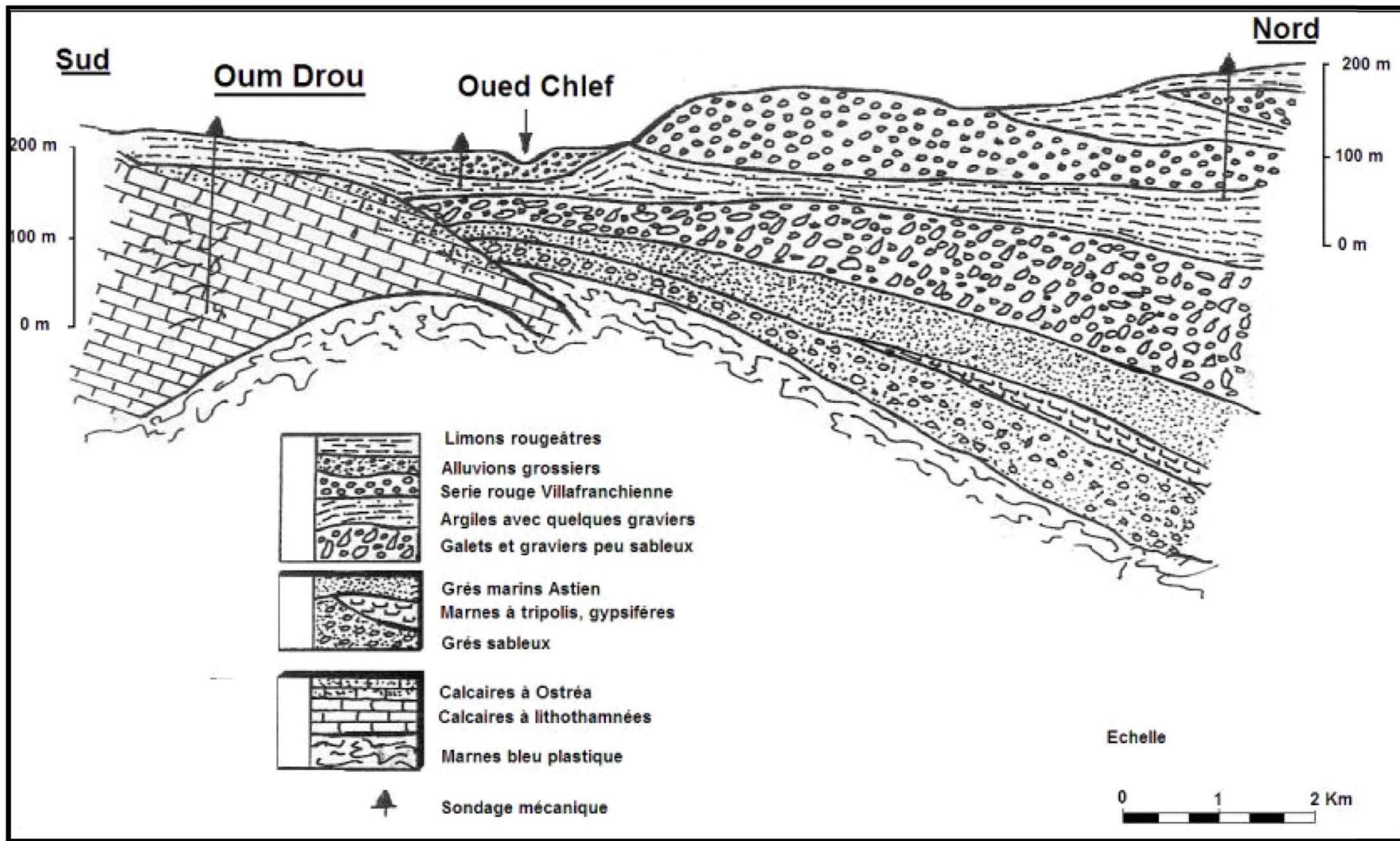


Figure I.12: Coupe S – N montrant la disposition structurale d’Oum-Drou

I.9: La Piézométrie :

L'évolution de niveau piézométrique de la nappe alluviale de Chlef oscille entre une profondeur de 2 à 3.5 m, la remontée est due à l'alimentation de la nappe par infiltration en période des hautes eaux mais aussi par le ruissèlement.

Tableau I.9: Evolution de niveau piézométrique au niveau du puits 106/35.

période	Avr (01)	Sept (01)	Avr (02)	Sept (02)	Avr (03)	Sept (03)	Avr (04)	Sept (04)	Avr (05)	Sept (05)
Niveau piézométrique	85	84.3	85	84	85.3	84.9	85.8	84.6	85.8	85.6

Source : Agence Nationale des ressources Hydrique (ANRH).

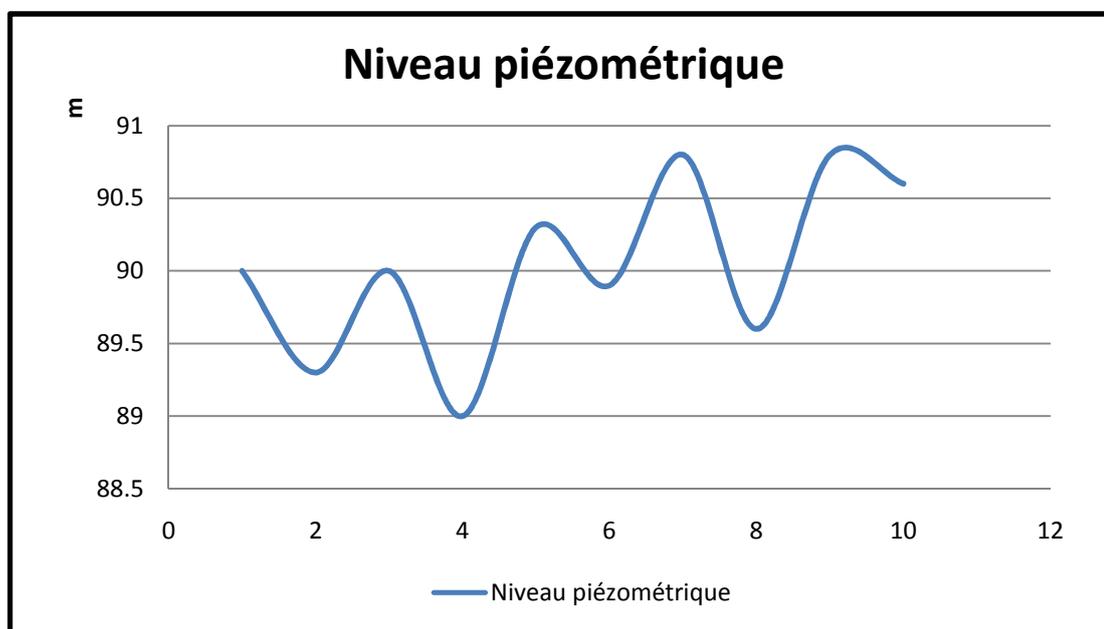


Figure I.13: Evolution du niveau piézométrique du puits 106/35 dans la nappe Alluviale

I.10: Les ressources en sol :

La réalisation d'un système de drainage nécessite une étude de reconnaissance des sols, et l'étude pédologie nous permet de plus d'informations à-propos de la zone d'étude.

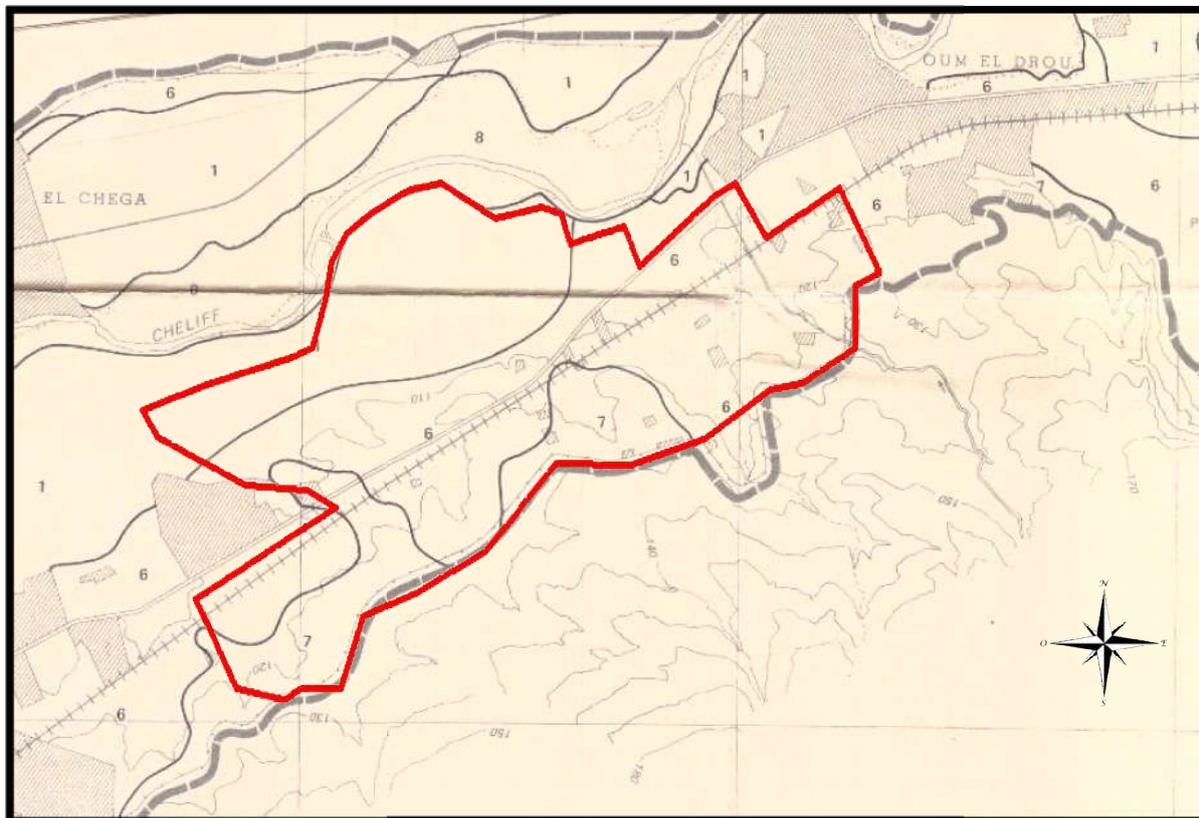


Figure I.14: Carte pédologique de la zone d'étude

Selon la carte pédologique et la légende (**Annexe 1**) on remarque que les alluvions anciennes et les alluvions récentes sont le plus dominant dans la zone, et ces alluvions sont caractérisées par une texture limono-argileuse à argilo-limoneuse, bien structurés plus grossière dans les zones d'épandage et il a une perméabilité modérée de 1 à 3 cm /h, avec une conductivité électrique de ($c_{ees} < 2$ mmhos/cm) en surface. Mais l'exploitation de la nappe salée a causée une hausse à la salinité du sol jusqu'au **5 mmhos/cm**. le ESP est à la proximité de 1.6 %

On remarque aussi que le sol est un peu lent à ressuyage donc il y a un risque d'érosion des surface quand la pente est supérieure à 2% comme dans notre cas.

I.10.1: Le ESP :

Il y a plusieurs formules empiriques qui relient le SAR avec le ESP comme la formule de 'Tunisie' et la formule 'USSS', et avec l'une de ces dernières on déterminera le ESP.

Dans notre cas, on choisit la formule de Tunisie :

$$ESP = \frac{0.988 SAR - 0.61}{100} \dots \dots \dots (I.5)$$

Si le SAR=2.19 le ESP du sol sera ESP= 1.6% et on peut déduire que le sol est salin non-alcalin selon le tableau suivant :

	Cees à 25°C (mmohs/cm)	ESP
Sol salin	> 4	< 15
Sol alcalin	< 4	> 15
Sol alcalino-salin	> 4	> 15

I.11:Les Ressources en eau :

Pour bien réaliser un projet d'irrigation ou de drainage, nous sommes obligés de faire une étude convenable qui touche l'aspect qualitatif et quantitatif de l'eau, ça veut dire qu'on va interpréter les différents paramètres physico-chimiques pour définir la qualité de l'eau. Parmi les ressources d'eau disponibles, il y a la nappe alluviale du quaternaire du moyen Cheliff et le barrage d'Oum-Drou, et les principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau sont :

- la salinité
- Alcalinité et Dureté
- le taux de sodium
- PH de l'eau d'irrigation
- Concentration en éléments toxique

Les résultats des prélèvements sont mentionnés dans le tableau suivant :

	La nappe alluviale en basse eaux	L'eau de la retenue de Oum-Drou
Ca ²⁺ (meq/l)	8.35	5.41
Mg ²⁺ (meq/l)	4.92	3.98
Na ⁺ (meq/l)	5.65	7.27
K ⁺ (meq/l)	0.05	0.04
Cl ⁻ (meq/l)	9.02	7.51
SO ₄ ²⁻ (meq/l)	3.75	7.02
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	5.71	5.5
CO ₃ (meq/l)	4.19	4.1
NO ₃ ⁻ (meq/l)	0.71	0.11
CE mmhos/cm	4	1.67
PH	7.49	7.1
SAR	2.19	3.36
SAR _{aju}	34.87	54.01
RSC (meq/l)	-3.37	-0.03

I.11.1: Mesure du sodium :

I.11.1.1: Le SAR :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \dots \dots \dots (I. 6)$$

La qualité des eaux d'une nappe pour l'irrigation est évaluée par un coefficient appelé SAR (Sodium Absorption Ratio). Le SAR s'obtient par la formule suivante :

Cette méthode fait également intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des sols.

SAR < 10	Risque faible
10 < SAR < 18	Risque moyen
18 < SAR < 26	Risque élevé
SAR > 26	Risque très élevé

I.11.2: Résidu sec en carbonate :

Ce paramètre sert à indiquer la présence de sodium lié aux carbonates et nous donne une idée sur le risque de la présence de ce dernier.

$$RSC = ([HCO_3^-][CO_3^{2-}]) - ([Ca^{2+}][Mg^{2+}]) \dots \dots \dots (I.9)$$

Avec :

- RSC < 1.25 meq/l : il n'y a pas de risque lié au carbonate.
- RSC > 1.25 meq/l : une eau mauvaise pour l'irrigation.

I.11.3: La toxicité :

Certains ions B, Cl et Na, à certain niveau de concentration, ont un effet nocif sur la croissance des plantes.

I.11.4: La salinité :

La salinité est habituellement mesurée par pesée du résidu sec à 180°C ou par la résistivité en 'mmhos/cm'.

Les problèmes de la salinité sont liés à la teneur en sel dissous dans l'eau d'irrigation, mais il y a lieu de distinguer la concentration de l'eau et son effet direct et rapide sur la plante et la salinité qui se développe plus lentement au niveau des racines, par accumulation. Dans ce dernier cas, la maîtrise de la salification peut être assurée par un lessivage des terres à partir d'une eau de meilleure qualité.

Tableau I.10:La classification de la salinité

CE < 0.75 mmhos/cm	Sans problème
0.75 mmhos/cm < CE < 2.25 mmhos/cm	Problème légers à modérés
2.25 mmhos/cm < CE	Problème séreux

I.11.5: Le potentiel d'hydrogène dans l'eau (pH) :

Le pH ou le potentiel d'hydrogène permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution à partir de la concentration d'ions hydrogène dans cette dernière. Et de préférence le pH d'une eau d'irrigation doit être entre 5 et 7.

❖ **Classification des eaux :**

- **L'eau de la nappe** est de classe C4.S1, on peut dire que sa qualité est mauvaise et elle est défavorable pour les plantes sensibles car le taux de salinité est très élevé avec une conductivité de 4 mmhos/cm. Parlons sur le pH, l'eau de la nappe est plus acide que l'eau du barrage avec un pH de 7.49
- **L'eau du barrage de Oum Drou** est de classe C3.S1, sa qualité est moyenne mais elle nécessite des doses de lessivage. Elle convient beaucoup avec des cultures tolérantes car sa conductivité électrique est de 1.67 mmhos/cm.

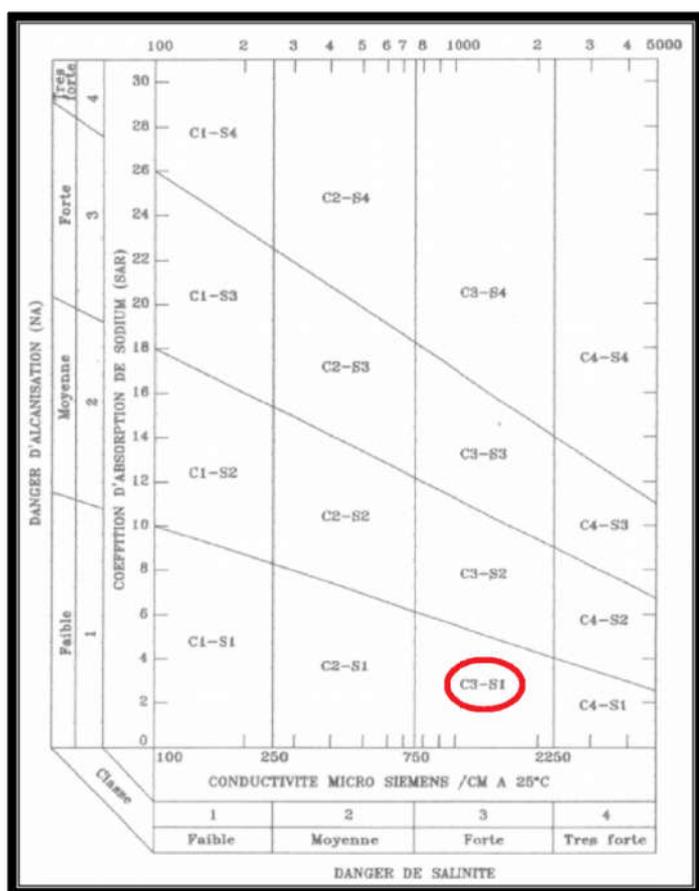


Figure I.15: Classification des eaux du barrage d'Oum-Drou

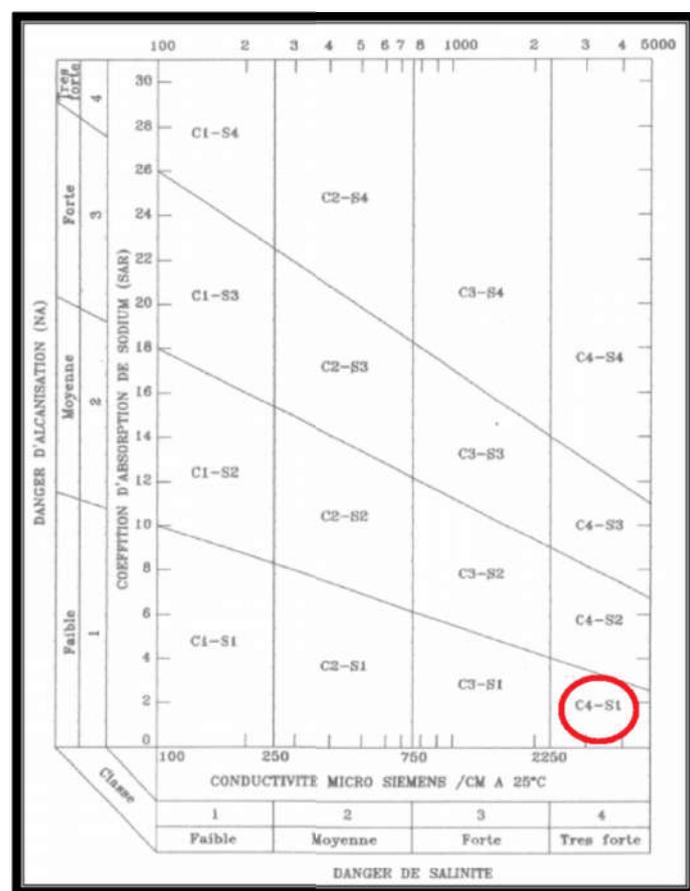


Figure I.16: Classification des eaux de la nappe

I.11.6: Description du barrage d'Oum-Drou :

L'ouvrage est un barrage poids déversant avec radier en moellons d'appareil et couronnement en pierre de taille. Sa hauteur est de 12 m environ, sa largeur à la base de 11.83 m et sa largeur au couronnement de 2.5 m.

La section transversale est en forme de trapèzes superposés. Le parement amont présente un fruit uniforme de 1/20. Le parement aval a 3 plans inclinés avec fruit uniforme de 1/3 sur 5.25 m à partir du couronnement, 2/1 sur les 2.5 m suivants, et 1/3 sur les 4 m restants.

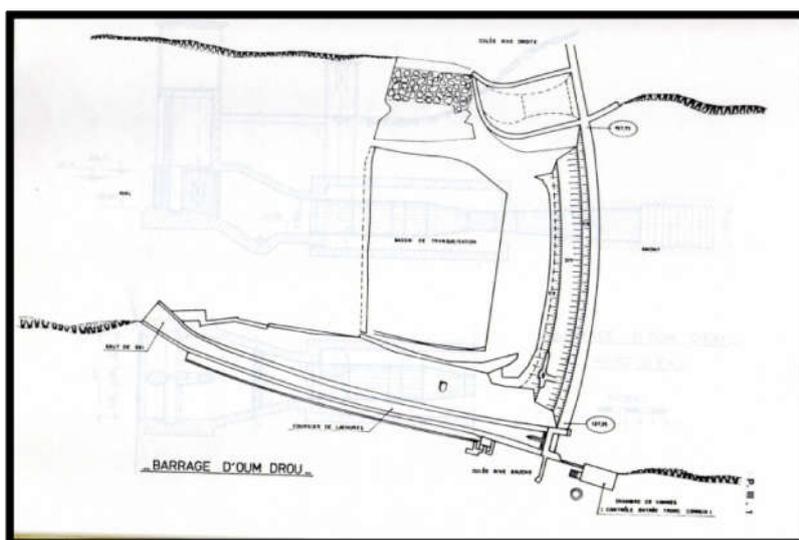


Figure I.17: Barrage d'Oum Drou

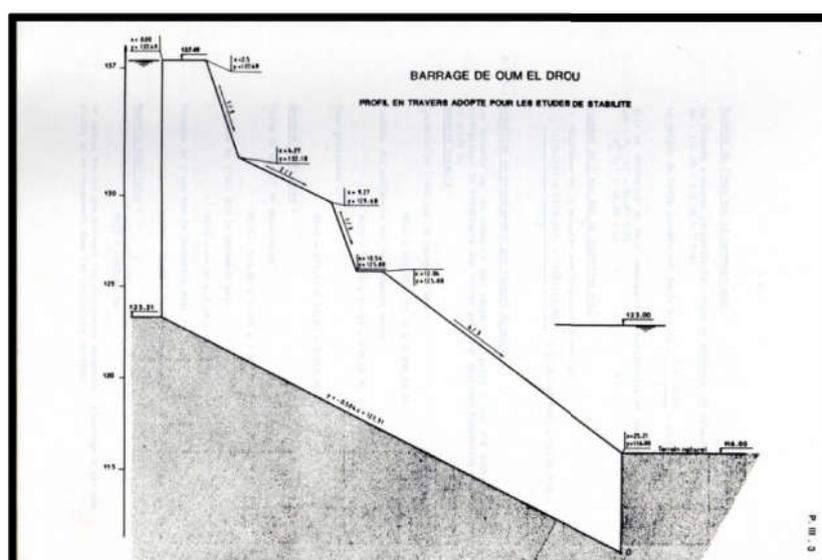


Figure I.18: Le profil en travers du barrage d'Oum Drou

I.12:Conclusion :

- ❖ L'analyse générale des données a informés de plusieurs choses sur la région d'Oum Drou, qui situe à l'est de la wilaya de Chlef, caractérisé par un climat semi-aride, un été très chaud avec une température moyenne de 37 °C, et un hiver avec des précipitations modérées.
- ❖ Sur le plan pédologique, le sol de la zone d'étude a une texture limoneux-argileuse, d'une perméabilité modérée, applicable à l'agriculture, ce sol a une salinité très élevée (5mmhos/cm)
- ❖ L'état du sol exige un lessivage pour éliminer les sels présents dans le sol à cause de l'irrigation brutal par les eaux salées de la nappe alluviale.
- ❖ L'irrigation a contribué d'une façon énorme à la dégradation et à la salinisation secondaire du sol.
- ❖ Le barrage d'Oum-Drou est parmi les sources d'eaux exploitable et disponible dans la région et il peut nous servie à l'irrigation sans aucun risque.

Chapitre II:

L'étude hydrologique

II.1: Introduction :

Le présent chapitre a pour but d'évaluer la pluviométrie, car le dimensionnement d'un réseau de drainage exige une étude statistique permettant de déterminer la distribution fréquentielle des pluies.

L'objectif principal d'une étude hydrologique est de déterminer la précipitation mensuelle d'une fréquence 80%.

II.2: Présentation de la station :

La station pluviométrique d'Oum Drou est prise comme une station de référence et les caractéristiques de cette dernière sont comme suite :

Tableau II.1:les données de la station d'Oum Drou

Code	12225
Nom de station	OUM DROU
X	383.55
Y	325.7
Z	125 m
P_{moy} (mm)	370.38
Période d'observation	1992 - 2018

Source A.N.R.H station d'Oum-Drou (Chlef)

II.3: Comblement des observations manquantes :

Parmi les problèmes fréquents dans les séries pluviométriques est l'absence des données pluviométriques de certain mois, ces lacunes sont dues à des problèmes aléatoires et ça se peut être des problèmes techniques.

Dans notre cas, on trouve qu'il y a des lacunes dans la série pluviométrique d'Oum-Drou (Y), donc on est obligé de restituer ces données à l'aide de la station pluviométrique de Ouled fares (X) dont sa taille est 29 et qui est plus au moins proche.

Pour la restitution de la série d'Oum Drou, on doit utiliser la méthode de corrélation linéaire simple. Cette méthode consiste à avoir deux séries pluviométriques à condition qu'elle soit la série à restituer la plus courte.

Grace à la méthode de corrélation linéaire simple, on peut déduire et combler ces lacunes.

Avant de procéder à cette méthode, on doit d'abord vérifier la corrélation entre ces deux séries pluviométrique à partir de coefficient de corrélation R_{xy} .

$$R_{xy} = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \dots \dots \dots (II. 1)$$

Avec :

$Cov(x, y)$: La covariance entre la série x et y

σ_x et σ_y : L'écart type de la série x et y respectivement

• **Interprétation :**

Corrélation	Négative	Positive
Faible	de -0,5 à 0,0	de 0,0 à 0,5
Forte	de -1,0 à -0,5	de 0,5 à 1,0

Après le calcul de coefficient de corrélation on trouve $R_{xy} = 0.6$ et selon le tableau, on peut dire qu'il y a une bonne corrélation entre les 2 séries pluviométriques

II.3.1: La droite de régression :

Passent à la droite de régression qui nous permet à déduire les valeurs manquantes

$$y_i = a_1 \cdot x_i + a_0 \dots \dots \dots (II. 2)$$

Avec :

$$a_1 = R_{xy} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

$$a_0 = moy_y - moy_x \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

Pour calculer les valeurs manquantes de la série X on doit insérer les valeurs de la série X dans l'équation de la droite de régression

$$y_i = 0.7x_i - 0.79$$

Tableau II.2: La série pluviométrique d'Oum Drou après la restitution

	Sept	Octo	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuel
1992	0	1	40.2	15.9	12.1	35.8	2.5	51.4	38.1	0	4.1	0	201.1
1993	0	12.8	32.3	10.7	12.6	25.3	0.2	6.1	7.5	0	0	0	107.5
1994	9.3	38.4	31	11.6	72.5	7.8	36.5	10.4	13.6	4.2	0	21	256.3
1995	29.6	33.6	40.1	45.1	61.8	111.9	74.1	32.1	30.3	3	9.3	2	472.9
1996	48.1	29.6	9.3	24.3	74.4	2.9	0	149.4	23.8	0	0	18.3	380.1
1997	25.1	31.8	145.9	20.8	13	22.4	6.8	56.2	88.7	0.4	0	0	411.1
1998	24.9	16.7	11.4	22	76.8	48.9	48.3	2.5	0	0	0	0.3	251.8
1999	31.8	15	40.6	73.2	6.7	0	7.5	21.3	3.6	0	0	0	199.7
2000	13.8	107.7	95.5	30.8	77.3	19.7	1.8	43.8	15.5	0	0	0	405.9
2001	18.2	2.1	100.9	29.8	26.4	7.8	49.9	61.1	27	0	0	0.5	323.7
2002	0	22.9	59.1	37.1	93.4	61.6	11.6	38.6	31.6	0	1.1	0	357.0
2003	20.5	50.8	88.4	44.6	30.2	62.1	11.8	31.2	85	14.2	0	0	438.8
2004	0	39.8	33.9	78.6	12.3	88.4	24.6	4.5	0	0	0	0	282.1
2005	34.9	32.5	63.2	74.7	40.3	77.6	23.7	7.5	79.9	1.9	0	0.7	436.9
2006	17.5	0	0	109.6	33.6	55.9	49.1	70.4	12.7	0	0	0	348.2
2007	43.2	48.5	52.8	23	26.1	22.1	47	15.8	58.7	10.2	6.9	0	354.3
2008	0	27	80.5	95.1	76.5	22.3	51.4	78.1	11.8	6.2	0	3	451.9
2009	37.2	12.7	52.8	77.6	44.8	142.5	57.4	21.2	18.4	0	0	48.5	513.1
2010	17.7	64.8	66.6	48.5	92.4	92	18.3	73.6	91.8	16.3	0	0	582.0
2011	1.4	22.6	116.9	19.9	25.8	90.3	35.4	107.6	5.9	0	0	2.9	428.7
2012	1.3	35.5	105.8	11.7	72.9	83.9	9.9	8.9	40.6	0	0	0	370.4
2013	0	32	32.1	65.6	12	52	14.1	2.6	46.9	32.6	0	0	290.2
2014	19.1	24	46.5	37.8	19.9	57.6	5.6	9.2	35.5	1.2	0	2.3	258.6
2015	6.1	2.4	0	82.6	20.5	37.9	42.9	64.5	8.3	0	0	0	265.2
2016	1.6	2.1	71.1	44.3	205	5.1	30.7	0	0	39.3	0	0	399.2
2017	21.7	61.1	34.8	61.7	33.6	67.3	124.1	89.2	30.1	52.2	0	0	575.8
2018	46.2	59	103.3	33.1	62.8	11.4	18.6	38.7	0	0	0	0	373.1
2019	47.1	5.3	88.1	35.5	40.3								216.3

les données à restituer

II.4: L'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant d'analyser une série pluviométrique, il faut vérifier d'abord l'homogénéité de la série.

Car si les observations d'une série pluviométrique ne sont pas homogènes, on risque d'avoir des ajustements erronés. L'homogénéité d'une série peut être examinée à l'aide des tests statistiques et parmi ces tests, on peut citer le test de Mann-Whitney qui est un test non paramétrique et qui repose sur la série des rangs.

Le test de Mann-Whitney convient mieux avec les échantillons qui ont une taille inférieure à 30.

Cette méthode consiste à diviser la série en 2 petites séries X et Y de telle sorte que la série X soit plus grande que la série Y ($X > Y$). Ensuite, on donne pour chaque observation son rang après avoir classé la série par ordre croissant. Au final, on calcule la valeur de $\frac{N \times (N+1)}{2}$ tel que N est la longueur de la sous-série, et on la soustrait de la somme des rangs de chaque sous-série pour avoir le U_{\min} .

Après la détermination de la valeur U_{\min} , on doit la comparer avec la valeur U_{seuil} , tirée à partir de la table de Mann-Whitney (**Annexe 2**), et il faut qu'elle soit inférieure. ($U_{\min} < U_{\text{seuil}}$)

Selon la table de Mann-Whitney, la valeur de $U_{\text{seuil}} = 59$, et après le calcul on déduit que $U_{\min} = 49$

Tableau II.3: Calcul du U de Mann-Whitney

	Les Observations	Rang	Le tri	X	Y
X	201.1	1	107.5	1	
	107.5	2	199.7	2	
	256.3	3	201.1	3	
	472.9	4	216.3		4
	380.1	5	251.8	5	
	411.1	6	256.3	6	
	251.8	7	258.6		7
	199.7	8	265.2		8
	405.9	9	282.1	9	
	323.7	10	290.2		10
	357.0	11	323.7	11	
	438.8	12	348.2	12	
	282.1	13	354.3		13
	436.9	14	357.0	14	
	348.2	15	370.4		15
Y	354.3	16	373.1		16
	451.9	17	380.1	17	
	513.1	18	399.2		18
	582.0	19	405.9	19	
	428.7	20	411.1	20	
	370.4	21	428.7		21
	290.2	22	436.9	22	
	258.6	23	438.8	23	
	265.2	24	451.9		24
	399.2	25	472.9	25	
	575.8	26	513.1		26
	373.1	27	575.8		27
	216.3	28	582.0		28
Sommes				169	217
N				15	13
N*(N+1)/2				120	91
u				49	126

Donc on trouve $U_{min} = 49$ et $U_{seuil} = 54$

• **Interprétation :**

La valeur U_{seuil} (déterminé a partir de la table de Mann-Whitney (**Annexe 2**)) est supérieur a la valeur de U_{min} et on peut dire que la série est homogène. $U_{min} < U_{seuil}$

II.5: Le choix de la loi d'ajustement :

La pluviométrie peut être ajustée par plusieurs lois statistiques et pour savoir la loi d'ajustement la plus adéquate, on doit essayer plusieurs .Dans ce cas-là, on va tester les lois suivantes :

- La loi normale
- La loi log normal

II.5.1: Ajustement à la loi normale :

Un phénomène peut suivre une loi normale de paramètre σ l'écart type et μ la moyenne si et seulement si la fonction de répartition est comme suite :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots (II. 4)$$

Avec :

σ : L'écart type

μ : La moyenne.

Grace au logiciel Hyfran, on peut lancer l'ajustement d'une façon automatique

Tableau II.4:L'ajustement à la loi Normal

Nombre d'observation : 28				
Paramètres				
μ	355.425			
σ	114.374			
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5.0	0.2000	259.2	25.27	209.6 - 308.7
3.3	0.3000	295.5	23.10	250.2 - 340.8
2.0	0.5000	355.4	21.61	313.1 - 397.8
1.5000	0.6667	404.6	22.63	360.3 - 449.0
1.2500	0.8000	451.7	25.27	402.1 - 501.2

P théorique	Valeur
80%	259.2
50%	355.4

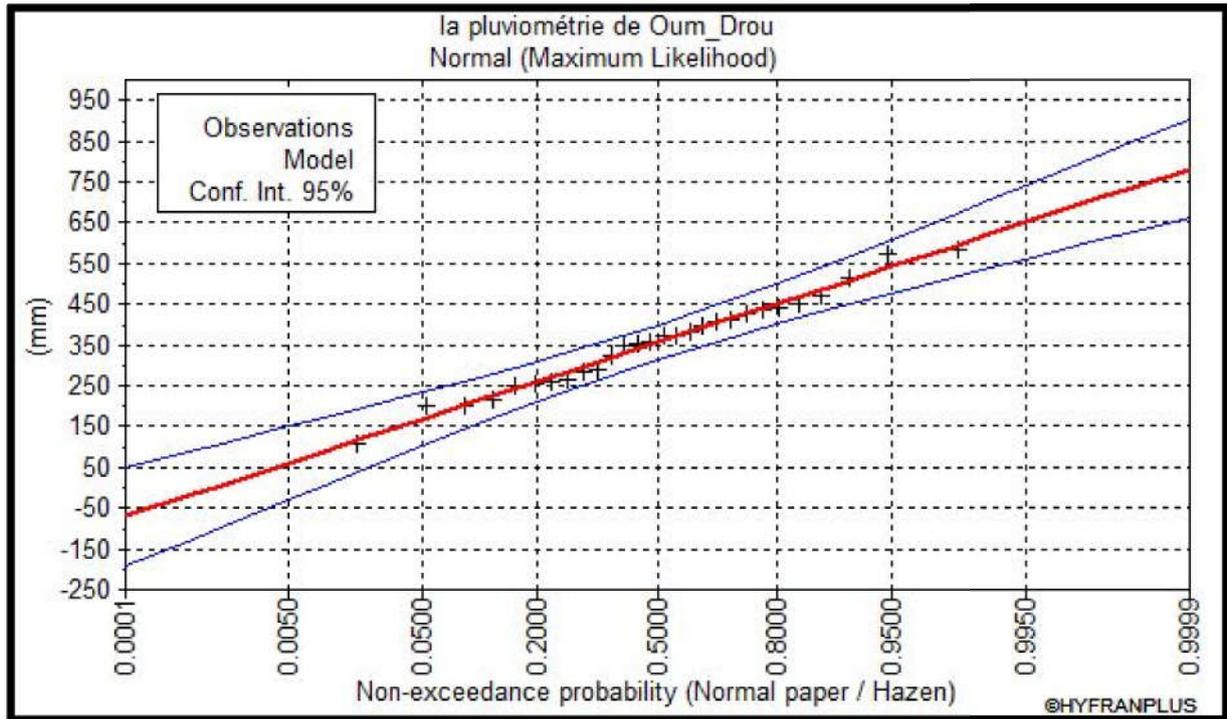


Figure II.1:Ajustement de loi Normal

II.5.1.1: Test de Khi carrée :

Pour la validation de l'ajustement, il faut passer par un test de validation, et parmi ces tests on peut citer le test de Khi carrée

La procédure :

- On calcule $X_{Calculé}^2$
- On calcule le degré de liberté γ
- On détermine $X_{théorique}^2$ sur la table de Pearson (**Annexe 3**)
- L'ajustement est validé pour une erreur de 0.05 si et seulement si : $X_{Calculé}^2 < X_{théorique}^2$

• **Interprétation :**

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant: $X_{Calculé}^2 = 2.2$ $\gamma = 4$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a : $X_{théorique}^2 = 9.488$

$$X_{Calculé}^2 = 2.2 < X_{théorique}^2 = 9.488$$

Donc l'ajustement est bon

II.5.2: Ajustement à la loi log normale

Un phénomène peut suivre une loi normale de paramètre σ l'écart type et μ la moyenne si et seulement si la fonction est comme suite :

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln x - \mu]^2}{2\sigma^2}\right\}$$

Avec :

σ : L'écart type

μ : La moyenne.

Grace au logiciel Hyfran, on peut lancer l'ajustement d'une façon automatique

Tableau II.5:l'Ajustement à la loi log Normal

Nombre d'observation : 28				
Paramètres				
μ	5.81			
σ	0.37			
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5.0	0.2000	245.6	20.05	206.3 - 284.9
3.3	0.3000	276.2	20.61	235.8 - 316.6
2.0	0.5000	335.2	23.40	289.3 - 381.0
1.5000	0.6667	392.9	28.72	336.6 - 449.2
1.2500	0.8000	457.4	37.34	384.2 - 530.6

P théorique	Valeur
80%	245.6
50%	335.2

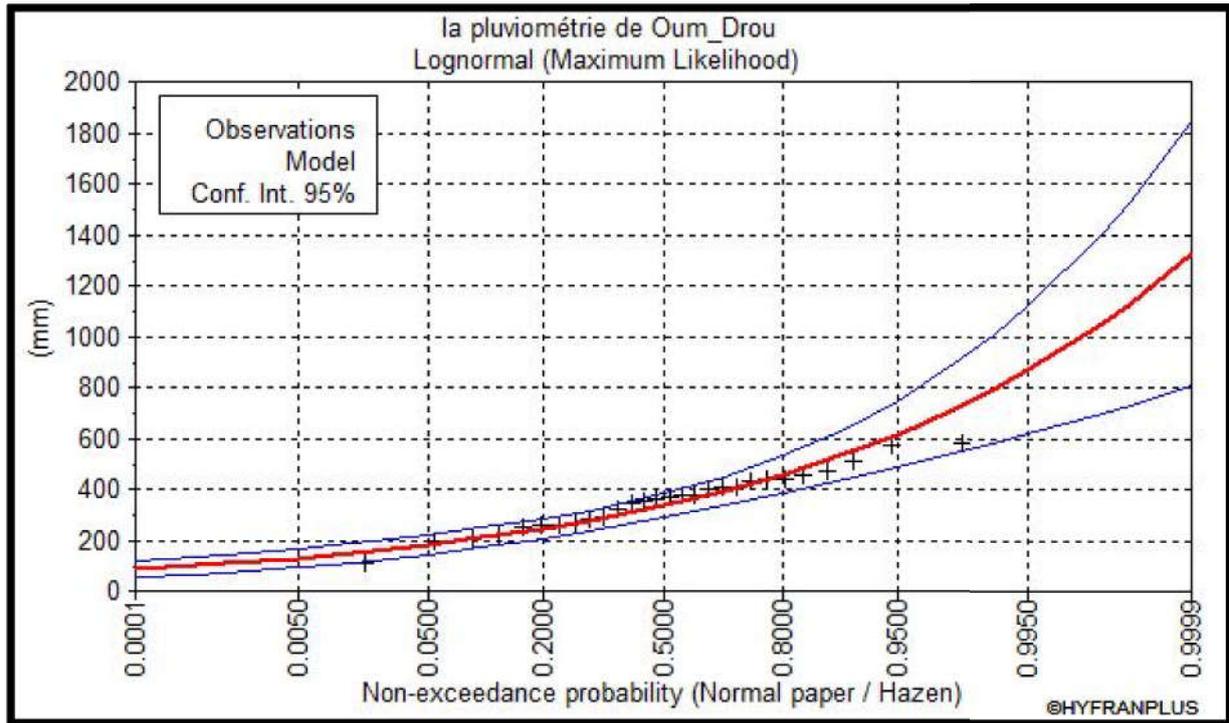


Figure II.2:Ajustement de loi log Normal

II.5.2.1: Test de Khi carrée :

Pour la validation de l'ajustement, il faut passer par un test de validation, et parmi ces tests on peut citer le test de Khi carrée

La procédure :

- On calcule $X_{calculé}^2$
- On calcule le degré de liberté γ
- On détermine $X_{théorique}^2$ sur la table de Pearson (**Annexe 3**)
- L'ajustement est validé pour une erreur de 0.05 si et seulement si : $X_{calculé}^2 < X_{théorique}^2$

• **Interprétation :**

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant: $X^2_{Calculé} = 3$ $\gamma = 4$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a : $X^2_{théorique} = 9.488$

$$X^2_{Calculé} = 3 < X^2_{théorique} = 9.488$$

Donc l'ajustement est bon

II.5.3: Résultat :

Les Tests le khi carré a montré que la **loi normal** est la plus adéquate parmi les autres lois car son $X^2_{Calculé} = 2.2$ et il est le plus petit.

II.6: Précipitation de projet

Concernant notre projet, on s'est référé aux données de pluies de la station d'Oum-Drou pour la détermination de la pluie des années : sèche, normale et humide, par un calcul de probabilités, L'expression ci-dessous permise à déterminer les valeurs mensuelles pour les années : sèche 80%, normale 50% et humide 20%.

$$P_{sec} = P_{moy} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \dots \dots \dots (II.5)$$

Avec :

$P_{80\%}$: Pluit de probabilité 80%

$P_{50\%}$: Pluit de probabilité 50%

P_{moy} : Pluit moyenne mensuelle interannuelle

Tableau II.6: La Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcule

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fivr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
P_{moy}(mm)	17.81	31.64	58.73	44.37	53.47	48.54	31.8	43.94	28.45	7.22	0.67	3.74
P_{80%}(mm)	13	23.08	42.8	32.4	40	35.4	23.2	32	20.8	5.3	0.48	2.73

II.7: Conclusion :

- ❖ Dans ce chapitre-là, nous sommes intéressés à l'ajustement de la série pluviométrique qui nous a menés à la détermination des caractéristiques statistiques de la pluviométrie dans cette zone.
- ❖ La détermination de la loi d'ajustement a été faite par le logiciel Hyfran, dont la loi normale a été adoptée pour calculer la pluie efficace et faire cette étude hydrologique

Chapitre III: Le Drainage

III.1: Introduction :

Le drainage est tout d'abord un mécanisme d'écoulement de l'eau, il désigne tout écoulement contribuant à vider un matériau poreux de liquide qu'il contient, la gravité est le premier moteur du drainage; lorsqu'un matériau est assez humide, les forces dues à la capillarité sont moindres que celles de la gravité, aussi l'eau s'écoule vers la profondeur si elle ne rencontre aucun obstacle, c'est le drainage naturel.

Dans les sols qui présentent un obstacle à l'écoulement, barrière imperméable ou semi-imperméable, l'eau s'accumule au-dessus de cette dernière formant une nappe, seul un drainage artificiel par des techniques appropriées, soit par gravité soit par pompage peut alors évacuer l'eau.

La deuxième acceptation du terme du drainage désigne la technique ou l'ouvrage réalisé pour permettre l'évacuation de l'eau excédentaire. Les techniques du drainage sont généralement classées ainsi.

III.2: Situation du drainage agricole dans le monde :

La superficie mondiale drainée est estimée à 170Mha, dont 50 Mha de drainage par tuyaux enterrés. Les statistiques actuellement disponibles montrent que les deux tiers des réseaux du drainage ont été construits dans les pays développés et que les deux tiers des réseaux d'irrigation ont été construits dans les pays en voie de développement. L'accroissement de la démographie mondiale a conduit ces pays à se lancer dans d'importants programmes d'irrigation afin d'augmenter les rendements agricoles.

Dans un premier temps, l'augmentation des apports d'eau permet un accroissement de la production agricole. Cependant, passé un certain seuil d'apport, la baisse des rendements devient inévitable en raison du déséquilibre entre les apports d'eaux chargées en sels et les capacités naturelles du drainage du sol.

Le drainage vise à remédier à cette situation en proposant des aménagements qui dépendent en grande partie du contexte climatique.

En Algérie, le drainage agricole suscite peu d'intérêt tant au niveau des agriculteurs qu'au niveau des autorités chargées d'élaborer la stratégie du développement agricole. Le déficit chronique en eau que connaît le pays a été aggravé par des pratiques irrationnelles d'irrigation causant un double effet : l'humidification excessive des terres agricoles et leur salinité.

D'autre part, certaines régions du nord reçoivent régulièrement des lames d'eau importantes comme c'est le cas dans la plaine agricole de **Tarf** où une pluviométrie annuelle de 2000mm est enregistrée. Ces apports d'eau répartis sur quatre à cinq mois, sont la cause de la submersion des terres ce qui entrave la conduite des pratiques agricoles et la croissance des cultures.

III.3: Principaux modes du drainage :

Bien souvent, avant de décider d'opter pour le drainage, l'agriculteur recherche des solutions palliatives moins coûteuses. Par exemple, lorsque l'excès d'humidité se trouve confiné dans les couches superficielles du sol, le labour profond peut s'avérer suffisant. Plus généralement, cette façon culturale revient à procéder à un sous solage qui consiste à briser les croûtes imperméables (50 a 90cm) et à accroître le drainage naturel du sol. On peut associer à cette technique l'apport d'amendement calcique afin d'améliorer la structure du sol.

Lorsque le choix d'installer un réseau du drainage est arrêté, deux variantes sont à envisager pour la conception du système drainant :

- ❖ Un drainage de surface horizontal.
- ❖ Un drainage vertical relativement profond.

La solution traditionnelle consiste à évacuer l'eau en excès, au moyen de fossés quasi horizontaux à ciel ouvert (figure 3). Cette méthode est économique mais présente quelques inconvénients parmi lesquels la perte de surface cultivable, difficultés d'accès aux parcelles, entretien onéreux et ainsi souvent différée. Même l'amélioration des propriétés du sol en remblayant les fossés présente quelques limites et cède le pas au drainage par canalisation enterrées.

La pratique actuelle, lorsque l'imperméable est peu profond, est celle du drainage par canalisations enterrées. Des canalisations de petit diamètre, appelées drains, comportent des orifices périphériques qui leur permettent de recueillir l'eau de saturation du sol (figure 4). Les files de drains horizontaux et régulièrement espacés, se jettent dans des canalisations plus grosses, les collecteurs, qui aboutissent à un émissaire qui peut être un fossé, un ruisseau ou une rivière. Les canalisations peuvent être en terre cuite, en matière plastique ou en ciment (buses pour les gros collecteurs).

Pour améliorer l'efficacité du drainage, des techniques associées sont envisagées. Cela consiste généralement à concevoir des tranchées gravillonnées et à ajouter des matériaux filtrants autour des drains. Dans les sols argileux, le transit des débits élevés vers les drains nécessite de creuser des galeries pour permettre à l'eau de s'écouler dans le sol ; on parle de drainage taupe.

Le drainage vertical consiste à rabattre la nappe verticalement au moyen de forages régulièrement espacés, traversant la couche imperméable et permettant à l'eau des horizons superficiels de s'écouler dans les couches les plus profondes et plus perméables du sous sol Le drainage vertical n'est possible que dans des situations géologiques très favorables. Il est très peu pratiqué en Algérie

III.3.1: Drainage De surface :

La plupart de nos sols requièrent un drainage de surface. Une attention particulière doit être portée aux sols peu profonds et de faible perméabilité. Dans certains cas, le drainage souterrain n'est pas réalisable et l'aménagement de surface devient le mode d'assainissement à préconiser.

Règle générale : le drainage de surface vise à éliminer toute accumulation d'eau dans un délai de 24 heures.

III.3.1.1: Définition :

Toute technique d'évacuation d'eau se trouvant à la surface du sol, généralement parce qu'elle n'a pas pu s'infiltrer.

III.3.1.2: OBJECTIFS DU DRAINAGE DE SURFACE :

Une combinaison judicieuse du drainage souterrain et du drainage de surface permet de mieux répondre aux exigences des plantes et de la circulation de la machinerie agricole. Les objectifs du drainage de surface sont :

- ❖ D'assurer une répartition uniforme de la précipitation et favoriser son infiltration.
- ❖ D'évacuer les eaux qui ne peuvent pas s'infiltrer, sans toutefois causer l'érosion.
- ❖ De causer un minimum d'inconvénients aux opérations culturales et à la machinerie agricole.

III.3.2: Drainage Souterrain :

Le but consiste à accroître la conductivité hydraulique saturée **K** du sol. Classiquement, on fait appel au sous solage, il permet de briser les horizons de tassement, de remonter le sol sur une certaine profondeur et d'accroître aussi son aptitude au drainage naturel.

- ❖ Sous solage fermier \Longrightarrow 50 ÷ 60 cm
- ❖ Sous solage industriel \Longrightarrow 70 ÷ 90 cm

On peut associer sous solage, et amendement chimique (calciq) pour améliorer la structure.

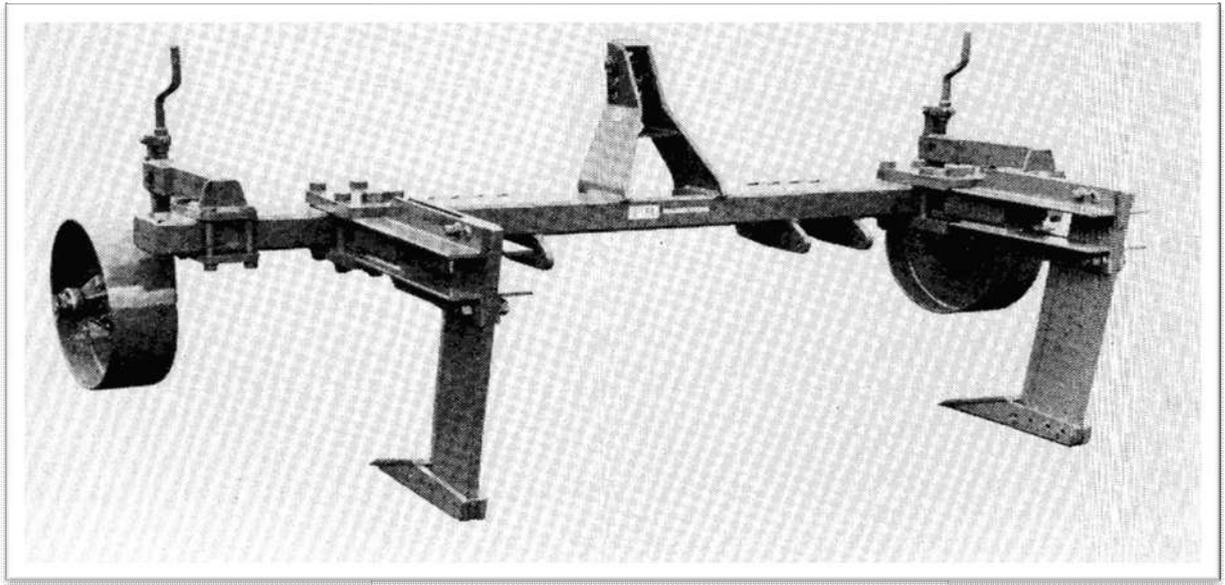


Figure VI.6:L'outil de sous solage.

Un obus (taupe) fixé à une dent/à lame verticale est entraîné dans le sol laissant un tunnel (galerie taupe). La taupe est suivie d'un extenseur qui augmente et renforce légèrement les galeries.

Les galeries taupes formées ainsi normalement ont un diamètre d'environ 5-10 cm et sont espacées à chaque profondeur d'installation de 1.5-3.m, et habituellement entre 0.40-0.60 m au-dessous de la surface du sol, bien dans le sous-sol « imperméable »

III.3.3: Drainage Par fossé :

Technique très ancienne, qui consiste à creuser dans le sol à un intervalle régulier des fossés de profondeur >2 m et de largeur 0.3 à 0.5m, la fonction de ces fossés est double :

- ❖ Interception de ruissellement superficiel et évacuation d'excès d'eau de surface.
- ❖ Acheminement des eaux drainées par le fossé vers un exutoire, le plus souvent, une voie naturelle d'écoulement.

III.3.4: Par drain enterré :

On remplace le fossé par un tuyau enterré et on met en communication son extrémité avale avec la pression atmosphérique.

Ce tuyau est pourvu d'ouverture ayant pour fonction de laisser passer l'eau du terrain, cette eau est évacuée en écoulement à surface libre par le tuyau, auquel on a donné une pente vers un collecteur, ce dernier peut être relié à un tuyau, un fossé ou une voie naturelle d'écoulement.

L'écoulement vers les tuyaux enterrés est provoqué par la différence de charge entre l'intérieur du tuyau (pression atmosphérique), et la nappe environnante.

L'écartement entre les files des tuyaux varie de 10 à plusieurs dizaines de m et la profondeur d'installation de 1 à 3m

III.3.5: Puits du drainage :

Cas très particulier, on l'utilise quand il n'existe pas d'émissaire assez bas pour recevoir les eaux du drainage, et si la construction d'émissaire artificiel ou le pompage des eaux est trop coûteux.

III.4: Conclusion :

Pour aboutir au débit du dimensionnement d'un réseau du drainage, il faut prendre en considération tous les critères du dimensionnement, en plus il faut savoir l'origine de l'excès d'eau à évacuer. Si on arrive à un cas où nous avons tous les types d'excès d'eau (pluie, irrigation, dose du lessivage,...), on prend la valeur maximum entre les valeurs trouvées pour le débit.

Chapitre IV:
Les besoins en eau des
cultures

IV.1: Introduction :

Comme tous les êtres vivants, l'eau est importante pour la plante et n'importe quelle culture à besoin d'eau. Dans ce cas-là, il est indispensable de satisfaire ces besoins par des doses mensuelles apportées à la plante dans les moments où l'évapotranspiration est très élevée.

La seule façon de couvrir ces besoins est l'irrigation, mais la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture elle-même. Une partie s'évapore et l'autre partie se percole et cette dernière doit être évacuée par un réseau de drainage.

IV.2: Le choix des cultures :

Le choix des cultures doit être basé sur plusieurs critères comme la qualité de l'eau d'irrigation, la qualité des sols et la climatologie de la région.

Parmi les choses qu'on doit prendre en considération dans le choix des cultures est la tolérance des plantes aux sels, la présence des moyens de production et l'assurance de la rotation des cultures et tout ça pour préserver la ressource en sol et pour satisfaire la demande commerciale.

Selon l'étude climatologique, la région d'Oum-Drou est caractérisée par un climat semi-aride.

La qualité de l'eau du barrage d'Oum-Drou est assez bonne, mais la qualité du sol nécessite un entretien avant d'être exploité, et parmi les cultures tolérantes qui peuvent être rentable dans des conditions pareilles sont :

- Le blé
- L'orge
- La fève
- Le pois chiche
- Luzerne

IV.2.1: Estimation des coefficients culturaux

Par définition, le coefficient cultural (k_c) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et l'évapotranspiration potentielle (ET_0), il dépend ainsi :

- Du stade de développement
- Du type de Culture
- Du type de sol e du climat

Les besoins en eau des cultures

Tableau IV.1: Les coefficients culturaux (Kc) des différentes cultures.

	Blé	Orge	Luzerne	fèverole	Pois chiche
Septembre					
Octobre			0.65		
Novembre	0.4		0.70		
Décembre	0.7	0.3	0.80	0.50	
Janvier	0.85	0.3	0.90	0.80	0.4
Février	0.95	0.5	0.95	1.00	0.6
Mars	1.05	0.5	1.05	0.95	0.9
Avril	1.00	1	1.15	0.50	0.5
Mai	0.8	0.95	1.00		
Juin	0.45	0.6	0.7		
Juillet					
Aout					

Source : www.fao.org

IV.3: L'eau dans le sol :

L'eau a une importance considérable dans le sol. D'une part, elle intervient dans les nutriments des plantes à la fois directement et indirectement en tant qu'éléments nutritifs dissous, d'autre part elle contribue dans la formation des sols.

L'eau peut être dans plusieurs états à l'intérieur d'un sol, suivant l'intensité des forces liant ses molécules solides :

- **Eau de constitution** : qui entre dans la composition chimique des minéraux dont les particules de sol sont formées.
- **Eau de gravité** : c'est une eau qui circule librement dans les pores du sol sous l'effet des forces de pesanteur
- **Eau absorbée** : c'est une eau qui se trouve à la surface des grains très fins, qui est orientée par les forces d'attraction moléculaire est les forces électrostatiques, c'est l'eau utilisable par les plantes.
- **Eau capillaire** : soumise à des forces électrostatiques et ionique supérieures au pouvoir de succion des racines se fixe aux particules du sol. Elle n'est donc pas disponible pour les végétaux. L'eau capillaire est soumise aux forces de tension se développant au contact de l'eau et de l'air et à l'action de la gravité.

IV.3.1: La définition de la réserve en eau dans le sol :

La conduite des arrosages nécessite la connaissance de l'état hydrique du sol. La réserve en eau dans le sol à un moment précis et disponible aux plantes. L'humidité dans le sol se présente sous divers états :

- **Humidité à la capacité au champ (Hcc)** : c'est l'humidité du sol observée après élimination de toute eau de gravité. Dès que la pluie ou l'irrigation cesse, le sol se ressuie d'abord, ce veut dire que l'eau contenue dans les macropores s'élimine, et les micropores sont remplis d'eau.
- **Humidité au point de flétrissement** : humidité du sol au moment où la force de succion des plantes égalent à la force de rétention de l'eau

IV.3.2: Calcul de la réserve en eau facilement utile dans le sol :

Dans la pratique de l'irrigation, on essaye de maintenir la plante dans l'humidité à la RFU sans oublier que la texture du sol à une influence directe sur cette réserve.

Le sol sableux est caractérisé par une faible capacité de rétention en eau, ce qui implique de plus une faible réserve utile. D'une autre part, les sols à forte proportion de particules fines (Limons et argiles) emmagasinent d'avantage d'eau et selon la carte pédologique (**chapitre1**) notre zone d'étude est caractérisée par un sol limoneux Argileux.

Texture	Hcc (%)	Hpf (%)	Da
Sableux	8	3	1.35
Sableux limoneux	12	5	1.4
Limoneux sableux	19	9	1.42
Limoneux Argileux	27	13	1.4
Argileux Limoneux	32	17	1.4
Argileux	37	21	1.45

Le calcul de la réserve facilement utile est comme suite :

$$RFU = (Hcc - Hpf) \times D_a \times Z \times y \dots \dots \dots (III. 1)$$

Avec :

- Y : le degré de tarissement admissible pour les cultures
- 2/3 pour les cultures en général
- 1/3 pour les cultures sensibles
- D_a : densité apparente
- Z : profondeur d'enracinement (m)

IV.4: L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration désigne l'eau qui s'évapore à partir d'un sol ou d'un plan d'eau vers l'atmosphère, elle dépend des facteurs climatiques, de la nature de surface évaporant et de ses caractéristiques physiques.

On distingue :

- **L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀)** : C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier,1977).
- **L'évapotranspiration Réelle (ET_r)** : c'est l'évapotranspiration de la culture lorsque l'humidité du sol est inférieure à la capacité au champ.
- **L'évapotranspiration maximale (ET_m)** : C'est une correction de l'ET₀ en fonction du couvert végétal et le coefficient cultural K_c

$$ET_m = K_c \times ET_0 \dots \dots \dots (III. 2)$$

IV.4.1: Méthodes pour estimer l'évapotranspiration :

Il existe deux méthodes pour estimer l'évapotranspiration et on peut citer :

- **Les méthodes directes** : par les instruments et appareils comme la case lysimétrique et le Bac d'évaporation.
- **Les méthodes indirectes** : grâce aux formules empiriques comme la formule de Turc (1960), Formule de Thornthwaite (1949,1955), Formule de Blaney-criddle (1959).

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées et adaptées à différents climats.

Dans notre cas, on détermine l'évapotranspiration de référence (ET₀) en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée car elle est la plus employée et la plus recommandée par FAO.

- **La formule de Penman-Monteith modifiée :**

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Avec :

ET₀ : évapotranspiration de référence, en mm/j ou mm/h.

R_n : rayonnement global en MJ/m²/j ou MJ/m²/h.

G : flux de chaleur dans le sol par conduction en MJ/m²/j ou MJ/m²/h.

Δ et γ : constantes en kPa/°C.

Cste : 900 pour un pas de temps journalier et 37 pour un pas de temps horaire.

T : température en °C.

P : pression atmosphérique en (kPa).

z : altitude par rapport à la mer (m).

e_s (T) : la pression de vapeur saturante en (kPa).

e_a(T) : pression de vapeur actuelle en (kPa).

u₂ : vitesse du vent à 2 mètres du sol en (m/s).

ϕ₊

IV.4.2: Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET_R):

L'évapotranspiration de référence est calculée à l'aide de l'logiciel CROPWAT 8.0 et les résultats sont comme suite :

Tableau IV.2: Calcul de l'évapotranspiration de référence (ETR)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Moy
ET ₀ (mm/j)	5.5	3.38	1.98	1.91	1.63	2.15	2.84	4.62	6.22	7.09	8.19	6.87	4.37
ET ₀ (mm/moy)	165	101.4	59.4	57.3	48.9	64.5	85.2	138.6	186.6	213	246	206.1	131.1

Les besoins en eau des cultures

Tableau IV.3: Calcul de l'évapotranspiration de référence (ETR) par CROPWAT

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	5.5	15.6	74	216	5.2	9.3	1.63
February	6.9	14.6	72	346	6.2	12.4	2.15
March	7.9	20.6	72	199	8.0	17.4	2.84
April	12.8	26.5	60	242	8.4	20.6	4.62
May	16.3	31.4	53	251	9.6	23.8	6.22
June	19.0	33.7	51	268	10.6	25.7	7.09
July	24.2	40.9	46	216	11.7	27.0	8.19
August	24.3	37.7	52	199	9.8	23.0	6.87
September	19.6	32.3	54	233	8.1	18.4	5.50
October	16.3	27.9	66	164	7.4	14.5	3.38
November	10.7	22.2	73	147	5.6	10.1	1.98
December	8.8	20.6	65	164	5.3	8.8	1.91
Average	14.4	27.0	62	220	8.0	17.6	4.37

IV.5: L'Occupation des sols et la rotation des cultures :

Avant de planter et quantifier les besoins en eau des cultures, il faut d'abord prévoir un scénario d'occupation des sols et une répartition culturale dans le périmètre d'une façon à prendre en considération les facteurs socioéconomique et agro pédologique et tout ça pour avoir une bonne rotation des cultures. Cette rotation consiste à faire une succession des cultures différentes, année après année sur une même parcelle à fin de diversifier et préserver la ressource en sol. Cette alternance des cultures a un aspect bénéfique sur la culture qui vient après.

Un bon assolement veut dire une bonne exploitation et une bonne division des parcelles pour assurer la rotation des cultures et avoir un bon rendement.

Le périmètre à lessivé a une superficie de 350 Ha et le scénario d'occupation de sol est représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.4:L'occupation des sols proposés

	Blé	Orge	La fève	Les pois chiche	Luzerne	Total
Surface (Ha)	116	116	40	40	38	350
Pourcentage	33.1%	33.1%	11.4%	11.4%	11%	100%

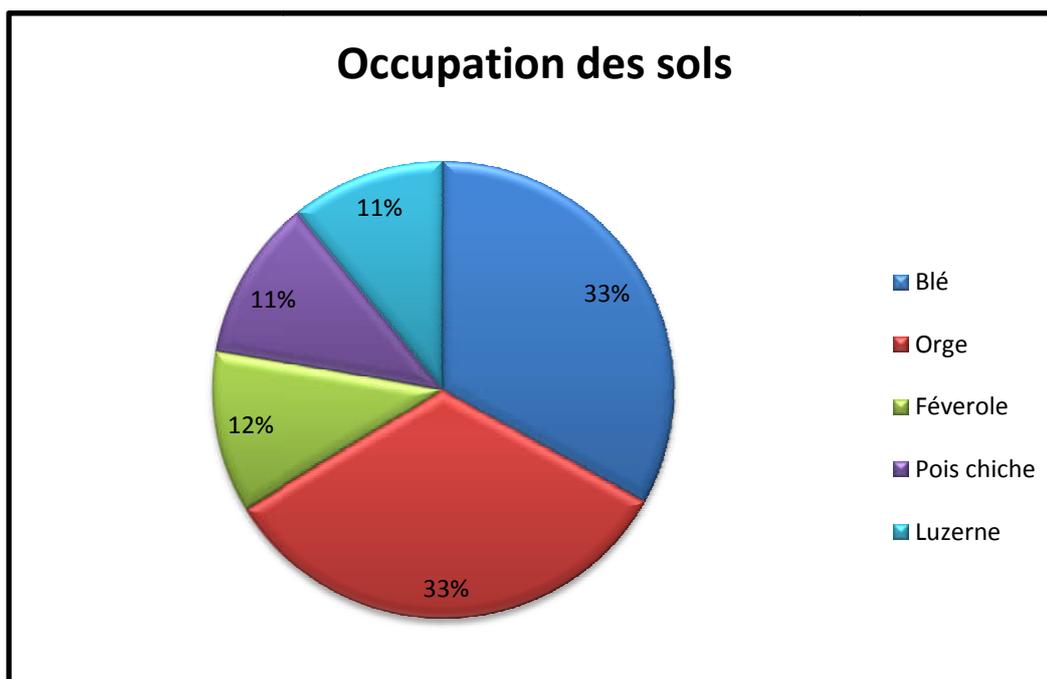


Figure IV.1: Occupation des sols

IV.5.1: La rotation culturale :

Pour assurer une bonne rotation culturale, il est préférable d'avoir 3 secteurs d'une superficie moyenne de 116 Ha et chaque secteur avec 3 ilots d'une superficie moyenne de 39 Ha

Tableau IV.5: Tableau de rotation des cultures

Année	Secteur I			Secteur II			Secteur III		
	Ilot I.1	Ilot I.2	Ilot I.3	Ilot II.1	Ilot II.2	Ilot II.3	Ilot III.1	Ilot III.2	Ilot III.3
1	luzerne	Pois	Fève	Blé			Orge		
2	Orge			luzerne	Pois	Fève	Blé		
3	Blé			Orge			luzerne	Pois	Fève
4	Pois	Fève	luzerne	Blé			Orge		
5	Orge			Pois	Fève	luzerne	Blé		
6	Blé			Orge			Pois	Fève	luzerne
7	Fève	luzerne	Pois	Blé			Orge		
8	Orge			Fève	luzerne	Pois	Blé		
9	Blé			Orge			Fève	luzerne	Pois

Les besoins en eau des cultures

• **Interprétation :**

Luzerne est une plante fourragère qui s'adapte bien en Algérie et elle produit un fourrage de qualité avec des rendements intéressants. Cette culture suit la présence du cheptel et plus particulièrement le cheptel bovin, elle consommée en vert, en foin et en déshydratée.

Luzerne est un aliment de qualité très recherchée qui donne un bon rendement laitier, et comme la région de Oum-Drou est connue par l'élevage des bovins et le pâturage, un apport annuel de matière organique sera ajouté sous forme de fumier.

Les pois chiches, les fèves et luzerne peuvent jouer le rôle d'un engrais vert pour les cultures suivantes car ce sont des bons fixateurs d'azote, et dans ce cas-là, on peut préserver les ressources en sols.

IV.6: Calcul des besoins en eau des cultures :

Les Besoins en eau d'irrigation représentent la quantité d'eau à apporter aux cultures pour satisfaire ces besoins, et ce dernier est calculé par le bilant suivant :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RU_{i-1}) \dots\dots\dots (III. 3)$$

Avec :

- ETM : l'évapotranspiration maximale
- P_{eff} : La Pluie efficace.
- RU_{i-1} : la réserve utile

Le calcul des besoins sont présentés dans les tableaux suivant

Le Blé

Mois	$P_{moy}(mm)$	$P_{80\%}(mm)$	$P_{eff}(mm)$	ETP(mm)	Z(m)	RFU theo	RFU réelle	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	17.81	13	10.4	165						
Octobre	31.64	23.08	18.464	101.4						
Novembre	58.73	42.8	34.24	59.4	0.3	39	1	0.4	23.76	0
Décembre	44.37	32.4	25.92	57.3	0.5	65	7.15	0.7	40.11	0
Janvier	53.47	40	32	48.9	0.5	65	26	0.85	41.565	0
Février	48.54	35.4	28.32	64.5	0.6	78	0	0.95	61.275	32.955
Mars	31.8	23.2	18.56	85.2	0.6	78	0	1.05	89.46	70.9
Avril	43.94	32	25.6	138.6	0.6	78	0	1	138.6	113
Mai	28.45	20.8	16.64	186.6	0.6	78	0	0.8	149.28	132.64
Juin	7.22	5.3	4.24	213	0.6	78	0	0.45	95.85	91.61
Juillet	0.67	0.48	0.384	246						
Août	3.74	2.73	2.184	206.1						

Les besoins en eau des cultures

L'orge :

Mois	P _{moy} (mm)	P _{80%} (mm)	P _{eff} (mm)	ETP(mm)	Z(m)	RFU	RFU	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	17.81	13	10.4	165						
Octobre	31.64	23.08	18.464	101.4						
Novembre	58.73	42.8	34.24	59.4						
Décembre	44.37	32.4	25.92	57.3	0.3	39	33.93	0.3	17.19	0
Janvier	53.47	40	32	48.9	0.5	65	27.95	0.3	14.67	0
Février	48.54	35.4	28.32	64.5	0.5	65	0	0.5	32.25	3.93
Mars	31.8	23.2	18.56	85.2	0.6	78	0	0.5	42.6	24.04
Avril	43.94	32	25.6	138.6	0.6	78	0	1	138.6	113
Mai	28.45	20.8	16.64	186.6	0.6	78	0	0.95	177.27	160.63
Juin	7.22	5.3	4.24	213	0.6	78	0	0.6	127.8	123.56
Juillet	0.67	0.48	0.384	246						
Août	3.74	2.73	2.184	206.1						

Luzerne :

Mois	P _{moy} (mm)	P _{80%} (mm)	P _{eff} (mm)	ETP(mm)	Z(m)	RFU	RFU	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	17.81	13	10.4	165						
Octobre	31.64	23.08	18.464	101.4	0.4	52	0	0.65	65.91	47.446
Novembre	58.73	42.8	34.24	59.4	0.7	91	21.84	0.7	41.58	0
Décembre	44.37	32.4	25.92	57.3	0.9	117	12.87	0.8	45.84	0
Janvier	53.47	40	32	48.9	1	130	52	0.9	44.01	0
Février	48.54	35.4	28.32	64.5	1.2	156	0	0.95	61.275	32.955
Mars	31.8	23.2	18.56	85.2	1.2	156	0	1.05	89.46	70.9
Avril	43.94	32	25.6	138.6	1.2	156	0	1.15	159.39	133.79
Mai	28.45	20.8	16.64	186.6	1.2	156	0	1	186.6	169.96
Juin	7.22	5.3	4.24	213	1.2	156	0	0.7	149.1	144.86
Juillet	0.67	0.48	0.384	246						
Août	3.74	2.73	2.184	206.1						

Les besoins en eau des cultures

Fève :

Mois	P _{moy} (mm)	P _{80%} (mm)	P _{eff} (mm)	ETP(mm)	Z(m)	RFU	RFU	Kc	ETM	B(mm)
Septembr	17.81	13	10.4	165						
Octobre	31.64	23.08	18.464	101.4						
Novembr	58.73	42.8	34.24	59.4						
Décembr	44.37	32.4	25.92	57.3	0.4	52	0	0.5	28.6	2.73
Janvier	53.47	40	32	48.9	0.7	91	40.9	0.8	39.1	0
Février	48.54	35.4	28.32	64.5	0.7	91	0	1	64.5	16.1
Mars	31.8	23.2	18.56	85.2	0.7	91	0	0.9	80.9	52.28
Avril	43.94	32	25.6	138.6	0.7	91	0	0.5	69.3	33.6
Mai	28.45	20.8	16.64	186.6						
Juin	7.22	5.3	4.24	213						
Juillet	0.67	0.48	0.384	246						
Août	3.74	2.73	2.184	206.1						

Pois chiche :

Mois	P _{moy} (mm)	P _{80%} (mm)	P _{eff} (mm)	ETP(mm)	Z(m)	RFU	RFU	Kc	ETM	B(mm)
Septembre	17.81	13	10.4	165						
Octobre	31.64	23.08	18.464	101.4						
Novembre	58.73	42.8	34.24	59.4						
Décembre	44.37	32.4	25.92	57.3	0.4	52	0	0.5	28.65	1.16
Janvier	53.47	40	32	48.9	0.7	91	40.95	0.8	39.12	0
Février	48.54	35.4	28.32	64.5	0.7	91	0	1	64.5	36.18
Mars	31.8	23.2	18.56	85.2	0.7	91	0	0.95	80.94	62.38
Avril	43.94	32	25.6	138.6	0.7	91	0	0.5	69.3	43.7
Mai	28.45	20.8	16.64	186.6						
Juin	7.22	5.3	4.24	213						
Juillet	0.67	0.48	0.384	246						
Août	3.74	2.73	2.184	206.1						

Les besoins en eau des cultures

Pour bien clarifier les calculs, ce tableau récapitule les besoins en eaux des cultures :

Tableau IV.6:Le tableau récapitulatif des besoins nets en eaux

Mois	Sep	Oct	No	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Besoin
Pois				1.16	0	36.2	62.38	43.7					143.44
Fève				2.73	0	16.1	52.28	33.6					104.71
Luzern		47.4	0	0	0	32.9	70.9	133.8	170	144.8			599.8
L'orge				0	0	3.93	24.04	113	160.6	123.5			425.16
Le Blé			0	0	0	32.9	70.9	113	132.6	91.61			441.05
Total		47.4	0	3.89	0	122.0	280.5	437.1	463.1	360.0			1714.2

IV.7: Conclusion :

- ❖ Ce chapitre est consacré à l'évaluation des besoins en eau des cultures qui sont choisies d'une façon à assurer la rotation culturale et à préserver les ressources en sol et ses éléments.
- ❖ Grâce au logiciel Cropwater 8.0 on a pu déterminer le taux de l'évapotranspiration ainsi les besoins en eau, et il est clair que toutes les cultures sont exigeantes en mois de Mai.
- ❖ On peut remarquer aussi que la luzerne est la culture la plus exigeante avec un besoin de 170 mm en mois de Mai

Chapitre V:

Les débits d'eau à évacuer

V.1: Introduction :

Le drainage d'une zone agricole a pour but d'évacuer les eaux et les sels en excès dans le sol par un système artificiel d'évacuation. Pour dimensionner ce système, il faut évaluer d'abord la lame d'eau à évacuer.

Parmi les eaux indésirables qu'on doit évacuer sont les eaux de lessivage, les pertes d'eau dans le réseau d'irrigation et l'excès d'eau proviennent de la pluie.

V.2: Les débits de drainage :

V.2.1: Les pertes dans le réseau d'irrigation:

V.2.1.1: L'efficacité d'irrigation :

Les besoins en eau de culture, qui sont calculés dans le chapitre précédent, doivent être suffisants pour toutes les cultures. Mais comme les fuites sont toujours présentes dans les réseaux d'irrigation, on doit prendre en considération le taux d'efficacité de réseau.

L'efficacité de distribution est le rapport entre la lame d'eau fournie par le réseau et la lame d'eau à l'entrée de la parcelle.

Les fuites sont souvent accidentelles et ils ont une relation directe avec l'entretien du matériel et si le délai d'intervention est long, les concentrations des fuites s'aggravent.

V.2.1.2: Efficacité globale :

Les pertes d'eau ont une relation directe avec le type du réseau d'irrigation et son mode de fonctionnement, et pour déterminer l'efficacité globale, on doit prendre en considération les pertes d'eau dans le réseau e_1 et les pertes d'eau à la parcelle e_2 .

$$E = e_1 \times e_2 \dots \dots \dots (IV.1)$$

Avec :

- e_1 : pertes d'eau dans le réseau
- e_2 : perte d'eau à la parcelle

V.2.1.3: L'évaluation des besoins bruts :

Pour assurer les besoins nets, on doit prendre en considération l'efficacité globale de réseau d'irrigation. Et comme la luzerne est la plante la plus exigeante avec un besoin net maximal de 170 mm, on peut dire :

$$B_{Brut} = \frac{B_{net}}{E} = \frac{170}{0.75} = 227 \text{ mm}$$

Avec :

- B_{brut} : Les besoins bruts
- B_{net} : les besoins nets
- E : Efficacité globale. = 0.75

V.2.1.4: La fréquence d'irrigation :

La fréquence d'irrigation est le nombre d'arrosage par mois et elle est déterminée comme suite :

$$N = \frac{B_{brut}}{RFU} \dots \dots \dots (IV. 2)$$

Avec :

- B_{brut} : Les besoins bruts
- RFU : La réserve facilement utile de la luzerne
- N : la fréquence d'arrosage

A.N :

$$N = \frac{227}{156} = 1.45$$

On considère que la fréquence d'arrosage $N = 2$ arrosage / mois

V.2.1.5: L'espaceur d'arrosage :

Espaceur d'irrigation est la durée entre 2 irrigations consécutives

$$ess = \frac{\text{nombre de jour du mois}}{N} \dots \dots \dots (IV. 3)$$

Avec :

- Ess : espaceur d'arrosage
- N : la fréquence d'arrosage

A.N :

$$ess = \frac{28}{2} = 14 \text{ jours}$$

V.2.1.6: Calcul de débit à drainé :

La lame d'eau qui doit être évacuée est la différence entre les besoins bruts et les besoins nets dans une période donnée et elle est calculée comme suite :

$$Q_c = \frac{B_{brut} - B_{net}}{ess \times N} \dots \dots \dots (IV. 4)$$

Avec :

- B_{brut} : Les besoins brut
- B_{net} : Les besoins net
- Ess : espaceur d'arrosage
- N : la fréquence d'arrosage

AN :

$$Q_c = \frac{227 - 170}{14 \times 2} = 2.04 \text{ mm/j}$$

V.2.2: Le lessivage du sol :

Le lessivage est une opération qui consiste à ajouter des doses d'eau supplémentaire en dehors de la dose d'irrigation, afin de diminuer la salinité dans la zone exploitable par les racines.

La région d'Oum Drou est caractérisé par un climat semi-aride et des précipitations moins abondantes, donc il est indispensable de faire un lessivage d'entretien afin d'assurer un bon rendement.

V.2.2.1: Calcul des doses de lessivage :

Pour calculer la dose de lessivage, on doit d'abord savoir la conductivité électrique de l'eau d'irrigation et la conductivité électrique de la pâte saturée, et comme ce dernier est très difficile à obtenir, il est préférable d'utiliser la formule de Rhoods pour déduire le rapport de lessivage nécessaire (LR).

Le LR calculé par Rhoods représente les besoins de lessivage nécessaire pour lutter contre la salinité avec les méthodes ordinaires d'irrigation de surface.

$$LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{ees} - C_{eiw}} \dots \dots \dots (IV.5)$$

Avec :

- C_{eiw} : conductivité électrique d'eau d'irrigation
- C_{ees} : le volume de la table de tolérance qui provoque une chute de rendement de 10%

A.N :

$$LR = \frac{1.67}{5 \times 5 - 1.67} = 7.2 \%$$

V.2.2.2: Efficience de lessivage :

En pratique, l'hétérogénéité du sol fait que l'eau s'infiltre en partie très rapidement par des chemins préférentiels (racine, fissures...) sans avoir d'actions de lessivage. On est donc amené à considérer une efficience de lessivage (LE) qui a une relation directe avec la texture et la structure du sol.

- $Le = 30\%$ pour un sol fissurés
- $Le = 50\%$ à 60% pour un sol de texture moyenne

$Le = 90\%$ à 100% pour un sol sableux.

L'apport d'eau total à assurer pour satisfaire les besoins de lessivage est comme suit :

$$V = ETM \times \frac{LR/Le}{1 - LR/Le} \dots \dots \dots (IV. 6)$$

Avec :

- LR : Dose de lessivage
- ETM : évapotranspiration maximale
- Le : efficacité de drainage

En résumé le calcul de la dose de lessivage dans le tableau suivant :

Tableau V.1: Calcul des doses de lessivage

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Besoin total(mm)
Pois chiche				4.32	5.89	9.72	12.19	10.44					42.56
Fève				3.22	4.79	8.62	11.09	9.34					37.06
Luzerne		9.93	6.26	6.90	6.62	9.23	13.48	24	28.11	22.46			126.99
L'orge				2.59	2.21	4.86	6.42	20.88	26.7	19.25			82.88
Le Blé			3.58	6.04	6.26	9.23	13.48	20.88	22.48	14.44			96.39
Total		9.93	9.84	23.07	25.77	41.66	56.66	85.54	77.29	56.15			385.88

Pour calculer le débit à évacuer, on prend la dose la plus importante et d'après le tableau, il est clair que la luzerne est la plus exigeante avec une dose de 28.11 en mois de Mai.

$$q = \frac{V}{ess \times N} \dots \dots \dots (IV. 7)$$

Avec :

- Ess : espacement d'arrosage
- N : la fréquence d'arrosage

A.N :

$$q = \frac{28.11}{14 \times 2} = 1 \text{ mm/j}$$

V.2.3: La pluie :

L'évaluation des volumes d'eau à évacuer nécessite une définition du régime de la pluie, et parmi les régimes les plus courants, on peut citer :

- Le régime permanent
- Le régime variable

En effet, le régime permanent est caractérisé par des pluies d'une intensité moyenne dans des durées courtes. En revanche, le régime variable est caractérisé par des pluies d'une forte intensité mais laissant entre elles un temps assez lent.

Selon la pluviométrie de la région d'Oum Drou, on peut dire que la région est caractérisée par un régime permanent.

V.2.3.1: Débit caractéristique en régime permanent sans stockage :

V.2.3.1.1: La pluie critique :

C'est la pluie qui a un temps de récurrence égale à la durée de submersion.

La pluie critique est généralement déterminée par la formule de Montana qui dépend de la période de récurrence donnée. La fonction est de forme suivante :

$$I_p = a \times T^b \dots \dots \dots (IV. 8)$$

- a et b : paramètres de Montana à ajuster

V.2.3.1.2: Calcule des intensités pluviométriques

À l'aide d'une analyse statistique et des lois d'ajustement connus (Loi normale, loi de Gumbel et loi de Galton,.... etc.), des relations ont été établi et qui donnent les précipitations en fonction de leurs fréquences.

L'établissement des courbes IDF, est l'une des premières démarches dans les études hydrologiques, pour analyser les événements pluvieux dans une région, ou une zone étudiée, dont L'intensité des pluies est en fonction de la fréquence et la durée de pluie.

L'approche la plus répandue est la mise en œuvre de la relation entre l'intensité de la pluie (ou la hauteur de la pluie), la durée de la pluie et la fréquence, à savoir la période de retour dont il a été appliquée la relation de **Montanari** :

$$P_t = P_{j(max\%)} \times (t/24)^B \dots \dots \dots (IV. 9)$$

- **P_t** : pluie à l'instant t
- **P_{j(max %)}** : pluie journalière maximale de fréquence donnée .
- **B** : Exposant climatique, pour notre station = 0,30
- **t** : temps considéré.

La courbe d'intensité de la période de retour de 5 ans sera établie à la fin du calcul dans les tableaux qui suivent dont elle est régie par la formule suivante:

$$I_p = 6.85 \times T^{-0.7}$$

Avec : a = 6.85, b = -0.7

Tableau V.2:Les pluies journalières maximales ajustées à la loi de Gumbel pour des périodes de retour différentes

Période de retour FD		FND	Variable réduite	12*y	Pjmax (%)
2	0.5	0.5	0.3554	4.287	38.067
5	0.2	0.8	1.3888	17.889	51.668
10	0.1	0.9	2.150	27.0044	60.673
20	0.05	0.95	2.860	35.53	69.3112
25	0.04	0.96	3.087	38.271	72.0513
50	0.02	0.98	3.801	46.712	80.502
100	0.01	0.99	4.700	55.101	88.870
1000	0.001	0.999	6.806	82.776	116.556

Tableau V.3:les pluies pour une période de retour de 5 ans avec l'application de la formule de Montanari

T (min)	(t/24) t en h	(t/24)puiss B	Pt(mm)10ans
1	0.00069	0.11285	5.83
2	0.00139	0.13893	7.18
3	0.00208	0.15690	8.11
4	0.00278	0.17104	8.84
5	0.00347	0.18289	9.45
6	0.00417	0.19317	9.98
7	0.00486	0.20231	10.45
8	0.00556	0.21058	10.88
9	0.00625	0.21815	11.27
10	0.00694	0.22516	11.63
11	0.00764	0.23169	11.97
12	0.00833	0.23782	12.29
13	0.00903	0.24360	12.59
14	0.00972	0.24907	12.87
15	0.01042	0.25428	13.14
16	0.01111	0.25926	13.40
17	0.01181	0.26401	13.64
18	0.01250	0.26858	13.88
19	0.01319	0.27297	14.10
20	0.01389	0.27720	14.32
21	0.01458	0.28129	14.53
22	0.01528	0.28525	14.74
23	0.01597	0.28907	14.94
24	0.01667	0.29279	15.13
25	0.01736	0.29640	15.31
26	0.01806	0.29990	15.50
27	0.01875	0.30332	15.67
28	0.01944	0.30665	15.84
29	0.02014	0.30989	16.01
30	0.02083	0.31306	16.18
31	0.02153	0.31615	16.34
32	0.02222	0.31918	16.49
33	0.02292	0.32214	16.64
34	0.02361	0.32504	16.79
35	0.02431	0.32788	16.94
36	0.02500	0.33066	17.08
37	0.02569	0.33339	17.23
38	0.02639	0.33607	17.36

Les débits d'eau à évacuer

39	0.02708	0.33870	17.50
40	0.02778	0.34128	17.63
41	0.02847	0.34382	17.76
42	0.02917	0.34631	17.89
43	0.02986	0.34876	18.02
44	0.03056	0.35118	18.14
45	0.03125	0.35355	18.27
46	0.03194	0.35589	18.39
47	0.03264	0.35820	18.51
48	0.03333	0.36047	18.62
49	0.03403	0.36270	18.74
50	0.03472	0.36491	18.85
51	0.03542	0.36708	18.97
52	0.03611	0.36923	19.08
53	0.03681	0.37134	19.19
54	0.03750	0.37343	19.29
55	0.03819	0.37549	19.40
56	0.03889	0.37753	19.51
57	0.03958	0.37954	19.61
58	0.04028	0.38152	19.71
59	0.04097	0.38348	19.81
60	0.04167	0.38542	19.91

Tableau IV.4 : Intensité de pluie pour la période de retour de 10 ans

T (min)	It (mm/min) 10ans
1	5.831
2	3.589
3	2.702
4	2.209
5	1.890
6	1.663
7	1.493
8	1.360
9	1.252
10	1.163
11	1.088
12	1.024
13	0.968
14	0.919
15	0.876
16	0.837
17	0.802
18	0.771
19	0.742
20	0.716
21	0.692
22	0.670
23	0.649
24	0.630
25	0.613
26	0.596
27	0.580
28	0.566
29	0.552
30	0.539

T (min)	It (mm/min) 10ans
31	0.527
32	0.515
33	0.504
34	0.494
35	0.484
36	0.475
37	0.466
38	0.457
39	0.449
40	0.441
41	0.433
42	0.426
43	0.419
44	0.412
45	0.406
46	0.400
47	0.394
48	0.388
49	0.382
50	0.377
51	0.372
52	0.367
53	0.362
54	0.357
55	0.353
56	0.348
57	0.344
58	0.340
59	0.336
60	0.332

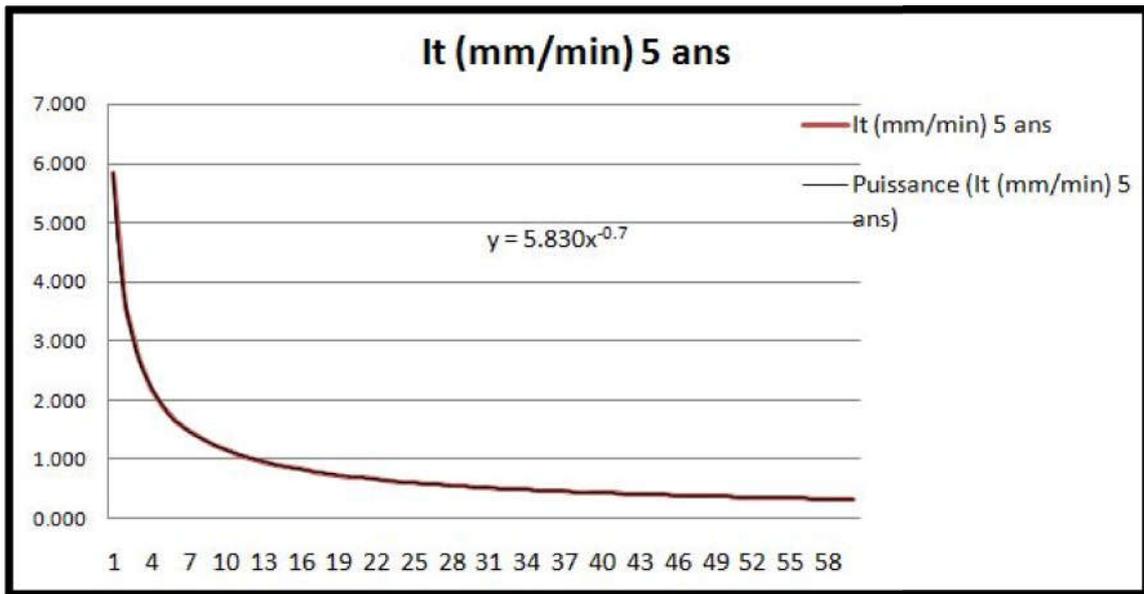


Figure V.1: Courbe IDF

La courbe d'intensité de la période de retour de 5 ans régie par la formule suivante:

$$I_p = 5.83 \times T^{-0.7} \dots \dots \dots (IV. 10)$$

Avec : a = 5.83, b = -0.7

Le calcul de débit caractéristique en régime permanent sans stockage se base sur la formule suivante :

$$q_c = 24 \times (1 - e) \times I_p \dots \dots \dots (IV. 11)$$

- e : coefficient d'évaporation tq e=0.3 pour le terrain labour cultivé
- I_p : la pluie critique pour t=25 min

A.N :

$$q_c = 24 \times (1 - 0.3) \times 0.613$$

$$q_c = 10.29 \text{ mm/j}$$

V.2.3.2: Débit caractéristique en régime permanent avec stockage :

La détermination de débit caractéristique en régime permanent avec stockage exige certains paramètres comme la pluie critique, l'évaporation, et le taux de stockage dans le sol.

V.2.3.2.1: Traitement des données pluviométrique:

L'objectif de ce traitement des données pluviométrique est de déterminer la pluie critique selon le moment de submersion et le type de végétation.

Tableau V.4:la pluviométrie de 1er trimestre

Année	Septembre					Octobre					Novembre				
	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j
1992	0	0	0	0	0	13	23	31	0	0	28.5	56	0	0	0
1993	35.2	51.2	63.2	75.2	0	18.6	14	0	0	0	25.7	43.8	56	0	0
1994	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0	8.63	14	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	10.5	18	21.1	0	0	10.5	0	0	0	0
1996	27.6	42.8	55.2	0	0	23.3	32.5	0	0	0	32	49	66.4	0	76.6
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	131.1	156.8	194.6	8.8	216.8	12.8	20.8	0	0	0
1999	8.5	10.9	0	0	0	5.5	7.6	0	0	0	38	0	0	0	0
2000	14.8	14.5	0	0	0	24.8	37	0	0	0	44.5	85.1	124.3	0	0
2001	4.6	0	0	0	0	3.5	0	0	0	0	10	0	0	0	0
2002	22.8	29	47.9	50.3	0	2.4	4	0	0	0	18.7	5.8	10	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.8	8.4	0	0	0
2004	20.6	38.9	0	0	0	12.5	31	0	0	0	22.6	56.8	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	27.6	46.4	51.8	0	0	22.2	0	0	0	0
2006	0.8	0	0	0	0	35	0	0	0	0	35.6	49.8	62.6	67	78
2007	15.6	23.6	0	0	0	19	25.5	0	0	0	16.6	8.6	0	0	0
2008	46.8	50.8	0	0	0	16.8	8.7	0	0	0	15.6	27	22	28.9	0
2009	13.3	22	31.3	0	0	10.6	0	0	0	0	10.6	15	18.4	19.6	0
2010	2.4	3.6	0	0	0	15.4	23.8	0	0	0	45	0	0	0	0
2011	9.4	12.6	0	0	0	4.4	7.6	0	0	0	27.6	47.7	50.1	0	0
2012	6.4	8.9	10.1	0	0	22.6	36.2	39.2	0	0	20.4	32	40.6	47.2	51.8
2013	1.5	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	23.8	40	54.1	41.6	0
2014	7.7	10.1	0	0	0	17.9	0	0	0	0	21.2	38.5	53.1	61.7	0
2015	18.5	0	0	0	0	4.2	7.8	0	0	0	25.6	39.3	0	0	0
2016	5.6	8.1	0	0	0	16	12.9	0	0	0	8.8	15.3	17.6	22.4	78
2017	3.4	4.6	0	0	0	3.6	5.3	6.4	0	0	11	17.9	24.6	27.4	0
2018	3.2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	20.1	34.3	38.1	41.7	45.1
2019	0	0	0	0	0	2.2	3.7	0	0	0	10.9	28.3	35.9	0	0

Les débits d'eau à évacuer

Tableau V.5:la pluviométrie de 2er trimestre

Année	Décembre					Janvier					Février				
	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j
1992	13	25	31	0	0	16	24	27.1	0	0	18.7	36.7	55.1	63.6	92.6
1993	24	41	46.8	54.8	0	45.5	77.5	89.7	96.7	0	15.3	0	0	0	0
1994	52	92	109	60.3	65.9	12.4	20.4	0	0	0	21.9	36.4	0	0	0
1995	16	19.6	0	0	0	22.8	39.8	37.1	46	56.3	17.5	24.8	29.6	0	0
1996	32	38.2	41	72.4	0	0	0	0	0	0	17	21.7	0	0	0
1997	20	37	53	63	72	30	53	82	105	126	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	3	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	20.7	28.8	32	0	0	40.4	68.9	72.8	0	0
2000	34	52	67	132.5	0	50.9	69.1	87.1	74	90	10.1	14.9	8	87.4	98.6
2001	17	31	0	0	0	22.8	25.6	0	0	0	20.8	41.4	0	0	0
2002	21	41	53	55.8	66.8	18.6	29.4	37.6	0	0	5.6	7	0	0	0
2003	23	12.5	0	0	0	18.2	28.6	40.8	51.2	58	0	0	0	0	0
2004	30	51	0	0	0	32.4	47.2	58.2	0	0	27.6	22.4	57	61.5	0
2005	0	0	0	0	144.1	41.4	70.5	100.9	122.3	0	23.4	46.7	48.3	74.7	81.9
2006	33	62	90	115	129	22.8	32	0	0	0	22.2	34.6	37	0	0
2007	7.4	7	0	0	0	56.5	106.5	15.3	0	0	0	0	0	0	0
2008	36	47	72	92	100.9	33.6	55.6	69.6	83.4	88	25.8	23.8	0	0	0
2009	4.6	6.8	0	0	0	11.7	15	16.6	0	0	23.1	39.9	51.1	61.5	70
2010	2.8	4.2	0	0	0	14.6	29	0	0	0	20.2	35.6	42.8	0	42.8
2011	15	26	26.3	0	0	2.4	0	0	0	0	16.4	24.8	29.3	30.4	34.6
2012	14	18.14	21	22.5	23.7	25	39.4	53.6	56	0	30.4	40.8	54.9	60.5	45.7
2013	25	49	73	92	112	4	7.8	9.2	0	0	0	0	0	0	0
2014	15.2	10.3	12.7	0	0	44.6	63.4	64.6	0	0	16.4	26	29.2	0	0
2015	16	20.2	26.9	30.5	0	12.8	17.7	19.5	20.9	0	4.2	7.9	0	0	0
2016	20	35	29.8	34.3	129	20.1	36.2	40.8	31.3	0	17	32.6	34	37.4	0
2017	15	19.4	31.4	36.2	43	10.4	18.8	0	0	0	8.8	12.4	19.8	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.5	37.5	44.3	50.9	33.2
2019	11.8	20.4	22.8	26.4	0	13.2	20.1	25.6	32.3	36.5	22.3	36.9	44.5	48.1	0

Les débits d'eau à évacuer

Tableau V.6:la pluviométrie de 3eme trimestre

Année	Mars					Avril					Mai				
	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j
1992	83	110	0	0	0	13	21.5	0	0	0	15	0	0	0	0
1993	36	52	53.7	0	0	25	34	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	22	14	0	0	0	16	0	0	0	0	12	25	0	0	0
1995	8.7	0	0	0	0	6.1	9.8	12.1	0	0	24	36	48	0	0
1996	15	24	26	0	0	6	7.7	9.3	19.8	11.8	4.2	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	18	19	0	0	0	25	44	51	0	0
1998	57	100	124	167	196	2.4	0	0	0	0	45	69	72	23.1	0
1999	0	0	0	0	0	32	40.2	47.2	0	0	0	0	0	0	0
2000	10	18.1	18.1	0	0	6.4	11.4	12.6	0	0	3.1	4.5	45	0	0
2001	35	46	0	0	0	35	68	99	0	0	22	41	0	0	0
2002	38	71	86	0	0	24	43	57	81	99	15	23.2	0	0	0
2003	19	21.4	0	0	0	35	51	63	73	81.4	32	48	57.2	0	0
2004	32	44	57	61.5	0	19	0	0	0	0	24	24.4	0	0	0
2005	23	38	52	65	73.6	27	35.2	42.6	0	0	16	31	47	55.2	0
2006	10	0	0	0	0	9.3	17	21.8	24.2	25.2	16	17.2	0	0	0
2007	9.4	16.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	39	14.6	0	0	0	4.7	8.3	6	0	0	2.4	0	0	0	0
2009	24	33.2	39.4	43.8	48	47	93	125	154	160.4	13	21	23.2	0	0
2010	10	0	0	0	0	20	16.2	0	0	0	17	20.4	0	0	0
2011	18	30	38.6	0	0	22	33	38.2	0	0	26	47	0	0	0
2012	23	27.2	11.4	0	0	6.2	10.6	0	0	0	2.2	0	0	0	0
2013	5	9.2	9.9	0	0	3.6	0	0	0	0	6.4	10.6	0	0	0
2014	1.2	0	0	0	0	26	24.2	9.2	11	0	9.6	14.4	16.8	0	0
2015	14	20.2	31.2	36.1	38.9	2.6	4.4	0	0	0	2.4	4.2	5.5	6.5	0
2016	8.4	5.2	0	0	0	6.8	12.6	14.4	0	25.2	12	0	0	0	0
2017	19	31	0	0	0	18	26.2	29.8	0	0	24	44	57	65.6	72.3
2018	12	18.8	15.9	19.5	0	3.1	5.5	0	0	0	1.8	2.9	0	0	0
2019	12.2	20.5	27.2	0	0	3.4	6	7.1	9.5	0	6.8	9	11.8	0	0

Les débits d'eau à évacuer

Tableau V.7: Les valeurs maximales de la pluviométrie

Année	Trimestre 1					Trimestre 2					Trimestre 3				
	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j	1j	2j	3j	4j	5j
1992	28.5	56	31	0	0	18.7	36.7	55.1	63.6	92.6	83	110	0	0	0
1993	35.2	51.2	63.2	75.2	0	45.5	77.5	89.7	96.7	92.6	36	52	53.7	0	0
1994	8.63	14	0	0	0	52	92	109	60.3	65.9	22	25	0	0	0
1995	10.5	18	21.1	0	0	22.8	39.8	37.1	46	65.9	24	36	48	0	0
1996	32	49	66.4	0	76.6	32	38.2	41	72.4	56.3	15	24	26	19.8	11.8
1997	0	0	0	0	0	30	53	82	105	126	25	44	51	0	0
1998	131.1	156.8	194.6	8.8	216.8	2.6	3	0	0	126	57	100	124	167	196
1999	38	10.9	0	0	0	40.4	68.9	72.8	0	0	32	40.2	47.2	0	0
2000	44.5	85.1	124.3	0	0	50.9	69.1	87.1	132.5	98.6	10	18.1	45	0	0
2001	10	0	0	0	0	22.8	41.4	0	0	98.6	35	68	99	0	0
2002	22.8	29	47.9	50.3	0	21	41	53	55.8	66.8	38	71	86	81	99
2003	29.8	8.4	0	0	0	23	28.6	40.8	51.2	66.8	35	51	63	73	81.4
2004	22.6	56.8	0	0	0	32.4	51	58.2	61.5	58	32	44	57	61.5	0
2005	27.6	46.4	51.8	0	0	41.4	70.5	100.9	122.3	144.1	27	38	52	65	73.6
2006	35.6	49.8	62.6	67	78	33	62	90	115	144.1	16	17.2	21.8	24.2	25.2
2007	19	25.5	0	0	0	56.5	106.5	15.3	0	129	9.4	16.6	0	0	0
2008	46.8	50.8	22	28.9	0	36	55.6	72	92	100.9	39	14.6	6	0	0
2009	13.3	22	31.3	19.6	0	23.1	39.9	51.1	61.5	100.9	47	93	125	154	160.4
2010	45	23.8	0	0	0	20.2	35.6	42.8	0	70	20	20.4	0	0	0
2011	27.6	47.7	50.1	0	0	16.4	26	29.3	30.4	42.8	26	47	38.6	0	0
2012	22.6	36.2	40.6	47.2	51.8	30.4	40.8	54.9	60.5	45.7	23	27.2	11.4	0	0
2013	23.8	40	54.1	41.6	0	25	49	73	92	112	6.4	10.6	9.9	0	0
2014	21.2	38.5	53.1	61.7	0	44.6	63.4	64.6	0	112	26	24.2	16.8	11	0
2015	25.6	39.3	0	0	0	16	20.2	26.9	30.5	0	14	20.2	31.2	36.1	38.9
2016	16	15.3	17.6	22.4	78	20.1	36.2	40.8	37.4	129	12	12.6	14.4	0	25.2
2017	11	17.9	24.6	27.4	0	15	19.4	31.4	36.2	129	24	44	57	65.6	72.3
2018	20.1	34.3	38.1	41.7	45.1	21.5	37.5	44.3	50.9	43	12	18.8	15.9	19.5	0

V.2.3.3: Détermination de la pluie critique :

Après l'insertion des données dans le logiciel Hyfran, on aura les valeurs des pluies critiques qui correspondent à une période de retour de 2 ans, 5 ans et 10 ans et ses valeurs peuvent être traduites sous une courbe HDF pour faciliter l'interprétation de ces résultats.

Tableau V.8:Les pluies critiques de 1er semestre

	1j	2j	3j	4j	5j
2 ans	24	32.5	29.8	40.6	50.1
5 ans	44.7	59.4	54.2	71.4	86.3
10 ans	58.4	80.1	85.6	101.8	120.4

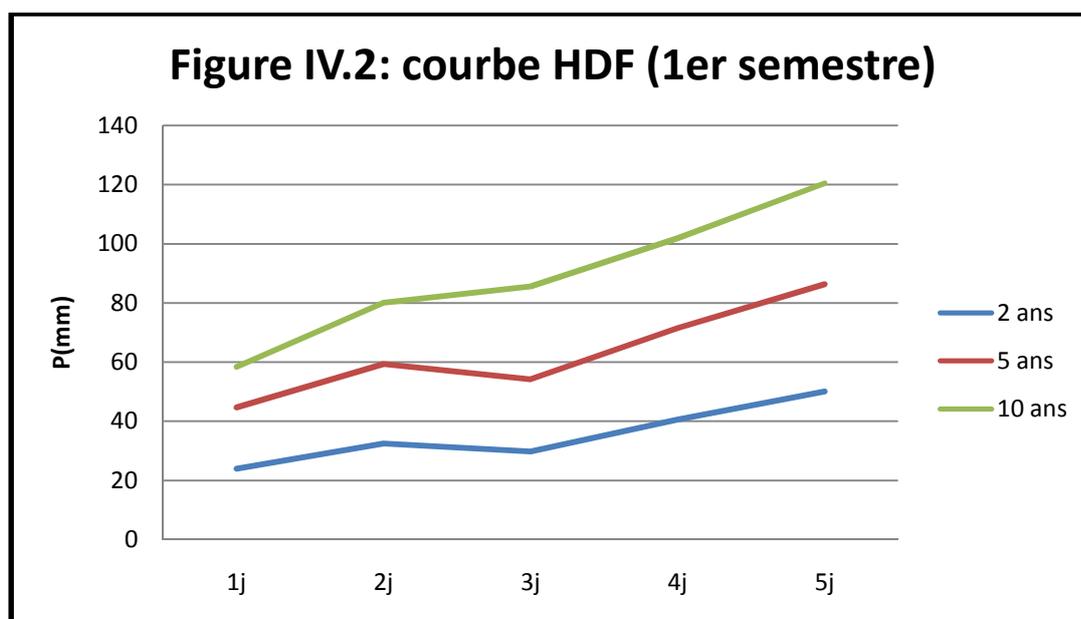


Tableau V.9:Les pluies critiques de 2er semestre

	1j	2j	3j	4j	5j
2 ans	27.2	44.5	49.8	47.9	78.5
5 ans	40.3	67	80.5	87.8	96.2
10 ans	48.9	81.9	101	114	120

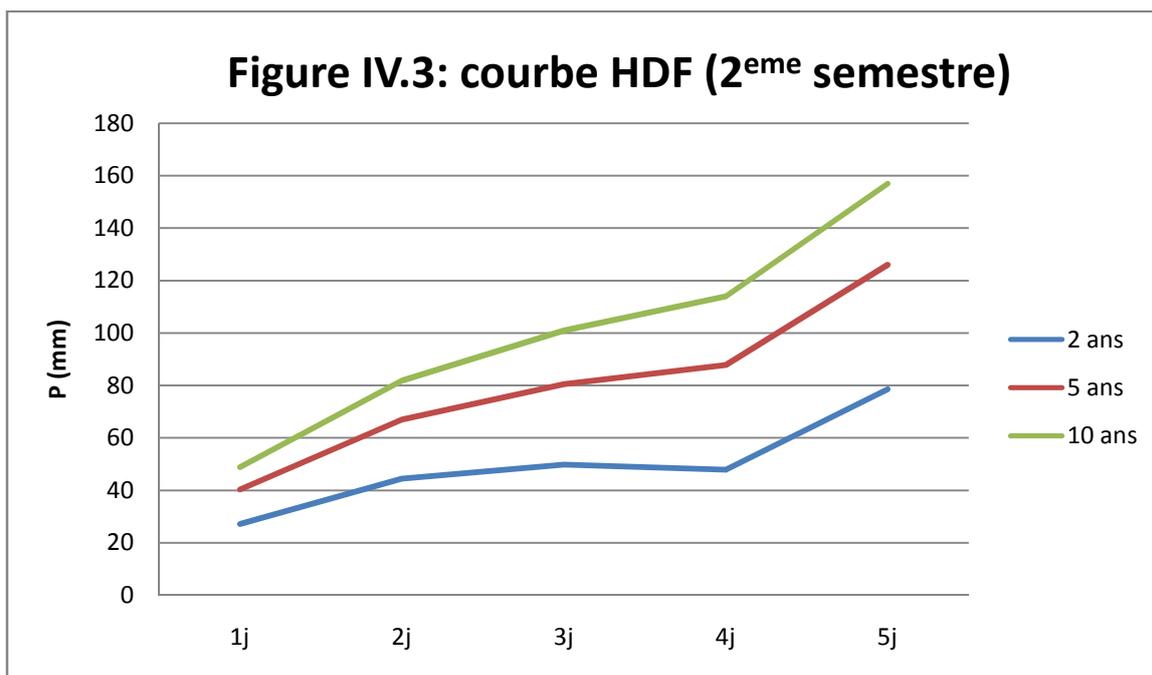
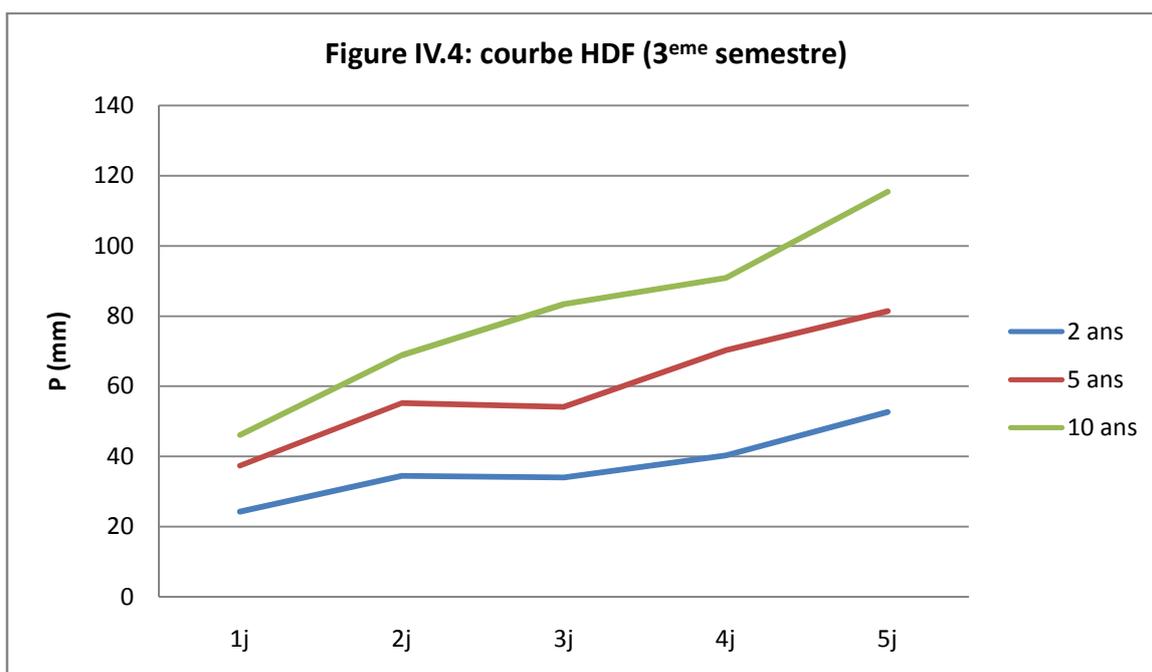


Tableau V.10: Les pluies critiques de 3er semestre

	1j	2j	3j	4j	5j
2 ans	24.3	34.5	34	40.3	52.7
5 ans	37.4	55.2	54.1	70.2	81.4
10 ans	46.1	68.8	83.4	90.8	115.4



Interprétation :

L'interprétation des résultats obtenus nous mène à tirer la pluie critique la plus adaptée pour le dimensionnement de réseau de drainage et qui correspondent à une pluie de 80.5 mm car les cultures que j'ai choisies sont des maraichères et des céréales et leur moment de submersion sont 2 jours et 3 jours respectivement.

V.2.3.4: Le Calcul de débit à évacué selon le régime permanent avec stockage

Selon le **Tableau III.2** de chapitre 3, l'évaporation moyenne mesurée égale à 6.45 mm et

Dans ce cas la on peut calculer le débit à drainé par la formule suivante :

$$Q_{cr} = \frac{P - E - S}{\theta} \dots \dots \dots (IV. 12)$$

- E : évaporation mesurée.
- S : stockage dans le sol dû à la remontée de la nappe.

A.N :

$$Q_{cr} = \frac{80.5 - 6.45 + 0.21}{3} = 24.6 \text{ mm/j}$$

V.3: Conclusion :

- ❖ Le réseau de drainage a pour but d'évacuer les eaux en excès qui provient de la pluie ou de lessivage ou du réseau d'irrigation.
- ❖ Selon les calculs, il est préférable d'utiliser le débit maximal qui correspond à la pluie du régime permanent avec stockage avec une lame de 24.6 mm/j

Chapitre VI:
Le dimensionnement du
réseau de drainage

VI.1: Introduction :

Pour dimensionner un réseau de drainage, il faut prendre en considération plusieurs critères :

- La profondeur des drains
- L'écartement entre les drains
- La pente des drains
- Les diamètres des drains
- La longueur des drains

VI.2: La Profondeur des drains

Le choix de la profondeur des drains souhaité est celui qui nous satisfait pour le moindre coût aux critères relatifs à la maîtrise du plan phréatique, et la tendance actuelle serait plutôt à accroître la profondeur du placement afin de réaliser des systèmes plus économiques. En périmètre irrigué, les profondeurs recommandées seront plus grandes à cause des risques de salinisation.

Tableau VI.1: Les recommandations moyennes préconisées par le FAO (1979)

Culture	Sols fins perméables		Sols moyens		Sols grossiers	
	Régime permanent	Régime variable	Régime permanent	Régime variable	Régime permanent	Régime variable
Culture en plain champ	1.2	0.9	1.4	1.2	1	0.9
Maraichage	1.1	0.9	1.3	1.1	1	0.9
Vergers	1.6	1.4	1.6	1.4	1.2	1.1

Source : FAO (1979)

Pour notre cas, la zone d'étude est caractérisée par un sol moyen (limoneux-argileux), un régime pluviométrique permanent et des cultures en plein champ. Dans ce cas-là, La Profondeur des drains la plus optimale est **1.4 m**.

VI.3: Écartement entre les drains :

Dans le drainage souterrain, l'écartement optimal entre les drains parallèles est très important pour bien maîtriser la salinité du sol dans la zone racinaire et pour bien contrôler le niveau piézométrique de la nappe.

Le calcul de l'écartement se base sur des formules empiriques comme :

- L'équation de HOOGHOUDT
- L'équation de GLOVER-DUMM

VI.3.1:L'équation de GLOVER-DUMM

Dans le cas d'un régime variable (ou transitoire), le débit n'est pas constant, mais varie avec le temps. Le changement du stockage reflète une augmentation ou une diminution de la nappe phréatique.

$$E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{\mu} \left[\ln \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1} \dots \dots \dots (V.1)$$

Avec :

- t : temps en jour
- H_0 : niveau initial de la nappe au tps $t=t_0$
- H_t : niveau de la nappe au tps $t=t$
- α : facteur de réaction de la nappe j-1
- μ : porosité de drainage m^3/m^3
- E : écartement entre les drains
- D : hauteur équivalente du substratum imperméable
- K : conductivité

VI.3.2: L'équation de HOOGHOUT :

Cette équation, qui a été déterminée par HOOGHOUT en 1936, est également connue comme l'équation de Donnan (Donnan, 1946).

L'équation de HOOGHOUT s'adapte mieux dans les régions où le régime pluviométrique est permanent.

$$E^2 = \frac{8 K_b d (D_d - D_w)}{q_c} + \frac{4 K_a (D_d - D_w)^2}{q_c} \dots \dots \dots (V. 2)$$

Avec :

- q_c = taux de décharge du drainage à l'état d'équilibre (m / jour)
- K_a = conductivité hydraulique du sol au-dessus du niveau du drain (m / jour)
- K_b = conductivité hydraulique du sol en dessous du niveau du drain (m / jour)
- D_i = profondeur de la couche imperméable sous le niveau du drain (m)
- D_d = profondeur des drains (m)
- D_w = profondeur à l'état d'équilibre de la nappe phréatique à mi-chemin entre les drains (m)
- E = espacement entre les drains (m)
- d = profondeur équivalente, fonction de L , $(D_i - D_d)$ et r

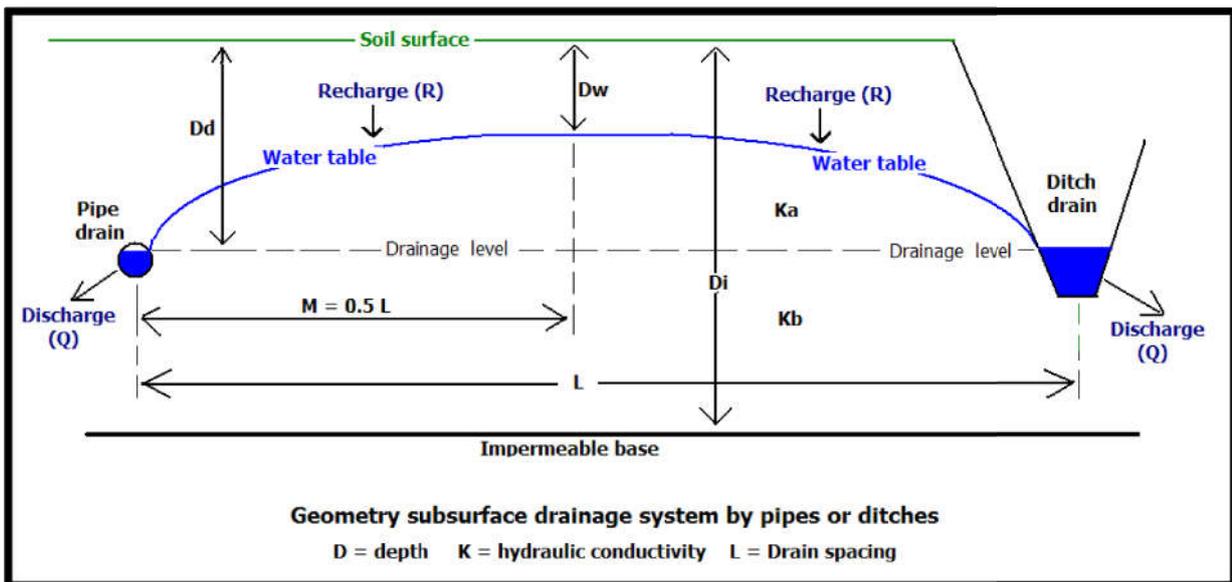


Figure VI.1: Paramètres dans l'équation de drainage de Hooghoudt

- **Application numérique :**

La région d'Oum Drou est caractérisée par une pluviométrie d'un régime permanent dont il est préférable d'utiliser l'équation de Hooghoudt

$$q_c = 24.6 \text{ mm/j} \qquad D_i > 60 \text{ m}$$

$$K_a = K_b = 0.74 \text{ m/j} \qquad D_d = 1.4 \text{ m}$$

$$D_w = 0.6$$

Et à l'aide du tableau des profondeurs équivalente (**Annexe 4**), on peut exécuter les itérations de l'équation de Hooghoudt :

$$E^2 = 187.32 d + 24.98$$

- Itération 1 : $d = 0.7 \text{ m} \longrightarrow E = 12.49 \text{ m}$
- Itération 2 : $d = 0.95 \text{ m} \longrightarrow E = 14.25 \text{ m}$
- Itération 3 : $d = 1.15 \text{ m} \longrightarrow E = 15.5 \text{ m}$
- Itération 4 : $d = 1.55 \text{ m} \longrightarrow E = 17.76 \text{ m}$
- Itération 5 : $d = 1.9 \text{ m} \longrightarrow E = 19.52 \text{ m}$
- Itération 6 : $d = 2 \text{ m} \longrightarrow E = 19.85 \text{ m}$

Après les itérations, on peut dire que l'espacement optimal entre les drains est **20 m**

VI.4: La pente des drains :

À partir de la topographie et le relief de la zone d'étude, on peut simplement tirer la pente moyenne qui est de 0.35% vers l'est (**Chapitre 1**). Et dans ce cas-là, les drains auront forcément une pente moyenne de **I = 0.35 %**

VI.5: La Longueur des drains :

Les longueurs des drains peuvent être déterminées à partir des dimensions de parcelle, et selon le plan de situation, on peut dire que la longueur moyenne des drains est **350 m**.

VI.6: Débit à évacuer :

Le dimensionnement d'un drain exige d'avoir le débit ou la lame d'eau à drainé

$$Q = q_c \times L \times l$$

Avec :

- q_c : le débit spécifique
- L : La Longueur moyenne des drains
- l : Ecartement entre les drains

AN :

$$Q = 24.6 \times 10^{-3} \times 350 \times 20$$

$$Q = 172.2 \text{ m}^3/j$$

On prend par mesure de sécurité 50% facteur de correction dans le cas de sédimentation

$$Q' = \frac{Q}{0.5} = 344.4 \text{ m}^3/j = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

VI.7: Diamètre des drains :

Le diamètre des drains a une relation directe avec le type de drain (lisse ou annelé), le type d'écoulement (uniforme ou non uniforme), la pente et le débit.

Comme l'écoulement est généralement non uniforme et le type des drains sont annelés donc la formule sera comme suite :

$$Q = 38 \times d^{2.67} \times I^{0.5} \dots \dots \dots (V. 3)$$

AN :

$$d = \sqrt[2.67]{\frac{4 \times 10^{-3}}{38 \times 0.35^{0.5}}}$$

$$d = 93mm$$

- **La Normalisation :**

Le marché Algérien contient plusieurs diamètres normalisés (110 mm, 125 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm, 400 mm) et comme le diamètre calculé est 93 mm, les drains de **110 mm** sont les plus adéquates.

VI.8: L'installation des drains :

L'installation des drains exige une certaine procédure :

- Creuser une tranchée de 20 cm de largeur et 1.5 m de profondeur
- Poser un lit de sable d'une épaisseur de 4 cm
- Poser la gaine (le drain)
- Remplir la tranchée par le gravier

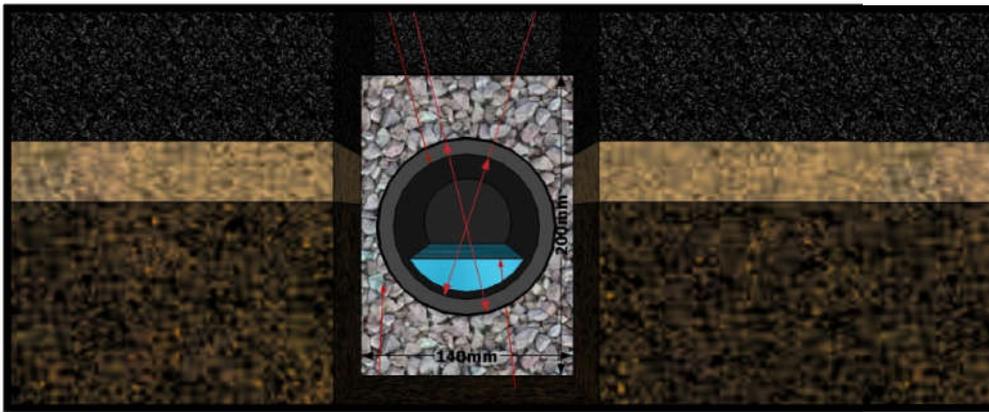


Figure VI.2:une coupe descriptive d'un drain

VI.9: Conclusion :

Les caractéristiques du périmètre et le type de culture nous mène à dimensionner un réseau de drainage avec les critères suivants :

- Profondeur du placement des drains de 1.4 m
- Ecartement entre les drains de 20 m
- Pente des drains de 0.35%
- Diamètres des drains de 100 mm PVC
- Une longueur moyenne de 350 m

Chapitre VII:
L'entretien du système de
drainage et l'estimation des
devis

VII.1: Entretien et pérennité des systèmes de drainage :

L'entretien des réseaux de drainage ne reçoit pas toute l'attention qu'il mérite. Pour une raison simple ; le drainage est perçu comme moins crucial que l'irrigation, les eaux de drainage comme des pertes pour le système. Ces eaux sont généralement de piètre qualité car, à la suite de leur passage dans le sol, elles se sont enrichies en sels, en nutriments et en éléments minéraux ou organiques à l'état de traces. Deux autres aspects conduisent à négliger l'entretien : L'influence de l'entretien du réseau sur les performances du système n'est pas immédiatement perceptible ; Les gestionnaires du périmètre trouvent plus facilement des crédits pour réaliser des équipements que pour les entretenir.

VII.2: Causes de non fonctionnement du drainage :

Il y a plusieurs causes possibles qui peuvent réduire ou bloquer le fonctionnement du système de drainage : obstructions ayant pour origine des malfaçons d'exécution dès l'étude ou à l'exécution des travaux, ou des causes naturelles.

VII.2.1: Obstructions d'origine technique :

VII.2.1.1: Insuffisance de la section des drains :

Même si un projet de drainage a été bien étudié et les sections des drains et collecteurs calculées suivant les règles et normes, les calculs sont théoriques et soumis aux conditions naturelles très variées. Par conséquent, les résultats d'étude ne sont qu'une base d'orientation en ce qui concerne la définition des paramètres du projet, à savoir diamètre, profondeur et écartement du drainage. Seule l'expérience pratique peut déterminer la solution la plus adaptée. Pour cette raison, il est fortement recommandé de réaliser parallèlement à la préparation du dessin des projets pilotes ou champs de test pour simuler la réalité avec divers systèmes de drainage et des filtres sous conditions d'irrigation appliquées.

VII.2.1.2: Insuffisance de la pente des drains :

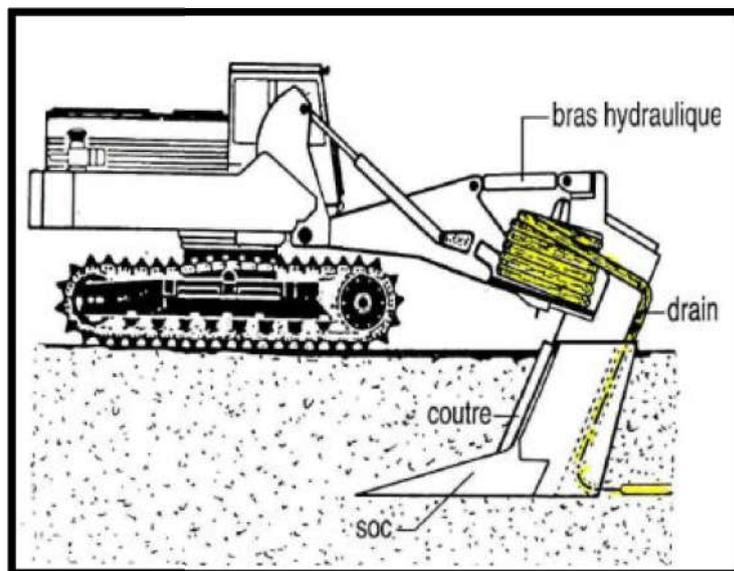


Figure VII.1:Schéma d'une draineuse à outil taupe

Dans le cas où la pente est insuffisante, la vitesse de l'eau sera inférieure à la vitesse minimale admissible, ce qui peut entraîner la formation de dépôts de sable ou d'argile. Cela ne doit pas se produire si le paramètre de drainage a été correctement étudié et le travail convenablement exécuté. L'irrégularité de la pente d'exécution des travaux peut avoir deux origines, la machine de drainage et l'opérateur. La machine porte déjà des erreurs dans sa configuration qui doit être équilibrée en considération de l'installation du guidage laser et de l'hydraulique de la machine. Cela doit être fait dès la réception de la machine en usine par un spécialiste. Une fois arrivée sur le site du projet, la draineuse (excavatrice ou draineuse à outil taupe), doit être améliorée et adaptée aux conditions locales. Des tests conduits par des experts doivent adapter par expérimentation les outils et le système de guidage aux conditions du sol et du climat. Les erreurs humaines sont les plus fréquentes dans la qualité des travaux, notamment avec un guidage par nivelettes ou commande radio. Même l'utilisation du guidage laser ne peut résoudre le problème automatiquement. La vitesse de travail de la draineuse est souvent source d'erreurs de pose. Spécialement la vitesse de travail de la draineuse à outil taupe peut être tellement élevée que la longue fréquence du laser rotatif peut dévier la machine.

VII.2.1.3: Mauvaise qualité des tuyaux :

Aujourd'hui presque tous les projets de drainage sont construits en tuyau en polyéthylène (PE) ou polyvinylchloride (PVC). On peut donc éliminer les problèmes qui peuvent se poser par l'utilisation de tuyaux de poterie ou en béton de mauvaise qualité (sable/ciment), souvent fabriqués sur le chantier. Les tuyaux en PE ou PVC sont généralement de bonne qualité mais le matériau PVC est sensible aux rayons ultraviolets. Le matériau perd sa stabilité s'il est exposé longtemps sans protection. En outre, le matériau est sensible aux grandes chaleurs et se déforme à partir d'une température d'environ 80°C.

VII.2.1.4: Défectuosités pendant l'exécution des travaux :

L'endommagement du système peut ressortir des casses de tuyaux pendant la construction (par exemple pendant le remblaiement), la rupture des connexions des tuyaux ou le raccordement drain/collecteur, par exemple par un tirage trop fort de la machine.

VII.2.2: Obstructions d'origine naturelle :

VII.2.2.1: Pénétration dans les drains de petites animaux

Le colmatage de drains par les animaux peut être éliminé par l'utilisation de pièces spéciales de sortie en matériel rigide, avec une grille à la bouche.

VII.2.2.2: dépôts de matières minérales :

L'ensablement ou l'envasement est très souvent observé dans les sols de faible stabilité (par exemple sols sableux ou argileux), notamment si l'exécution des travaux de drainage a été réalisée dans les sols saturés d'eau. L'ensablement ou l'envasement se produit généralement immédiatement après la pose du tuyau, pour continuer d'une façon atténuée, Si les conditions sont favorables à l'envasement, le drain doit être protégé par un filtre ou un matelas de couverture. Une protection complète du tuyau par un filtre est notamment nécessaire dans les sols sableux.

Les collecteurs ne sont normalement pas destinés à drainer l'eau mais à collecter l'eau des drains et à transporter celle-ci au système de décharge. Pour ces raisons les drains non perforés sont recommandés comme collecteurs, Toutes les connexions, boîtes de jonction, regards d'inspection sont des sources potentielles d'ensablement ou d'envasement Afin de prévenir au maximum ces dangers, le raccord doit être étanché soigneusement.

Quand il y a un risque d'ensablement ou d'envasement dans le collecteur un dessableur est recommandé dans la boîte de jonction ou le regard d'inspection.

VII.2.2.3: Colmatage par dépôts à réaction chimique :

Le fer, le fer-sulfure, et le manganèse sont normalement responsables de cet effet.

Quand le Fe⁺⁺ situé dans le sol entre dans le drain, il réagit avec l'oxygène à Fe⁺⁺⁺, ce qui produit ce dépôt. Souvent le problème s'arrête après quelques années d'opération dans le cas extrême, par contre Les mesures préventives sont difficiles. Il existe un moyen qui consiste à réduire l'aération du système par une pièce spéciale à la sortie du drain.



Figure VII.2:Le colmatage des drains

VII.3: Devis quantitative et estimative

	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
1	Déblais de tranché	m ³	52500	200	10 500 000.0
2	Lit de sable	m ³	1400	1200	1 680 000.0
3	Les drains	ml	31000	1000	31 000 000.0
4	Le remblayage	m ³	47340	200	9 468 000.0
				Total	52 648 000.0
				TVA 19%	10 003 120.0
				Total TTC	62 651 120.0

VII.4: Conclusion :

Des inspections régulières des réseaux de drainage enterrés sont nécessaires, tout particulièrement aux points névralgiques que sont les bouches de décharges. Les regards doivent également être visités : ils sont généralement placés en des points importants du réseau comme les jonctions ou les changements de diamètre des tuyaux. Au besoin, des nettoyages sous pression des drains enterrés peuvent être réalisés. Cette pratique ne devrait toutefois pas être systématique car elle présente le risque de déstabiliser le sol au voisinage du tuyau.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude climatologique et les type de cultures implantées au niveau du périmètre d'Oum Drou et l'étude pédologique nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Le sol est de texture fine et salin.
- ❖ La qualité de l'eau d'irrigation est médiocre avec une salinité de 4 mmohs/cm.
- ❖ La perméabilité du sol est assez faible.
- ❖ Le niveau piézométrique est peut élever.
- ❖ Une topographie plane.

On tire donc de toutes ses caractéristiques, que le drainage enterré comme nous l'avons calculé, est plus économique et ce qui est à craindre c'est le colmatage interne et externe des drains.

Le but est de canaliser les eaux de ruissellement et ceux qui ne peuvent s'infiltrer dans le sol vers des rigoles ou collecteurs qui achemineront l'eau vers l'exutoire naturel qui est dans notre cas l'oued.

L'expérimentation est une étude technico-économique pourront confirmer ou infirmer nos conclusions.

Références bibliographiques

- 1 - **Cabinet Rollin** - Etude du réaménagement et de l'extension du périmètre du moyen CHELIFF-Otobre 1985.
- 2 - **Y.ELMEDDAHI** – Contribution à l'étude hydrogéologique des réservoirs aquifères du bassin du Moyen Cheliff – (2008-2009).
- 3 – **A. Mermoud** – Maitrise de la salinité des sols – Janvier 2006.
- 4 – **Lambert K. Smedema** – Land drainage – 1983.
- 5 – **Poirée et Ollier** – Drainage et assainissement agricole.
- 6 - **Raymond Bernier** – Ce que vous devez savoir sur le drainage agricole.
- 7 - **T. Hartani** – Le drainage agricole – ENASA, 1997
- 8 - **I. Sabri** – نظام الري والصرف – (2009 – 2010)

Les Annexes

Annexe 1

LEGENDE

ZONE	LOCALISATION	Sup. (ha)	APTITUDES	CARACTÉRISTIQUES	FACTEURS LIMITANTS	PROPOSITIONS DE MISE EN VALEUR	ORIENTATIONS
1 = Alluvions récentes profondes, non salées, de texture équilibrée.	Le long des principaux Oueds Zones d'épandage colluvio-alluviales de la plaine des MEDJADJAS.	4500	Toutes cultures adaptées aux conditions climatiques	Texture limono-argileuse à argilo-limoneuse ; plus grossière dans les zones d'épandage, éventuellement quelques traces d'hydromorphie ou salinité en profondeur. Bonne perméabilité. C.E. < 2 mmhos/cm en surface.	Risque d'inondation dans la plaine de Bir-Saf-Saf exclusivement		Toutes cultures irriguées (après contrôle des crues dans la plaine de Bir-Saf-Saf.)
2 = Alluvions récentes de texture fine, légèrement salées et/ou tirsifiées.	Zones représentées sur l'ensemble du périmètre, mais surtout dans la plaine d'Ech Chleff, (à l'exclusion de la plaine des MEDJADJAS).	7800	Toutes cultures adaptées aux conditions climatiques si on dispose de la maîtrise des eaux.	C.E. < 4 mmhos/cm. Texture argilo-limoneuse. En rive gauche de la plaine d'Ech Chleff le caractère salin est net en profondeur, en rive droite s'y ajoute le caractère vertique. Ces sols présentent souvent des horizons drainant au-delà d'un mètre.	Sols lourds à travailler risque d'accumulation d'eau en surface, mais drainage interne satisfaisant.	Assainissement drainage. Amélioration de la structure (amendements organiques, façons culturales).	Toutes cultures, avec maîtrise des eaux de surface. L'agrumiculture est recommandée en rive gauche du Chleff. (Sols moins lourds).
3 = Alluvions récentes et anciennes fortement tirsifiées.	Disséminées dans tout le périmètre. Abondantes en rive droite de la plaine d'Ech Chleff (confluent Ouahrame-Chleff), autour de la cuvette de Boukader, dans les zones de piémont (plaine d'Oued Fodda) et dans la partie orientale de la plaine des MEDJADJAS.	4150	Cultures adaptées aux sols lourds : Riz, céréales, (orge, blé) cultures fourragères (vesce-avoine). - Cultures maraichères éventuelles (oignons, choux, sur les sols les moins lourds pastèques et melons).	Texture argilo-limoneuse à argileuse structure très grossière avec faces vertiques dès 40-50 cm de profondeur. La conductivité électrique est inférieure à 4 mmhos/cm. Sur alluvions récentes (confluent Ouahrame-Chleff), elle s'accroît avec la profondeur. Très faible porosité et très faible perméabilité quand le réseau de fentes de retrait est fermé.	- Sols très lourds, difficiles à travailler, à mauvais drainage interne. - Le drainage externe est facilité par la pente sur les alluvions anciennes de bordure (MEDJADJAS) ; il est très faible sur les alluvions récentes de la plaine. - Dans la plaine alluviale, en l'absence de lessivage, ces sols ont une tendance naturelle à accumuler les sels. Cette tendance n'existe pas sur les piémonts et dans la plaine des MEDJADJAS.	Assainissement par réseau de collature respectant la topographie naturelle. Façons culturales favorisant le drainage de surface (planches, dérayures convergeant sur les fossés...). Irrigation par aspersion, à petites doses, conseillée.	- Abandon de l'arboriculture. - Céréales et cultures fourragères adaptées avec maîtrise des eaux de surface (assainissement indispensable).
4 = Alluvions salées.	Confluent des Oueds Sly et Chleff. Piémont Nord-Ouest de la plaine d'Ech Chleff (Saoula). Plaine de Bir-Saf-Saf.	480	Cultures adaptées aux sols salés : coton, sorgho fourrage, orge, radis, épinard, carotte. Luzerne sauf sur terres trop lourdes.	4 < C.E. < 7 mmhos/cm dès la surface, croissant en profondeur. Texture équilibrée, localement argileuse (Bir-Saf-Saf).	Teneurs en sels.	Éventuellement, dessalage.	Dessalage des sols salés de l'interfluve Sly-Chleff pour les ramener à la catégorie 2. Abandon des autres petites zones salées (Saoula, Bir-Saf-Saf) à reboiser éventuellement.
5 = Alluvions fortement salées et tirsifiées.	Exclusivement observées dans la plaine de Boukader.	600	Riz. Certaines cultures fourragères irriguées après dessalage et expérimentation.	C.E. > 7 mmhos/cm. Texture argileuse à très argileuse. Nombreuses faces vertiques dès 40 cm porosité très faible, perméabilité très faible dès que le réseau de fentes de retrait est refermé.	- Sols très lourds, difficiles à travailler. - Très mauvais drainage interne. - Teneur en sels élevée.		Mise en valeur à mettre en conformité avec celle du Bas-Chleff en raison de la spécificité et de la similitude des problèmes. Éventuellement, modification de l'affectation de ces terres (const. urbaines ou industrielles).
6 = Alluvions anciennes et sols de piémont non tirsifiées	Périphérie des plaines d'Ech Chleff Ouled Farrés et d'Oued Fodda. Majorité des sols de la plaine des MEDJADJAS et des extensions Est et Ouest.	7650	Toutes cultures adaptées aux conditions climatiques.	- Sols de texture argilo-limoneuse à argileuse, bien structurés. - Drainage externe facilité par la pente naturelle. - Bonne perméabilité. - Zones moins sensibles aux gelées	- Sols un peu lourds à ressuyage un peu lent. - Risque d'érosion de surface (érosion en nappe et griffes d'érosion) quand la pente est supérieure à 2 % (piémont Nord des MEDJADJAS et plaine d'Ouled Farrés). - Irrigation gravitaire à exclure lorsque la pente est supérieure à 5 %.	Protection de piémont.	Arboriculture irriguée recommandée compte-tenu des caractéristiques de sol et microclimat.
7 = Sols sur crêtes et encroûtements calcaires.	Exclusivement sur les bordures du périmètre et dans la plaine des MEDJADJAS.	2150	Cultures céréalières et fourragères. Cultures maraichères. Arboriculture peu sensible au calcaire actif.	Sols de texture argilo-limoneuse à argileuse, bien structurés présentant des accumulations calcaires vers 50 cm.	- Teneur en calcaire actif dans l'horizon encroûté. - Topographie localement chahutée. - Éventuellement, charge caillouteuse (remontée de dalle calcaire...).	Sous-solage et éperrage dans les quelques secteurs à crête caractérisée.	Arboriculture à exclure sauf : - Olivier - Figuier - Pêcher et abricotier sur amandier

Annexe 2 :

α γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

TABLE IV

TABLE DU χ^2

La table donne la probabilité α pour que χ^2 égale ou dépasse une valeur donnée, en fonction du nombre de degrés de liberté v .

Exemple : avec $v = 3$, pour $\chi^2 = 0,11$ la probabilité $\alpha = 0,99$.

α v	0,99	0,975	0,95	0,90	0,10	0,05	0,025	0,01	0,001
1	0,0002	0,001	0,004	0,016	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	0,11	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,51
6	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,48	24,32
8	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,12
9	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	3,05	3,82	4,57	5,58	17,28	19,68	21,92	24,73	31,26
12	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,85	32,00	39,25
17	6,41	7,56	8,67	10,09	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,81	42,31
19	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	45,31
21	8,90	10,28	11,59	13,24	29,62	32,67	35,48	38,93	46,80
22	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,42	39,36	42,98	51,18
25	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,89	41,92	45,64	54,05
27	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	13,56	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

Annexe 4 :

D(m)	L (m)→																			
	5	7.5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	85	90	100	150	200	250	
0-50	0-45	0-50	0-50	0-50	0-50	0-50	0-50													
0-75	0-60	0-65	0-70	0-70	0-75	0-75	0-75	0-75	0-75	0-75	0-75									
1-00	0-65	0-75	0-80	0-85	0-90	0-90	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00
1-25	0-70	0-80	0-90	1-00	1-05	1-10	1-10	1-15	1-15	1-15	1-15									
1-50		0-90	0-95	1-10	1-20	1-25	1-30	1-30	1-35	1-35	1-35									
1-75		0-90	1-00	1-20	1-30	1-40	1-45	1-50	1-50	1-55	1-55									
2-00			1-10	1-30	1-40	1-50	1-55	1-60	1-65	1-70	1-70	1-80	1-80	1-80	1-85	1-85	1-90	1-90	1-90	1-95
2-25			1-15	1-35	1-50	1-70	1-70	1-75	1-80	1-85	1-85									
2-50				1-40	1-55	1-70	1-80	1-85	1-95	2-00	2-00									
2-75				1-40	1-65	1-75	1-90	2-00	2-05	2-10	2-20									
3-00				1-45	1-65	1-85	1-95	2-10	2-15	2-25	2-30	2-50	2-50	2-55	2-55	2-60	2-70	2-80	2-85	
3-25				1-50	1-70	1-90	2-05	2-15	2-25	2-35	2-40									
3-50				1-50	1-75	1-95	2-10	2-25	2-35	2-45	2-55									
3-75				1-50	1-80	1-95	2-15	2-30	2-45	2-55	2-65									
4-00					1-80	2-00	2-20	2-35	2-50	2-60	2-70	3-05	3-10	3-10	3-15	3-25	3-45	3-60	3-65	
4-50					1-85	2-10	2-30	2-50	2-65	2-75	2-85									
5-00					1-90	2-15	2-40	2-60	2-75	2-90	3-00	3-50	3-55	3-60	3-65	3-80	4-10	4-30	4-45	
5-50						2-20	2-45	2-65	2-85	3-00	3-15									
6-00							2-50	2-70	2-90	3-10	3-25	3-85	3-95	4-00	4-10	4-25	4-70	4-95	5-15	
7-00							2-55	2-80	3-05	3-25	3-45	4-15	4-25	4-35	4-40	4-60	5-20	5-55	5-80	
8-00							2-55	2-85	3-15	3-35	3-55	4-40	4-50	4-60	4-70	4-95	5-70	6-15	6-45	
9-00								2-90	3-20	3-45	3-65	4-55	4-70	4-80	4-95	5-25	6-10	6-65	7-00	
10-00									3-25	3-50	3-75	4-75	4-90	5-05	5-20	5-45	6-45	7-10	7-55	
12-50												5-00	5-20	5-40	5-55	5-90	7-20	8-05	8-70	
15-00												5-20	5-40	5-60	5-80	6-25	7-75	8-85	9-65	
17-50												5-30	5-55	5-75	6-00	6-45	8-20	9-45	10-40	
20-00													5-60	5-85	6-10	6-60	8-55	9-95	11-10	
25-00													5-75	5-95	6-20	6-80	9-00	10-70	12-10	
30-00																	9-25	11-30	12-90	
35-00																	9-45	11-60	13-40	
40-00																		11-80	13-80	
45-00																		12-00	13-80	
50-00																		12-10	14-30	
60-00																			14-60	
~	0-70	0-95	1-15	1-55	1-90	2-25	2-60	2-90	3-25	3-55	3-90	5-40	5-75	6-00	6-25	6-80	9-55	12-20	14-70	

Roughly
 $d = \text{constant for } D > \frac{1}{2}L$